

חקלאות ואקולוגיה – איך ילכו השתיים יחדיו? מבט מעשי על אגרו-אקולוגיה בעולם ובישראל

אבי פרבולוצקי



חקלאות ואקולוגיה - איך ילכו השתיים יחדיו?

מבט מעשי על אגרו-אקולוגיה בעולם ובישראל

אבי פרבולוצקי

AGRICULTURE AND ECOLOGY - CAN HARMONY BE FOUND?

PERSPECTIVES ON AGROECOLOGY FROM ISRAEL AND ABROAD

המחלקה למשאבי טבע, המכון למדעי הצמח

מנהל המחקר החקלאי - מרכז וולקני



דצמבר 2019

עורך משנה: רן לוי

עריכת לשון: **ענבר קמחי-אנגרט**

ליווי עריכה: **רועי בית לוי**

עיצוב גרפי: **רוני בן-ציוני**

עריכת ספרות: **רועי אירני ונטע שפירא**

הוצאה לאור: **האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה,**

דפוס: **אקו-פרינט**

תמונת כריכה: נוף חקלאי והכינרת, צילום: **אלבטרוס**

תל אביב, 2019

תוכנית נקודת ח"ן נוסדה בשנת 1999 כמסגרת לקידום מיזמים מגוונים בתפר שבין חקלאות לאקולוגיה. היא שמה לה למטרה לבנות תשתית ידע מקצועי בין-תחומי בנושא החקלאות הנופית הרב-תפקודית בישראל, מתוך הנחת יסוד כי חקלאות המנוהלת באופן מושכל יכולה לספק תוצרי מזון נחוצים, להוות מקור חשוב לפרנסה, לשמור על הסביבה ולשמר תרבות ומורשת אנושיות. התוכנית יוצרת הזדמנות למפגש, ללימוד ולדין עבור חוקרים מתחומי החקלאות, הביולוגיה ולימודי הסביבה והתכנון. המיזמים המקודמים באמצעות התוכנית - כולל פעילויותיה להפצת הידע המצטבר באמצעות ימי עיון ופרסומים - מבקשים ליצור תשתית עיונית ומעשית אשר תתרום ליצירת שפה משותפת בין התחומים ותזמן רב שיח המבוסס על ידע בין בעלי העניין בתחומי החקלאות. לפרטים: www.nekudat-hen.org.il

מטבעם של דברים ספר רחב יריעה כמו זה מחסיר לא מעט מידע; ידע חדש מצטבר עם הזמן וגם שגיאות תוכן עלולות ליפול פה ושם. לכן החליטה האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה להכין גם מהדורה מקוונת של הספר. דבר זה מאפשר תיקונים ותוספות עם הזמן. נשמח לקבל הערות, תוספות והצעות עדכון בכתובת המייל Nekudat-hen@isees.org.il. יש לכתוב בשורת הנושא: הערות לספר האגרו-אקולוגיה.



תוכן עניינים

- 53 טורפי מזיקים שאינם חסרי חוליות _____
- 56 ג. חלופות נוספות להדברה כימית _____
- 56 צמחים מורכבים _____
- 57 עירוב גידולים _____
- 57 מניעה פיזיקלית ומכנית _____
- ויסות מזיקים על ידי צמחים שאינם גידולים
59 חקלאיים _____
- 60 ד. הדברה משולבת _____
- 65 ה. על מורכבות בעיית ההדברה _____
- ו. האם צמחים מהונדסים יקטינו את הבעיות
67 הקשורות להדברה? _____
- 68 ז. ההקשר הנופי של ההדברה _____
- 69 ח. הדברה ובריאות _____
- ט. האם ניתן להפחית את השימוש בחומרי הדברה
71 בלי לפגוע ביבול וברווחיות של החווה? _____
- 73 5. סיכום ביניים _____
- 73 6. מחלות קרקע _____
- 74 א. עמידות למחלות _____
- 75 ב. חיטוי קרקע _____
- 77 ג. טיפולים תורמים להתמודדות עם מחלות _____
- 78 ד. הדברה ביולוגית _____
- 78 ה. הדברה משולבת _____
- 79 7. הדברת עשבים משבשים _____
- 81 א. ממשק אגרונומי להדברת עשבים _____
- 83 ב. גידולי כיסוי כאמצעי דחיקת עשבים _____
- 84 ג. אללופתיה _____
- 85 ד. טיפול מכני _____
- 86 ה. ויסות משולב _____
- 87 8. שילוב גידולים: דו-ורב-גידול (intercropping) _____
- 88 9. גידולי כיסוי וחיפוי קרקע _____

1. הקדמה _____

פרק I. מבוא - התפתחות היסטורית ורעיונית _____

- 5 מבני דרך בהתפתחות החקלאות _____
- 5 מהי האגרו-אקולוגיה? _____
- 8 התפתחות האגרו-אקולוגיה כתחום וכמושג _____
- 10 חקלאות מסורתית _____
- 11 מהן מערכות חקלאיות מסורתיות בישראל? _____
- 12 מה בין אגרו-אקולוגיה לחקלאות מקיימת? _____
- 12 האם חקלאות אורגנית היא הפתרון האולטימטיבי
לאתגר האגרו-אקולוגי? _____
- 14 אגרו-אקולוגיה כדיסציפלינה מדעית מתפתחת _____
- 16 אגרו-אקולוגיה כתפיסת עולם _____
- 19 הנדסה גנטית ואגרו-אקולוגיה _____
- 21 מצבו העכשווי של התחום _____
- 22

פרק II. אגרו-אקולוגיה - המבחן המעשי _____

1. הגידול החקלאי: זנים ומחזור זרעים _____
- 25 א. טיפוח זנים _____
- 25 ב. מחזור זרעים _____
- 27 2. חריש _____
- 30 3. דישון: הזנת הצמח והגידול _____
- 31 א. מרכזיות החנקן _____
- 32 ב. דישון ובעיות סביבתיות _____
- 34 ג. יעילות הדישון _____
- 36 ד. "דישון ירוק" - זבל וקומפוסט _____
- 38 4. הדברת מזיקים ומחלות _____
- 42 א. השפעות אקולוגיות שליליות של
המאבק במזיקים _____
- 44 ב. הדברה ביולוגית _____
- 46

132	ומה המצב בישראל?
134	החקלאות כספק בתי גידול חלופיים לטבע בישראל
136	פתרונות מוצעים ליישוב הקונפליקט שבין ייצור מזון ושימור טבע
136	פתרונות לתחרות על המרחב
144	מורכבות נופית
145	חקלאות-טבע-נוף בישראל
149	"פתרונות "מחוץ לקופסה" לקונפליקט המרחבי חקלאות-טבע
153	פרק V. חקלאות והמגוון הביולוגי - יחסים מורכבים
153	רקע
155	ההשפעה של החקלאות על המגוון הביולוגי
160	המגוון הביולוגי והעשייה החקלאית
161	הדברת מזיקים
166	המערכות האקולוגיות החקלאיות ואספקת שירותים אקולוגיים
168	מאבקים כרכיב מפתח ביחסי חקלאות-מגוון ביולוגי
171	הגדלת המגוון הביולוגי בשטחי החקלאות
171	א. זריעת צמחי בר בשולי שדות או בשדה עצמו
173	ב. הפסקת עיבוד מתוכננת
174	ג. יצירת נוף חקלאי מתאים
174	ד. שילוב חלקות אורגניות בפסיפס החקלאי
175	ה. הוספת עצים לנוף החקלאי (agroforestry)
176	ו. תמריצים לשימור המגוון ולהעשרתו
177	ז. ידע ומניעה
178	ח. פיצוי
180	ט. תכנון
180	סיכום

90	א. גידולי כיסוי במטעים בישראל
94	10. אגרו-אקולוגיה במערכות ייצור - מבט כולל
96	המעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגי
96	11. סיכום - מבט מציאותי מפוכח על ממשק אגרו-אקולוגי

פרק III. הקרקע - מוקד מרכזי של האגרו-אקולוגיה

101	1. חריש ואובדן קרקע - כמות ואיכות
104	א. אי-פליחה ועיבוד מופחת (מינימום עיבוד)
109	ב. השלכות ממשק אי-פליחה
109	עשבים משבשים
110	החברה הביוטית
112	אי-פליחה ויבול
113	2. חקלאות משמרת
114	א. גידולי כיסוי (cover crops) וחיפוי קרקע
117	ב. מחזור גידולים ואיכות קרקע
117	ג. בעיות באימוץ חקלאות משמרת
120	3. עולם החי בקרקע - מבנה הקרקע ואיכותה
120	א. פטריות מיקוריזה
121	ב. שלשולים
122	ג. נמטודות
123	ד. כיווני פיתוח עתידי

פרק IV. יחסי חקלאות-טבע-נוף: תחרות על המרחב

127	מבוא
127	התמרת שטחים טבעיים לשטחי עיבוד חקלאי

238 קידום תוכניות אגרו-אקולוגיות במדינות שונות _____

238 ארצות הברית _____

239 שווייץ _____

240 הולנד _____

241 צרפת _____

242 קנדה _____

243 מעורבות ארגונים חוץ-ממשלתיים _____

244 תמיכות בישראל _____

גורמים מרכזיים המעורבים במדיניות אגרו-אקולוגית

246 בישראל _____

247 משרד החקלאות _____

248 הזירה המוניציפלית _____

248 מועצות מקומיות ועיריות _____

250 פערי ידע _____

255 סיכום בדגש ישראלי _____

פרק VI. החקלאי כצומת מרכזי בקידום האגרו-

183 אקולוגיה _____

183 מודעות לאגרו-אקולוגיה _____

188 נכונות מול התנגדות לשינוי _____

194 החקלאי והקהילה _____

197 פורצי דרך _____

פרק VII. טיפול בפסולת בחקלאות הקונבנציונלית

205 נתוני רקע _____

207 פסולת עקיפה מהחקלאות הצמחית _____

208 פחת תוצרת חקלאית _____

210 פרש בעלי חיים _____

214 טיפול בפגרים _____

215 פסולת פלסטיק לסוגיה _____

218 מיסוי על זיהום וטיפול _____

219 הרפורמות ברפת ובלול בישראל _____

222 החקלאות בשירות העיר _____

223 מבט אגרו-אקולוגי על חקלאות רמת הגולן _____

פרק VIII. מדיניות, אסדרה וידע: סוגיות ניהול

225 וחקיקה של המעבר לחקלאות מקיימת _____

225 רקע כללי _____

226 כלי מדיניות _____

226 אסדרה (רגולציה) _____

227 מיסים ככלי ליישום מדיניות _____

228 אסדרה וולונטרית _____

231 תמיכות ותמריצים כלכליים _____

231 המודל האירופי _____

234 האם התמיכות באירופה השיגו את מטרתן? _____

וחצי) הן מאחר שכמדיניות גרסנו שכל מיזם צריך להניב תוצר, רצוי שימושי, שמקדם את התחום.

בתחילת הדרך התמקדה התוכנית ביחסי חקלאות ונוף (ח"ן = חקלאות נופית). את הסיכומים של תוצרי שלב זה - ארבע השנים הראשונות לפעילות התוכנית - ניתן למצוא בעיקר בפרק IV של הספר - *יחסי חקלאות-טבע-נוף: תחרות על המרחב*. בשלב השני התמקדה התוכנית בקשרים שבין השטחים החקלאיים והמגוון הביולוגי. תוצרי שלב זה נמצאים בעיקר בפרק V - *חקלאות והמגוון הביולוגי* - *יחסים מורכבים*. בשלב הבא ניסינו להתחקות אחרי החקלאי הישראלי - ידיעותיו בנושאי סביבה, מודעותו למכלול האקולוגי הנוגע לעשייה חקלאית ואופי קבלת ההחלטות שלו בנושאים אלה (ראו פרק VI - *החקלאי כצומת מרכזי בקידום האגרו-אקולוגיה*). מתחילת פעילותה כללה התוכנית גם יום עיון שמקבלי המענקים דיווחו בו על המיזמים שביצעו. ליום העיון הוזמן מומחה מחו"ל, בדרך כלל מאחת מארצות אירופה, שהציג תמונה כללית של נושא אגרו-אקולוגי ובמקרים רבים גם קווי מדיניות לפיתוח חקלאות סביבתית הנהוגים במדינה שהגיע ממנה. עיקרי הרצאות אלה עזרו בעיצוב פרק המדיניות (פרק VIII - *מדיניות, אסדרה וידע*).

גידול בעלי חיים בישראל הפך לתהליך כמו-תעשייתי. אומנם תהליך זה גורם לא מעט בעיות סביבתיות, אבל הטיפול בהן נעשה במסגרת התעשייתית (ראו סיכום הרפורמה ברפת - פרק VII). היות שכן, והיות שנקודת ח"ן תמכה בהוצאה לאור של ספר שמרכז את הידע שנאסף בישראל על גידול בעלי חיים במרעה ב-50 השנים האחרונות¹, הוחלט שספר זה יתמקד בחקלאות הצמחית, ובהתאם לכך גובשו המבנה התוכני שלו ואופי המקורות - כתובים או אנושיים - שהטקסט נשען עליהם.

המחקר האגרו-אקולוגי בישראל, ובייחוד המחקר היישומי הנוגע לאופן גידול התוצרת החקלאית, צעיר ומוגבל בהיקפו (גם מיזמים של נקודת ח"ן לא עסקו בכך כמעט, וראו את מיעוט האזכורים למיזמים של נקודת ח"ן בפרק II - *אגרו-אקולוגיה הלכה למעשה*). לכן החלטנו להביא בספר זה סיכום רחב ככל הניתן של ספרות מדעית-מקצועית

לספר זה יש מספר מטרות. ראשית, ניסיון לספק תמונת מצב עדכנית של תחום האגרו-אקולוגיה בעולם (מעין textbook). עדות לכך היא הספרות הענפה, רובה מדעית, שנעשה בה שימוש. שנית, בספר יש כוונה להצביע על התפתחויות בתחום זה בישראל ועל כיווני המשך רצויים. ושלישית, בספר יש סיכום של כעשרים שנות פעילות של תוכנית נקודת ח"ן, שמטרתה הייתה לקדם היבטים סביבתיים ומקיימים בהקשר של חקלאות ישראל. עשרות המיזמים שהתוכנית תמכה בהם, ושאת תקציריהם תוכלו למצוא בין דפי הספר, הם עדות לפעילות הענפה של התוכנית. שלוש המטרות קלועות יחד למסכת אחת. הספר נכתב בסגנון מדעי-מקצועי, אם כי נעשה ניסיון לשמור על כתיבה המתאימה לסטודנטים ולציבור מתעניין גם אם הרקע המקצועי שלו אינו אקדמי. היות שכן, הספר כולו נכתב במבט ניטרלי, למעט פרק הסיכום שדעותיי האישיות באות בו לידי ביטוי.

ב-1999 הושקה תוכנית נקודת ח"ן על ידי "יד הנדיב" במטרה להרחיב את הידע על אודות החקלאות, מעבר ליצרנות מזון ומוצרים נלווים. התוכנית תמכה מראשית במיזמים שלא היו זוכים לתמיכה אחרת, כי אינם בראש סדר היום - לא של העשייה החקלאית ולא של שמירת הטבע. לראשונים אמור להיות מענה דרך קרן המדען הראשי של משרד החקלאות, ולשני - בתקציבי חטיבת מדע ברשות הטבע והגנים (או בקרנות מחקר אחרות). במרחב זה זיהינו אז את מקומה של האגרו-אקולוגיה, אף על פי שטרם הכרנו את המושג. הבנתנו הייתה שעלינו להעניק לה עדיפות כי אחרים לא יעשו זאת. חשוב לזכור שבזמן כינונה של תוכנית נקודת ח"ן צעד תחום האגרו-אקולוגיה את צעדיו הראשונים בעולם וערך הופעות בכורה בספרות המדעית, ולישראל הוא הגיע למעשה דרך התוכנית עצמה.

מפני שלנושא פנים רבות החלטנו להיות פתוחים למיזמים מכל דיסציפלינה - אגרונומיה, אקולוגיה, תכנון, משפטים, סוציולוגיה ועוד - שכן כולן נוגעות בתחום רחב זה. התוכנית הייתה פתוחה בפני הציבור כולו ולא רק בפני מדענים, ולמעשה לא תמכה במחקרים "קלאסיים", הן בגלל טווח הזמן הקצר שניתן לכל מיזם (שנה עד שנה

¹ "על צומח, בעלי חיים ואנשים: תורת ניהול המרעה בישראל" (זליגמן ואחרים, 2016, הוצאת נקודת ח"ן).

בסיכום הספר אנו מנסים להביא תמונת מצב מעודכנת של התחום. יש שיראו בו סיכום מאכזב, שכן אין בו תפריט מוגדר איך הופכים בן-לילה את חקלאות ישראל למקיימת, ירוקה וסביבתית, ויש שיראו בו תיאור אובייקטיבי של המציאות. אני מאמין שאילו היה בידינו מתכון פשוט למהפכה חקלאית סביבתית, היינו נמצאים כבר לאורך הנתיב שהיא מתווה, בין אם בארץ או בארצות אחרות. לצערי, איני חושב שזו תמונת המצב. למרות זאת, בפרק הסיכום מנותחות האפשרויות לקידום מתווה אגרו-אקולוגי לחקלאות ישראל.

מ-2017 מנהלת את התוכנית האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. פרטים על התוכנית ניתן למצוא באתר www.nekudat-hen.org.il

רלוונטית הנוגעת להיבטים שונים של האגרו-אקולוגיה, אף על פי שהיא מתייחסת למחוזות רחוקים ושונים מישראל. אומנם מרבית הספרות המצוטטת נשענת על מידע שנאסף באזורי אקלים ממוזג בתנאים שונים מאוד מאלה השוררים באזור הים תיכוני, אך בכל המקרים מדובר בחקלאות קונבנציונלית-אינטנסיבית הדומה לזו שלנו.

בספר זה ביקשנו להתרחב מעבר לתחומי הידע הקיים בארץ ובעולם ולהתוות כיוון לשינוי נרחב בפרקטיקה החקלאית בישראל. לשם כך סקרנו את עיקרי המדיניות שמתגבשת לקידום האגרו-אקולוגיה במדינות שונות על יתרונותיהם וחסרונותיהם, והקבלנו אותם לנעשה בישראל (פרק VIII - מדיניות, אסדרה וידע).



תודות

אנשים רבים עזרו בכתיבת ספר זה ואפשרו לי להציג תמונה רחבה של תחום האגרו-אקולוגיה. העזרה הייתה חשובה בעיקר באותם נושאים ותחומים שהידע האישי שלי בהם היה מוגבל, והיו לא מעטים כאלה.

הארוכים והחוזרים ונשנים עם עמיתים ומנהלים בוולקני לגבי קידום המחקר האגרו-אקולוגי בארץ. כמעט כל דיון התחיל בשאלה של אחד המשתתפים: "מהי בעצם אגרו-אקולוגיה ובמה היא שונה ממה שאנחנו כבר עושים?" אולי ספר זה יספק את התשובה.

רן לוי, לשעבר מנהל תחום הסביבה ב"יד הנדיב", יזם והתניע את מהלך כתיבת הספר מטעם תוכנית נקודת ח"ן. מאוחר יותר תפקד רן כעורך משנה של כתב היד, ותרומתו העיקרית הייתה להעמיד לפני הכותב ראי מדויק ואכזר המציג את חולשות הניסוח והתפירה המקוריים. מרגיזות ככל שהיו חלק מהערות אלה, בלעדיהן היה הטקסט קריא הרבה פחות. על כל אלה אני מודה לרן. אם עדיין יש קטעים שלא מורגשת בהם דיה עריכה קפדנית זו, הם כנראה תוצאה של עצמאות יתר של הכותב.

כותב שורות אלה ראה את עצמו כבקי בשפה העברית ומסוגל לכתוב בה באופן נכון ומדויק. **ענבר קמחי-אנגרט**, עורכת לשון מקצועית, העמידה אותי במקומי וניכשה עשבים שוטים (משבשים) רבים, ועל כך תבוא עליה הברכה. **רוני בן-ציוני** הפיחה בספר מקצועי ויובשני זה רוח חיים דרך עיצוב גרפי מתאים.

ענת לווינגרט, מנהלת אגף אגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, הייתה ציר מרכזי בגיבוש תוכן הספר, והגישה כל סיוע אפשרי. חשובים ביותר היו החיבורים שענת יצרה ביני לבין אנשי מקצוע רבים בתחומי החקלאות, בעיקר אנשי מעשה, שהניבו מידע רב שמופיע כאן כראיונות או כמידע בע"פ. גם אנשי הצוות המקצועיים של האגף סייעו לי בכל דרך אפשרית. ענת אף קראה את כל פרקי הספר במהלך גיבושם, העירה אין ספור הערות תורמות, והוסיפה עדכונים חשובים.

לצד **רן לוי וענת לווינגרט** הסכימו מספר אנשים, מומחים בתחומם, לקרוא פרקים שלמים או סעיפים של כתב היד ושיפרו אותו מאוד. יבואו על הברכה **שאול גרף, צפירי גרינהוט, חנון איזנברג, יונתן אברהמס, רמי זיידנברג, יהושע שקדי, אסף שוורץ, דוד בן יקיה, אורי רמון, אילן צדיקוב ואברהם גמליאל**.

אנדי בניקה וחנוך אילסר, מנהלי תחום הסביבה הנוכחיים ב"יד הנדיב", ירשו את יוזמת הספר ואימצו אותה בחום. הם אלה שסייעו בידי להשלים את המלאכה ולהביאה לכדי ספר מוגמר. סלחנותם בנושא עמידה בלוח הזמנים ראוייה לציון מיוחד. אנשי האגודה לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, המנכ"לית **נטע ליפמן, רועי אירני ורועי בית לוי**, סייעו בדרכים שונות לתהליך ההוצאה לאור של הספר. בלעדיהם ספר זה לא היה רואה אור, ולכן גם להם מגיעות תודות רבות.

הטעויות שלבטח מנמרות את הטקסט הן באחריותי הבלעדית, ונבעו כנראה מהרקע החסר או מעצמאות היתר שהזכרו לעיל.

תקצירי המיזמים של נקודת ח"ן שולבו בספר, והם מובחנים מבחינה חזותית ברקע תכול, כך שהקוראים יכולים להתרשם מתרומת התוכנית לידע האגרו-אקולוגי בישראל ולקשת הנושאים שעסקה בהם.

סיכומי מיזמים ומחקרים שנעשו בארץ שלא דרך נקודת ח"ן, וכך גם מידע שהתקבל מראיונות עם חקלאים או עם מומחים אחרים, מובחנים גם הם משאר הטקסט בגופן ירוק.

בחרנו שלא להוסיף לספר מילון מונחים אלא לספק הגדרות הכרחיות כהערות שוליים. נוסף על כך, לאורך הטקסט בחרנו להדגיש מונחי מפתח שיכולים לעזור בקבלת תמונה כללית של התחום שכל אחד מהפרקים עוסק בו.

מנהל המחקר החקלאי-מרכז וולקני היה לי בית מקצועי יותר משלושים שנה. היכרותי עם המחקר החקלאי, האינטנסיבי, הקונבנציונלי והמסורתי נעשתה בין כותלי בית זה, וסייעה לי רבות בתהליך הכתיבה. למען האמת, אחד מהגורמים להיכנס להרפתקת כתיבה זו היו הדיונים

פרק I. מבוא - התפתחות היסטורית ורעיונית

"חקלאות בת-קיימא ... מבוססת על ההנחה שהגישה המודרנית לחקלאות אינה מתאימה לסביבות מופרות ולעידן שהאנרגיה בו מוגבלת; התקדמות לקראת חקלאות הנשענת על ניצול מקיים, חסכוני בשימוש במשאבים ובאנרגיה, בעל כלכלה חיונית וראוי מבחינה חברתית, היא צו השעה." (מתורגם מ-Altieri, 1995)

באזור הסהר הפורה בסוף המאה ה-19 היה כנראה קטן, וכך גם בחלקים נרחבים אחרים של העולם.

הטכנולוגיה העיקרית ששימשה בחקלאות המסורתית לאורך אלפי שנים היא **השקיה** באמצעות תעלות פתוחות. האימפריות של העולם העתיק באזורנו, במזרח אסיה, במרכז אמריקה ובדרומה הפעילו כולן מערכות השקיה מפותחות שנוהלו על ידי שלטון מרכזי שהבטיח ארגון וסדר (Allen, 1997; Wilson 2012). גם **הטרסות** המוכרות לנו מאזורנו הן דוגמה לטכנולוגיה עתיקה שעזרה להגדיל את הייצור החקלאי בנופים שיש בהם הבדלים טופוגרפיים חדים. הקמת טרסות בהיקף המוכר מתקופות קדומות ותפעול מערכות השקיה גדולות חייבו השקעה, סדר וארגון, שהתאפשרו בזכות השלטון המרכזי.

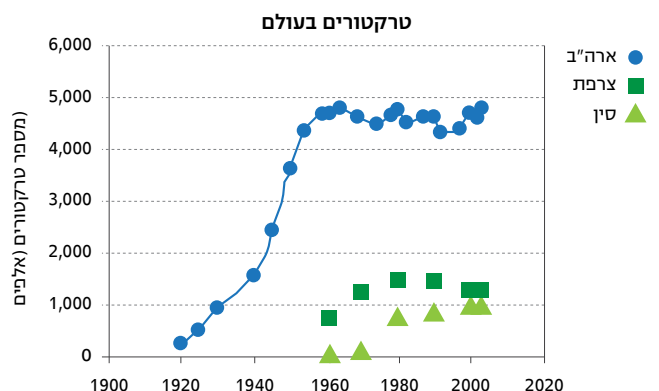
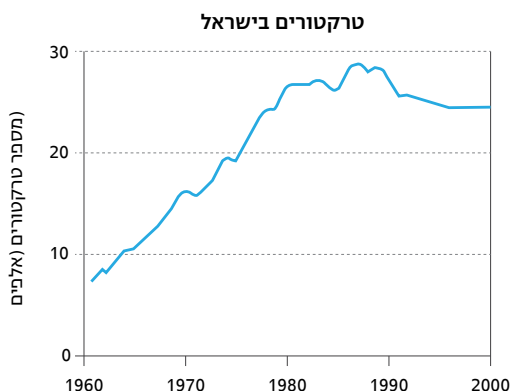
המצאת **מנוע הקיטור**, שהניע את גלגלי המהפכה התעשייתית, חוללה בסוף המאה ה-17 שינוי משמעותי, שהביא לרווחה כלכלית. השיפור במצב הכלכלי הגדיל את צריכת המזון ואת הביקוש למוצרי צריכה ולתוצרים חקלאיים "חדשים" (כמו כותנה, למשל), שאינם תורמים לקיום המייד (subsistence). מאוחר יותר סייעו מנועים

אבני דרך בהתפתחות החקלאות

ההיסטוריה האנושית מורכבת, בין השאר, מעיסוק מתמיד ב**ביטחון תזונתי** - היכולת להשיג מזון בריא ובעל ערך תזונתי מספק, בדרכים מקובלות חברתית ושימות מבחינת המאמץ המושקע, ובהתאם לתנאים המשתנים. החקלאות - הפקת מזון מהחי ומהצומח באמצעות בעלי חיים וצמחי בר שעברו ביות - היא הדרך העיקרית להבטחת קיומו של המין האנושי, ועדיין אין בלתה. הסברה הרווחת בקרב הארכיאולוגים היא שמהפכת הביות, שהפכה את חברות בני האדם מחברות נודדות של ציידים-לקטים לחברות יושבות קבע של חקלאים, התרחשה לפני כ-13,000 שנה, ומועדה המדויק תלוי במיקום הגיאוגרפי ובגידול המסוים (Diamond, 2002; Zeder, 2008).

ג'ארד דיימונד (Diamond, 2002) טוען שהזמינות של צמחים וחיות בר שניתנים לביות, בשילוב תנאים אקולוגיים מתאימים, יצרו הבדלים בין חברות אנושיות שונות ברחבי העולם. ההבדלים קשורים לתחילת תקופת החקלאות באזור ולאופייה. לאורך אלפי שנים נותרה העשייה החקלאית דומה פחות או יותר, ועברה מדור לדור תוך שינויים קטנים יחסית - זו **החקלאות המסורתית**. ההבדל בין הפעילות החקלאית בימי התנ"ך לזו שהתקיימה בכפר

איור I-1. גידול במספר הטרקטורים בעולם כביטוי להשפעות המהפכה הירוקה (מקור: FAO 2005, מתוך זליגמן ולחמן, 2008)



בעולם, מעלה שבין השנים 1961 ל-2014 חלה עלייה, במונחים ריאליים, של 137% בתשומות (מיכון, דלק, דשן וכו') ליחידת שטח, בעוד שהשטח לגידול מזון בתקופה זו גדל רק ב-10%. כלומר, תשומות ההון והאנרגיה לשם הייצור החקלאי עלו בצורה ניכרת (Pellegrini and Fernandez, 2018). מאידך גיסא, עלויות העבודה פחתו. במילים אחרות, עם הזמן יש צורך בפחות אנשים כדי לייצר הרבה יותר מזון תוך השקעה גדלה והולכת של משאבי טבע ומחצבים.

הטכנולוגיות החדשות הגדילו בצורה ניכרת את כמות המזון המיוצר, והקטינו את בעיית הרעב בעולם. לא בכדי זכה אחד מחלוצי המהפכה הירוקה, נורמן בורלוג (Borlaug), בפרס נובל לשלום ב-1970 על פעילותו בהפצת עקרונותיה במקסיקו, בהודו ובפקיסטן. עם זאת, כמו בכל מהפכה, שורשי מהפכת הנגד היו טמונים כבר בשינויים עצמם - בעיקר בשימוש המוגבר בחומרים הכימיים. התגלה שחלק מהחומרים האלה מסוכנים לאדם ולטבע, והם גרמו לשינויים סביבתיים חריפים ולפגיעות בריאותיות חמורות. בעיות אחרות שיצרה החקלאות הקונבנציונלית היו בירוא יערות וצומח טבעי, סחיפת קרקע, פגיעה בבתי גידול טבעיים ובמגוון הביולוגי ועוד; ככלל, עיבוד הקרקע בעולם "המפותח" בוצע ונוהל כאילו אין צורך להתחשב כלל בטבע ובסביבה (Moss and Bittman, 2018).

סקינר ושותפיו (Skinner et al., 1997) סקרו את ההשפעות השליליות של החקלאות על הסביבה בבריטניה, וטענו שהשימוש בחומרי הדברה, תרכובות חנקניות, הפרשות של חיות משק וסחיפת קרקע הן הבעיות המרכזיות. הם הדגימו את השפעתם השלילית על הצומח, על החי, על מקווי מים ועל האדם. כמו כן, הם הצביעו על העלויות הגבוהות הנחוצות כדי לפתור בעיות סביבתיות אלה. הפליטות למים ולאוויר יכולות להשפיע שלילית גם במרחק רב ממוקד הפעילות החקלאית. מעניין לציין שלדעת מומחים, עד תחילת 1980 החקלאות בבריטניה הייתה נקייה יחסית מבעיות סביבתיות אלה (Park, 1988).

לצד הופעתן של תפיסות רומנטיות של עשייה חקלאית במהלך המאה ה-20, עלתה עם הזמן גם דרישה ציבורית משמעותית למתן את הפגיעה הסביבתית, למנוע את ההשלכות השליליות ולפתח חלופות מתאימות וטובות

קטנים ויעילים יותר לבנות משאבות שהגדילו את היכולת להשקות חלקות חקלאיות מרוחקות ונרחבות יותר.

השינוי המהפכני ביותר בחקלאות התרחש אחרי מלחמת העולם השנייה. מאמצע שנות ה-40 ועד סוף שנות ה-60 של המאה ה-20 הוסבו לייצור תומך חקלאות גם המצאות שפותחו לשימוש במלחמות העולם, וגם בתי החרושת שייצרו אותן. כך הופיעו בשדות מיכון מתקדם, חומרים כימיים לדישון ולהדברת מזיקים ומחלות, וכן זנים חדשים בעלי תכונות רצויות (איור 1-1). שינויים אלה, שנערכו בעזרת עידוד ומימון מממשלתי באירופה ובארצות הברית כחלק מהתאוששות ממלחמות העולם וכן בעזרת מימון מצד הקרנות הפילנתרופיות פורד ורוקפלר, עמדו מאחורי התפתחות החקלאות הנהוגה. כך הונח בסיסה של "המהפכה הירוקה" ששינתה את פני החקלאות מן היסוד.

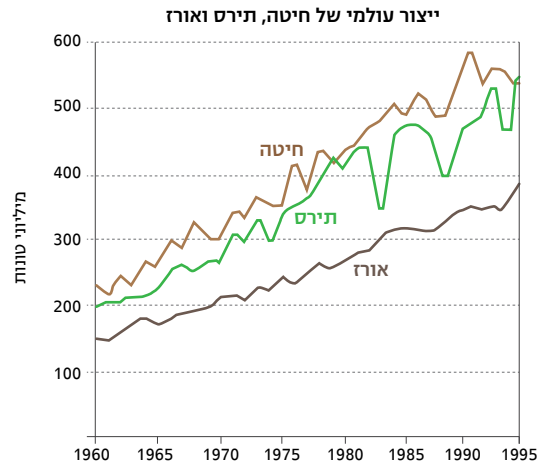
החקלאות שהתפתחה בעקבות המהפכה קרויה **חקלאות אינטנסיבית** או תעשייתית. בהמשך הספר נקרא לחקלאות זו **חקלאות קונבנציונלית**, משום שהיא החקלאות הנהוגה או המאפיינת את עיקר העשייה החקלאית בעשרות השנים האחרונות במדינות המפותחות ובחלק מהארצות המתפתחות.

טרם המהפכה החקלאית הראשונה (בערך 10,000 לפנה"ס) סיפקו המקורות הטבעיים, דרך ציד וליקוט, מזון לכארבעה מיליון איש שאכלסו את כדור הארץ (Tilman et al., 2002). הביות של מיני צמחים ובעלי חיים והעיבוד השיטתי של הקרקע שינו את פני החברה האנושית והביאו לגידול אוכלוסין מהיר.

המהפכה החקלאית של אמצע המאה ה-20 האיצה אף יותר את הגדלת היקף הייצור המזון ואת הגידול באוכלוסיית העולם (איור 2). כיום החקלאות הקונבנציונלית היא המנגנון העיקרי של ייצור המזון עבור יותר מ-7.5 מיליארד אנשים. עם זאת, החקלאות האינטנסיבית לא הצליחה למגר עד תום את הרעב בעולם, אלא רק להקטין את שיעוריו (Tilman et al., 2002), ויש לה **מדרך סביבתי** (סך ההשפעות הסביבתיות) חזק ביותר.

יש לזכור שלמהפכה זו בייצור מזון יש עלויות ישירות. בחינה של יעילות הייצור ב-58 המדינות שמייצרות 95% מהמזון

איור 1-2. הגידול החד בייצור מקורות המזון הראשיים בעולם בעקבות האינטנסיפיקציה (Earth Policy Institute, 2012)



פריטי הציב בהרצאתו את החקלאות והקיימות בפרספקטיבה של זמן: בני אדם עוסקים בחקלאות 600 דורות, מאז המהפכה התעשייתית עברו כעשרה דורות, ורק בשני הדורות האחרונים מיושמת החקלאות הקונבנציונלית; אם ההיסטוריה האנושית נדחסת לשבוע אחד, הרי ששני הדורות האחרונים הם לא יותר מאשר שלוש השניות לפני חצות של סוף השבוע. במילים אחרות, עוד לא חלף די זמן כדי להתאים את החקלאות החדשה לתנאי הסביבה, ולכן עולה הצורך "להתחבר" מחדש באמצעות החקלאות המודרנית לאדמה ולטבע. ייתכן שהמחשבה שהחקלאות התעשייתית מפריעה להיווצרות קשר זה, אינה אלא טעות חולפת.

פריטי מודע לחלוטין להישגים הרבים של החקלאות הקונבנציונלית, ואינו רוצה לוותר עליהם, אך הוא מבקש להקטין את העלות הסביבתית-בריאותית של שינוי זה. לדבריו, את החקלאות בימינו דוחפים שני כוחות: הצורך המתמיד לגדול (יותר שטח לכל חווה) כדי לשמור על רווחיות יציבה והכרח לייצר יותר בגלל ירידה מתמדת של מחירי המוצרים החקלאיים. כמו בחלקי שוק אחרים, גם במרוץ זה נשכחות **העלויות החיצוניות**², כלומר ההשפעות הנלוות שהן חלק בלתי נפרד מהמחיר של החקלאות האינטנסיבית. לדוגמה, הוא חישוב ומצא שהעלות השנתית לטיהור מי שתייה בבריטניה משרידי חומרי הדברה שונים עולה בממוצע כ-150 ליש"ט לכל הקטר (10 דונם). כלומר, החקלאות מסובסדת על ידי הציבור (זה השותף ב"עסקה" מבלי שהביע את הסכמתו³), מפני שסכום זה מושת עליו בחשבון המים. רכיב לא הוגן נוסף בחישוב זה הוא שאותם חקלאים שממעטים להשתמש בחומרי הדברה (בגידולים האורגניים), או משתמשים בהם ביעילות, אינם זוכים לתמריץ בעוד שהמהמים הם הנהנים מהסובסדיה מבלי שיקבלו קנס. דיון כלכלי זה אינו מביא בחשבון את ההשלכות הבריאותיות של השימוש בחומרי הדברה ואת עלותן למערכת הבריאות הציבורית, כמו גם את הפגיעה במגוון הביולוגי, שגם הן חלק מהעלות החיצונית.

יותר לעשייה החקלאית הקונבנציונלית. החקלאות כיום נדרשת, יותר מאי פעם, לא רק לייצר כמות מזון מרבית, אלא גם להיות קשובה להשלכות סביבתיות, לפיתוח הכפרי, לצדק החברתי ולבריאות הציבור.

אחת התגובות לבעיות שהעמידה החקלאות הקונבנציונלית הייתה התפתחות **החקלאות האורגנית**. חקלאות זו מנסה להמעיט בשימוש בחומרים סינתטיים/כימיים (תוצרי תעשייה) ולהחליפם בחומרים טבעיים אחרי שעברו בחינה ואישור מטעם גורמים מוסמכים. גישה זו אמורה לייצר מזון בריא יותר לאדם ולסביבה, אך עדיין מעוררת ויכוח ודיון¹.

ג'ולס פריטי (Pretty), כלכלן חקלאי שעוסק מזה שנים ביחסי חקלאות וסביבה ושקיבל אות הוקרה ממלכת אנגליה על תרומתו לתחום, היה האורח הראשון מחוץ לישראל שתוכנית נקודת ח"ן הזמינה להרצאה ביום העיון השנתי שהיא מקיימת. היה זה ביום העיון השני (2004), ונושא ההרצאה היה "חקלאות: החיבור מחדש של אנשים, אדמה וטבע".

1 להרחבה בנושא החקלאות האורגנית, שנמצא מחוץ לטווח העיסוק של ספר זה, ראו advances.sciencemag.org/content/3/3/e1602638

2 **עלויות חיצוניות (externalities)** - עלות המוטלת על גורם מסוים מבלי שהוא מעורב בעסקה או מבלי לקבל את הסכמתו. העלות החיצונית מתכתבת עם רעיון "מחיר הצל" (shadow price) המבטא 'מחיר רעיוני' - מחיר של סחורה או שירות כאשר לא קיים להם מחיר שוק מובנה. זהו בעצם המחיר ה"אמיתי" של ה"עסקה", כולל העלויות החיצוניות הכרוכות בה (זליגמן ולחמן, 2008). צבן, במסגרת מיזם נקודת ח"ן, התייחס לנושא העלויות החיצוניות (ראו מסגרת בעמוד הבא).

3 לכן מציעים זליגמן ולחמן (2008) לקרוא לעלויות החיצוניות עלויות ציבוריות, שכן ברוב המקרים הציבור הוא הנושא בעול הכלכלי.

משקל, התמודדות עם עקות והפרעות, מארג המזון ועוד), אך ללא חשיבה יישומית בדבר הבטחת היצרנות והרווחיות של החקלאות תוך שילוב בין האקולוגיה לבין האגרונמיה. במקביל, ואולי בשל כך, הציעו כמה חוקרים לחזור אל החקלאות המסורתית כמודל רצוי (Altieri, 1983).

תחת השפעה זו הוגדרה יחידת הבסיס של האגרו-אקולוגיה כ**מערכת אקולוגית חקלאית (אגרו-אקוסיסטמה)**, בדומה למערכת האקולוגית, שהיא יחידת הבסיס המופשטת של עולם הטבע כפי שהוגדרה על ידי האקולוגים. המערכת האקולוגית החקלאית רואה את החווה כולה כמערכת מרחבית מתפקדת ויצרנית אחת, שכוללת רכיבים ביוטיים (חיים) ואביוטיים (דוממים), שמקיימים מערך מפותח של יחסי גומלין בינם לבין עצמם, ובינם לבין הסובב הטבעי או מעשה ידי האדם, המקיף את החווה. תכונות המערכת האקולוגית החקלאית נקבעות לפי מאסף המינים הנמצאים בה (חקלאיים או טבעיים), קשרי אנרגיה ומאזן חומרי הזנה. להבדיל ממערכות טבעיות, הפליטות השונות שהמערכת האקולוגית החקלאית מייצאת למערכות השכנות הן גם שליליות (חומרי דשן, רעלי הדברה, מים עם חומרים זרים, ריחות ועוד). כמו במערכת אקולוגית, גם למערכת אקולוגית חקלאית אין גבולות מוחלטים ומוסכמים, אלא הם תלויים בהחלטת המתבונן, וכך גם לגבי "גורמים" הנכללים בניתוח המבני שלה.

בגרסתה המעשית, אגרו-אקולוגיה היא חלופה לחקלאות הקונבנציונלית. זו **תפיסה מערכתית** הכוללת את היחסים בין הגורמים הביו-פיזיקליים והרכיבים החברתיים-תרבותיים, הן במובן המקומי (המשק החקלאי) הן במובן רחב יותר (שווקים, צרכנים, סחר). אם החקלאות הקונבנציונלית ממוקדת ביעילות הייצור במונחים כלכליים או פיזיקליים (יבול ליחידת שטח אל מול תשומות עבודה, מים, אנרגיה, חומרי הזנה והון) ומחצינה עלויות סביבתיות (בהנחה שיהיה מי שישלם עלויות אלה, כלומר הממשלה או הציבור), הרי שהאגרו-אקולוגיה מרחיבה את מושג היעילות וכוללת בו גם נושאים כמו שמירה על בריאות הקרקע, תוצר בריא ושוויוניות כלכלית תוך ניסיון מתמיד להקטין עלויות חיצוניות (Cleveland, 2013).

מצד שני, אפשר לומר שהחקלאים "מסבדים" את הציבור העירוני בכך שהם מייצרים עבורו, בחינם, נוף יפה שאפשר לטייל ולנפוש בו.

בהמשך חישובו פריטי ושותפיו (Pretty et al., 2000) את סך העלות החיצונית של החקלאות בבריטניה מבחינת הסביבה ובריאות הציבור, והגיעו לערך כולל של 2.34 מיליארד ליש"ט (21 ליש"ט לדונם) במחירי אמצע שנות ה-90. הגורמים העיקריים בחישוב עלות זה הם זיהום המים ואחריו נזק לבעלי חיים ולבתי גידול; פליטת גזים לאטמוספירה; סחיפת קרקע; אובדן פחמן מהקרקע; הרעלות מזון ובעלי חיים. בהיעדר נתונים מדויקים, החוקרים סבורים שמדובר בהערכת חסר לעומת המציאות.

צבן (2013) מבקר את השימוש במושג העלויות החיצוניות, היות שלתפיסתו הוא מעררב עולם של ערכים ורצונות בממד הכמותי של הכלכלה. על הכלכלה להציע מנגנונים, בעוד שבצד הערכי על מקבלי ההחלטות והפוליטיקאים לטפל במצב ולא לצפות שהכלכלנים יחלצו אותם מהסבך⁴.

מהי האגרו-אקולוגיה?

האגרו-אקולוגיה התפתחה במקביל לאקולוגיה הביולוגית בשנות ה-60 וה-70 של המאה ה-20. **החשיבה האקולוגית היא הוליסטית**, ולפיה הטבע בנוי ממערכות מתפקדות של שלם (המערכת) בהן יש ערך גבוה מאשר לחלקיו, ופגיעה באחד החלקים תפגע במידה כזו או אחרת בתפקוד המערכת כולה (Odum, 1969). האגרו-אקולוגיה "שָׁאֵלָה" תפיסה זו בהתייחסה לתהליכי ייצור המזון כמערכת מתפקדת (Cox and Atkins, 1979).

בתחילת שנות ה-80 של המאה הקודמת נתפסה האגרו-אקולוגיה כיישום ישיר של עקרונות מתחום האקולוגיה הביולוגית בעשייה החקלאית (למשל, זרימת אנרגיה בין רכיבי המערכת האקולוגית, מחזור חומרי הזנה [נוטריינטים], יחסי גומלין [אינטראקציות] בין אורגניזמים, יציבות ושווי

4 ניסיון, מהבודדים שנמצאו בספרות, לדיון מקיף וכמותי בנושא עלויות חיצוניות בחקלאות ניתן למצוא אצל באלמפורד ושותפיו (Balmford et al., 2018).



הציר המדעי מחפש דרך שהיא סינתזה בין אגרונומיה קובנציונלית ואקולוגיה של מערכות טבעיות; הציר החברתי חושף את ההתעלמות מההשפעות הסביבתיות ומצורכייהם של חקלאים עצמאיים קטנים-משפחתיים (small-scale farmers) בנייתוחים הכלכליים של החקלאות התעשייתית ובסחר העולמי במוצרים חקלאיים; בצד המעשי מבקשת האגרו-אקולוגיה לנסח, לבחון ולגבש פעולות או נהגים (פרקטיקות) חקלאיים ישימים ויעילים, שמבוססים על ניצול מקיים של המשאבים (ראו הרחבות בהמשך). המבט האגרו-אקולוגי הוא כוללני (הוליסטי) ומקשר בין החלקה החקלאית וסביבתה המיידית והרחוקה (Francis et al., 2003).

להלן **עקרונות האגרו-אקולוגיה** על פי אחד הניסיונות לנסחם (מבוסס על Stassart et al., 2012):

- **מחזור ביומסה** (שאריות הגידולים מעבר לתוצר החקלאי הנלקח לשוק) והשלמה מיטבית של חומרי ההזנה בקרקע אחרי שהגידולים צרכו את רובם לאורך עונת הגידול;
- **שימור הקרקע** במקומה (*in situ*) תוך שיפור מתמיד באיכותה, הנמדדת בתכולת חומר אורגני גבוהה ובפעילות ביולוגית גבוהה;
- **הקטנת התלות בתשומות חיצוניות סינתטיות** (אנרגיית מחצבים, כימיקלים);
- **הקטנת אובדן משאבים** (אנרגיית שמש, קרקע, מים, אוויר) תוך ניהול יעיל של מיקרו-אקלים, כיסוי קרקע, שיפור מערכות איסוף המים וניקוזם;
- **שימור המגוון הגנטי** של הגידולים ובעלי החיים בחווה ושדרוג באמצעות זנים עמידים ומותאמים;
- **חיזוק יחסי גומלין חיוביים** בין מרכיבים במערכת אקולוגית חקלאית באמצעות שימוש הדדי במשאבי הצומח ובעלי החיים - למשל, שימוש בזבל בעלי חיים

פריטי (2004) מסמן ארבעה עקרונות של אגרו-אקולוגיה: שילוב של רכיבי טבע בייצור המזון ומחזור רכיבים לאורך התהליך (**כלכלה מעגלית**); צמצום השימוש במשאבים שאינם מתחדשים הגורמים נזק סביבתי; שימוש מיטבי בידע ובכישרון של החקלאים עצמם ושל הקהילה שלהם; בנייה וחיזוק של ההון האנושי: אמון, הדדיות, כללי התנהגות מוסכמים ומוסדות חברתיים שמחברים בין חברי הקהילה החקלאית.

על ציר החלופות לעשייה חקלאית ממוקמת האגרו-אקולוגיה בין החקלאות הקובנציונלית לאורגנית (איור 3). היא מבקשת לשמר את היצרנות והרווחיות של מערכות אינטנסיביות תוך התחשבות מרבית בסביבה (של השטחים החקלאיים עצמם ושל השטחים שסביבם) ובבני האדם (החקלאים והצרכנים). האגרו-אקולוגיה אינה שיטה אחת מוגדרת בבירור, אלא אסופה של חלופות שיכולות להשיג את המטרה הנדרשת. האגרו-אקולוגיה היא גישה מורכבת, וקשה להגדירה בצורה תמציתית, חדה וברורה.

בעשורים האחרונים התבהרה העובדה שהרכיב האנושי הופך חשוב יותר ויותר בנייתוח המערכת האקולוגית החקלאית. כיום רווחת ההתייחסות למערכות מזון רחבות-היקף, שכוללות לא רק את ייצור המזון בפועל אלא גם את שרשרת האספקה, המסחר והצריכה. כלומר, מעבר לשימוש בעקרונות אקולוגיים לניתוח המערכת האקולוגית החקלאית נעשה שימוש גם בכלים חברתיים-כלכליים ופוליטיים לניתוח שינוע המזון, הפצתו וצריכתו (Vandermeer, 2009).

מקובל לדבר על אגרו-אקולוגיה כעל "**מושג פעולה**" (concept of action) שיש לו שלושה צירים: ציר מדעי, ציר פוליטי או חברתי וציר חקלאי-מעשי (Wezel et al., 2009).

לראשונה השתמש במושג אגרו-אקולוגיה, כנראה, האגרונום הרוסי בנסין (Bensin), שהציע כבר ב-1928 ליישם שיטות אקולוגיות בגידולים חקלאיים מסחריים. משמעות זו - שילוב התפיסה האקולוגית בעשייה החקלאית - שהייתה חדשנית בזמנו, נעשתה בסיס של החקלאות המודרנית. מכאן התפתחו התובנות לגבי התאמת גידולים לאזורי אקלים וליחידות סלע-קרקע.

גם בארה"ב החלו להשתמש במושג זה מוקדם יחסית, וגם כאן היה זה אגרונום, קלאגס (Klages), שקישר בשנות ה-20 של המאה ה-20 בין תחום התפוצה של גידולים חקלאיים (אזורי אקלים) ובין התכונות הפיזיולוגיות שלהם. מעניין שקלאגס לא השתמש במונח "אגרו-אקולוגיה", אלא ראה בקשר בין הגידולים לסביבה האקולוגית חלק מתחום האגרונומיה.

במחצית הראשונה של המאה ה-20 הוסיפו האקולוגים-זואולוגים הגרמנים פרידריכס (Friederichs) ואחריו טישלר (Tischler) למונח אגרו-אקולוגיה גם את יחסי הגומלין שבין הפאונה הטבעית ומספר נושאים בחקלאות: מזיקים לצמחים, ביולוגיה של הקרקע והחשיבות של בתי גידול טבעיים הנמצאים בשכונות לשדה החקלאי.

את ההגדרה הראשונה לתחום סיפק האגרונום הצרפתי אַני (Henin) בשנות ה-60 של המאה שעברה, שגרס שאגרונומיה היא "אקולוגיה מעשית במערכות ייצור צמחיות ובממשק שטחי קרקע חקלאיים". האיטלקי אַצי (Azzi)⁶ הגדיר את התחום כמחקר של התכונות הפיזיות של הסביבה, האקלים והקרקע ביחס להתפתחות הגידולים החקלאיים (הכמות והאיכות של היבולים). בחינת ההגדרות הראשוניות הללו מלמדת שמדובר בהיבטים שונים של התובנה שההקשר הסביבתי חשוב ביותר למערכת החקלאית, ולא בהתפתחות של דיסציפלינה חדשה.

בשנות ה-70 של המאה הקודמת, עם ההכרה בהצלחה של המהפכה הירוקה, אבל גם בהשלכותיה השליליות, התחיל להתפתח דיון על חלופה אינטנסיבית פחות וידידותית יותר לסביבה ולאדם (Hecht, 1995; Francis et al., 2003;)

מהחוזה לטיוב הקרקע במקום בדשן סינתטי, שילוב עצים במערכת החקלאית (agro-forestry);

- **תכלול (אינטגרציה) של המגוון הביולוגי הטבעי עם מערכת הגידולים** - למשל, עידוד אורגניזמים מועילים לזוהרות אוכלוסיות של מזיקים, עידוד חיידקי קרקע להגברת פוריות הקרקע;
- **שילוב של קבלת החלטות לטווח הקצר** (איזה גידול לגדל בעונה המתקרבת כדי להבטיח רווחים מיטביים) **לצד הטווח הארוך** (איך למנוע התדרדרות של מצב הקרקע או איך להגביר את רכיב ההדברה הביולוגית בחווה) כדי לקבל מירוב (מקסימיזציה) של הגידולים ומתוך כך תמיכה **ביכולת ההתאוששות מהפרעה** (resilience) ו**בסגילות** (adaptability) של המערכת החקלאית לתנאים משתנים;
- ניסיון מתמשך ויצירתי לגבש **מערכת לייצר מזון מקיימת** (sustainable production system)⁵ הבנויה ליצור כמות מיטבית ולא מְרִבֵּית של מזון;
- עידוד **שיטות ניהול התומכות בחדשנות** בעיקר בהיבט המקיים;
- **העברת הידע הנצבר** בתחום לחקלאים חדשים או לחקלאים במדינות מתפתחות;
- **חיבור עם קהל הצרכנים** ועם תושבי הערים כדי להגביר מודעות למזון בריא ולייצורו;
- הישענות על מגוון מקורות הידע כבסיס למחקר ולעשייה אגרו-אקולוגיים; **תמיכה במחקר** כדי לחזקו ולכווננו לצרכים של המערכת האגרו-אקולוגית ודאגה לשיתוף החקלאים בתכנון המחקר ובביצועו;
- דגש מיוחד על **ידע מקומי (מסורתי)**, שיש לראותו כמשאב בסכנת הכחדה בפני עצמו;
- שמירה על **האוטונומיה של כל המשתתפים ב"שרשרת המזון"** בקבלת החלטות על אופן ייצור המזון שלהם ועל צריכתו מבלי להשפיע לשלילה על אחרים.

התפתחות האגרו-אקולוגיה כתחום וכמושג

ווזל (Wezel et al., 2009) סקר את ההתפתחות הרעיונית-היסטורית של האגרו-אקולוגיה כמושג מדעי-מקצועי.

5 מערכת חקלאית מקיימת היא מערכת שתפוקותיה מספקות את צורכי האדם בהווה ובעתיד, שתומכת במערכות האקולוגיות הטבעיות המספקות לה שירותים חיוניים, מסייעת לקיומם של חיים בריאים, מפיקה את מרב התועלת לחברה, וכל העלויות של הפעילות היצרנית בה מובאות בחשבון (Tilman et al., 2002).

6 ההפניות לאַני ולאצי מופיעות במאמר של ווזל ושותפיו מ-2009.

חקלאות מסורתית

חלופה שעדיין קיימת לחקלאות הקונבנציונלית היא החקלאות המסורתית. מערכות חקלאיות מסורתיות (בסין, בהודו, באמריקה הלטינית ובמקומות נוספים) מתפקדות מזה מאות ואלפי שנים, ומספקות את צורכי החקלאים וקהילותיהם; התמדתן מעוררת ספקות לגבי התפיסה שהחקלאות האינטנסיבית היא הפתרון היחיד לייצור מזון בעידן הנוכחי (Janzen, 1973). אלטיירי (Altieri, 1995) טוען שמערכות חקלאיות מסורתיות תופסות בתחילת המאה ה-21 כ-100 מיליון דונם בעולם, מכללות מעל מיליארד בני אדם, ומהוות מוקד **ייצור מזון ריבוני** (food sovereignty)⁷ לקהילות רבות תוך שימור המגוון הביולוגי הקשור לחקלאות.

המערכות המסורתיות נשענות על משאבים מקומיים, מקטינות סיכונים בביטחון התזונתי, מספקות דיאטה מגוונת וחוסכות במשאבים (Altieri, 2004). מצד שני, יש לזכור שחקלאות מסורתית יכולה גם היא להביא לפגיעה סביבתית משמעותית. לדוגמה, באירלנד נמצא שאינטנסיפיקציה של החקלאות כבר בתקופת הברונזה (האלף השני לפנה"ס) הביאה לשינויים במחזור החנקן בקרקע ולתמורות נופיות שעיצבו את נוף השטחים הפתוחים באירלנד עד ימינו (Guiry et al., 2018).

סר אלברט הווארד (Howard, 1940), חוקר צמחים וקרקע בריטי שהיה האחראי על המחקר החקלאי בהודו בין השנים 1905 ל-1931, התפעל ממערכות ייצור המזון המסורתיות באסיה: "בחקלאות האסייתית אנו ניצבים אל מול שיטת חקלאות שעקרוניתה המרכזיים והבסיסיים הוטמעו מזה זמן רב. מה שמתרחש כיום, בשדות הקטנים של הודו וסין, מתרחש כבר מאות שנים רבות... השיטות החקלאיות של מזרח אסיה צלחו את המבחן הנעלה ביותר - הן נצחיות כמעט כמו השיטות האקולוגיות [הטבעיות] של יערות העד הבראשיתיים, הערבות הקדמוניות או האוקיינוסים". היה זה אותו הווארד שהניח מאוחר יותר בבריטניה, יחד עם אחרים, את היסודות לפרקטיקה חקלאית שונה מהמקובל - החקלאות האורגנית. הוא נחשב כאבי **הקומפוסטציה**⁸

(Gliessman, 2007). עד ליישום תוצרי המהפכה הירוקה העיבוד החקלאי היה מבוסס על הכוחות המניעים בתוך החוות עצמן: הרבה כוח אדם משפחתי ועבודה שכירה (ובמקרים מסוימים גם עבדות), דישון תוך מחזור חומר אורגני (בעיקר הפרשות של בהמות) ושימוש במגוונים מסורתיים לוויסות פגעי מזיקים (שהיקפם ממילא היה מוגבל). היבולים בתנאים אלה היו צנועים אך יציבים יחסית, למעט בזמן של מזג האוויר קיצוני. קרוב לוודאי שגם אז היו בעיות סביבתיות וקונפליקט בין הטבע לחקלאות (טריפות, ציד) אבל היקפם היה מוגבל.

בתחילת המאה ה-21 התרחב מבטה של האגרו-אקולוגיה, יצא מהשדה ומהחווה והחל לכלול גם תהליכים חברתיים הקשורים לייצור מזון. פרנסיס ושותפיו (Francis et al., 2003) הגדירו את האגרו-אקולוגיה בהתאם לתפיסה זו כ"לימוד מתכלל של האקולוגיה של מערכת המזון כולה הנשענת על צירים אקולוגיים, כלכליים וחברתיים", ואילו גליסמן (Gliessman, 2007) הציע שהאגרו-אקולוגיה היא "מדע שמיושמים בו תפיסות ועקרונות אקולוגיים בתכנון, בניהול ובפרקטיקה של מערכות ייצור מזון בנות-קיימא".

המנעד הנושאי שהאגרו-אקולוגיה עוסקת בו מתרחב וכולל את כל קני המידה, מהגן ועד לממד העולמי (גידול-שדה-חווה-נוף-אזור-מדינה) (Conway, 1987).

פולוק (Pollock, 2007), אורח נקודת ח"ן ביום העיון החמישי (2007), הציע תפיסה של אגרו-אקולוגיה עם ניחוח של קיימות: "מערכות חקלאיות שמנסות לגבש איזון מחדש בין התכונות החיוביות והשליליות של העיבוד החקלאי, וזאת תוך ניסיון מתמיד לשמור, בכל דרך אפשרית, על כושר הייצור החקלאי של השטח לטווח הארוך ואת הקרקע במצב בריא".

7 הכוונה הרחבה של המושג: הזכות של כל עם למזון בריא, מקובל תרבותית ומיוצר בשיטות מתאימות אקולוגיות השומרות על קיימות, ולהגדרה של המערכות חקלאיות שלהם, כולל השווקים, כראות עיניהם (הצהרת נילני, מולי, 2015, מטעם הפורום הבין-לאומי לאגרו-אקולוגיה).

8 **קומפוסטציה (הדשנה)** - פירוק של פסולת אורגנית/זבל, מהצומח או מהחי, לחומר אורגני עשיר בחומרי מזון. הפירוק נעשה בתנאים מבוקרים של טמפרטורה ולחות. התוצר (**קומפוסט - דשנות**) משמש להעשרת קרקעות חקלאיות או גינות נוי. זהו למעשה תהליך של מחזור אורגני על ידי חיידקים, חרקים ותולעי קרקע.

ופיתוח גינות קהילתיות. מעניין שאין כאן הצעה לשימור מערכות חקלאיות מסורתיות בגלל ערכן האקולוגי-סביבתי, אלא ניסיון לשרג את החקלאות הערבית מבחינת ייצור ורווחיות.

במיזם אחר של נקודת ח"ן נבחנה האפשרות ליישם ממשק מקיים בכרמי הזיתים במגזר הערבי שהם הבסיס של המערכות החקלאיות המסורתיות באזורנו. העבודה העלתה שכרמי הזיתים אינם נתפסים כיום אצל רוב הבעלים כענף או כמוצר כלכלי, אלא משרתים את הבית באספקת שמן זית, מהווים חלק מהתרבות, מקדמים את המעמד החברתי, ומשמשים אתר נופש ופעילות משפחתית-חברתית שעוזרת בחיבור הדור הצעיר לאדמה. במצב זה, הם קובעים, המסורת אינה שיקול בבחירת שיטות העיבוד, ומרבית החקלאים שינו או מתכוונים לשנות את שיטות העיבוד למודרניות יותר (פרלברג ואחרים, 2012).

ניתן לומר שהחקלאות המסורתית והחקלאות המודרנית (קונבנציונלית או אחרת) הן עולמות חקלאיים שונים מאוד זה מזה. כדי להיות רלוונטי לישראל ספר זה ממעט לעסוק בחקלאות מסורתית.

מה בין אגרו-אקולוגיה לחקלאות מקיימת?

במדינות המפותחות נהוגה כאמור "החקלאות הקונבנציונלית" - כזאת ששואפת לְמָרְב (למקסם) את תהליכי הייצור ולהגיע לרווחיות הגבוהה ביותר האפשרית - אבל כמו החלופות לה, גם היא קשה לאפיון כולל. מערכת חקלאית היא רב-ממדית, ולכל ממד יש טווח של שונות; קשה מאוד להשוות בין גידול חיטה אקסטנסיבי⁹ מושקה-גשם (בעל) לבין גידול אינטנסיבי של תפוחי אדמה עם השקיית עזר ודישון, או בין גידול ירקות

המודרנית. אמרתו המפורסמת כי "בראות הקרקע, הצמח, החיה והאדם היא אחת ואינה ניתנת לחלוקה", רלוונטית גם לענייננו, וההשראה לכך הגיעה אליו, אפשר להניח, גם מעולם החקלאות המסורתית שנגלה לפניו באסיה⁹.

מעניין לבחון את הפרקטיקה המסורתית בסד האילוצים הכלכליים שהחקלאות הקונבנציונלית התפתחה בו, ולראות עד כמה היא יכולה לשמש אותנו כיום בתנאים וברמת החיים שהעולם המפותח הגיע אליהם.

מהן מערכות חקלאיות מסורתיות בישראל?

הנוף החקלאי באזורנו, מאז שחר ההיסטוריה ועד המודרניזציה של החקלאות היהודית בעשורים הראשונים מאז קום המדינה, עבר שינוי דרמטי. עד להתיישבות היהודית של העלייה השנייה הנוף היה מבוסס על מערכות מסורתיות, אך הן נמחקו כמעט לחלוטין, למעט זעיר פה זעיר שם. גורמים רבים הביאו לתהליך זה: גידול חד באוכלוסייה ובעקבותיו לחץ על הסבת חלקות חקלאיות לבנייה; הקמה של מערך חקלאי מודרני במשק היהודי שלא על בסיס והמשכיות מסורתיים; השתלבות בכלכלה מפותחת שמכתיבה רמת חיים ויוקר מחיה שהחקלאות המסורתית לא מאפשרת; תחרות מצד ייצור חקלאי מודרני בהתיישבות היהודית; חלקות קטנות עקב חוקי ירושה מקובלים, ועוד.

תוכנית נקודת ח"ן תמכה במיזם של עמותת "שכנים לפיתוח משותף בגליל" שניסה לגבש קווים לפיתוח חקלאות מודרנית במגזר הערבי (אלפנדרי ואחרים, 2007). ההמלצות היו מעניינות: החדרת חקלאות אינטנסיבית (שינוי מדיניות הגידולים והקצאת מכסות מים); פיתוח תיירות חקלאית; פיתוח חקלאות אורגנית; האחדת חלקות; חיבור למקורות מידע (לגבי זנים וטכניקות חדשים); עידוד ותמיכה בהתאגדויות של עסקים קטנים וקבוצות של חקלאים

9 תחום החקלאות האורגנית נבנה גם על בסיס של עצות שנתן הפילוסוף-מיסטיקן האוסטרי רודולף שטיינר כבר ב-1924 לקבוצה חקלאית שהייתה מוסדרת מהתשומות הסינתטיות עוד לפני המהפכה הירוקה. מתהליך זה צמחה החקלאות הביו-דינמית.

10 **ממשק אקסטנסיבי** - ממשק שהתשומות החיצוניות בו (למשל, הון, דשנים, חומרי הדברה) נמוכות, ובהכרח גם התשואות, על פי רוב, קטנות. ממשק אינטנסיבי הוא המצב ההפוך.

במשאבים לא מתחדשים, תומכת בכלכלה מקיימת של החווה החקלאית, ומשפרת את איכות החיים של העוסקים בחקלאות (US Congress, 1990). גישה זו צעירה יחסית ונמצאת בשלב המעבר מרעיון למעשה.

מדע הקיימות מתמקד בהשקפה וביחסי הגומלין שבין הטבע והמערכות האנושיות ובדרך שהם מתייחסים לצורכי הדורות העכשוויים והעתידיים (Kates, 2011). **מערכת בת-קיימא** חייבת לבטא ערכים וצרכים – נוכחיים ועתידיים – של החברה שהיא פועלת בה. לחקלאות המקיימת, מניה וביה, מבט רחב יותר יחסית לחקלאות הקונבנציונלית, הן חברתית הן בין-דורית.

ברור לרוב העוסקים בתחום שלא תיתכן חקלאות מקיימת אם היא לא תהיה רווחית ותאפשר לחקלאי ולעובדים במשק קיום בריא ואיכות חיים מתקבלת על הדעת (NCAT, nd). ברוח זו מגדיר את מטרותיו המכון לחקלאות מקיימת באוניברסיטה החקלאית של קליפורניה בדיוויזיה: החקלאות המקיימת צריכה לתכלל שלוש מטרות – **סביבה בריאה, רווחיות כלכלית ושוויון חברתי וכלכלי** (UC Davis Agricultural Sustainability Institute – ASI).

משרד החקלאות, המזון וענייני המגזר הכפרי של מחוז אונטריו בקנדה וגם גופים רבים אחרים אימצו את ההגדרה הרחבה של ה-Sustainable Agriculture Platform Initiative משנת 2010: "ייצור יעיל של מוצרי חקלאות בטוחים ובאיכות גבוהה, בדרך שתשמור על הסביבה הטבעית ועל התנאים החברתיים והכלכליים של החקלאים, מעסיקיהם והקהילות המקומיות ואף תשפר אותם, ותבטיח את הבריאות והרווחה של כל המינים במשק החקלאי".

גם לגבי הגדרת חקלאות מקיימת אין הסכמה מלאה ויש נתיבים שונים המוצעים למימושה. פרופ' ג'ולס פריטי סבור כי חקלאות מקיימת היא מושג כה מורכב שלא ניתן להגדירו¹². היו שטענו שבעולם שמשנתה כה מהר כמו

בערוגות פתוחות והשקיה בתעלות לבין גידול בחממה שיש בו טפטפות ובקרת מזיקים.

לאורך השנים הוצעו חלופות שונות לחקלאות הקונבנציונלית – חקלאות טבעית, חקלאות של תשומות נמוכות, חקלאות אלטרנטיבית, חקלאות מתחדשת, חקלאות הוליסטית, חקלאות ביו-דינמית, חקלאות ביו-אינטנסיבית, חקלאות אורגנית ומערכות חקלאות ביולוגיות – חלק מהן נשאו הצעות או רעיונות בלבד, וחלק נעשו פרקטיקה מוכרת (חקלאות אורגנית). יש כמה מאפיינים משותפים לכל המסלולים האלה: הרצון למזער או להוציא כליל את השימוש בחומרים סינתטיים (דשן וחומרי הדברה); דאגה לבריאות הקרקע; שימור מים; תכלול בין גידול בעלי חיים וגידול צמחים (בעיקר השימוש בזבל של בעלי החיים כמקור לדשן).

מושג הקיימות רומז על היכולת להמשיך בהתנהגות מסוימת לזמן בלתי מוגבל. קיימות סביבתית רומזת על יכולת לשמור את רמת ניצול המשאבים הטבעיים ברמה מוגדרת לאורך זמן רב (Daily and Ehrlich, 1992). מכאן נובע שחקלאות קונבנציונלית אינה מקיימת, מאחר שהיא מצריכה חידוש מתמיד של דשנים, מים וחומרי הדברה (Weiner, 2017). ויינר רואה בחקלאות מקיימת ברמה המקומית פעולה הממוקדת בתחזוקה ובשיפור של פוריות הקרקע דרך הגדלת הצפיפות של הביומסה החיה או המתה בשדה. לצערנו הוא לא צופה שרוב החקלאים בעולם יאמצו את הגישה הזו.

החקלאות המקיימת מנסה לייצר כמויות מזון דומות לאלה של הקונבנציונלית, אך תוך פגיעה מזערית ככל האפשר בסביבה (ניצול משאבים בלתי מתחדשים, זיהום). גישה זו צעירה יחסית, ונמצאת בשלב המעבר מרעיון למעשה. להבדיל מהחקלאות האורגנית, החקלאות המקיימת לא אוסרת על השימוש במשאבים או בחומרים לא טבעיים, אבל מעודדת שימוש מוגבל בהם באופן שישלים את המשאבים המקומיים בחווה. הקונגרס האמריקאי הגדיר את החקלאות המקיימת כמערכת מתכללת בין ייצור בעלי חיים וצמחים, המספקת את צורכי האדם במזון ובסיבים, מעצימה את איכות הסביבה על ידי שימוש מושכל ויעיל

11 ארגון ללא כוונת רווח שהוקם על ידי חברות המזון הגדולות בעולם במסגרת פעולתן לשיפור הסביבה וייצור המזון.

"Precise and absolute definitions of sustainability and therefore of sustainable agriculture are impossible. Sustainability itself is a complex and contested concept"; (Pretty, 1998) (2008) (מתוך זליגמן ולחמן).

ניתן לראות באגרו-אקולוגיה את אחד הנדבכים של החקלאות המקיימת המדגישה את ההיבטים הסביבתיים-פיזיים יחד עם ההיבטים הניהוליים-אגרונומיים ואת השפעותיהם האקולוגיות על היצרנות החקלאית ועל המערכות הטבעיות הסובבות אותה. מתוך מבט זה מציעה האגרו-אקולוגיה גישה מעשית לניהול אגרונומי של המערכת האקולוגית החקלאית.

האם חקלאות אורגנית היא הפתרון האולטימטיבי לאתגר האגרו-אקולוגי?

במסגרת הרצאתו בכנס השני של נקודת ח"ן (2004) טען זאב נאוה כי נופי החקלאות האורגנית אמורים להיות הנופים החקלאיים של העתיד ולהוות בסיס לחקלאות בת-קיימא. לדבריו, החלפת הדשן הכימי בזבל אורגני ובקומפוסט והחלפת ההדברה הכימית בביולוגית, תוך שילוב גידול בעלי חיים בגידולי השדה, ייצרו חקלאות אחרת, מקיימת ותומכת במגוון ביולוגי עשיר חזון זה לא קורם עור וגידים במלואו בישראל - או בעולם - והסיבות לכך מגוונות ובחלק מהן נדון בהמשך ספר זה.

מעל מחצית הקרקע המוקצית לחקלאות אורגנית באירופה נמצאת בארבע מדינות: ספרד, גרמניה, איטליה ובריטניה. בבריטניה, לדוגמה, חקלאות זו תופסת רק שלושה אחוזים מסך השטח החקלאי (ב-2006)¹³. בארה"ב פחות מאחוז אחד מהשטח החקלאי מוקדש לגידולים אורגניים, שהם 5.3 אחוזים ממכירות המזון (Paarlbeg, 2018). מצד שני, היקף השוק למוצרים אורגניים עלה בעשור האחרון באופן חד בשיעור של 30-50 אחוז בשנה (Henle et al., 2008), אם כי לאחורונה, בעקבות המשבר הכלכלי, מסתמנת ירידה בגודל שוק זה. בישראל תפסה החקלאות האורגנית בעבר כ-70,000 דונם (הרשקוביץ, 2013), וב-2016 רק 44,000 דונם (למ"ס 2017, חקלאות) שהם 1.4 אחוזים מסך השטח החקלאי (ו-1.2 אחוזים מסך הייצור החקלאי - גידולי שדה, ירקות ומטעים, לפי נתוני תכופה חקלאית 2017, הלמ"ס)¹⁴.

עולמנו הנוכחי אין מקום למושג 'בר-קיימא', ואחרים סברו שניתן לתמצתו במילה אחת - קביעות (ראו דיון מסכם אצל זליגמן ולחמן, 2008).

עם זאת, ניתן לסכם ולומר שחקלאות מקיימת היא כזו העושה שימוש מיטבי במשאבי הסביבה ובשירותים שהסביבה מספקת מבלי להוביל לפגיעה ביכולת להשתמש בהם בטווח הארוך, ועקרונותיה הם (Tilman et al., 2002; Pretty, 2008):

- מזעור השימוש בתשומות שאינן מתחדשות או שעלולות לפגוע בסביבה או בבריאות החקלאים והצרכנים, כך שיתאפשר לשמור על כושר הייצור החקלאי גם בעתיד;
- שימור ופיתוח של הידע והכישורים של החקלאי, שיאפשרו להגדיל את עצמאותו הכלכלית תוך החלפת תשומות חיצוניות יקרות בהון אנושי מקומי קיים;
- הבטחת השוויוניות הבין-דורית בחלוקת משאבי הייצור החקלאי, ובייחוד זכויות גישה לקרקע ומים;
- שימור המגוון הביולוגי במרחב החקלאי;
- הבטחת החיזיוניות הכלכלית של הפעילות החקלאית תוך הגדלת מספר המועסקים בפעילות זו על כל היבטיה, דבר שיאפשר שמירה על הקהילות הכפריות-חקלאיות. על החקלאות המקיימת לספק פרנסה סבירה לכל העוסקים בה, ויש לתת דגש מיוחד להעסקת נשים בפעילות זו;
- העצמת היכולות של החקלאים בפתרון בעיות (מזיקים, ניהול אגני ניקוז, ניהול משאבים מיטבי) בסביבה חקלאית וטבעית תוך עבודה משתפת;
- יצירת מזון בריא ואיכותי לחברה כולה תוך הבטחת תהליכי הייצור גם בתנאים סביבתיים קשים;
- תרומה לפיתוח עולמי בר-קיימא.

חקלאות מקיימת תלויה לא רק בניצול נכון של משאבים וטכנולוגיות אלא גם בארגון מתאים של ההון החברתי (בניית אמון ושותף פעולה, הנהגה, יצירתיות ויכולת ניהול). למערכות חקלאיות עם יכולות חברתיות ואנושיות גבוהות יש סיכוי גבוה יותר למצוא ולהמציא פתרונות חדשניים להתמודד עם אי-ודאות ועם שינויים קיצוניים (Pretty, 2008).

13 וגם כיום: <https://tinyurl.com/razr5gf>

14 על האסדרה והתנהלות התחום בישראל ראו באתר משרד החקלאות ופיתוח הכפר - moag.gov.il/subject/organic_agri/Pages/default.aspx

של ספרות מדעית, לגבי יכול ליחידת שטח בחקלאות האורגנית לעומת הקונבנציונלית מצא שהיכול מהחלקות האורגניות היה נמוך יותר. ההבדל היה תלוי-גידול ומיקום, ונע בין 5 אחוזים ל-34 אחוז; המסקנה היא שרק בגידולים מסוימים ובתנאי גידול מוגדרים הממשק האורגני מתקרב בביצועיו לזה הקונבנציונלי (Seufert et al., 2012).

השוואה בין גידול קונבנציונלי ואורגני מעסיקה חוקרים ומתעניינים רבים. מכון רודאל (Rodale, 2011), המתמחה בפיתוח ובמחקר של גידול אורגני ובהשוואה לגידול קונבנציונלי, פרסם דו"ח המסכם 30 שנים של ניסויים. אחת המסקנות ממעקב משווה זה היא שאין הבדל ביבולים של תירס וסויה בין שתי שיטות הגידול לאורך זמן (לגידול האורגני לקח מספר שנים להתבסס).

החוקר הסקוטי טרוובאס (Trewavas, 2004) ביצע השוואה מקיפה מאוד של שתי שיטות גידול אלה בבריטניה, ומצא הבדלים קטנים בין שיטות הגידול מבחינת תפוקת יבול. לדעתו, אם יש הבדלים כאלה, הרי שהם נובעים ממקצועיות חקלאית נמוכה יותר בצד הקונבנציונלי לעומת התייחסות מקצועית ותשומת לב גבוהה בצד האורגני. ניתוח משווה של ספרות מדעית, המבוסס על 71 פרסומים, הראה שלחקלאות האורגנית יש השפעה חיובית על הסביבה כאשר בוחנים יחידות שטח, אך לא בהכרח כאשר מנתחים את ההשקעה ביחידת מוצר חקלאי (Tuomisto et al., 2012).

לדעת טרוובאס (Trewavas, 2004), מחירים נמוכים של תוצרת חקלאית יכולים להגדיל את צריכת הפירות והירקות, ולכן חשובים יותר לבריאות האדם מהממשק החקלאי. זאת ועוד, הקשר השלילי בין רמות נמוכות יחסית של שאריות חומרי הדברה ובריאות האדם טרם הוכח מדעית, בעוד שהקשר החיובי בין צריכה מוגברת של תוצרת חקלאית טרייה והבריאות כבר מוכח. לכן הוא רואה את הממשק הקונבנציונלי, המספק תוצרת במחיר נמוך יותר יחסית לאורגני, כבריא יותר במונחים כוללים. נוסף על כך, בדיקה מטעם הפרלמנט הבריטי שבחנה את הערך התזונתי של הגידולים האורגניים לעומת הקונבנציונליים לא מצאה ביניהם הבדל משמעותי (Dangour et al., 2009).

החקלאות האורגנית אוסרת על השימוש בדשן כימי, ומציעה כחלופה דשן אורגני, כמו הפרשות בעלי חיים

אחת הסיבות לאימוץ המוגבל של הפרקטיקה האורגנית היא שהחקלאות האורגנית מתנהלת לפי פרוטוקול מוגדר היטב, שחובה לאמצו במלואו כדי לקבל הכרה של ארגון מאסדר. כדי לעמוד בדרישות המחמירות של הגידול האורגני החקלאי צריך להזדהות באופן מלא עם תפיסת העולם שעומדת בבסיס פרוטוקול זה.

הביקורת על החקלאות האורגנית קשורה למספר היבטים. ראשית, נראה כי רבים מהחומרים הטבעיים המומלצים לשימוש בחקלאות האורגנית אינם מוכרים היטב למדע, ועלולים להסב נזק לאדם ולסביבה בדומה לחומרים הסינתטיים (רבינוביץ, 2015; Trewavas, 2001); נוסף על כך, יש להשתמש בכמויות גדולות מהם, כי יעילותם קטנה מזו של החומרים התעשייתיים. שנית, החקלאות האורגנית נזקקת לשטחים גדולים יותר מחקלאות קונבנציונלית לייצור כמות מזון דומה בגלל יעילות הייצור והרווחיות הנמוכות יחסית שלה, ומכאן שהשפעתה על השטח שנותר לטבע גדולה מזו של החקלאות הקונבנציונלית.

ביקורת נוספת נוגעת לחוסר היכולת של קטניות - המשמשות להעלאת כמות החנקן בקרקע - להוות תחליף מלא ומספיק לדשן סינתטי, בעיקר אם יתרחבו שטחי החקלאות האורגנית. השוואת יבולים (293 דוגמאות) של גידולים אורגניים לגידולים לא אורגניים, הן בעולם המפותח הן במתפתח, הראתה כי ברוב המקרים היבולים בשתי שיטות הגידול היו דומים; במדינות המפותחות הניבה החקלאות הקונבנציונלית מעט יותר, ולהפך במדינות המתפתחות (Badgley et al., 2007). על בסיס זה בנו החוקרים מודל אספקת מזון עולמי, והראו שאם כל השטח החקלאי בעת כתיבת המאמר יוקדש לחקלאות אורגנית, ניתן יהיה לספק במלואה את צריכת המזון של אוכלוסיית העולם. אך האם ניתן יהיה לספק באופן דומה גם את צורכי אוכלוסיית העולם הגדלה בהתמדה בעוד דור או שניים, אם לא יהיו שינויים משמעותיים בהרכב סל המזון ובדיאטה האנושית? התשובה כנראה שלילית, ומצב כזה יצריך התמרת שטחים טבעיים בהיקף גדול עוד יותר.

החוקרים בחנו גם את נושא הדשן החנקני והראו, לפי נתונים מ-77 מחקרים, שגידולי כיסוי של קטניות יכולים להוות תחליף מלא לדשן תעשייתי לפחות באזורים הטרופיים והממוזגים. מחקר אחר, שגם הוא מבוסס על ניתוח משווה

אספקת המזון למרבית תושבי כדור הארץ, בעוד שהחלופות לה עדיין מתקשות לשכנע ביכולתן לייצר מזון בקנה מידה גדול (Trewavas, 2004).

אגרו-אקולוגיה כדיסציפלינה מדעית מתפתחת

דלגארד (Dalgaard, 2003) טוען שלאגרו-אקולוגיה יש כיום את מרב המאפיינים של דיסציפלינה מדעית עצמאית - שיתופיות, אוניברסליות, בידול, מקוריות וספקנות. חלק מדיסציפלינה מתפתחת זו צומח מהבסיס התיאורטי של האקולוגיה הביולוגית, אם מקבלים את תפיסת חלק מהאקולוגים שהחקלאות היא "מערכת אקולוגית מבויתת". בהתאם לכך, יחסי גומלין בין אורגניזמים חיים - האבקה, אכילת צמחים (הרביבוריה) של מזיקים צמחוניים, טריפת מזיקים על ידי אויבים טבעיים, תחרות על משאבים מצד עשבים משבשים (שוטים) וכו' - הן הלוח (הבסיס) של המערכת האגרו-אקולוגית, ולכן האגרו-אקולוגיה המדעית יכולה לעשות שימוש נרחב בכלים האקולוגיים העומדים לרשותנו (Mediene et al., 2011). היו חוקרים שגרסו ש"האקולוגיה תהפוך בהכרח לדיסציפלינה המרכזית של לימוד החקלאות"¹⁵ (Weiner, 2003).

החקלאות נשענת על אספקת **שירותים אקולוגיים**¹⁶ - כמו האבקה או ויסות מזיקים - הניתנים בחינם באופן טבעי על ידי המערכות האקולוגיות הטבעיות השכנות; ההשפעות הסביבתיות השליליות של היצרנות החקלאית יכולות לצמצם את אספקת השירותים הללו - דרך זיהום בכימיקלים או הקטנת מגוון ביולוגי - והאגרו-אקולוגיה מבקשת למנוע פגיעה זו (Tomich et al., 2011).

דארנהופר ושותפיו (Darnhofer et al., 2010) ביקשו להחיל על המערכת האקולוגית החקלאית את מערך המושגים המגדירים מערכת אקולוגית מתפקדת היטב וליישם בסביבה החקלאית; היינו, שהמערכת החקלאית תהיה בעלת **יכולת עמידות להפרעות** בדומה למערכות טבעיות. לדעתם, הדבר יושג אם המערכת החקלאית תהיה **מגוונת**,

מטופלות או קומפוסט. דשן זה יכול לגרום לזיהום סביבתי מעודפי חנקן לא פחות מדשן כימי. **מחקר ישראלי העלה ששימוש בקומפוסט בחקלאות אורגנית כמקור דשן גרם לזיהום בחנקה של מי התהום. לעומת זאת, שימוש בדשן כימי נזלי דרך מערכת ההשקיה בטפטוף (הדשיה) הוביל לזיהום קטן בהרבה של מי התהום** (Dahan et al., 2014). **מסקנת החוקרים היא ששיטת השימוש בדשן ואי-התאמה לצורכי הצמח הן הגורמים העיקריים לזיהום.** על רקע זה ניתן להבין את מסקנתה של גותמן (Guthman, 2000), שחקרה את החקלאות האורגנית בקליפורניה, וטענה שלא כולה עומדת בסטנדרטים שמציבה האגרו-אקולוגיה.

הול ושותפיו (Hole et al., 2005) טענו שההשפעה החיובית של החקלאות האורגנית על המגוון הביולוגי אינה שונה משמעותית מזו של חקלאות קונבנציונלית המנוהלת בקפידה בחלקות בגודל מוגבל. המודל שראו הול ושותפיו לגבי חקלאות קונבנציונלית תומכת מגוון ביולוגי היה המודל שיוזמי תוכנית התמיכות הכספיות של האיחוד האירופי ראו לנגד עיניהם עם גיבוש היוזמה - תמיכה המעודדת ניהול אקולוגי ואגרונמי נכון. בפרק VIII (מדיניות ואסדרה) נדון אם חזון זה התגשם עם הזמן.

אחד המחסומים הגדולים ביותר שעל החקלאות האורגנית לפרוץ כדי להשתלט על נתח שוק גדול יותר הוא יוקר המוצרים האורגניים, שנובע, בראש ובראשונה, מחוסר הנכונות להשתמש בדשנים סינתטיים זולים יחסית. בהתבסס על נתוני משרד החקלאות האמריקאי, מחיר סלט אורגני בארה"ב גבוה ב-60 אחוז מסלט שעשוי ממוצרים קונבנציונליים; חלב אורגני יקר ב-72 אחוז וביצה אורגנית ב-82 אחוז (Paarlberg, 2018).

האידיאולוגיה שמאחורי זרמי "החקלאות האחרת" (כולל החקלאות האורגנית) מציגה לא אחת את החקלאות הקונבנציונלית בצורה שלילית ואפילו מלעיגה. היא מתעלמת מהעובדה שחקלאות זו שינתה בפועל את

¹⁵ "Ecology will by necessity become the central science of agriculture"

¹⁶ **שירותים אקולוגיים** (ecological services) - מאסף נרחב של שירותים שהטבע מספק לאדם, או, נכון יותר, למערכות מעשה ידי אדם; לשירותים אלה, הניתנים על פי רוב בחינם, יש ערך כלכלי או סוגי תועלת אחרים. האבקה של גידולים חקלאיים ובקרה של מזיקים באמצעות אויבים טבעיים הן שתי דוגמאות מוכרות לעניין זה שנדונות גם כאן.

תמונה I-1. חקלאות חד-גידולית (מונוקולטורה של לפתית באנגליה)



הנוף שהפעילות החקלאית מתרחשת בה, המדינה, היבשת או אזור האקלים וכדור הארץ כולו). מכאן נובע שהאגרו-אקולוגיה היא תחום דעת בקנה מידה משתנה – ממולקולות ועד כדור הארץ כולו, מימים בודדים ועד טווחי זמן ארוכים (Tomich et al., 2011).

דוגמה אקטואלית למבט מרחיב זה אפשר לראות בנייתו ההשלכות של התנתקות בריטניה מהאיחוד האירופי. דו"ח העוסק בנושא זה צופה שמחירי המזון בבריטניה יאמירו לאחר הפרישה, וכדי להתמודד עם המצב המדינה תבצע יותר רכישות של מזון זול בשווקים בין-לאומיים תוך התפשרות על איכות, על קיימות הייצור ועל פגיעה בחקלאים מקומיים (Elliott and Andrews Tipper, 2018). כיום מחצית מהמזון הנצרך בבריטניה מיובא, ורוב היבוא (70 אחוז) מגיע ממדינות אירופיות אחרות, שם הוא מיוצר תוך הקפדה על תקנים סביבתיים אחידים ושמירה על רווחת היצרנים והצרכנים. מזון מיובא מחוץ לאירופה לא יעמוד ברוב המקרים, בתקן האירופי של שאריות חומרי הדברה (בארה"ב הוא גבוה פי 100 מזה שבאירופה). בשר בקר מברזיל זול ב-50 אחוז מהבשר המקומי, אך השפעותיו הסביבתיות גדולות פי שלושה, בעיקר בגלל בירוא היער הטרופי.

הצפת השוק המקומי במוצרים זולים ובעייתיים מבחינה סביבתית עלולה לאלץ גם את החקלאות המקומית

בעלת יתירות (redundancy), ומותאמת לכושר הנשיאה¹⁷ המקומי, ואז היא תהיה מסוגלת להתמודד עם הפרעות ועם אירועי קיצון.

אולם יש גם דעות אחרות. ווד (Wood, 1998) תוהה אם אכן כל עיקרון הלקוח מהאקולוגיה של מערכות טבעיות צריך להיות מיושם בחקלאות. כדוגמה הוא בוחן את נושא יציבות המערכת. במערכות טבעיות מקובל לחשוב שכל שמגוון המינים גדול, כך גדלה יציבות המערכת. המקבילה היא מערכת חקלאית מסורתית שמספר מינים מגודלים בה יחד. ווד מצביע על מערכות טבעיות יציבות עם מספר מינים מוגבל, שמקבילות לדעתו למערכות חד-שנתיות של חקלאות חד-גידולית¹⁸ שהחקלאים המודרניים למדו לנהלן.

מאחר שבמערכת אקולוגית חקלאית יש מרכיב אנושי משמעותי, הרי שהלימוד, היצירתיות ויכולת ההמצאה הם חלק מההתאמות הנדרשות להשגת חוסן זה. זו סיבה נוספת לכך שהאגרו-אקולוגיה עוסקת לא רק במערכות היצרניות עצמן (המערכות האקולוגיות החקלאיות), אלא גם במערכות הייצור המשני ובצריכת המזון, מחומרי הגלם החקלאיים ועד המוצר הנמכר במרכול וצריכתו (Gliessman, 2015). כך, למשל, רוב האנרגיה במגזר המזון (כ-75 אחוז) מושקעת בתהליכים שאינם חלק מגידול התוצר החקלאי עצמו, ורובם מתרחשים מחוץ לחווה (Francis et al., 2003). לפיכך, יש לבחון את המִדְרָךְ הסביבתי לאורך מחזור החיים – מהשלבים ההתחלתיים של ייצור המזון ועד לצריכתו הסופית, כולל הפסולת והפחת הנוצרים בתהליך כולו.

יש המזהים באגרו-אקולוגיה שני ממשקים בין-תחומיים: האחד נוגע לחיבור שבין מדעי החקלאות לבין האקולוגיה ומדעי הסביבה, והשני, שאינו כחות חשוב מהראשון, עוסק בקשרים שבין החקלאות לבין מדעי החברה. בעוד שהציר הראשון ממוקד בעיקר בתהליכים המתרחשים ברמת החלקה החקלאית וסביבתה הקרובה, הציר השני מתרחק עד מאוד מהשדה עצמו (החווה כולה, יחידת

¹⁷ כושר נשיאה – היכולת המרבית של מערכת אקולוגית לתמוך בתהליכים ללא פגיעה ארוכת טווח במשאבים או בתנאים של מערכת זו (תמיכה באוכלוסייה מרבית של בעלי חיים או צמחים, יכולת לשאת ביקורי קהל, יכולת לספק מוצרים כמו עצה או דגה).

¹⁸ חקלאות חד-גידולית (מונוקולטורה) – מערכת חקלאית המאופיינת בגידול בודד במרחב גדול ולאורך שנים.

מתרחב הדיון באגרו-אקולוגיה ועוסק בכלל תהליך ייצור המזון, כולל הרכיב האנושי (כלכלה, סוציולוגיה, מדעי המדינה, מדיניות).

אומנם קשה לומר שלדיסציפלינה האגרו-אקולוגית יש מבנה רעיוני סדור ומוסכם וגם הכלים האופרטיביים עדיין נמצאים בפיתוח, אבל אין ספק שבעשרות השנים האחרונות נוצקו יסודות איתנים למחקר אגרו-אקולוגי משמעותי. למחקר זה יש כבר הישגים בפועל בשינוי העשייה החקלאית ובשינוי תפיסות הניהול שלה.

חרף העיסוק הגדל והולך באגרו-אקולוגיה, נותרו מדענים ואנשי מקצוע רבים בדעה שיש להמשיך בפיתוח החקלאות הקונבנציונלית, משום שאין לה תחליף בייצור מספיק מזון לאוכלוסיית כדור הארץ ההולכת וגדלה (למשל Connor et al., 2011). גישה זו מבקרת את מצדדי האגרו-אקולוגיה, שמנסים לשכנע שניתן לייצר את כמויות המזון הדרושות במערכות אגרו-אקולוגיות (למשל FAO 2009), בעוד שהנתונים האמפיריים אינם תומכים בתחזית זו באופן חד-משמעי. השכנוע - ויש הגורסים ההטפה - מצד תומכי האגרו-אקולוגיה, טוענים החולקים עליהם, עלול להסיט את המחקר והדיון בחקלאות לכיוון שיתברר כטעות, אולי אף חמורה מבחינת היקף ייצור המזון ברמה העולמית.

ניתן לסכם ולומר שבעשורים האחרונים הלכה ונוצרה דיסציפלינה מדעית של אגרו-אקולוגיה. ההשראה לתחום זה הגיעה מכיוונים שונים - בעיות מעשיות שהעשייה החקלאית הקונבנציונלית נתקלה בהן, שאלות של חקלאים בעלי חזון, ניסיונות של חקלאים יזמים מתקדמים, וביקורת על ההשפעה הסביבתית המשמעותית של החקלאות המודרנית. כל אלה הביאו לניסיון אקדמי לחבר תובנות אקולוגיות לניהול מערכות חקלאיות והעשייה בהן (Tomich et al., 2011).

נדמה שהסיכום של מרטין ואיזק (Martin and Isaac, 2018) לגבי הפן המדעי של האגרו-אקולוגיה מדויק ונכון עכשווית: "...מדע האגרו-אקולוגיה חסר מסגרת תיאורטית שתאפשר התפתחות ובחינה של השערות שניתנות להכללה, בעיקר כאלה הרלוונטיות לממשק חקלאי בקנה מידה של חווה בודדת, לתכנון שימושי קרקע באזור מסוים או לגיבוש מדיניות סביבתית בין-לאומית".

להנמיך סטנדרטים כדי לעמוד בתחרות. גם ההיבט המוסרי של המצב ההפוך - שמירה על סטנדרט גבוה בבית יבוא מזון שמיוצר בסטנדרטים הפוגעים בפרטים או בסביבה - מטריד גורמי חקלאות וסביבה. הצרכן עלול להיפגע גם מפני שהמידע הנלווה למוצר החקלאי ישתנה בגלל תקנות שונות במדינות המייצאות מזון (Elliott and Andrews, 2018). (Tipper, 2018).

על האגרו-אקולוגיה להתמודד עם שני אתגרים מרכזיים: הראשון, המעבר בין קני מידה - מחקר המבוצע בחלקה קטנה יחסית ויישום מסקנותיו בשטחים גדולים ולפעמים מרוחקים. כאשר מדובר בשדה או בחווה הבודדת קל יותר להחיל את עקרונות האגרו-אקולוגיה, אך בקני מידה גדולים יותר התמונה מורכבת הרבה יותר ורבת משתנים. האתגר השני קשור לרב-תחומיות - החיבור בין האגרונומיה, האקולוגיה ומדעי החברה. יש הסבורים שמשרעת ההגדרות השונות מצד אחד והאתגרים הללו מצד שני מעידים על כך שבאגרו-אקולוגיה עדיין לא גובשו התפיסות המדעיות והכלים האופרטיביים כדי שתהפוך לדיסציפלינה מדעית סדורה (Wezel et al., 2009).

וזל וסולדאט (Wezel and Soldat, 2009) בחנו את התפתחות האגרו-אקולוגיה כדיסציפלינה מדעית לאור ניתוח של 711 פרסומים שהופיעו בספרות המדעית מ-1930 ואילך, והגדירו בעזרתם ארבעה שלבי התפתחות: 1930-1960 - **השלב התחילי**; 1960-1980 - **שנות ההתבססות**; 1980-2000 - **מיסוד התחום**; מ-2000 ואילך - **התרחבות המנעד וקנה המידה של נושאי המחקר**.

בשלב התחילי עסקו בניסיון להגדיר את התחום, וחלק מהתוצרים הוזכרו לעיל. בשלב ההתבססות עקבו אחרי התפתחות המושג מערכת אקולוגית באקולוגיה, וזאת תוך ניסיון להגדיר את המבנה והתפקוד של "מערכות אקולוגיות חקלאיות". זו גם התקופה שחקרו בה את המערכות החקלאיות המסורתיות בגישה אגרו-אקולוגית. שלב מיסוד התחום היה קשור להופעת מספר ספרי יסוד שניסו לגבש את "התורה כולה" (Carroll et al., 1990; Gliessman 1990, 1997; Altieri, 1995). מבחינה רעיונית זו התקופה שבה חיברו חוקרים את **פרידיגמת הקיימות (sustainability)**, ונעשו ניסיונות לקשרה לעיסוק בחקלאות. בתחילת המאה ה-21

תהיה הגדרת הדיסציפלינה אשר תהיה, זהו תחום מדעי-מקצועי ורב-תחומי, והציפייה ממנו היא לספק פתרונות מעשיים לתכנון ולתפעול של מערכות חקלאיות מקיימות, שיעמדו במבחן המעשה והכלכלה העכשוויים והעתידיים והאתגרים הסביבתיים והאנושיים.

אגרו-אקולוגיה כתפיסת עולם

במקביל להתפתחות התחום המדעי-מקצועי, צמחה תנועה אידיאולוגית שחרתה על דגלה יצירת חקלאות חלופית לחקלאות התעשייתית. שנות ה-60 של המאה הקודמת היו שנות הפריצה של התנועה הסביבתית בעולם המערבי. אחד הכוחות המניעים של תנועה זו היה חוסר נחת מ"החקלאות התעשייתית" ומהשלכותיה הסביבתיות. הניסוח מחולל השינוי המזוהה עם תפיסה זו הוא הספר "האביב הדומם" של רייצ'ל קרסון, שהופיע במקור ב-1964 (Carson, 1964, בעברית - קרסון, 1966) ושטיפק תיאור ריאליסטי מפוכח וחמור של השפעות הכימיקלים שהותרו אז לשימוש בחקלאות.

מעניין לציין שחרף המניפסט הביקורתי של קרסון כנגד כימיקלים בשירות החקלאות היא לא תמכה בחקלאות אורגנית. בעדותה בקונגרס האמריקאי ב-1963 היא טענה ש"לכימיקלים יש מקום [בחקלאות]" והפתרון הוא שימוש במינון נכון בחומרים עם רעילות נמוכה, וזאת לפי התפיסה הקלאסית הגורסת ש"רעילות היא עניין של מינון" (Paarlberg, 2018).

האידיאולוגיה של תומכי האגרו-אקולוגיה שאפה להוביל לא רק למצב טוב יותר של הסביבה, אלא גם לשינוי הסדר הכלכלי של ייצור המזון, לתיקון העוולות החברתיות שגרמה המהפכה הירוקה, למיתון בזבז האנרגיה בחקלאות האינטנסיבית ("planting with oil") - עיבוד חקלאי באמצעות נפט) ולמלחמה באיום החדש - הביוטכנולוגיה (Altieri and Nicholls, 2000). חלק ממובילי הזרם האידיאולוגי הזה אף רואים **בגישה הקפיטליסטית לחקלאות את הגורם להעדפת חוות גדולות על יחידות המשפחתיות, להעדפת חוות המתמחות בגידול בודד או שניים (חקלאות חד-גידולית) ולמיכון מואץ. כל אלה מקדמים כלכלה התלויה בהיקף הפעילות החקלאית (economy of scale) שהיא המצב ההפוך לחקלאות מסורתית.**

על פי תפיסה זו, הגישה הקפיטליסטית לחקלאות גורמת לנתק בין הגידול החקלאי ובין שאר משאבי החווה - קרקע, מים ובעלי חיים; חומרי ההזנה, האנרגיה, המים וסוגי הפסולת זולגים מהחווה החוצה במקום להישאר ולזרום או להתגלגל בתוכה כמו במערכת אקולוגית טבעית. אבן הבוחן - לרוב היחידה - של הפעילות היא הרווחיות. גישה כזו מחייבת מאמץ מתמשך בטיפוח זנים עתירי יכול. תהליכי הטיפוח גורמים, לא פעם, לאובדן העמידות הטבעית של הזן למזיקים או לעשבים משבשים. יציבות המערכת החקלאית הזו תלויה למעשה באספקה נמשכת של זנים חדשים המחליפים את מגוון הזנים הקדומים שהיו עמידים יחסית לפגעים. הדגש המוגבר על יצרנות ורווחיות מביא לויתור על טכנולוגיות חשובות של עיבוד, כמו שמירה על מחזור זרעים מתאים (Altieri and Nicholls, 2000).

ב-60 השנים האחרונות עברה החקלאות בעולם המפותח, מסיבות כלכליות, שינוי דרסטי בכיוון של הגדלת החוות, אינטנסיפיקציה של הפעילות תוך שימוש בהון ובמשאבים חיצוניים לחקלאות, והתמחות בתחום או בגידול בודד מבחינה כלכלית הערכים המובילים הם **היעילות הכלכלית, כלכלה של גודל** והקטנת **העלות השולית של הייצור** (Abson et al., 2013). החשש הוא שההתמחות החקלאית הצרה מסכנת את חוסן הפעילות כולה, בעיקר אם יש שינוי בתנאי הסביבה או השוק. אחד ממנגוני ההתמודדות עם קריסה שכזו הוא הגדלת מגוון שימושי הקרקע בחווה.

בעלי תפיסת העולם האגרו-אקולוגית שמו לעצמם כמטרה לממש את התקווה שהביעה קרסון לחקלאות בריאה, מקיימת וידידותית לסביבה ולחברה באמצעות שינוי אופי הפעילות החקלאית. מבחינה מקצועית הם התמקדו בטיוב הקרקע החקלאית, בעיקר דרך שמירה על רמות גבוהות של חומר אורגני, שימור משאבים והקטנת תשומות חיצוניות מבלי לפגוע בייצור החקלאי. זווית אחרת של פעילות זו עסקה במציאת פתרונות ביולוגיים-אקולוגיים למזיקים.

בקליפורניה נוצרו שותפויות אגרו-אקולוגיות במספר קהילות, בעיקר של מגדלי ענבי יין, ששילבו פרקטיקה חקלאית מקיימת עם מוצר איכותי. שילוב זה יכול להוביל למוצר בעל ערך מועדף אצל הצרכנים, והצלחה כזאת היא תמריץ כלכלי ליישום האידיאולוגיה. תמריץ זה, יחד

עם החמרת האסדרה הסביבתית על מגדלי ענבי היין, שינו את אופי חקלאות הכרם בקליפורניה (ראו פרק VI, עמ' 193 על ניסיונות דומים שנעשו בישראל). זאת ועוד, תהליך זה שינה גם את התפיסה לגבי יין איכותי - לא עוד רק שילוב של טעם, צבע וארומה, אלא גם של בריאות, ביטחון במוצר וידע על השפעתו הסביבתית (Warner, 2007 a,b).

מישל פימברט (Pimbert), ראש המרכז לאגרו-אקולוגיה, מים וחוסן אקולוגי (Centre for Agroecology, Water and Resilience) בקונברטי, אנגליה, טען שהאגרו-אקולוגיה אמורה לצמוח מלמטה (bottom up) - מדיאלוג בין חקלאים למדענים, ולא כמו במודל המחקר והפיתוח הנהוג בעולם המערבי, שם הטכנולוגיה מפותחת במוסדות המחקר והפיתוח ומועברת לחקלאיים, מלמעלה למטה (top down), על פי רוב בעזרת מתווכים (הרצאה ב-Agroecology Europe Forum, אוקטובר 2017, ליון, צרפת). שיתוף פעולה מסוג זה מבטיח גיבוש פתרונות שמתאימים להקשר ולתנאים המקומיים. זאת ועוד, שיתוף פעולה כזה יסייע להבטיח את פרנסת החקלאים ויחזק את רצונם לשתף פעולה באימוץ נהגים שמשינים את דרכי הפעולה שלהם. לדבריו, המכשול המרכזי בבריטניה לקידום האגרו-אקולוגיה הוא העובדה שרק 1.5 אחוזים מתקציבי המחקר בחקלאות מופנים לנושאים אגרו-אקולוגיים.

אנדרסון ושותפיו (Anderson et al., 2018) מציגים נתיב לרפורמה אגרו-אקולוגית באירופה - **transformative agroecology learning** הנשענת על ארבעה צירים: אופקיות¹⁹ (horizontalism); דו-שיח של חוכמה²⁰; תכלול של ידע מעשי; הבנה פוליטית ובניית תנועה חברתית בעלת מבנה של רשת. פעולה משולבת שכזו תביא, אליבא דאנדרסון ושותפיו, להתפתחות תודעה, כישורים ויכולת קולקטיבית לעצמאות בייצור המזון בשיטות סביבתיות נכונות (אגרו-אקולוגיה).

האגרו-אקולוגיה מבקשת לגבש מסלול של הכשרה וחינוך לערכים החדשים שעומדים בבסיסה בתקווה

התמיכה הרעיונית באגרו-אקולוגיה לא יצרה בהכרח קונצנזוס. אחת מנקודות המחלוקת הפנימית הייתה אם יש להמשיך בחקלאות הקונבנציונלית, תוך השלמה עם אופייה החד-גידולי, ולהסתפק **בהחלפת החומרים המזיקים סביבתית**, בעיקר הכימיים, בתוצרים "רכים" יותר, שגם חלק מהם הם כימיקליים תעשייתיים (**input substitution**), שנבחנו והתגלו כבעלי השפעה סביבתית קטנה (כפי שטענה רייצ'ל קרסון). אפשרות אחרת היא **הגדלת היעילות** של הממשק החקלאי, דבר שיקטין את השימוש בחומרים סינתטיים (**input efficiency**) (Pretty, 2018).

החלופה לגישות אלה היא **רפורמה מלאה** באופי החקלאות המבוססת על עקרונות אגרו-אקולוגיים ברורים (**agro-ecologically-informed transformation**) (ראו למשל, Rosset and Altieri, 1997). רפורמה כזו כרוכה **בגיבוש מחדש (redesign)** של המערכת מייצרת המזון (Pretty, 2018a). חסידי הרפורמה האגרו-אקולוגית המלאה רואים בחקלאות האורגנית וריאציה "רכה" של החקלאות הקונבנציונלית שהחומרים הכימיים הרעילים מוחלפים בה באחרים ידידותיים יותר לסביבה ולא בפתרונות אקולוגיים-טבעיים (Altieri and Nicholls, 2000).

מחלוקת זו מבליטה את העובדה שבמצבה הנוכחי האגרו-אקולוגיה יכולה למלא תפקידים שונים ואפילו סותרים. מחד גיסא היא יכולה להיות כלי המוביל ליישום **רפורמה מלאה בחקלאות**, דבר שיהיה בגדר שינוי רדיקלי בהתנהלות החקלאית (תהליך של **התמרה** -

19 **אופקיות (horizontalism)** - תפיסה חברתית המקדמת יצירה ופיתוח של מנגנונים חברתיים שיעזרו ליצור חלוקה שיוויונית יותר של ניהול מערכות כלכליות-חברתיות, ובכך יקטינו את הכוח של הממשל ויגבירו את ההשפעה של הציבור. תהליך זה מותנה בהצלחת הפרטים בניהול עצמי של ענייניהם ובפעולה משותפת להשגת מטרות מוסכמות.

20 **דו-שיח של חוכמה** - דו-שיח של שותפים החולקים עניין בנושא מסוים (למשל חקלאות) והם בעלי רקע שונה (למשל חקלאים ומדענים) ואשר מעוניינים לבנות גוף ידע חדש. בתהליך כל הצדדים לומדים זה מזה, מחליפים רעיונות, ניסיון מעשי, אמונות ותחושות שאמורים לעזור להם בבניית תובנות שיניעו פעולה משותפת. בבסיס התהליך עומדת התבונה שאין אחד שכל הידע הנדרש לביצוע פעולה מורכבת כמו אגרו-אקולוגיה נמצא ברשותו, בעיקר כאשר הידע מגיע מעולמות תוכן שונים.

ולכן זקוקים להשקיה מופחתת, ואחרים גדלים היטב בקרקע חומצית, דבר שמגדיל את היכולת לייצר מזון (Borlaug, 2000).

ניתוח משווה של ספרות מדעית מכל רחבי העולם הראה שאימוץ צמחים מהונדסים בחקלאות הקטין את השימוש הכולל בקוטלי חרקים כימיים ב-37 אחוז, בעוד שהיבולים גדלו ב-22 אחוז ורווחי החקלאים עלו ב-68 אחוז. ההשפעה הייתה רבה יותר אצל צמחים עמידים לחרקים מאשר אצל צמחים מותאמים לנזקי עשבים; הגידול ביבולים וברווחיות היה גבוה יותר בארצות מתפתחות מאשר בארצות מפותחות (Klümper and Qaim, 2014).

השימוש בצמחים טרנסגניים העמידים יחסית למזיקים הוא גם בעל השפעה מיטיבה אזורית; מעבר להקטנת הנזק לגידול עצמו, גם גידולים שכנים לא מהונדסים נהנו מירידה בנוכחות המזיקים (Dively et al., 2018). מחקר זה אף הראה ירידה משמעותית בשימוש בחומרי הדברה באזור הנחקר (מרכז מזרח ארה"ב) בין התקופה שלפני כניסת הגידולים המהונדסים (1976-1995) לתקופה שאחריה (1996-2016).

החשש העיקרי מצמחים טרנסגניים הוא זליגה של הגידול עצמו מהשטח החקלאי וניצול יתרונותיו להשתלטות על בתי גידול טבעיים (Altieri and Nicholls, 2000). עדויות ראשונות לתהליכים מסוג זה מצטברות בשנים האחרונות. גנים של זני לפתית לתעשיית השמן (קנולה) שהונדסו לעמידות נגד מזיקים, נמצאו באוכלוסיות בר בשולי שדות זרועים בלפתית. אבקה מפרטים מהונדסים נמצאה במרחק של עד שלושה קילומטרים מהשדה עצמו (Rieger et al., 2002). כמו כן, נמצא שאי אפשר להבטיח את הניקיון של זנים לא מהונדסים שמגודלים בשדה שגידלו בו כמה שנים לפני כן זנים מהונדסים, והיבול הקונבנציונלי לא עמד בקריטריונים של האיחוד האירופי לניקיון מגנים מהונדסים (Messéan et al., 2007).

חשש אחר נוגע לאפשרות שהגנים לעמידות יזלגו מהגידול עצמו אל העשבים המשבשים, וכך יתפתח "עשב-על",

שהדור הבא יצליח במשימת קידום התחום טוב יותר מהדור הנוכחי (Lieblein et al., 2004). כדי שתפיסה זו תאומץ כאסטרטגיה קונקרטית להפחתה של ההשפעות הסביבתיות או לביטולן – תוך שמירה על ההישגים של האינטנסיפיקציה – יש לבנות שיתוף פעולה בין גורמי ממשל, החברה האזרחית, החקלאים והאקדמיה. הביטוי של שיתוף פעולה זה יהיה בין השאר סדר יום חדש של המחקר החקלאי עם דגש רב יותר על פיתוח פתרונות אגרו-אקולוגיים במקום המחקר הקלאסי התומך בחקלאות אינטנסיבית (ראו גם Weiner, 2003).

השלב השני יהיה הפצה והדרכה של הטכנולוגיות החדשות בקרב החקלאים תוך הצעת תמיכה כלכלית אם הרווחיות של הפעילות החקלאית נפגעת, ובייחוד אם מערכות ייצור שלמות ישתנו. במילים אחרות, מדובר על החלטות ניהול ברמה לאומית ועולמית, שיביאו לשינוי גישת הפרקטיקה החקלאית בשטחים נרחבים על בסיס ידע תיאורטי ומעשי יחד עם מנגנוני משוב בין הידע, הממשק החקלאי והניהול האזורי והעל-אזורי.

הנדסה גנטית ואגרו-אקולוגיה

אחד הוויכוחים המעניינים בתוך האגרו-אקולוגיה נוגע לגידולים מהונדסים ולתרומתם הסביבתית הפוטנציאלית וכן לחקלאות מדייקת על גווניה השונים. השימוש **בצמחים מהונדסים גנטית (טרנסגניים)**²¹ בחקלאות החל בתחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת. מאז ועד היום עלה שטח הגידול לגידולים אלה פי 100 ויותר, מ-17,000 ל-1,800,000 קמ"ר. ב-2010 תפסו גידולים טרנסגניים כ-10 אחוזים מהשטח המעובד בעולם (ISAAA, 2015). ב-2014 היו 96 אחוז משטחי הסויה, 96 אחוז משטחי הכותנה ו-93 אחוז משטחי התירס בארה"ב זרועים בזנים מהונדסים גנטית (USDA, 2014). תומכי החקלאות המהונדסת מצביעים על תרומתה לסביבה נקייה יותר – זנים מהונדסים כנגד פגיעת מזיקים מצריכים כמות ריסוסים מופחתת, בעוד שאחרים הונדסו לניצול משופר של חומרי ההזנה שבקרקע ולכן מצריכים פחות דישון. זנים נוספים מותאמים יותר מהרגילים לבצורת,

21 **צמחים מהונדסים גנטית** (טרנסגניים) – צמחים שגנים מאורגניזמים אחרים, לא בהכרח צמחים, הוכנסו אליהם בשיטות של הנדסה גנטית, וכך מתקבלות בהם תכונות רצויות התורמות לשיפור תפקודם (למשל, עמידות ליובש או יכולת יצירת חומרים דוחי חרקים).

הגובר בגידולים מהונדסים הוא כלכלי-פוליטי: חשש מהשתלטות החברות הגדולות שמפתחות את הזנים על הזירה החקלאית העולמית ושליטה שלהן במחירי המוצרים (Altieri and Nicholls, 2000). ישראל, כיצואן של תוצרת חקלאית לאירופה, בוחרת בשלב זה שלא לאפשר גידול מסחרי של גידולים מהונדסים בשל פגיעה אפשרית ביצוא.

ג'ולס פריטי הוביל קבוצת מדענים שהגדירה את 100 השאלות החשובות לעתיד החקלאות בעולם (Pretty et al., 2010). מאמר חשוב זה קרא, בין השאר, להסיר את המחסומים האידיאולוגיים מהוויכוח על צמחים טרנסגניים מול חקלאות אקולוגית ולמצוא דרך לשלב בהסכמה בין השניים וכך למצות את הפוטנציאל הגלום בשתי הגישות הללו.

מצבו העכשווי של התחום

אחרי כ-30 שנות דיון ער חלק לא מבוטל מהחקלאים המערביים ומהארגונים המאגדים אותם מחפש דרכים לאימוץ, ולו חלקי, של עקרונות האגרו-אקולוגיה. המונח "חקלאות תומכת סביבה" או "חקלאות מקיימת" הוא הביטוי הנוכחי לקבלה חלקית של התפיסה האגרו-אקולוגית. מסמך המנתח את מצבה של החקלאות המקיימת באיחוד האירופי, ואשר נכתב על ידי קבוצת מומחים ממדינות אירופה השונות, מסיק כי ניתן לאפיין את הגישה לחקלאות מקיימת כיום באירופה ככזאת המדגישה יעילות בייצור מזון תוך מאמץ להקטין את ההשלכות הסביבתיות השליליות:

"התפיסה המקיימת מתאפיינת בהתמקדות בייצור מזון יעיל ובו-זמנית בהקטנה של ההשלכות הסביבתיות השליליות המתלוות לתהליכי ייצור אלה" (Hermans et al., 2013). הארגון הלאומי של חקלאי צרפת הגדיר חקלאות אגרו-אקולוגית כ"כחקלאות טובה יותר לסביבה". יש לראות הגדרה זו, כמו רבות מההחלטות של הקהילה האירופית בענייני חקלאות, כפשרה מקילה בין הצורך הסביבתי, הלחץ של החקלאים שלא להגביל את פעולתם, והלחץ של התעשייה התומכת בחקלאות להמשיך לעשות, פחות או יותר, את מה שעשו עד היום, כלומר הגישה הקונבנציונלית.

שהדברנו תהיה קשה ביותר ותדרוש אמצעים מזיקים עוד יותר לסביבה (Wisler and Norris, 2005). יש גם סכנה שייכנסו חומרים רעילים ואלרגניים, שנוצרו על ידי הגנים החדשים, אל המזון שאנו צורכים. ישנה גם סכנה של זליגת גנים מהונדסים לצמחי בר; יש הטוענים שחשש זה חמור שבעתים בישראל בשל הריכוז הגבוה של קרובי בר של גידולים חקלאיים, הנמצאים בקרבה גבוהה לשדות חקלאיים (אולנובסקי וספיר, 2013).

ישנו גם היבט כלכלי-חברתי - צמחים מהונדסים מוגנים על ידי פטנטים ויהיו יקרים יחסית, דבר שיעמיק את הפער בין חקלאים גדולים לקטנים ובין מדינות מפותחות למתפתחות. צמחים מהונדסים יהפכו את המגוון הגנטי של הגידולים החקלאיים לצר עוד יותר ממה שהוא כיום, ומשמעות הדבר חשיפה גדולה יותר לסכנות.

דוגמה להתממשות בעיות הקשורות לגידול צמחים מהונדסים גנטית רואים בגידול אספסת בארה"ב. אספסת אורגנית התגלתה כ"מזוהמת" גנטית לאחר העברת אבקה מצמחים מהונדסים על ידי דבורים. בהמשך התגלו גם בדבש סימנים של האספסת המהונדסת. נוסף על כך, נמצא שימוש גובר בקוטלי עשבים (הרביצידים) ובעקבותיו התפתחו עמידות לקוטל אצל עשבים בשדות האספסת וגם זיהום חציר שהיה מיועד להאבסת חיות משק בממשק אורגני (Gliessman, 2007).

באיחוד האירופי מותר להכניס גידולים מהונדסים רק אם יש אישור מטעם מוסדות הקהילה להיעדר השפעה שלילית על המגוון הביולוגי בהשוואה לצמחי אותו גידול שאינם מהונדסים. בתחילת המאה ה-21 היו ארבע מדינות אירופיות שהתירו לגדל צמחים מהונדסים בתחומן: ספרד, גרמניה, רומניה ובלגריה, אם כי הנושא מעורר ויכוחים חריפים גם בתוכן, בעיקר לגבי מעבר גנים מהונדסים לאורגניזמים בטבע (Henle et al., 2008).

הטענות בעד ונגד השימוש בצמחים מהונדסים גנטית חורגות מהמוקד של ספר זה. מעניין לראות שחרף ההשפעה הסביבתית החיובית של גידולים מהונדסים, דווקא ארגונים סביבתיים הם המובילים את ההתנגדות לשימוש זה בשל הערכה בדבר פוטנציאל הנזק האקולוגי והבריאותי הגבוה. מניע נוסף להתנגדות לשימוש

הבאים בספר זה יבחנו לפרטים את הסתירה בין המודעות לבעיות לבין היכולת החלקית לפתור אותן.

משרד החקלאות האוסטרלי הציע להגדיר חקלאות תומכת סביבה כחקלאות המנסה להעריך את מידת הנזק הצפוי לסביבה עקב ממשק הגידול במטרה להקטין נזק זה ככל הניתן. על פי הגדרה זו במסגרת חקלאות תומכת סביבה צריך להשתמש בכלים של **ניהול סיכונים** כדי לאתר את הממשקים שמזיקים פחות, ולקדם את יישומם (Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2006).

באוסטרליה הופץ מדריך ייעודי לניהול משאבי טבע במטעים, כגון קרקע, מים ואנרגיה. לצד שימור המגוון הביולוגי, מניעת זיהום מחומרי הדברה, היערכות לשינוי האקלים ועוד, המדריך מדגיש שימוש נכון במשאבי טבע בכל רמות הניהול, מרמת הממשל, דרך החקלאים וכלה בצרכנים. מדריך זה מתווה את הפרוטוקול העתידי לניהול מטעים של עצי פרי תוך התחשבות מרבית בגורמי הסביבה (Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, 2015).

משרד החקלאות ופיתוח הכפר בישראל הגדיר חקלאות תומכת סביבה כחקלאות הבוחנת כיצד ניתן להגביר את התועלת הסביבתית של החקלאות ולהקטין נזקים סביבתיים, או במילים אחרות, לעודד חקלאות שעלות ההשפעות השליליות בה קטנה מתרומת ההשפעות החיוביות (גינזבורג, 2008).

לסיכום, התפיסה הדיאלקטית גורסת כי שורשי המהפכה הבאה טמונים כבר במהפכה הנוכחית. "המהפכה הירוקה" הביאה שפע מזון למרבית אוכלוסיית העולם ומנעה רעב, אך זאת בלא שהוקדשה תשומת לב למחיר הסביבתי והבריאותי של השינויים הטכנולוגיים. יש מודעות רחבה כיום לכך שהמחיר שהחקלאות הקונבנציונלית גובה הוא גבוה, ועדיין איננו ניצבים לפתחה של המהפכה הבאה. במילים אחרות, הבעיה הוגדרה ויש עליה הסכמה, אבל פתרונות מעשיים מלאים טרם נמצאו.

לצד הבנת הבעיות שמעמידה החקלאות התעשייתית, לא נמצאו עדיין חלופות, טובות ומשכנעות, למרבית רכיבי הממשק הקונבנציונלי, כאלה שיכולות לעמוד במבחן המעשי-כלכלי בקנה המידה המודרני. הפרקים

פרק II. אגרו-אקולוגיה – המבחן המעשי

"האגרו-אקולוגיה מבטאת שינוי משמעותי יותר מאשר רק החלפת אופי התשומות שהחקלאי משתמש בהן. היא קוראת לפיתוח מערכות שיכולות לדאוג באופן עצמאי לפוריות הקרקע, להגנה על גידולים מפני מזיקים ולשמירה על יציבות היבול. מערכות אקולוגיות חקלאיות אלה מספקות יצרנות בת-קיימא תוך שימוש מינימלי במשאבים חיצוניים."

(מתורגם מ-Altieri and Rosset, 1996)

תרבות מטופחים, להבדיל מ-Landraces, זנים מסורתיים או קדומים). למעשה, יש מי שרואים את המהלך של טיפוח זנים מניבים של חיטה ותירס בסוף שנות ה-50 ובתחילת שנות ה-60 במאה שעברה כצעד מכונן של המהפכה הירוקה (Evenson and Gollin, 2003). כיום, כשני שלישים מהיבול של שלושת הגידולים העיקריים – אורז חיטה ותירס – מגיעים מזנים מטופחים ומסחריים.

א. טיפוח זנים

פעולת הטיפוח החלה מיד אחרי ביות צמחי בר לגידולים חקלאיים. זני דגניים וקטניות חקלאיים מסורתיים מניבים 50 אחוז יותר מאשר קרובי הבר שלהם. הצמח המבוית גדול ב-40 אחוז, יוצר 90 אחוז יותר מסת זרעים ו-38 אחוז פחות מעטה לזרעים מאשר צמח הבר. לעומת זאת, לא נמצא בין השניים הבדל משמעותי בקצב הצימוח ובאורך עונת הגידול, במספר הזרעים הכולל או בביומסה של אברי הרבייה. מכאן שהטיפוח מראשיתו הדגיש את היבול, את גודל הזרעים ואת גודלו של הצמח שצריך לשאת אותם (Peerce et al., 2017).

יש המחלקים את העיסוק בטיפוח במסגרת החקלאות האינטנסיבית **לשתי תקופות**: הראשונה, **המהפכנית** (revolutionary), הייתה חלק מ"המהפכה הירוקה", שבמהלכה פותחו הזנים האחראיים לגידול הדרמטי ביבול החקלאי של המחצית השנייה של המאה ה-20. בתקופה השנייה, **ההתפתחותית** (evolutionary), עוצבו זנים עם תכונות רצויות נוספות מעבר ליבול, כמו מחזור חיים, עמידות ליובש או עמידות לפגעים (Byerlee, 1996).

התקופה השנייה של הטיפוח היא פועל יוצא של ההבנה כי היבול אינו חזות הכול בחקלאות, וכי חשובים גם היבטים נוספים, כמו הקטנת התשומות החיצוניות (דשן, חומרי הדברה, אנרגיה) או הגדלת הערכים התזונתיים. את

המעבר מחקלאות תעשייתית לאגרו-אקולוגיה אינו פשוט, והוא נבחן מהיבטים רבים, כולל זה הכלכלי. עם זאת, לפני כל דיון כלכלי יש לראות אם קיימים בידינו טכנולוגיות ופתרונות להמשך הייצור החקלאי, בקנה מידה סביר, שיחליפו את הממשק הקובנציונלי. האם יש חלופות לדשנים ולחומרי הדברה סינתטיים? האם ניתן לטפל בקרקע בצורה נכונה יותר? האם נכון לגדל כמה גידולים יחד? ואולי צמחי בר יכולים, בתנאים מסוימים, לסייע לייצור מזון? המבחן להצעות אגרו-אקולוגיות מסוג זה הוא מבחן היבול ואיכות התוצרת החקלאית. אם מבחן זה יסתיים בהצלחה, נוכל לעבור לדיון הכלכלי.

בפרק זה יוצגו הפעולות החקלאיות העיקריות והחלופות האגרו-אקולוגיות שלהן.

1. הגידול החקלאי: זנים ומחזור זרעים

בעולם ידועים כ-300 אלף מיני צמחים אכילים, אבל רק כ-7,000 מיני צמחים משמשים בחקלאות לסוגיה. מתוכם, 103 מינים תורמים לכ-90 אחוז מייצור המזון העולמי (Prescott-Allen and Prescott-Allen, 1990; Gliessman, 2008; Khoshbakht and Hammer, 2007). מקור כמחצית מהקלוריות הנצרכות בעולם הוא בשלושה גידולים בלבד – אורז, חיטה ותירס. אגב, כ-1,000 מינים משמשים או שימשו בחקלאות נמצאים בסכנת הכחדה (Khoshbakht and Hammer, 2008).

לבחירה בין חלופות של גידולים זנייהם יש משמעות לא רק מהבחינה הכלכלית, אלא גם מהבחינה הסביבתית, שכן היא קובעת, לא בלעדית, את צורכי ההזנה וההשקיה של הגידולים ואת דרישות ההגנה מפני מזיקים או עשבים משבשים (עשבים שוטים)¹. חלק נכבד ב"מהפכה הירוקה" היה ה**טיפוח** של זנים בעלי תכונות רצויות (Cultivars), זני

1 ראו הגדרה בסעיף 7 בהמשך פרק זה.

השלב השלישי של פיתוח זנים נמצא כבר מעבר לפינה, והוא שונה במטרותיו ובשיטותיו מהשלבים שקדמו לו. כאן נעשה שימוש בכלים מתקדמים של ביולוגיה מולקולרית (העברת גנים, עריכה של החומר הגנטי ועוד), משולבים ביכולת טיפול בכמויות נתונים גדולות הנדרשת לשימוש בכלים אלה, כך שאפשרויות הטיפוח מתרחבות (Halewood et al., 2018).

דוגמה למסלול טיפוח זה הוא המאמץ הבין-לאומי ליצירה של זן אורז שמסלול הפוטוסינתזה שלו משופר (בדומה לצמחי $^{13}C_4$) לעומת זני האורז הרגילים (שדומים לצמחי $^{12}C_3$). יכולת משופרת זו תאפשר לנצל באופן יעיל יותר את אנרגיית השמש וכן מים וחומרי הזנה (נוטריינטים) ותאפשר צימוח מהיר, יבול מוגבר ועומס מופחת על משאבי הסביבה (von Caemmerer et al., 2012). במיזם בין-לאומי אחר בשם RIPE⁵ - שמרכזו באוניברסיטה של אילינוי בארה"ב, מנסים לייעל את תהליך הפוטוסינתזה בגישות אחרות. חלק מהמחקרים האלה ממומנים על ידי קרן ביל ומלינדה גייטס ששמה לה למטרה לפתור את בעיית הרעב בעולם.

ההתקדמות בתחום הביו-טכנולוגיה שינתה את חוקי הטיפוח הקלאסי, שעסק במניפולציות גנטיות (הכלאות) בתוך אותו המין לשם התממשותן של תכונות רצויות (יבול, איכות, צבע וכו'). דוגמאות לפיתוח זנים מודרניים ניתן למצוא גם בקרב חברות הזרעים הישראליות. למשל, זן פלפל שעמיד לזיקוק שוכן הקרקע, נמטודת העפצים, שפיתחה חברת "הזרע"⁶. הנמטודות תוקפות את שורשי הצמח וכך פוגעות בתפקודו הפיזיולוגי. הפתרונות הקונבנציונליים היו חיטוי הקרקע בעזרת חומרים כימיים, חימום לפני זריעה, או שימוש בחומרי הדברה תוך כדי ההתפתחות שלאחר השתילה. זן עמיד יכול לחסוך את ההוצאות הללו ולהקטין את עקת החומרים הכימיים

המטרות הללו ניתן להשיג גם באמצעות שימוש בזנים המותאמים לתנאים מקומיים. דוגמה לטיפוח שאינו מכוון יבול אפשר לראות בעגבניות המטופחות בישראל, שיש בהן ריכוזי ליקופן (נוגד חמצון שעוזר במניעת מחלות) גבוהים מהרגיל.

מטרות הטיפוח הן כלכליות בעיקרן, אך יש בהן מוטיבציה שמקורה גם בשמירה על הסביבה. גם לפיתוח זנים עתירי יבול יש ערך סביבתי, היות שהם מקטינים את לחץ ההתרחבות של שטחי החקלאות כדי לייצר עוד מזון, ושומרים על מחיר סביר של רכיבי המזון המרכזיים. מכאן צמחה התובנה ש"זנים מותאמים יותר לסביבה הם הדרך הזולה, האמינה והידידותית ביותר להגדיל יצרנות ולהבטיח את אספקת המזון העולמית" (Bosemark, 1993).

אך לא כולם מסכימים עם הקביעה הנחרצת הזאת.

הפער בין יבול שמספקים זנים מודרניים ב"תנאי מעבדה" לבין זה המתקבל בשדה החקלאי הולך ומצטמצם. כלומר, המיצוי המלא של השלב האבולוציוני-טיפוחי הקלאסי כנראה הולך וקר. אם כך, יתכן שהשיפור העתידי טמון ביישום שיטות להעלאת פוריות הקרקע ובהגברת השימוש בחקלאות מדייקת⁷ ולא בטיפוח זנים חדשים - כדי שהיצרנות תוסיף לגדול והסביבה לא תיפגע (Cassman, 1999).

שינוי האקלים העולמי מחייב פיתוח זנים שמותאמים להשפעותיו. טמפרטורות גבוהות יותר מכתובות קצב התפתחות צמח מהיר יותר. כך, למשל, בהיעדר התאמה גנטית, זני התירס הקיימים כיום לא יצליחו ליצור ביומסת זרעים מיטבית, משום שהמעגל של טיפוח - הפצה - אימוץ זנים חדשים הוא ארוך. בתירס, למשל, הוא נמשך כ-30 שנה. לכן, יש להיערך כבר עכשיו למאמץ ממוקד לטיפוח זנים מותאמים לאקלים שונה (Challinor et al., 2016).

2 **חקלאות מדייקת** - חקלאות העושה שימוש מיטבי בעזרים המאפשרים דיוק פעולה גבוה (מחשוב, קשר לווייני, קשר סלולרי, צילומים והדמיות, רחפנים וכו'). העזרים האלה מאפשרים שימוש ממוקד בתשומות (מים, דשן, חומרי הדברה) רק במקומות הנדרשים ובכמויות מתאימות. התנהלות זו חוסכת תשומות (=כסף) ומקטינה את הפגיעה בסביבה.

3 לצמחי C_4 מנגוון קיבוע פחמן בתהליך הפוטוסינתזה שיעילותו גבוהה יחסית. רק למיעוט צמחים בעולם יש מנגוון כזה, אבל הם מקבעים כשליש מכמות הפחמן שמקבעים כלל הצמחים.

4 לצמחי C_3 יש מסלול ביוכימי לקיבוע פחמן בצמח שהוא הנפוץ ביותר בעולם הצמחים.

5 ראו: ripe.illinois.edu

6 **משוב לחקלאות** 328, ינואר 2017.

בקרקע ובצמח. זו גם דוגמה מוצלחת לקשר שבין טיפוח זנים מודרני ואגרו-אקולוגיה.

ההנדסה הגנטית מאפשרת כיום להעביר גנים (תכונות) מאורגניזם אחד למשנהו - מחיידק, לדוגמה, לצמח בגידול חקלאי. התקדמות זו פותחת מגוון אפשרויות טיפוח שלא ניתן לממשן בטיפוח הקלאסי, וכך פותחו זנים מגוונים של גידולים רבים (תירס, סויה, אורז, כותנה, לפתית, סלק סוכר, עגבניות, דלעת, בוטנים, תפוחי אדמה, קסבה ופפאיה). בעקבות זאת גדל גם החלק היחסי של השטח החקלאי שתופסים גידולים מהונדסים.

התפתחות זו מעוררת חששות וביקורת הנוגעים לגידולים טרנסגניים (ראו פרק I). חשוב להזכיר שבישראל אסור לגדל צמחים מהונדסים גנטית מחוץ למתקני ניסוי מבוקרים, בגלל החשש לדליפה גנטית שתפגע ביצוא תוצרת חקלאית לשטחי האיחוד האירופי, שמקפיד למנוע כניסת צמחים כאלה לתחומם.

עד לפני כ-20 שנה נעשה מרבית הטיפוח במסגרות ממשלתיות - מכוני מחקר ויחידות סמך של משרדי חקלאות. כיום פעילות הפיתוח וטיפוח הזנים עברה כמעט בלעדית לגופים מסחריים ונעשתה עסק בין-לאומי. ההיסטוריה של החברה הישראלית "הזרע" מדגימה היטב את התהליכים האלה. החברה נוסדה ב-1939 בקיבוץ גן שמואל כדי להקים מאפס את תחום הטיפוח בישראל, שהוא חיוני לכל פעילות חקלאית מתקדמת. החברה הקימה חווה לניסויים ולטיפוח, ובשנות ה-50 התאגדה והפכה להיות חלק מ"המשביר לצרכן". ב-2003 נרכשה החברה על ידי תאגיד חקלאי בין-לאומי צרפתי בשם לימגרין, וב-2008 התמזגה עם חברה הולנדית בשם ניקרסון זוואן⁷. תהליך זה ממקד את נושא טיפוח הזנים בדרישות השוק הבין-לאומי ובשיקולים כלכליים-מסחריים. מה שקרוב לוודאי הולך לאיבוד במהלך זה הוא הטיפוח תומך הסביבה, אלא אם כן יש לו ערך כלכלי מוכח. בפרקים השונים של ספר זה יוזכר טיפוח מסוג זה כאחד מהכיוונים שהאגרו-אקולוגיה מציעה לקדם, אולם השאלה מי ירים את הכפפה המקצועית נשארת ללא מענה.

ב. מחזור זרעים

המושג **מחזור זרעים**, או **מחזור גידולים** (crop rotation), מתייחס להחלפת גידולים בשדה מסוים לאורך ציר הזמן. היבול של כל גידול חקלאי פוחת אחרי מספר שנות עיבוד, בגלל פחת בריכוז היסודות המזינים לאחר קציר היבול והרחקת החומר האורגני מהשדה. הבעיה נוגעת בעיקר לחנקן שאובד בשל צריכת הגידול, דרך מי נגר מהשדה או בתהליך כימי מהיר לאוויר. מחזור גידולים הוא אחת מאסטרטגיות ההתמודדות עם התדלדלות המשאבים. מחזור מועדף כולל לרוב קטניות: הן משפרות את איכות הקרקע באמצעות קיבוע עצמאי של חנקן, ולחלק מהן יש גם מערכות שורשים המעודדות פעילות רצויה של חיידקי קרקע. ככלל, מחזור זרעים מעודד גם מגוון ביולוגי גבוה של שוכני קרקע המשמשים אויבים טבעיים של מזיקים ומחוללי מחלות, וגם חסרי חוליות, הנחשבים מיטיבי קרקע.

התרומה של מחזור הגידולים אינה מוגבלת רק להתאוששות חומרי ההזנה בקרקע, אלא גם לשיפור יעילות השימוש במים בגלל השינויים במבנה הקרקע ובתאחיזת המים⁸ וגם בשבירת מחזורי מחלות הקרקע ופעילות חלק מהמזיקים והעשבים המשבשים. למחזור הזרעים יש השפעה לא רק על כמות היבול, שהולכת ופוחתת עם הזמן אם הקרקע לא מתאוששת, אלא גם על איכות היבול. בניסוי ארוך טווח שנערך במרכז למחקר ולפיתוח חקלאי בין-לאומי (ICARDA) בצפון סוריה, הראו שמחזור גידולים מתאים של חיטה עם קטניות שונות הניב גרעינים עם תכולת חלבון גבוהה יותר, עובדה רלוונטית מאוד לתזונה באזור הנשען על לחם לסוגיו. גם רמת החנקן בשלפי החיטה הייתה גבוהה יותר, עובדה שיכולה לתרום להזנת הצאן הניזון מהם אחרי הקציר (Ryan et al., 2008).

מחזור הזרעים יכול להיות דו-שנתי, תלת-שנתי או רב-שנתי. כלומר, הגידול המועדף חוזר לחלקה אחרי שנתיים, שלוש או יותר. המחזור יכול לכלול תקופה שבה מתפתח צומח טבעי על השדה שאינו נזרע זמנית (פְּרָב⁹). יש הרואים במחזור הזרעים הכולל הפסקת עיבוד זמנית את הבסיס האקולוגי למצוות השמיטה. בשנות מנוחה מתפתח צומח טבעי של

7 ויקיפדיה - 12 באפריל 2018.

8 הישארות המים צמוד לחלקיקי הקרקע בעומק בית השורשים.

9 פְּרָב (שטח מובר, fallow) - שדה הנמצא למשך שנה ללא זריעת גידול אבל מתקיימות בו פעולות להדברת עשבי בר (חריש רדוד, קלטור [חריש עדין שעוקר פיזית את העשבים המשבשים], רעייה) לשם שימור רטיבות הקרקע.

איור II-1. מחזור זרעים בישראל עם תחילת החקלאות המודרנית (מקור: הורוביץ, 1956)

תיאור גרפי של מחזור תלת-שנתי

שנה	תשט"ו										תשי"ז										תשי"ח														
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	12	11
א'	תפוחי-אדמה										זבל ירוק										חריש לגרגרים														
ב'	חריש										שחת										אגוזי-אדמה														
ג'	חריש										זבל ירוק										אגוזי-אדמה														

- גורם המשפיע על שיקום משאבי הקרקע. תכנון זה משלב שני היבטים דינמיים באופיים: **תוכנית הגידולים** המתייחסת להיבט המרחבי **ומחזור הזרעים** שיש לו היבט עיתי.

מחזור הזרעים האופייני במרכז אירופה היה של שלוש שנים, וכלל חיטה ושיבולת שועל ושנת הפסקת עיבוד. ממשק זה היה קרוי *maggese* שנגזר מהשם הלטיני *Maius* שהוא שם החודש (May) שחוזרים לעבד בו את השדה שהיה במנוחה (Lugato et al., 2015). מחזור זה הוחלף במחזור של ארבע שנים שפותח בהולנד ועבר לבריטניה במאה ה-18, וכלל החלפה בין דגניים (חיטה, שעורה) לקטניות מרעה (בעיקר תלתן) וצומח טבעי לרעייה. במחזור כזה מחצית מהשטח הוקדשה לגידול צמחי מאכל (בעיקר דגניים) והמחצית השנייה להזנת בעלי חיים. במחזורי זרעים אלה נעשה שימוש בזבל שמקורו בבעלי החיים של החווה כחומר מדשן.

מחזור הזרעים בחקלאות המסורתית הערבית בעמק יזרעאל, כלל חיטה במשך שנה או שנתיים כגידול חורף, ובשנה שלאחר מכן, קטנית - תלתן או אספסת. בהמשך, בשנה שלאחר מכן, גודלו גידולי קיץ - אבטיח, מלון או שומשום על אותו שטח (עונאללה, ריאיון, 2019).

דורי ושותפיו (Dury et al., 2011) בחנו 120 פרסומים והגיעו למסקנה שרוב ההחלטות על תוכנית גידולים נעשות

בני גידול מופרים (**צומח סגְטלי - צמחי באשה**), אך העיבוד בשנה העוקבת קשה יותר בגלל שיבוש השדה בעשבי בר וירידה בלחות הקרקע (בונפיל ואחרים, 2007). לכן, משתמשים בפרקטיקה הקרויה **כְּרָב שחור** - חריש השדה ללא זריעה. **כְּרָב ירוק** הוא פרקטיקה מתקדמת יותר - זריעה של צמחי מרעה בשדה אחרי החריש, ובהם מיני קטניות המוסיפים לקרקע חנקן, והכנסת רעייה לשדה. הפרשות בעלי החיים הרועים מוסיפות חומרי דשן לקרקע.

כבר אצל חז"ל אוזכרו תקופות שונות של מנוחה מעיבוד: **כְּרָב נח** - לא עושים בשדה שום פעולה ונותנים לצומח הבר להתפתח; **כְּרָב נע** - חריש השדה כדי להרוג את הצומח הטבעי שמתפתח בו והשארית הצמחים המתים בשדה לשם העשרתו; **כְּרָב שחור** - השדה נחרש ושאריות הצמחים מורחקות ממנו, ו**כְּרָב תפוס** - השדה נחרש ונזרע בצמחייה שמשמשת מרעה עונתי לבעלי חיים (מור-מוסרי ואחרים, 2016). שנות המנוחה משפרות את איכות הקרקע - פעילות החיידקים והפטרייות (הפעילות המיקרוביאלית) בקרקע, ריכוז החומר האורגני וחומרי ההזנה עולים, והסחיפה קטנה.

ההחלטה ליישם ממשק של מחזור זרעים צריכה לשקלל שני רכיבים: מכלול הגידולים ביחידה החקלאית בנקודת זמן מסוימת - גורם המשפיע על רווחיות הפעילות החקלאית, והרכב הגידולים החלופיים הבאים במקומם בשנים העוקבות

הדגמה של העקרונות הבסיסיים של מחזור הזרעים אפשר לראות בניסוי שנערך בעמק הבקעה בלבנון. החקלאים במקום עברו לחקלאות חד-גידולית של שעורה תוך ויתור על מחזור זרעים. מרכז מחקר והדגמה בין-לאומי בסוריה רצה להראות לחקלאים את ההשלכות של פרקטיקה זו, והעמיד ניסוי ארוך טווח (שבע שנים), שכלל שילובים שונים של שעורה וקטניות. יכול הגרעיניים והקש של גידול שעורה על שעורה (שנה אחרי שנה) קרס תוך שלוש שנים ולא התאושש בארבע השנים העוקבות. החלקות התמלאו בשעורת בר, שהייתה אחד הגורמים לירידה ביבול ולחוסר היכולת להמשיך ולעבד את השדות. מחזורי שעורה וקטנית הניבו בסיכום שש שנים 44-80 אחוז יותר גרעיני שעורה ו-27-53 אחוז יותר קש שעורה לעומת גידול שעורה ללא מחזור זרעים (Yau et al., 2003).

ככל שתנאי האקלים יובשניים יותר והקרקע ענייה יותר, מתגלעים קשיים רבים יותר בגידול מחזור זרעים שיעמוד בדרישות הכלכליות המודרניות. השינויים במחזורי הגידולים בישראל מבטאים בעיקר את ההיבט הכלכלי המכריע. כותנה הייתה לאורך שנים הגידול המרכזי בענף השלחין (גידולי שדה בהשקיה) בארץ, וניתן היה לגדלה כמה שנים ברצף ללא פחיתה ביבול. את הכותנה זורעים באביב וקוטפים בסתיו, ומקובל היה לגדל כותנה במחזור חמש-שנתי, לעיתים בשילוב חיטה לתחמיץ כדו-גידול. כיום ההיבט הכלכלי - הצורך להפיק את מרב ההכנסה מכל יחידת שטח - חזק יותר. החלופות לכותנה מבחינת המחזור הם גידולי קיץ רווחיים, דוגמת חמצה (חמוט), חמניות ותיירס לסוגיו. חלופה אחרת היא של גידולי חורף, כמו דגן או קטניות למספוא (שחת או תחמיץ) או ירקות בשטח פתוח (בקיץ עגבניות ובחורף אפונה ושעועית). יש כאן ניסיון לשלב גידולים שישלימו מחזור זרעים נכון (קטניות), ועדיין ישאירו רווח סביר לחקלאי (עפר גורן, מנהל תחום גידולי שדה במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

לדעת גורן ניתן להשלים בישראל מחזור פלחה ללא קטניות, אבל אז מומלץ לכלול במחזור גידולים שונים ממשפחת הדגניים (חיטה, שעורה, שיבולת שועל, תירס, סיטריה וכו') או לכלול גידול של אחת המשפחות של

לכל שנה או עונה בנפרד ועל בסיס מיטוב (אופטימיזציה) של קריטריון בודד (רווחיות) ולא על פי מגוון קריטריונים (אנרגיה, שעות עבודה ועוד); הם מדגישים את החשיבות של המבט הדינמי, שכן הוא מייצג נאמנה את המציאות בפעילות החקלאית.

זניחת מחזור הזרעים בשל יעילות הדישון הכימי ועלותו הנמוכה והחלפתו ב**חקלאות חד-גידולית (מונוקולטורה)** - מערכת חקלאית המאופיינת בגידול בודד במרחב גדול (לאורך שנים) מסוגים שונים שאחידים בזמן ובמרחב יכולה להביא לצמצום ניכר במגוון הביולוגי בקרקע, לפגיעה במחזור הפחמן והחנקן וכך בקיימות השדה (ראו אירור II-1).

ניתוח משווה של ספרות מדעית, שהקיף 122 מחקרים, הראה שהוספת גידול אחד או יותר לחקלאות חד-גידולית (כלומר, מעבר מגידול בודד לגידול משולב) הגדילה את כמות הפחמן בקרקע ב-3.6 אחוזים ואת זו של החנקן ב-5.3 אחוזים. כאשר הוסיפו גם גידול כיסוי¹⁰, גדלה כמות הפחמן ב-8.5 אחוזים, והחנקן - ב-12.8 אחוז (McDaniel et al., 2014).

סקר ספרות על חקלאות מקיימת באזורים ים תיכוניים מצא שמונה מחקרים שבדקו בצורה מדעית ראויה את נושא מחזור הזרעים. נערכה השוואה של גידול ללא מחזור זרעים מול גידול תוך שימוש במחזור זרעים, ונמצא כי במחצית מהמחקרים עלה היבול, ובמחצית האחרת לא חל שינוי (Shackelford et al., 2017).

האגרו-אקולוגיה רואה במחזור הזרעים אמצעי לשיפור היצרנות ולחיסכון בהוצאות בטווח הארוך (דשן ואנרגיה) ולפיכך גם בהגדלת הרווחיות. יתרונות החקלאות החד-גידולית על פי האגרו-אקולוגיה הם לטווח קצר בלבד. החזרת קטניות, כמו פול, למשל, למחזור הזרעים תוסיף לקרקע בממוצע 10-20 קילוגרם חנקן לדונם (Jensen et al., 2010) ותחסוך אנרגיה יקרה. יש לשים לב כי גידול קטניות בלבד עלול להביא לאורך זמן לאובדן חנקן לקרקע או לאוויך, וניתן למנוע אותו בשימוש במערכת של **גידול משולב** (intercropping - ראו בהמשך פרק זה) או לצמצמו באמצעות **אי-פליחה** (ראו דיון בפרק III - הקרקע).

10 **גידול כיסוי** - צומח שנזרע בחלקה החקלאית כנתוספת משנית לגידול המרכזי ועל פי רוב אינו משמש לייצור מוצר חקלאי אלא תורם תרומה סביבתית-ממשקית: שומר על החלקה מסחיפה בחורף; עוזר להיפטר מעודפי מים בקרקע בסוף החורף; יוצר בית גידול נוח לזריעה או להצצה של הגידול. על פי רוב, גידול הכיסוי מורחק מהשדה כאשר תפקידו מסתיים, בקלטור או בריסוס בקוטלי עשבים רכים. הצומח המת מושאר בשדה כדי להעשיר את הקרקע (ראו סעיף ייעודי בהמשך פרק זה).

באובדן בתי גידול ומגוון ביולוגי שקשה לשחזרם או לאמוד את ערכם (Greenaway, 2017). "דגניים קטנים", כמו שיבולת שועל, שיפון וחיטפון (הכלאה של חיטה ושיפון), שהיו חלק ממחזור הזרעים המקומי, נעלמו בעקבות האינטנסיפיקציה של החקלאות, שבוחנת רק את הפן הכלכלי.

הבעיות הסביבתיות שתוארו לעיל הביאו להקמת קבוצות מקצועיות¹¹ שמנסות לשכנע חקלאים לזרוע את "הדגניים הקטנים" בתקופה שאין בה גידול מסחרי של תירס או סויה, כדי שישמרו ויטייבו את הקרקע (Greenaway, 2017). הרחבת מחזור הזרעים על ידי הוספת גידול קטניות כמו אספסת או תלתן, שהיו גידולי מספוא מסורתיים באזור זה כאשר החוות הקטנות כללו גם ענף של גידול בעלי חיים, יכולה לשפר את הקרקע עוד יותר ביחס למצב כיום (עלייה בכמות הפחמן הלכוד בקרקע) ולהקטין את הדישון הסינתטי ב-86 אחוז, את כמות קוטלי העשבים ב-96 אחוז ואת שיעור הסחיפה ב-25 אחוז (Davis et al., 2012). האם שינוי העיבוד הזה יאומץ על ידי חקלאים נוספים ובעיקר על ידי חברות חקלאיות גדולות, הרואים בכל צמח שאינו סויה או תירס, עשב משבש? ימים יגידו. הבחירה של מדינת איוהו לתמוך בכל חקלאי שזורע דגניים קטנים בחמישה דולר לאקר (כארבעה דונם) (Greenaway, 2017) מצדדת בחלופה שמציעה האגרו-אקולוגיה.

2. חריש

חריש הקרקע הוא אחת הפעולות הקדומות והבסיסיות בחקלאות. החריש מזכר לראשונה בסיפור יוסף במצרים: כִּי-יָהּ שְׁנַתִּים הָרְעָב בְּקֶרֶב הָאָרֶץ; וְעוֹד חֹמֶשׁ שָׁנִים אָשָׁר אֵין-חֶרִישׁ וְקָצִיר (בראשית מ"ה: ו').

החקלאות לא התפתחה יחד עם טכניקות חריש. הזריעה והשתילה היו תוצר של עבודה ידנית - פיזור זרעים ללא הצנעה¹² בגומות או בבורות בגודל הנדרש (Derpsch, 2004).

המצאת כלי חריש ופיתוחם אפשרו את הגדלת היקף השטחים המעובדים ואת הגברת היעילות של הייצור החקלאי. חריש חיוני להתנעת התהליך החקלאי - להכנת

רחבי עלים (סולניים, דלועיים, מצליבים, קטניות וכו'). הסיבה לכך היא התרומה השונה לטיוב הקרקע (מבנה בית שורשים שונה, מצאי המינרלים וניצולם מעומקים שונים בקרקע, העשרת מיקרו-אורגניזמים בקרקע, תברואה של מחלות ומזיקי קרקע ספציפיים). מובן שמחזור זרעים כזה דורש דישון אינטנסיבי.

להלן מחזור הזרעים המומלץ על ידי שה"מ (שירות ההדרכה והמקצוע של משרד החקלאות ופיתוח הכפר) לשדות חיטה בעל (ללא השקיה) בישראל:

"את החיטה ניתן לגדל לאחר כל גידול, אך יש לוודא תחילה שלא קיימת סכנת שאריתיות של תכשירי הדברת עשבים מהגידול הקודם. גידול חיטה בקרקע שגידלו בה קודם לכן חיטה או דגן חורפי אחר, עלול לגרום לירידה ביבול, כתוצאה מדלדול יסודות ההזנה בקרקע וכן מהתפרצות אפידמיות ומזיקי החיטה. במחזור גידולי הפלחה מקובל לגדל שנתיים חיטה, או דגן חורפי אחר (שיבולת שועל או שעורה). לאחר מכן מומלץ לקטוע את הרצף בגידול קטנית לשחת, או בגידול שדה אחר דוגמת חמניות, חמצה, תירס, סורגום, אבטיח לגרעינים, או בירקות ממשפחות בוטניות אחרות... באזורים השחונים ניתן לגדל שעורה כשנת דגן שלישית" (גלעדי ואחרים, 2012).

היעילות של הדישון הכימי ועלותו הנמוכה הביאו לזניחה של מחזור זרעים מוקפד אצל חקלאים רבים. תנאים סביבתיים, כמו יובש, שפוגעים ברווחיות גידול הקטניות מעודדים מהלך זה עוד יותר. האגרו-אקולוגיה קוראת להחזרת המצב לקדמותו ולפיתוחם של מחזורי זרעים ארוכי טווח ויעילים כדי לשמור על בריאות השדה.

המישורים הרחבים של מרכז ארה"ב מכוסים כיום, מאופק לאופק, בשדות תירס וסויה בגידול אינטנסיבי. מדובר בשני גידולים במחזור זרעים מצומצם, שהקרקע נשאת בו לא מעובדת במשך חצי שנה. הדבר מוביל לאובדן הקרקע בסחיפה, ויחד איתה מוסעים שרידי דשן שמזהמים את מקורות המים. טיהור מקורות המים במדינות מרכז ארה"ב עולה מיליארדי דולר מדי שנה, נוסף על העלויות הכרוכות

11 לדוגמה - Practical Farmers of Iowa, www.practicalfarmers.org.

12 הצנעה - הטמנה של תוספים להעשרת קרקע (פרש רפתות או לולים, דשן, בוצה או שאריות צמחיות) או של זרעי גידולים חקלאיים.

תמונה II-1ב. מתקן לגידול יונים שתרם זבל לדישון השדות ובשר לתזונת משפחה. Villafafila Lagoons Nature Reserve, Zamora, Spain



3. דישון: הזנת הצמח והגידול

כמו שאר הצמחים, גידולים חקלאיים מספקים לעצמם את מרבית צורכי האנרגיה בתהליך הפוטוסינתזה. לשם השלמת התהליכים הפיזיולוגיים (גידול או יצירת אברים שונים כמו פרחים, פירות וזרעים) הצמח זקוק גם לאספקת מינרלים שונים. המקור להם הוא בקרקע, ובעיקר בחומר האורגני שבה. הצמח אוסף אותם בעזרת מערכת השורשים, ומסיע אותם באמצעות מערכת ההובלה.

כמות **החומר האורגני** בקרקע והרכבו יכולים להיות גורמים מגבילים עבור הייצור החקלאי. בתנאי אקלים יובשני למחצה עד יובשני, כמו אלה ששוררים בישראל, תכולת החומר האורגני בקרקע נמוכה (0.5 עד 2 אחוזים), ולכן חיוני להעשירה בתוספים אורגניים או כימיים. החקלאים בישראל מבצעים בדיקות קרקע שגרתיות המתמקדות ביסודות ההזנה (חנקן-זרחן-אשלגן) ומתעלמות לרוב משיעור החומר האורגני (גרף, ריאיון, 2018). הסיבה להתעלמות זו היא, קרוב לוודאי, היציבות הגבוהה של החומר האורגני ברוב קרקעות ישראל.

יש לזכור שהיכולת לשנות את תכולת החומר האורגני בקרקע בתנאים המאפיינים את ישראל מוגבלת מאוד. כדי להדגים זאת, נחשב את כמות החומר האורגני הנדרשת להעלאת הריכוז בקרקע באחוז אחד בעזרת זבל פרות: נפח השכבה הנחרשת (20 ס"מ) בדונם הוא 1,000 מ"ר x 0.2 מ' = 200 מ"ק. הצפיפות הנפחית של קרקע אופיינית בישראל היא 1.25-1.2 גרם לסמ"ק. כלומר, שכבת חריש שוקלת כ-240

תשתית לזריעה, לשיפור חידור המים (infiltration), **לאזור הקרקע, להאצת תהליכי פירוק** של חומר אורגני והמינרליזציה שלו ולוויסות טבעי של **מזיקים וגורמי מחלות**. החריש נעשה פרקטיקה רווחת ברחבי העולם עד שחריש ועיבוד חקלאי הפכו למילים נרדפות (to till, tillage) (Triplett and Dick, 2008).

לצד התרומה של החריש לפעילות החקלאית, חשיפת הקרקע החרושה היא הגורם המרכזי ל**אובדן קרקע** מהשדה החקלאי בתהליכי **סחיפה**. כאשר החריש נעשה בעזרת מכונות חקלאיות כבדות, הוא גורם להידוק הקרקע, ומקטין את כושר החידור של מים וחומרי הזנה לעומק הקרקע ומכאן - את יכולת ההתפתחות של מערכות השורשים של הגידולים החקלאיים (Hamza and Anderson, 2005). החריש משנה את מבנה פני הקרקע ומקטין את תכולת החומר האורגני והלחות בקרקע (Holland, 2004); מסתבר כי הוא משפיע לרעה גם על ההרכב והפעילות של החי בקרקע (Bender et al., 2016). כבר בספר שפרסם אדוארד פוקנר (Edward Faulkner) ב-1943 - Plowman's Folly - נאמר המשפט: "למען האמת, איש לא סיפק עד כה את הסימוכין המדעיים שיצדיקו חריש קרקע".

בעשרות השנים האחרונות הולכות ומתפתחות חלופות לחריש העמוק שרווח מאז הוכנס מיכון כבד לחקלאות. בחלופות אלה מנסים בעיקר לפתור בעיות סביבתיות שהחריש העמוק יצר (סחיפת קרקע על ידי מים ורוח, שינוי מבני, פגיעה במערכת האקולוגית שבקרקע ועוד). בפרק III נרחיב על הבעיות האלה ועל הפתרונות השונים שהוצעו כדי לטפל בהן.

תמונה II-1א. חריש בעזרת בעלי חיים ומחרשת יד שימש בחקלאות המסורתית לאורך מאות שנים



תמונה II-2. דישון שדות חיטה בעמק יזרעאל



צילום: אבי פרבולוצקי

אמצע המאה ה-20, וחלק מהמתקנים ששימשו לכך שרדו. החיבור בין דישון השדות ומשק החי הגיע מאירופה לארץ ישראל על ידי המתיישבים הטמפלרים במאה ה-19, שפיתחו חקלאות מתקדמת יחסית לתקופתם. במשק מעורב תרמו בעלי החיים זבל לטיוב השדות, ונהנו ממספוא קטניות שהיה חלק חשוב ממחזור הזרעים (לוי, 1983). נושא מעניין שנובע מכך הוא הקשר בין אספקת הזבל על ידי בעלי החיים והתפתחות משק החלב בארץ:

”עם התפתחות ההתיישבות ונטיעת פרדסים, כרמים ומטעי שקדים - גדלה הדרישה לזבל אורגני. הספקת זבל הייתה לתפקיד העיקרי של עדרי הבקר. לראשונה נשאל אז, אם חייבים להחזיק עדרי בקר רק לשם הזבל ומדוע לא לשווק גם את החלב. החליטו להשביח את עדרי הבקר על ידי רכישת פרות ופרים מלבנון וסוריה” (לוי, 1983:18). במילים אחרות - ”זבל ביקשו וחלב קיבלו”.

א. מרכזיות החנקן

מבין המינרלים שהצמחים צורכים בולט במיוחד החנקן, רכיב מפתח בחילוף החומרים היום-יומי של מרבית היצורים החיים (מרכיב חיוני של החלבונים והאנזימים שמניעים את חילוף החומרים של האורגניזם, ושל חומצות הגרעין שהן

250 טונות. כדי להגדיל את כמות החומר האורגני של שכבה זו באחוז אחד יש לפזר 2.5 טונות זבל לדונם (בהנחה שכל הזבל יישאר כחומר אורגני בקרקע). לא ניתן לעמוד בכמויות האלה, לא מעשית (אין מספיק חומר אורגני בארץ) ולא כלכלית. בחישוב זה לא התייחסנו להרכב החומר האורגני: רוב זבל הבהמות מתפרק מהר על ידי שוכני קרקע שונים, ולא מצטרף למאגר היציב (ענת לווינגרט, מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

המערכת החקלאית צורכת את חומרי ההזנה שבשדה - בעיקר **חנקן** - במהלך ייצור המוצר החקלאי (גרעינים, פירות, עלים) שהיא ”מייצאת” מחוץ למערכת. לכן, עלול להיווצר גירעון של חלק מחומרי ההזנה בשדה עצמו, ויש לכסות אותו כדי שיישאר יצרני במידה מספקת.

חשיבות הדישון בחקלאות הייתה ידועה כבר בתקופות קדומות, ולשם כך היו אוספים פרש בעלי חיים. בשבטה, למשל, נמצאו שרידיו של מתקן בצורת מגדל לגידול יונים מהתקופה הביזנטית (מאה 5-6 לספירה), שהיו מקור לבשר אך גם סיפקו דשן לשדות (ראו תמונה II-11 (Tepper et al., 2017)). איסוף הפרשות יונים ותנגולות שהן חלק מהמשק החקלאי, היה חלק בלתי נפרד מהחקלאות האירופית עד

המהפכה הירוקה כללה הרחבה משמעותית של שימוש בדשן כימי, שמיצור בתהליך תעשייתי ומפוזר על ידי כלים מכניים, בעיקר בגידול גרעינים (דגניים) (ראו תמונה II-2); השימוש בו מחליף דישון ביולוגי שעיקרו שימוש בהפרשות בעלי חיים, שאריות צמחיות מהחקלאות ומיני קטניות. השימוש בדשן כימי עתיר בתשומות של אנרגיה, במפעל ובשדה. מצד שני, יעילות הדישון הכימי בהזנת צמחים גבוהה משמעותית מהדישון הביולוגי, מה גם שהדישון הביולוגי דורש תוספות של זרחן. יהיו שיקבילו אמירה זו להזנת הגוף החי בתמיסה מזינה המוזרקות לווריד לעומת הזנה רגילה מאוזנת ובריאה.

גם לזרחן יש מקום בתפקוד של צמחים ובעלי חיים, וגם לו אין מקורות טבעיים רבים ומתחדשים (למעט שרפת עצמות או תוספת גואנו - פרש עופות ים). בעוד שלייצור חנקן אין מגבלה, יש הסוברים שמאגרי הזרחן בעולם, שהם משאב גיאולוגי מתכלה, יספיקו לעוד 50-100 שנות ייצור חקלאי בקצב השימוש הנוכחי במינרל זה (Gilbert, 2009). בגידולים אינטנסיביים מסוימים (בננה, עגבנייה) לאשלגן יש תפקיד מפתח, והוא נצרך אף יותר מחנקן (ענת לווינגרט, מידע בע"פ).

בשנים 1960 עד 1995 גדל השימוש העולמי בדשן חנקני פי שבעה ובדשן זרחני פי שלושה וחצי (Tilman et al., 2002). במשך 15 שנה (1985-2000) נעשה שימוש במחצית מכל החנקן שיוצר מאז פותח התהליך התעשייתי לצורכי דישון (Tomich et al., 2011). אף שהוא היסוד הנפוץ באטמוספירה, השימוש הרב בחנקן כדשן מגדיל את שכיחות החנקן בעולם ביחס למצב הטבעי (nitrogen-saturated planet).

החנקן אינו יסוד ההזנה היחיד שמגביל צימוח, אבל הוא העיקרי שבהם, ובלי אספקה מתאימה שלו, שאר היסודות, גם אם יהיו ברמה מספקת, לא יסייעו לפתור את מגבלת הייצור החקלאי. גם ההפך נכון: הגדלת היקף הדשן המוסף למערכות החקלאיות הקונבנציונליות לא תגדיל את היקף היבול בכל מצב, משום שיסודות ההזנה אינם הגורם המגביל היחיד.

השוואה בין השימוש בדשן בשלוש מערכות חקלאיות שונות מאוד מדגימה את הבעיות של מאזן הדישון: מערכת אקסטנסיבית במערב קניה לגידול תירס; מערכת אינטנסיבית צעירה ולא-מבוקרת בסין לגידול חיטה ותירס כדו-גידול;

הבסיס התפעולי של מערכת התורשה והפעלת הגנים). בלי אספקה סדירה של חנקן זמין עולם החי יעצור מלכת.

אומנם החנקן מרכיב 78 אחוז מהאטמוספירה, אך הוא נמצא במצב גזי יציב, וככזה אינו זמין לשימושם של יצורים חיים. החנקן הנצרך על ידי הגידולים החקלאיים אינו מתחדש באמצעות תהליכים פדולוגיים (של הקרקע), אלא רק בעקבות פירוק חומר אורגני; הפתרונות להשלמת חנקן בקרקע חקלאית הם **דישון** (תוספת חיצונית של חנקן או מינרלים אחרים) או גידול זמני של **קטניות** המייצרות חנקן באופן עצמאי. הדישון צריך להיעשות על ידי תרכובות חנקניות שזמינות לצמח, כמו אמוניה (NH_4) או חנקת (NO_3).

בתנאים של מרכז ארה"ב, לדוגמה, שדה תירס צורך בממוצע 20 ק"ג של חנקן מדונם קרקע בשנה או 0.2-0.4 ק"ג חנקן לדונם ליום במשך 6-8 שבועות של הצימוח (גידול מספוא בישראל למשל מוציא מהשדה כ-30-35 ק"ג חנקן לדונם לשנה). פחות ממחצית כמות החנקן הנצרך יכולה להגיע ממקורות טבעיים בקרקע, ואת השאר יש להשלים בתוספת חיצונית, כמו דישון. רק מחצית מכמות החנקן המוספת כדשן מוצאת את דרכה לתרכובות חלבוניות שבתירס, בעוד שהשאר אובד לסביבה (Robertson and Swinton, 2005).

בראשית המאה ה-20 פיתח הגרמני פריץ הבר (Haber) תהליך לייצור תרכובת כימית עתירת חנקן (אמוניה) הניתנת לשימוש חקלאי. שכלול תהליך עתיר-אנרגיה זה על ידי קארל בוש (Bosch) אִפשר את הפיתוח התעשייתי של הדשנים החקלאיים. יצירת תרכובות החנקן עלתה בחיי עשרות מיליונים שנהרגו במהלך המאה ה-20 עקב שימוש בנשק שנשען על מקורות חנקניים, ומאידך גיסא, היא הצילה מיליארדים מרעב בעזרת הדשנים שהופקו מאותם המקורות ממש (Erisman et al., 2008).

החקלאות האינטנסיבית תלויה באופן מובהק בתוספות של דשנים המיוצרים תעשייתית, כלומר דשן סינתטי, דשן כימי או דשן מינרלי, בעיקר אמוניה (NH_4) וחנקת (NO_3), ולכן יש המעריכים כי כ-50% מאוכלוסיית העולם תלויה כיום בדשן חנקני לייצור המזון שלה (Ladha et al., 2005) וכ-60% מכמות הדשן המיוצרת בעולם מוקצית לגידול מקורות המזון העיקריים - אורז, חיטה ותירס.

חלק הארי של החנקן שמקורו בדשן לא יהיה זמין לגידול של העונה העוקבת (Cassman et al., 2002; Ladha et al., 2005) ושאריות הדשן זולגות מהמערכת החקלאית כבר בשנה שהוא מפוזר במהלכה. אף על פי שחלק ממזונם של בני האדם לא היה מתפתח ללא דשן, ראוי לציין כי גם אנחנו לא נהנים כמעט מהחנקן שהוסף לגידולים: למזון עצמו מגיעים רק 4 אחוזים מהחנקן שהיה בדשן (אם כי ברור שהמזון לא היה נוצר אילולא היה מתפתח הצמח כולו, והדשן עוזר לדבר לקרות); בדיאטה הצמחונית שיעור זה עולה ל-14 אחוזים - זו עדות נוספת לניצול הנמוך שלו.

יעילות דישון נמוכה מובילה למספר השפעות סביבתיות שליליות: **העתרה (איטרופיקציה)** של מקווי מים ומי תהום בחומרי הזנה (עד קריסת בית הגידול בגלל היעדר חמצן) וזיהום מי התהום, פגיעה באיכות הקרקע, פליטה גזית מזהמת לאטמוספירה, זיהום אוויר ופגיעה בשכבת האוזון (Carpenter et al., 1998) שתורמת לשינוי האקלים (Altieri and Nicholls, 2000). הדישון גם יוצר עודף חנקן, המושקע מהאוויר, במערכות אקולוגיות טבעיות (Robertson and Vitousek, 2009).

לזליגת עודפי דשנים יש מספר פתרונות:

- **הגדלת המורכבות של מחזור הזרעים** תוך הדגשת גידולים מקבצי חנקן ו**טיפוח זנים** בעלי יכולת משופרת לניצול מינרלים (Drinkwater and Snapp, 2007).
- דיוק בעיתוי הפיזור ובהיקפו ישפרו את שיעור הניצול של חומרי ההזנה (Ladha et al., 2005; Robertson and Vitousek, 2009).
- שימוש באמצעים חדשניים, כמו **הדשיה** (fertilization), פיזור ממוקד בעזרת כלי **חקלאות מדייקת** ודשן בשחרור איטי, צפוי לצמצם את ממדי הבעיה (גולובאטי ופולק, 2013).
- **ניהול מושכל של אגן ההיקוות** כולו (אזורי חיץ, סוללות, צומח גדות בתעלות ניקוז) יכול להקטין את הזליגה של עודפי הדשן לנחל ואל מחוץ לאזור.
- **מְעָבָה** אפילו חלקי, משימוש בחומרי דשן כימיים **לדשן ממקור אורגני**.
- **שילוב דשנים ממקורות שונים** (כימיים ואורגניים ממקורות שונים) יכול לשפר את תהליכי ההזנה במערכת האקולוגית (כלל הגידולים וצמחי הבר שבסביבה), ולגרום

ומערכת אינטנסיבית מבוקרת בארה"ב לגידול תירס וסויה במחזור (Vitousek et al., 2009). המערכת בקניה, שאין בה שימוש משמעותי בדשן כימי, היא מערכת המתאפיינת ב**התדלדלות**, והיא מוציאה יותר חומרי הזנה מהקרקע, שהייתה פעם עשירה, מאלה החוזרים אליה בעיבוד. בסין המערכת מקבלת עודף דשן בשל מדיניות של ייצור מרבי הנובעת מצורך לאומי במזון. **עודפי הדשן** מוצאים דרכם לסביבה ופוגעים באיכות האוויר והמים באזור כולו. עד 1995 התנהלו החקלאים ארה"ב בדומה לסין, אך מאז מיושמת מדיניות של **איזון מינרלים** בקרקע תוך הדרכת החקלאים לגבי ההתנהלות הנכונה בחלקה החקלאית. למדיניות זו חסרים כרגע מחקר וניטור משלימים לקבלת תמונה טובה של המצב בשדה, אך היא בכיוון הנכון (Vitousek et al., 2009). יש לזכור שאיזון השימוש בדשן בחקלאות בלי טיפול בשאר מקורות החנקן האזורי - הפרשות בעלי חיים, ניקוז החלק העירוני והחקלאות ושאר יצרני החנקן - לא ישנה מהותית את המצב באזור (DeLuca, 2009).

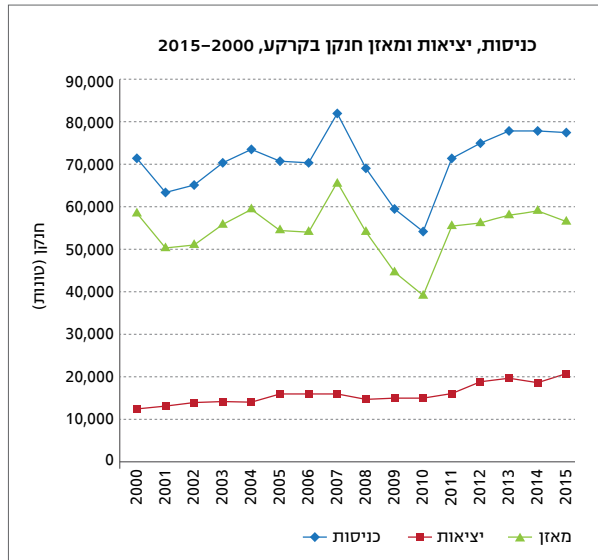
ניתוח משווה של ספרות מדעית של מגוון גידולים המתאימים להשתלב במחזור זרעים הראה, כצפוי, כי גידולי קטניות היו היעילים ביותר, והביאו להקטנה של 40 אחוז בזליגת החנקן מהמערכת. עם זאת, במקרים רבים גידול הקטניות אינו רווחי, ואז נדרש ניהול אזורי או לאומי של הנושא. סביר להניח כי העלות של תמיכה בחקלאים שיפעילו אמצעים להקטנת זליגת חומרי הזנה לסביבה תהיה זולה בהרבה מהטיפול בזיהום שיווצר מזליגה זו.

באיחוד האירופי מופעלת **אסדרה** משמעותית לגבי פליטות דשנים ב-15 השנים האחרונות בעלות של 10 מיליארד אירו לשנה. אף על פי כן, נמדדה עד כה רק ירידה זעירה יחסית ברמת הזיהום החנקני בסביבה הקרקעית והמימית של החקלאות (Albiac, 2009).

ב. דישון ובעיות סביבתיות

הבעיה המרכזית בדישון היא **היעילות** או **המוגבלות**: הגידולים החקלאיים מנצלים רק 30-50 אחוז מהחנקן שבדשן והשאר נשאר בקרקע ואובד ממנה לסביבה בתהליכים שונים: בצורה גזית הישר לאטמוספירה או על ידי המסה במים המחלחלים למי התהום או ניגרים לנחלים ולים (Tilman et al., 2002; Ladha et al., 2005; Robertson and Vitousek, 2009).

איור II-3. מאזן החנקן בקרקע בישראל לאורך זמן (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2017)



החקלאי, המבקש להבטיח יבול מרבי בעוד שעלויות הדשן שוליות יחסית עברו, לא מהסס לדשן בעודף. היות שאין מנגנון שמונע את זיהום מי התהום, בהרתעה או בתגמול, הנושא הופך לבעיה סביבתית חמורה גם בקנה מידה לאומי. מובן שלא כל הזיהום מגיע מהפרדסים או מהחקלאות.

חרובי והדס (1998) כימתו, לפי נתונים קיימים, את היקף הזליגה של חנקות מגידולים ומשימושים שונים בדשן. הם מצאו שמפרדסים במישור החוף דולפים מים בהיקף של 7-15 אחוז מכמות ההשקיה ו-20-60 אחוז מהדשן הניתן לעצים (כ-10-15 ק"ג חנקן לדונם). מגידולי שדה בקרקע חמרה דלפו 5-18 אחוז מהמים שנשאו איתם 5-45 ק"ג חנקן, כתלות ברמת הדישון והיבול. מגידול ירקות בקרקע לס בצפון הנגב זלגו 5-9 אחוזים מים ו-32-190 ק"ג חנקן. כאן נמצא שהוספת זבל אורגני לדשן הקטינה משמעותית את הדליפה. ממשק של חקלאות אורגנית לא הראה נתוני דליפה נמוכים משמעותית.

החוקרים מעריכים שכמות החנקן שדולפת מדי שנה משטחי החקלאות נעה בין 53 ק"ג לדונם ללא דישון ל-130 ק"ג לדונם עם דישון. ברור שלגידול עצמו ולשימוש בחומרי דשן שונים יש השפעה על שיעור הדליפה. יש גידולים עם יבול גבוה ודליפה נמוכה, ולהפך.

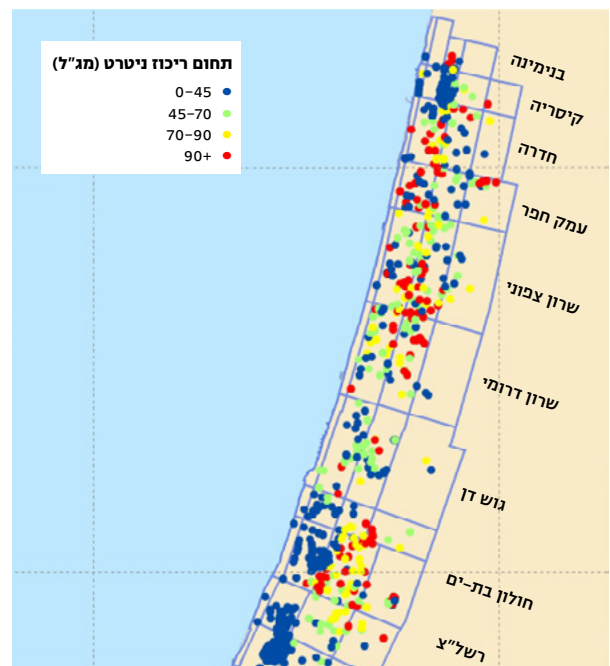
למינרלים להישאר זמן רב יותר במערכת וכך לשפר את ניצולם על ידי הגידול, גם בעזרת תהליכים ארוכי טווח שחיידקים ופטטריות מעורבים בהם.

שימוש מתמשך בזמן של אותה כמות דשן (**דישון מפוצל**) בהתאמה לקצב הצריכה של חומרי ההזנה על ידי צמחי הגידול

זליגת עודפי הדשן מחריפה עוד יותר בגידולים רב-שנתיים, כמו מטעים, הדורשים כמויות דשן גדולות לאורך תקופות ארוכות יותר. הסיבה לנוכחות לדשן גידולים כאלה בעודף (או כמאמר הציניקנים "הוספת חגורה וגם שלייקס") היא שהתשומה (הדשן) זולה יחסית לרווחיות המוצר (הפירות).

מודל ממוחשב, על בסיס סקר שבוצע בפרדסים בשרון הגדלים על אדמת חמרה, הראה שגם אם יקטן השימוש בדשן ב-50 אחוז, ייוותר מספיק חנקן באזור בית השורשים כדי למלא את דרישות ההזנה של עצי ההדר. כך יקטן לחלול נגר מזוהם בשאריות דשן למי התהום באקוות החוף ב-75 אחוז, וריכוז החנקן במים שבקרקע לא יעלה על התקן למי שתייה (שפירא וקורצמן, 2013) (איור II-2).

איור II-2. ריכוזי חנקות בבארות במישור החוף. נקודות אדומות הן בארות שריכוזי החנקות בהן גבוה (רשות המים, 2014)



ההבדלים נובעים ממאמצי אינטנסיפיקציה בחקלאות - דישון אינטנסיבי הוא חלק מממשק ייצור אינטנסיבי, ותוצאתו הגדלת עודפי חנקן - או משינויים במחירי הדשנים. דישון אינטנסיבי הוא חלק מממשק ייצור אינטנסיבי, והתוצאה שלו היא מאזן של עודפי חנקן. במבט עולמי על עודפי חנקן ישראל ניצבת במקום גבוה (איור II-4).

מאזן הזרחן גם הוא חיובי מאוד (עודפים גבוהים) (איור II-5) ומעמדנו העולמי בנושא זה הוא בצמרת הגבוהה (איור II-6).

המאמץ למניעת זליגה של עודפי דשן מהמערכות החקלאיות נשען על תפיסת 4R: Right fertilizer source, at the Right rate, at the Right time, with the Right placement - ובעברית הוא יהיה מכונה ארבע הנו"נים: **הדשן הנכון, בשיעור הנכון, בזמן הנכון ובמיקום הנכון.**

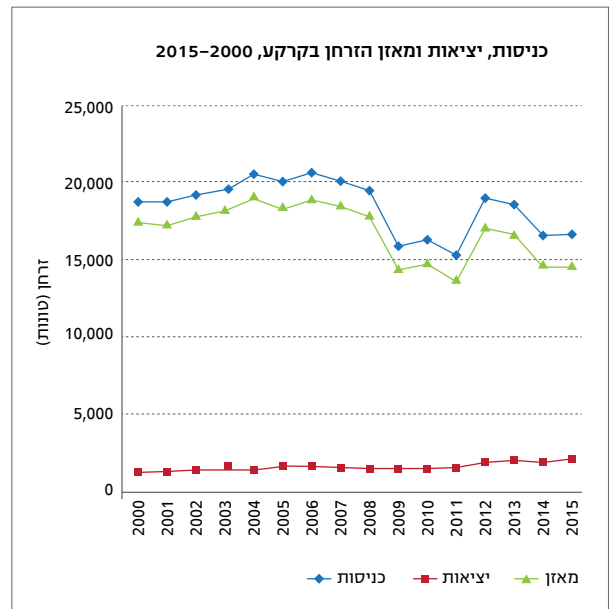
החקלאות העולמית מגיעה לשיאים של ייצור חנקן תעשייתי ושל שימוש בו, בעיקר כדשן. במדינות עניות קיים מצב הפוך - יכולת כלכלית מוגבלת לא מאפשרת לרכוש די דשן כדי להתמודד עם המחסור בחנקן בקרקע לשם ייצור מזון בהיקף נדרש (Galloway et al., 2008).

ג. יעילות הדישון

ההעשרה של החלקה החקלאית בחומרי הזנה קשורה באופן הדוק לדינמיקת הניצול של אותם חומרי הזנה על ידי הגידול. יש צורך בהתאמה מרבית בין הדרישה לדשן ובין אספקתו (Fageria and Baligar, 2005). יעילות השימוש בדישון חנקני בגידול תירס נבחנה במקסיקו, שם נמצאו פליטות גבוהות של תחמוצות חנקן. ניסויים מבוקרים העלו שפיזור הדשן בשלב מאוחר יותר במחזור הגידול הקטין את הפסדי החנקן לסביבה ללא השפעה על היבול או על איכות הגרעינים. ניתוח כלכלי הראה שצעד זה עשוי להגדיל את הרווח לחקלאי ב-12-17 אחוז אחרי ניכוי מס (Matson et al., 1998). משמע, שינוי פשוט בעיתוי פיזור הדשן יתרום כלכלית למשק החקלאי, ויקטין השפעה סביבתית שלילית.

בארה"ב הצליחו להגדיל את יעילות השימוש בדשן בגידול תירס ב-36 אחוז בעשורים האחרונים בעקבות השקעות ציבוריות במחקר ובהדרכה לחקלאים. החקלאים השקיעו בבדיקות קרקע ובהתאמת הדישון בפועל לדרישות

איור II-5. מאזן הזרחן בקרקע בישראל לאורך זמן (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2017)

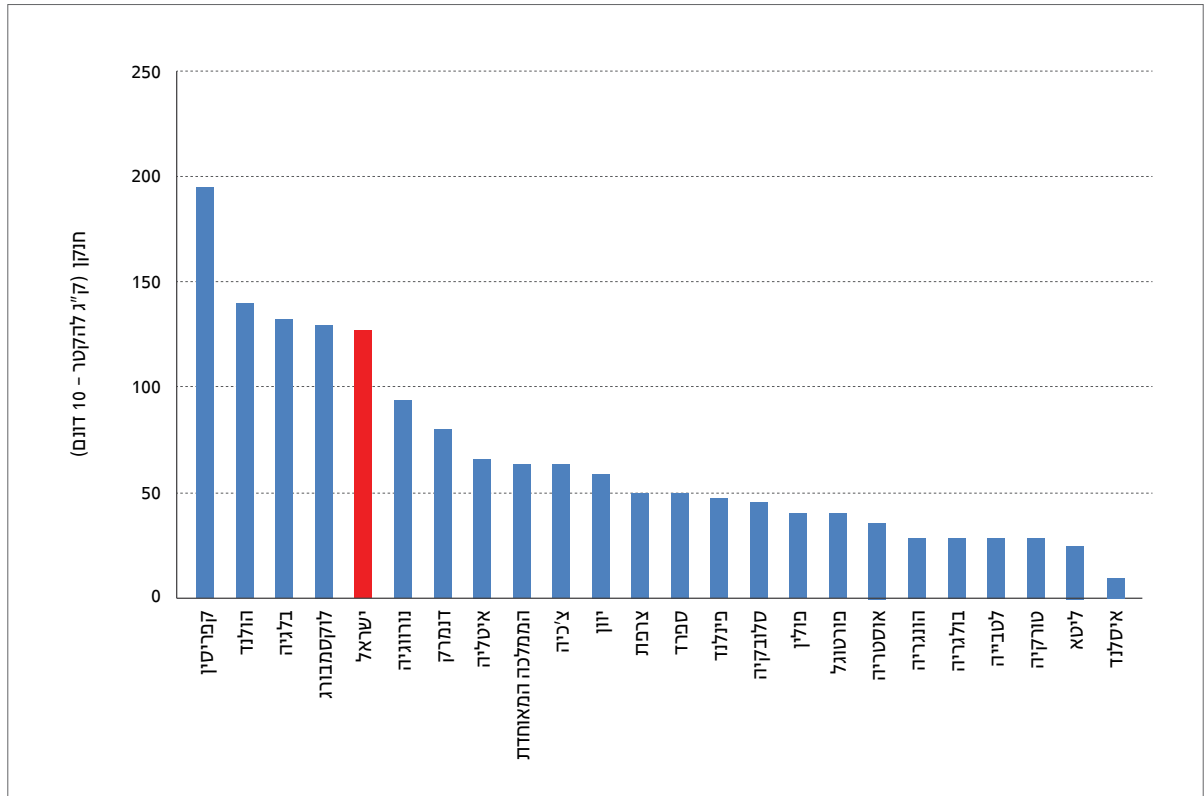


קביעת ערכי דליפה ביחס לחלקה חקלאית מסוימת היא פעולה קשה מאוד, ולכן מיסוי על דליפה אינו מעשי. הגבלת שימוש בחנקן יכולה להביא להקטנת השטח המעובד, אך לא בהכרח להקטנת הדליפה מהשטח. מיסוי על חנקן שפוזר יכול להביא להגדלת דליפה ולא להקטנתה. במילים אחרות, אין מנגנון פשוט לאסדרה של זיהום מי התהום בחנקן.

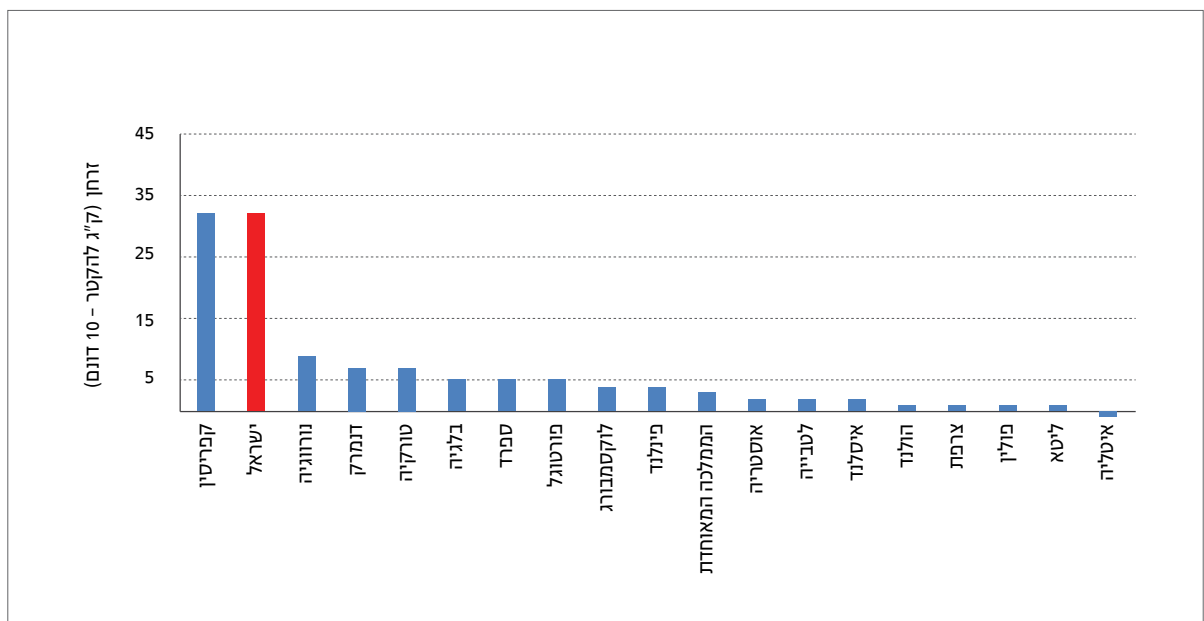
את נושא **זיהום האקוונות** שמתחת לשטחי החקלאות, בעיקר במישור החוף, יש לבחון גם נוכח התקן לזיהום. בישראל תקן זה עומד על 90 חלקים למיליון (חל"מ) של חנקות, אבל באירופה התקן עומד על 50 חל"מ. אימוץ התקן האירופי יצביע כנראה על בעיית זיהום בארות גדולה בהרבה מזו המוערכת כיום (זליגמן ולחמן, 2008).

משרד החקלאות, באמצעות הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, מדווח על מאזן החנקן - השימוש בדישון מול דליפה - כחלק ממדדי החקלאות-סביבה לארגון הבין-לאומי לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD) (למ"ס, 2017). בשנים 2000 עד 2015 יש עלייה של כ-10% במאזן החנקן; ב-2007 נמדד שיא חיובי (הגדלת השימוש) וב-2010 שיא שלילי (איור II-3).

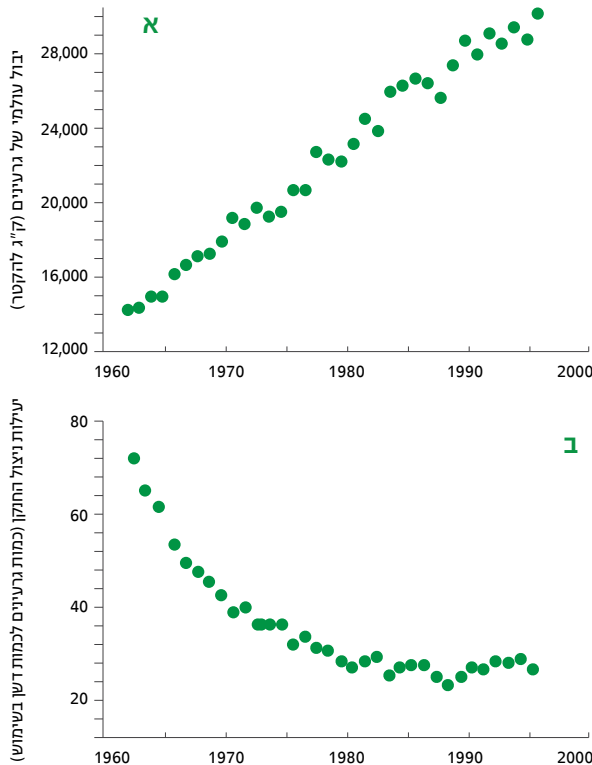
איור II-4. מאזן החנקן בקרקע במדינות נבחרות, 2014 (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2017)



איור II-6. מאזן הזרחן בקרקע במדינות נבחרות, 2014 (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2017)



איור 7-II. היבול העולמי של גרעינים (א) מול יעילות הניצול של חנקן (ק"ג גרעינים לק"ג דשן) (ב) (מתוך זליגמן ולחמן, 2008)



הגידול הספציפי (Cassman et al., 2002). גם בישראל הצטבר ידע רב בנושא הדישון, והחקלאים נוהגים לדשן ביעילות גבוהה. מרבית החקלאים מנטרים בכל שנה את מצב המינרלים העיקריים (חנקן-זרחן-אשלגן) בשדותיהם, ונעשו מחקרים רבים על אופן השימוש הנכון לגידולים שונים בתנאים שונים (ענת לזוינגרט, מידע בע"פ). שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ) במשרד החקלאות מפרסם הנחיות שנתיות להשקיה ולדישון בגידולים מרכזיים לפי תנאי השנה¹³.

יש להוסיף שיעילות הדישון תלויה באופן השימוש, יחד עם גמישות בכמות, בהרכב ובעיתוי הדישון ושילוב בהשקיה (הדשיה). ייצור הגרעינים בעולם עלה בכ-130 אחוז בין השנים 1960 ו-2000, אבל יעילות ניצול החנקן ירדה באופן חד בין 1960 ל-1980 ומאז נותרה יציבה. כלומר, היעילות השולית של הדישון קטנה מאוד, ותוספת דשן לא תשפיע משמעותית על היבול (זליגמן ולחמן, 2008) (איור 7-II).

איתן אביבי, מרכז תחום הגד"ש בקיבוץ עין חרוד איחוד תיאר את הניסיון לעבור לממשק הזנה בגישה אגרו-אקולוגית בעקבות התנסות גם בגידול אורגני:

"בממשק האורגני הזנת החלקות נעשית בעיקר מקומפוסט שמיצור מרפש של בעלי חיים וגואנו, שזה לשלשת של עופות מים. מקור נוסף לדישון הוא מיצוי של אצות ים ואפילו שתן עגלים נמצא כשיר לדישון. אנחנו חוקרים את השפעת הדשנים וחומרי ההדברה על הקרקע, על מאגרי המים ועל הצמח. אנחנו בודקים כיצד להשתמש בפיתוחים חדשים באופן מידתי ומושכל כדי שלא לזהם את האדמה ומי התהום. אנו משלבים בין כימיקלים, שיטות מסורתיות ושיטות ביולוגיות. באמצעות המחקר אנחנו מנסים למצוא איזון נכון בין הזכות שניתנה לנו - לעבד את הארץ, לבין חובתנו לשמור עליה" (צוריאל, 2014).

ד. "דישון ירוק" - זבל וקומפוסט

הצעה מקדימה: למען הדיוק, במונח "זבל ירוק" (green manure) משתמשים בחקלאות לגידול או לצמח אחר שגדל בשדה ומוצנע בקרקע תוך חריש, וכך מעשיר את

הקרקע בחומר אורגני. כאן אנו מבדלים את חומרי העשרת הקרקע שמקורם בבעלי חיים ובפסולת אורגנית מחומרי דישון כימיים, וקוראים להם חומרי דשן ירוקים.

בגלל הבעיות הנובעות משימוש בדישון הכימי, מנסים להחליפו (או את רכיביו השונים) בתוספות של חומרים מטייבים ממקורות אחרים, על פי רוב שאריות או פסולת של הפעולה החקלאית. כך מושגות שתי מטרות: תחליף דישון שהשפעותיו השליליות קטנות יחסית, ומחזור הפסולת. שימוש ב"דשן ירוק" לסוגיו הוא אחד מעמודי התווך של החקלאות האורגנית והאגרו-אקולוגית.

הפרשות בעלי חיים מהרפת, מהדיר או מהלול עתירות בחנקן ובחומר אורגני, ויכולות להעשיר את השדה החקלאי

¹³ לדוגמה, דף הנחיות לענף ההדרים ב-2017: <https://tinyurl.com/sdfkua2>

שגדלה בחלקות עם זבל הייתה באיכות גבוהה יותר מזו שבחלקות עם הדישון הכימי (מירון ויוסף, 2010). מקובל להניח שכמות יסודות ההזנה המצויה בזבל בקר לא מטופל תספיק לגידולי פלחה למשך 2-5 שנים לאחר הפיזור, אך גידולי שלחין, כמו תירס וכותנה, יצטרכו תוספת דשן כבר בשנה השנייה (הדס ואחרים, 2008).

ביוון בחנו שימוש בזבל פרות נוזלי בגידול תירס לאורך ארבע שנים, ולא נמצא הבדל בכמות היבול או באיכותו כאשר הזבל פוזר בשיעור דומה לזה של דשן סינתטי. פוריות הקרקע נשמרה ולא נצפתה עלייה במליחותה (Lithourgidis et al., 2007). ממצאים דומים עלו גם במחקר בספרד, שם נבחן השילוב בין דשן סינתטי לקומפוסט מפרש בעלי חיים ומשאירות צמחיות של מטעים בגידול עגבניות. התברר שהדשן האורגני הגדיל את יעילות ניצול הדשן הסינתטי ושיפר את תכונות חברת החיידקים והפטריות. שיטה זו מאפשרת הקטנה של 40 אחוז בשימוש בחנקן מינרלי תוך שמירה על כמות יבול ואיכות פרי דומות לזו של דישון קונבנציונלי (Hernández et al., 2014).

חשוב לציין, כי נוסף על היתרונות הכלכליים של שימוש בזבל בקר כחלופה לדשנים כימיים יש לפרקטיקה זו גם תועלת סביבתית: זליגה פחותה של חנקות למי התהום בשל הפירוק האיטי של התרכובות שבו ביחס לדשן סינתטי, ניצול מלא יותר של יסודות ההזנה שבזבל, שיפור מארג החומר האורגני שבקרקע ותרומה למניעת סחיפת קרקע (הדס ואחרים, 2008). מצד שני, סקר ספרות על שיטות מקיימות בחקלאות ים תיכונית סיכם ממצאים של 10 ניסויים מבוקרים של שימוש בדשן אורגני מול כימי ומצא תוצאות לא עקביות: היו מקרים של עלייה ביבול מול ירידה או אי-השפעה (Shackelford et al., 2017).

קומפוסט הוא חומר דשן שמקורו בחומרים אורגניים (כולל זבל), שיכולים להגיע מהפעילות החקלאית עצמה (גזם, שאריות וכו'), מגינון או מטיפול ביער הנטוע. חומרי המוצא מפורקים על ידי חסרי חוליות, חיידקים או תולעים בתנאי אוורור וטמפרטורה מבוקרים. התוצר הוא חומר אורגני עשיר ביסודות הזנה ובמינרלים רצויים.

ביסודות ובחומרי הזנה. מתחילת החקלאות המודרנית בישראל ובעולם, ולמעשה גם בחקלאות הקדומה והמסורתית, נעשה שימוש בפרש בעלי חיים בשדה המעובד או במטעים. בשנות ה-70 של המאה הקודמת החלו היוגבים (אנשי הפלחה) להתנגד לפרקטיקה זו בטענה שהיא גורמת לזיהום השדות בעשבים ובמחלות קרקע¹⁴.

הרפורמה במשק החלב מחייבת את הרפתנים לסלק באופן מסודר את הפרש מהרפתות, ומתפתח דיון על השימוש בו לטיוב השדות (הרחבה על הרפורמה ראו בפרק VII). בשל תקנות המשרד להגנת הסביבה על היוגב לרכוש את הזבל מגורם חיצוני שאחראי על הטיפול בו (קומפוסטציה) ולהובילו לשדה. תהליך זה מייקר את השימוש בזבל פרות לדישון שדות.

הדס ושותפיה (2008) הראו שפינוי זבל רפתות הישר מהרפת לשדות קרובים כדאי מבחינה כלכלית הן לרפתן הן ליוגב, וזאת לעומת חלופת הפינוי למתקן ביוגז או רכישת בוצת ביוגז או קומפוסט דרך גורם חיצוני שמייקרת פינוי קוב זבל ב-100-400 אחוז לפני עלות הדשן הכימי. לדבריהם, הביקוש לזבלים אורגניים בישראל עולה במידה ניכרת על ההיצע (פער של 70 אחוז בין הביקוש להיצע).

פיזור פרש בעלי חיים כמקור דישון נמצא תחת אסדרה של המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ומשרד הבריאות (ראו הרחבה בפרק VII - פסולת). פיזור כזה אפשרי רק אחרי טיפול בפרש להקטנת נוכחות גורמי מחלות (בר-אור, 2013). המשרד להגנת הסביבה טוען ששימוש בזבל לא מטופל יכול לגרום למטרדי ריח וזבובים לתושבים ולהפצת מחלות, ומנסה למנוע תופעה זו.

בדיקה של פוטנציאל השימוש בזבל רפת גולמי כתחליף לדישון כימי נערכה באדמות הקלות של מנהל המחקר החקלאי-מרכז וולקני. המסקנות של בחינה קצרת זמן זו היו: זבל לא מעובד מעלה את שיעור החומר האורגני בקרקע ואת תאחיזת המים; יבול השחת עולה ב-15-26 אחוז; בחלקות שקיבלו זבל לא נמצאו עשבים שונים מאלה שהופיעו בחלקות האחרות, משמע שמקור העשבים אינו בזבל; השחת

14 ראו גם ריאיון עם שטיה קישוני בפרק III - הקרקע.

קיים עודף ביקוש של 2-5 מיליון מ"ק לקומפוסט בישראל (טרצ'יצקי ואחרים, 2006).

שאלה מעניינת עולה באשר לנוכחותם של חקלאים מוסלמים להשתמש בזבל או בקומפוסט על רקע ההלכה האסלאמית, הרואה בהפרשות של בעלי חיים והאדם טומאה.

מחקר שבדק את הגישה של חקלאים ערביים בעמק בית נטופה לשימוש בקומפוסט בעזרת שאלונים סגורים וראיונות מובנים, העלה שמידת השימוש במקור זה בינונית. מודעות גבוהה לשימוש התגלתה אצל חקלאים צעירים או משכילים. לחקלאים הנוצרים לא הייתה בעיה מסוג זה. אנשי דת מוסלמים לא רואים בעיה בשימוש בקומפוסט, משום שהוא מתפרק ומשתנה בקרקע. הם גם מודעים לבעיות סביבה שדישון יכול לגרום, ומוכנים לסייע לשינוי בפרקטיקה הנוהגת (חאג' ואחרים, 2012).

בחקלאות האורגנית נעשה שימוש רב בדישון ממקורות אורגניים; חוקרים של מנהל המחקר החקלאי בוחנים את הצלחת השימוש בדישון זה במחקר ארוך טווח:

בחלקות הניסוי משמש דשן ירוק (קומפוסט) ובחלקות הביקורת - דישון כימי; בכל חלקות הניסוי לא מטפלים בקוטלי עשבים. ממצאי השימוש בדשן ירוק הראו שלרוב מתקבלים יבולים דומים לאלה שמתקבלים מדישון כימי. בנגב הצפוני (חוות גילת) נצפתה מגמה של עלייה בבימסה של הגידול ובריכוז יסודות המזון הראשיים (חנקן, זרחן ואשלגן) בצמחים בעקבות תוספת הקומפוסט. עם זאת, השיבוש בעשבים בכל הטיפולים מנע, בחלק מהמקרים, את השלמת תהליך הגידול או הגעה ליבולים המקובלים (ברטל ואחרים, 2015).

נמצאה גם השפעה חיובית מצטברת של הקומפוסט על התכונות הכימיות של הקרקע: עלייה ניכרת בתכולת החומר האורגני (פחמן וחנקן), דבר שמצביע על עלייה בפוריות הקרקע ועשוי גם לשפר את מבנה הקרקע. ריכוזי הזרחן והאשלגן הזמינים גדלו אך הם עם העלייה במנת הקומפוסט. אומנם התוצאה מצביעה על עלייה בפוריות הקרקע, אבל עלייה בזרחן הזמין ובאשלגן יכולה להביא לתוצאות לא רצויות מבחינה חקלאית. לשימוש בקומפוסט ברמות שונות לא הייתה השפעה, או שהייתה

איכות הקומפוסט תלויה בחומרי המוצא ובתהליך הייצור. הקומפוסט מעשיר את ההרכב הכימי של הקרקע החקלאית, וייצורו חוסך בטווח הארוך מקום והוצאות בטיפול בפסולת דרך מטמנות. בניגוד לדשן כימי, הקומפוסט מתפרק לאט, ולכן יש לו השפעה מתמשכת וארוכת טווח, אך לא מיידית. מאידך גיסא, קשה להעריך את קצב הפירוק של הקומפוסט ליסודות זמינים להזנה, ולכן קשה להשתמש בו בצורה מדויקת לפי צרכי הגידול, וזאת בניגוד לדשן כימי. זאת ועוד, בגלל הבדלים באיכות ובהרכב, שוני בין מערכות חקלאיות ותהליכי פירוק ארוכי טווח, ההשפעה של קומפוסט על הגידול החקלאי אינה חד-משמעית. סקר ספרות על שימוש בקומפוסט במערכות חקלאיות ים תיכוניות (בסך הכול שמונה מחקרים מתוכננים היטב) הראה השפעות לא עקביות על יבול הגידולים (הגדלה, הקטנה או חוסר השפעה) (Shackelford et al., 2017).

במרבית גידולי הפלחה והגד"ש לא משתלם להשתמש בקומפוסט, משום שרווחיותם נמוכה. פרקטיקה זו מתאימה לגידולים בעלי ערך מסחרי גבוה. ההמלצות של מומחי שה"מ לשימוש בקומפוסט בגידול ירקות כוללות מגוון בדיקות איכות של החומר: ביקור באתר ההכנה; מדידות טמפרטורה, רטיבות, ריח ומרקם; בדיקות נוכחות זבובים; בדיקות הרכב כימי; אישור ניקיון ממחלות; בדיקות נוכחות מתכות כבדות (אדלר ואחרים, 2017).

במערכת גידול אינטנסיבית במיוחד, כמו גידול ירקות, הצורך בהשלמה מהירה של חומרי הזנה גדול והשימוש בדשן כימי הוא כמעט בלתי נמנע. זאת ועוד, היקף ייצור הקומפוסט לא יוכל להחליף את הדשן הכימי בקנה מידה גדול (גרף, ריאיון, 2018). ב-1999 נערך סקר שבחן את אפשרויות הייצור והשימוש בקומפוסט בישראל (אפיק ולביא, 2000). הסקר העריך שבשנת 2005 יעמוד היצע הקומפוסט הארצי על כ-1.9 מיליון מ"ק, ומתוכם 1.6 מיליון מ"ק יגיעו מפסולת חקלאית (ברובה זבל רפתות), 0.2 מיליון מ"ק מפסולת ביתית (כולל גזם) ו-0.1 מיליון מ"ק מבוצות שפכים. פוטנציאל הביקוש ב-2005 הוערך ב-7 מיליון מ"ק. גם בשנת 2020 צפוי עודף ביקוש גדול לקומפוסט. במחקר מ-2006 נאמד ייצור הקומפוסט ב-1.5 מיליון מ"ק, ופוטנציאל הביקוש נאמד ב-4.5 מיליון מ"ק (בהתחשב בהשקיה בקולחים) מסקרים אלה עולה כי

להלן נתוני השימוש בדשנים כפי שעלו בסקר ברמת הגולן שהתמקד בענבי יין ובתפוחי עץ:

מטעי תפוחי עץ	כרמי יין	
	דישון בקומפוסט מתבצע במשקים האורגניים	קומפוסט
כמות ממוצעת של 11 (משרעת של 6-30) יחידות חנקן לדונם, תלוי בזן ובמשק	כמות ממוצעת של 6.6 יחידות לדונם. הטווח הוא 0-10 יחידות (שונות גבוהה בין משקים). ההבדלים קשורים כנראה להבדלים בתנאים האקולוגיים המקומיים ולהחלטות המגדל	חנקן
כמות ממוצעת של 11.4 (משרעת של 15-30) יחידות אשלגן לדונם, אבל יש משקים שאינם מדשנים באשלגן כלל	כמות ממוצעת של 3-5 יחידות אשלגן לדונם. טווח 0-20 יחידות אשלגן לדונם	אשלגן
מרבית החקלאים לא מדשנים בכלל	משק אחד בלבד מדשן בזרחן ומשתמש בכמויות מזעריות שני משקים מדשנים רק לפי צורך שנקבע על ידי בדיקת עלים	זרחן
משק אחד משתמש בדשן ממקור אורגני (קומפוסט + זבל עופות + חנקן ביולוגי נוזלי)		דשן אורגני

סיכום ממצאי הסקר והמלצותיו: רוב החקלאים משתמשים בדשנים כבר כיום באופן מושכל. עיקר התמריץ קשור לשיקולים כלכליים - עלויות הדשן.

יש לעבור לשימוש בטכנולוגיה המיטבית הקיימת בנושא הדישון - בדיקות עלים. בסוף עונת הגידול יילקחו דגימות עלים כדי לבחון אילו רכיבי דשן חסרים לצמח, ועל בסיס נתונים אלה תיקבע אסטרטגיית הדישון לעונה העוקבת. נוסף על כך, החקלאי יבדוק אחת לשנה שאריות חנקן בקרקע (גביש ואחרים, 2016).

הוספת חומר אורגני לקרקע, בין אם להעשרתה או לעצירת סחיפה, יכולה להיתקל בהתנגדויות מטעמי סביבה. בקנדה, למשל, הותקנה תקנה לפיה יש להטמין בתוך יומיים פרש בעלי חיים המובא לדישון שדות, כדי למנוע זיהומי ריח ונגר. בשל תקנה זו לא ניתן לשלב שימוש בזבל וביצוע אי-פליחה¹⁵, כי יש להצניע את הפרש תוך חריש והפיכת הקרקע.

השפעה קטנה יחסית על פעילות החיידקים והפטריית או על דיכוי מחלות קרקע; שינויים בהרכב חברת החיידקים היו קצרי טווח (ברטל ואחרים, 2015).

ניסוי דומה שנערך בעמק המרכזי של קליפורניה לא הראה הבדל במחלות קרקע או עלים או בשכיחות מזיקים עקב הוספת קומפוסט לירקות (Jackson et al., 2004).

15 **אי-פליחה (no till)** - ממשק חקלאי שהזריעה נעשית בו על פני שדה שלא נחרש. במקרים רבים מכוזר על השדה שלף של הגידול הקודם או זבל אורגני המסייע להתבססות הנבטים. אחת לכמה שנים רצוי שהשדה יעבור חריש לטובת תהליכים משפרי איכות (הדברת גורמי מחלות בקרקע, הקטנת אוכלוסיות עשבים משבשי גידול, אזור, הקטנת אוכלוסיות נברנים שמתבססות בשדה ללא פליחה ועוד) (להרחבה: פרק III).

כליל מזיק, עשב משבש או גורם מחלה. ברוב המקרים מושגת הכלה בלבד דרך ויסות גודל האוכלוסייה של המזיק או של תפוצתו. אחרי זמן מסוים המזיק חוזר, וכך גם הנזק.

בפרק זה המונחים "הדברה" ו"ויסות" הם מונחים חלופיים. הגידולים החקלאיים מתפתחים בסביבה מאתגרת מאוד; ההערכה היא שישנם בעולם כ-10,000 מיני חרקים מזיקים, 1,800 עשבים משבשי גידול ו-80,000 מיני פטריות שפוגעות בגידולים. בסופו של דבר הייצור החקלאי מתמודד בהצלחה עם איזמים אלה ומספק כמויות מזון גדולות (Casida and Bryant, 2017). אך לצד זה, ההערכה בסוף המאה ה-20 הייתה כי כשליש מהיבול החקלאי העולמי אינו מבשיל או מגיע לשווקים בשל מזיקים ומחלות (Thomas, 1999); כשישית מאובדן זה נגרמת בשל מחלות צמחים (Oerke and Dehne, 2004; Strange and Scott, 2005).

מזיקים, במובן הרחב, מפחיתים את יבול החיטה העולמי ב-50 אחוז ואת יבול הכותנה הפוטנציאלי ב-80 אחוז. **עשבים משבשים** גורמים את הנזק הגדול ביותר (34 אחוז מהנזק הכולל), ולאחריהם **מזיקים** (בעיקר פרוקי רגליים) - 18 אחוז, ו**פתוגנים (מחוללי מחלות)** - 16 אחוז. חרף השימוש המוגבר בחומרי הדברה שונים והידע שהצטבר, נראה כי אובדני היבול לא קטנו משמעותית ב-40 השנה האחרונות (Oerke, 2006).

בשל הקושי הרב לאסוף נתוני אמת מוערך השימוש העולמי השנתי בחומרי הדברה ב-1-2.5 מיליון טונות (Fenner et al., 2013); קוטלי עשבים מהווים 40 אחוז מתוכם; 29 אחוז הם קוטלי חרקים; 22 אחוז הם קוטלי פטריות ו-9 אחוזים הם חומרים אחרים (Grube et al., 2011). המדינות שנעשה בהן השימוש הנרחב ביותר בחומרי הדברה, מאלה שיש עבון נתונים לשנים 2005-2009, הן איי בהאמה (כ-6 ק"ג לדונם קרקע חקלאית), מאוריציוס (2.5), קולומביה (1.5), יפן (1.3) וצ'ילה (1.0). השימוש הנמוך ביותר הוא בדנמרק ובקנדה (0.1 ק"ג לדונם), בארה"ב (0.2), בצרפת ובבריטניה (0.3)¹⁶.

בין השנים 2011-2013 נרשמה בישראל ירידה של 14% במכירת חומרי הדברה, בעיקר לחיטוי קרקע, בהשוואה ל-2008-2010. למרות זאת, בישראל משתמשים בכמות

פיין (2015) ביצע הערכת כדאיות לשימוש בזבל מסוגים שונים כתחליף לדשן כימי במערכת דו-גידול של תירס וחיטה. עלות הדישון הכימי היא 400 שקל לדונם. שימוש בבוצה שעברה טיפולים חוסך לחקלאי 200 שקל לדונם (ההפרש בין עלות הדשן הכימי ועלות הזבל בשדה), שימוש בזבל עופות מפוסטר חוסך 30 שקל לדונם, וקומפוסט אשפת ערים (בעיקר פסולת ביתית ותוצרי גינון) - 20 שקל לדונם. שימוש בקומפוסט מבוצה או מזבל פרות יגרום הפסדים לחקלאי, כי הוא יקר מדשן כימי. הבוצה שעברה טיפול חלקי מכילה ריכוזים גבוהים של חומרי הזנה, ועלותה נמוכה בשל סבסוד של מכוני הטיהור שחייבים לפנות את הבוצה מהמתקנים.

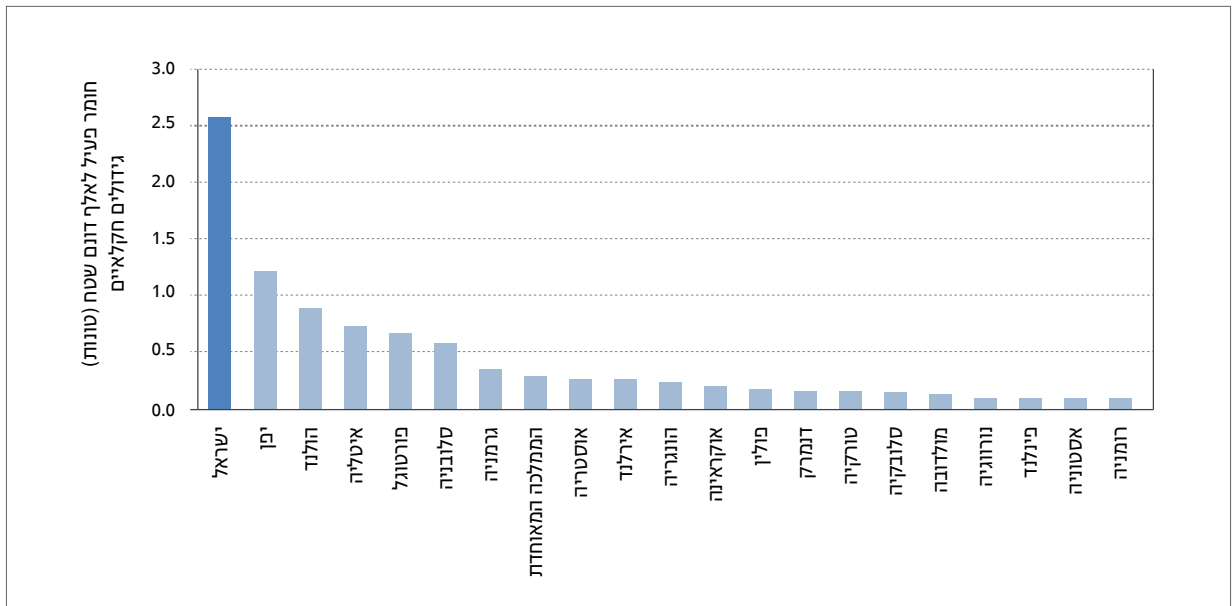
יש לזכור שבניסויי שדה עם בוצה נמצא שהיא מגדילה את תכולת הזרחן הזמין בקרקע ושומרת על תכולת האשלגן, אבל תכולת החנקן הזמין אינה נשמרת לאורך זמן חרף אספקה מתמדת של בוצה (פיין ואחרים, 2014).

בנגב הצפוני התחילו בדישון אורגני ב-2005 אחרי מספר שנים של ניסויים. כ-20 אחוז מהדשן הסינתטי הוחלף בדשן אורגני, ולו הדשן האורגני היה זמין דיו במחיר סביר, היו מחליפים חלק גדול יותר. נעשה שימוש רב באשפת ערים ממטמנת דודאים הסמוכה, שהיא נקייה יחסית אך לא נחשבת למזינה מאוד, ויש בה הרבה שברי זכוכית, ועל כן אי אפשר להשתמש בה לדישון ירקות ותפוחי אדמה. דישון אורגני חשוב באזור זה כי הקרקע ענייה בחומר אורגני (כ-0.5%) וחשוב להגדילו. מאידך גיסא, פיזור כמות גדולה מדי יכול לגרום לתוצאות שליליות ("הרעלת חנקן"). בבוצת השפד"ן יש 20-25 אחוז מוצקים והשאר מים, דבר שמייקר את החומר ומקשה על הפיזור. השפד"ן מסרב לייבש את החומר כדי שיוכל לשמש טוב יותר את החקלאים. הבוצה אסורה לשימוש בגידולים ליצוא, והאיסור חל גם על חלקות אחרות באותו משק (זילברמן, ריאיון, 2018).

4. הדברת מזיקים ומחלות

הערה מקדימה: בנושא מזיקים ומחלות, כמו גם בעניין עשבים משבשים, רווח השימוש במונח הדברה. במובן מסוים מונח זה מטעה. רק במקרים מעטים ניתן להדביר

איור II-8. כמות חומרי הדברה שנמכרו לשימוש חקלאי בישראל לעומת מדינות אחרות, 2010 (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2013)



מצומצם בשל העלויות שלהם, עדיין בולטים בהן הנזקים הבריאותיים הנגרמים לאדם מחומרים אלה. לפי דו"ח של האו"ם, מספר בני האדם המתים מהרעלת חומרי הדברה מגיע לכ-200,000 מדי שנה, רובם במדינות מתפתחות.

גם בחקלאות האינטנסיבית ביותר כמחצית ממיני המזיקים מווסתים על ידי **אויבים טבעיים** (Robertson and Swinton, 2005). לדוגמה, הרחקת כל פרוקי הרגליים משדה סויה בארה"ב הגדילה את אוכלוסיית כנימות העלה האקוזוטיות פי עשרה (Fox et al., 2004), משמע - פרוקי רגליים **מועילים**¹⁶ טורפים חלק נכבד מהכנימות בשדה דרך קבע. יש עדויות לכך שאינטנסיפיקציה של החקלאות מביאה לגידול באוכלוסיות של מזיקים או להופעתם של מזיקים חדשים במערכת ולהקטנת ויסות המזיקים באמצעות האויבים הטבעיים (Wilby and Thomas, 2002). הקטנת השימוש בקוטלי חרקים והגברת השימוש בהדברה ביולוגית יכולות להביא לתוצאה החיובית של גידול באוכלוסיית בעלי חיים מועילים שונים שהריסוסים דיכאו לאורך זמן.

אף שהמדע מצליח לפתח **זנים עמידים** יחסית בפני מזיקים של צמחי המאכל העיקריים, לפחות בטווח הקצר, וכך הוא

חומרי הדברה הגדולה ביותר (כ-2.5 ק"ג לדונם של קרקע חקלאית) מכל מדינות ה-OECD (למ"ס, 2017) (איור II-8).

את כמות חומרי הדברה הגבוהה שמשמשת בישראל ניתן להבין על רקע האקלים המאפיין את המדינה לעומת כל שאר המדינות שנסקרו. לישראל אקלים ים תיכוני יובשני שמתאים מאוד רוב השנה לקיום ולפעילות של מרבית המזיקים. בארצות האחרות שורר חורף קר שמווסת את אוכלוסיית המזיקים.

טבלה II-1 מציגה שינויים בכמויות חומרי הדברה ששימשו בישראל בשנים 2008-2016. בחלק מהחומרים אין שינוי בכמויות ששימוש לאורך הזמן, אבל בחומרים לאידוי קרקע יש ירידה משמעותית כנראה בעקבות הוצאת המתיל-ברומיד משימוש. גם כמות מדברי החרקים ירדה ככל הנראה בעקבות מיזמים רחבי היקף דוגמת הטיפול בפריזבוב ים תיכוני (בעבר: זבוב הים התיכון).

אפריקה היא יבשת ענייה יחסית הניזונה מחקלאות מקומית - 80 אחוז מהמזון הנצרך הוא מקומי. אף על פי שבמדינות אפריקה השימוש בחומרי הדברה כימיים

17 כיום נהוג להתייחס לכלל האורגניזמים שהם אויבים או מווסתים טבעיים של מזיקים בשם הכולל 'מועילים'. יש לחפש דרכים להקטין את הפגיעה בהם אם משתמשים בהדברה כימית, ורצוי אף להגדיל את נוכחותם באמצעים שונים.

טבלה II-1. מכירת חומרי הדברה לשימוש בישראל - טונות חומר פעיל לפי יעד שימוש (2008-2016)

יעד שימוש	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
סך הכול	7,480	6,650	6,753	6,124	6,009	6,005	6,335	6,367	6,093
קטילת פטריות וחיידקים	2,137	2,320	2,559	1,959	2,049	2,084	2,666	2,794	2,843
אידיי קרקע	2,395	1,515	1,394	1,529	1,482	1,553	1,021	813	798
קטילת עשבים ומשלכים	1,366	1,518	1,294	1,691	1,556	1,411	1,626	1,689	1,381
קטילת חרקים ואקריות	1,181	935	1,124	536	531	532	503	516	535

בכ-50 אחוז (Paarlberg, 2018). עם זאת, נשאלת השאלה אם גם המפגע הסביבתי ירד ביחס דומה.

בתחילת המאה ה-21 הוערכה ההוצאה של חקלאי ארה"ב על חומרי הדברה כימיים ב-40 מיליארד דולר בשנה, ובעזרתם הושגה תוספת הכנסה של כ-6 מיליארד דולרים בלבד (Altieri and Nicholls, 2000). המאזן היה כנראה עוד פחות מוצלח אילו החישוב היה כולל את העלויות החיצוניות (externalities): פגיעה במגוון הביולוגי (במאביקים, באיבים טבעיים ובאורגניזמים מימיים), זיהום המים והקרקע, התפתחות עמידות לחומרי הדברה ופגיעה בבריאות האדם.

לפי פריטי (Pretty, 2018) ערך העלויות החיצוניות של השימוש בחומרי הדברה בעולם כולו הוא 10-60 מיליארד דולר או 4-10 דולר לכל ק"ג של הרכיב הפעיל שבחומרי ההדברה. מעריכים שכיום כ-550 מיני חרקים פיתחו עמידות לחומרי הדברה, דבר שמקטין את אפקטיביות השימוש בהם (Gould et al., 2015).

האגרו-אקולוגיה צריכה להפיק, להציע או לפתח חלופות יעילות וכלכליות לחומרי ההדברה הסינתטיים, שיכולות להתגבר על הקשיים שהם מעמידים. **חומרי הדברה ממקור ביולוגי** (botanical bioherbicides), שאינם מזהמים את הסביבה או פוגעים בבריאות האדם והם יעילים בטיפול במפגעים השונים, הם חלופה מבטיחה שטרם פותחה דיה.

א. השפעות אקולוגיות שליליות של המאבק במזיקים
סקירת ספרות על הסכנות הכרוכות בשימוש רחב היקף

מבטיח את המשכיות ייצור המזון, הרי שמדובר במוץ חימוש שהולך ומתקצר. זמן השימוש של זני התירס בארה"ב הוא רק ארבע שנים, אז מוחלף הזן שעמידותו למזיקים עכשוויים פגה; לפני 30 שנה זמן השימוש היה שמונה שנים. גידולי המזון העיקריים - חיטה, אורז ותירס - טופחו מצמחי בר נדירים יחסית, ולכן גם גורמי המחלות והמזיקים הייחודיים להם נדירים יחסית, אך מציאות זו השתנתה עם התפשטות החקלאות החד-גידולית של הגידולים האלה (Tilman et al., 2002). זאת ועוד, לקרובי הבר של הגידולים החקלאיים היו מנגוני הגנה מפני מזיקים, ורובם היו מבוססים על תרכובות כימיות טבעיות. הטיפוח שהגדיל את היבול ואת איכות התוצר החקלאי דחק את מנגוני ההגנה הטבעיים האלה והפך אותם לפחות אפקטיביים (Shennan, 2008).

מגוון הפתרונות להתמודדות עם מרבית המזיקים והמחלות מתבסס רובו ככולו על חומרים כימיים תעשייתיים בעלי רעילות מסוימת. לחומרי ההדברה הכימיים והתעשייתיים משך חיים קצוב: גורמים מחוללי מחלות יכולים לפתח עמידות לאנטיביוטיקה בתוך שנה עד שלוש שנים, וחרקים מפתחים עמידות לחומרי הדברה תוך כעשר שנים. מאידך גיסא, תהליך ייצור חומרי ההדברה הסינתטיים הולך ומשתפר כל הזמן. אם ב-1960 השתמשו בארה"ב בכ-1.0 ק"ג חומרי הדברה להקטר (100 גרם לדונם), כיום משתמשים רק באחוז בודד מכמות זו (10 גרם) או בהקבלה - חומר בנפח של כפית המפוזר על שטח של מגרש כדורגל (Lamberth et al., 2013).

השימוש בחומרי הדברה הגיע לשיאו מבחינה כמותית ב-1972, ומאז ירד ב-82 אחוז, בעוד שהייצור החקלאי גדל

תכולה גבוהה של שאריות חומרי הדברה מכל הסוגים, ובעיקר של קוטלי עשבים ופטריות, נמצאה כרחף במי נחל אלכסנדר (Topaz et al., 2018). מעניין לציין שבין השאריות שנמצאו בנחל היו גם שרידי די-די-טי, חומר הדברה שהשימוש בו נאסר בשנות ה-70. ממצא דומה התגלה גם במשקעים בשפכי הנחלים פולג ותנינים (רועי אגוזי, התחנה לחקר סחף, מידע בע"פ).

בגרמניה נערך סקר מקיף על זיהום יובלי נחלים קטנים בשאריות חומרי הדברה. הסקר הסתמך על תוכניות ניטור אזריות ובחן **ריכוז מקובל מבחינת אסדרה** (regulatory acceptable concentrations). הסקר הקיף כ-2,000 יובלים והתייחס ל-500 חומרי הדברה. ב-26 אחוז מהיובלים נמצאה כמות חומרי הדברה גבוהה מהתקן. המזהם העיקרי היו שאריות של קוטלי חרקים מקבוצת הניאוניקוטינואידים¹⁸. הסיכוי ליובל מזוהם גדל פי 3.7 כאשר היובל היה קרוב לאזור חקלאי (Szöcs et al., 2017).

שימוש בחומרי הדברה יכול להשפיע גם על קרקעות חקלאיות. סקר שבחן את ריכוזי העופרת בקרקעות חקלאיות ב-25 מדינות האיחוד האירופי העלה שבגידולים רב-שנתיים (כרמים ומטעים) יש רמות גבוהות של עופרת. העופרת היא רכיב בחומרי הדברה נגד פטריות (פומגיצידיים) התוקפות גידולים אלה. בכרמים נמצא ריכוז עופרת בקרקע גבוה כמעט פי ארבעה מהמוצע בקרקעות חקלאיות, וגם בכרמי זיתים ובמטעי פירות הריכוז היה גבוה יחסית (Ballabio et al., 2018).

לשימוש בחומרי הדברה בענף חקלאי אחד יכולה להיות השפעה שלילית על ענף חקלאי אחר: במחקר מקיף שנערך באירופה (בריטניה, גרמניה והונגריה) נבחנה ההשפעה של חומרי הדברה המגינים על זרעים מפני טריפה. הסתבר ששאריות מחומרים אלה מגיעות לאבקת הפרחים ולצוף ומשם לדבורי הבר ולדבורי דבש. המחקר הראה השפעות שליליות של חומרי הציפוי על דבורי דבש בתקופת הפריחה - הקטנת ייצור הדבש ותמותה גבוהה בחורף. מעניין לציין

בקוטלי חרקים **לטיפול מערכתי**¹⁸ מראה שהם מסכנים את התפקוד של מערכות אקולוגיות ואת השירותים שהן מספקות (Chagnon et al., 2015). לצד ההשפעה המוכרת על פרוקי רגליים מועילים (טורפי מזיקים או חרקים מאביקים) נאספו עדויות אמפיריות המצביעות על פגיעה באיכות הקרקע והמים, במגוון הביולוגי בקרקע (חיידקים ואורגניזמים מועילים) ובתפקוד המערכת האקולוגית השכנה. הנפגעים העיקריים הם חיידקים, חסרי חוליות ודגים, והתפקודים הנפגעים הם תהליכי הפירוק של חומר אורגני בקרקע, האבקה, מחזור חומרי הזנה ופעילות של חיידקים ופטריות בקרקע.

התקינה במדינות מסוימות מאשרת לשימוש רק חומרי הדברה שזמן מחצית החיים של הרכיב הפעיל העיקרי בהם קצר (ימים עד שבועות), אבל תוצרי הפירוק של הרכיבים הללו נותרים בקרקע, במים ובאוויר וקשה למנוע את הצטברותם. זאת ועוד, רוב החומרים המפוזרים בריסוס יכולים להינשא ברוח ולהשפיע במרחקים ניכרים מהשדה עצמו (Fenner et al., 2013).

מחקר שנעשה בעמק החולה מדגים בעיה זו:

בדגימות מים במערכת הנחלים של עמק החולה נמצאו ריכוזים של שני קוטלי חרקים ושל תוצרי הפירוק שלהם. השימוש בחומרים אלה נעשה בעיקר באביב ובתחילת הקיץ, אך המחקר העלה שהשטיפה המשמעותית שלהם לנחלים מתרחשת עם גשמי הסתיו הראשונים ולא סמוך לזמן הריסוס או במהלך החורף בזמן גשמים חזקים. פירוק שאריות חומרי הדברה נעשה, קרוב לוודאי, במהלך הקיץ, והם מוכנים לשטיפה עם בוא הגשם הראשון. על מערכות הניטור והטיפול בשאריות חומרי הדברה להביא בחשבון את הדינמיקה הזו (דובובסקי ואחרים, 2013).

שאריות של חומרי הדברה עלולות להישאר באגן הניקוז זמן רב, והן מוסעות לאורכו בעיקר בזמן סופות גשם חורפיות שגורמות לנגר מהשטחים החקלאיים ולשיטפונות.

18 **חומרי הדברה לטיפול מערכתי (סיסטמיים)** - חומרי הדברה מסיסים במים. המסיסות מגדילה את הסיכוי שהצמח יקלוט את החומרים וייפגע מתכונות ההדברה שלהם, אבל גם מגדילה את הסיכוי של חלק מהחומרים לזלוג עם המים אל מחוץ לשדה ולזהם בתי גידול שכנים.

19 **ניאוניקוטינואידים** - קבוצה של חומרי הדברה הדומים בפעולתם לניקוטין המשמש חומר הגנה לעלים של צמחי הטבק. החומרים משמשים בעיקר לציפוי מגן על זרעי הגידול החקלאי מפני טריפה לפני הנביטה.

2017, בעת שבביצים רבות בכל רחבי היבשת נמצא חומר הדברה שפוגע בבריאות האדם. החומר משמש להדברת מזיקים בחקלאות, פרעושים אצל כלבים וכינים אצל עופות, והוא אסור לשימוש בקרבת בעלי חיים המשמשים למאכל אדם. בכל זאת, נמצאו ריכוזים משמעותיים שלו בביצים במדינות רבות, ועשרות מיליוני ביצים הושמדו.

המחיר האקולוגי, הבריאותי והחקלאי, הכרוך בשימוש בחומרי הדברה כימיים מביא לבחינה מתמדת של השלכותיהם ולאיסור השימוש בחומרים מסוימים; התעשייה, בתגובה, מנסה לפתח חומרים מזיקים פחות.

ב-2013 הניע משרד החקלאות, בהמלצת משרד הבריאות, שינוי משמעותי בשימוש בחומרי הדברה, שבסיומו יאסרו לשימוש בישראל כל תכשירי ההדברה המכילים זרחנים אורגניים ומרכיבים אחרים המסוכנים לבריאות האדם וחיות בה. לאחרונה הוחלט באירופה להוציא 24 חומרי הדברה משימוש, וקרוב לוודאי שישראל תאמץ תקינה זו. עם זאת, יש לזכור שלא לכל החומרים יש תחליף זמין ומאושר שביצועיו דומים לאלה של החומר שיוצא משימוש.

מעניין לשמוע את תגובת החקלאים למהלכים אלה:

"המצב נהיה רק יותר ויותר גרוע וככל שמוציאים יותר חומרים משימוש המצב מחמיר... החומרים [החדשים] הרבה יותר יקרים. אולי הם ידידותיים יותר לסביבה, אבל בסופו של דבר, אנחנו מרססים יותר ממה שריססנו בעבר. לדוגמה, פעם היינו מרססים בארטישוק 7-8 ריסוסים וזה היה לוקח את זבוב המנהרות, את הכנימות - מנקה הכול. אבל היום אני צריך לרסס בשביל כל אחד מסוגי המזיקים [בנפרד]..."²⁰

ב. הדברה ביולוגית

הדברה ביולוגית היא אסופה של שיטות שמטרתן להקטין את אוכלוסיות המזיקים מתחת לסף הנזק תוך שימוש באמצעים שאינם כימיים ולכן ידידותיים יותר לסביבה.

שמחקר גדול זה מומן על ידי שניים מגדולי היצרנים של חומרי הדברה (באייר וסינג'נטה) (Woodcock et al., 2017). עם פרסום התוצאות נמתחה על החוקרים ביקורת חריפה מצד המממנים (בלזובסקי, 2017). בעקבות הביקורת הועמדו ניסויים נוספים שניסו לחקות, באופן מציאותי, את החשיפה של דבורים המבקרות בשדות חקלאיים לניאוניקוטינואידים. אחד המחקרים האלה הראה התדרדרות בבריאות כוורות שמוקמו בקרבת שדה תירס בקנדה (Tsvetkov et al., 2017).

התוצאה של מחקרים אלה ודומיהם ומשבר הדבורים העולמי הביאו להחלטה של האיחוד האירופי לאסור על שימוש בתרכובות של ניאוניקוטינואידים להדברה בחקלאות של שטחים פתוחים (אך להתיר בתוך מבנים סגורים) מסוף 2018 (Carrington, 2018a).

גם בישראל נחקרה הבעיה של תמותת דבורי דבש, וגם כאן עלה קשר אפשרי לחומרי הדברה:

מחקר שעסק בגורמים המביאים לירידה בגודל אוכלוסיות דבורים בארץ בחן את הסביבה הפנימית של כוורות באתרים שונים ומצא שרידים של 24 חומרי הדברה שונים (שריג ואחרים, 2015; סורוקר ואחרים, 2017). החומרים היו שייכים לקבוצות שונות: קוטלי חרקים, קוטלי פטריות וקוטלי עשבים. נמצא קשר עיתי בין תמותה מוגברת של דבורים ואירועי ריסוס באזור הכוורות, והאירועים התרחשו במועדים שונים בכל אזור. חומרי ההדברה נמצאו הן אצל דבורים מתות הן אצל דבורים חיות. חשוב לזכור שחשיפה לחומרי ההדברה יכולה לפגוע בתפקוד הכוורת ובכושר הייצור גם אם לא כל הדבורים מתו מהרעלה.

דוגמה לפגיעה בבריאות האדם בעקבות שימוש בחומרי הדברה היא "משבר הביצים" שפקד את אירופה בקיץ

20 ריאיון עם אבי באומל מכרם מהר"ל. **משוב לחקלאות** 295, עמ' 40-45, אוקטובר-נובמבר, 2013.

מתממשת בתוך פרק זמן סביב זאת ועוד, הגעה לגודל אוכלוסייה משמעותי של האויב המיובא יכולה לארוך זמן, ואז ה"זבנג" (ההדברה) מתעכב והנזק נמשך. במערכות של הדברה ביולוגית נעשה, על פי רוב, שימוש באויב טבעי בודד שיעילותו מוכרת.

בספר, לדוגמה, ה"יבוא" הראשון של חסר חוליות אקזוטי (שאינו בן המקום) עם פוטנציאל לתפקד כאויב ביולוגי נעשה כבר ב-1908. מאז יובאו עוד 64 מינים, שרובם היו מיועדים לווסת אוכלוסיות של מזיקים להדרים, בעיקר כנימות. מרבית האויבים שהובאו היו **פריטואידיים**²², והאחרים היו טורפים. כאשר האויבים הטבעיים שוחררו רק פעם אחת למערכת, שיעור ההצלחה היה נמוך יחסית - ירידה של 17 אחוז באוכלוסיית המזיק, אבל כאשר הוספו למערכת כמויות קטנות יחסית של אויב טבעי בכל עונה, הצלחת ההדברה הגיעה לכ-50 אחוז. המעקב אחרי **השפעות האורגניזם המיובא** על אורגניזמים אחרים במערכת החקלאית או הטבעית היה מוגבל מאוד, ולכן לא ניתן להסיק מסקנות על השפעה זו (כך גם ב-50 מתוך 87 מקרים בארה"ב - Kimberling, 2004). לכן מסכמים הכותבים שהרציונל האקולוגי שהנחה פעולות "יבוא" בעבר לא היה מתקבל כיום, ושיש לגבש פרוטוקול ברור ומוגדר להערכת כל פעולת יבוא של אויב טבעי (Jacas et al., 2006). להדברת הפריזבוב הים תיכוני בישראל הובאו כ-20 אויבים טבעיים פוטנציאליים, ואף אחד מהם לא עמד במטלה; להדברת כנימת הזית הובאו כ-30 מיני צרעות טפילות, ואחד מהם פתר את הבעיה (מנדל, 2019).

לאור העניין הרב שיש בעולם כולו בנושאי הדברה ידידותית לסביבה הוקם מאגר מידע על מיזמים בהדברה ביולוגית (BIOCAT). המאגר עודכן לאחרונה ב-2010, עובדה שאפשרה לקוק ולשותפיו (Cock et al., 2016) להוציא ממנו נתונים כוללים ומגמות. המאגר כולל נתונים מ-6,158 מקרי יבוא של "סוכני" הדברה ביולוגית פוטנציאליים, שכללו 2,384 מיני חרקים שונים שאמורים היו "לטפל" ב-588 מזיקים ב-148 מדינות. החוקרים מראים שמתוך כלל ההכנסות של מדברים ביולוגיים, כ-33 אחוז הגיעו לכדי התבססות מקומית, ורק

הדברה ביולוגית יכולה להיעשות באמצעות הבאה של אויב טבעי של המזיק מארצות המוצא שלו²¹ ("יבוא"); באמצעות הגדלה מלאכותית של האוכלוסייה המקומית של אויבי המזיקים הטבעיים ("הצפה"); באמצעות יצירת תנאים מתאימים יותר להתרבות אוכלוסיית האויבים הטבעיים, למשל דרך טיפוח בית הגידול המועדף עליהם ("סיוע"); או באמצעות מניפולציה - למשל, פיזור זכרים עקרים או משיכה של זכרים לחומרים כימיים שלכאורה מפיצה הנקבה, וכך להקטין את שיעור התרבות המזיק ("הטעיה").

הדברה הביולוגית התפתחה עוד לפני גיבוש התפיסה האגרו-אקולוגית. כבר ב-1880 ברוסיה השתמשו בפטרייה גורמת מחלות לוויסות אוכלוסיות של חיפושית שפוגעת בחיטה (van Lenteren et al., 2017). בסוף המאה ה-19 הובאה מאוסטרליה חיפושית טורפת (מין של פרת משה רבנו או בשמה הלא-פורמלי - מושיית) לוויסות נזקי כנימות (איצרית ההדרים) בפרדסי קליפורניה, שפתרה את הבעיה תוך שנים בודדות. הדברה ביולוגית זו הועברה גם לאיטליה, וב-1912 יזם הפרדסן והאגרונום מאיר אפלבוים, באישור השלטון הטורקי, הבאה של מושיות המדבריות את האיצרית גם לישראל (מנדל, 2019).

כיום מעריכים שהדברה ביולוגית מופעלת בשטח כולל של מעל 300 מיליון דונם בעולם כולו (van Lenteren et al., 2017). הגידול שנעשה בו השימוש הרב ביותר בשיטה זו הוא הדרים, והכנימות הן המזיק העיקרי שכנגדו מופעלת הדברה ביולוגית (מנדל, 2019). התפתחות ההדברה הכימית שינתה שוב את התמונה. השימוש ב-די-די-טי, חומר כימי לא סלקטיבי, מתון יחסית אך אפקטיבי, פגעה בחיפושית עוד יותר מאשר בכנימה (Ruttan, 1999).

מסלול ה"יבוא" רצוי, משום שיש בו סיכוי להצלחה מהירה וברורה (לכאורה "זבנג וגמרנו"). במקרים מסוימים זה אכן כך, אך במקרים אחרים האויב לא מתאקלם כלל בארץ היעד או לא מתפתח בה היטב, והיעילות שלו כגורם מוסת אינה

21 מזיק שמגיע מחוץ לארץ מתפשט מהר יחסית וגורם נזק כבד יותר ממזיק מקומי, היות שלאחרון יש, על פי רוב, אויבים טבעיים שמוסטים את גודל אוכלוסייתו ואת תחום התפשטותו. לא כך לגבי מזיקים זרים.

22 **פריטואידי** - טפיל הניזון מרקמות הפונדקאי וכך מביא למותו. הדרך המקובלת לפעולתו היא הטלת ביצה בתוך הפונדקאי, שישמש בהמשך מקור מזון לזחל שיבקע מהביצה.

אחרת. לכן, טוענים דה קלרק ושותפיו (De Clerq et al., 2011) שמעבר חד מעולם שיבוא אויבים טבעיים מותר בו כמעט ללא הגבלה, לאסדרה קפדנית של הנושא לפני הסכמה על נוהל להערכת סיכונים, יכול להיות בעייתית.

שאלה מעניינת היא אם נכון יהיה להוסיף למערכת אויב טבעי אחד או יותר. מספר אויבים יכולים להגדיל את יעילות הוויסות של אוכלוסיית המזיק דרך המנגנון הקרוי **עקה מצטברת** (cumulative stress) או על ידי **הגדלת ההסתברות** לפגיעה במזיק (lottery model) (Denoth et al., 2002). כאשר מוכנסים מספר אויבים למערכת, יכולים להתפתח ביניהם יחסי גומלין. תחרות שתקטין את היעילות או אגבור שיעצים אותה. דוגמה לאפשרות השנייה נמצאה בניסיון לוסת אוכלוסיות עשב משבש (knapweed) שכבש שטחי מרעה ביזטה, ארה"ב. מפני שהצמח מתפשט רק על ידי הפצת זרעים, הוכנסו שני אויבים טבעיים (זבובים) שאוכלים את הזרעים שלו, ואחריהם גם מין של חיפושית שמתמחה באכילת זרעי העשב המתפשט (Evans, 2016). הסתבר שהלרווה²³ של החיפושית אוכלת, יחד עם זרעי הצמח, גם את הלרוות של הזבובים. לכאורה, זו פגיעה ביעילות ההדברה, אבל בדיקה כמותית העלתה שחרף הטריפה של לרוות זבובים, יעילות ההדברה המשולבת גדולה יותר מזו של כל אויב טבעי בנפרד (Evans, 2016).

גם ניסוי גדול שנערך בצפון-מרכז ארה"ב הראה ששימוש משולב בשלושה אויבים טבעיים - חיפושית טורפת, פשבש טורף וצרעה טפילה - הקטין את אוכלוסיית המזיק אקרית האפונה יותר מאשר חיבור של סך ההשפעות הנפרדות, והדבר הביא להגדלת יבול האספסת, שהיא הגידול העיקרי במערכת שנבדקה (Cardinale et al., 2003).

הדברה ביולוגית אמורה להיות מקיימת גם מכיוון שהתפתחות עמידות להשפעות טורף או טפיל היא תהליך אבולוציוני מורכב וארוך (Mills, 2017). מחקר ארוך טווח (21 שנה) בניו-זילנד הראה שפרזיטואיד שהוכנס כאויב טבעי כדי להקטין את נוכחות החדקוניות, עשה את עבודתו נאמנה וויסת את אוכלוסיית החיפושיות. עם זאת, אחרי שבע שנים (14 דורות של הפונדקאי או המזיק) ירדה יעילותו ב-44 אחוז. ירידה זו לא הייתה קשורה למספר הפרזיטואידים ששחררו

לגבי 10 אחוזים יש הוכחה לכך שעמדו במטלה. החוקרים רואים בנתונים אלה מגמה חיובית, המצביעה על היכולת של ההדברה הביולוגית לתרום לוויסות מזיקים בחקלאות.

אחרים רואים את החלק הריק של הכוס, וטוענים שחרף התפתחות ההנחיות המקצועיות והאסדרה של נושא ההדברה הביולוגית לא ברור מה **שקלול התמורות** (trade off) בין הדברה נקייה לבין פגיעה במערכת הטבעית על ידי אויבים מיובאים והתבססותם לזמן רב (Hajek et al., 2016). הדגמה לכך מביא נרנחו (Naranjo, 2018) שבחן בכלים של דינמיקה של אוכלוסיות את האוכלוסיות של מזיק ידוע בכותנה - כנימת עש הטבק - ומצא שמרבית הירידות בגודל האוכלוסיות שלו אינן קשורות להתבססות של שני פרזיטואידים הנחשבים למדברים ביולוגיים שלו, אלא לדינמיקה של טורפים מקומיים של הכנימה. לפי מנדל (2019), מבין האויבים הטבעיים שהם פרוקי רגליים שנעשה בהם שימוש, רק במקרה אחד, של צרעה טפילית, אותרה השפעה שלילית על המערכת הטבעית.

בארה"ב הותקנה תקנה לניהול מינים פולשים ב-2001 (US National Invasive Species Management Plan) שקוראת לבדיקה מדוקדקת של מינים שמיובאים לארה"ב, כולל כאלה המשמשים למטרות הדברה ביולוגית. קימברלינג (Kimberling, 2004) פיתחה בסיס נתונים המורכב מ-13 תכונות של מחזור חיים ועוד שמונה משתנים, וגזרה ממנו מודל המאפשר לחזות את ההצלחה של ההדברה הביולוגית ואת הסיכוי לפגיעה במינים שאינם מטרת ההדברה. בסיס הנתונים נשען על תצפיות ב-87 מינים שהובאו לארה"ב למטרות של הדברה ביולוגית.

התכונות החשובות לניבוי ההצלחה היו מידת הספציפיות למין המטרה, צורת ההזנה (טריפה או טפילות) ומספר הדורות לשנה. ברוב המקרים (50 מ-87) לא היה מידע על פגיעה במינים אחרים ממין המטרה. התכונות הרלוונטיות לנושא זה הן יחסי הזוויגים ברבייה ונוכחות אויבים טבעיים.

עדיין אין קונצנזוס כיצד לשפוט את מידת הפגיעה של **אורגניזם אקזוטי** במערכת האקולוגית הטבעית, ואין תובנה מגובשת אם פגיעה מסוימת מקובלת לעומת פגיעה

²³ **לרווה (פגית)** - השלב הראשוני בהתפתחות מחזור חיים של בעלי חיים מסוימים, בעיקר חרקים ודו-חיים.

טבלה II-2. רשימה חלקית של אויבים הטבעיים ששחררו לאחרונה בישראל (כפרי, 2012)

המזיק	מקומי/ פולש	האויב הטבעי	בית הגידול לפיזור
אקרית קורים	מקומי	אקרית טורפת	בתי צמיחה לגידול ירקות
פריזבוב הזית	מקומי	צרעות טפילות	כרמי זיתים
צמרית האורן	פולש	זבוב טורף	חורשות אורנים
קמחית הסולניים	פולש	צרעות טפילות	חלקות פלפל: שטח פתוח וחממות
צרעת עפצי החטטים באיקליפטוס	פולש	צרעות טפילות	חורשות איקליפטוסים
צרעת עפצי היבלות באיקליפטוס	פולש	צרעות טפילות	חורשות איקליפטוסים

התוצאות היו מעורבות (Collier and Van Steenwyk, 2004). בארה"ב משתמשים ב"הצפה" ב-19 אחוז משטחי הגידול של פירות ואגוזים וב-3 אחוזים משטחי גידול הירקות, משום שהשיטה יקרה ולכן מיושמת - במידה מצומצמת מאוד - רק בגידולים שאמורים להכניס רווח גבוה (Shennan, 2008).

אף שהדברה ביולוגית היא ידידותית לסביבה, ומוכרת זמן רב, היא אינה רלוונטית לגידולים רבים. הסיבה העיקרית לכך היא שאין מספיק ידע על אויבים פוטנציאליים, וגם כאשר יש עליהם ידע, אין די באויב בלבד כדי לפתח כלי אפקטיבי להדברה ביולוגית. המדדים יעילותו של אויב כוללים גם את היכולת לגדלו בייצור המוני ורווחי, ושהשימוש בו יהיה משתלם לחקלאי.

על אף העלויות החיצוניות הכרוכות בחומרי הדברה סינתטיים מושקעים בפיתוחם סכומים גדולים פי 20 לעומת חומרי "הדברה ירוקה". כיום ידועים בעולם כ-130-140 אויבים טבעיים שניתן להשתמש בהם, אבל רק כ-30 מהם רלוונטיים לשימוש בחקלאות, ומהם כעשרה מרכזיים ביותר בהדברה ביולוגית בגלל מגוון המזיקים שהם יכולים לטפל בהם (שטיינברג, ריאיון, 2018). לצד אלה יש גם מעל 200 חיידקים מדברים הנמצאים בשימוש מסחרי (van Lenteren et al., 2017).

או לתנאי האקלים או הסביבה באתר השחרור, אלא, כנראה, להתפתחות עמידות אצל המזיק (Tomasetto et al., 2017).

חקלאות אינטנסיבית, המקטינה את זמינות אתרי המקלט ואת מגוון האויבים הטבעיים, מאפשרת אבולוציה של עמידות מהירה יחסית.

בישראל האסדרה המנחה את ההדברה הביולוגית היא דו-שלבית: הערכת מומחים לגבי היתכנות היבוא והסיכוי שיבצע את המצופה ממנו; הגדרת האורגניזמים המקומיים שעלולים להיפגע מהאויב המיובא (ישמשו מקור מזון או פונדקאי לטפיל). עם היבוא מושם האויב הטבעי בהסגר, ואז מוודאים את זהותו ואת ניקיונו ממחלות ומטפילים. אחרי איסוף הנתונים הם מובאים בפני ועדת מומחים, שצריכה לקבל החלטה סופית תוך הבאה בחשבון של נזק שעלול להיגרם לחקלאות ולסביבה (כפרי, 2012) (ראו טבלה II-2).

אחת הדרכים לשימוש בהדברה ביולוגית היא שיטת "ההצפה" (inundation): מציפים את הסביבה הנגועה במזיק, בכמות גדולה של מדביר ביולוגי (אויב טבעי או גורם מחלה). בדיקה של יעילות שיטה זו הראתה שהיא השיגה את המטרה - הורדת גודל אוכלוסיית המזיק לרמת נזק שאינה משמעותית - רק בכ-20 אחוז מהמקרים; היא נכשלה ביותר מ-50 אחוז מהמקרים; בכ-20 אחוז

כיום מתמחה ביו-בי במכירה של חבילות הדברה לחקלאים. לדוגמה, החברה מוכרת מ-2006 למגדלי פלפל בחממות חבילה של ארבעה אויבים טבעיים: פשפש טורף (אוריוס) נגד תריפס²⁸ קליפורני, אקרית טורפת נגד אקרית אדומה, אקרית סבירסקי נגד כנימת עש הטבק ואקריות שונות וצרעה טפילית נגד כנימות עלה. החבילה כוללת, כחלק בלתי נפרד, גם שירותי פיקוח והדרכה. התוצאה של הפעלה נכונה של חבילה זו היא שאין כמעט שאריות חומרי הדברה על פלפלים שגדלו בתנאים האלה. כיום מטופלים בממשק זה 20,000 דונם חממות לגידול פלפל מתוך כ-24,000 הקיימים בארץ (שטיינברג, ריאיון, 2018).

גם במחוז אלמריה שבספרד דווח על הפסקת שימוש בחומרי הדברה כימיים בחממות לגידול פלפלים תוך שנתיים מאז המעבר להדברה ביולוגית במתכונת זו (van Lenteren et al., 2017).

גם בתות שדה כ-60-70 אחוז מהחקלאים בארץ משתמשים בהדברה ביולוגית (חבילה של שני אויבים: אקרית טורפת וצרעה טפילית). במקרה זה יש תוספת מעניינת: הפרחים של הצמח הפולש כנפון זהוב (ורבינה) מאכלסים את המזיק הראשי לתות (תריפס) אבל גם את שלושת האויבים הטבעיים שלו (שני מיני פשפש טורף ותריפס טורף), והם מווסתים את אוכלוסיית המזיק כך שאין צורך בהדברה כימית (שטיינברג, ריאיון, 2018).

ביו-בי מקדמת הדברה משולבת (ראו הרחבה בהמשך הפרק) מתוך הבנה שאת הפתרון הביולוגי יש להשלים לעיתים באמצעים כימיים. כדברי שמעון שטיינברג: "ליד כל אויב טבעי ראוי שיהיה חומר כימי תומך". חומר כזה צריך לעמוד בשלושה תנאים: יעיל נגד המזיק, ישתלב (לא יפגע) באויב הטבעי ובמאביקים, וקביל מבחינת התקן עבור הגידול המסוים.

לביו-בי יש חברת בת בשם ביו-פליי שמגדלת זכרים מעוקרים של פז"ית (פריזבוב ים תיכוני). מזיק זה פוגע

פרופ' אליהו סבירסקי נחשב לאחד מחלוצי ההדברה הביולוגית בישראל כבר בשנת 1972 הגיע סבירסקי לאפריקה כדי לחפש אויבים טבעיים לכנימת הזית²⁴ שפגעה בהדרים ובזיתים. הוא הביא לישראל כמה מינים של צרעות טפילות, אקלם אותן, ופיזר אותן בפרדסים. אחד המינים שהתבססו אחראי להפחתה משמעותית באוכלוסיית הכנימות, שנמשכת עד היום. נוסף על כך מצא סבירסקי אויב טבעי נוסף למזיקים - אקרית²⁵ טורפת שנקראה מאוחר יותר על שמו - *Metaphycus swirski*. האקרית התאקלמה בהצלחה בארץ, וטורפת, בין השאר, את מזיק האבוקדו *Protospulvinaria pyriformis*. בשנים האחרונות מפותרת *M. swirski* כמדביר ביולוגי בהצלחה רבה בארצות שונות ברחבי העולם.

האקרית הטורפת על שם סבירסקי היא אחת מעשרת האויבים הטבעיים החשובים בהדברה הביולוגית, ונעשה בה שימוש עד היום בכל העולם כנגד כנימות וכנגד אקריות. בהמשך הסתבר שאקרית סבירסקי יעילה מאוד נגד מזיקים לא רק במטעים, אלא גם בגידולי שדה בחלקה הפתוחה.

גם האקרית הטורפת שפיתחה חברת ביו-בי ושמוססת את אוכלוסיות האקרית האדומה נחשבת אחד האויבים הבולטים של מזיקים בחקלאות (שטיינברג, ריאיון, 2018; אגב, הוא היה תלמיד של סבירסקי).

חברת ביו-בי משדה אליה²⁶ היא מפעל תעשייתי להדברה ביולוגית שצמח מתוך יוזמה של חבר קיבוץ (יעקב נקש) שהבחין בצרעה טפילה מדבירה מזיק במטע. הוא התחיל לגדל כבר בשנות ה-60 של המאה שעברה במקלט ביתו צרעות טפילות, ובהמשך גם אקריות טורפות שהביא מצ'ילה²⁷. מהתחלה צנועה זו נוסד מפעל שכיום הוא השלישי בגודלו בעולם, ומעסיק כ-350 עובדים. למפעל שלוש מחלקות: גידול חרקים מועילים (מוסתי מזיקים), גידול זבובים עקרים לוווסות אוכלוסיות פריזבוב ים תיכוני וגידול דבורי בומבוס המשמשות להאבקה.

24 **כנימות** - קבוצה רחבה של חרקים מזיקים כוללניות (שאינן ייחודיות לגידול מסוים - generalist).

25 **אקרית** - פרוק רגליים השייך למחלקת העכבישיים.

26 שדה אליהו הוא קיבוץ עם אוריינטציה יזמית-סביבתית (ראו - www.haaretz.co.il/misc/1.1294432). מכאן מגיע אבי תחום החקלאות האורגנית בישראל (מריו לוי) וכאן גם קמה חברה מסחרית להדברה ביולוגית בשם ביו-בי.

27 **משוב לחקלאות** 305, ספטמבר 2014.

28 **תריפס** - חרק קטן בעל כנפיים ממשפחת התריפסאים.

תמונה II-3. כרם המטופל בשיטות אגרו-אקולוגיות



צילום: סהר סלע

המשאבים הנדרשים. ניתן לעשות זאת במניפולציות של בית הגידול הצמחי בשדה עצמו, בשוליו או בקרבתו (Landis et al., 2005). יעילות השימוש בפרזיטואידים, וכן באויבים טבעיים אחרים, תלויה בזמינות של בית גידול צמחי הנמצא בשלבי התפתחות (סוקצסיה) גבוהים בקרבת החלקה החקלאית (Marino et al., 2006).

ההשפעה של השארת צומח עשבוני והעשרתו (שְׁזֹרַע) על הדברת מזיקים בכרמים של ענבי יין נבחנה במספר מיזמים בארץ. הכנימה הקמחית של הגפן פוגעת בתפקוד הגפנים, מפרישה טל-דבש שמושך חרקים אחרים, ויכולה להעביר וירוסים שפוגעים בגפנים (קיסר ואחרים, 2013). כיוון שהריסוסים בעייתיים לסביבה, ושיטת הבלבול³⁰

בגידולים רבים ושונים, פירות וירקות כאחד, ונחשב מזיק הָסָגָה, כלומר - אם ביצו מתגלים בתוצרת כלשהי, היא נפסלת ליצוא. הצפת שטח נגוע בזכרים מעוקרים תביא לירידה בגודל האוכלוסייה, ולעיתים אפילו להכחדתה זמנית. המפעל הוקם לבקשת משרד החקלאות שרצה לעודד הדברה זו כתחליף לריסוס בזרחנים אורגניים, והוא מסבסד את גידול הזבובים. למרות זאת, נדרשים טיפולים כימיים לתגבור ההדברה הביולוגית (רוז'נסקי, 2011). הצלחה של הדברה משולבת הנשענת על מיזם כמו הזכרים העקרים תלויה בתמיכה ובעידוד ממשלתיים או ארגוניים בהיקף משמעותי (ראו דיון בנושא אצל בשיא, 2011).

השוק למדברים ביולוגיים בחקלאות גדל מאז 2005 בקצב של 15% בשנה. באירופה לבדה נמכרות יותר ממיליארד אקריות סבירסקי בכל שבוע לוויסות אוכלוסיות תריפסאים, ולמרות זאת השוק העולמי של ההדברה הביולוגית שווה רק כ-2% משוק חומרי ההדברה הסינתטיים (van Lenteren et al., 2017). בישראל ההערכה היא שההדברה הביולוגית לסוגיה מהווה כ-15% משווי השוק²⁹.

שימוש בהדברה ביולוגית צריך להביא בחשבון גם את **בית הגידול** של האויב ("המדביר") הטבעי, שולי החלקה החקלאית - או כר העשבים המתפתח בתוכה במקרה של כרם או מטע - הם בית גידול משופר להתפתחות אויבים טבעיים. כאן מתרחש למעשה ה"**סיוע**". אספקת מזון (חרקים, צוף ואבקה) ומחסה לזמן של עקה סביבתית (שינוי עונתי, תום עונת הגידול) יאפשרו המשכיות של אוכלוסיית המועילים. טיפוח בית גידול כזה - כולל מניעה של זליגת ריסוסים לשוליים - רצוי אפילו אם תפיסת העולם של חקלאים רבים היא כי "חלקה נקייה מעשבים מעידה על חקלאי טוב".

השדה החקלאי העונתי מחייב גם הוא טיפול תומך בבית הגידול של בעלי החיים המועילים. בתום העונה ובעקבות פעולת קוטלי העשבים והחרקים, נוצר "מדבר" עני באורגניזמים ובמשאבים. על החקלאי המעוניין לשמר את האויבים הטבעיים גם לעונה הבאה לספק להם את

29 משוב לחקלאות 305, ספטמבר 2014.

30 **שיטת הבלבול** - פיזור חוטים טבולים בפרומון נקבי המופרש לאורך זמן בכל רחבי החלקה, המטע או הכרם. הזכרים מתבלבלים מעוצמת הפרומון באוויר, ומתקשים למצוא את הנקבות. כך קטן מספר הביצים, והאוכלוסייה קטנה. חוטי הבלבול הם כיום מוצר מסחרי זמין.

השפע ומגוון המינים של פרוקי רגליים - בייחוד של פריזיטואידים וטורפים כוללניים - היו גבוהים יותר על העשבים עצמם ועל הגפנים בחלקות המועשרות בצמחים לעומת החלקות ללא זריעה. כמו כן, בחלקות המשוזרות נמצא כי הקרקע הייתה עשירה יותר בחנקן ובחומר אורגני, וכי הענבים היו קטנים יחסית ובעלי תכולת סוכר גבוהה יותר (Shapira et al., 2017).

בעזרת פרומונים³¹ כרוכה בעלויות גבוהות, ניסו החוקרות לזוּסַת את אוכלוסיות הכנימה בעזרת אויבים טבעיים שאוכלוסיותיהם אמורות לגדול בסביבה עתירת צומח טבעי. הניסוי נערך בכרמים באזור זכרון יעקב, ונבחנו בו אוכלוסיות פרחי בר שהתפתחו בכרמים יחד עם צמחים שנזרעו בשולי הכרמים. נמצא שבחלקות שהצומח כוסח בהן, אוכלוסיות הכנימות היו הגבוהות ביותר. מכאן, שצמחי הבר תרמו לזוּסַת מספר הכנימות. נראה שהטורפים היו משמעותיים יותר מהפריזיטואידים בוויסות אוכלוסיות הכנימות.

הקטנת הריסוס בכרמים כדי להקטין את הפגיעה בסביבה ובבריאות האדם הביאה לנוכחות גבוהה של עשבים בכרם. דבר זה פתח דיון הלכתי הגזר מדיני כשרות בנוגע לכלאיים של צמחים (ראו תמונה II-4).

תמונה II-3 מציגה תמונת טיפול אגרו-אקולוגי בכרם גפן לייך. העדר ריסוסים מאפשר התפתחות אוכלוסייה של עכבישים שטורפים מזיקים והמתקן האדום שתלוי על הגפנים מפריש פרומונים לבלבול חלק מהמזיקים.

לזכות ההדברה הביולוגית נרשמו הצלחות לא מעטות, אך הקשיים במיגור או במזעור ההשפעה של חלק מהמזיקים נותרו גדולים. המעבר מהצלחה בתנאים מבוקרים לשינוי מתמשך בתנאי שדה אינו פשוט כלל ועיקר. מרגע הופעת מזיק חדש עד איתור האפשרות להדבירו ביולוגית ועד לפיתוח מסחרי של הפתרון - עובר זמן רב. גם העלות הגבוהה של הדברה ביולוגית ביחס לחלק מהחלופות הכימיות היא גורם מגביל.

בקליפורניה תועדה השפעה של גידולי כיסוי בכרמים על ויסות (ירידה) אוכלוסיות המזיקים, אם כי מספר הפריזיטואידים ירד (Nicholls et al., 2000). בארבעה מחקרים אחרים נמצאו יותר אויבים טבעיים של מזיקים בכרמים שהיו בהם גידולי כיסוי (Shackelford et al., 2017).

ההשפעה של צמחים עשבוניים על אוכלוסיות מזיקים ואיברים טבעיים נבדקה גם במיזם רב-תחומי משותף עם יקב תבור, בסיוע נקודת ח"ן (רוזנפלד ואחרים, 2015):

הדברה ביולוגית מסייעת גם לתברואה:

זבוב הבית הוא מטרד קשה באתרי גידול בעלי חיים (רפתות, לולים). הדברה כימית פוגעת בזבובים הבוגרים, אך לא בדרגות התפתחות אחרות הנמצאות בזבל, ויש לה השלכות סביבתיות רבות. לאחרונה נבחנה הדברה ביולוגית על ידי שני מיני צרעות טפילות שתוקפות את שלב הגולם של הזבוב ומופצות על בסיס מסחרי. בניסוי מבוקר נמצא שגודל אוכלוסיית הזבובים ברפת שהצרעות פוזרו בה היה נמוך עד פי עשרה לעומת רפת ביקורת (חיל ואחרים, 2013).

נמצא ששפע הצמחים ופרוקי הרגליים היה הגדול ביותר במסלעה שהיקב יצר בתוך הכרם לעידוד המגוון הביולוגי. צרעות טפילות נמצאו בכמות הגדולה ביותר על הצומח בכרם, ואילו עכבישים העדיפו צומח טבעי מחוץ לכרם. ההמלצה המרכזית של המחקר הייתה להפסיק לרסס בחומרים מונעי נביטה ובקוטלי עשבים, והיקב אימץ המלצה זו. לאור התרומה שמספקת המסלעה לאוכלוסיות האויבים הטבעיים מומלץ לשלב בכרמים מספר בתי גידול מלאכותיים כאלה. הצומח העשבוני בכרם תורם גם לבריאות הקרקע (עלייה בחומר אורגני ובחנקן) ויכול לחסוך בדשן סינתטי (רוזנפלד ואחרים, 2015).

הדברה ביולוגית מציבה גם היא דילמות אקולוגיות וערכיות. ב-1930 הצליחו חוקרים למצוא אויב טבעי לעש שפגע בפרי אגוזי קוקוס וגרם נזק לתעשיית שמן הקוקוס באיי פיג'י. האויב, זבוב מסוים, יובא ממלזיה, וגילה יעילות

31 פרומונים - חומרי ריח נדיפים שמפרישים בעלי חיים מקבוצות שונות למטרות תקשורת עם פרטים מאותו מין.

תמונה II-4. השארת עשבייה בכרם ונושא הכשרות

ועד הכשרות שע"י בדי"צ העדה החרדית פניה"ק ירושלים ת"ו
 B.D.Z. KASHRUTH DEPARTMENT ORTHODOX COUNCIL OF JERUSALEM
 רח' שטראוס 26, ת.ד. 5006, פל: 02-6700200, טל: 972-2-6254975
 פקס: 972-2-6254975

בסיד, בי ניסן תשע"ח

**הודעה חשובה לכל בעלי היקבים והכורמים
 שתחת השגחת הבר"ץ**

שלום וברכה,

כורמים המשאירים עשבייה בין עצי הגפנים בכרמיהם, בתוך שורות העצים או בין השורות, עליהם לדאוג שהעשבייה לא תישאר בהגיע עונת הפריחה של הענבים.

יש או לרסס בין העצים ובין השורות, או לחלופין לכסח את העשבייה והזרעים הגדלים ביניהם, באופן שלא ישאר מהם מעל גובה של 10-12 סנטימטר לכל היותר, ובמידה והם גדלים שוב, יש לכסח שוב ושוב עד גובה הנ"ל.

השארת עשבייה / או זרעים כלשהם בעת צמיחת הענבים, עלולה לעתים לעורר שאלות קשות ומסובכות בנוגע להלכות "כלאים בכרם", אשר יש חשש שהם יאסרו את כל הענבים הגדלים עליהם.

בשם הרבנים שליט"א: נא לקחת זאת בתשומת לב ראויה.

בכבוד רב ובברכת חן פסח כשר ושמן,

מאיר דוד ברגמן - שלמה ברנדווין
 מחלקת מצוות התלויות בארץ של
 ועד הכשרות של בדי"צ העדה החרדית ירושלים



רבה בהדברת המזיק. אוכלוסיית המזיק הצטמצמה עד לרמה קרובה להיעלמות. בספרות המדעית מוצג מקרה זה כראשון שבו הוכחד מין מזיק בהדברה ביולוגית (Kuris, 2003). אף על פי כן, עם הזמן התפתחה ביקורת על תוכנית הדברה זו, משום שלמעשה מין מקומי יפה, אנדמי ונדיר הוכחד באמצעות מין פולש שיובא באופן מודע. מחקר עדכני יותר הראה שהעש אינו אנדמי, וגם שלא הוכחד בפועל, אבל מין עש אחר נפגע גם הוא על ידי הזבוב, וככל הנראה דווקא הוא נכחד.

טורפי מזיקים שאינם חסרי חוליות

הדברה ביולוגית של פרוקי רגליים מזיקים נעשית לא רק על ידי פרוקי רגליים אחרים, אלא גם באמצעות חולייתנים, בעיקר עופות ועטלפים חרקים. הם מועילים מאוד בסביבה החקלאית המספקת להם שפע מזון, שחלק ממנו מורכב ממזיקים שונים. ניתוח אמפירי בדבר ההשפעה של אוכלי מזיקים אלה והתרומה היחסית של כל קבוצה לצמצום המזיקים, אינו קל להשגה.

ניסויי בבית גידול טרופי הראה שמניעת טריפה על ידי עופות הגדילה את מספר פרוקי הרגליים אוכלי-העלים ב-60% ואת הנזק שנמדד בעלים ב-67%; מניעת טריפת החרקים על ידי עטלפים העלתה את נוכחותם על הצמחים ב-140% ואת הנזק לעלים ב-210% (Kalka et al., 2008; Williams-Guillén et al., 2008).

חישוב כלכלי העלה שסילוקם של עטלפים אוכלי חרקים מהמערכות החקלאיות בצפון ארה"ב בעקבות פעילות אנושית - טורבינות רוח, פגיעה באתרי רבייה וריסוסים - מביא לנזק שנאמד ב-3.7 מיליארד דולר בכל שנה (Boyles et al., 2011).

בעולם נאסף מעט מידע על פעילות עטלפים אוכלי חרקים בחלקות חקלאיות ולכן, מעט ידוע על תרומתם הישירה או עד כמה פוגעים בהם חומרי הדברה. בדרום-מערב גרמניה זוהו 14 מיני עטלפים הפעילים בחלקות חקלאיות. הפעילות הייתה נמוכה יותר בכרמים מאשר במטעים של עצי פרי, בפלחה או בשדה ירקות (אולי בגלל הדברה אינטנסיבית יותר בכרמים). פעילות רבה נצפתה בשדות חקלאיים הגובלים ביער (Stahlschmidt et al., 2017). מחקר מקיף, המבוסס על ניטור בשדה של מזיקים בשדות תירס, העלה שעטלפים מקטינים משמעותית את צפיפות הלווית של מזיקי התירס, וכך מקטינים את הנזק הצפוי. כתוצאה מטריפת הלווית קטן גם שיעור ההדבקה של צמחי תירס בפטרייה המועברת על ידי החרקים המזיקים ופוגעת בצמחים. להערכת החוקרים העטלפים מקטינים את הנזק בגידול תירס בעולם כולו בכמיליארד דולר (Maine and Boyles, 2015).

את עוצמת הפעילות של עטלפי חרקים במטעים בגליל תיעדו רגב ואחרים (2013) בעזרת הקלטת קולות. הקולות של העטלפים אופייניים לכל מין. שני מינים - עטלפון לבן שוליים ועטלפון אירופי - היו שכיחים ביותר. נוסף על כך, הוקלטו קולות של 14 מינים נוספים (מתוך 33 מיני עטלפים בישראל). מגוון מיני העטלפים במטעי התפוחים היה גבוה באופן מובהק מזה שבחורש השכן, כנראה בגלל ריכוז החרקים הגבוה במטע; אך יש מינים שהעדיפו את החורש. עוצמת הפעילות (מספר יעפים) לא נבדלה בין בתי הגידול.

השאלות העולות מכך הן אם העטלפים הם אויב טבעי למזיקי חקלאות, ואם הם יעילים בתפקיד זה, כלומר מצליחים להקטין אוכלוסיות של מזיקים.

ניתוח של גללים של עטלפון לבן שוליים הראה שיש בהם שרידים של 25 מינים מזיקים לחקלאות (32% מסך המינים שנטרפו). המזיק הנפוץ היה הֶלְקִטִית ורודה, המסבה נזק קשה לכותנה. שיעור הימצאותה של ההלקטית בגללי העטלפון לא היה תלוי במרחק משדות הכותנה. שכיחות המזיק בגללים הייתה גבוהה משכיחותו בשדה. כלומר, העטלפון מתמקד בקבוצות של המזיק, ומקטין אותן (Cohen, 2017).

גם **מכרסמים** מסבים נזקים כבדים לחקלאות, בעיקר לגידולי שדה במרחב הפתוח. גישת החקלאות הקונבנציונלית כוללת שימוש בהדברה אינטנסיבית, כפי שבוצע בארץ בשנות ה-60-80 של המאה שעברה. גישה זו הובילה לנזקים משניים משמעותיים, בעיקר למיני בעלי חיים אחרים, ובפרט לעופות דורסים שניזונו מהמכרסמים המורעלים. הקונפליקט שבין שמירת הטבע והחקלאות, וההבנה כי מדובר בנזק סביבתי נרחב, הובילו לחיפוש אחרי דרכי התמודדות חדשות שפוגעות פחות בסביבה לשם הקטנת אוכלוסיות המכרסמים שגדלות במהירות.

תמונה II-6. תנשמת מביאה מכרסם להאכלת גוזליה (התיבה עשויה מארגז תחמושת משומש, פיתוח של מוטי צ'רטר)



צילום: אמיר עזר

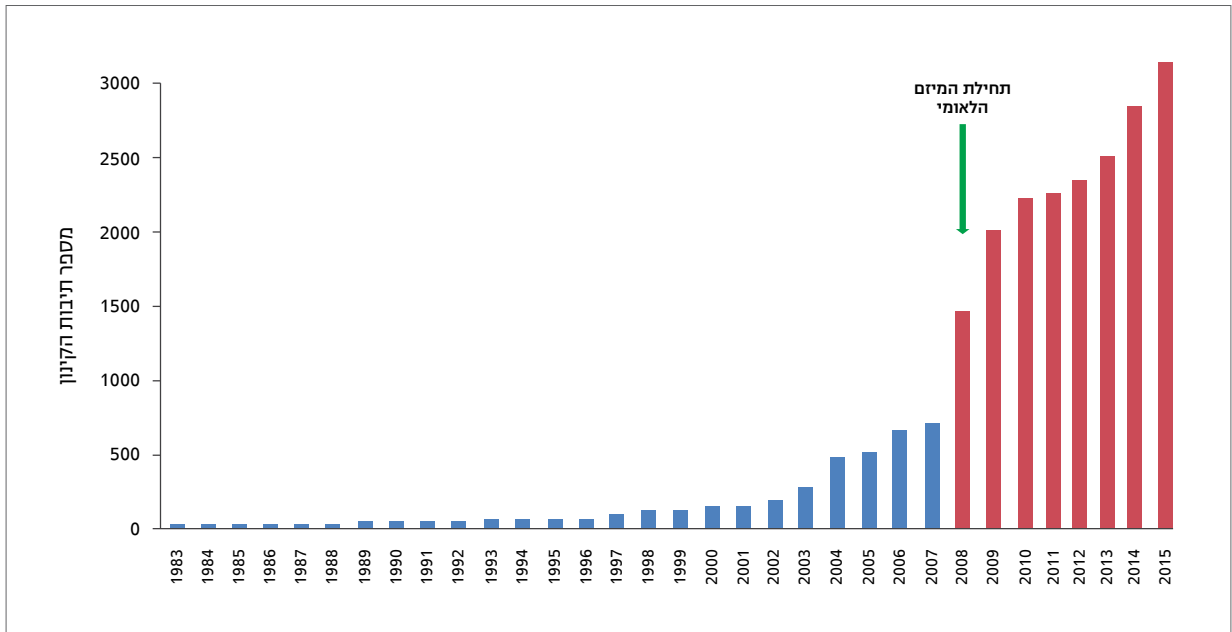
תמונה II-5. פריסה של תיבות קינון לתנשמות בשדה חקלאי בעמק בית שאן



צילום: אמיר עזר

בישראל נעשה מאמץ מחקרי לאמוד את תרומת העטלפים אוכלי החרקים לחקלאות. מסתבר שיש 6-13 מיני עטלפים אוכלי חרקים בחלקים שונים של הארץ שפעילותם באזור החקלאי לעיתים רבה יותר מאשר באזור הטבעי. עטלף יכול לאכול 4-7 גרם חרקים בלילה, כתלות במצבו הפיזיולוגי (קורין וקנוניץ, 2013). מחקר שנערך על עטלפים בשפלת יהודה הראה שהם שכיחים (לפי תיעוד הקולות שלהם) בשטחים טבעיים יותר מאשר בחקלאיים, ושבשטחים חקלאיים אין להם העדפה בין סוגי הגידולים (זיתים, הדורים, נשירים, גפנים וירקות), אם כי הרכב המינים משתנה מעט בין הגידולים. נמצא שלקרבה למקור מים יש השפעה חיובית על פעילות מיני העטלפים, בעוד שלקרבה ליישובים ולאזור מרוסס יש השפעה שלילית. טמפרטורת סביבה נמוכה הקטינה את עושר מיני העטלפים. הפעילות במטעים ובגידולי שדה התעצמה כאשר גדל החלק היחסי של שטחים טבעיים באזור החלקות החקלאיות, ודעכה כאשר נעשה טיפול הדברה בריסוס בקרבת מקום (Kahnonitch, et al., 2018).

איור II-9. הגידול לאורך זמן בכמות תיבות הקינון לתנשמות הפזורות בארץ (1983-2015) (לשם ואחרים, 2017)



בהמשך מוקמו התיבות בשולי שדות של גידולים שונים על עמודים המאפשרים לתנשמות תצפית נוחה לאיתור הטרף. המחקר הראה שסביב תיבות הקינון מתפתחת אוכלוסיית תנשמות יציבה. יתרה מכך, באזור זה נלכדים במלכודות פחות מכרסמים, כלומר - לחץ הטריפה גבוה ואפקטיבי. זוג תנשמות יכול לחסל 2,000-6,000 מכרסמים בשנה, תלוי במספר הגוזלים (מוטרו ואחרים, 2013).

מחקר הראה שבין השנים 2002-2006, שנוטרו בהן 150-240 תיבות קינון, שיעור האכלוס שלהן היה מעל 50%, והושפע מהמרחק שבין תיבות קינון סמוכות. שיעור הצלחת הקינון היה כ-85% מתוך כמעט 600 התחלות קינון בתיבות לאורך השנים (Meyrom et al., 2009).

הנתונים הביולוגיים והחקלאיים שימשו לניתוח כלכלי ולבניית מודל ליישום מיטבי של שיטה זו. נמצא שפריסה מתאימה של מערכת תיבות הקינון יכולה להגדיל את יבול האספסת בקרוב ל-10%; ההכנסה הנוספת לחקלאים גבוהה פי 20 ויותר מעלות התקנת התיבות (Kan et al., 2013).

בתחילת שנות ה-80 של המאה הקודמת סבלו חקלאי עמק החולה מנזקים קשים של נברנים בשדות. ביוזמת פרופ' יוסי לשם, אז מנהל מרכז דורסים של החברה להגנת הטבע, ובשיתוף עם פרופ' מנדלסון ז"ל מאוניברסיטת ת"א ופרופ' איתן צ'רנוב ז"ל מהאוניברסיטה העברית, הוצע להשתמש בתנשמות, דורס לילה שמתמחה בטרפיט מכרסמים, כמדביר ביולוגי. חקלאי האזור לא השכילו לאמץ את הרעיון ולפתחו, והמשיכו להשתמש ברעלים חזקים (חוטר, 1983).

בקיבוץ הדתי שדה אליהו, אצל חקלאי-יזם בשם שאולי אביאל³², הרעיון דווקא היכה שורשים. לקיבוץ הובאו 14 תיבות קינון ראשונות וגוזלים מהגן הזואולוגי של אוניברסיטת תל אביב. הן מוקמו בשולי מטעי התמרים של הקיבוץ ובכרם הענבים האורגני שסבלו מנזקי חולדות. התנשמות מהגן הזואולוגי נעלמו מהשטח, אבל התיבות התמלאו במהרה בזוגות של תנשמות שהגיעו מהטבע. המסקנה הייתה שהגורם המגביל לנוכחות תנשמות היה דווקא אי זמינות מקומות קינון בסביבה החקלאית ולא אוכלוסייה ראשונית קטנה של דורסים (מוטרו, ריאיון, 2018).

משום שהתנשמות עוברות בקלות מעמק בית שאן לירדן ולרשות הפלסטינית, נבנה שיתוף פעולה בין חקלאים ומדענים משני צידי הגבול בסיוע המשרד לשיתוף פעולה אזורי. המיזם התפתח לממדים מרשימים, (Roulin et al., 2017).

למעשה ההצלחה של פרויקט הדברה זה היא בזכות חקלאים שהבינו את החשיבות האקולוגית שלו ומממנים מכיסם את התקנת התיבות. בכל העולם יש גורמי מימון שמסייעים לחקלאים (מוטי צ'רטק, אקולוג של חיות בר, מידע בע"פ):

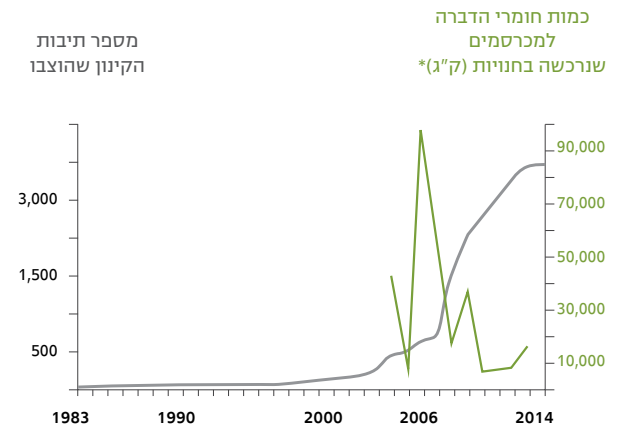
השימוש בתנשמות כמדביר ביולוגי נעשה חלק מההמלצות של אנשי המקצוע במשרד החקלאות, כפי שעולה מדף המידע שהם הכינו לחקלאים:

המלצות לטיפול בנברנים (שחר ומוטרו, משרד החקלאות) "נזקי מכרסמים בשדות גידולי השדה נגרמים בעיקר על ידי נברנים ומריונים. הנברן הוא מין צפוני מאירו-אסיה, ולכן פעיל בעונות הקרות. המריון - מקורו באפריקה, והוא מורגל לטמפרטורות גבוהות, ולכן נזקיו נראים ברובם בעונת הקיץ. הדברה יעילה של מזיקים אלה ניתנת לבצע באמצעות שילוב של שלוש שיטות באופן מושכל ובהתמדה: הדברה ביולוגית - פיזור תיבות קינון לתנשמות תניב תוצאות לאורך זמן בנגיעות קלה-בינונית, בהתאם לכמותן ולאופן פיזורן בחלקות; הדברה פיזיקלית - עיבודים מעמיקים מהווים פתרון לטווח הקצר בהיותם גורמים להשמדת אוכלוסיות, ובשדות שבהם מכוונת השקיה, ניתן לבצע השקיית הצפה בעונת הנדידה של הציפורים החולפות בארץ להגדלת יעילות ההדברה; הדברה כימית - פיזור "רוש-80" של חברת רימי לפי המינון המופיע בתווית ורק לאחר קבלת אישור מהשירותים להגנת הצומח. בכל מקרה שמתעוררות שאלות בנושא, יש להיוועץ במדריך הגידול וההדברה".

ג. חלופות נוספות להדברה כימית צמחים מורכבים

בדומה להרכבות בעצים, טכניקה הידועה מאות שנים, בעשורים האחרונים התפתחה טכניקת ההרכבות גם בגידולים לא מעוצים, בעיקר בירקות. טכניקה זו יכולה לסייע בצמצום השימוש בהדברה ממקור כימי. לשם כך משתמשים

איור II-10. עלייה במספר תיבות קינון לתנשמות מול הירידה ברכישת חומרי הדברה (Glausiusz, 2018)



* חשוב להזכיר שהשימוש בחומרי הדברה עולה אחת לכמה שנים כאשר יש התפרצויות של נברנים.

לשם בקרת אוכלוסיות המכרסמים פעילי היום משתמשים בטורפי יום, ולכן מוסיפים תיבות קינון עבור בזים מצויים. אולם לבזים יש דיאטה מגוונת בהרבה מזו של התנשמות; לצד מכרסמים מזיקים הם גם צדים בטבע מגוון של זוחלים וציפורי שיר, ועלולים לפגוע במגוון הביולוגי הנמצא בשכנות לחלקות החקלאיות (מוטרו, ריאיון, 2018).

במדינות מישגין בארה"ב משתמשים בתיבות קינון של בזים כדי להקטין נזקי עופות במטעי דובדבנים. הנזקים ירדו בצורה משמעותית, ונוסף על כך, כל דולר שהושקע בשיטה זו החזיר 84-357 דולר ביבול גדול יותר של דובדבנים; יבול מוגדל זה סיפק 46-50 מקומות עבודה נוספים ועד 4 מיליון דולר בהכנסות נוספות למדינה (Shave et al., 2018)

בשנים 2007-2008 הורחב מיזם התנשמות, ובשיתוף משרד החקלאות והמשרד להגנת הסביבה הפך ללאומי. כיום פזורות בשטחי חקלאות בארץ כ-4,000 תיבות קינון במימון החקלאים; משרד החקלאות תומך באיסוף המידע ובניטור (לשם ואחרים, 2017) (ראו איור II-9). לחצי הטריפה של הדורסים הביאו להפחתה משמעותית בפיזור חומרי הדברה ולירידה של כ-50% בהיתרים לרכישת רעל שמספק משרד החקלאות (Glausiusz, 2018) (ראו איור II-10).

33 כנה - החלק התחתון בצמח המורכב בעל השורשים, הנותן את ההתאמה לבית הגידול, כולל למזיקים ומחלות קרקע.
רוכב - החלק שמורכב על הכנה ונותן את הפרי המבוקש, ולו עמידות מוגבלת למזיקים.

נתונים אלה אינם מעודכנים, אך מספקים בסיס להבנת הפוטנציאל של עירוב גידולים מבחינת ההתמודדות עם מזיקים.

אפשר לכלול בסעיף זה גם את השימוש בגידולי כיסוי (ראו סעיף ז' בהמשך פרק זה) כאמצעי להרחקת מזיקים או לעידוד מועילים. ההנחה כי שיעור הפגיעה במזיקים באמצעות גידול כיסוי יעלה, נשענת על **השערת ריכוז המשאבים** (Resource Concentration Hypothesis) שלפיה הסיכוי של המזיק לאתר את הגידול גבוה בחקלאות חד-גידולית ונמוך יותר בחברת צומח מעורבת, וזאת ללא תלות בנוכחות אויבים טבעיים (Root, 1973; Malezieux et al., 2009). סקירה של 12 מחקרים שפורסמו בעשור הקודם לבחינת ההשפעה של גידולי כיסוי על שיעור הפגיעה של מזיקים מראה שבשבעה מקרים קטנו אוכלוסיות המזיקים, בארבעה מקרים לא נמצאה השפעה, ובמקרה אחד אוכלוסיית המזיקים גדלה (Mediene et al., 2011).

טיפוח זנים

אפשרות נוספת להתמודדות עם מזיקים, שלא דרך שימוש מוגבר בחומרי הדברה כימיים, היא טיפוח זנים שתכונותיהם הכימיות יכולות למשוך או לדחות אויבים טבעיים או זנים המאכלסים כמויות גדולות של מיקרו-אורגניזמים אנדופיטיים (הנמצאים בתוך הצמח) שיש להם עמידות רבה יותר למחלות (Mediene et al., 2011).

מניעה פיזיקלית ומכנית

בין החלופות להדברה כימית נמצאות כמה שיטות למניעה מכנית או פיזיקלית של נזקים, שאמורות להקשות על המזיק להגיע אל צמח הגידול. **החקלאות המבונה**, בעיקר בתי צמיחה, אך גם שטחים נרחבים של מטעים שמכוסים עונתית **ברשתות**, מספקת הגנה פיזית ברורה. המטרה העיקרית של הרשתות היא הקטנת עומס הקרינה והשפעת הרוח, שהם גורמים מייבשים.

מחקר הראה שהחלפת צבע הרשת לאדום, לצהוב או לגוון פנינה (אפור בהיר), תוך שמירה על מידת ההצללה, מביאה לגידול ביבול ובאיכות של פירות הפלפל והעגבנייה שגדלו תחת הרשת. מחקר המשך מצא שחשיפה למזיקים

בכנה³³ בעלת עמידות למחלות או מזיקים, בעיקר כאלה שמקורם בקרקע, ועליה מורכב רוכב שהוא זן בעל יבול גבוה של פירות איכותיים אבל ללא עמידות עצמית גבוהה. החיבור בין שני הזנים יוצר צמח בעל עמידות גבוהה למחלות ולמזיקי קרקע שמפיק יבול גבוה ואיכותי, ומצריך כמות קטנה יחסית של חומרי הדברה כימיים.

איסור השימוש במתיל-ברומיד כאמצעי חיטוי קרקעות מפני מחלות זירז את כניסת הצמחים המורכבים לענף גידול הירקות בארץ, וכיום ניתן למצוא עגבניות, מלפפונים, פלפלים, אבטיחים, חצילים ועוד גידולים מורכבים (דה וינטר, 2011). ב-2014 העריכו בשה"מ של משרד החקלאות כי כ-20% מהעגבניות המגודלות בארץ הן מורכבות, וגם רוב האבטיחים מורכבים על כנות של דלעת שעמידה יותר למחלות קרקע ונזקי נמטודות. יש סברה שהשינוי בטעם האבטיחים בישראל בשנים האחרונות קשור לשימוש בהרכבות (Fallik, 2019).

במושב אחיטוב, שמגדלים בו יותר ממחצית המלפפונים הנצרכים בארץ, החליטו ב-2016 לעבור לגידול צמחים מורכבים וכך לצמצם את השימוש בחומרי הדברה. הצמחים אמורים להיות עמידים למחלות קרקע ולמזיקים, לצרוך פחות מים ולדרוש פחות טיפולי הדברה. המעבר לצורת גידול זו בא גם כדי להגן על בריאות החקלאים ומשפחותיהם, היות שחממות הגידול צמודות לבתי המושב. זאת ועוד, טכניקה זו מקטינה את הצורך בחיטוי קרקע שנעשה עד לאחרונה במתיל-ברומיד, שנאסר לשימוש בגלל הנזק הסביבתי שהוא גורם³⁴.

עירוב גידולים

שיטה ותיקה להקטנת נזקי מזיקים בחלקות חקלאיות היא עירוב גידולים באותה חלקה. זו שיטה הנהוגה בעיקר בחקלאות המסורתית של אמריקה הלטינית ודרום-מזרח אסיה, בסביבות טרופיות לחות או יבשות. ניתוח משווה של ספרות מדעית שבחן 150 מאמרים הראה ש-53% מתוך 198 מיני מזיקים צמחוניים היו נפוצים פחות כאשר בחלקה היו שני גידולים או יותר; 18% מהמזיקים היו נפוצים יותר בחלקות מעורבות; 9% לא הראו נטייה כלשהי ו-20% הראו תנודתיות בהעדפתם (Risch, 1983).

תמונה II-7. שדה חקלאי מכוסה אל-בד (אקריל) להגנה מפני מזיקים



צילום: דוד בן-יקיר

אמצעי הגנה פיזי אחר הוא **כיסוי בסוגי בד** מתאימים בחלק מעונות הצימוח. הכרוב, לדוגמה, נתקף על ידי תריפס הטבק שיוצר צלקות כסופות על העלים החיצוניים. חדירת התריפס לתוך העלים הפנימיים מונעת הצלחה של הדברה כימית ויוצרת בעיות כשרות. כדי להקטין את הנגיעות מכסים את השתילונים של הכרוב באקריל, שהוא אל-בד (בד לא ארוג) דקיק וקליל ש"צף" על פני הצמחים ולא מעכב את התפתחותם (בן-יקיר, ריאיון, 2018) (ראו תמונה II-7).

לצורך הקטנת נזקים בחלקות של תבלינים ותות שדה, גידולים רגישים מאוד לשימוש בחומרי הדברה, פותח במכון להנדסה חקלאית של מרכז וולקני, כלי שואב המנקה את החלקה מבלי לגרום נזק לשתילי הגידול (Regev et al., 2013) (ראו תמונה II-8).

בצמחי עירית (בצלצול) מתפתחת תופעה של הכספת עלים בעקבות מציצות של תריפס הטבק. הטיפול השגרתי בחומרי הדברה הסתבך עקב התפתחות מהירה

תמונה II-8. מכונה השואבת ישירות מזיקים מערוגות של גידולים חקלאיים (תבלינים במקרה זה)



צילום: דוד בן-יקיר

העיקריים - כנימת עלה האפרסק וכנימת עש הטבק - שגם משמשים נשאים להעברת וירוסים מזיקים, במתקנים שהיו מכוסים ברשת צהובה או בגוון פנינה, הייתה נמוכה פי 2-39 מאלה שכוסו ברשת שחורה או אדומה, אף על פי שהרשתות כולן מאפשרות מעבר חופשי של המזיקים לחלקת העיבוד. גם אירועי ההדבקה בוירוס מוזאיקת המלפפון היו נמוכים פי 2-109 תחת הרשתות הצבועות בגווןי צהוב ופנינה, וירידה דומה הובחנה גם בהדבקה בוירוסים אחרים. מעניין לציין שהמזיקים העדיפו לנחות על הרשת הצהובה, אך נמנעו מלחדור דרכה (Ben-Yakir et al., 2008). במילים אחרות, צבע הרשת (צהוב - מושך ומעכב, פנינה - דוחה), ללא קשר למבנה הפיזי שלה, היה אמצעי מניעה יעיל לחלק מהמזיקים והמחלות של ירקות בתוספים היוצרים סינון פוטו-סלקטיבי של קרינת השמש (כגון חוסמי קרינת UV) מקטין את סכנת הפגיעה של מזיקי הירקות המרכזיים.

את המזיקים הנעים על הקרקע מנסים לעצור על ידי **מחסומים פיזיים**, כמו תעלות צרות בעומק 50-70 ס"מ כדי להקשות עליהם להגיע לשדה (בן-יקיר, ריאיון, 2018).

תמונה II-9. גידול ריחן ובין השורות צמחי שעועית בעציצים על גבי דליים הפוכים



צילום: דוד בן-יקיר

ויסות מזיקים על ידי צמחים שאינם גידולים חקלאיים

זריעת **צמחים משניים** (secondary plants) כתוספת לגידול הצמחי למטרת ויסות אוכלוסיות מזיקים היא יישום חדש יחסית. צמחים אלה יכולים להיות **דוחים** או **לוכדים** (repellent plants) ויש להם כמה תפקידים, כמו חיזוק קליטת המינרלים, חיזוק מערכת ההגנה של הגידול, הפרשת חומרי דחייה, לכידת מזיקים וגורמי מחלה או תמיכה באויבים טבעיים (Parolin et al., 2012).

שעועית יכולה לשמש צמח מלכודת בחממות שמגדלים בהן צמחי תבלין, כמו ריחן (ראו תמונה II-9). זבוב המנהרות נמשך לשעועית הרבה יותר מאשר לריחן, אם כי עדיין גורם נזק גם לו. לכן, ממקמים עציצים ספורים (ביחס של צמח שעועית אחד ל-1,000 צמחי ריחן) עם שתילי שעועית בין השולחנות שמגדלים עליהם את הריחן, ואחת לשבוע מרחיקים את העציצים עם הזבובים שנמצאים עליהם בשלבי התפתחות שונים (בן-יקיר, ריאיון, 2018)

"**צמחי מחסום**" (barrier plants) נזרעים סביב לחלקה ואמורים למנוע כניסה של גורמי מחלה אל תוך החלקה. "**צמחים מתריעים**" (indicator plants) אמורים לספק התרעה על הגעת מזיקים לחלקה. ישנן גם קבוצות צמחים התומכות, בדרכים שונות, באוכלוסיות של אויבים טבעיים של מזיקים - "**צמחים מושכים**" (insectary/ banker plants). צמחים אלה מושכים או "מפתים" את החרקים המועילים לסביבת הגידול, שמטבעה אינה מושכת אותם בצורה חזקה. נוכחות המועילים בקרבת הגידול תגדיל את הסיכוי לוויסות אוכלוסיית המזיקים.

דוגמה לפעולה זו יכול לשמש צמח החציל, שמונח אוכלוסיות של אקרית טורפת שטורפת כנימות עש בגידולים כמו עגבנייה ופלפל. המשיכה נעשית תוך מתן גירוי, כמו הדלקת אור וכיבוי, שיגרום להגירה מהחציל לצמחי הגידול (בן יקיר, ריאיון, 2018).

מיני צמחים רבים מפרישים תרכובות **אללופתיות** - חומרים טבעיים המופרשים מהצמח לסביבת בית השורשים שלו ומשמשים להקטנת התחרות על משאבים (מים, חומרי הזנה או אור) עם צמחים אחרים, אך יכולים לספק גם הגנה לצמח. הם מופרשים כחומרים משניים על ידי הצמח או שהם תוצרים

של עמידות לתכשירי הדברה. פותח ממשק יעיל ובטוח לטיפול בחום גבוה להדברת תריפס הטבק במנהרות גידול של עירית. הטיפול כולל קציר צמחי העירית, כיסוי בפלסטיק עד שטמפרטורת הצמחים במרכז המבנה מגיעה ל-45 מעלות, וחזרה על הטיפול כעבור 3-4 ימים (פיבונה ואחרים, 2013).

נובר התירס הוא מזיק לגידולי התירס השונים בארץ. את החורף הוא עובר בתרדמה בשאריות צמחי התירס, ומגיע באביב לתקוף את הדור הבא של הגידולים. בעבר היו קוברים את השאריות של צמחי התירס כדי להפטר מהנוברים, אבל כניסת ממשקי אי-פליחה ועיבוד מזערי (minimum tillage) (ראו פרק III - הקרקע) דחפה לחיפוש חלופות הדברה. נמצא שחשיפה לקרינה כבר באביב המוקדם וסילוק צומח מהשדה יעלו את הטמפרטורות שזחלי הנובר נחשפים אליה, ומרביתם ימותו (בן יקיר ואחרים, בדפוס).

היא אמנות האפשרי. היא מבטאת גישה כוללת המכירה באחדותה של המערכת האקולוגית...".
מדברי פרום' דוד רוזן ז"ל, מצוטט אצל זילברשטיין, (2011)

הדברה משולבת מבקשת לצמצם את השימוש בחומרים כימיים ולהחליפם, ולו חלקית, במספר אמצעים אחרים. למעשה, הדברה זו נוסתה לאורך מאות השנים שהחקלאות התמודדה בהן עם מזיקים ללא שימוש בחומרים סינתטיים שהופיעו רק במאה ה-20 (Kogan, 1998). הדברה משולבת מבוססת על שני עקרונות מרכזיים: א. טיפול ממוקד במזיק בעיתוי המתאים, ולשם כך יש צורך בניטור מקצועי טוב ומתמשך כולל יכולת חיזוי של דינמיקת האוכלוסייה של המזיק; ב. הפעלת אמצעי הדברה ידידותיים לסביבה ככל הניתן, ולשם כך נדרשת היכרות מעמיקה עם המזיק, עם אורח חייו ועם האמצעים השונים הזמינים לוויסות האוכלוסייה (זילברשטיין, 2011).

קבוצת מדענים מובילים, רובם מאוניברסיטאות בקליפורניה, הציעה לפתח פרוטוקולים המבוססים על הדברה ביולוגית עם הפרעה מזערית של ריסוסים במקום התערבות כימית, וזאת לפי לוח זמנים קבוע הקשור להתפתחות המזיק והגידול.

סמית ואלן (Smith and Allen, 1954), שניים מכוהני הדרך החדשה, כתבו לפני יותר מ-60 שנה: "ויסות משולב... יעשה שימוש בכל המשאבים של האקולוגיה ויוביל לוויסות המזיקים באופן קבוע, המספק והכלכלי ביותר האפשרי". כותרת מאמר המפתח שלהם עסקה בכינון מחדש של שיווי המשקל בטבע, עדות לתפיסת העולם הרווחת באותה תקופה בקרב האקולוגים.

התפתחות ההדברה המשולבת התקדמה בנתיבים שונים במספר מדינות ועל ידי מדענים מתחומים שונים. התוצאה הסופית היא שקיימות כ-70 הגדרות שונות לגישה זו (Bajwa and Kogan, 2002).

מלבד היכרות טובה עם האקולוגיה של המזיק, הדברה משולבת מחייבת ניטור של אוכלוסייתו ושימוש מושכל בהתאם לנסיבות בכל שיטות ההדברה העומדות לרשות

של פירוק על ידי חיידקים ופטטריות, המשתחררים לאוויר או לקרקע ותפקידם להגן על הצמח או לסייע בקליטת חומרי הזנה ובוויסות הפאונה שבקרקע (Aslam et al., 2017). ההשפעה של החומרים האללופתיים יכולה להיות על החיידקים העוטפים את בית השורשים של הצמח המתחרה ולפגוע בתפקודם. למעשה, כמעט כל מיני הצמחים מכילים חומרים אללופתיים בעלי תפקודים שונים.

הפילוסוף היווני תיאופרסטוס, שהתעניין גם בבוטניקה ובחקלאות, הבחין כבר במאה השלישית לפני הספירה בהשפעה מדכאת של כרוב על התפתחות גפנים, וזיהה את ההשפעה האללופתית. מקור השם הוא ביוונית ופירושו "לגרם סבל האחד לשני" (de Albuquerque et al., 2011). פליניוס הרומאי דיבר על צמחים שגורמים ל"קרקע להיות חולה" או "לשדוד את הקרקע מחומרי ההזנה שבה" ואפילו תיאר את המנגנון: "כמה צמחים נוטים מטבעם להפריש סוג ריח או מיץ שאינו ממית צמחים אחרים, אך פוגע בהם" (Weston, 2005).

חברת ההדברה עדן שילד פרסמה לאחרונה את דבר קבלת האישור לרישום פטנט לחומר ריח שמקורו בצמח מרפא מדברי (רבים מצמחי הרפואה הם גם בעלי יכולת אללופתית גבוהה) המשמש דוחה מזיקים גורמי מחלות ווירוסים³⁵. החומר משמש להסוואת הריח של הגידול מושך המזיקים. החומר מפוזר בריסוס היקפי ולא על הגידול (למשל בפתח של חממות) החברה טוענת שריסוס החומר במערכת פרי פיתוחה הקרויה "שומר סף", הביא לירידה של 80% בשימוש בחומרי הדברה. חומר הריח נחשב ידידותי לסביבה.

כאן יש מקום לכלול גם את החומרים המשמשים להדברה בחקלאות האורגנית - חומרים המופקים מצמחים והם אורגניים באופן מלא. דוגמה לחומרים אלה הוא **שמן הנימ**, המופק מזרעי אזורכת הודית ומשמש להדברת מחלות עלים ומזיקים.

ד. הדברה משולבת

(Integrated Pest Management, IPM)

"ההדברה המשולבת מתבססת על מעלותיה של ההדברה הביולוגית, מחד גיסא ועל ההכרח להמשיך ולנקוט בדרך כלשהי של הדברה כימית מאידך. ההדברה המשולבת

סקר מגדלי תפוחי עץ וענבי יין בגולן העלה את הפרקטיקות הבאות בטיפול במזיקים השכיחים (גביש ואחרים, 2016):

ענבי יין	תפוחי עץ
עש אשכול	עש תפוח כל החקלאים משתמשים בטכניקות בלבול. חקלאי אחד מוסיף גם ריסוס
כנימה קמחית	פריזבוב ים תיכוני כולם משתמשים במלכודות + טיפול אזורי של שחרור זבובים עקרים. חקלאי אחד מוסיף גם ריסוס.
קמחון	הטיפול הנפוץ הוא ריסוס, אך רוב החקלאים אמרו שהם משתמשים בכל דבר שאישרו להם (תחת ההגבלות של משרד החקלאות ושל תאגיד "בראשית").
רקבונות	שמונה כרמים לא נתקלים בבעיה. שלושה משקים מרססים
	שמונה כרמים מטפלים בעזרת טכניקות בלבול (שימוש בחומרי ריח - פרומונים - למניעת קשרי רבייה) מתוכם שני משקים ללא ריסוס לחלוטין ושניים בעזרת ריסוס בתוספת טכניקות בלבול
	ארבעה כרמים מטפלים בטכניקות בלבול, שניים מתוכם ללא הדברה קונבנציונלית. שישה מגדלים מרססים ללא טכניקות בלבול
	שמונה כרמים משתמשים בגופרית ובהילו-גופרית כטיפול מניעתי.

בטיפול בכרמים ניתן לראות שונות רבה בגישה היישומית, שחלק ממנה, קרוב לוודאי, נובע מתנאים ומנסיבות מקומיים (בכרמים ספציפיים) וחלק קשור לידע ולתפיסה של החקלאים. בטיפול בתפוחי עץ ישנה אחידות גבוהה יחסית במשקים שנסקרו. בסך הכול נראה שחקלאי הגולן מיישמים פרקטיקה של הדברה משולבת בצורה יפה.

המצבים (צומח טבעי או שתול בשולי המטע). עם זאת, כמה אויבים טבעיים נמשכו לצומח שבשולי המטע, ובכך אולי הקטינו את אפקט הוויסות בתוך המטע.

המבחן האמיתי של ההדברה המשולבת, כמו זה של כל שיטת הדברה, הוא בהפחתה משמעותית של תשומות תוך שמירה על רמת היבול הרצויה. אחת הבעיות בניתוח מסוג זה היא הזמינות המוגבלת של ידע מהימן על מידת השימוש ועל אופן השימוש בחומרי הדברה אצל החקלאים (Gianessi, 1991). לשם הגברת האפקטיביות, הדברה משולבת דורשת גם תיאום בין חקלאים שכנים הסובלים מאותן בעיות של מזיקים או מחלות (Lewis et al., 1997), ושימוש במידע מדעי שאמור להצטבר עם הזמן.

בקליפורניה ניסו לבחון, בעזרת סקר טלפוני של 195 מגדלי ירקות ופירות, את מידת השימוש בהדברה משולבת (חמש דרגות: בכלל לא, מעט... באופן נרחב). רוב המגדלים הפעילו הדברה משולבת ברמה בסיסית ביותר על חרקים מזיקים עיקריים (Shennan et al., 2001). סוג הגידול לא השפיע

החקלאי (כימיות, ביולוגיות, חקלאיות, גנטיות); גישה זו משקללת את יחסי העלות-תועלת של טקטיקות הדברה שונות. גישת הדברה זו דורשת מחויבות של החקלאי לנושא הסביבתי.

חלק חשוב בהדברה משולבת הוא **ההדברה המשמרת** (conservation biological control) שפירושה עידוד וטיפוח בית גידול בעל תנאים מתאימים לאויבים הטבעיים של מזיק מסוים. צמחי בר שמופיעים בחלקה או בשוליה או שנזרעו באופן ייעודי, הם אמצעי מרכזי בהדברה המשמרת.

קישיוניבסקי ושותפיה (Kishinevsky et al., 2017) בחנו דרכים להגדלת נוכחות אויבים טבעיים במטעי רימונים בעמק חפר במרכז ישראל, ראשית, הם בחנו את מידת המשיכה של אויבים טבעיים (פריזטואידים) של מזיקים של רימונים לצמחים שונים. אחרי שמצאו שסלרי ואורגנו היו ה"מושכים" ביותר, הם שתלו אותם בשולי מטעים. במטעים אחרים השאירו את הצמחייה הטבעית בשטח המטע. השפעה והמגוון של הפריזטואידים היה דומה בשני

התפתחה למעשה שיטת ממשק גידול מתכלל (ICM, Integrated Crop Management).

אחרי פיתוח שיטות ברמת החלקה או המטע התפתחה התובנה ששומה עלינו לטפל בשטחים גדולים ומגוונים כדי להצליח לווסת את גודל אוכלוסיות המזיקים שעוברים בקלות מחלקה לחלקה ומגידול לגידול - ממשק גידול מתכלל אזורי (WA-ICM, WA = wide area). כאן נדרש מאמץ ארגוני ותקציבי רחב, בעיקר של גופים ממשלתיים. הדוגמה הבולטת ביותר לממשק מסוג זה היא המאבק המתמשך בפריזבוב הים תיכוני (זילברשטיין, 2011).

דוגמה לחשיבות ההבנה המרחבית של פעולת המזיק ויחסות אוכלוסייתו ניתן להביא מההתמודדות עם תריפס הקיקיון, מזיק שתוקף מגוון רחב של גידולים בארץ ובעולם. בארץ הוא תוקף בעיקר מנגו. עם כניסתם של מטעי מנגו לערבה החל התריפס לתקוף גם פלפל, וגרם לנזק ב-30% מהפירות. הבנת היחסים המרחביים תרמה לגיבוש תוכנית הדברה המתמקדת במנגו גם אם לא מגיעים בו לסף נזק, היות שבפלפל הנזק מוקדם וקשה. המצב בערבה קורא לתיאום הדברה אזורי, שכן הרוח הצפונית השלטת מסיעה את התריפסים מצפון לדרום, ממטעי מנגו לפלפל, ויש למצוא מחסומים או מכשולים (גידול אחר שאינו נפגע מהתריפס) להתפשטות זו (בן-יקיר, ריאיון, 2018).

ב-2010 התבסס בישראל עש מזיק - טוטה אבסולוטה (*Tuta absoluta*) - שמוצאו מדרום אמריקה, הגורם נזקים כבדים לעגבניות הגדלות בשדה הפתוח או בבתי רשת. אוכלוסיות מזיק זה מתרבות במהירות, והזחלים נוברים בחלקי הצמח, בעיקר בעלים, וגורמים למותו או להקטנת היבול. צוות רחב של אנטומולוגים חיפש אויבים טבעיים מקומיים, שיכולים לווסת את אוכלוסיית המזיק ולחסוך בריסוסים כבדים. בשדות עגבניות נמצא מין של רכנף *(Nesidiocoris tenuis)* שהוא אויב טבעי של המזיק וגם של מזיקים נוספים ("מדביר-על"). יתרון נוסף של הרכנף הוא בכך שהוא יכול להתקיים גם על דיאטה צמחונית בתקופה שהמזיקים לא נמצאים. אויבים טבעיים נוספים שנמצאו היו צרעות טפילות שמטילות ביצים בתוך הזחל של המזיק, ומהן בוקעים זחלים הניזונים מאותו הזחל.

על אינטנסיביות ההדברה אף על פי שהערך הכלכלי של היבול היה שונה. הרמה הגבוהה ביותר של הדברה משולבת תועדה אצל חקלאים שמדריכי הגנת הצומח שלהם לא היו קשורים למפיץ חומרי הדברה כלשהו. מידת ההשפעה של המדריך לכיוון שיטות הדברה לא כימיות הייתה קשורה לכך שלא הייתה לו מחויבות לחברת כימיקלים כלשהי.

דבר דומה טען ביל פארקר, ראש מועצת המגדלים החקלאיים (Agriculture and Horticulture Development Board) בבריטניה (ארגון עצמאי שלא תלוי בתעשייה או בממשלה). לדבריו, רוב ההדרכה בנושאי הדברה בבריטניה ניתנת על ידי ארגונים הקשורים לחברות שמוכרות חומרי הדברה (Carrington, 2018).

יחסות מזיקים בשדות כותנה בטקסס בשנות ה-90 של המאה שעברה הוא דוגמה מוכרת לשימוש בהדברה משולבת. כאן שולבו יחדיו מרכיבים רבים: תיאום עיתוי השתילה על ידי כל החקלאים באזור; שימוש בזנים בעלי צימוח מהיר בלבד; השקיה לפני השתילה; שימוש בהדברה כימית רק באזורים שצפויה בהם (על פי ניטור) אוכלוסייה גדולה של המזיק העיקרי; פיזור בררני של חומר הדברה כימי חריף בזמן הקטיף (אחרי שאוכלוסיית המועילים התפתחה ותרמה לוויסות המזיקים); תיאום פתיחת ההלקט לשם איסוף מלא של יבול הכותנה בזמן קצר (צמצום מזון לחלק מהמזיקים); טיפול מכני לקטילת לרוות של המזיק בזמן הקטיף משולב בקיצוץ הצמחים אחרי הקטיף; הצנעה מיידית של צמחי הכותנה באדמה אחרי הקטיף והטלת קנסות על מגדלים שלא שיתפו פעולה עם הפעלת השיטה כולה או עם חלק ממנה (Ruttan, 1999).

בארץ הצטבר ניסיון מתמשך של פיתוח הדברה משולבת בעיקר במטעים, היות שהם גידולים קבועים. לאחר שנים השתמשו בתכשירים המבוססים על זרחנים אורגניים ועל קרבמטים³⁶, עברו בעשורים האחרונים להשתמש בפתרונות ידידותיים יותר לסביבה (מלכודות עם פתיונות, זכרים מעוקרים, בלבול זכרים על ידי פרומון נקבי [הררי ואחרים, 2007]). בהמשך התפתחה התובנה שיש להתאים את ממשק הגידול (דילול פרי, גיזום, השקיה, טיפול בעודפי פירות) לבעיות הגנת הצומח, וכך

מתפתחת אוכלוסיית הזבוב, ונותרת פתוחה; מדובר בשטח של כ-500 דונם שהאגודה נאלצת לממן בו טיפול מונע.

ב-2007 הציע למושב ערן הרכבי, מדריך הגפן בשה"מ, לעבור להדברה לא-כימית של עש האשכול, שהוא מזיק עיקרי בכרם. ההדברה המוצעת מבוססת על בלבול זכרים של העש על ידי חוטים ספוגים בפרומון נקבי שמושך אותם. חוטי הבלבול גורמים להרוויית השטח בפרומון, וכך נמנע המפגש של הזכרים והנקבות, וסיכויי הרבייה של האוכלוסייה הפעילה קטנים. גם כאן יש להשתמש בהדברה במרחב של כלל הכרמים באזור מסוים כדי להגדיל את סיכויי ההצלחה.

המושב פנה לקבלת תמיכה ייעודית של משרד החקלאות במיזמים של הדברה משולבת, וזכה במענק לתקופה של שלוש שנים למיזם ייחודי במרחב של כרמים ומטעים מגוונים בהיקף של 3,000 דונם. חוטי הבלבול פוזרו בכל המרחב, גם בחלקות שלא נפגעות על ידי העש אבל עשויות לשמש מרחב מפגש זכרים עם נקבות. השימוש בבלבול הוריד את מספר הריסוסים הכימיים נגד העש מ-10-12 ריסוסים לעונה לכדי שניים-שלושה ריסוסים בעונה, ותוצאות ההדברה טובות הרבה יותר.

לדברי ראשי ההתארגנות במושב ('קבוצת ערוגות', ריאיון, 2017), לתמיכה הממשלתית יש חשיבות רבה בעיקר בשלב הראשון - לא מעט חקלאים מהססים להצטרף ליוזמת ההדברה המשולבת בשל העלויות הנדרשות. השימוש בשיטת הבלבול נתן, לדברי החקלאים, תוצאות מצוינות: הכרמים הפכו נקיים והיבולים המשווקים גדלו. התמיכה הממשלתית נמשכה שלוש שנים, ומאז החקלאים ממשיכים על חשבונם ברכישת חוטי הבלבול ובפיזורם. היות שנדרש ביצוע מרחבי מלא של הבלבול כדי לקבל תוצאות מיטביות, החקלאים מאתרים "משתמטים" ומשכנעים אותם להמשיך או מסייעים בהתקנה למתקשים.

במרחב הקרוב למושב ערוגות אין, למיטב ידיעת המרואיינים, עוד התארגנות מושבית להדברה משולבת דוגמת זו הנהוגה אצלם. לדעתם, המכשלה היא בנכונות החקלאים לשתף פעולה עם חבריהם, כולל "הכנסת היד לכיס". המושבים השכנים סירבו להצטרף ליוזמה של ערוגות, וכך נמנעת האפשרות להפוך את ההדברה במרחב

בתנאי מעבדה חיסלו הטורפים למעלה מ-60% מאוכלוסיית המזיק, והצטרעות עוד כ-20%, משמע יש היתכנות להדברה ביולוגית יעילה באמצעות האויבים הטבעיים. יעילות ההדברה לא נופלת מזו של ריסוס בחומרי הדברה קונבנציונליים. על בסיס מחקר זה נבנתה תוכנית הדברה משולבת, שהריסוס בה מוגבל כדי שלא יפגע באוכלוסיות האויבים הטבעיים, ואלו מווסתים את אוכלוסיית המזיק (Shaltiel-Harpaz et al., 2016).

חשיבות שיתוף הפעולה בין חקלאים שכנים בהפעלת הדברה משולבת גוברת במקום שהחלקות החקלאיות קטנות וצפופות כמו בישראל.

במושב ערוגות שבדרום מישור החוף פועלת מערכת דינמית של הדברה משולבת. במושב 24 חקלאים פעילים מתוך 92 נחלות. הגידולים העיקריים במושב הם ענבי מאכל ונשירים. הבסיס לשיתוף הפעולה התחיל בניסיון לשיווק משותף ולהפעלת בית אריזה. הניסיונות לא עלו יפה, אבל נוצר מהם בסיס לשיתוף פעולה קבוצתי ('קבוצת ערוגות', ריאיון, 2017).

בתחילת המאה ה-21 התחילו בריסוס משותף מהאוויר נגד פריזבוב בסיוע כספי של משרד החקלאות. ב-2007 התחילו התנגדויות במושב (גם של חקלאים פעילים) לריסוסים מהאוויר, שהגיעו בשיא ליותר מ-20 ריסוסים לעונה, על פי רוב בימי שישי. הריסוס היה במלתיון, ובהמשך הוא הוחלף בחומר הדברה אחר שנתן תוצאות בינוניות. היו חקלאים שסירבו להשתתף במימון הריסוס מהאוויר, והיו כאלה שאיימו לתבוע את שכניהם על נזק חקלאי או בריאותי.

ב-2009 עברו להדברה מרחבית של הזבוב על ידי חברה מסחרית, בעזרת מתקני משיכה וקטילה שדורשים טיפול זהה בשטח בן 5,000 דונם לפחות. החברה והמושב לא הגיעו להסכמות על המשך עבודה משותפת, והמושב החליט להפוך לאחראי על ניהול ההדברה של הזבוב ויצר קשר עבודה עם חברה אחרת המספקת שירותי ניטור ובקרה. מאז הדברת הזבוב נעשית בעזרת מתקנים שונים לפי בחירת המושב, והשיטה עובדת לשביעות רצון החקלאים עד היום. השאלה בדבר מימון הטיפול בעצים בחצרות הבתים ובשטחים הלא חקלאיים, שגם בהם

המבוססת על צמח מרעה מקומי ממשפחת הקטניות בשם דסמודיום (desmodium), הנשתל בשורות בין שורות הדגן. בשולי השדות נשתל נאפיר (Napir grass), שהוא עשב אחר הדסמודיום דוחה את הנוברים ומרחיק אותם מהדגניים, ואילו עשב הנאפיר מושך אותם. הדסמודיום גם מתחרה ביעילות בעשב הטפיל, ובהיותו קטנית הוא גם משפר את תכונות הקרקע. התוצאה הסופית של שימוש בצמחים דוחים לצד צמחים מושכים אלה היא עלייה משמעותית ביבול הדגניים יחד עם תרומות נוספות לחקלאים (Khan et al., 2014).

ב-2006 החל במרחב עמק החולה מיזם לחקלאות בת-קיימא שתכליתו צמצום השימוש בחומרי הדברה כימיים והחלפתם באמצעים אחרים, שגורמים פחות נזק (שאלתיאל-הרפז ואחרים, 2013). מיזם זה קודם גם בעקבות מחקר רפואי שמצא שאצל ילדים מהאזור, שנחשפו לכמויות לא גדולות של חומרי הדברה (זרחנים אורגניים), מתגלות בעיות נוירולוגיות בהמשך החיים בשכיחות גבוהה מאשר אצל שאר האוכלוסייה (Ophir et al., 2014).

ראשיתו של המיזם במאמץ חינוכי-הסברתי לחקלאים על השפעת החקלאות הקונבנציונלית על הסביבה. בהמשך הוכנסו לשימוש שיטות ידידותיות (מלכודות טבעיות) לטיפול במזיק המפתח - הפריזבוב הים תיכוני, והן החליבו לחלוטין תוך מספר שנים את הריסוס בזרחנים אורגניים. שימוש בחומרי הדברה אחרים פחת אף הוא ב-90%-50 בעקבות פעולות ניטור, פיקוח על מזיקים והסברה של אנשי משרד החקלאות ומומחים מהאזור. הראיות להצלחת הפעילות הן רמת לכידות נמוכה משמעותית של הזבוב במלכודות במשקים שמשותפים בתוכנית מול אחרים והכפלה בנוכחות אויבים טבעיים בחלקות שבמיזם לעומת אחרים.

פריטי ובארוחה (Pretty and Bharucha, 2015) ביצעו סקר מקיף של נתונים מ-85 מיזמים שבחנו את יעילות ההדברה המשולבת ב-24 מדינות באפריקה ובאסיה ב-20 השנים האחרונות. בעקבות השימוש בטכניקה זו

כולו ליעילה יותר (מזיקים עוברים בקלות בין חלקות באותו יישוב ובין יישובים שכנים). לעומת זאת, התארגנות מושבת מלאה להדברה, לשיווק ולמיתוג קיימת במושב לכיש (ענבי טלי), והמרואיינים מאמינים שההתארגנות המסחרית וההצלחה של ערוגות שימשו דוגמה עבור השינוי בלכיש.

בצד ההצלחות היחסיות בהדברה משולבת של הפריזבוב ועש האשכול, הטיפול בכנימה הקמחית נחל חוסר הצלחה עד כה. לכישלון זה מספר סיבות; הכנימה הייתה שולית והפכה למזיק עיקרי רק לאחרונה. הנזק של הכנימה כפול - נזק ישיר בלכוש הענבים ונזק עקיף בהעברת וירוסים. בשלב זה אין חומר כימי אפקטיבי לטיפול בכנימה, ולכן חשובה התארגנות להדברה משולבת, אבל נראה שגם יעילות שיטת הבלבול אינה גבוהה. זאת ועוד, הביולוגיה של המזיק כוללת שלב של הסתתרות בחריצי הגזע של הגפנים, ולכן הגישה אל הכנימות מוגבלת.

מבחינת המימון, אנשי ערוגות נכשלו בקבלת מימון ממשרד החקלאות לתוכנית הדברה³⁷ בגלל פנייה מאוחרת והתנגדות של חלק מהחקלאים לממן את מלוא עלות ההדברה מכיסם, דבר שהביא להפסקת הפעולה^{38,39}.

בהדברה משולבת נכללת גם הטכניקה של "דחיפה-משיכה" (push-pull) המתמרת את התנהגות המזיקים ואויביהם בעזרת גירויים חזותיים וכימיים (Cook et al., 2007). גירויים אלה הופכים את המשאב (צמח הגידול) ללא-אטרקטיבי עבור המזיקים ("דחיפה"), ומצד שני, גירוי אחר מושך אותם לכיוון משאב אטרקטיבי לא חקלאי ("משיכה"), שממוקם על פי רוב בשולי השדה, שם הם חשופים ללכידה או לטריפה מוגברת. טכניקה זו אינה אהודה על חקלאים כי היא מצריכה רמת "פיתוי" - משיכת מזיקים - גדולה, ומוסיפה עבודה מתמשכת לחקלאי (בן-יקי, ריאיון, 2018).

יבול הדגניים במדינות מזרח אפריקה נפגע מקרקעות שעברו דלדול, מצמחים טפילים (striga) וממזיק שנובר בגבעולי הצמחים. כאן הופעלה טכניקת ה"דחיפה-משיכה"

37 על הקול הקורא של משרד החקלאות לתמיכה במיזמים של הדברה משולבת (כולל המיזם להדברת הכנימה הקמחית בערוגות) ראו: [אתר משרד החקלאות](#).

38 בכרם בן זמרה הצטרפו כשליש מהחקלאים, כולם מגדלי נשירים, למיזם הדברה לא כימי של הפריזבוב. מעניין לקרוא את דעות החקלאים על התהליך ועל תוצאותיו. <https://tinyurl.com/ydmgm3sd>

39 מעניין גם לקרוא על הלקחים שהפיקו חקלאים מגדלי נשירים ממושב גמזו במרכז הארץ - www.perot.org.il/Alon/201167/5.pdf

האגרו-אקולוגית (למשל, מארגי המזון והרכב חברות חסרי חוליות) והמערכת האנושית-חברתית (כלכלת ההדברה, הקשר לבריאות הציבור וחשיבותו, העניין של הצרכן בנושא חומרי ההדברה); היעדר תמריצים ומדיניות ברורה שתכוון את החקלאי לפרקטיקות משמרות סביבה; הימנעות מהעמסת כלל עלויות השימוש בחומרי ההדברה, כולל הפגיעה בבריאות האדם והסביבה, על היצרנים והמשתמשים; היעדר מחויבות ממשלתית לשירותי הדרכה מקצועיים ועצמאיים, למחקר חקלאי מכוון מטרה ולאכיפה מרתיעה של תקנות השימוש בחומרי ההדברה.

העובדה שלמערכות אקולוגיות חקלאיות יש מאפיינים מקומיים רבים, הקשורים לתנאי הסביבה, לגידולים הספציפיים ולחקלאים עצמם, מקשה על גיבוש פרוטוקול יחיד להדברה משולבת. הקושי גובר משום שעל פי רוב יש יותר ממזיק בודד במערכת אקולוגית חקלאית, ובמקרים רבים גם יותר מגידול אחד במשק, ועל ההדברה להתייחס לכלל המזיקים והמועילים המקומיים. הדברה משולבת גם מחייבת התייחסות למרחב שחורג מעבר ליחידה חקלאית אחת, וכאן מעורב הגורם החברתי - היכולת ליצור שיתוף פעולה בין מגדלים - שלא תמיד קל להשיגו (ראו מקרה מושב ערוגות לעיל).

מהאמור לעיל ברורה החשיבות שיש לניטור מקצועי המלווה את תוכנית ההדברה. מפתיע לגלות שבארץ אין תקן לניטור מזיקים, ולכל פקח יש שיטות ודרך מקצועית משלו. זאת ועוד, אין מסלול הכשרה או רישוי לפקחי מזיקים שההדברה המשולבת מתבססת עליהם. בעקבות זאת, יש מעט ניטור מרחבי-אזורי ושיתוף ידע שיכולים לעזור בקבלת תמונה ברורה יותר של פיזור המזיק ותנועתו. ידע כזה יכול גם לתמוך בנייתו רב-שנתי של דינמיקת המזיקים והנזק (בן-יקי, ריאיון, 2018). לאחרונה נכנס השימוש בתוכנות מידע גיאוגרפי (ממ"ג - GIS) לטיפול בהיבטים אלה.

ה. על מורכבות בעיית ההדברה

למרות החלופות, מרבית הפעילות החקלאות עדיין נעשית בסביבה עתירת חומרים כימיים. לדוגמה, כותנה מגודלת בכ-70 מדינות בשטח כולל של עד 350 מיליון דונם, ועל אף השיפור המתמיד ביעילות ההדברה, ואף שזהו הגידול שמטופל בכמויות הגדולות ביותר של חומרי ההדברה, הנזקים

עלה היבול בממוצע ב-41%, והשימוש בחומרי ההדברה ירד ל-31%. ב-30% מהמערכות שהשתמשו בהן בהדברה הזו נפסק השימוש בחומרי ההדברה סינתטיים. להערכת החוקרים, מחצית מהשימוש בחומרי ההדברה במערכות חקלאיות מיותר. הבעיה היא, לדעתם, שמקבלי ההחלטות לא חשופים מספיק למידע זה, ומצד שני - תעשיית חומרי ההדברה מקדמת מכירות בצורה אגרסיבית.

קול ווינברג (Coll and Wajnberg, 2017) פרסמו לאחרונה ניתוח נוקב של גישת ההדברה המשולבת. לדבריהם, חרף הדחיפה הנמרצת שקיבלה ההדברה המשולבת, הפתרונות הכימיים קצרי הטווח נותרו דומיננטיים, בעוד שגישת ההדברה המשולבת נשארה מעורפלת ולא עקבית, וקשה לעגן אותה בתקנות רשמיות. זאת ועוד, ההדברה המשולבת מיושמת כיום בגישה שאינה מערכתית (ecosystem-based). רוב פרוטוקולי ההדברה צרים ונוטים לשימוש בכימיקלים, ורק מיעוטם מציעים להשתמש בהדברה ביולוגית לסוגיה (כולל חומרי הדברה ביולוגיים) או להגביר את העמידות של צמח הגידול החקלאי. לדעתם, רוב התוכניות הקרויות הדברה משולבת משלבות רק שימוש בחומרים סינתטיים, מתייחסות רק למזיק אחד ומוגבלות לשטח הגידול. אחת ההשלכות של מצב זה היא העלייה בשימוש בקוטלי מזיקים במקום הירידה שציפו לה בעקבות הגברת השימוש בתוכניות הדברה משולבת.

קול ווינברג מציעים להגביר את מאמצי ההיכרות עם האקולוגיה של המזיקים והאויבים הטבעיים, ולטפח, בראש ובראשונה, את יחסי הגומלין ביניהם תוך העצמת הוויסות הביולוגי. בטיפול הכימי, אם הוא בלתי נמנע, יש להשתמש תוך פגיעה מזערית בבעלי החיים המועילים. הבנה לקויה של המערכת הביולוגית יכולה לגרום להדברה בתקופה שהחרקים לא פעילים ואז ההשפעה על הנזק נמוכה אך הסיכוי שתתפתח עמידות לריסוס גדל. גם דו"ח מקיף של הבנק העולמי קבע שהיקף אימוץ גישת ההדברה המשולבת עדיין נמוך, ושאינו אינדיקציה לצמצום השימוש בקוטלי מזיקים (World Bank, 2005).

לדעת קול ווינברג יש **ארבע סיבות** עיקריות לפער בין החזון והמציאות לגבי ההדברה המשולבת: היעדר הבנה מעמיקה של החקלאי לגבי המבנה והתפקוד של המערכת

פריחים, גידולי כיסוי, חיפוי השדות בחומר אורגני וגידולים משולבים הם כמה פעולות ממשק שנועדו לטפח אויבים טבעיים. המבחן האולטימטיבי לגישה זו הוא בכמות היבול ובאיכותו או ברווחיות הגידול (קול, 2019).

שימוש במערכת הדברה משולבת, שבמסגרתה אוכלוסיות המזיקים מוכלות ורמת הנזק הכולל עדיין מאפשר רווחיות כלכלית, אינה משימה קלה. ראשית, לא פשוט להגדיר את **סף הנזק ליבול** כך שההכנסה מיבול זה תהיה מקובלת על החקלאי. אם אין נכונות לשום נזק, הריסוס יהיה מרבי. מוכנות זו יש לפתח גם אצל הצרכנים בעזרת רמת שירותים⁴⁰ נמוכה. רמת הנזק נקבעת בראש ובראשונה על פי קריטריונים כלכליים, אבל חוברים אליהם גם גורמים תרבותיים-פסיכולוגיים, הן של החקלאי הן של הצרכן. החקלאי חרד מפני מזיקים ונזקים, ובמקרים רבים מעדיף פעולה מוקדמת ומוגזמת כדי לא להסתכן בקבלת יבולים או רווחים נמוכים.

אחד המושגים הקשים להגדרה בשימוש בהדברה מתחשבת בסביבה, ובעיקר בהדברה משולבת, הוא **סף הפעולה** (action threshold), כלומר מהו מספר המזיקים ליחידת שטח (צפיפות) או רמת הנזק הנצפה, שמחייבים התחלה של פעולת הדברה כדי למנוע נזק משמעותי אם לא תינקט כל פעולה. מאידך גיסא, אין אנו רוצים להניע פעולת הדברה ללא צורך או מוקדם מדי. קביעת סף הפעולה קשורה לפעילות ניטור עקבית ומקצועית. האנטי-תזה לקביעת סף פעולה היא פעולה מונעת אגרסיבית (**טיפול פרופילקטי**). במקרה זה נוקטים פעולות הדברה (ריסוס) עוד לפני שנצפים מזיקים בחלקה כדי להפחית סיכונים.

תריס הפרח המערבי נפוץ ברחבי העולם ומזיק לגידולים רבים, ובהם תות שדה. קול ושותפיו (Coll et al., 2007) פיתחו כלי לקבלת החלטות לטיפול במזיק בישראל. הכלי מבוסס על קביעה של רמת הנזק מבחינה כלכלית ושל סף הפגיעה הכלכלית במגדל וזאת בהתאם לאופי השוק (מקומי מול יצוא). הוגדרו דרכי פעולה לחורף, כאשר אוכלוסיית המזיק מתפתחת לאט אבל הערך של הפרי גבוה (ביקוש גבוה בשוק היצוא), ולאביב - כשאוכלוסיות המזיק מתפתחות במהירות וערך השוק נמוך יחסית (מקומי). סף הפעולה המוצע לחורף

מגיעים לעיתים עד לשליש מהיבול. היות שכך, מערכות ייצור כותנה משמשות מודל לתוכניות להגנת גידולים מפני מזיקים ולניסוי שיטות חדשניות (Deguine et al., 2008).

חומרי ההדברה הכימיים סייעו לזינוק משמעותי ביבול הכותנה ליחידת שטח, אבל תוך זמן קצר הופיעו מזיקים בעלי עמידות לחומרים הכימיים, והנזק ממזיקים שהיו נפוצים פחות לפני הריסוס הנרחב, הלך וגדל. בעקבות זאת, הנזק ליבולים נשאר גבוה, ובמקרים רבים קרסה מערכת הייצור. הניסיון ליצור מערכת גידול כותנה נקיה ממזיקים הצליח רק במקרים בודדים, כאשר למזיקים לא היה פונדקאי חלופי לצמחי הכותנה בסביבה הקרובה.

שנית, קשה למצוא הדברה לא כימית שתהיה יעילה למאסף המזיקים התוקף את שדות הכותנה, גם מפני שהוא משתנה עם הזמן. לאחר שנים של ניסויים פותחה שיטה של ריסוס שמתונה בתוצאות של סקרי נוכחות מזיקים בשדה. השיטה מניבה תוצאות מיטביות מבחינת נזק, תוך שימוש מזערי בהדברה כימית (Deguine et al., 2008).

עם זאת, ניסיונות לפתח הדברה שהיא ביולוגית בלבד בכותנה לא עלו יפה, בעיקר בגלל מורכבות חברת המזיקים והעונתיות של הגידול החד-שנתי שאינה מאפשרת התפתחות אוכלוסיות אויבים טבעיים. לשם טיפוח אויבים טבעיים יש לקיים מערכות ייצור עם כיסוי צמחי לאורך השנה כולה. מערכות של גידול משולב, עם מוקדי משיכה לאויבים טבעיים, מראות סימנים חיוביים מבחינת השליטה על גודל אוכלוסיות המזיקים. יישום גישה אגרו-אקולוגית הוא בגדר מהפך אסטרטגי בגידול כותנה, שהוא חד-גידולי ואינטנסיבי, והשימוש בחומרי הדברה בו ייחודי לכל מגדל ולכל חווה, מערכת אקולוגית חקלאית ויחידת נוף בהתאם לתכונותיהן.

יש מומחים הטוענים שעידוד נוכחות ופעילות של אויבים טבעיים (=מועילים) הוא אבן הראשה של הדברת מזיקים ידידותית לסביבה ומקיימת. ברור שלשם כך נדרש שינוי משמעותי בממשק החקלאי ובדרך ההתנהלות של החקלאי. רכיב מרכזי בגישה זו הוא העצמת היחסים האקולוגיים בין יחידות שונות במשק החקלאי ובין יחידות אלה והסובב הטבעי (להרחבה ראו פרק V). הקמת רצועות

40 שירותים - שאריתיות, כמות חומרי הדברה שנשארה ספוחה על הפרי או הירק.

המצב בגידולים שהוחדר להם גן ליצירת חומרים דוחי חרקים הוא הפוך. כאן ההתאמה הביאה לירידה ברורה בכמויות חומרי ההדברה המשמשים את החקלאים בשדות תירס ב-0.6% לשנה מ-1980 ועד 2007, ובסך הכול מ-0.2 ל-0.02 ק"ג ל-10 דונם (Enserink et al., 2013). גם בכותנה, שהיא הגידול החקלאי שמקבל את טיפולי ההדברה האינטנסיביים ביותר, ההשפעה של זנים טרנסגניים הביאה לירידה משמעותית בכמות חומרי ההדברה המשמשים (Deguine et al., 2008). עם זאת, מסתבר שמדובר בהקלה זמנית בלבד. תוך זמן קצר התרבו מזיקים שאינם מושפעים מהרעלים המבוססים על חיידקים. המאבק ממשיך, בתחילה באמצעים כימיים ובהמשך אולי באמצעים אחרים.

בשנים האחרונות מתחוויר גם שימוש בצמחים מהונדסים להקטנת נזקי מזיקים ולהפחתת ריסוסים הוא תחילת תהליך אקולוגי של שינוי ותגובה לאורך זמן. בנקודת המוצא הצמחים המהונדסים עם רעלים למזיקים מפעילים לחץ סלקציה להתפתחות עמידות אצל המזיקים, דומה לזה שמפעילים קוטלי חרקים. כנגד תהליך אבולוציוני זה גובש **ממשק מונע** (IRM - Insect Resistance Management) שתכליתו לעכב את התפתחות העמידות. הממשק המונע מופעל בצורות שונות: שינוי באופן ההדברה, החלפת חומרי טיפול או ערבובם, מיתון הפעולה הגנטית או יצירת מקלטים לשימור פרטים רגישים לטיפול. תוכנית זו מחייבת שיתוף פעולה של רוב החקלאים במרחב, הקמת מקלטים להגנה על אוכלוסיות חרקים מועילים, וביצוע תוכנית ניטור מלווה (Bourguet et al., 2005).

בדרום אפריקה, שהתירה גידול תירס מהונדס כנגד חרקים צמחוניים, הופיעו מזיקים בעלי עמידות תוך שש שנים, וכעבור 12 שנה נמצאו מזיקים עמידים בכל המדינה. תגובת החקלאים הייתה לחזור ולרסס כמקודם (Van den Berg et al., 2013). מצד שני, התעשייה מפתחת דור שני של צמחי תירס מהונדסים שיכילו שני רעלים.

מחקר שקיבץ נתונים על גידול כותנה, משתנים סביבתיים ומידע על הדינמיקה של אוכלוסיות של מזיקי כותנה מ-51 נפות בסין מ-1991 עד 2015, הראה שאימוץ זני כותנה טרנסגנית הביא לירידה משמעותית בכמות קוטלי החרקים שנמצאו בשימוש (Zhang et al., 2018). אוכלוסיות כנימות העלה ירדו בעקבות הנוכחות של כותנה עם רעלים, אבל

הוא עשרה פרטי תריפס בפרח תות, ובאביב - 24 פרטים. היות שהתריפס הוא מזיק כלכלי רק במיעוט מהמקרים, אין הצדקה לפעול כנגדו באגרסיביות, ויש לו אויבים טבעיים המתנחלים באופן ספונטני בשדות התות אם לא משתמשים בחומרי הדברה. יישום מערך קבלת החלטות זה יכול להקטין את כמות שימוש בחומרי הדברה.

לצרכנים המודרניים יש דרישות שונות שמכתיבות הגברת ריסוסים. לדוגמה: הימנעות מכתמי נקודה שחורים על קליפת האשכולית מעלה את מחיר הפרי ביפן; הימנעות מכתמים חומים על הקליפה הבהירה של אגוזי אדמה הנמכרים בתרמיל בספרד מעלה את מחירים שנקבע גם על פי רמת הבהירות; ניקיון מוחלט ממזיקים בכרובית ובברוקולי מאפשר למכור אותם לצרכנים מהמגזר החרדי; הימנעות מנקודות לבנות שהן צלקות של מציצות תריפסים על עשבי תיבול מאפשרת יצוא ועוד (בן-יקיר, ריאיון, 2018). במילים אחרות, **העדפות אסתטיות, תרבותיות ודתיות** בשוק הפירות והירקות מכתיבות ריסוס עודף, ומונעות פיתוח הדברה משולבת. גם דרישות התברואה המחמירות של הקהילה האירופית (אפס מזיקים או שלבים בגלגול שלהם בירק או בפרי הנכנסים למדינות האיחוד האירופי) הן גורם המכתיב ריסוס יתר בישראל כדי לעמוד בסטנדרט הגבוה.

1. האם צמחים מהונדסים יקטינו את הבעיות הקשורות להדברה?

בעשורים האחרונים נעשה שימוש בצמחים מהונדסים בארבעה גידולים חקלאיים מרכזיים: סויה, לפתית, תירס וכותנה, וגם בגידולים אחרים, מרכזיים פחות. הזנים המהונדסים של שני הגידולים הראשונים הם בעלי סבילות גבוהה לקוטלי עשבים, ואילו הזנים של שני הגידולים האחרים הם בעלי יכולת דחייה של חרקים צמחוניים, שמבוססת על החדרת גן המייצר רעלים שמקורו בחיידק. לכל אחד מכיווני הטיפוח האלה יש יתרונות משלו. כיום מתחילים להופיע זנים בעלי שתי התכונות גם יחד (Bøhn and Lövei, 2017).

עמידות לקוטלי עשבים, לפחות בחלון זמן מסוים בהתפתחות הצמח, מאפשרת לחקלאי להדביר כימית את העשבים המשבשים מבלי לפגוע בהתפתחות הגידול; מצב זה מאפשר שימוש בכמויות גדולות יותר של קוטלי עשבים בהשוואה לעבר, דבר שאינו רצוי כלל מבחינה סביבתית.

ירידה באוכלוסיות הפרפר. יש המעריכים שתוך 20 שנה לא יהיו מספיק פרפרים לתמוך בנדידה האטרקטיבית של מין זה (Semmens et al., 2016).

כיוון אחר של פיתוח שנמצא בשלבים האחרונים הוא השימוש בסוג של אר-אן-איי (RNA) המשמש כלי הגנה נגד וירוסים החודרים לתאים. כאן מעבירים אר-אן-איי מגן לצמחים בכוונה שיפגע במזיקים התוקפים אותם (Kupferschmidt, 2013). לנגד עינינו מתפתח "מרוץ חימוש" חדש, מולקולרי, בין החקלאי למזיק, שדומה לזה המתרחש בזירה הכימית. את תוצאות המרוץ הזה, הן מבחינה חקלאית הן מבחינה סביבתית, קשה מאוד לחזות בשלב זה.

ז. ההקשר הנופי של ההדברה

אופיו של הנוף החקלאי, השינוי של בית הגידול במרחב וההטרונגניות המרחבית חשובים מאוד לנושא המזיקים והוויסות שלהם. הנוף מכתוב את יחסי הגומלין בין המזיקים לבין אויביהם הביולוגיים - ישירות או דרך השפעות סביבתיות אחרות. המניפולציה של בתי גידול בשדה (ראו תמונה II-10) או בחלקה החקלאית ובסביבתם, ובעיקר של הצומח סביב השדה, הם חלק מנושא זה, שכן ביכולתם לתמוך באוכלוסיות גדולות יותר של מועילים. אספקת מחסה ומקורות מזון נוספים או משלימים (צוף, גרגירי אבקה ופרוקי רגליים מעבר למזיקים) יכולים לסייע רבות להגדלת לחץ הטריפה על מזיקים (Gurr et al., 2017). לבתי הגידול השכנים לחקלאות יש חשיבות מיוחדת כאשר מדובר באויבים טבעיים מתמחים, שיש להם קשיי הפצה טבעית.

נוף חקלאי מורכב והטרונגי - שיעור גבוה של בתי גידול לא מעובדים ופיזור מורכב שלהם במרחב - יסייע להתבססות אויבים טבעיים (אבל אולי גם מזיקים); קישוריות בין החלקות החקלאיות ובתי הגידול הלא מעובדים תאפשר לאויבים הטבעיים להגיע במהירות לחלקות החקלאיות (Tscharnkte et al., 2007). במקרים שונים נמצא שנוף מורכב הביא לנוכחות גבוהה יותר של פרזיטואידים, ובעקבות זאת לנזק נמוך יותר לגידולים חקלאיים (Theis and Tscharnkte, 1999; Pullaro et al., 2006). שגם להרכב הספציפי של חברת הצומח ולנוכחות מינים מסוימים תהיה השפעה על נוכחות מינים מועילים (Landis et al., 2005).

תמונה II-10. פסים של פרחים שנזרעו בשדה מעובד (Tscharnkte, 2011)



Matthias Tschumi/Agroscope

כמות הפשפשים (ממשפחת הרכנפיים - mirid bugs) הלכה ועלתה בשל הירידה באינטנסיביות ההדברה ועליית הטמפרטורה הממוצעת בחודש מאי, התקופה הקריטית להתפתחות הפשפשים (Lu et al., 2010). גם מאפייני נוף שונים ושימושי קרקע השפיעו על תהליכי התפתחות אוכלוסיות מזיקי הכותנה באזורים שנבדקו בסין (Zhang et al., 2018).

בסיכומו של דבר, התחזית האופטימית של מי שראה בגידולים הטרנסגניים פתרון אולטימטיבי לייצור מזון או תרופות פלא להשפעות הסביבתיות של העשייה החקלאית צריכה להתעדן ולהתמקד בבעיות חדשות שנוצרות מגידולים אלה לצד היתרונות שהולכים ומתחדדים (Cheke, 2018).

המתנגדים לשימוש בצמחים מהונדסים הביעו חשש מפגיעות במערכת האקולוגית הטבעית. תימוכין לכך אפשר לראות בירידה הדרמטית בגודל אוכלוסיות **הדנאית המלכותית** (Monarch). פרפר זה, הידוע ביופיו ובנדידה ארוכת הטווח שלו מקנדה למקסיקו, משתמש בצמחים ממשפחת האסקלפיים, המכילים מוהל רעיל, כפונדקאים. אחד הצמחים המועדפים על הדנאית הוא "עשב החלב" (milkweed), עשב המשבש שדות של תירס. מתברר שהשימוש בצמחי תירס מהונדסים כנגד קוטלי עשבים הביא לירידה דרסטית בשכיחות העשבים המשבשים שכן ניתן לפזר יותר קוטלי עשבים בשדות מבלי לגרוע בתירס. ב-1999 העשבים נמצאו ב-51% משדות התירס וב-2009 רק ב-8%, ובעקבות זאת נצפתה

לאורך זמן רב נראה היה שלטיפוח בתי גידול שונים בתוך הנוף החקלאי (הגדלת ההטרונגניות הנופית) יש יתרונות גדולים לוויסות מזיקים, להגדלת היבול החקלאי ולשימור המגוון הביולוגי; יש שרואים בפרקטיקה זו אחד מעמודי התווך של האגרו-אקולוגיה. בשל החשיבות הרבה של הנושא חברו יחדיו מעל 150 חוקרים כדי להעריך, מתוך נתונים קיימים (132 מחקרים מ-6,759 אתרים ברחבי העולם), את היחסים שבין שפע המזיקים, את שיעור הטריפה שלהם על ידי אויבים טבעיים ואת הנזק לגידול כתלות במבנה הנופי. הניתוח הכלול הראה שלמבנה הנוף האקולוגי יש קשר לשונות שמראים הנתונים, אבל המשתנים הנחקרים (שפע מזיקים ואויביהם, שיעור הטריפה, הנזק ליבול וגודל היבול) לא הראו קשר עקבי וחזק למבנה הנוף (Karp et al., 2018).

ח. הדברה ובריאות

פרסומים בעיתונות המדעית-הרפואית מצביעים על בעיות בריאות הנגרמות מחשיפה לחומרי הדברה. אצל נשים פלסטיניות הרות נמצאו שיירים נמוכים יותר של חומרי הדברה לעומת נשים יהודיות, כנראה בשל צריכה נמוכה יותר של פירות וירקות או שימוש מועט יותר בחומרי הדברה בחקלאות הפלסטינית, כנראה מסיבות כלכליות (Abdeen et al., 2016). יש טענה שמחלת הפרקינסון שכיחה יותר בקרב אוכלוסיות המתגוררות סמוך לשדות חקלאיים (Yitshak-Sade et al., 2015).

על מורכבות ההשפעה הבריאותית של מזון אורגני ניתן ללמוד מניסוי שנעשה במושב אמירים, מושב שרוב תושביו צמחוניים-טבעוניים. ריכוזי כימיקלים שונים נמדדו בדוגמאות שתן שנלקחו ממתנדבים והשוו לנתוני שאר האוכלוסייה של ישראל; נמצאו ריכוזים נמוכים יותר של רכיבי פלסטיק אצל תושבי אמירים ביחס לאוכלוסייה הכללית, אך מצד שני, רמות האורגנו-פוספטים (חומרי הדברה) והפיטואסטרונגנים היו גבוהות יותר (Berman et al., 2016). הסיבה לריכוז הנמוך יותר של חומרי פלסטיק היא שחלק מהם מצטבר ברקמה השומנית, ולכן הם נמצאים יותר במוצרי בשר, חלב וביצים, שנצרכים הרבה פחות אצל צמחוניים-טבעוניים. הרמות הגבוהות של פיטואסטרונגנים מוסברות בצריכה גבוהה של תחליפי חלב ומוצרי מזון המבוססים על סויה כחלק מהתפריט הצמחוני-טבעוני וגם בצריכה גבוהה של כמה סוגי ירקות. ההסבר לנוכחות גבוהה של שאריות חומרי הדברה הוא

בניסוי רחב היקף בגרמניה בחנו שדות חיטה לצד מגוון גידולים ובתי גידול טבעיים. התוצאות הראו שמגוון גידולים הגדיל את הוויסות הביולוגי של מזיקים יותר מקרבה לבתי הגידול טבעיים בשל עלייה נלווית בגודל האוכלוסיות של טורפים ופרזיטואידים (Redlich et al., 2018) (הרחבה והדגמה של נושא זה נמצאות בפרק IV ובעיקר בפרק V).

יכולות טיפול בכמויות נתונים גדולות וניתוח שלהם ואימוץ התפיסה המרחבית הניבו ניתוח של הגורמים הקובעים את הדינמיקה של הפריזבוב הים תיכוני במטעי הדורים בארץ. הנתונים הגיעו מבדיקה של כ-2,300 מלכודות הפזורות במטעים ונבדקות כל שבוע. בניתוח הסטטיסטי נבדקו 13 גורמים שיכולים להשפיע על הדינמיקה של אוכלוסיות הזבוב. מתברר שהגורם המשמעותי ביותר היה הקרבה של הפרדסים ליישובים (ראו תיאור בעיות ההדברה במושב ערוגות לעיל) או, למעשה, לגינות הפרטיות שלא מקבלות טיפול מונע ומשמשות בית גידול להתפתחות אוכלוסיות הזבוב. גם לגודל הפרדס ולצורתו, כמו גם לגודל החלקות החקלאיות סביב לפרדס, הייתה השפעה משמעותית על גודל האוכלוסיות (Krasnov et al., 2018).

ההכרה בחשיבות בתי הגידול המתאימים למועילים ולמאביקים בסביבה הקרובה לשדה החקלאי מעודדת גם הקמת משוכות וטיפוח בתי גידול מתאימים בשולי שדות וזאת מבלי לפגוע בשטח המעובד (למשל, Morandin et al., 2014, 2016; Williams et al., 2015). בקליפורניה נבדק הערך הכלכלי של הקמת משוכות המפרידות בין שדות, והניתוח הראה שתוך 7-16 שנים מוחזרת ההשקעה (Long et al., 2017).

להקשר הנופי של החלקה החקלאית יכולה להיות גם השפעה הפוכה, של סיוע למזיקים. מחזור גידול תבלינים בעמק בית שאן מתחיל בשתילות סתויות. הסתבר ששדות אספסת מושקים שנקצרים לאורך השנה משמשים בית גידול ואתר מחסה לתריפס הטבק שמזיק לתבלינים ולגידולים אחרים. את האספסת אסור לרסס, כי היא משמשת מזון לבעלי חיים. במקרה כזה יש לנתק בזמן את רצף החלקות הצמודות של אספסת ותבלין, וכך תקטן אוכלוסיית המזיק מחוץ לחלקות התבלינים (גולדשטיין ואחרים, 2016).

תמונה II-11. פסק הלכה של הרב בוארון (כיצר השבת, 13.4.16)



אנקדוטה מעניינת בהקשר זה היא נושא צריכת ירקות עלים על ידי הציבור החרדי. החשש מפני אכילה בשוגג של חרקים בקרב חלק משומרי הכשרות גרם ליצירת מסלול פיקוח מחמיר והתמחות אצל חקלאים שפללה הגברת ריסוסים כדי לוודא שלא יימצאו חרקים על העלים. הנזק הבריאותי הכרוך בשמירת כשרות זו לא הובא בחשבון. לאחרונה הוצא פסק הלכה תקדימי על ידי ר' ציון בוארון, מבכירי הדיינים הספרדים, שמציע להעדיף לאכול עלים שאינם מפוקחים במסלול המקפיד, בגלל החשש למחלות הנגרמות מחומרי הריסוס⁴² (ראו תמונה II-11).

היקף החשיפה לחומרי הדברה מפירות ומירקות העולים על שולחנה של משפחה ישראלית מעורר תהיות וחששות, אך קשה לדון בו בהיעדר מידע אמין שקוף. דו"ח של משרד הבריאות מ-2016 על אודות מאמץ ניטור ארצי של שאריות חומרי הדברה בפירות ובירקות בשווקים מסכם כי:

"שירות המזון הארצי מנטר באופן שוטף, על בסיס שנת, שאריות חומרי הדברה במוצרי מזון, בעיקר פירות וירקות טריים, המשווקים בישראל... הדיגום בשדה נעשה ע"י משרד החקלאות ובדרכי השיווק על ידי שרות המזון במשרד הבריאות. תוצרת חקלאית טרייה המיובאת לישראל נבדקת בתחנות ההסגר טרם הכניסה לארץ, כמו גם תוצרת חקלאית המגיעה משטחי אי"ש. תכנית הדיגום השנתית לניטור שאריות חומרי הדברה במזון כוללת בעיקר תוצרת חקלאית

בצריכה הגבוהה משמעותית של תוצרת חקלאית טרייה בקרב תושבי אמירים.

בשנים האחרונות נוצרים מתחים ועימותים בין תושבי יישובים הגובלים בחקלאות ובין חקלאים המרססים בקרבת מקום. הרחבות היישובים והתקרבותם לשטחי חקלאות והגברת המודעות לבעיות בריאות הקשורות לחומרי הדברה מעצימות את הבעיה (ראו תת-פרק החקלאי והקהילה בפרק VI; זיו, 2018). לאחרונה הוצע להשתמש בעצים נטועים כמחסום מפני פיזור חומרי הדברה במרחב:

שאריות חומרי הדברה שונים נספחים לחלקיקי אבק ומוסעים על ידי הרוח למרחקים ניכרים. צעדי ושותפיו (2017) תיעדו שאריות של 17 חומרי הדברה מסוגים שונים (קוטלי עשבים, מזיקים ופטריות) ספוחים לחלקיקי אבק שהצטברו על עצים במרחקים שונים משדות חקלאיים. במחקר המשך נמצא שעצים נטועים בשולי החקלאות או בקרבת יישובים (אורנים, איקליפטוס, חרוב) יכולים לשמש מחסומים המקטינים את כמויות האבק וחומרי ההדברה הספוחים אליהם שמגיעים למערכות טבעיות או אנושיות. באבק שהצטבר על עצים בקרבת שדות חקלאיים נמצאו שאריות של 18 חומרי הדברה (קוטלי מזיקים, פטריות או עשבים) (Zaady et al., 2018). החוקרים מציעים לטעת מחסומי עצים בשולי החקלאות או בקרבת יישובים כדי להקטין את כמויות האבק וחומרי ההדברה שמגיעים למערכות טבעיות או אנושיות.

אי אפשר להתעלם מכך שאצל הציבור יש חשש בסיסי מפני ירקות ופירות מזהמים בחומרי הדברה. בסקר שערכה חברת גיאוקרטוגרפיה ענו 83% מהנשאלים שיש להם חשש כזה; 84% אמרו שיהיו מוכנים לשלם 5-15% יותר ממה שהם משלמים כיום עבור תוצרת שאינה מכילה חומרי הדברה⁴¹.

41 **משוב לחקלאות** 314, אוגוסט 2015.

42 **משוב לחקלאות** 321, עמ' 79, מאי 2016.

שהתוצרת הצמחית המיוצרת בארץ ומשווקת לצרכן המקומי תעמוד באמות מידה של איכות ושל בטיחות.

יחידת השירותים להגנת הצומח במשרד החקלאות אינה מבצעת פיקוח בשטח על עבודת החקלאים אף שהדבר נחוץ כדי לבדוק אם הם פועלים על פי הוראות השימוש הרשומות על תכשירי הדברה; הוראות אלה נועדו לצמצם ואף למנוע את קיומן של שאריות חומרי הדברה במזון הצמחי המסופק לצרכן וכן להגן על האדם, החי והסביבה מפני חשיפה מיותרת לחומרים רעילים אלה.⁴³

המצב אמור להשתפר בעקבות ביטול האישור לשימוש בישראל ב-16 חומרי הדברה שונים ב-2016 והגבלת השימוש ב-20 חומרים נוספים. באירופה התבצע ב-2017 עדכון מקיף של התקנה בדבר חומרי הדברה, והשימוש בכ-250 חומרים נאסר. לשינוי רדיקלי זה תהיה השפעה גם על הנעשה בישראל, משום שהתקנה האירופית משפיעה גם על הדרישות מהייצור ליצוא⁴³.

עמותת "אדם טבע ודין" ערכה בדיקה משל עצמה על שאריתיות בפירות ובירקות בישראל⁴⁴. מעבר להבעת דאגה מהנתונים עצמם קראה העמותה גם לשיפור השקיפות של נתונים הנאספים במשרד החקלאות ובמשרד הבריאות בנושא זה. העמותה פתחה לאחרונה בקמפיין נוסף לשיפור הפיקוח על שאריתיות חומרי הדברה (ראו תמונה II-12).

אין ביכולתנו, במסגרת פרסום זה, להשוות את הנתונים מהמקורות השונים. אנו מקווים שבעתיד הקרוב יבוצעו רפורמה בתהליך איסוף הנתונים והנגשתם לציבור ואכיפה מוגברת, ואז נוכל להניח כי צריכת פירות וירקות מתוצרת הארץ אכן לא טומנת בחובה סיכון בריאותי כלשהו.

ט. האם ניתן להפחית את השימוש בחומרי הדברה בלי לפגוע ביבול וברווחיות של החווה?

התשובה לשאלה זו שנויה במחלוקת זה שנים בין המדענים ואנשי המקצוע לבין עצמם ובין לבין החקלאים. לאחרונה פורסמו תוצאותיו של מחקר מקיף שנערך בצרפת וסיכם נתונים שנאספו מ-946 חוות חקלאיות מסחריות לא

טרייה, ומבוססת על מוצרי מזון הנצרכים רבות על ידי הצרכן הישראלי עם שימת דגש על מוצרים בעלי פוטנציאל גבוה להימצאות שאריות חומרי הדברה וכן מוצרים בהם נמצאו חריגות בשנים קודמות... הדוגמאות שנדגמו נשלחו למעבדה מוכרת ומוסמכת לבדיקת שאריות חומרי הדברה במוצרי מזון... בשנת 2016 נדגמו 925 דוגמאות מזון מדרכי השיווק בישראל ונבדקו לנוכחות וכימות שאריות חומרי הדברה. התקבלו 2,413 ממצאים. 437 דוגמאות, מתוך ה-925 שנדגמו, נמצאו ללא שאריות חומרי הדברה כלל... דוגמאות אלה, ללא ממצאים, מהוות כ-47% מכלל הדוגמאות [ביניהן בנות, בצל יבש, כרובית וארטישוק]. 861 דוגמאות, המהוות כ-93% מכלל הדוגמאות, נמצאו תקינות, בהן לא נמצאה כל שארית של חומר הדברה ברמה שחרגה מהרמה המקסימלית המותרת על פי חוק. ב-64 דוגמאות (7%) נמצאו ממצאים חריגים... בחינת כלל הדוגמאות החריגות מעלה כי אחוז החריגות הגבוה ביותר נמצא בקיווי (45% מדוגמאות הקיווי) לאחריו סלק עלים (מנגולד) (41%), רוקט/רוקולה עם כ-27% חריגות, בזיליקום (25%) סלרי ופטרזיליה עם אותו אחוז חריגות של 16.7%.

לפי הממצאים האלה מצב התוצרת החקלאית בישראל אינו כה גרוע כפי שאולי נטים לחשוב. מצד שני, האם הסטנדרטים המנחים את בדיקות המעבדה מתאימים למקובל בעולם? דו"ח מבקר המדינה מ-2017 גורס כי:

"הציבור בארץ המשיך להיחשף, באמצעות צריכת ירקות ופירות, לשאריות של חומרי הדברה מסוימים שנאסרו או הוגבלו לשימוש חקלאי באירופה ובארצות הברית זה מכבר, נוכח השפעתם השלילית על הבריאות ועל הסביבה. זאת מכיוון שבישראל הליך ההערכה שמתייחס לתועלת ולנזק מהשימוש באותם חומרים, מתבסס על הידע המחקרי העולמי, ובעקבותיו הוצאתם מכלל שימוש - בוצע רק כמה שנים לאחר שהדבר נעשה באותן מדינות מפותחות.

במועד סיום הביקורת, כחמש שנים לאחר שנחקק החוק לפיקוח על ייצור הצמח ושיווקו, התשע"א-2011, טרם הותקנו תקנות בעניינו. בעקבות כך לא ניתן להבטיח

43 לא פעם נשמעת ביקורת על האיטיות בקבלת החלטות על איסור שימוש בחומרי הדברה כאלה או אחרים בישראל. מסתבר שהמצב בארה"ב לא טוב יותר, וחומרים רבים שהשימוש בהם נאסר באירופה ואפילו בברזיל ובסין, עדיין מותרים בארה"ב (Donley, 2019).

44 לתמצית הנתונים ראו הדו"ח באתר העמותה: <https://tinyurl.com/w56qnx>

תמונה II-12. חלק מהמאבק של עמותת "אדם טבע ודין" להפחתת השימוש בחומרי הדברה בחקלאות



adamteva.org.il
תרמו לנו
f הצטרפו אלינו

חברות וחברים יקרים,

אנחנו גאים בשפע הפירות והירקות הגדלים בארץ. אנחנו צרכני ירקות ופירות מצטיינים. אבל יותר מכל, אנו שמחים לראות את ילדנו אוכלים פירות וירקות. אבל חומרי הדברה כוללים רעלים מסוגים שונים – חומרים שחשובים נמסרונים, כאלה שפוגעים במערכת ההגנה מולקולרית, בפירות ועוד. אנחנו נחשפים לשורה של חומרי הדברה רעילים אלה יום יום – בחצוצרת החקלאית שאנחנו אוכלים, בשדות שאנחנו מטיילים בהם, בגיטונ העירוני, בחוסדות שונים – ואפילו בדגני רוקר.

האחריות למנוחלים הללו היא בראש ובראשונה, על שר החקלאות היוצא, אורי אריאל.

אורי אריאל הוא האחראי לכך ששיעור החריגות מהרמה המותרת של חומרי הדברה במזון בישראל הוא מהגבוהים בעולם (11% בשנת 2016 על פי הנתונים שפרסם משרד החקלאות לעומת 1%-3% בארה"ב ואירופה). בניגוד לעולם, אין כיום חובה על מי שמגדל או משוקק תוצרת חקלאית שנמכרת בישראל לבדוק את איכות התוצרת שלו לפני שיוקר, רעוד חקלאים המייצאים את התוצרת מחוץ לענף. האם ילדי ישראל חשופים לשר החקלאות, אורי אריאל, פחות מילדי אירופה וארה"ב?

זה לא חייב להיות ככה! אנו מפרסמים עניינים לראשונה את הפרק הראשון בדו"ח הלחץ שלנו לקראת הבחירות, העוסק בהדברה המסוכנת. קראו על מה אנחנו עושים באום טבע ודין בנוי לשנות את רוע הגזירה ומה אנו דורשים משר החקלאות הבא לישש מיד עם כניסתו לתפקיד. לא משלים עם המשך הפקרת ילדנו למצוי ההדברה.

שלכם,
עמית ברכה
מנכ"ל אדם טבע ודין

על הרווחיות. השאלה היא בכמה יש לצמצם את השימוש בלי לפגוע בחקלאי. חשוב לזכור שההפחתה הגדולה נעשית בחוות שמשותמשות, ללא צורך חקלאי, בכמויות גדולות של חומרי הדברה. עבורן הפחתת ההדברה אין משמעות מעשית רבה. מצד שני, אצל מי שמלכתחילה צמצם בהדברה המשמעות גדולה יותר, כי הדברת-חסר עלולה לפגוע ביבול וברוחיות (Lechenet et al., 2017).

בסין עדיין יש שימוש עודף גבוה בחומרי הדברה ובהכרח נגרמים בשל כך נזקים סביבתיים ובריאותיים. הפחתה בשימוש בחומרים אלה היא צורך לאומי (Wu et al., 2018). מסתבר ששימוש מוגבר זה הוא ביטוי ליחס הנמוך של השטח המעובד לנפש בסין (גודל חלקה משפחתית אופיינית הוא 1 דונם). בחלקות כה קטנות יש לחץ להגברת הייצור ליחידת שטח כדי לתרום לכלכלת המשפחה, והדבר מחייב שימוש בחומרי הדברה רבים. במדינות רבות הפיתוח הכלכלי הביא לעלייה בגודל השטח המעובד לנפש, אך בסין הנושא נמצא תחת אסדרה קפדנית של המשטר המונע את הקטנת המגזר החקלאי והגדלת השטח המעובד למשפחה. ישנה טענה שללא שינוי כזה לא יקטן השימוש בחומרי הדברה ליחידת שטח בסין (Wu et al., 2018).

ברור שנושא כה מורכב כמו הדברת מזיקים וגורמי מחלה בחלקות החקלאיות דורש מדיניות להתנהלות לאומית שתקבע בסיס לאסדרה ולאכיפת החוק. בישראל הדבר חשוב שבעתיים, כי מסתבר שהנושא מפוצל בין ארבעה משרדי ממשלה: החקלאות, הגנת הסביבה, הבריאות והעבודה, ולכל משרד יש מדיניות משלו. רק לאחרונה נעשה מאמץ לגבש מדיניות לאומית אחודה (אהרון, 2017); הקרן לבריאות וסביבה ומשרד הבריאות, 2017). בשלב זה האסדרה העיקרית נעשית על ידי ועדות של הנוגעים בדבר, שתפקידן להעריך סיכונים של חומרים חדשים. השירותים להגנת הצומח לא דורשים הערכה מחודשת לחומרי הדברה שעדיין נמצאים בשימוש. המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות מקדמים תקנות בדבר אופן השימוש בחומרי הדברה בקרבת מבנים. משרד הבריאות ומשרד החקלאות תיקנו ב-2016 תקנות בדבר רמות מרביות מותרות של שאריות חומרי הדברה בתוצרת חקלאית, הן זו המיוצרת בארץ הן תוצרת טרייה מיובאת⁴⁵, וזאת במסגרת תקנות בריאות הציבור (מזון).

אורגניות ממוגוון מערכות ייצור: ב-77% מהחוות לא נמצאה ירידה ביבול או ברווחיות לאחר הפחתת השימוש בחומרי הדברה. על פי הממצאים, בכ-60% מהחוות ניתן להפחית יותר מ-40% מכמות חומרי הדברה מבלי לפגוע ביצרנות המערכת החקלאית; כך ניתן גם להפחית 37% מכמויות קוטלי העשבים המפוזרים בפועל, 47% ממדברי הפטריות ו-60% מקוטלי החרקים (Lechenet et al., 2017).

על פי הניתוח האגרונומי ברוב החוות יש עודף שימוש בחומרי הדברה שניתן לצמצום ללא השלכות על היבול או

45 ראו: <https://tinyurl.com/tv6d6je>

5. סיכום ביניים

השימוש הנרחב בחומרי הדברה בחקלאות המודרנית הוא לצנינים אצל כל מי שמוטרד מנושאים סביבתיים ובריאותיים, כולל חלק מהחקלאים עצמם. עם זאת, לא פשוט לספק חלופות יעילות לאמצעי הדברה הכימיים לחקלאי המבקש לשמר רמת רווחיות כלכלית כאשר הסובסידיות מצטמצמות.

התפיסה האגרו-אקולוגית היא שמגוון ביולוגי גבוה, בעיקר של חסרי חוליות מקבוצות שונות, שחיים על פני הקרקע, בתוכה או על הצמחים, יתרום לוווסות - חלקי לפחות - של המזיקים, וכך יתמוך במערכת חקלאית יציבה ויצרנית (Jackson et al., 2007; Gagic et al., 2017). מגוון רצוי שכזה לא יכול להתפתח מאליו ובאופן בר-קיימא בשדה החקלאי משתי סיבות מרכזיות: ראשית, חלק מהגידולים הם חד-שנתיים ולא יוצרים בית גידול יציב לאורגניזמים מועילים (אויבים טבעיים), בעיקר פרוקי רגליים; שנית, מרבית הגידולים החקלאיים עדיין מרוססים ברעלים ממקור כימי הפוגעים בחלק ניכר מהמגוון הביולוגי המועיל, אף על פי שאינו מהווה בעיה לחקלאות. הדברים נכונים גם לוווסות אוכלוסיות של עשבים משבשים או גורמי מחלות צמחים.

במקרים רבים הפסקת השימוש בחומרים סינתטיים לוווסות אוכלוסיות מזיקים נשארת בגדר קריאה אידיאולוגית לנטישת חומרי ההדברה ולהגדלת המגוון הביולוגי בשדה ובסביבתו משום שחסרה הוכחה מדעית-מקצועית משכנעת להנחה שהטבע עתיד לעשות את שלו בעניין הדברת המזיקים. גם ההשלכות של שינוי שיטות ההדברה על היקפי היבול ועל איכותו לא נבדקות בדרך כלל במסגרת הניסויים המדעיים המלווים שינויים מסוג זה. במצב זה יש קושי עקרוני לשכנע את החקלאי לשנות את התנהלותו המסורתית. כמו כן, אין מנגנון תגמול כלכלי, דוגמת מחיר גבוה יותר, להפחתה כזו או פיצוי אם היבול או הרווחיות נפגעים.

תהליך פיתוח כלים להדברה יעילה וסביבתית מתקדם באיטיות יחסית בגלל הבחירה בשיטת הדברה יחידה המבוססת על החומרים הסינתטיים. היות שכך, מוקדשים מאמץ קטן יחסית ומשאבים מוגבלים לפיתוח חלופות.

כדי לשנות את המצב יש לפתח תפיסה מרחיבה, המבוססת על הבנה טובה יותר של דרך הפעולה של שיטת הדברה חלופית באופן עצמאי ובשילוב שיטות אחרות. כמו כן, יש להתמקד בדינמיקה של אוכלוסיות המזיק או גורם המחלה כדי להתמודד איתו בצורה היעילה ביותר. גיבוש תפיסת הדברה שתמיר את **הגישה התגובתית, הלינארית, המכוונת לטיפול בסימפטום** (=נזק) והבנויה על כימיקלים, לגישה אחרת - **מונעת, הוליסטית, מעגלית ומבוססת ידע מעמיק** - אמור להוביל לתוצאות חיוביות יותר. רפורמה שכזו מחייבת גם חשיבה סוציו-אקולוגית ושינוי תפיסה פסיכולוגי אצל החקלאי, אצל המאסדר ואצל הצרכן (Hill, 2004). גישה מרחיבה זו היא חלק מהמסד של האגרו-אקולוגיה, אך עדיין לא נקלטה באופן גורף בחקלאות המודרנית.

מצאתי לנכון לסיים בדברים שאמר פרופ' יעקב קטן, חתן פרס ישראל לחקלאות ומפתח שיטת החיטוי הסולרי (ראו בהמשך הפרק): **"אם אני אדבר בעד חומרי הדברה, אני מדבר בידיים נקיות, כי כל החיים שלי אני עוסק בחלופות לחומרי הדברה ואני מכיר את הבעיות הכרוכות בהם, אך זה לא מונע ממני לראות את היתרונות שבהם... חומרי הדברה זה עד היום האמצעי היעיל ביותר להדברת מחלות ומזיקים. אך גם מוסכם בעולם שעלינו לחפש דרכים לצמצום השימוש בהם. תאורטית, לו יבוטל השימוש בכל חומרי ההדברה, הדבר יוביל לרעב עולמי, מהומות וכאוס. במקרה כזה, יצטרכו להגדיל את השטח [המעובד] כדי לפצות על הירידה ביבול. מה יקרה כשיגדילו את השטח? יכרתו יערות. כלומר מבחינה סביבתית, חומרי ההדברה, באופן פרדוקסלי, חוסכים לנו כריתת יערות..."**⁴⁶.

6. מחלות קרקע

פטירות, נמטודות, וירוסים וחיידקים (שם כללי **פּתוּגָנִים** = **מחוללי מחלות או מְרַעְנִים**) מעבירים מחלות צמחים שתחילתן בשורשים. מחלות כאלה יכולות להתפרץ בפתאומיות, להתפשט במהירות רבה ולגרום נזק רב. מאפייני החקלאות הקונבנציונלית המודרנית - שדות נרחבים, שימוש נרחב בחקלאות חד-גידולית, צפיפות גבוהה של צמחי הגידול, אחידות גנטית של הגידול

וירוסים התוקפים גידולים מגיעים לא פעם עם חומר הריבוי, כלומר החומר הופך לנגוע (נושא את המדבק) כבר במקום הגידול של הזרעים או השתילונים. בשנים האחרונות, למשל, סבלו כרמי יין בארץ מווירוס שתקף גפנים צעירות ואילץ את הכורמים לחסל את הכרם כולו כדי למנוע התפשטות של הווירוס. מקור הבעיה היה כנראה במשתלות שהכינו את שתילי הגפנים לשתילה. הדבר אילץ חלק מהכורמים להקים משתלה עצמית שתנאי הגידול נשמרים בה בקפידה ברמה שמונעת את התפשטות הווירוס בשתילים.

בריאות קרקע, בהקשר של מחלות צמחים, מוגדרת כיכולת המתמשכת של הקרקע לתפקד כמערכת אקולוגית חיה ותומכת, המקיימת מארגי מזון ובהם חברות חיידקים ואורגניזמים אחרים שוכני קרקע שמאופיינים במגוון מינים גבוה, בתהליכי פירוק פחמן שאינם מהירים מאוד, ביציבות במאגר בחומרי הזנה ובחוסן גבוה להפרעה (van Bruggen and Semenov, 2000). **ממשק בריאות הקרקע** מוגדר כמכלול הפרקטיקות שהופכות את הקרקע לספקית תנאים מיטביים לביצועי צמח הגידול החקלאי (Gamliel and van Bruggen, 2016).

א. עמידות למחלות

הגדרת בריאות הקרקע מאפשרת לחלק את מגוון הקרקעות בעולם לשתי קטגוריות מרכזיות: **קרקעות שתורמות להתפתחות מחלות** (conductive soil) ו**קרקעות שמדכאות מחלות** (suppressive soil). כושר דיכוי מחלות של הקרקע הוא היכולת לשמור על שכיות נמוכה של הופעת פתוגנים, ואפילו לדחות הופעה של המחלה, או להוביל לנזק נמוך מהמחלה, כאשר הפתוגן נוכח בקרקע ותנאי הסביבה אינם מגבילים את המחלה (Gamliel and van Bruggen, 2016). קרקעות מדכאות מחלות הן על פי רוב חומציות, עשירות בחומר אורגני, ומרכיב החול בהן נמוך. קרקעות כאלה מספקות תנאים מתאימים למגוון של אורגניזמים שמדכאים פתוגנים. קרקעות מעודדות מחלות הן בדרך כלל בסיסיות, עניות בחומר אורגני ועשירות בחול. לצערנו, בישראל מרבית הקרקעות מוגדרות כמעודדות התפתחות מחלות (גמליאל, ריאיון, 2018).

עמידות או סבילות למחלות שמקורן בקרקע יכולה להיות **קבועה** או **מושרית** (induced). השראת העמידות

במרחב, מחזור זרעים מצומצם או שימוש מוגבר בדשן ובהשקיה - יוצרים תנאים מתאימים להתפרצות מחלות אלה (Altieri, 1995; van Bruggen et al., 2016); ההערכה היא שלפחות 10% מפוטנציאל ייצור המזון בעולם נפגע ממחלות צמחים (Strange and Scott, 2005).

קיימות שלוש אסטרטגיות פעולה להפחתת הנזק ממחלות ללא שימוש בחומרי הדברה: **הקטנת נוכחות מחוללי המחלה (המדבק, inoculum)** בשדה לפני העיבוד (על ידי חיטוי סולרי, החלפת גידול, הצפה, שרפת שלף, חריש והעשרה של הקרקע בחומר אורגני באמצעות קומפוסט או צמחי כיסוי - חלק מהאמצעים או כולם); **הקטנת ההתפשטות מעבירי המחלה** במהלך עונת הגידול על ידי עידוד גורמים מווסתים; או **קיצור זמן החשיפה לגורם המחלה** בעזרת זנים קצרי-עונה או עידוד צימוח מהיר של הגידול בעזרת דישון או השקיה (Altieri, 1995).

מניעת נזקי **מחלות המועברות בקרקע** (להבדיל ממחלות נוף הצמח, soil-borne disease) או הקטנתם, הן אתגר מורכב: הפתוגנים נמצאים במקרים רבים בשלב לא פעיל בקרקע ולא רגישים לחלק מהטיפולים; הם יכולים להימצא בעומקים שונים בקרקע, דבר שמגביר את כושר התחמקותם מאמצעי הדברה; טיפול חריף (למשל חיטוי בקיטור) פוגע בכל המערכת האקולוגית שבקרקע ויוצר "**ריק (חלל) ביולוגי**" זמני שיפריע בהמשך גם לתהליכי ההתפתחות של הגידול; ההשפעה של חלק מאמצעי ההתמודדות עם גורמי המחלה אפקטיבית רק לטווח קצר, והמחלה עלולה לשוב ולהתפרץ (Gamliel and van Bruggen, 2016). לנוכח מאפיינים אלה ברור שהמאבק במחלות קרקע קשה הרבה יותר מההתמודדות עם מזיקי עלווה ונוף צמחי, ובמקרים רבים יש לשלב שיטות ולפעול בנחישות במשך זמן רב יחסית. יתר על כן, במקרה של כישלון בהתמודדות עם מחוללי המחלה לפני תחילת הגידול, אין אמצעים לתיקון בהמשך.

חשיפה למחוללי המחלות קיימת לאורך השרשרת החקלאית - בייצור הזרעים, בייצור השתילים, בזמן הגידול בשדה או בחממה, בבית האריזה או בזמן השיווק. הטיפול בגורמי המחלה הוא ברוב המקרים כימי, אם כי במקרה של וירוסים - כמו אצל בני אדם - האפשרויות מוגבלות וגם הגישה האגרו-אקולוגית עדיין לא התפתחה בתחום זה.

דו-תחמוצת הפחמן וגזים חנקניים לאטמוספירה. כיום יש שיטות לחיטוי "עדין" בחום של 50-60°C שפוגע במרבית הפתוגנים, אבל לא יוצר ריק ביולוגי (Gamlie and van Bruggen, 2016).

ב. חיטוי קרקע
 טיפול חיטוי נוסף שהיה נפוץ ויעיל הוא **החיטוי הכימי** בתכשירים נדיפים. דוגמה לכך הוא השימוש בגז מתיל-ברומיד שהיה נפוץ בארץ עד סוף העשור הקודם. התכשיר הנדיף מוחדר מתחת ליריעות פלסטיק אל תוך האדמה החקלאית לפני הזריעה או השתילה, מתפשט כגז, וקוטל את כל הפגעים בשכבות הקרקע השונות. שיטה זו הייתה יעילה מאוד וכדאית כלכלית. לכן חקלאים השתמשו בה באופן תכוף, לעיתים פעמיים בשנה. בישראל הייתה "התמכרות" למתיל-ברומיד, שכן הצריכה כאן הגיעה בשיאה ל-4% מהצריכה העולמית (גמליאל, ריאיון, 2018). למתיל-ברומיד יש מספר תכונות שהפכו אותו לנפוץ: כושר חידור גבוה לקרקע; טווח הדברה רחב (נמטודות, חרקים, מחלות חיידקיות וויראליות, פטריות ועשבים); אינו גורם לפיתוח עמידות. מצד שני, הוא רעיל ומסוכן בזמן השימוש, וגם לאחריו בבתי גידול מימיים, אך אין לו חלופות של ממש.

המתיל-ברומיד הוצא משימוש בתחילת המאה ה-21 בגלל השלכותיו הסביבתיות החמורות (UNEP, 2014): זהו אחד הגזים שפוגעים בצורה הקשה ביותר בשכבת האוזון (מחקרים אחרונים ממתנים מעט קביעה זו); בפרוטוקול מונטריאול להגנה על שכבת האוזון מ-1987 הוחלט להפסיק את השימוש בו עד 2005, למעט במקרים קריטיים. בישראל הופסק סופית השימוש ב-2012 אחרי קבלת ארכה. הפסקת השימוש יצרה אתגרים חדשים להתמודדות עם מחלות ומזיקים.

עדות לכך מביא מהשטח החקלאי אמיתי רייס משה ורבורג בריאיון עם כתבי העיתון "משוב לחקלאות"⁴⁷: **"בזמנו גידלתי תות שדה ואז ראיתי שיש לי כאן בעיה של נמטודות (מזיק קרקע) באדמה. באותה תקופה עבדתי עם מתיל-ברומיד ולאחר שאסר השימוש בו השתמשתי בתחליפים, שנתנו תשובה זמנית לתקופה קצרה מאוד, 3-4 חודשים. זה עזר באופן זמני וגם היה פחות טוב.**

יכולה להיעשות על ידי פעולות ממשקיות כמו הוספת קומפוסט. תעשיית צמחי הנוי (משתלות) מתבססת על קומפוסט כגורם מרכזי במניעת מחלות קרקע (Hoitink et al., 1997).

הטיפול הקונבנציונלי במחלות צמחים יכול להיות מונע (טרם ההופעה) או תגובתי (לאחר ההתפרצות והופעת תסמיני המחלה). **הטיפול המונע** האפקטיבי ביותר הוא חיטוי הקרקע (soil disinfection) לפני זריעת הצמח או שתילתו במטרה להקטין את נוכחות הפתוגנים בקרקע בשכבות העיבוד. מקובלות ארבע גישות לחיטוי קרקע: **תרמי (חום), כימי, סולרי, וביולוגי**. טיפולי החיטוי, אם לא יעשו במקצועיות ומיומנות, עלולים להוביל לפגיעה במערכת האקולוגית בקרקע, דבר שיכול לפגוע בתהליך הצימוח מאוחר יותר וגם לעודד התפרצות משנית של המחלה בהיעדר אויבים טבעיים המווסתים את אוכלוסיות הפתוגנים (van Bruggen et al., 2015). מצד שני, חיטוי שנעשה כהלכה יכול להביא לשיפור בהתפתחות הגידול ובתנובתו.

אמצעי החיטוי צריכים להיות יעילים במספר מישורים: לקטול טווח רחב של פתוגנים ומזיקי קרקע; להיות מפוזרים זמן מספיק לפני הזריעה או השתילה; להגיע לפתוגנים בעומק הקרקע המתאים ולהשפיע עליהם; לגרום לפגיעה מזערית באורגניזמים המועילים בקרקע. פעולת החיטוי משולה לטיפול אנטיביוטי בגוף חולה. לכן, להשלמת הטיפול, רצוי לשלב תוספות של חומר אורגני לקרקע, שיאזן את החלל הביולוגי שנוצר בעקבות החיטוי, וישמש מצע להתפתחות מגוון גבוה של שוכני קרקע ובהם כאלה הניזונים מהפתוגנים. כך יקטן הסיכוי להתבססות מחדש של הפתוגנים (Gamlie and van Bruggen, 2016).

חיטוי בחום הוא שיטה מוכרת עוד מסוף המאה ה-19 שבה הקרקע מחוממת בעזרת להבה גלויה או הזרקת קיטור מתחת ליריעת חיפוי מתאימה, לפני הזריעה או השתילה (קטן, 2014). יתרונה של השיטה בכך שאין לה השפעות לזואי אם היא מיושמת במקצועיות ובמיומנות. חסרונותיה - השפעה רחבה ולא בררנית על חברת שוכני הקרקע, עלות יקרה של הדלק (יש צורך ב-1 מ"ק לדונם לשנה) ופליטות

לחקר החקלאות ומדעי הסביבה 2014, ומבוססת על כיסוי השדה ביריעת פוליאתיילן שקוף. קרינת השמש חודרת מבעד הפלסטיק ומחממת את הקרקע ("אפקט החממה") לטמפרטורה שיכולה להגיע עד 50°C . פתוגנים שונים רגישים לחום, ומתים בשל כך. כמו כן, מודברים על ידי חימום הקרקע גם מזיקים אחרים ועשבי בר (Katan et al., 1976). לצד יתרונות סביבתיים ברורים, שיטה זו יקרה יחסית (כ-1,500 שקל לדונם), גורמת לזיהום שטחים חקלאיים בפלסטיק, ומשביתה את השדות בקיץ לחודש ויותר (גרף, ריאיון, 2018).

בחיטוי סולרי הקרקע מתחממת כאשר היא רטובה ומכוסה יריעות פלסטיק שקופות, עד 50-60 מעלות למשך מספר שבועות בקיץ בעזרת קרינת שמש. בטמפרטורות כאלה מתים רוב שוכני הקרקע מהקבוצות השונות, ופעמים רבות גם זרעים של עשבים משבשים. החיטוי הסולרי יעיל באזורים שרמת הקרינה בהם גבוהה ומצליחה לחמם את הקרקע עד שהיא נהיית נקייה יחסית, לפחות למשך מספר חודשים.

החיטוי הסולרי פותח בישראל על ידי צוות חוקרים בראשות פרופ' יעקב קטן מהפקולטה לחקלאות באוניברסיטה העברית, שזכה בעקבות תרומתו בפרס ישראל לחקלאות. בניסויים הראשונים של שיטה זו הסתבר שניתן להדביר את מחלת הדררת בעגבניות ובחצילים למשך כל תקופת הגידול (160 יום), והודות לכך הושג יבול גבוה ב-150% (Katan et al., 1976).

חימום הקרקע במהלך חיטוי סולרי גורם למגוון שינויים בקרקע מעבר לתמותה של חלק מהפתוגנים בגלל הטמפרטורה העולה. אורגניזמים סבילים לחום מגבירים את פעילותם, וחלק מהם פוגע בפתוגנים שונים. החומר האורגני המתפרק בחום יוצר תרכובות אורגניות נדיפות שהן רעילות, דוגמת פורמלין, שגם הן פוגעות בפתוגנים ובפעילותם. החום והגז גורמים לחנקן להתפרק לאמוניה, שגם היא גז רעיל. התוצאה הסופית היא שהחיטוי הסולרי יוצר תנאי סביבה שונים בתכלית מאלה ששררו לפניו, והופך את הקרקע למדכאת מחלות (suppressive soil) (גמליאל, ריאיון, 2018).

שיטה זו דורשת שדה חופשי מכל פעילות חקלאית למשך חודש ויותר. בארץ משתמשים בה, על פי רוב בקיץ, כאשר

המתיל-ברומיד היה גז שמתפשט ומחסל את כל המזיקים בקרקע. הוא גם הדביר מצוין עשבים ומחלות קרקע. כרגע המצב הוא שרוב התחליפים אינם יעילים והחלקות שלי מלאות בנמטודות."

המומחים מסכימים עם התיאור הזה, אך טוענים שהפתרונות להתמודדות עם פגיעות בשורש טמונים בפיתוח גישה חדשה, המשלבת מספר פתרונות או טכנולוגיות, ולא בהחלפת מתיל-ברומיד בחומר אחר. עובדה היא שמאז תחילת הוצאת המתיל-ברומיד משימוש (לפני כ-30 שנה) ועד היום, אושר לשימוש מסחרי רק חומר כימי אחד (פלדין, Paladin) וזאת בשל היעדר אופציות כימיות ובשל הקשחת המדיניות לאור ההתנגדויות הסביבתיות (גמליאל, ריאיון, 2018). תכשיר הפלדין מבוסס על תרכובת אורגנית טבעית (Dimethyl disulfide) - תוצר פירוק של צמחים), ולכן ניתן לו רישוי.

החיטוי בחום והחיטוי הכימי היו השיטות המובילות לאורך כ-100 שנה במאבק נגד מחלות קרקע עד שפותחה שיטת החיטוי הסולרי (קטן, 2014).

בישראל פותחה שיטה לחיטוי סולרי של הקרקע, שהיא שיטה אגרו-אקולוגית מובהקת לעומת השיטות שרווחו בעבר ועדיין נמצאות בשימוש, כמו השיטה הפיזיקלית (שימוש בקיטור לחימום הקרקע) או השיטה הכימית (חיטוי בגזים רעילים). השיטה פותחה על ידי פרופ' יעקב קטן מהפקולטה לחקלאות, חתן פרס ישראל

תמונה II-13. הכנת שדה לחיטוי סולרי



צילום: אברהם גמליאל

זה הוכיח עצמו בוויסות אוכלוסיות של מספר פטריות קרקע, נמטודות וחיידקים גורמי מחלות. שיעור הדיכוי בהתפתחות מחלות דומה לזה המושג בחיטוי כימי. גם השיבוש בעשבים יוצא נשכר מהשימוש בשיטה זו. השינוי בחברת שוכני הקרקע, שהוא בעל השפעה מיטיבה, נשמר לאורך זמן רב יחסית (Gamliel and van Bruggen, 2016).

חיטוי קרקע ביולוגי אל-אווירני (אנאירובי) כרוך בהצפה במים. שיטה זו לא מיושמת בארץ כי היא דורשת הרבה מים להצפה, אבל מוכרת מאזורים עם מי תהום גבוהים, כמו הולנד (גמליאל, ריאיון, 2018).

ג. טיפולים תורמים להתמודדות עם מחלות

תוספת של חומר אורגני איכותי כמו **קומפוסט לקרקע** עוזרת למניעת נזקי מחלות או להקטנתם (Abro et al., 2015; Joshi et al., 2014). המנגנון כאן הוא עקיף, החומר האורגני משפר את בית הגידול התת-קרקעי ותומך בחברה מורכבת ומגוונת יותר, הכוללת, בין השאר, גורמים מווסתים ביולוגיים של הפתוגנים. התוספות האורגניות דיכאו מחלות ב-45% מהמקרים והשפיעו עליהן באופן חלקי ב-35% נוספים (Bonanomi et al., 2007). הגישה יקרה יחסית, והרעלים המופרשים מחומרים אורגניים מסוימים מגיעים למי התהום. עם זאת, טיפול המשלב חיטוי סולרי והוספת קומפוסט הוא מהיעילים והידידותיים ביותר לסביבה (Gamliel and van Bruggen, 2016).

פעולות אחרות שיכולות לסייע במניעת מחלות הן **תברואה** (סניטציה) - הרחקת חלקי צמחים שנפגעו מהפתוגן (אפשר לעשות מהם קומפוסט אבל בטמפרטורה גבוהה), **עיקור** של מתקנים (אם מדובר על חממות או על בתי רשת) ושמירה על משק מים מיטבי בקרקע (Gamliel and van Bruggen, 2016).

לאחרונה נמצא שהוספת **פחם ביולוגי (ביוצ'ר או ביו-פחם, biochar)**⁴⁸ לקרקע משמשת גם היא אמצעי לוויסות ביולוגי. המנגנון כאן הוא כנראה שינוי אוכלוסיות החיידקים שסביב שורשי הגידול והגדלת האוכלוסייה של החיידקים התורמים לעמידות הצמח בפני גורמי עקה ביולוגיים או חיזוק פעילותם (Elad et al., 2010);

הפעילות נמוכה. חיטוי זה יכול לגרום לזיהום אזור השדה בשאריות פלסטיק, וניתן להתגבר עליו בעזרת שירותי מחזור או שימוש בפלסטיק מתכלה (Gamliel and van Bruggen, 2016).

חיטוי ביולוגי (biological disinfection) - חיטוי זה מבוסס על הכנסת חומר אורגני המשפיע על פתוגנים באופן מדכא, ובמקרה זה החיטוי הוא אווירני (בנוכחות חמצן, אירובי). **איוד ביולוגי (ביופומיגציה)** הוא מקרה פרטי של החיטוי הביולוגי, ומשתמשים בו בחומרים אורגניים או בצמחים הידועים כמפרישים חומרים המדכאים פתוגנים: רסק דגים, זבל עופות, כוספה (פסולת עתירת חנקן מתעשיית השמן או ממשחטות) - שמשחררים אמוניה לקרקע; בצמחים ממשפחת המצליבים המשחררים גלוקוזינולאטים או במיני שום המשחררים שמנים אתריים חריפים; גם שאריות צמחי תבלין אחרי הקטיף יכולות לשמש חומרי חיטוי. כל אלה משנים את חברת החיידקים בקרקע או הופכים חיידקים "טובים" לפעילים בדיכוי פתוגנים (Gamliel and van Bruggen, 2016).

דוגמה להפעלת איוד ביולוגי היא הטיפול במחלות קרקע בענף התבלינים בישראל, ענף שהתפתח מאוד ב-20 השנה האחרונות, מיועד בחלקו ליצוא וכולל מגוון גידולים: ריחן, עירית, מרווה, רוזמרין, קורנית ועוד. ככל שהתרחב גידול התבלינים בשדה הפתוח ובבתי צמיחה, ונעשה באותן חלקות, הלכו והתפתחו בו מחלות שגבו מחיר ביבול ובהכנסה. התבלינים סובלים ממגוון של גורמי נזק (נמטודות, פטריית הקשיזנה הגדולה, פתוגנים של נבטים, צמחים טפילים) (Chellemi et al., 2016). משקים המתמחים בייצור צמחי תבלין מגדלים על פי רוב מספר מינים, מה שמאפשר החלפת גידולים בין החלקות השונות והקטנה של התבססות הפתוגנים. את השאריות של כמה מצמחי התבלין ניתן להצניע באדמה, ואז הם מעשירים את הקרקע בחומר אורגני וגם מרחיקים פתוגנים בזכות החומרים המשניים שבתוכם. חימום הקרקע או חיטוי סולרי מחזקים את הפעולות הללו (Klein et al., 2011).

את הצמחים או החומר האורגני יש להצניע בקרקע רטובה תחת כיסוי פלסטיק למשך 3-6 שבועות. חיטוי

48 **ביוצ'ר** - תוצר מוצק של פירוק חומר אורגני בטמפרטורה גבוהה ללא אספקת חמצן.

הגישה האגרו-אקולוגית להתמודדות עם מחלות דוגלת בשמירה על בריאות המערכת כולה: מגוון גבוה של מיני גידולים וצמחים; מחזור זרעים מפותח הכולל צמחים מקבעי חנקן וגידולי כיסוי (המבטיחים תכולת חומר אורגני גבוהה בקרקע); מזעור פליחה; שימוש ברב-גידול ובדו-גידול בחלקות; מגוון ופעילות גבוהים של שוכני קרקע; שמירה על יכולת תאחיזת מים גבוהה ויעילות ניצול מים גבוהה; יכולת חילופי קטיונים גבוהה ושימור מרבי של חומרי הזנה בקרקע (Drinkwater et al., 1995; Gomiero et al., 2011; Tuck et al., 2014). מצב אקולוגי טוב של המערכת האקולוגית בקרקע יוצר חברה עשירה ומגוונת של שוכני קרקע, שיכולים למנוע התבססות פתוגנים, לווסת את אוכלוסיותיהם, להקטין את נזקם ולהשרות עמידות בגידולים בניגוד לחברה המתפתחת בקרקע בעקבות הטיפולים הכימיים השכיחים.

על מורכבות הנושא ניתן ללמוד ממחקר שבחן פרקטיקות שונות להקטנת נזקי פטריית הפוזריום בעגבניות בארה"ב. ההדבקה בפטרייה ירדה ב-14% כאשר גידלו עגבניות אחרי 3-4 שנים של פְּרָב עם עשבים טבעיים או חריש עמוק עם דיסק; ההדבקה פחתה ב-4% אחרי 3-4 שנים של גידול צמחי מספוא (דגניים רב-שנתיים) או ממשק אורגני שכלל העשרת הקרקע בחומר אורגני וזריעת צמחי כיסוי (Chellemi et al., 2012).

ה. הדברה משולבת

תפיסת ההדברה המשולבת שפותחה תחילה לטיפול במזיקים (ראו לעיל) אומצה גם כגישה להתמודדות עם מחוללי מחלות מתוך הנחה כי שילוב טקטיקות הדברה ושיטות שונות יוביל לתוצאה הטובה ביותר מבחינת הפחתת נזקים. גם במקרה זה השימוש בטיפול הכימי נעשה רק בהיעדר פתרון אחר (Chellemi et al., 2016). הדברת מזיקים משולבת אומצה ומופעלת במקרים רבים, במלואה או באופן חלקי, אך בהדברת מחלות המצב מורכב יותר. כאן חשוב ביותר שהטיפול יינתן לפני התפרצות המחלה, שכן ההשתלטות עליה לאחר מכן קשה מאוד. על כן, חשוב לנסות לחזות את עוצמת הפגיעה הכלכלית הצפויה מהמחלה, ועל סמך זאת להחליט אם להשקיע בטיפול לפני עונת הצימוח. גם היכולת להפעיל הדברה ביולוגית נגד מזיקים בקרקע או גורמי מחלות קרקע מוגבלת מאוד ביחס לפעולות על פני הקרקע (Chellemi et al., 2016).

עדיין אין (Elad et al., 2011; Meller Harel et al., 2012) בחינה מלאה של מעשיות השיטה ולא ברור מה עתידו של הביו-פחם בקרקע, שכן ידוע שהוא חומר יציב ואינו מתפרק במשך שנים רבות.

ד. הדברה ביולוגית

מדברים ביולוגיים של גורמי מחלות קרקע משפיעים, בדומה לוויסות או להדברה ביולוגית של מזיקים, דרך עידוד תהליכי תחרות, הדבקה במחלה, אנטיביוזה (יחסי גומלין בעלי השפעה שלילית על אחד הצדדים, כמו אללופתיה), טריפה או טפילות הגורמים לאוכלוסייה של הפתוגן לקטון או לשמור על גודל יציב. גם פגיעה בתפקוד הפתוגן (hypovirulence) על ידי העברת וירוס או עיכוב אנזימטי או **השראת עמידות** אצל האורגניזם הנתקף (הגידול החקלאי) יכולים להיחשב כתהליכי ויסות או הדברה ביולוגית (DeBach and Rosen, 1991). מרבית ההצלחות בוויסות ביולוגי של מחלות התרחשו בגידול מבוקר בתנאי חממה בתנאים אקולוגיים יציבים למדי (Xu et al., 2011).

תהליך של פיתוח והתאמה לשימוש מסחרי כמוסתי מחלות ביולוגיים הושלם רק עבור מיקרו-אורגניזמים בודדים. אחד מהידועים שבהם הוא זן של פטרייה מהסוג **טריכודרמה** שיכול, למשל, להקטין נזקי מחלות עלים בגידול אינטנסיבי של מלפפונים בחממות, כנראה בדרך של השראת עמידות (Elad, 2000). שילוב אחר שנוסה בהצלחה היה שימוש במיקוריזה על צמחי עירית בשדה שעבר חיטוי סולרי לטיפול במחלת השורש הוורוד שנגרמת מאילוח בפטרייה (Winger et al., 2003).

פעילות גבוהה של חיידקים ופטטריות וריכוז ניטרט נמוך בקרקע יעזרו במניעה או בהקטנה של נזקי מחלות, בעוד שהתנאים בחקלאות הקונבנציונלית הפוכים (Drinkwater et al., 1995). מענה טבעי למחלות קרקע הן **הפרשות של תרכובות אנטיביוטיות** מחברת החיידקים המוגדרים "טובים", החיה בסביבת בית השורשים של הגידול (Weller et al., 2002) (ראו פרק III, עמ' 123-124). אומנם המחקר על תפקוד חיידקים בהגנה על הצמח ובהשראת עמידות למחלות נמצא בראשית הדרך (Mendes et al., 2011), אך יש כבר בשוק מוצרים לבקרה ביולוגית של מחלות. המוצרים האלה עדיין לא מופרים למרבית החקלאים, והמכירות שלהם ב-2005 היו רק כ-1% מסך מכירות החומרים הכימיים בחקלאות (Fravel, 2005).

תמונה II-14. עישוב ידני בחקלאות מסורתית

ושיפור מתמיד של ריכוז החומר האורגני ואיכותו בקרקע (קומפוסט טוב, הזנת גידול מתאימה) מסייע גם בדיכוי מחלות. חיטוי מתאים ומקצועי בעיתוי הנכון ישלימו את הממשק, אם מוסיפים לכך צמחי גידול מותאמים: זנים עמידים והרכבות על כנה עמידה, הסיכוי להימנע מנזקים וממחלות גדול (גמליאל, ריאיון, 2018).

7. הדברת עשבים משבשים⁵⁰

עשבים המתפתחים בשדה החקלאי עלולים לגרום לנזק כלכלי בשל התחרות עם הגידולים על משאבים (אור, שטח גידול, מים וחומרי הזנה) או שהם מעכבים צימוח של הגידול דרך הפרשת חומרים כימיים (אללופתיה). בארה"ב הוערך נזק זה בסוף המאה ה-20 בכ-15 מיליארד דולר (Bridges, 1994), ובמדינות המתפתחות ההערכה היא שהנזק גבוה יותר כי משתמשים פחות בחומרי הדברה או שמתמשים בהם בצורה מקצועית פחות.

בעולם ידועים כ-1,800 מיני צמחי בר הנחשבים משבשים גידולים חקלאיים (weeds) (Casida and Bryant, 2017). העשבים האלה מפתחים במהירות התאמות ועמידות לחומרי ההדברה, ומתבססים במערכות אקולוגיות חקלאיות אם לא ננקטת פעולה נחרצת כנגדם (Buhler, 1999). יש עדויות לכך שבתוך 10 עד 20 שנה מתחילת השימוש בשבעת קוטלי העשבים (הרביצידים) העיקריים, פיתחו חלק מהעשבים המזיקים עמידות להם (Palumbi, 2001). החקלאות המסורתית טיפלה בעשבים בעישוב ידני שאינו אפשרי בחקלאות האינטנסיבית, שיש בה שדות גדולים ולא מספיק כוח אדם לממשק ידני, שעלותו לרוב גבוהה מאוד (תמונה II-14).

לצורך הדגמה של פעילות נהוגה בהדברת עשבים הנחשבים ממצאי סקר שבוצע בכרמי ענבים ובמטעי תפוחי עץ בגולן (גביש ואחרים, 2016):

קטן ושותפיו (Katan et al., 2012) הגדירו את עקרונות ההדברה המשולבת של גורמי מחלות קרקע כך: זיהוי מדויק של הפתוגנים תוך התייחסות להיסטוריית המחלות של הגידול והשדה; התייחסות להדבקה אפשרית תוך כדי עונת הצימוח, לפנייה או אחריה; שימוש מבוקר ומושכל באמצעי ההדברה שנבחר; התייחסות מלאה למעטפת שיקולים רחבה - כלכלית, חוקית, חברתית ופוליטית (הסכמים וּאִמְנוֹת); התייחסות ארוכת טווח לפתוגן ולהדברתו, היות שבכל מקרה נשאר אכילוסיה שלו בקרקע; חשיבות ההדרכה וההנחיה לחקלאים.

התארגנות מעניינת וחשובה בהקשר זה היא הקמת "פורום יובל", המאגד את כל הגורמים העוסקים בגידול ירקות בארץ (מגדלים, חברות זרעים, משתלות, חוקרים, מדריכים, אנשי אסדרה) והחתמתם על אמנה הקוראת לשיתוף פעולה מלא בכל היבט הקשור למחלות צמחים⁴⁹.

לסיכום, ההתמודדות עם מחלות קרקע חייבת להישען על גישה מערכתית (בדומה להדברה משולבת של מזיקים). טיפול אגרו-טכני נכון הכולל מחזור זרעים מוקפד

49 **משוב לחקלאות** 318, ינואר 2016.

50 פרק זה מתייחס לעשבים המשבשים את הגידול החקלאי בהיותם מתחרים אגרסיביים וקשים להרחקה. באנגלית קבוצת צמחים זו קרויה weeds, ובעברית היא שקראו לה בטעות עשבים רעים במקום המונח העברי המקורי עשבים שוטים. כיום יש החולקים על מינוח זה אך טרם נמצאה לו חלופה. בספר זה אנו משתמשים במונח עשבים משבשים. ההגדרה המתאימה ביותר לעשבים משבשים היא: "עשבים שצומחים במקום שאתה לא רוצה אותם בו" (גרף, ריאיון, 2018).

תמונה II-15. שדה פלחה משובש בשיחי צלף, שהוא צמח רב-שנתי



צילום: רוחי רבינוביץ

ענבים

כל החקלאים ציינו שבעיית העשבייה בכרמים אינה אקוטית, וניתנת לשליטה מכנית. סוג הטיפול המקובל הוא כיסוח מכני בין השורות וריסוס בקוטלי עשבים בתוך השורה, למעט משק אחד שמתמש בפליחה ומשק אורגני.

תפוחי עץ

מרבית החקלאים מרססים בתוך השורות בקוטלי עשבים למעט המשק האורגני. שני חקלאים מכסחים בין השורות, ובמשק האורגני מכסחים גם בין השורות וגם בתוכן.

בסיס ההרשעה הוא בכך שהיצרנית לא דאגה לאזהרה מתאימה לגבי הסיכון שבשימוש בקוטל העשבים. בעקבות פסיקה זו הוגשו עוד כ-5,000 תביעות דומות בארה"ב⁵². הנושא אינו פשוט כלל ועיקר, כי הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב סיימה לאחרונה מחקר של עשרות שנים על הגלייפוסט ומסקנתה היא שהחומר כנראה לא מסרטן לאדם, בעוד שארגון הבריאות העולמי סיווג את הכימיקל כ"ככל הנראה מסרטן [קרצינוגן] לבני אדם" (Davoren and Schiestl, 2018).

ווייז (Wyse, 1994) טען שהעשבים מכתיבים את מרבית הפעולות בשדה החקלאי (חריש, ריסוסים, עיבודים, מבנה השדה) ולכן על חוקרי העשבים להוביל, יחד עם עמיתים מתחומים משיקים, את פיתוח המערכות החקלאיות כדי שייגרם נזק נמוך יותר לסביבה ותישמר הרווחיות.

יש עדויות שהשארית מעט עשבים משבשים בשדה יכולה להגדיל את אוכלוסיית האויבים הטבעיים של מזיקים פרוקי רגליים, בעוד שפריחהם יכולים למשוך מזיקים, ולכן יש לבחון כל מערכת גידול לגופה (Mediene et al., 2011). נוסף על כך, רמת תחרות גבוהה בין עשבים משבשים לצמחי סויה הביאה לעלייה בריכוז החלבון בזרעי סויה על חשבון תכולת

פיתוח קוטלי עשבים כחלק מה"מהפכה הירוקה" יצר חלופה יעילה לעבודה הידנית. קוטלי עשבים מהווים 55% מסך כל חומרי ההדברה ששימשו בחקלאות ו-60% מכלל המכירות של חומרי הדברה (Casida and Bryant, 2017). קוטל העשבים הנפוץ גלייפוסט, המוכר בשמו המסחרי ראונד-אפ, נמכר לראשונה ב-1974, ומאז הנפח הנמכר שלו ושל נגזרותיו גדל פי 100 (Myers et al., 2016). השימוש בחומר זה גדל בארה"ב מ-3.6 מיליון ק"ג ב-1987 ל-108 מיליון ק"ג ב-2014. השימוש בצמחים מהונדסים בעלי סף סבילות גבוה לקוטלי עשבים המאפשרים שימוש בכמויות גדולות שלו, מסביר חלק מגידול זה (Myers et al., 2016).

הגלייפוסט פותח כמענה לבעיות שיצרו חומרים קודמים: סיכוני בריאות לאדם, פגיעות בצמחי הגידול ויעילות הולכת וקטנה. באוגוסט 2018 פסק בית משפט בארה"ב שעל חברת הענק לתוצרי חקלאות מונסנטו לשלם פיצוי של 289 מיליון דולר לגנן שחלה בסרטן, לטענתו בגלל חשיפה מתמשכת לגלייפוסט⁵¹. התמודדות עם מצב חדש זה תהיה אתגר משמעותי לחקלאות בעולם כולו לנוכח השימוש המוגבר שנעשה בו והחשיפה של גידולים רבים, בעלי חיים, ובני אדם לחומר ולשאריותיו (Myers

51 כלכליסט, 2018. 11 לאוגוסט.

52 דה מרקר, 2018. 11 באוגוסט.

הן משטרי עיבוד שמעודדים עשבים. כאשר הופיעה עמידות לקוטלי עשבים בעשבים מסוימים החליפו החקלאים חומרים, אבל רק שם החומר השתנה ולא מנגנון הפעולה, כך שהעמידות המשיכה להתפתח (רובין, כנס הנגב, 2014).

בעבר היה ניסיון ליישם בישראל ממשק להקטנת ההשפעה של עשבים בעזרת שינויים מובנים במחזור הגידולים. לדוגמה, נעשה ניסיון להדביר גומא פקעים (סעידה) בעזרת מחזור גידולים רב-שנתי (קליפלד ואחרים, 2000). הבעיה היא שכיום כמעט בלתי אפשרי מבחינת החקלאי להחליט מראש על גידולים עתידיים בגלל תנודות מזג האוויר, שינויים בשוק (ביקוש ומחיר) וזמינות המים ומחירים. הקפדה על מחזור גידולים מסוים רק משום שהדבר מסייע להקטנת השיבוש מהעשבים ללא הדברה כימית יוצרת סיכון כלכלי לחקלאי בתנאים של חוסר ודאות (איזנברג ועמיתיו, ריאיון, 2017).

יש עדויות (מעטות בשלב זה) שעשבים משבשים זקוקים לפחות משאבים כדי לשרוד בסביבה עתירת מזיקים (כולל פרוקי רגליים, גורמי מחלות ונמטודות) לעומת גידולים חקלאיים, שמטבעם אינם מתחרים יעילים משום שטופחו לסביבה שיש בה כמות משאבים סבירה. מרבית העשבים **חסינים** (tolerant) ואפילו **עמידים** (resistant) למרבית המזיקים החקלאיים המקומיים, ובעיקר לאלה החיים בקרקע, בשל תהליכים מתמשכים של סלקציה אבולוציונית (Schroeder et al., 2005).

נוכחות עשבים משבשים מחוץ לשדה עשויה להניע תהליכים דומים לאלה שמתרחשים בתוכו, ועל תוכנית הדברה מרחיבה להביא זאת בחשבון (Norris and Kogan, 2005). מאידך גיסא, לעשבים אלה יש היבטים מורכבים, שחלק מהם חיוביים: ניסויים מצביעים על כך שחלק מהעשבים המשבשים מתווכים בקשר שבין גידולים חקלאיים **ומיקוריה**⁵³ (Vatovec et al., 2005) ואחרים מראים כי עשבים רבים תומכים במגוון ביולוגי גבוה של עופות או חרקים (Shennan, 2008).

א. ממשק אגרונומי להדברת עשבים

אחת השיטות המסורתיות להקטנת השיבוש בעשבים היא **הגדלת הצפיפות** של אוכלוסיית הגידול הנזרע. הגישה

שמן, מכאן, שאולי אפשר יהיה לשנות תכונות איכות של גידולים בעזרת הרכב חברות עשבים משבשים שייזרעו או שיטופלו בהדברה ייעודית (Gibson et al., 2017).

המחיר הסביבתי והבריאותי של השימוש המתמשך בחומרי הדברה, התפתחות עמידות לחומרים הכימיים אצל חלק מהעשבים, הפצה גלובלית של עשבים משבשים דרך הסחר החקלאי הבין-לאומי והחרפת ההשפעה של עשבים על גידולים חקלאיים בעקבות שינוי האקלים ושינויים בטכנולוגיית העיבוד, הביאו לחיפוש אחר חלופות יעילות יותר ומזיקות פחות מההדברה עם חומרים סינתטיים (Leibman et al., 2016).

התפתחויות בהדברה סביבתית-מקיימת של עשבים פיגרו מעט אחר ההתפתחויות בהדברת מזיקים ומחלות, אולי בגלל שהתפתחות של **עמידות** אצל עשבים איטית יותר מזו שמפתחים חסרי חוליות. אך אין להבין מכך שהתפתחות עמידות לחומרי הדברה אינה בעיה קשה בהדברת עשבים. כבר בשנות ה-80 הביא השימוש המוגבר באטרזין ובסימזין להתפתחות עמידות לחומרים אלה בעיקר בשדות התירס בארה"ב. בעשורים האחרונים מתחולל תהליך דומה עם גלייפוספט (Heap, 2014), דבר המדאיג מאוד את אנשי המקצוע (Owen, 2016). סקר שנערך לאחרונה מדווח על 388 מקרי עמידות שזוהו בעולם המתייחסים ל-210 מיני עשבים (Heap, 2014). עשבים פיתחו עמידות ל-21 מתוך 25 אתרי פעולה של קוטלי עשבים (מוקדים על המולקולה של הרעלן) ול-152 סוגים של קוטלי עשבים. החשש כיום הוא שתעשיית קוטלי העשבים קרבה למיצוי אתרי הפעולה ומנגנוני ההשפעה של קוטלי העשבים, ופתרון לבעיה טרם נמצא.

אופי העיבוד החקלאי בישראל מעודד, במספר מקרים, התפתחות של עשבים.

בנגב הצפוני, אזור הסובל מבצורות תכופות, לא מרססים נגד עשבים משיקולי עלות-תועלת כלכליים. לא מבצעים גם טיפול מוקדם (לפני הצאת הגידול) בגלל האי-ודאות לגבי הצלחת הגידול בהמשך השנה (משקעים לא סדירים) וההכנסות שגיעו ממנו. גם השקיה בטפטוף וגם אי-פליחה

⁵³ **מיקוריה** - יחסים הדדיים (מוטואליזם) בין צמח לפטריות החיות בקרבת השורשים שלו. הפטריות מספקות לצמח מינרלים ומקבלות פחמימות מתוצרי הפוטוסינתזה.

בתכונות אלה (Andrew et al., 2015). טרם פותחה הבנה מלאה של יחסי התחרות בין גידולים לעשבים ומה הם הגורמים המעצבים אותם: גובה הגידול, ארכיטקטורת הצמח או ההקצאה הפנימית של המשאבים. גם היחס בין דחיקה בתחרות לעמידות להשפעת העשבים לא מוגדר דיו. אלה שאלות קלאסיות שגם האקולוגיה הביולוגית מתחבטת בהם. בכל מקרה, לפי אנדרו ושותפיו, תהליך גיבוש תובנות אלה ותרגומו לפרוטוקול שמתאים לחקלאי, נמצא עדיין בחיתוליו.

ברתולדסון (Bertholdsson, 2005) הציע שהתכונות החשובות ביותר לחיטה ולשעורה שמבשילות באביב כדי להצליח בתחרות מול עשבים משבשים הן צימוח חזק מעל הקרקע ומתחתיה וביומסה גבוהה בתחילת תהליך הצימוח והפעילות האללופתית. הקריטריון להצלחת הדחיקה התחרותית על ידי הגידול היה ביומסה נמוכה יחסית של העשבים בתחילת עונת הצימוח מול זני דגניים שונים, בעלי מנעד תכונות (גובה וביומסה). לגובה הנוף של הגידול הייתה השפעה קטנה יותר על דחיקת העשבים. תמונה II-16 מראה "כיבוש" של שדה חיטה על ידי עשבי בר שצמיחתם מהירה מזו של צמחי החיטה.

תמונה II-16. שדה חיטה משובש בצמחים ממשפחת המצליבים. השדה לא קיבל טיפול למניעת התפתחות העשבים או לוויסותם



צילום: אבי פרבולצקי

טיפוח זנים של הגידול החקלאי החד-שנתי שיש להם יכולת התמודדות גבוהה יותר עם העשבים - בעיקר יכולת צימוח מהירה בכל הממדים בגיל צעיר ומבנה רחב היוצר תחרות על אור מול העשבים - הוא רעיון חדש יחסית שיכול לתרום להקטנת השימוש בקוטלי עשבים (Shennan, 2008); אומנם ראשוני הזנים בעלי התכונות הללו כבר נעשו מסחריים, אך קיים חשש שבתהליכי הפיתוח יבואו התכונות הנדרשות על חשבון כמות היבול ואיכותו. הגדלת צפיפות הזריעה של הגידול או שינוי המבנה המרחבי של החלקה עשויים לסייע בהרחקת העשבים, אך גם להביא להשפעה לא צפויה על היבול.

במסגרת ההתמודדות עם עשבים המשבשים גידול תירס מתוק שהוזכרה לעיל, נבחנו גם זנים שונים בני כלאיים. נמצא שהזנים הגבוהים, שהם גם בעלי שטח עלה גדול, הצליחו להקטין טוב יותר את ביומסת העשבים (יצרו תחרות חזקה יותר) ולהפיק יבול גבוה יותר (הראו עמידות גבוהה יותר להשפעת העשבים). הדברה מוקדמת בעונה עזרה לקבל תוצאות יבול מיטבי במערכת זו (Boydston and Williams, 2015).

היא אקולוגית במהותה - **הגדלת התחרות** על משאבים (אור, חומרי הזנה, מים) בין הגידול והעשב, אך מרמת צפיפות מסוימת רמת היבול יכולה לרדת בגלל תחרות בין צמחי הגידול לבין עצמם. לכל גידול, ולפעמים לכל שדה, יש לקבוע את הצפיפות המתאימה כדי לשמור על שיבוש מזערי בגלל העשבים ועל יבול מרבי.

דוחן הוא עשב משבש הפוגע בגידולי תירס הנפוצים מאוד בארה"ב; ההנחה הייתה שצפיפות זריעה גבוהה יכולה להקטין את השיבוש שגורם דוחן בשדה, אבל היחסים הכמותיים בין צפיפות הזריעה והשיבוש לא נקבעו. בניסוי שדה נמצא שהצימוח של עשבי הדוחן ומספר הזרעים שהם יצרו בשדה הזרוע השתנה רק באופן מוגבל כאשר הגדילו משמעותית את צפיפות זריעת התירס, ולכן צפיפות זריעה אינה חלופה ממשקית מתאימה במקרה זה (Williams and Boydston, 2013)

כושר התחרות ומהירות הצימוח לא נחשבו תכונות חשובות במאמצי הטיפוח של גידולים שונים, כולל דגניים, אך התפתחות עמידות לחומרי הדברה השיבה את העניין

העלייה בנוכחות הדגניים הנמוכים בשדות יכולה להיות קשורה לפעולת הרעייה שמרחיקה את השלף ומגדילה את האור המגיע לקרקע, או להידוק הקרקע על ידי הצאן. התוצאה הייתה יכולה להיות אחרת אילו הרעייה הייתה מוקדמת יותר, כי אז היו יותר זרעים בצמר ובגללים. השהיית הרעייה גרמה להתייבשות מיני הצומח הבעייתיים במרעה הטבעי ולפיזור הזרעים לפני הרעייה. כִּרְבֵּנָה נע עם אפונה יכול להרחיק את העשבים מהשדה על ידי הקטנת שיעורי הנביטה בעזרת הצל שהאפונה מטילה (לנדאו ואחרים, 2004).

ב. גידולי כיסוי כאמצעי דחיקת עשבים

לגידולי כיסוי יש שימושים שונים (קיבוע חנקן, מניעת סחיפת קרקע, העשרה בחומר אורגני ועוד - ראו סעיף 9, עמ' 88); הם יכולים לשמש גם **צמחים מדכאים** (smother plants) הגדלים במקביל לגידול עצמו ומגבילים את התפתחות העשבים המשבשים (Teasdale et al., 2007). גידולי כיסוי יכולים להפוך לרכיב בניהול מושכל של טיפול בעשבים משבשים בשלושה אופנים: מניעה או עיכוב של נביטה, פגיעה בצימוח ובהתפתחות, או פגיעה ביכולת ייצור הזרעים (Phatak, 1992).

בארה"ב השתמשו בבִּקְיָה, בשיפון ובתלתן כצמחי דיכוי לעשבים בשדות תירס או סויה, אך הם גם התחרו בגידול עצמו, והיה צריך להרחיק אותם באמצעות חריש או ריסוס. אפשר גם להשתמש ב**חיפוי**⁵⁴ לא חי (mulch - גבבה) של שלפי הגידול עצמו או של גידול הכיסוי. פתרון אידיאלי הוא השימוש בשלפים של הגידולים (ראו לעיל חלופות להדברת מזיקים), היות שהם משפיעים גם על העשבים המשבשים וגם על מזיקי קרקע.

באיטליה נערך ניסוי ארוך טווח (שבע שנים) שבחן את האפשרות לדכא עשבים משבשים בעזרת גידולי כיסוי חורפיים. הדיכוי נמדד דרך גודל בנק הזרעים והרכב המינים של העשבים. בניסוי הישוו גם בין עיבוד קונבנציונלי לעיבוד מופחת. צפיפות בנק הזרעים בעיבוד המופחת הייתה

לרצף הגידולים, למחזור הזרעים ולשיטות העיבוד השפעה רבה על מגוון המינים של העשבים המשבשים ועל צפיפותם, ושילוב גורמים אלה יכול להקטין את ההשפעה השלילית של העשבים (Sosnoskie et al., 2006). יש המציעים להשתמש בשיטת "**מהלומות רבות של פטישים קטנים**", כלומר טיפול בעשבים לאורך חייהם בעזרת שילוב של: טיפוח מכוון של הגידול כדי להגביר את כושר התחרות שלו; ציפוף הגידול; פליחה מותאמת של הקרקע; הוספת גידול לשדה (גידול משולב); שימוש בכיסוי צומח או השארת שלף רצוי עם תכונות דוחות מזיקים (Liebman and Gallandt, 1997; Westerman et al., 2005). כך, למשל, שינויים במחזור הזרעים יחד עם פליחה חלקית במשך שש שנים הגדילו אומנם את מגוון מיני העשבים המשבשים אך הקטינו משמעותית את בנק הזרעים שלהם (מ-41,000 ל-8,000 זרעים למ"ק); יבול השדה לא נפגע - לא מהפליחה ולא ממחזור הזרעים - כך שצפיפות העשבים קטנה, ונחסכו הוצאות הדברה (Murphy et al., 2006).

העשבים המשבשים מגיעים אל השדה בתהליכי הפצה שונים. סוכני הפצה מוכרים הן חיות משק הניזונות מהשלף אחרי הקציה היוגב מגדיל במעט את הכנסתו מהשדה משום שבעל העדר משלם עבור המשאב, והשדה זוכה לתוספת זבל. מצד שני, בתוך גללי הבהמות נמצאים זרעים של עשבים משבשים שיפגעו ביבול בשנה העוקבת.

בחוות המחקר מגדה שלייד מושב גילת נבדקה הפצת זרעים בגללים ובצמר של כבשים שעברו להיזון משלפי חיטה אחרי שהות בשטחי מרעה טבעי (לנדאו ואחרים, 2004). רעיית השלף התקיימה בחודשי הקיץ והעלתה את כמות העשבים בשדה. עם זאת, הגידול בנוכחות העשבים לא השפיע על יבולי החיטה (Landau et al., 2004), כנראה מאחר שהם היו בעיקר דגניים נמוכים שאינם מתחרים יעילים לחיטה הגבוהה. בגללים ובצמר של כבשים שנבדקו לפני הכניסה לשדות לא נמצאו זרעים של מינים דגניים אלה.

54 **כיסוי** מתקבל על ידי צמחים חיים הנזרעים למטרה זו. **חיפוי** הוא פיזור חומר אורגני לא חי (קש, גזם, רסק וכו') למטרות דומות (ראו בסעיף הבא).

גבוהה פי חמישה מאשר בעיבוד הקונבנציונלי. יעילות גידול הכיסוי והרכב חברת העשבים היו תלויים, בין השאר, באופי העיבוד ובגידול הכיסוי (Moonen and Bàrberi, 2004).

בניסוי נוסף שנערך במרכז איטליה נמצא שגידולי כיסוי שהומתו ויצרו חיפוי, היו יעילים בדיכוי עשבים משבשים בגידול פלפל יותר מהצנעה של החומר האורגני. שיבולת שועל נתנה תוצאות טובות יותר מבקיה או מלפתית. מצד שני, בקיה הביאה ליבול פלפל גבוה יותר משמעותית כמו גם אי-פליחה (עלייה של מעל 100%). לאור התוצאות, הממשק המומלץ היה הצנעת בקיה בתוך השורה העתידית של שתילי פלפל לטובת עשיית פרי מרבית זריעת שיבולת שועל בין השורות לדיכוי התפתחות עשבים משבשים (Radicatti et al., 2013).

בישראל אין שימוש נרחב בפרקטיקות האלה בגידולי שדה בגלל התחרות הקשה על לחות הקרקע והחשש שגידול הכיסוי יפגע בהתפתחות וביבול של צמח הגידול; מאידך גיסא, השימוש בגידול כיסוי נעשה נפוץ במטעים שונים (ראו בהמשך הפרק).

ניתן להשתמש בצמחים עתירי אלולופתיה גם כגידול משני או כגידול כיסוי, אם כי מין הגידול, כמות הצומח ליחידת שטח, תנאי השדה, תכונות הקרקע, זמן ההתבססות של הגידול המסחרי יכולים להשפיע על היקף דחיית העשבים המשבשים (Weston, 2005). במטעים ובכרמים ניתן להשתמש בחיפוי של צמחים אלולופתיים קצורים, וכך מתקבלת הגנה מהעשבים וגם מסחיפת קרקע.

לאחרונה דווח על הצלחות לא מעטות בשימוש בחומרי הדברה ממקור צמחי בניסויים בתנאים מבוקרים, אך הידע על יעילות השימוש בשטחים פתוחים גדולים - מועט. לכן, חרף העניין הרב שמעורר התחום, יש מעט תוצרים מסחריים של חומרים כאלה (Weston and Duke, 2003; Isman, 2008) ונשקפת להם תחרות קשה מצד תעשיית החומרים הסיוטטיים. להערכת החוקרים, שלושה גורמים מונעים פריצת דרך בתחום השימוש בחומרים אלולופתיים להדברת עשבים: עלות גבוהה של ייצור מסחרי בגלל מורכבותם הכימית של החומרים, רעילות של חלק מהם עד כדי סיכון בריאותם של בני האדם, ונושאי קניין רוחני במדינות שחלק מהצמחים גדלים בהן (Duke et al., 2002).

מעניין לציין שרמת הפעילות האלולופתית של זנים ישנים (מ-100 השנים האחרונות) של דגניים (חיטה ושעורה) גבוהה ב-85%-32 מזו של זנים מודרניים (Bertholdsson, 2004). בניסוי מבוקר על שיפון נמצאו שמונה זנים (וריאנטים) של הדגן שבשאריות שלהם יש חומרים אלולופתיים (בנזוקסזינואידיים). בניסוי נמצא שהשארית חלקי שיפון בשדה אחרי הקציר הביאה לפחיתה של 52%-40 בנוכחות העשבים המזיקים. השפעה זו דומה להשפעת ההרחקה של עשבים מזיקים בריסוס (Tabaglio et al., 2008).

שימוש בגידולי כיסוי לפני זריעת תפוחי אדמה הראה יכולת דיכוי עשבים טובה תוך הפחתת מספר מיני העשבים, מספר העשבים הכללי ובימוסת העשבים בשדה (חיות ואחרים, 2014). שיבולת שועל תרבותית הייתה הגידול היעיל ביותר בדחיקת עשבים מהשדה. נראה כי ממשק גידולי כיסוי יכול לשמש חלופה משמרת קרקע להכנת השטח לפני זריעת תפוחי אדמה. בשנה השנייה לטיפול נצפתה עלייה קלה אך לא משמעותית סטטיסטית ביבול תפוחי האדמה. תרומה זו של גידולי כיסוי לגידול תפוחי אדמה מצטרפת להשפעה החיובית שלהם על חידור המים ולהקטנת הנגר והסחיפה מהשדה (אשל ואחרים, 2014).

ג. אלולופתיה

אחד מכיווני המחקר המבטיחים בהדברת עשבים הם החומרים האלולופתיים: אפשרות אחת היא מיצוי החומרים האלולוכימיים⁵⁵ ושימוש בהם כתחליף הדברה, האפשרות השנייה היא הגדלת היכולת האלולופתית של צמחי הגידול בכלים ביו-טכנולוגיים כדי שהם עצמם יפגעו בעשבים

55 החומרים שמפריש הצמח ושגורמים את התגובה האלולופתית (דוחים או דוחקים צמח שמנסה להתיישב בקרבת הצמח המפריש).

תמונה II-17. הדברת עשבים מכנית

חרף המודעות להיבטים אגרו-אקולוגיים בנושא הדברת עשבים בחלקה החקלאית נמצאו גישות שונות אצל חקלאי מושב ערוגות ('קבוצת ערוגות', ריאיון, 2017). יש הממשיכים לרסס כנגד העשבייה בכרם, ויש שמשאירים את העשבייה במהלך החורף-אביב ומכסחים אותה מאוחר בשנה. יש לזכור שבכרם של ענבי מאכל יכולה להתפתח עשבייה גבוהה מאוד שתפריע לעבודה מאוחר יותר. החלפת עשבים "קשים" (עמידים וקשוחים) בעשבים "רכים" בתהליכי תחרות ודחיקה אינה מוכרת. מצד שני, העשרת קרקע בחומר אורגני והקטנת עומס החומרים הכימיים מובאת בחשבון על ידי חלק מהמגדלים.



חנן איזנברג, חוקר עשבים ממנהל המחקר החקלאי (נווה יער), טוען שאפשר להוריד 70-80% מחומרי ההדברה נגד עשבים ולהחליפם באמצעים מכניים, אך שני גורמים מעכבים מהפכה זו: **השמרנות** של חלק מהחקלאים ו**היעדר התמיכה** מצד גורמי ממשל לרכישת התשתית (כלים מותאמים מכנית) (איזנברג ועמיתיו, ריאיון, 2017). חיזוק לעמדה זו מגיע ממאמר של קבוצת מומחים בין-לאומית שדן בפוטנציאל האימוץ של גישות חדשניות להדברת עשבים - גיוון אסטרטגיות הדברה תוך שילוב שיטות משלימות; פיתוח גוטיפי של גידולים המדכאים את העשבים והגבלת תפוצה של העשבים (Liebman et al., 2016). לטענת המומחים, חקלאים ומנהלי שטחים פתוחים אימצו את השיטות הללו בצורה מוגבלת ביותר בגלל היעדר מדיניות ממשלתית תומכת, היעדר מנגנוני שוק תומכים והיעדר סיוע לחקלאים בקבלת החלטות מעשיות. לדעתם, שינוי משמעותי יתרחש רק כאשר יקומו קבוצות מומחים מכל הדיסציפלינות המעורבות (מדענים, מהנדסים, כלכלנים, אנשי מדעי החברה וההתנהגות, מחנכים, חקלאים, מנהלי שטחים, תעשיינים וקובעי מדיניות) שיגבשו ויקדמו יחד התנהלות שונה בתחום הדברת העשבים (Liebman et al., 2016).

כיום טיפולים שונים בשדה החקלאי, במיוחד כאלה הנשענים על מיכון יקר, נעשים על ידי קבלן חיצוני. כלים מתוחכמים לריסוס אוטומטי של עשבים משבשים מחוץ לשורת הגידול קיימים בעולם, אך עדיין לא נמצא הקבלן שיספק שירות כזה בארץ, ולכן חלופה זו אינה זמינה כאן.

לא ידוע לנו על פרקטיקה מעשית בישראל שמשתמשים בה בצמחים אללופתיים להרחקת עשבים (איזנברג ועמיתיו, ריאיון, 2017).

ד. טיפול מכני

התפתחויות טכנולוגיות של **חקלאות מדייקת** מאפשרות גם **הדברה ממוקדת** וטיפול מכני בעשבים: התפתחות אחת היא שימוש מדויק מאוד בחומרי הדברה ופיזורם רק על העשב המיועד להרחקה, שמשמעו חיטכון בכמויות חומרי ההדברה ליחידת שטח⁵⁶. ההתפתחות השנייה היא הדברה ללא כימיקלים בעזרת טיפולי קרקע בעיתוי המתאים ובשלב שהעשבים המשבשים רגישים ביותר להדברה. שאול גרף, מדרך חקלאי ותיק וכיום נשיא האגודה הישראלית למדע העשבים המשבשים (www.wssi.org.il), גורס שבטווח הארוך הפתרון שישלוט הוא הטיפול המכני בעזרת כלים עדינים שיפותחו. לדעתו, גם אז יהיה בלתי אפשרי לחדול מהדברה כימית, אם כי היא צריכה להיות ממוקדת מאוד ובמינון מתאים (גרף, ריאיון, 2018) (ראו תמונה II-17).

ניסוי מבוקר להדברת גומא הפקעים בצורה מכנית העלה שחריש לעומק 40 ס"מ וחשיפת הקרקע לקרינה במשך הקיץ, אחרי גידול שצרך את רוב לחות הקרקע בחורף, מפחיתים משמעותית את השיבוש בעשבים (קליפלד ואחרים, 1993). משטר הדברה זה היה אפקטיבי גם כעבור שנתיים, ולא פגע ביבול הכותנה או התירס.

56 הסרטון הבא, שהופק על ידי ג'וש עין חרוד מאוחד, טוב מכל תיאור כתוב: www.youtube.com/watch?v=2gF3lkAd2FY

אגרו-טכניות (מחזור זרעים, סדר גידולים ופריסתם במרחב, הזנת הגידול, אופי הפליחה ועיתותיה ובחירת זנים).

המאמץ הרב-תחומי של מומחים מדיסציפלינות שונות (TWR - Transdisciplinary Weed Research) רואה בעשבים המשבשים בעיה מורכבת ובעלת היבטים כלכליים, סביבתיים וחברתיים שהטיפול בה נוגע לאינטרסים ולתפיסות עולם של קבוצות שונות בחברה. גם פיתוח טכני מוצלח ("תכשיר פלא להדברה") ללא מעורבות מקבלי החלטות וחקלאים בפיתוח תפיסת ניהול כוללת, לא ישיע. כדי להגיע לפתרון טוב ולהשיג שינוי של ממש יש לכלול בפיתוחו גם מומחים בנושאי התנהגות אנושית והנעת תהליכים חברתיים (Ward et al., 2016; Jordan et al., 2014) (ראו דיון בסיפא של פרק זה). נדמה שהדברת עשבים משולבת, בניגוד להדברת מזיקים משולבת, טרם הגיעה לשלב שמאפשר ליישמה בתנאי שדה מלאים.

אחד המאבקים העזים בעשבים משבשים מתרחש בעשורים האחרונים באוסטרליה. בשנות ה-70 קרסה מערכת ייצור צמר הכבשים במרעה באוסטרליה מסיבות כלכליות. שטחי המרעה היו זרועים בעיקר בזון (מין של דגן) ובקטניות (תלתנים שונים ואספסת) שהם צמחי מרעה מוכרים ומותאמים. החוואים עברו לגדל באותם שטחים חיטה לגרעינים. תוך זמן קצר התגלה שהזון שהיה במקום הופך להיות עשב משבש אגרסיבי, שמתחרה בחיטה על מים ועל אור ומקטין את היבולים. הפתרון המקובל - ריסוס בקוטלי עשבים - הופעל, ואף השיג תוצאות רצויות בתחילה; במהלך שנות ה-80 וה-90 היבול והרווחיות גדלו. אחרי כעשור הופיעה עמידות לריסוסים, והחוואים הגדילו את המינון עד שקוטלי העשבים נעשו לא יעילים. בלית ברירה היו חוואים שהוסיפו קוטלי עשבים מסוגים אחרים. גודלן של אוכלוסיות הזון ששרדו מימי גידול המרעה, המגוון הגנטי הגבוה באוכלוסיות אלה (שנבע גם מזרעית זנים שונים לחיזוק כר המרעה), האבקת רוח שעוזרת להפצה מהירה, שימוש באותו קוטל עשבים לאורך זמן ובריכוזים נמוכים (חיסכון בעלויות) סייעו מאוד להופעת העמידות אצל הזון. השיקול הכלכלי (המינון הנמוך) גרם גם להופעה מהירה של עמידות לקוטל העשבים החלופי. הבעיה הוגדרה כגדולה בעולם מבחינת עמידות העשבים להדברה.

בחקלאות האורגנית משתמשים רק בקלטור ובניכוש להתמודדות עם עשבים שיוצרים בעיה רצינית, כי בפרוטוקול הישראלי אסור לחקלאי האורגני לחרוש, ואי-פליחה מעודדת עשבים. פרוטוקולים במדינות אחרות ליברליים יותר בנושא הזה, אך התנאים שם שונים.

ה. יסות משולב

אף על פי שחלק מחוקרי העשבים מדגישים זה זמן את הצורך בפיתוח **הדברה ביולוגית** עבור עשבים משבשים - כפי שנעשה עם מזיקים ובמידה מסוימת עם מחלות - עדיין לא קיימים פרוטוקולים מוכחים להרחקת עשבים באמצעות הדברה ביולוגית בלבד. בתחילת שנות ה-90 הובעה תקווה שבקרוב נוכל להדביר עשבים משבשים בעזרת פטריות, אך היא לא התממשה, למיטב ידיעתנו, עד היום (Hasan and Ayres, 1990). חיידק קטלני לעשבים שפותח באוניברסיטת פלורידה היה יעיל מאוד בניסוי מעבדה, אך בשדה הרג גם את הגידול עצמו. גם בישראל לא נעשה שימוש בהדברה ביולוגית כאמצעי בלבדי לטיפול בעשבים משבשים (איזנברג ועמיתיו, ריאיון, 2017).

בהיעדר חלופה מוצלחת לקוטלי עשבים נעשים ניסיונות רבים לגיבוש **הדברת עשבים משולבת** (IWM - Integrated Weed Management) (Buhler et al., 2000). תחום זה מתפתח באיטיות יחסית משום שהוא מחייב ידע על הדינמיקה של אוכלוסיות העשבים, איתור השילוב הנכון להפעלת הפרקטיקות בשדה ותכנון ארוך טווח של מהלך ההדברה (הפוך משיטת ה"זבנג וגמרנו"). המטרות של הדברת העשבים המשולבת הן מניעת ההצטברות של זרעי העשבים בקרקע, הקטנת ההתבססות של נבטי עשבים ומזעור ייצור הזרעים על ידי עשבים בוגרים. השגת מטרות אלה אמורה להסיט את הדינמיקה של אוכלוסיות העשבים לכיוון הרצוי לחקלאי. הפעולות המשלימות בשדה כוללות: הקפדה על מחזור זרעים, שמירה על סדר הגידולים המתאים במחזור, הקפדה על צפיפות זרעה, אי-פליחה ושימוש בכיסוי שלפים. ניסויים ממרכז ארה"ב הראו כי שילוב נכון מצליח לצמצם את השימוש בקוטלי עשבים ב-50% (Menalled et al., 2001; Anderson, 2005).

כמו רכיבים אחרים של ניהול מערכות חקלאיות, גם הדברת עשבים צריכה לפעול בסנכרון עם רכיבים אחרים במערכת (למשל הדברת מזיקים ומחלות) ובשילוב עם קבלת החלטות

משבשים הוא בבואה של האתגר העומד בפני האגרו-אקולוגיה. ברור שקיום מערכות חקלאיות אקולוגיות מודרניות ללא הפרעות חיצוניות (מזיקים, עשבים, מחלות) אינו אפשרי. אך גם פתרון במתכונת "זבנג וגמרנו" לא קיים ברוב המקרים, ואם קיים - עלותו הסביבתית גבוהה מדי. טיפול בר-קיימא חייב לחזור לשורשים, תרתי משמע - הבנה טובה ככל הניתן של היחסים האקולוגיים המתגבשים בתוך המערכת האקולוגית החקלאית הספציפית. רתימת יחסי הגומלין האקולוגיים (תחרות, דחיקה, טריפה, טפילות, איכות בית גידול, הקטנת עקות) חשובה מאוד לסיוע לטיפול בבעיות. שילוב של פתרונות טכנולוגיים-מכניים מדויקים והמשך מאמצי טיפוח ממוקדים בבעיות אלה יניב, כנראה, את המתכון המתאים ביותר. עם זאת, חשוב לא פחות להבין את התנהלות החקלאים, ולפעול באופן משולב איתם.

8. שילוב גידולים: דו-ורב-גידול (intercropping)
 הגישה האגרו-אקולוגית מציעה להרחיב, במידת האפשר מבחינה טכנית, אגרונומית וכלכלית, ולשלב יותר מגידול אחד באותו שדה. השילוב יכול להיעשות במרחב (שני גידולים ויותר באותה חלקה באותו זמן - **גידול משולב**⁵⁷) או לאורך ציר הזמן (שני גידולים או יותר באותה חלקה במחזור - **דו-גידול**) (תמונה II-18 מציגה גידול משולב). שילוב זה, המוכר ממערכות חקלאיות מסורתיות רבות, יכול לסייע הדדית לגידולים השונים, אך יכול גם ליצור תחרות ביניהם (Wezel et al., 2014). ההנחה של האגרו-אקולוגים היא שמידת התרומה ההדדית של הגידולים עולה על מחיר התחרות שביניהם (Ouma and Jeruto, 2010) ולכן מערכות אלה יהיו יצרניות, יציבות, עמידות, ובעלות קיימות אקולוגית גבוהה יותר בהשוואה לחקלאות חד-גידולית.

גידול של מספר גידולים באותה חלקה באותו זמן, ולעיתים גם מספר זנים של אותו גידול, מתאים לסביבה עם רמת סיכונים גבוהה (Avate et al., 2000). יש לברר את המאזן הכלכלי של פרקטיקה זו, בטווח הקצר והארוך, בהינתן שמרבית החוות החקלאיות מחליפות כוח אדם במיכון מתקדם.

גורם נוסף שסייע להתפתחות העמידות היה ההפצה היעילה של זרעי זון בעזרת קומביינים בעת הקציר, וכאן גם היה טמון הפתרון. פותח כלי שמחובר לקומביין ואוסף בנפרד את צמחי הזון לפני שהם מפזרים את הזרעים. חומר צמחי זה הושמד בשרפה, ובהמשך פותחה שיטת השמדה ידידותית יותר לסביבה - ריסוק במכונות מתעשיית המכרות. ההדברה המכנית בתוספת מחזור זרעים מותאם של גידול החיטה ושימוש בקוטלי עשבים במידה הנכונה ולפי הנחיות מעודכנות הביאו לירידה של כ-98% בנוכחות העשבים בשדות החיטה באוסטרליה, ועמידות אינה מתפתחת. הלקח המרכזי מהניסיון האוסטרלי הוא **שהגורם האנושי** חשוב מאוד בהתפתחות הבעיה ובפתרונה. הגישה של הקטנת הוצאות בכל דרך עזרה להתפתחות המהירה של העמידות, וצוות מחקר והדרכה שיצר קשרי אמון ושיתוף פעולה עם החקלאים סייע בפתרונה (Stokstad, 2013).

לדברי ברוך רובין, חוקר ותיק של עשבים משבשים מהפקולטה לחקלאות, ישראל מובילה במספר העשבים העמידים ליחידת שטח בעולם - שישה מיני עשבים עמידים ל-1,000 קמ"ר מעובד. בארה"ב, לשם השוואה, יש 0.015 מיני עשבים עמידים לאותה יחידת שטח. גודלה של הארץ, תנאי האקלים והכמויות הגבוהות יחסית של חומרי ריסוס שמשמשים בחקלאות בארץ הם הגורמים העיקריים למצב זה. החריש הקונבנציונלי הוא עיבוד שמביא, בצורה מוכחת, להקטנת מספר זרעי העשבים בקרקע ובהכרח להתפתחות צפיפות נמוכה של עשבים בשדה. לדברי רובין, הדרך הנכונה להקטין את בעיית העשבים היא דרך הקטנת בנק הזרעים, וזאת ניתן לעשות בכמה דרכים (רובין, 2018):

- יישום מחזור זרעים מתאים (קשה יותר בתנאי בעל)
- קציר מוקדם שמאפשר הרחקה של חלק מהעשבים לפני פיזור הזרעים
- בחירת זנים מהירי גידול שיתחרו בהצלחה עם העשבים
- פליחה אחת לארבע-חמש שנים לקבירת הזרעים
- גידולי כיסוי שמשלבים עם הגידול
- איסוף וריסוק של זרעי עשבים בעזרת מטחנה שמורכבת על הקומביין
- שימוש נכון בקוטלי עשבים
- לסיכום, נושא ההדברה והוויסות של מזיקים ועשבים

57 הגידול המשולב אסור על חקלאים ועל צרכנים שומרי מצוות בגלל מצוות הכלאיים: "את-חקותי, תשמרו-בְּמִתְקַן-לא-תִרְבִּיעַ כְּלָאִים, שְׂדֵךְ-לא-תִזְרַע כְּלָאִים..." (ויקרא י"ט: י"ט). מותרת זריעת חד-שנתיים שאינם מיועדים למאכל אדם או בהמה בכרם גפן זרעית תערובת תלתן וחיטה אם ישמשו למאכל בהמה (בתחמיץ או שחת). לאחרונה פורסמה הקלה בנושא טיפול בעשבים בכרמים והחשש מבעיות כלאיים על ידי בית הדין של העדה החרדית (תמונה II-4).

תמונה II-18. גידול משולב של תירס ושעועית

לא מעטות המבוססות על מגוון גידולים באותו שדה, והן הוכחו כמערכות מקיימות, אם כי לא בהכרח כלכליות בסטנדרטים של תקופתנו.

בסין נבחנה שתילה של שני זני אורז באותן החלקות: בהשוואה לחלקות עם זן יחיד נמדדו ירידה דרמטית בנזקי מזיקים, שימוש בכמות קטנה הרבה יותר של חומרי הדברה, יבול גבוה ב-89% וחשיפה נמוכה ב-94% למחלת הצ'רבון (blast) (Zhu et al., 2000).

חרף עדויות שונות על תרומה הדדית של גידולים לבריאות ולהגברת יבול, שילוב גידולים הגדלים בו-זמנית בחלקה אחת הלך ונעלם עם האינטנסיפיקציה של החקלאות. השאלה היא עד כמה מערכת משולבת כזו מתאימה לתנאי העיבוד החקלאי העכשווי במדינות מפותחות, שהמיכון החליף בהן את האדם, והרווחיות ליחידת שטח מעובד היא הגורם הקובע.

תחזיות העוסקות בחקלאות העתיד רומזות על מהפך אפשרי. נראה שאנו הולכים לקראת עידן של מכוונות חקלאיות קטנות, אוטומטיות ועתירות רובוטיקה, שיכולו לעבד שדות בדיוק וביעילות (De Boo, 2017). תשתית זו יכולה לתמוך במערך חקלאי מגוון עם חלקות/פסים של גידולים שונים זה בצד זה. עיבוד כזה יהיה טוב לקרקע וימנע הידוק ופגיעה מבנית, יתרום לנוף מגוון, וגם יתמוך במגוון פרוקי רגליים גדול יותר, דבר שיקטין את הצורך בריסוסים.

9. גידולי כיסוי וחיפוי קרקע

גידול כיסוי הוא צומח שאינו מגודל מסחרית אלא נזרע לשם שיפור גידול מסחרי אחר באחד משני אופנים: גידול עצמאי שנקצר ומשמש לחיפוי הקרקע בזמן הזריעה או הצימוח של הגידול המסחרי או לכיסוי צומח חי הגדל במקביל לגידול עצמו. צמחי כיסוי מסייעים לגידול עצמו באמצעות הקטנת השיבוש בעשבים, קיבוע חנקן או הגדלת נוכחות אויבים טבעיים למזיקים, מניעת סחיפת קרקע ונגר, או שיפור המערכת היצרנית (הגדלת חידור המים או הפחתת אידי מים משדה). **החיפוי** הוא חומר אורגני כלשהו (רסק, גזם, שבבים, שלפים וכו') המפוזר על פני הקרקע ומתפקד כמו גידול כיסוי (Medienne et al., 2011).

יש ארבע שיטות של עיבוד משולב: 1. שילוב תצורות צומח (גידולים בעלי מבנה שונה, כמו עצים וגידולי שדה); 2. שילוב גידולים בפיזור מרחבי קבוע (למשל, כל גידול נזרע או נשתל בשורה, בפס או בכתם נפרד); 3. שילוב אקראי; 4. גידול אחד עוקב מיידית אחרי הגידול השני (זריעת הגידול השני כאשר הראשון מתפתח).

מערכות דו-גידול של דגנים וקטניות מוכרות מסורתיות, ובתנאים מודרניים יוצרות יבול גבוה, כנראה בגלל ההעשרה של הקרקע בחנקן על ידי הקטניות. בניסוי נזרעו תירס ופול בשורות צמודות על קרקעות עניות בזרחה. יבול התירס עלה ב-43%, וזה של הפול ב-26%. בחינת תהליכי ההזנה בתת-הקרקע הראתה שתוספת היבול של התירס היא תוצאה של זמינות זרחן בגלל הפרשות משורשי הפול. במקרה זה נמנעה תחרות בין הגידולים בגלל הבדל בעונתיות הצמיחה ובעומק בית השורשים (Li et al., 2007).

ניתוח משווה של ספרות מדעית שבחן 50 מאמרים המסכמים 72 מחקרים בנושא שילוב גידולים, מראה שרובם היו מחקרים קצרי מועד וקשה להקיש מהם על יציבות המערכת החקלאית; רק מיעוטם בחן את היציבות והקיימות של המערכת (Connolly et al., 2001). מסקנת הסקירה היא שאין בידינו (נכון לתחילת המאה ה-21) מספיק מידע לבחון את התפקוד ארוך הטווח של מערכת הגידול המשולב. יש לזכור שמדובר במערכות חקלאיות חדשות ולא במערכות מסורתיות. יש מערכות מסורתיות

תמונה II-19. ערוגת תפוחי אדמה עם שרידי גידול כיסוי שהומת

צילום: רועי אגוזי

של גידול הכיסוי לאלה של הגידול עצמו (Holander et al., 2007).

שיפור משק המים בקרקע רלוונטי במיוחד במקומות יובשניים. מספר מחקרים שנערכו בכרמי יין בצרפת, באזור ים תיכוני, הראו שגידולי כיסוי, בתוך השורות וביניהן, הביאו לצימוח מוגבר של שורשי הגפנים לעומק הקרקע, וכך להתאמה ארוכת טווח לתנאי יובש (Celette et al., 2008) (ראו גם תיאור של ניהול הכרם במשגב עם - פרק VI - החקלאי).

במחקר על גידול תפוחי אדמה (ראו הרחבה בפרק III - הקרקע) גידולי הכיסוי הצליחו אף לווסת את טמפרטורות הקרקע, בעונה הקרה ובעונה החמה, בהשוואה לביקורת. גידולי הכיסוי השפיעו גם על לחות הקרקע. בתחילת העונה הם הורידו אותה עקב צריכת מים מוגברת של הגידול ושל גידול הכיסוי. אחרי המתת גידול הכיסוי והשאתו כחיפוי (תמונה II-19), לחות הקרקע הייתה גבוהה יותר מאשר בחלקות הביקורת. גידול הכיסוי שיפר גם את חידור המים לקרקע מאחר שהוא מונע היווצרות של קרום קרקע⁵⁸ (קוז'יקרו ואחרים, 2016).

גידולי כיסוי מוכרים מהחקלאות המסורתית - יש להם תיעוד מסין העתיקה וגם מיוון ומרומא: ההיסטוריונים של התקופה הקלאסית (פליניוס, ורגיליוס ותיאופרסטוס) ופילוסופים שונים הזכירו את השימוש בקטניות כגידול כיסוי (Winiwarter, 2006).

לגידולי כיסוי יש מגוון השפעות, שחלק מהן חיוביות עבור התפתחות הגידול והסביבה, וחלק שליליות בשל התחרות עם הגידול. כדי להגדיל את ההשפעות החיוביות יש להבין היטב את המנגנונים המעורבים ולחשב **שקלול תמורות** (trade-offs) תוך התחשבות בתנאים המקומיים, ביכולות של היחידה החקלאית ובמטרות הייצור החקלאי ברמה האזורית והלאומית.

התברר גם שלפחות לטווח קצר גידולי כיסוי יכולים לסייע בוויסות מזיקים ועשבים (Pullaro et al., 2006). יש גם עדויות לכך שבמקרים מסוימים גידולי כיסוי תורמים למיתון הקרינה המגיעה לחלקה, ומשפיעים על לחות הקרקע ועל הטמפרטורה שלה, ולזמינות החנקן בחלקה (Pullaro et al., 2006). אולם, רוב גידולי הכיסוי אינם בררניים וקשה לשלוט בעיתוי השפעתם, ולכן הם מתחרים במהלך חייהם בגידול עצמו על משאבים. הפתרונות לכך הם זריעת גידול הכיסוי בהתאם למחזורי החיים של העשבים ושל הגידול העיקרי, העלאת הצפיפות של הגידול המסחרי כדי להגדיל את כושר התחרות שלו ודיכוי גידול הכיסוי לאחר שמילא את עיקר תפקידו.

גידול הכיסוי יכול להגדיל את ריכוז החומר האורגני בחלק העליון של הקרקע ולתרום לשמירה על רמת חומרי ההזנה או להגדלתה; לסייע לייצוב שכבת הקרקע העליונה ולמנוע סחיפה; להקטין יצירת קרומי קרקע ולשפר את חידור המים; לתרום להתפתחות בית השורשים של גידול המטרה; להגדיל את נקבוביות הקרקע (הרווחים שבין גרגירי הקרקע) ולהעלות את רמת הלחות בקרקע; לשפר את תהליכי המינרליזציה של חנקן ואת ניצולו על ידי הגידול וכך להקטין בעיות סביבתיות כמו זיהום מי תהום; לעודד אוכלוסיות של טורפים וטפילים של מזיקים ולחסוך דישון יקר. עם זאת, גידולי כיסוי נמצאים בתחרות עם הגידולים המסחריים ותועלת מרבית מהם תלויה בסנכרון שבין דרישות החנקן (מינרל ההזנה המרכזי והנייד ביותר)

קרום - שכבת הקרקע העליונה השונה משאר חתך הקרקע בעיקר בצפיפותה ובלכידותה. התכונות נוצרות בעקבות תהליכים כימו-פיזיקליים (בעיקר בעקבות פגיעת טיפות גשם), ביולוגיים (פעולת מיקרו-אורגניזמים שמפרישים חומרי הדבקה) או שילוב של השניים.

תמונה II-20. סחיפה במטע באזור הררי



צילום: רוחי רבינוביץ

בישראל אין כמעט שימוש בגידולי כיסוי בשטחים של גידולים עונתיים (ירקות וגידולי שדה) בעיקר בגלל החשש מתחרות על מים ובעיות הלכתיות (ראו לעיל). בזמנו השתמשו בגליל בגידולי כיסוי למניעת סחיפה ולטיוב קרקע. לפני זריעת הגידול היו ממיתים את גידול הכיסוי בריסוס. האינטנסיביות של החקלאות כיום, בתנאי שוק ובעלויות (בעיקר מחירי מים) שקשה לחזות מראש, מוציאה את השימוש בגידולי כיסוי מהתמונה. במצב של מחירי מים זולים היו מגדלים בגליל העליון שלושה גידולים בשנה (חיטה לתחמיץ, תירס ושעועית - תלת-גידול) כך שלא היה זמן להוספת גידול כיסוי. במצב של מחסור במים חייבים לשמור על לחות קרקע, ושוב יורדת האפשרות לשימוש בגידולי כיסוי (גרף, ריאיון, 2018).

א. גידולי כיסוי במטעים בישראל⁶⁰

בניגוד לנעשה בגידולי השדה, יש בארץ שימוש רב בגידולי כיסוי במטעים, והם נזרעים עם הנטיעה או אחריה.

נושא גידולי הכיסוי במטעים אינו חדש בישראל. עוד בשנות ה-70 השאירו חלק מהחקלאים בקיבוצים ובמושבים צומח טבעי בין השורות. בהמשך התפתחות החקלאות, כאשר התחילו להשתמש יותר במיכון, וכשהשתלטה התפיסה

דוגמה לגידול כיסוי מישראל ניתן להביא מגידול גזר בזריעה לתוך שדה חיטה בעמק החולה. החיטה מתפתחת מהר ולגובה, ומגינה על שתילי הגזר הרכים מפני רוחות מזרחיות חמות (שרקיה). כאשר הגזר מגיע לשלב התפתחותי מספק מבחינת העמידות לרוח היבשה, מרוססת החיטה בקוטל עשבים כדי למנוע תחרות על משאבים (מים, אור) עם הגזר (גרף, ריאיון, 2018).

גידולי כיסוי משפרים תכונות קרקע מסוימות: השוואה של ממשקי עיבוד שונים על לכידת פחמן (carbon sequestration)⁵⁹ במרכז אירופה העלתה שגידולי כיסוי והשארות צומח טבעי לניצול ברעייה ישירה תרמו ללכידת פחמן גבוהה יותר מאשר הוספת קש לקרקע או אי-פליחה (Lugato et al., 2015).

ההשפעה של גידולי כיסוי בין שורות של שדה תפוחי אדמה מסחרי על רמת סחיפת הקרקע נבדקה לאורך שלוש שנים. יכול תפוחי האדמה ואיכותם לא הושפעו לרעה בשל גידול הכיסוי. שיעור הסחיפה ירד ב-95% והנגר מהשדה - ב-60%. גידול הכיסוי הקטין את מספר מיני העשבים המשבשים ואת הביומסה שלהם. הוצאות הייצור הכוללות ירדו מעט (-1.5%) לעומת הטיפול הקונבנציונלי ללא גידול כיסוי (Eshel et al., 2015).

צמחי כיסוי מסייעים גם במניעת מחלות ובהקטנת נזקי מזיקים: שאריות של צמחי ירקות נבדקו כתחליף לחיטוי מונע מחלות במתיל-ברומיד בחלקות פלפל וכרוב; כאן קטנה נוכחות הפתוגן ב-33% לעומת הטיפול הקונבנציונלי, ואילו אוכלוסיית הטורף המרכזי גדלה כמעט פי חמישה. אומנם כמות זרעי העשבים בשדות עם כיסוי גדלה כמעט פי שלושה, אך גם שיעור אכילת הזרעים - בעיקר הקטנים - עלה. כיסוי העשבים מאוחר יותר בעונה היה גבוה בלמעלה מ-30% בחלקות הכיסוי. שיעור היבול בחלקות כיסוי ובחלקות קונבנציונליות היה דומה (Pullaro et al., 2006). גם חיפוי קש בחלקות דגניים הקטין ב-55% את אוכלוסיית הכנימות שתוקפות את הגידול, כנראה על ידי עידוד אוכלוסיות עכבישים שטורפים אותן (Schmidt et al., 2004).

59 לכידת פחמן - קשירת פחמן אטמוספרי (על פי רוב דו-תחמוצת הפחמן) ואחסונו לזמן ארוך באורגניזמים חיים (צמחים). פעולה זו חשובה למיתון שינוי האקלים העולמי.

60 תת-פרק זה מבוסס על ריאיון עם יונתן אברהמס (2018), מתכנן שימור קרקע במשרד החקלאות, הנחשב לדמות מובילה בהכנסת גידולי הכיסוי למטעים (בעיקר אבוקדו והדרים) בצפון הארץ ובמרכז.

תמונה II-21. גידולי כיסוי בין שורות מטע צעיר



צילום: יונתן אברהמס

תמונה II-22. גודות מוגנת בחיפוי שבבי עץ וגידול כיסוי בין השורות



צילום: רועי אגוזי

אותה קטנים (תמונה II-20 ממחישה את בעיות הסחיפה במטעים באזור הררי).

חשוב להבין שההתייחסות לגידול הכיסוי משתנה מגידול לגידול ומבית גידול לבית גידול. במטע הסובטרופי (אבוקדו, מנגו, בננה) הנושא רלוונטי בעיקר למטע הצעיר. ככל שהעצים מתבגרים נוצר חיפוי קרקע מלא של שכבת עלים שנשרו, יחד עם הצללה גבוהה מהעצים הבוגרים. במטעי הנשירים (תפוח, שזיף, אגס, דובדבן, אפרסמון), לעומת זאת, גידול הכיסוי רלוונטי בכל שלב של חיי המטע. במטעים הגדלים במדרונות סחיפת הקרקע היא בעיה שגידול כיסוי יכול לעזור בפתרונה, בעוד שבמישור סחיפה אינה בעיה קשה (למעט בשטחי חמרה בשרון ובדפנות של גודות). כאן הבעיות הן הידוק הקרקע ואזור יחד עם ניקוז לקוי שגורמים נזק לעצים (תמונה II-21 ממחישה את השימוש בגידולי כיסוי במטע צעיר).

- בעקבות הניסיון שהצטבר בתחום ב-20 השנים האחרונות ניתן לציין כמה עובדות ותובנות (אברהמס, ריאיון, 2018):
- מ-2001 נזרעו בגידולי כיסוי יותר מ-1,000 דונם לשנה, וכיום יש כבר כ-40,000 דונם מטעים עם גידולי כיסוי.
- רוב הזריעה נעשית באדמות כבדות במטרה לשפר את הניקוז ולמנוע סחיפת קרקע. גידול הכיסוי הנפוץ הוא שיבולת שועל.
- במטעים חדשים של אבוקדו והדרים, בעיקר אצל מגדלים גדולים (קיבוצים וחברות), הנוהג הוא זריעת דגן חורפי

המוכרת של "חלקה נקייה מעשבים מעידה על חקלאי טוב", יצאו גידולי הכיסוי מהתמונה.

יונתן אברהמס הגיע לנושא של גידולי כיסוי מתוך עיסוקו בשימור קרקע, כאשר נדרש להציע פתרון לבעיות של **אוורור קרקע** כבדה במטע אבוקדו בוגר של קיבוץ אילון בגליל המערבי. גידול הכיסוי היה אמור לפתור את הבעיה בכך שיצרוך את המים העודפים. הניסיון להכניס גידול כיסוי למטע בוגר סובטרופי מוצל בקרקע כבדה ומהודקת לא עלה יפה. מהר מאוד התברר לו שגידול כיסוי יכול להיות כלי אגרונומי מוצלח רק כאשר הוא מתאים בתכונותיו לתנאי השטח, ונזרע בעיתוי הנכון. עם החשיפה לספרות מקצועית עשירה בתחום זה ועם עידוד מחבריו לעבודה במערכת ההדרכה החקלאית הוא החליט לנסות ולקדם שינוי בגישה לנושא.

צעד ראשון היה לנסות ולצמצם **סחיפת קרקע** בנטיעות חדשות. בתחילת הדרך נעשו תצפיות בשטח מצומצם אצל מספר מגדלים שהתעניינו בנושא והיו מוכנים לשתף פעולה. מהתצפיות התאפשרו לימוד ופיתוח פרקטיקה שהתאימה לתנאי הגידול המקומיים. עם הזמן הבין אברהמס שהכנסת גידול כיסוי חייבת להיות מוצגת לחקלאי כפרוטוקול שיתבסס על ניסיון בשטח ועל התייעצות עם המגדלים ועם מדריכי הגידול (במקרה זה - לעצי הפרי), המיכון והגנת הצומח. אם תוכנית הפעולה לא תכלול את כל ההיבטים יחד, הסיכויים שהחקלאי יאמץ

עד כה לא נמצאה הוכחה לכך שגידולי כיסוי הגבירו את פעילות המזיקים במטעים. ייתכן שהם הגיעו יחד עם בעלי חיים מועילים ולכן פעילותם לא באה לידי ביטוי. גידול הכיסוי יכול להיות גם גידול מלכודת עבור המזיקים (ראו סעיף הדברת מזיקים בפרק זה). במטע תפוחי עץ בדקו חלקות עם גידולי כיסוי מול חלקות שמודברות בצורה כימית, ולא נמצאו הבדלים ביבול.

קול ושותפיו (2014) בחנו את ההשפעה של גידולי כיסוי על חברת פרוקי הרגליים בפרדסים בשרון. השאלה היא אם גידולי הכיסוי יגדילו את חברת פרוקי הרגליים וכך יגבירו את ויסות המזיקים על ידי בעלי חיים מועילים שהגיעו לפרדס בעקבות גידולי הכיסוי. נבחנו מספר משטרי כיסוי וביקורת ללא גידולי כיסוי. תוצאות המחקר הראו שזריעת גידולי כיסוי מגדילה את מגוון פרוקי הרגליים בפרדס, ובעקבות זאת גם את שכיחות האויבים הטבעיים על גבי העצים. מצד שני, לא נצפתה ירידה בשכיחות המזיקים בפרדס, וגם לא נרשם שינוי באיכות הפרי. החוקרים מניחים שביסוס צמחי הכיסוי בפרדס יגביר לאורך זמן את עוצמת ויסות המזיקים על ידי פרוקי רגליים מועילים, ויביא להקטנת עומס הריסוסים מבלי לפגוע ביבול ובאיכות הפרי.

בעל המטע הקטן יחסית, על פי רוב מושבניק, לא נוטה להכניס גידולי כיסוי, אבל הקצנת האקלים (שכיחות סערות גשם וסחיפת קרקע נלווית) עוזרת לשינוי בעניין זה.

משרד החקלאות הפנים את חשיבות הנושא, ונותן מענקים של 50% מעלויות הזריעה של גידולי כיסוי.

חשוב לזכור שלגידולי כיסוי במטע יש גם היבטים שליליים, למשל נזקי נברנים. כדברי האחראי על טיפול בנזקי חולייתנים במשרד החקלאות: "גידולי כיסוי מביאים למטע את הבעיות של ענף גידולי שדה" (מוטר, ריאיון, 2018).

בפרדס חדש של קיבוץ עין חרוד הוכנסו גידולי שדה למניעת סחיפה, והתוצאה הייתה תמותה מוגברת של

(שיבולת שועל) בין השורות בסתיו. דגן זה יכול לשזרע את עצמו וכך הוא הופך לחלק מ"הצומח הטבעי" המקומי. במקרים מסוימים קוצרים גם את שיבולת השועל כחציר. לקיום הממשק החקלאי יש לנהל את גידול הכיסוי בכיסוח ולפקח על קבלן הריסוס שמגיע לטפל במטע שלא יפגע בגידול הכיסוי. גידולי הכיסוי מקטינים את הידוק הקרקע בעקבות כניסת כלים (טרקטורים, קטפות וכו') לשטח על קרקע רטובה, כאשר עונת הקטיפה חלה בחורף. במקרים רבים משתמשים גם ברסק, שמתקבל מגזם העצים, לחיפוי קרקע במטעים.

את שורת העצים בראש הגדודית ניתן לכסות בחיפוי של גידול כיסוי שמרוסס בקוטל עשבים בסוף החורף והופך את הצמחים החיים לחיפוי צמחי יבש. אפשר גם להשתמש בחיפוי של חומר אורגני, כמו רסק של גזם גינות או יער (תמונה II-22). חלופה אחרת היא לשמור את הגדודיות נקיות מצומח למניעת תחרות על מים בזמן שהעץ צעיר. יחסי קרקע-מים-צמח והתחרות המשתמעת מהם ישתנו בהתאם למאפייני הגידול המסחרי וגידול הכיסוי.

כיום אפשר לנהל בעזרת מיכון מתקדם את העשבייה גם בתוך שורת העצים - לקצור בסוף החורף במכסחת צד או לזרוק חציר קצור אל השורה מהצד. גידולי כיסוי עדיין לא נעשו פרקטיקה נפוצה במטעי נשירים. הסיבות לכך יכולות להיות צפיפות הנטיעה, התנאים ההרריים (הרבה סלע אם ואבנים) או הגורם האנושי.

במקרים רבים מחליף צומח טבעי את הגידול הזרוע במטע, ונותן את אותה השפעה. הניסיון הראה שגידול כיסוי מקטין את התחממות הקרקע ליד העצים, והדבר יכול להגביר את נזקי הקרה. באזורים שהקרה שכיחה בהם, זורעים גידולי כיסוי נמוכים ומרחיקים את הגידול מהעץ.

חיפוי גדודיות ברסק מיערות קק"ל או מגזם גינות הוא בעייתי, כי עלויות השינוע יקרות לחקלאים. בחלק מהגידולים ניתן להשתמש ברסק של גזם העצים עצמם, אך בכרם הדבר אסור כי הגפנים עלולות להידבק במחלות.

במקרים שגידולי הכיסוי מושכים נברנים למטע, יש להדביר אותם עם גרעיני חיטה מורעלת סביב המחילות לפי התקן המאושר.

תמונה II-23. ניהול כרם באופן אגרו-אקולוגי (טוסקנה, איטליה)



צילום: אבי פרבולוצקי

מכרמים חשופים. שימוש בחיפוי מחומר צמחי משפר את משק המים בקרקע, מגדיל את היבול, מעודד קליפה פריכה יותר, ומקטין שכיחות של גורמי מחלה ומזיקים. לחיפוי צמחי עלויות תפעול נמוכות יותר יחסית לחיפוי פלסטיק או אריג, ולכן הוא מעשי יותר (Guerra and Steenwerth, 2012).

הציטוט הבא מסכם באורח קולע את נושא גידול הכיסוי בכלל ובישראל בפרט:

”החקלאות הישראלית היא חקלאות אינטנסיבית מאוד, שבה נעשה שימוש ממושך ורצוף בקרקעות, הן במטעים והן בגידולים חד-שנתיים. מחזור הגידולים האינטנסיבי בגידולי שדה וירקות כולל עיבודי קרקע רבים, אשר פוגעים במבנה הקרקע, גורמים לפחיתה בתכולת החומר האורגני ובחומרי הזנה הזמינים בקרקע. בנוסף, שימוש נרחב וחוזר בחומרי הדברה גורם לפיתוח עמידות לחומרי הדברה מחלות, חרקים ועשבים רעים. בשנים האחרונות ישנה מגמה בעולם לפיתוח חקלאות משמרת בת קיימא, הכוללת את השימוש בגידולי כיסוי במטרה לשמר את אמצעי הייצור ללא פגיעה ביבולים. ממשק זה נפוץ בחקלאות המודרנית בארצות המפותחות, בעיקר במטעים ובכרמים, אך גם בגד”ש וירקות.

בישראל השימוש בגידולי כיסוי מוגבל, מתקיים בעיקר במטעים ואילו בגד”ש ובירקות למעשה כמעט שאינו קיים. על-מנת לאמץ ממשק זה, יש צורך בהמשך המחקר

עצים בעקבות כרסום בית השורשים על ידי נברנים. בניסוי מבוקר בקיבוץ איילת השחר הכניסו לחלק ממטע שקדים גידולי כיסוי, והשוו את פעילות המכרסמים ואת היבול בין החלקות. היו יותר מכרסמים ללא גידולי הכיסוי, ונצפתה פגיעה ביבול הממוצע בחלקות עם גידולי כיסוי. כנראה שהמכרסמים פוגעים בשורשים, וכך נפגעת יצרנות העצים. המכרסמים נעים לאורך קווי ההשקיה המוטמנים, כי הקרקע שם לחה וקלה לחפירה. כך הם גם מגיעים בקלות לשורשים (מוטרו, ריאיון, 2018).

בקיבוץ מגידו זרעו חיטה במטע שקד חדש, ומאחר שנברנים חיסלו את שורשי העצים היה צורך לעקור את כל המטע.

ענבי יין הם אחד הגידולים הראשונים שניסו ליישם בו חלק מעקרונות הגישה האגרו-אקולוגית, כנראה בגלל אופיו האיכותי של המוצר החקלאי (יין) והחיפוש המתמיד אחרי שווקים חדשים (ראו גם פרק I). מאמר מסכם שבחן שימוש בגידולי כיסוי ברחבי העולם מצביע על כך שמאז תחילת המאה ה-21 הופיעו יותר פרסומים מדעיים על גידולי כיסוי וחיפוי קרקע בכרמים מאשר על עיבוד והדברה כימית; זו עדות לעניין הרב שמעוררת הגישה האגרו-אקולוגית (Guerra and Steenwerth, 2012). המאמר מציין כי לגידולי כיסוי יש פוטנציאל לשפר את תכונות הקרקע בכרם ואת בריאות הגפנים, וכי ניתן להשתמש בהם בטיפוסי קרקע שונים ובסביבות אקלים שונות תוך התאמה של משך עונת הנוכחות שלהם, שיעור הכיסוי ועוצמת הצימוח שלהם. תמונה II-23 מראה טיפול אגרו-אקולוגי בכרם בטוסקנה, איטליה. הצומח בין שורות הגפנים נקצר בסוף העונה הירוקה והושאר באתרו כחיפוי וכך שמר על לחות הקרקע, ובהמשך יעשיר את הקרקע בחומרי הזנה וימנע סחיפה בזמן סופת גשם. כמו כן, נמנע ריסוס בקוטלי עשבים כפי שהיה מקובל. הצומח הטבעי מתחת לשורות הגפנים הושאר במקומו היות שהוא תומך במעילים המווסתים את המזיקים.

גידולי כיסוי יכולים להגדיל את ריכוז האנתוציאנינים, תרכובות פנוליות אחרות והמוצקים המומסים במיץ הענבים, להוריד את מידת החומציות של מיץ הענבים, וכך להשפיע על איכות היין. יש עדויות לכך שיין אדום מכרמים שיש בהם גידולי כיסוי הוא בעל איכות גבוהה מזו של יין

הפיתוח להתאמת הכלים ושיטות הגידול, אך במיוחד נדרש שינוי גישה של ההדרכה והמגדלים לממשק זה" (קוז'יקרו ואחרים, 2016).

10. אגרו-אקולוגיה במערכות ייצור - מבט כולל

האוניברסיטה החקלאית של קליפורניה בדיוויס הקימה ב-1988 מיזם בשם "מערכות חקלאות מקיימות" (SAFS - Sustainable Agriculture Farming Systems). המיזם הוקם כדי לבחון אמפירית את המעבר מחקלאות קונבנציונלית לחקלאות של תשומות הדברה ודישון נמוכות (low input) - שימוש ב-25% מכמות חומרי ההדברה הנהוגה בממשק הקונבנציונלי או לחקלאות אורגנית. זה ניסוי ייחודי בארה"ב ובעל חשיבות רבה, בין השאר בגלל טווח הזמן הארוך שלו ומעורבות של מדענים מאוניברסיטה שהתמחותה העיקרית היא חקלאות. נוסף על כך, מעורבים בו חקלאים ואנשי הדרכה חקלאית שאמורים להעביר את הממצאים לעמיתיהם.

בניסוי המרכזי של המיזם הושוּו היבולים וההכנסות מחלקות קונבנציונליות עם מחזורי זרעים (ראו לעיל) של ארבע שנים ושל שנתיים מול חלקות של תשומות נמוכות ושל עיבוד אורגני. שני הממשקים הלא-קונבנציונליים הראו שיפור במגוון משתנים, בעיקר באיכות הקרקע: עלייה בריכוז חומר אורגני, ירידה במחלות שמקורן בקרקע, עלייה במאגרי זרחן ואשלגן, כמות ופעילות גבוהות יותר של חיידקים, עלייה בחידור המים לקרקע וביכולת התאחיזה של מים. בממשקים אלה נמצאה הזליגה הנמוכה ביותר של חנקן אל מחוץ למערכת החקלאית, כלומר ירידה בסיכון לזיהום סביבתי.

הממשק הרווחי ביותר היה הקונבנציונלי עם מחזור זרעים של שנתיים, מכיוון ששנה אחת גידלו בו עגבניות לתעשייה שמביאות לתשואה גבוהה (גידול עגבניות כאלה בממשק עם תשומות נמוכות מקטין מאוד את היבול והתשואה). בממשקי מחזור זרעים של ארבע שנים הממשק האורגני היה הרווחי ביותר בגלל המחירים הגבוהים של מוצרי; אם מוצרים אלה יימכרו במחיר השוק הרגיל, יהיה זה הממשק הכי פחות רווחי (Poudel et al., 2001). במערכת האורגנית נצפתה הבימוסה הגדלה ביותר של עשבים משבשים. בכל זאת, יבול העגבניות והתירס (הגידולים המרכזיים בניסוי) לא הושפע מהממשקים השונים.

שירות המחקר של משרד החקלאות האמריקאי העמיד ניסוי מבוקר של גידול דגנים באקלים ממוזג (מדינת מרילנד), שתוצאותיו שימשו להדמיה ארוכת טווח (60 שנה) הבוחנת את שקלול התמורות (trade-off) בין רווחיות והשפעות סביבתיות של תהליכי ייצור שונים. נבחנו שש מערכות ייצור: שתיים עם אי-פליחת קרקע + דישון והדברה קונבנציונליים (כלומר שילוב ממשק אגרו-אקולוגי וקונבנציונלי); שתיים עם אי-פליחת קרקע עם גידולי כיסוי חורפיים + דישון והדברה מופחתים (כלומר אגרו-אקולוגי + תשומות נמוכות); שתיים עם חריש מופחת ופרוטוקול גידול אורגני (כלומר אגרו-אקולוגי + אורגני) (Lu et al., 2003). הרווחיות הגבוהה ביותר התקבלה מהמערכת ששילבה גידולי כיסוי ודישון מופחת. מבחינת הסיכון הכלכלי, המערכת האורגנית הראתה את השינוי הנמוך ביותר ברווחיות לאורך השנים, ולכן נחשבת כבעלת סיכון נמוך. במערכת הקונבנציונלית יותר נמדדו ערכים גבוהים יותר של סחיפת קרקע וזיהום בקוטלי עשבים לעומת שתי המערכות האחרות שהיו דומות בהקשר זה.

תוצאות אלה מצביעות על חלופות ברורות: חקלאי שמוכן להסתכן יכול לבחור בין רווחיות גבוהה וזליגת חנקן גבוהה בנגר במערכת הכיסי החורפי או ברווחיות נמוכה יותר עם נגר חנקן נמוך במערכת האורגנית. חקלאי שאינו מוכן להסתכן יכול לבחור בין רווח נמוך יחסית עם נגר גבוה של זרחן במערכת האורגנית לעומת רווחיות גבוהה יותר תמורת סיכון גבוה יותר ונגר זרחן מועט במערכת הכיסי החורפי. במילים אחרות, ויסות זליגת חומרי ההזנה מהשדה החקלאי לסביבה החיצונית, תוך שמירה על יצרנות ורווחיות גבוהים, הם האתגר לתכנון מערכת ייצור בת-קיימא (Lu, 2003).

מחקר זה מראה את מורכבות המערכות החקלאיות ואת הקשרים בין הגורמים האגרונומיים-ממשקיים, הסביבתיים והכלכליים. במרכז נמצא החקלאי שמקבל החלטות כלכליות (לקיחת סיכון) וטקטיות (ממשק עונתי). המחקר גם מראה שיש אפשרויות להשפעה סביבתית מתונה שהן עדיין רווחיות. יש לציין כי בהדמיה כלל לא הושטו על החקלאי העלויות החיצוניות של הטיפול בעודפים של חומרי ההזנה שזולגים למערכות המימיות השכנות. השתה שכזו, ברוח "המזהם משלם", יכולה לשנות את התמונה הכלכלית של ייצור מזון באופן משמעותי ביותר.

- המיכון בקטיף והשימוש בחומרי אריזה בעלי השפעה סביבתית גבוהים יחסית לתחומים אחרים.
- לשימוש בחומרי אריזה יש השפעה סביבתית, בעיקר עקב השימוש בעץ כחומר גלם במהלך ייצור חומרי האריזה. ההשפעות הסביבתיות של מטעים אורגניים וקונבנציונליים דומות בתחום זה.
- בקביעת סדר עדיפויות להשקעה במחקר לצמצום ההשפעות הסביבתיות של מטעים, יש חשיבות לריכוז מאמצים במחקר בתחום האחסון.
- לשימוש בדשנים יש השפעה גדולה יותר מאשר לשימוש בחומרי הדברה. חלק גדול מהשפעת השימוש בכימיקלים נובע מהשימוש בחנקן לדישון - במישרין (בגידולים הקונבנציונליים) או בעקיפין (בגידולים האורגניים, דרך השימוש בזבל אורגני). בניגוד לחומרים רבים אחרים, שהשפעתם נובעת מתהליך הייצור של החומר במפעלים הכימיים, לשימוש בחנקן יש השפעה סביבתית ישירה גבוהה יחסית הנובעת מהחומר עצמו, ולכן השפעת השימוש בחנקן גבוהה יותר מהשפעת השימוש בדשנים מסוגים אחרים ... ולמעשה לא נראה שיש יתרון משמעותי לדישון האורגני.
- השפעת חומרי ההדברה בגידול האורגני גבוהה מהשפעתם בגידול הקונבנציונלי. השפעת חומרי הדברה נובעת בעיקר מהשימוש באנרגיה ובחומרים אחרים במפעלים בתהליך הייצור ופחות מההשפעה הסביבתית של החומרים עצמם. לכן, השימוש בחומר הדברה ידידותיים יותר לסביבה בכמויות גדולות יותר גורם לנזק גדול יותר לסביבה הגלובלית מאשר השימוש בחומרי הדברה פחות ידידותיים לסביבה בכמויות נמוכות יותר. לחומרי ההדברה יש השפעה נוספת, הנובעת מתהליך ריסוס חומרי

בישראל לא התבצעו מחקרים בהיקף ובאופי דומים. למרות זאת, מצאנו לנכון להביא כאן את מסקנות המחקר שעשו עבור נקודת ח"ן נאווה חרובי ושרית שלהבת (2010). הן ניתחו בצורה מקיפה את ההשפעות הסביבתיות של שני סוגי נשירים מרכזיים בחקלאות ישראל: תפוחי עץ ומשמש. השיטה שחרובי ושלהבת השתמשו בה היא **ניתוח מחזור חיי מוצר** (Life Cycle Impact Assessment). השיטה "מבוססת על הערכת כל החומרים והאנרגיה המשמשים במהלך הייצור והפליטות הנוצרות במהלך כל חיי המוצר - כולל ייצור החומרים והתשומות החל משלב כריית חומרי הגלם ועד סיום השימוש במוצר. הערכת ההשפעה של כל תשומה בנפרד - בהתבסס על מאגרי מידע עולמיים המפרטים עבור כל חומר או מכונה את כל ההשפעות הסביבתיות הכרוכות בשימוש בהם."

חרובי ושלהבת השוו בין ההשפעות הסביבתיות של גידול עצי הפרי בממשק קונבנציונלי מול גידול בממשק אורגני, והגדירו מטרות מחקריות להשלמת ידע שיסייע לפתור את מוקדי ההשפעה הסביבתית השלילית.

המסקנות שעלו מהמחקר הן:

- "סך ההשפעה הסביבתית של טונה פרי אורגני גבוהה מההשפעה הסביבתית של טונה פרי קונבנציונלי.
- חלק גדול מההפרש נובע מהיבול הגבוה יותר, בטונות לדונם, של המטעים הקונבנציונליים, כאשר חלק מהתשומות נשאר קבוע לדונם ללא קשר ליבול.
- חלק גדול מההבדלים בהשפעות הסביבתיות ניתן לייחס לתהליכי הייצור של הקומפוסט, המשמש לדישון במטעים האורגניים. הכמות הפיזית של הקומפוסט גדולה יחסית לכמות הדשנים המשמשים בגידול הקונבנציונלי, במונחי נפח ומשקל כולל של החומרים. לכן, נדרשת כמות אנרגיה גדולה יותר בתהליכי הייצור וההובלה של הקומפוסט בשלבים השונים של מחזור החיים.

תמונה II-24. מורכבות המרחב החקלאי



צילום: ירון זיו

ההדברה, המחייב שימוש במיכון ובאנרגיה בכמות גדולה יחסית, עקב הצורך לרסס מספר פעמים בשנה.

• מכאן, בהשקעה במחקר ופיתוח להפחתת ההשפעה הסביבתית של החקלאות יש לשים דגש על העלאת היבול לדונם - כאמצעי המרכזי להפחתת התשומות הנדרשות לטונה יבול; להתרכז בייעול תהליך האריזה והאחסון ובשימוש בחומרי אריזה ידידותיים לסביבה; ולבחון אפשרויות להפחתת כמות החנקן הנדרשת באמצעות חקלאות מדייקת או בשיטות אחרות ולהתרכז בהפחתת כמות חומרי ההדברה ותכיפות הריסוסים..."

11. סיכום - מבט מציאותי מפוכח על ממשק אגרו-אקולוגי

פרק זה עסק בהיבטים שונים של העשייה החקלאית (דישון, הדברה לסוגיה, שילוב גידולים, גידולי כיסוי) במבט אגרו-אקולוגי. לדעתנו, בלתי אפשרי לסכם את הנאמר בפרק זה לכדי מסר חד-משמעי, וזאת משני טעמים ראשיים: לכל היבט ישנה ספרות מדעית ענפה שעוסקת מטבעה בנתח מוגבל מאוד של המערכת החקלאית; ניתן ללמוד מהממצאים המדעיים רבות, אבל לא על המערכת כולה. שנית, מרבית הידע המדעי נאסף מבלי להתייחס להיבטים כלכליים (יבול ורווחיות). כדי לנסח מסר על מעבר פוטנציאלי של מערכות קונבנציונליות למערכות אגרו-אקולוגיות יש לבחון ולהשוות מערכות ייצור שלמות, כולל היבטים כלכליים וסביבתיים רחבים. השוואות כאלה כמעט לא קיימות. מצאנו רק שני ניסיונות שניתן ללמוד מהם על התנהלות מערכות ייצור אגרו-אקולוגיות, ופרטיהם הוצגו לעיל. הניסיונות האלה וניתוח מחזור החיים של גידול פירות נשירים בישראל מדגישים את העובדה שאנחנו דנים בנושאים מורכבים, ואף על פי שנאסף ידע רב על פרקטיקות אגרו-אקולוגיות, אנחנו עדיין רחוקים מלתת "מתכון" פשוט להפיכת ממשק קונבנציונלי לאגרו-אקולוגי.

גם ממחקר זה עולה המורכבות הרבה של המערכות החקלאיות שהולכת ומתגברת כאשר בוחנים את כלל התהליכים המעורבים בהשפעות הסביבתיות של גידול גידולים חקלאיים. בסופו של דבר, מוסכמות ברורות מאליו, כמו ההשפעה הסביבתית הקטנה של חקלאות אורגנית, הופכות ללא ברורות בעליל.

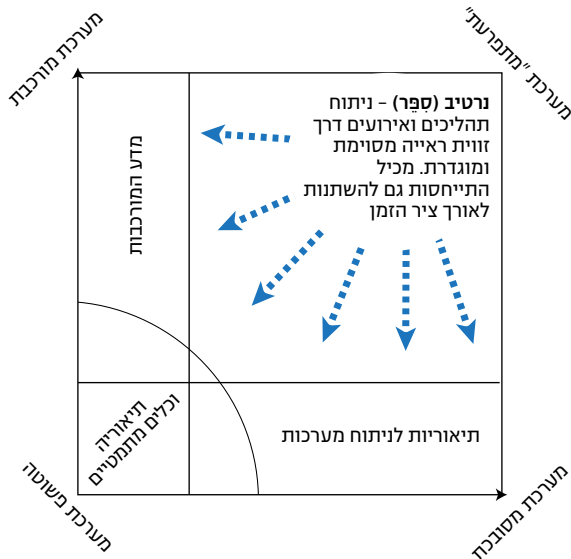
המעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגיה

המעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגיה כולל על פי ניתוח אחד שלושה שינויים מרכזיים: הגדלת היעילות, חילופי שיטות ושינוי מבני משמעותי (Hill and MacRae, 1996). הגדלת היעילות החקלאית מושגת באמצעות הקטנת תשומות (מים, דשנים, חומרי הדברה) תוך שמירה על רמת יבול גבוהה יחד עם שיפור היצרנות (התאמת זנים וגישות ניהול או עיבוד שונות); חילופי שיטות הם בחירה או העדפה של תשומות שפוגעות במידה פחותה בסביבה או שאינן פוגעות בה כלל (למשל, החלפת חומרי הדברה כימיים בחומרים טבעיים דוחי חרקים, או החלפת דשן כימי בתוצרי בעלי חיים); שינוי מבני קשור לארגון מחדש של היחידה החקלאית או הפעילות החקלאית, על מכלול ענפיה (טבלה II-3) (Wezel et al., 2014).

טבלה II-3. תמונה סכמטית של המעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגיה (מתורגם מ- Wezel et al., 2014)

פרקטיקה אגרו-אקולוגית	קנה המידה ליישום	דרגת הנדרשת במערכת	דרגת יישום בחקלאות הנוכחית	הפוטנציאל לשינוי בעשור הקרוב
הגדלת יעילות והחלפת שיטות				
בחירת גידול, פריסה מרחבית של הגידול, פריסה עיתית של הגידול				
בחירת זן	פרקטיקה	נמוכה	גבוהה	גבוה
דישון				
דישון מפוצל בזמן	פרקטיקה, מערכת	נמוכה	גבוהה	גבוה
דישון ביולוגי	פרקטיקה	נמוכה	נמוכה	בינוני
דישון אורגני	פרקטיקה, מערכת	בינונית	בינונית	בינוני
השקיה				
השקיה בטפטוף	פרקטיקה	גבוהה	בינונית	גבוה
הדברת עשבים, מזיקים ומחלות				
חומרי הדברה טבעיים	פרקטיקה	נמוכה	נמוכה	בינוני
הדברה ביולוגית	מערכת	בינונית	בינונית	גבוה
שינוי מערכתי				
בחירת גידול, פריסה מרחבית של הגידול, פריסה עיתית של הגידול				
בחירת גידול ומחזור זרעים	מערכת	בינונית	נמוכה	גבוה
גידול משולב	פרקטיקה, מערכת	גבוהה	נמוכה	בינוני
אגרו-ייעור (עצה, פירות)	מערכת	גבוהה	נמוכה	נמוך
הדברת עשבים, מזיקים ומחלות				
צמחים אלופתיים	פרקטיקה, מערכת	נמוכה	נמוכה	בינוני
ממשק עיבוד				
אי-פליחה	פרקטיקה, מערכת	גבוהה	נמוכה	נמוך-בינוני
עיבוד מופחת	פרקטיקה, מערכת	גבוהה	בינונית	בינוני-גבוה
ממשק הנוף החקלאי				
הכללת יחידות חצי טבעיות בשדה או בחווה	מערכת	בינונית	נמוכה	בינוני
התערבות ברמת הנוף החקלאי	נוף	גבוהה	נמוכה	נמוך

איור II-11. היחסים בין סוגי המערכות השונות והכלים לחקירתם (Andersson et al., 2014)



מתקדמים. לשאר המרחב, המתייחס למצבים שהמורכבות נעשית משולבת עם המסובכות, אין עדיין מתודולוגיות ייעודיות. מערכות מסוג זה נחשבות כסוג מערכות העומד בפני עצמו ויש לחקור אותן בהתאם. בשל הייחוד של כל מצב או בעיה יש, קודם כול, להפעיל כלים תיאוריים כדי לאפיין אותו. שנית, יש להשתמש בכלים להגדרת הנרטיב (הסיפור ההיסטורי-התפתחותי) של הבעיה.

התהליכים בסביבות מורכבות ומסובכות בו-זמנית אינם לינאריים ואינם פשוטים למעקב או לחיזוי, אך הם חלק נכבד ממציאות חיינו ומעיסוקנו המדעי. סביבות כאלה מאופיינות, בין השאר, בהתפתחויות בקני מידה שונים; חוקים מורכבים הקובעים מעבר בין מצבים; היווצרות משתנים לא חזויה; דינמיקה ללא שיווי משקל וברמות שונות; כל זאת, בגבולות קשים להגדרה (San Miguel et al., 2012).

ניתן לראות במערכת האקולוגית הטבעית או בנגזרותיה מערכת מסובכת במיוחד, ולכן שמירת טבע, אספקת שירותים אקולוגיים, ממשק אקטיבי-אדפטיבי או שיקום אקולוגי הם אתגרים כה קשים להתמודדות. תחומים אלה נגזרים ממערכות ומתהליכים אקולוגיים מורכבים המסתבכים עוד יותר עקב מעורבות גורמים אנושיים

פיתוח תחום האגרו-אקולוגיה יכול להיחשב כטיפול בבעיה "מתפרעת" או "נבזית" (לא ניתנת לשליטה, מסובכת במיוחד, wicked problem) להבדיל מבעיות "מאולפות" (tamed) שיש לנו ניסיון בפתרון וכלים לכן. בעיות מסוג זה מתפתחות במערכות המתאפיינות ב**מורכבות גבוהה** (high complexity) וב**סיבוכיות חזקה** (high complicatedness) שמתבטאות בו-זמנית (Batie, 2008; Andersson et al., 2014).

מערכת מורכבת כוללת עצמים ותהליכים דינמיים בזמן ובמרחב (למשל, מערכת תחבורה מטרופולינית). המורכבות קשורה ל**ארגון פנימי (self-organization)** של המערכת מהבסיס כלפי מעלה (מהפרטים ליחידות תפקודיות מורכבות - למשל תנועה של המון בהפגנה או תמרונים של להקת עופות). ארגון זה מכתבי סדר בתופעה מבלי שיש מנגנון הנהגה לסדר זה.

מערכת סבוכה מתאפיינת במספר גבוה של רכיבים, וכל אחד מהם מתפקד עצמאית אך גם תלוי במידה רבה בתפקוד שאר המרכיבים, לדוגמה - גוף האדם. שילוב מורכב זה יוצר מערכות שקשה לחזות את הדינמיקה שלהן או לבנות עבורן מודלים, והמבנה שלהן לא מסודר ומשתנה בזמן ובמרחב. במערכות כאלה קשה להסביר את הסיבה ואת המסובב, ולכן קשה לנתח, למדל או לבנות אותן. המסובכות קשורה לארגון המבנה מלמעלה כלפי מטה או לחלוקה לרמות ארגון וליחידות תפקודיות (באקולוגיה: פרט, אוכלוסייה, חברה, מערכת אקולוגית; בסוציולוגיה: פרט, משפחה, קהילה, לאום, דת, מפלגה פוליטית ועוד). מבנה מסובך אינו מתייחס רק להרבה יחידות הבונות את השלם, אלא בעיקר למכלול יחסי הגומלין הקיימים בין היחידות.

אנדרסון ושותפיו (Andersson et al., 2014) מתארים את הגישות לטיפול במערכות כריבוע שארבע פינותיו הן: מערכות פשוטות, מורכבות, מסובכות ו"מתפרעות" או מסובכות ביותר (wicked) (ראו איור II-11). השטח התחתון של הריבוע מתייחס למערכות פשוטות או מורכבות, ומטופל בעזרת תיאוריות של חקר מערכות תוך שימוש בכלים מתמטיים מקובלים (כגון מודלים או הדמיה). הציר שבין מערכות פשוטות למסובכות נחקר על ידי מדע המורכבות (complexity theory) תוך שימוש בכלים מתמטיים

ניתוח שכזה מסביר ולו חלקית, מדוע אנו עדים להתקדמות מוגבלת של האגרו-אקולוגיה חרף התמיכה הרבה שהיא זוכה לה במקומות שונים בעולם. פיתוח תורה שכזו מחייב שיתוף פעולה בין אגרונומים, אקולוגים, כלכלנים, חוקרי מדעי האדם ואנשי מחשב (מודליסטים), שעדיין לא מתממש בצורה רצינית.

מגוונים. יש לזכור שגם רוב המערכות הלא-ביולוגיות כוללות רכיב אנושי מפותח (מערכות מתחום הבריאות, החינוך, התחבורה, הכלכלה). ככאלה הן מושפעות גם מגורמים חברתיים ופוליטיים שונים, וגם חלק מהם אינו ניתן לחיזוי והם הפכפכים ובלתי יציבים (volatile) ומעמידים בעיות "מתפרעות" רבות. במדעי החברה בעיות אלה מכונות "בלגנים חברתיים" (social messes) (Batie, 2008).

בגלל אופי המערכות המדוברות הן יוצרות בעיות קשות מאוד לפיצוח (wicked problems) שעל פי רוב לא נפתרות לחלוטין. טיפול בבעיות אלה או חקירתן כאילו היו "פשוטות" או "מאולפות" לא יקדמו פתרון משמעותי. החלק האקולוגי בבעיות אלה דורש תובנות אקולוגיות שחלק מהן עדיין לא קיים, ואילו החלק האנושי דורש יצירת קונצנזוס רחב והזדהות (נרטיב) עם הפתרון המוצע (Blignaut and Aronson, forthcoming). מטבען של בעיות כאלה הן ספציפיות לאתר ולעיתוי, ומבטאות הקשר נסיבות אופייני (time and site-specific) ולכן קשה ליצור הכללות לגביהן (לדוגמה, שיקום נחל מסוים לא יהיה דומה לשיקום נחל אחר), והבסיס התיאורי והנרטיב תופסים חלק חשוב בהתייחסות.

החקלאות בכלל, והאגרו-אקולוגיה בפרט, ניצבות בפני קשת של מורכבויות ברמות שונות. ראשית, קיימת המורכבות של המערכת החקלאית: ליצרנות גבוהה נדרשים מיטוב (אופטימיזציה) של רמת חומרי ההזנה ועולם ביוטי "מתאים" ופעיל בקרקע (סיפוק צורכי הגידול ומניעת זליגה מזהמת); שמירה על רמת לחות מתאימה לאורך מחזור הגידול; שמירה על רמת נזק (מזיקים, מחלות ועשבים משבשים) נמוכה, שלא תפגע בהתפתחות הצמח וביבול; שמירה על מגוון ביולוגי תומך במרחב החקלאי (בעיקר של 'מועילים' התורמים להנמכת רמת הנזק שלעיל). המורכבות של המערכת האגרו-אקולוגית קשורה למבנה המערכת מעצם קיומה (innate). כלומר, מדובר על מאפייני סביבה (קרקע, אקלים), גידולים (כולל זנים ותשתית גנטית), יחסי גומלין ביוטיים (מזיקים, עשבים משבשים, מועילים) ופרקטיקות ממשקיות (דישון, הדברה, טיפולי קרקע). כל אלה צריכים להיות מתוזמרים כך שישפקו יבול גבוה באיכות טובה תוך פגיעה מזערית בסביבה. חלק מהמורכבות קשור לקבלת החלטות ברמות שונות - אצל החקלאי, בחברה (צרכנים) ובמשל (אסדרה, תמיכה).

פרק III. הקרקע - מוקד מרכזי של האגרו-אקולוגיה

"אומה שהורסת את אדמתה הורסת את עצמה" (פרנקלין רוזוולט, 1930)

גבוה בסדר גודל אחד או שניים משיעור ייצור קרקע חדשה בבתי גידול טבעיים שצומח מקומי גדל בהם (Montgomery, 2007). כלומר, החריש אינו פרקטיקה מקיימת בשל היעלמות שכבת האדמה הפורייה לאורך זמן. החוקרים טוענים כי שיעור סחיפה כזה נצפה גם בציוויליזציות קדומות. כלומר, סחיפת קרקעות פוריות הייתה כנראה בין הסיבות שהביאו להתמוטטותן של אימפריות, משום שיכולתן לייצר מספיק מזון נפגעה. לעומת זאת, הסחיפה משדות שלא נחרשו דומה לשיעור היווצרות הקרקע בתהליכים טבעיים, ולכן ממשק זה יכול להיחשב מקיים (Montgomery, 2007).

עיבוד קרקע משמר (conservation tillage) חיוני לשימור יכולת ייצור המזון בשטחים המוקצים לחקלאות. עיבוד קרקע משמר התפתח בין השאר כתגובה לתופעת סופות האבק (Dust Bowl) שפקדו את המישורים הגדולים (Great Plains) במרכז ארה"ב לאחר בצורות בשנות ה-30 (The Dirty Thirties). באירועים אלה נגרמה סחיפת קרקע ברוח בשטח של יותר מ-400,000 קמ"ר. הרוח הייתה כה חזקה עד שהחשיכה את השמים במרחק מאות ק"מ מזרחה (Derpsch, 2004; Triplett and Dick, 2008).

למעשה, חריש עמוק שלא התאים לקרקע ולאקלים המקומיים הניע את האסון הסביבתי הזה, ופגע קשות בייצור החקלאי של האזור לתקופה ארוכה. מכאן צמח השינוי באופי החריש - עומק הפליחה, אמצעי הפליחה, תזמון הפליחה, ודגם הפליחה - ביחס לגידול ולתנאי האקלים המקומיים (מור-מוסרי ואחרים, 2016) במטרה להקטין ככל הניתן את ההפרעה למבנה הקרקע ולהרכבה? יש עדויות שהפסקת החריש הפחיתה את היקף אובדן הקרקע משדות במרכז ארה"ב בכ-90% (Van Doren et al., 1984).

לצד מניעת סחיפת קרקע, עיבוד משמר קרקע גם מצמצם נגר, ואיתו מצטמצמים היקפי הזיהום בכימיקלים (דשן וחומרי הדברה) ואובדן חומרי ההזנה (חנקן, זרחן וחומר אורגני) המחייבים השקעות בטיהור

מבנה הקרקע והרכבה, רמת יסודות ההזנה שבה, ושיעור החומר האורגני הם המפתח להצלחת היבול החקלאי. הפיכת קרקע טבעית לקרקע חקלאית תוביל, מניה וביה, להתדרדרות איכות הקרקע ביחס למצבה הטבעי, ושומה על הפרקטיקה החקלאית למזער פגיעה זו כדי להמשיך ולנצל את השטח שהוסב לעיבוד חקלאי לאורך זמן. ללא פרקטיקה מקצועית נכונה או תשומת לב, החקלאות הקונבנציונלית גורמת לסחיפה, להידוק, לאובדן חומר אורגני, להמלחה ולזיהום הקרקע. בארה"ב בלבד כמעט חמישית (20%) מהקרקע החקלאית איבדה מאז 1945 מידה מסוימת של פוריות בשל ניהול כושל (Tilman et al., 2002) ויותר מחמישית מהאדמות החקלאיות בעולם נחשבות מדולדלות (degraded); נתון זה עולה בשיעור שנתי של 0.5-1 מיליון דונם, וכ-1.5 מיליארד איש מושפעים מתהליכים אלה (Stavi and Lal, 2015).

ייצור מזון והתדלדלות משאב הקרקע הם שני צדדים של אותו המטבע. ככל שנסה לייצר יותר מזון מיחידת קרקע, כך עלול מצב הקרקע להתדרדר. הגישה הרווחת לתיקון מרביתם של נזקי קרקע בחקלאות הקונבנציונלית היא הגדלת הדישון וההשקיה, ובמקרה הצורך גם הדברה. אחד האתגרים העיקריים של האגרו-אקולוגיה הוא עצירת מעגל קסמים זה ומציאת דרכים להשגת ייצור חקלאי נאות ללא אובדן הקרקע או איכותה באמצעים מקיימים, וכך למנוע תוספת תשומות חיצוניות לשדה. ההכרה בקצב המואץ של אובדן הקרקע והתדלדלותה, בעיקר מאז המהפכה הירוקה, היא שלב ראשוני והכרחי בחשיבה מחודשת על הדרך הנכונה ליישומה של חקלאות מקיימת. פרק זה יעסוק בניהול בר-קיימא של משאב הקרקע בחקלאות (תמונות III-1 ו-III-2 ממחישות אובדן קרקע בסחיפה).

1. חריש ואובדן קרקע - כמות ואיכות¹

נתונים שאספו לאורך השנים משרד החקלאות האמריקאי וגורמים נוספים הראו ששיעור הסחיפה משדות חרושים (1 מ"מ לשנה), רובם ללא השקיה (בעל), היה

1 פרק זה מתמקד במבט אגרו-אקולוגי, ולכן לא ירחיב בהיבטים הנדסיים וטכניים של שימור קרקע, אף על פי שבמקרים רבים הם מרכיב חשוב בחקלאות משמרת.

2 ראו סרטון חריש בשדות קיבוץ נחשון, www.youtube.com/watch?v=WHm2D94KTHk

תמונה III-1. סחיפה בשדה חקלאי



צילמה: רוחי רבינוביץ

שמקורן בעבודת שדה. לדברי החוקרים האוחזים בדעה זו, לא הייתה עד כה בעיה שעוררה דאגה ציבורית כה רבה ושהוקדשו לה זמן, מאמץ וכסף כה רבים, על בסיס עובדות מדעיות כמותיות כה מעטות (Trimble and Crosson, 2000). חשוב לציין שמבחינה מתודולוגית אכן איסוף נתונים לגבי עוצמת סחיפת קרקע במערכות שכמויות מים גדולות זורמות בהן אינו פשוט כלל ועיקר. זו גם הסיבה לכך שהתחנה לחקר סחף במשרד החקלאות סיפקה לאורך השנים הרבה נתונים חשובים על נגר ועל עוצמת זרימות בערוצים, אך מעט נתונים על כמויות סחף.

מצב הקרקעות החקלאיות בישראל לא שונה מזה שברוב העולם המערבי. רמי זיידנברג, מומחה קרקעות ותיק של משרד החקלאות, סיכם את המצב במילים אלה:

... היקף שטחי הקרקע הראויה לעיבוד בישראל מוגבל מעקב ארצי אחר תופעות השינוי בתכונות הקרקע במהלך שני הדורות האחרונים חושף תופעות של פחיתה באיכות קרקעות עידית (קרקעות פוריות) בעיקר כתוצאה מהתערבות האדם. התאמת שטחים נרחבים לגידולים מסוימים פחתה, ושטחים אחרים אף הוצאו ממעגל העיבוד עקב תהליכים כמו סחיפה, המלחה ועלייה בכמות הנתן בקרקע. לימוד התופעות של פחיתה איכות הקרקע הוביל לפיתוח גישה משמרת קרקע המשלבת אמצעים הנדסיים

מים או בדישון נוסף. במדינות עניות, שהדישון בהן מצומצם מסיבות כלכליות, הקרקע שלא נסחפת מתדלדלת באיכותה עוד יותר.

בדרום אפריקה נערך לאחרונה מיפוי של תהליכי סחיפה, ונמצא שב-50% משטח המדינה יש סיכון פוטנציאלי לסחיפת קרקע, וב-20% קיימת כבר סחיפה בשיעור גבוה מסף הסיכון (10 טונות להקטר לשנה) (Le Roux et al., 2008). שדות תירס הגדלים ללא השקיה בדרום אפריקה יוצרים שלוש טונות של קרקע סחופה על כל טונה של גרעיני תירס (Blignaut, 2016).

ג'ארד דיימונד (Diamond, 2015) מדגים את נושא איבוד הקרקע בניתוח בעיות הסביבה של סין, שם תהליכי בליה חריפים פוגעים בכ-20% משטחי המדינה. העלייה בקצב הסחיפה, הירידה בפוריות החקלאית, המלחת מקורות מים ופגיעה במי תהום הם, לדבריו, חלק מהגורמים ההיסטוריים לקושי באספקת מזון לאוכלוסייה של מדינת ענק זו.

עם זאת, יש מי שאינם משתכנעים מניתוחים אלה וסבורים כי הנתונים שהמסקנות בדבר שיעור הסחיפה הגבוה מתבססות עליהם, אינם מובהקים או עקביים, וכי מדובר בתוצאות של מודלים עם מעט מאוד עדויות

תמונה III-2. נזק לשדה זרוע מסחיפה בערוץ, עמק חרוד



צילמה: רוחי רבינוביץ

תמונה III-3. סחיפה משדות חקלאיים וטיפולים מונעים, כולל נטיעות של קק"ל, הנגב הצפוני



צילום: איציק משה

הקרקע, וגבוהים בסדר גודל מקצב סחיפת קרקע שמשרד החקלאות האמריקאי הגדיר כ"נסבל".

חשוב לזכור ששיעורי הסחיפה הגבוהים שתועדו ברמת מנשה וברמת יששכר (זיידנברג, 2013) - כ-4 מ"מ לשנה - גבוהים יחסית, אך הם מתייחסים לאזורים בעלי פוטנציאל הסחיפה הגבוה בארץ - וזאת בשל שילוב של המסלע, סוג הקרקע והטופוגרפיה המקומיים (ראו נזקי סחיפה ברמת מנשה בתמונה III-4).

חקלאות ישראל היא חקלאות אינטנסיבית ברובה (ירקות ומטעים), וזאת מתוך מאמץ לייצר את מרב התוצרת ליחידת שטח וליחידת נפח מים. בחקלאות מסוג זה נהוג לדשן בכמויות גבוהות. כך נשמר מאזן חנקן חיובי, וזאת, בין השאר, בעקבות שימוש בתשומות דישון שונות: דשן סינתטי, תוספים אורגניים, השקיה בקולחים מטוהרים עתירי חנקן, פיזור זבל ושימוש בקטניות במחזור הגידולים (ענת לווינגרט, מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

הדס ושותפיה (2009) ניתחו את הקשר שבין שיטות עיבוד הקרקע והירידה בפוריות, ובחנו את הדרכים להתמודד עם בעיה זו. פגיעה במבנה הקרקע גורמת, בין השאר, ליצירת קרומי קרקע המקטינים את חידור המים. הקרומים מגדילים את הנגר על פני הקרקע והוא

עם ממשקי עיבוד, הכוללים בין השאר חיפוי צמחי, שיפור מבנה הקרקע בזבל אורגני ואי-פליחה. בד בבד עם תהליכי הדלדול ובעקבות הביקוש לשטחי עיבוד באזורים שונים, שהקרקע בהם אינה ניתנת לעיבוד, אך הם בעלי יתרונות אקלימיים או אחרים, הוכשרו ויוצרו קרקעות אנתרופוגניות [=מעשה ידי אדם] גם בשטחים שהוגדרו לפני כשישים שנה כלא-ראויים לעיבוד" (זיידנברג, 2013).

באזורים שונים בארץ נעשו פעולות מניעה ושיקום אחרי שנים רבות של אובדן קרקע בסחיפה. תמונה III-3 מנחל צידה בנגב הצפוני מציגה הסדרה פיזית של ערוץ הנחל מלווה בנטיעות שמייצבות את שולי הנחל.

אשל ואגוזי (2013) הציגו נתונים כמותיים על אובדן קרקע משטחים מעובדים בישראל. בשטחים מעובדים אינטנסיבית ברמת מנשה תועד איבוד של כ-20 ס"מ של קרקע אחרי כ-50 שנות עיבוד (קצב ממוצע של 4 מ"מ לשנה) (שם, לפי זיידנברג, 2007). אובדן קרקע ממוצע משטחים חקלאיים בעמק חרוד לאחר אירוע גשם בסוף אוקטובר 2006 נאמד בכ-8.3 מ"מ בארבעה ימים (שם). באזור השרון נמדדו קצבי איבוד קרקע חמרה מפרדסים בשיעור של 4-7 מ"מ בשנה. אשל ואגוזי מציינים כי קצבי סחיפת הקרקע בארץ דומים לקצבי סחיפת קרקע משדות חקלאיים בעיבוד אינטנסיבי שדווחו בעולם - קצב ממוצע של 3.0 ± 9.3 מ"מ לשנה. קצבים אלה גבוהים בשני סדרי גודל מקצבי היווצרות

תמונה III-4. חריש בשדה שעבר סחיפה מתמשכת, ועל כן כיסוי האבנים בו גבוה



צילום: אלי ארגמן

נאמדה ב-232 מיליון ש"ח לערך, ומהווה כ-1% מהתוצר הגולמי של חקלאות ישראל.

משרד החקלאות בישראל הכיר לפני כעשור בבעיה של איבוד קרקע חקלאית כנושא חשוב לטיפול, והוא מקצה תקציב לתמיכה בחקלאים המשתמשים בפעולות ובאמצעים לשימור קרקע³. במסגרת זו המדינה מעניקה לחקלאי 35 ש"ח לדונם לשנה לחמש שנים עבור שימוש בעיבוד משמר ב-75% מהשטחים שבתוכנית התמיכה שהגיש, וזאת עד להיקף של 2,500 דונם בשנה (רלוונטי לקיבוצים) (יעקובי, 2018). כמו בשינויים אחרים בהתנהלות החקלאית בישראל, גם בעיות איבוד קרקע והתדלדלות לא קנו אחיזה מיידית, ושינוי הפרקטיקה ארך זמן. ההיענות לקול הקורא וביצוע הפתרונות בשטח היה, לדברי אנשי שימור הקרקע במשרד החקלאות שיזמו את מסלול התמיכה הזה, איטי מהצפוי. לדבריהם, היה קל יותר לשכנע את מקבלי ההחלטות במשרד החקלאות להקצות את התקציב מאשר לשכנע את החקלאים לנצל אותו (זיידנברג, ריאיון, 2018).

א. אי-פליחה ועיבוד מופחת (מינימום עיבוד)

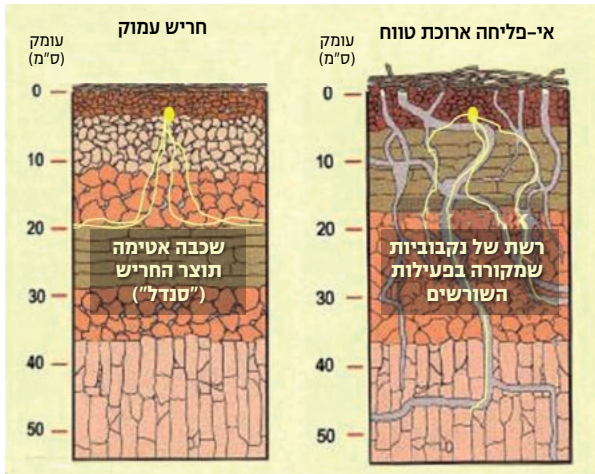
כתגובה למעגל הקסמים חריש-סחיפה התפתחו בעולם גישות של חריש רדוד (או עיבוד מופחת, minimum tillage) או אי-פליחה (no-tillage) שמפחיתות את סחיפת

מניע תהליכי סחיפת קרקע. עם הזמן התפתחו שיטות עיבוד שונות המותאמות לטופוגרפיה, לגידול המסוים ולתכונות הקרקע הספציפית: אי-פליחה, מינימום עיבוד, גימום (יצירת גומות לעצירת הנגר), חספוס פני השטח, אי-החלקת הקרקע בעיבוד הסופי, עיבוד בפסים, חיפוי קרקע ושילוב גידולים הן כולן שיטות הבאות להקטין ולמנוע סחיפת קרקע. חיפוי הקרקע והוספת חומר אורגני דוגמת קומפוסט משפרים את הקרקע ויצרנותה.

היקף ההשקעות החד-פעמיות הנדרש לשיקום שדות ולמינעת סחיפה עתידית הגיע בתחילת המאה ה-21 בממוצע להשקעה של 161 אלף ש"ח לשדה בגודל של 120 דונם. בחישוב הכלכלי יש להביא בחשבון תוספת הכנסות הנובעות מאי-פחיתה ביבול וכן חיסכון בעיבודים שוטפים. עלות שנתית לדונם הנמצא בעיבוד משמר עמדה על 78 ש"ח. בשטחי גידולי שדה שאינם נתונים לסכנת סחיפה, עלות העיבוד השנתית עמדה על 65 ש"ח לדונם וכרוכה בעיקר בשימוש בקומפוסט. לעומת זאת, עלות העיבוד המשמר בשטחי גידולי שדה בסכנת סחיפה חמורה עמדה על 128 ש"ח לדונם. בשטחי המטעים העלות נעה מ-20 ש"ח לדונם לשטח ללא סיכון לכ-147 ש"ח לדונם לשטח בסכנה חמורה. עלות העיבוד לכל שנה (שוטף + החזר הון) בכל השטחים החקלאיים המעובדים במדינת ישראל

3 אתר משרד החקלאות, האגף לשימור קרקע וניקוז.

איור III-1. השפעות חריש על מבנה הקרקע



מקור: corncorps.ilcorn.org/2016/11/08

בחוות דו-תכליתיות (גידולי שדה ובעלי חיים). היו גם חששות מפני התפתחות עשבים משבשים והתפתחות עמידות לקוטלי עשבים, כמו גם חוסר הנוכחות של חקלאים להשתמש בריכוז גבוה של קוטלי עשבים שיש בו סיכון בריאותי וסביבתי. כל אלה גרמו לחקלאים לא מעטים באוסטרליה לוותר על אי-פליחה (D'Emden and Llewellyn, 2006; Thomas et al., 2007). מן הראוי לציין שבמרבית המאמרים שבחנו את השפעת האי-פליחה על שכיחות העשבים המשבשים בחלקה החקלאית נמצאה ירידה בנוכחות העשבים (Shackelford et al., 2017).

בצפון סוריה פעל שנים רבות מרכז למחקר ופיתוח חקלאי בין-לאומי (ICARDA). במרכז בוצעו מגוון ניסויים לטווח ארוך ובינוני בתנאי סביבה דומים לאלה של ישראל. ההשפעה של משטר עיבוד ומחזור זרעים נבחנה לאורך שמונה שנים בבית גידול של קרקעות גיה. נבחנו שני מחזורי זרעים המורכבים משלושה גידולים: חיטה, קטניות ואבטיח בשלושה משטרי עיבוד: אי-פליחה, חריש עמוק וחריש רדוד. חריש עמוק לא הראה יתרון על פני חריש רדוד בשמירה על לחות קרקע או יבול. אי-פליחה הגדילה את יבול הקטניות אך הקטינה את יבול החיטה בגלל גידול בדגני בר משבשים, ולא התאימה לגידול אבטיחים כגידול קיץ. אי-פליחה הייתה פרקטיקה טובה יותר כלכלית בהשוואה לחריש עמוק הודות לחיסכון בהוצאות האנרגיה וליבול הכולל שהיה רב יותר (Pala et al., 2000).

הקרקע, מקטינות עלויות עיבוד, ושומרות על לחות הקרקע (Huggins and Reganold, 2008). לאורך זמן מתפתחת על חלקות אלה שכבה של כיסוי אורגני (mulch) שמעשירה את הקרקע בחומר אורגני ובו פחמן יציב. בו-בזמן מתפתחת בחלקות גם חברת חיידקים ופטריית עשירה יותר (Triplett and Dick, 2008).

פליחה חוזרת ונשנית מעודדת היווצרות של שכבה אטימה בעומק בית השורשים של הגידול, שמפריעה לניקוז טוב של השדה ולהתפתחות מיטבית של הגידול. אי-פליחה מונעת היווצרות שכבה זו ומעודדת התפתחות בית שורשים בכל חתך הקרקע, דבר המביא לטיוב התנאים בשדה (איור III-1).

לממשק אי-פליחה יש מספר הגדרות. הרווחת יותר גורסת ש"אי-פליחה פירושה זריעת גידול חקלאי בקרקע שלא הוכנה מראש (=נחרשה) ושיש עליה לפחות 30% כיסוי צמחי יבש (שאריות גידול קודם, צומח טבעי או תוספת חומר כמו קש)". בשנות ה-80 של המאה שעברה ממשק זה נעשה פופולרי בארה"ב ובמדינות שגידול הדגניים בהן משמעותי (אוסטרליה, קנדה, דרום אפריקה); כיום כרבע משטח גידולי השדה בארה"ב (בעיקר תירס, סויה, חיטה וכותנה) מעובד ללא פליחה. אך אליה וקוץ בה, ממשק אי-פליחה התאפשר, בין השאר, הודות לשימוש אינטנסיבי בחומרי הדברה שמפצים על אי-חשיפת מזיקי קרקע וזרעי עשבים משבשים (שוטים) להשפעת השמש שמייבשת אותם (Derpsch, 2004; Triplett and Dick, 2008).

בשנות ה-70 התפתחה באוסטרליה תפיסה שלפיה אי-פליחה תביא ליצרנות מוגדלת ולשימור הקרקע החקלאית (Thomas et al., 2007). ב-2005 נהלו כמחצית מאדמות מדינת קווינסלנד - אסם התבואה של אוסטרליה - בממשק אי-פליחה, וההמלצות להדברת עשבים ולמחזורי גידולים הותאמו לממשק זה. אימוץ נרחב יותר של השיטה הוגבל בגלל הגישה השמרנית של חקלאים מסוימים, הצורך לרכוש ציוד ייעודי לאי-פליחה⁴ וחששות מסיכונים ליצרנות החקלאית. החששות הם מפני עלייה בשכיחות מחלות צמחים בגלל אוורור מוגבל של הקרקע ובשל השארת שלף על פני הקרקע; הצטברות שאריות קוטלי עשבים (הרבצידיים) או פגיעה בכמות המרעה

4 הדגמת זריעה באי-פליחה תוך שימוש במזרעת ייעודית www.youtube.com/watch?v=gcls89XtwQw

ההשפעות של אי-פליחה משתנות בהתאם לסוג הגידול, לתכונות הקרקע ולמאפייני האקלים באזור. בישראל היובשנית אי-פליחה יכולה לגרום להפחתה בזמינות זרחן ואשלגן, ולכן ההמלצה של מדריכי משרד החקלאות לחקלאים בישראל שמחליטים לאמץ ממשק של אי-פליחה, היא להצניע זבל באמצעות חריש או לדשן אחת ל-3-5 שנים.

היתרונות בממשק אי-פליחה - מעבר להקטנת איבוד הקרקע בסחיפה - הם הקטנת הוצאות העיבוד, בגלל עיקר שימוש בכלים כבדים ומתוחכמים (אם כי יש לרכוש כלים חדשים); שיפור משק המים בקרקע (כניסה גדולה יותר של מי גשם ואובדן מופחת לסביבה); שימוש יעיל יותר בדשן ובמקרים מסוימים גם הגדלת היבול. החסרונות בממשק זה כאמור קשורים לעלייה בכמות העשבים המשבשים ובסיכוי להתפשטות מחלות קרקע. טבלה III-1 מפרטת את היתרונות והחסרונות של פליחת השדה החקלאי.

טבלה III-1. יתרונות וחסרונות של פליחת קרקע (מעובד מתוך Triplet and Dick, 2008)

יתרונות הפליחה	חסרונות הפליחה
מקטינה תחרות של עשבים משבשים עם הגידול החקלאי	משבשת את מבנה הקרקע
משפרת את מצע הנביטה	מאפשרת ערכי טמפרטורת קרקע קיצוניים יותר
קוברת את שאריות הגידול וכך מקטינה את סכנת המחלות לדור הבא	חושפת את הקרקע להשפעת כוח טיפות הגשם
מגדילה את אחידות פני השטח ומקלה על עיבוד ממוכן	מגבירה את סחיפת הקרקע
משפרת את חידור המים	הורסת חללי אוורור בקרקע
מעודדת מינרליזציה של חומר אורגני בקרקע ושחרור חומרי הזנה	משבשת סידוק בקרקע וכך נמנע חידור מים משופר
מובילה להתחממות מהירה יותר באביב (חשוב באקלים קר)	מגבירה את ייבוש הקרקע וכך מקטינה את יעילות השימוש במים
מסייעת לערבוב חומרי דשן במרחב בית השורשים	גורמת להידוק הקרקע
מפריעה לבית הגידול ולמחזור החיים של חלק ממזיקי הגידול	מפריעה לבית הגידול ולמחזור החיים של חלק מהאורגניזמים התורמים בקרקע (למשל, שלשולים וחיידקים)
פולחת את קרום הקרקע שנוצר בעת אירועי גשם	מעודדת זליגת חומרי הזנה מהשדה
מקטינה את דחיסות הקרקע בשכבות שונות	מגבירה את דחיסות הקרקע בשכבות שונות
	תשומות גבוהות יותר במיכון ובאנרגיה

איור III-2. השפעות חריש ואי-פליחה על תהליכים בקרקע



מקור: www.alternativesjournal.ca/people-and-profiles/yield-dreams
כיוון החץ מבטא את כיוון התנועה

בגידול הקיץ הוא מוסיף זבל אורגני מרפת של שכן, ומצניע אותו בפליחה (בקיץ). הזבל עשיר בזרחן אבל הוא לא מתפשט בקרקע במהירות, וההצנעה חיונית לשם פיזור בקרקע. הפליחה מסייעת גם בהתמודדות עם עשבי קיץ ועם נברנים - שתי בעיות קשות שנובעות מאי-פליחה בחורף. תיבות קינון לא סיפקו פתרון מתאים לבעיית הנברנים, ולעיתים יש להחדיר חומר הדברה "רוש" למחילות. לעומת זאת, גשם רציני בתחילת החורף מציף את המחילות ומקטין מאוד את הבעיה בקיץ. פליחה בקיץ נעשית תוך שמירה על עקבות (קוליס) קבועים כדי להקטין את הפגיעה בקרקע; הוא משתמש בכלי ייעודי לזריעה משולבת עם דישון בשורה בעיבוד באי-פליחה.

הוא לא מפזר חיפוי כלשהו בשדה כי אינו רוצה להכניס חומרים זרים לקרקע. בעבר נהג להחליף גידולים עם שכן מגדל ירקות - הוא גידל חיטה לגרעינים בחלקות שיעודו לירקות והשכן גידל ירקות בחלקות שלו. הוא הפסיק את הנוהג כי בעקבותיו הגיעו לחלקות שלו זרעי עשבים וחלקי פלסטיק (קישוני, ריאיון, 2018).

אברהם (ג'וז) זילברמן, חבר ותיק בקיבוץ ניר עוז הוא חקלאי גד"ש ובוגר הפקולטה לחקלאות. הוא שימש מדריך חקלאי (שה"מ) בנגב לנושא קרקע ומים, ובהמשך היה אחראי על תחום הקולחים במשרד החקלאות. הוא מספר מניסיונו:

חקלאי הנגב המערבי נהגו לחרוש חריש עמוק יחסית (30-40 ס"מ) כולל הפיכת קרקע, ואחר כך לעבור עם ארגז מחליק כדי להכין את השטח לזריעה. מחזור הזרעים היה "חיטה על חיטה", חריש פעם בשנתיים, ובשנה השנייה השתמשו במשתת או בקלטרת (כלי חריש עדין) לשבירת הקרום שנוצר על פני הקרקע (עיבוד לעומק של כ-15 ס"מ). בתחילת שנות ה-80 החקלאים התחילו להבין שהקרקע נשחקת מעיבודים אלה, ובעיקר בגלל השפעת הדיסקוס, שהוא כלי כבד עם שטח פנים קטן שמפעיל לחץ רב על הקרקע. ההבנה הזאת, יחד עם הנטל של הוצאות העיבודים, גרמו לחיפוש דרך חדשה. היו חקלאים שהתחילו להשאיר על השדה את השלף

איור III-2 מציג השוואה בין תהליכים בקרקע עם פליחה ובלעדיה. מבט בלתי אמצעי מבוסס ניסיון רב על עיבוד הקרקע בחקלאות הפלחה סיפק החקלאי הוותיק שעיה קישוני ממושב שדה יעקב:

נקודת המוצא של קישוני בעיבוד שטחי הפלחה היא שמירה מיטבית על איכות הקרקע וכמותה, במיוחד היות שמדובר בקרקע כבדה, שהידוקה גורם ליצירת "סוליות" קשות ואטומות, בעומק בית השורשים, שמפריעות לגידול להתפתח. לדבריו, עיבוד יתר יוצר בעיות בקרקע. לכן, רצוי לדחות ככל הניתן את העלייה עם כלי עיבוד על השדה ולמצוא פתרונות להקטנת לחץ המיכון המוביל להידוק (שימוש בגלגלי בלון, הוצאת אוויר, שימוש בחצי זחל). עדיף לגדל חיטה לשחת⁵ ולא לתחמיץ⁶, כי את התחמיץ קוצרים קבלנים שבאים עם כלים כבדים ומתחשבים רק בגורם הכלכלי (משך הקציר) ולא בבריאות הקרקע. קישוני מעבד את השדה בצורה מוקפדת, מונע הצטברות לחות בשקעים, ולכן חבילות השחת שלו איכותיות (ללא רטיבות חבויה) ומשיגות מחיר טוב ורווחיות גבוהה.

מחזור הגידולים המועדף על ידו כולל דגניים באי-פליחה (הגידול הספציפי תלוי בתנאי השוק) וקטניות (חומס או שחת תלתן/בוקיה) כגידול קיץ. הוא מעדיף לגדל חיטה לגרעינים כי היא שווה זמן רב יחסית בשטח ומייבשת את הקרקע, ובכך מקילה את הטיפול בעשבים משבשים בקיץ כי הם מוחלשים מהיובש.

5 מזון צמחי העשוי מצמח מזין לבעלי חיים הקצוץ על כל חלקיו.

6 הצמח הקצוץ עובר החמצה ללא חמצן, ויכול להישמר במצב זה זמן ארוך.

ללא עיבוד) והיא עדיפה על גידול דגן רציף (דגן על דגן). למרות זאת, רק מעטים מחקלאי הנגב אימצו את שיטת הגידול הזו (בונפיל ואחרים, 1997, 1997) ורק כ-15%–10 משטחי הפלחה בנגב מעובדים באי-פליחה. לדעת החוקרים, היעדר מידע מספק ובעיות של עשבים משבשים ומחלות עומדים בבסיס דחייה זו. כיום מרבית המשקים בנגב פועלים בממשק של מינימום עיבוד.

ממשק אי-פליחה מביא לתוצאות בעייתיות מבחינת עשבים משבשים ומזיקי קרקע, ולכן חקלאים רבים חוששים מפניו. שכיחות העשבים באי-פליחה מגדילה את הוצאות העיבוד בכ-10 ש"ח לדונם, מרביתם על ריסוסים מוגברים. גם העובדה שאי-פליחה מצריכה רכישת מיכון ייעודי לא עזרה לאימוץ הפרקטיקה, אם כי יש לציין שלמשרד החקלאות יש מסלול של תמיכה ברכישת כלים המתאימים לאי-פליחה או למינימום עיבוד (ראו ריאיון עם זידנברג בעמ' 104). ניתן לסכם ולומר שהמעבר למינימום עיבוד הונע מסיבות כלכליות ולא מתוך תפיסה אקולוגית. בדיעבד, נעשה חיבור טוב של שני ההיבטים (זילברמן, ריאיון, 2018).

עידן ריצ'ק, מדריך גד"ש מארגון מגדלי נגב, סיכם את הניסיון המצטבר של נושא האי-פליחה בנגב בכמה אמירות מפתח: "ממשק אי-פליחה נבחן בנגב במשך עשרים שנה ועדיין יש שאלות; הדרך האופטימלית עדיין לא הוגדרה סופית"; "אי-פליחה בנגב היא אמצעי לשמירת מים וקרקע, ולא מטרה"; "בכל משק מחזור גידולים שונה, גישות ממשק שונות וכלים שונים, ולכן גם תוצאות שונות"; "עדיף מינימום עיבוד על ביצוע לא טוב של אי-פליחה"; "הכרחי להאמין באי-פליחה, ואין קיצורי דרך" (ריצ'ק, 2018).

בין השנים 2004 ו-2012 בוצע מחקר השוואתי על השפעת ממשק אי-פליחה על גידול כותנה באתרים שונים בארץ (אזורים של 400–600 מ"מ גשם, שבע התארגנויות [גד"ש] שונות). גידול הכותנה נעשה בהשקיה בטפטוף, ונבדקו שלושה טיפולי קרקע: עיבוד מקובל (קונבנציונלי: מעמיק 25–30 ס"מ+ עיבוד מינימלי, כולל ארגז מיישר); מינימום עיבוד (15–28 ס"מ) ואי-עיבוד. סיכום הניסוי ארוך הטווח היה: יבול זהה בכל הטיפולים; חיסכון כלכלי משמעותי באי-עיבוד (הפעלה

להגברת חידור המים. אחרים הפעילו כלי לגימום (איסוף מים למכתשים קטנים) (זילברמן, ריאיון, 2018).

רמי פולקו, איש גד"ש ותיק מקיבוץ רוחמה מספר: בקיבוץ התחילו בממשק משמר כבר בשנות ה-70 של המאה שעברה בגלל הצורך לחסוך בהוצאות אנרגיה (השלכות משבר הנפט). הביטוי לכך היה מעבר לשימוש בקלטרת במקום בדיסק; בהמשך עברו להפעלת מגוון כלים שאמורים לשלב פליחה, זריעה ודישון. הזריעה נעשית על שאריות גידול מהשנה הקודמת. מחזור הגידולים ברוחמה הוא פעמיים חיטה, שעורה ואפונה. האפונה נקצרת מוקדם ולא משאירה חיפוי רציני, ואז מפזרים זבל אורגני ומצניעים. לדבריו, ממשק אי-פליחה בישראל לא נבחן בצורה מלאה ומעמיקה, ולכל משק יש תנאים ספציפיים, כולל מיכון ייחודי, ולכן עדיין לא גובשה תורה מקיפה ומוסכמת (פולקו, 2018).

קיבוץ עין חרוד איחוד ידוע במאמציו לשלב חקלאות מתקדמת ורווחית עם ממשק משמר. אילן לדל, מרכז הגד"ש הנוכחי מסכם:

ההחלטה המרכזית בנושא זה הייתה להקטין, ככל הניתן, את השימוש בארגז מחליק - כלי כבד שטחן עד דק את הרגבים, הידק את הקרקע ויצר חירוף שלאורכו התפתחה סחיפה. העיבוד עצמו נעשה בעזרת מערכות ניהוג אוטומטיות (חקלאות מדייקת) ובזריעה ישירה לשאריות הגידול הקודם, וכך נוצרו הפרה מינימלית של הקרקע והחזקה טובה של המים. פעולות אלה הביאו לחיסכון בעלויות הייצור, וכך התאפשרה השקעה בכלים אוטומטיים (לדל, 2018).

בשנות ה-90 התחיל מהלך ארוך טווח לקידום נושא האי-פליחה בדרום ישראל. המהלך כלל ניסויים ועבודה עם חקלאים, ולווה במסע הסברה ובהדגמות מטעם חוקרי חוות גילת של מנהל המחקר החקלאי (יעקב עמיר ובהמשך דוד בונפיל).

התוצאות לאורך השנים הראו שבשנות בצורת יש לגידול חיטה באי-פליחה תוך חיפוי בקש יתרון שמתבטא ביבול גדול יותר, אך בשנות שפע אין הבדל בין השיטות. שיטת האי-פליחה שומרת לחות קרקע משנת הכָּב (שנה

מצומצמת של כלים); הקטנת העיבודים לא פוגעת ביבול ובאיכות הטיב (ליסאי, 2014).

לפי שגיא ורמון (2016) אי-פליחה נהוגה בישראל בהיקף של למעלה מ- 250,000 דונם, לפי הפירוט הבא: **שטחים שקיבלו תמיכה ממשרד החקלאות:** כ-130,000 דונם באזור העמקים ועוד כ-20,000 דונם בדרום; **משקים שקיבלו תמיכות לקניית מזרעות אי-פליחה:** כ-55 מזרעות, המתייחסות בהערכה זהירה לכ-100,000 דונם.

ב. השלכות ממשק אי-פליחה עשבים משבשים

ברוך רובין טוען שהעשבים הם "הקללה שבברכה שאי-פליחה יכולה להביא". זאת היות שנמצא שאי-פליחה מעודדת התפתחות עשבים, והדבר מביא להגברת ההדברה הכימית ובעקבותיה מתפתחת עמידות אצל העשבים. נוסף על כך, מתרבים עשבים רב-שנתיים שבהם קשה יותר לטפל. זני החיטה העכשוויים נמוכים ויכולתם לדחוק בתחרות את העשבים המשבשים קטנה יותר מזו של הזנים הגבוהים (רובין, 2014; רובין, 2018).

במספר מערכות ראו שאי-פליחה עודדה מגוון של עשבים המשבשים את התפתחות הגידולים, שהיה גדול בהרבה מזה שהתפתח בתנאי פליחה שונים (Murphy et al., 2006). נראה כי בבעיה זו אפשר לטפל ביעילות על ידי מחזור גידולים מורכב. ראייה לכך ניתן למצוא בניסוי מבוקר שנעשה במזרח ספרד (קטלוניה) בשדות עם מחזור גידולים חורפי של ארבע שנים שכלל חיטה, אפונה ושעורה, ובחן משטרי חריש שונים: מלא (קונבנציונלי), מופחת (פליחה חלקית) ואי-פליחה (Mas & Verdú, 2003). הגידול הספציפי היה הגורם המרכזי שקבע את הכמות והרכב של העשבים המשבשים בשדה; לאופי החריש לא הייתה השפעה על כמות העשבים הכוללת אך הוא השפיע על כמותם של מיני עשבים מסוימים. מגוון העשבים היה הגבוה ביותר תחת אי-פליחה. מסקנת החוקרים היא שמבחינת שיבוש בעשבים אין מניעה ליישם משטר של אי-פליחה בשדות של תבואות חורף. יש לזכור שהתנאים היובשניים בארץ וכלכלת הגידולים מגבילים את הרכב מחזורי הגידולים האפשריים.

פוריות קרקע, חומר אורגני וכחמן

פוריות הקרקע היא מהגורמים המרכזיים הקובעים את רמת היבול החקלאי, והיא נגזרת במידה ניכרת מכמות **החומר האורגני** שבקרקע. חומר זה נוצר משאריות צמחים (טבעיים או גידולים חקלאיים) שעוברים תהליכי פירוק ושינוי בעזרת מיקרו-אורגניזמים שונים. החומר האורגני גם קובע את מבנה הקרקע, שגם הוא משפיע על הפוריות. חריש יכול לפגוע במבנה הקרקע אך גם להאיץ תהליכי פירוק של החומר האורגני.

יש זיקה בין פוריות הקרקע ובריאותה. **בריאות הקרקע** היא מושג מתכלל המבטא את יכולת הקרקע להגיב להתערבות של העיבוד החקלאי. קרקע בריאה תשמור על **כושר הייצור** שלה ובד בבד תמשיך לספק **שירותים אקולוגיים** כמו לפני יישום שיטת העיבוד. בריאות הקרקע נבחנת לפי השמירה על רמה תקינה של ארבעה תפקודים: התמרה של פחמן, מחזור חומרי הזנה, שימור מבנה הקרקע ויטות מזיקים ומחלות (Kibblewhite et al., 2008).

פחמן הוא מהיסודות החשובים בטבע, מפני שהוא ותרכובותיו הם אבני בניין ראשיות בעולם החי. בקרקע יש שני סוגי פחמן: אורגני ואי-אורגני, שמקורו בפירוק סלעים. לגידול החקלאי חשוב **הפחמן האורגני** שזמין לקליטה על ידי הצמחים שמשתמשים בו לבניית גופם. ריכוז פחמן גבוה בקרקע מצביע על בריאות קרקע גבוהה. מבחינה חקלאית יש חשיבות לשיעור פחמן אורגני גבוה הנמצא בחומר האורגני שבקרקע, ואילו מבחינה סביבתית יש חשיבות ללכידה מרבית של דו-תחמוצת הפחמן (carbon sequestration) בקרקע כדי למתן את רמת הפחמן באטמוספירה שיש לה השפעות לא רצויות על האקלים.

אובדן פחמן מהקרקע החקלאית לאורך זמן נבחן בשני טווחי זמן (טווח קצר - שלוש שנים וטווח בינוני - 15 שנים) בתנאי אקלים ים תיכוני ובחקלאות בעל בדרום-מערב ספרד (אזור סביליה) בגישות שונות של חריש: קונבנציונלי, מופחת ואי-פליחה (López-Garrido et al., 2009). החריש הקונבנציונלי גרם לאובדן מיידי של דו-תחמוצת הפחמן לאוויר ולהמשך העיבוד לא הייתה השפעה משמעותית. השיטות המשמרות הקטינו את אובדן הפחמן מהקרקע; האובדן הנמוך ביותר היה באי-פליחה. בשיטות המשמרות הצטבר משמעותית יותר פחמן בקרקע מאשר בחריש

(בעיקר מטעים) לצורך ביסוס גידולי כיסוי של קטניות (תלתן בעיקר). גידולי הכיסוי מגדילים את לחות הקרקע ומושכים מאביקים בעונת הפריחה. המטרה המרכזית של התוכנית היא **הגדלת לכידת הפחמן** מהאטמוספירה ותרומה למאבק (אפחות - mitigation) בשינוי האקלים. ההנחיות לחקלאי הן לפזר 1.3 טונות קומפוסט לדונם, והוא יכול לקבל עד \$50,000 בהתאם לגודל השטח שהטיפול מתבצע בו (Johnson, 2018).

החברה הביוטית

אי-פליחה עשויה להגדיל את ריכוז האויבים הטבעיים של מזיקי הקרקע, אך גם את האוכלוסיות של פרוקי רגליים מזיקים, גורמי מחלות (פתוגנים) ועשבים משבשים. הגידול בנוכחות המזיקים מביא כמובן לשימוש מוגבר בחומרי הדברה (Eadie et al., 1992), ולכן שימוש באי-פליחה צריך להישקל בתוך מכלול של גורמים.

קרקע עשירה יותר תומכת בחברת שוכני קרקע עשירה יותר, שיכולה להתמודד טוב יותר עם מזיקים ופתוגנים לגידולים החקלאיים (Holland, 2004). מספר מחקרים הראו ששכבת החומר האורגני המתפתחת על פני הקרקע בהיעדר חריש יוצרת בית גידול מושך לטורפים של פרוקי רגליים, בעיקר חיפושיות ועכבישים, שחלק מהם הם אויבים טבעיים של מזיקים בחקלאות (למשל: Schmidt et al., 2004; Pullaro et al., 2006).

הקונבנציונלי. יבולי החיטה בשיטות שנבדקו בניסוי היו דומים, ולעיתים גבוהים יותר בחריש הקונבנציונלי. החוקרים מסיקים שהתועלת החקלאית (שיפור באיכות הקרקע) והסביבתית (פליטה נמוכה יותר של פחמן לאוויר) מצביעה על יתרון לאי-פליחה, אף על פי שאין לכך ביטוי ביבול. **לכידת הפחמן** בקרקע משתפרת עוד יותר אם על הקרקע נשאר חיפוי של שלף. מבחינת התנהלות המערכות החקלאיות עדיין לא נמצא מנגנון מוצלח לתגמול עבור אספקת השירות הסביבתי של לכידת הפחמן והשאררתו בקרקע; מצד שני, אין מנגנון אכיפה כנגד פרקטיקה לא-סביבתית (פליטה מוגברת של דו-תחמוצת הפחמן).

עלויות עיבוד גדולות ואסדרה לגבי איכות אוויר הניעו ניסוי (1999-2009) לבחינת ההשלכות של עיבוד מופחת (פליחה של 0-15 ס"מ) בעמק המרכזי של קליפורניה במחזור גידולים של כותנה ועגבניות. עיבוד מופחת חסך כ-50% בהוצאות התפעול; יבול העגבניות היה גבוה ב-9.5% בעיבוד המופחת לעומת הקונבנציונלי, אך בכותנה המצב היה הפוך. לא היה הבדל בריכוז הפחמן בקרקע בין טיפולי העיבוד, אך גידולי כיסוי העלו אותו. אם כן, מסתמן שהעיבוד המופחת משפר את רמת היבול לעומת עיבוד קונבנציונלי או לפחות שומר עליה, ולכידת הפחמן תלויה בנוכחות גידולי כיסוי (Mitchell et al., 2015). בקליפורניה הניע הממשל המקומי **תוכנית תמיכה** בחקלאים שמגדילים את כמות החומר האורגני בחלקותיהם

תמונה III-6. חיפושית מרסוליה, פרט בוגר



צילום: מיכאל לזר

תמונה III-5. חלקות פגועות ברמת כוכב



צילום: אסף סלמון

תמונה III-7. נזקי מרסוליה בשדה ברמת כוכב



צילמה: רוחי רבינוביץ

תמונה III-8. נזקי נברנים בשדה מעובד ברמת כוכב



צילמה: רוחי רבינוביץ

מהסוגים מרסוליה ופרעושית (תמונות III-6 ו-III-7). במקרה זה ההתמודדות נעשית באמצעות ציפוי זרעים בתכשירי הדברה, דבר שמייקר את עלות הגידול. ברמות הגליל התחתון אף חוזרים לחרוש מדי פעם, בעיקר אם נלווית למזיקים בעיית עשבייה.

3. בחלקות אי-פליחה נראית עלייה עקבית בכמות הצמחים המשבשים הרב-שנתיים, כגון ינבוט, צלף, שיזף השיח וחבלבל השדה. כמו כן, ניכרת עלייה בעוצמת השיבוש של עשבים חד-שנתיים, כולל כאלה היוצרים בעיה בשימוש ביבול כחומר הזנה לבעלי חיים. כרגע שיבוש זה לא נמצא ברמה המחייבת חריש חוזר, אך הוא כבר גורם לעלייה ניכרת בהוצאות להדברת עשבייה.

4. משטר אי-פליחה מגביר מאוד נזקים של נברנים. כדי להתמודד עם הבעיה מגדילים את אוכלוסיות התנשמות (הדברה ביולוגית) ולחילופין - מכניסים את התכשיר "רוש" אל תוך המחילות. לעיתים יש צורך לחרוש את השדה שנית כדי להפחית את הנגיעות (תמונה III-8).

על היתרונות בממשק אי-פליחה באזור יבשני ניתן ללמוד מתוצאות ניסוי שנערך בחוות הניסויים בגילת:

אי-פליחה שמרה על חיוניות נבטי חיטה אביבית בתנאי הנגב הצפוני טוב יותר מאשר חריש קונבנציונלי, ואפשרה להם לשרוד 35 יום עד הגשמים הבאים; החיטה התבססה חרף תקופת יובש מייד לאחר הנביטה (Klein et al., 2002).

על הבעיות שיכולות להתעורר בעקבות המעבר לממשק אי-פליחה בצפון ישראל ניתן ללמוד מרוחי רבינוביץ, מומחית בהגנת הצומח ממו"פ העמקים:

בעשרים השנים האחרונות, ובאופן בולט יותר בעשור האחרון, עוברים משקים חקלאיים לגידול בשיטת אי-פליחה או בשיטת עיבוד משמר (פליחה רדודה ולא תכופה) בשל איבוד קרקע בסחיפה ועלויות עיבוד גבוהות, בייחוד במקומות שבעיית הסחיפה בולטת בהם - צפון הנגב המערבי, רמת מנשה ורמות הגליל התחתון. מעבר זה הפחית את סחיפת הקרקע אך יצר בעיות בתחום הגנת הצומח ועשבים משבשים. לעיתים הבעיות הללו כה קשות עד שחקלאים חוזרים לעיבוד קונבנציונלי, לפחות באופן חלקי (רבינוביץ, ריאיון, 2018).

להלן מספר דוגמאות לתהליכים המדוברים:

1. בשנים 2012-2014 נגרמו נזקים קשים לחלקות דגן וקטניות בגידול בעל ברמת יששכר, ברמת כוכב ובבקעת יבניאל על ידי זבליות - חיפושיות שִׁרְיָה (דָּרְן=שלב בהתפתחות חיפושיות) חיים בשכבת בית השורשים של הגידול החקלאי וניזונים מהם (ראו תמונה III-5). הבעיה גרמה לחריש חוזר של החלקות הפגועות. מאחר שחלקות שנחרשו לא סבלו מבעיה דומה, אנו למדים על הקשר בין אי-פליחה לחיפושיות.

2. בחלקות אי-פליחה ברמת מנשה ובגליל התחתון נמצאה עלייה בנזקים מעש הקמה ומחיפושיות עלים

עיבוד משמר קרקע אופיינו כשמרנים ו"שונאי סיכון", נוטים לחשוב על החקלאות כעסק שרק כוחות השוק צריכים להשפיע עליו, חסרה להם הדרכה, והם מכירים מעט חקלאים שמתמשים בעיבוד משמר.

אובדן קרקע בסחיפה על ידי רוח נחקר בשדות חיטה בגידול בעל בנגב הצפוני: הסחיפה הייתה גבוהה הרבה יותר בתנאי חריש לעומת תנאי אי-פליחה, גם בחלקות שהתבצעה בהן רעיית שלפיים. אובדן הקרקע בתנאי רעייה היה גדול מזה שבתנאי החריש עקב הקטנת החיפוי הצמחי (Tanner et al., 2016).

רמי זיידנברג, איש שימור קרקע במשרד החקלאות, טוען שלו בוצע סקר זה עשור או שניים מוקדם יותר, התוצאות היו שונות בתכלית. הגישה החיובית העולה מסקר עמדות זה היא, בין השאר, ביטוי לעבודה מאומצת של אנשי האגף לשימור הקרקע של משרד החקלאות להעלאת המודעות לקיום הבעיה ולחובה להתמודד איתה (זיידנברג, ריאיון, 2018).

אי-פליחה ויבול

בין הסיבות לחוסר נכונות לאמץ ממשק של אי-פליחה היה החשש מפחיתת יבולים. באזורים מסוימים בארה"ב נצפה יבול גבוה יותר בממשק אי-פליחה ובאחרים ההפך (Triplet and Dick, 2008). בנייתו משווה אחר נבחנו כ-5,500 צמדי חלקות מ-610 מחקרים מכל רחבי תבל (63 מדינות) ובהם 48 גידולים חקלאיים שגודלו באופן קונבנציונלי מול שימוש באי-פליחה; ככלל, אי-פליחה הובילה להקטנה בהיקף היבול ליחידת שטח, אך כאשר נעשה שימוש בגידול כיסוי ובמחזור גידולים מתאים, הביצועים השתפרו ואף גדלו מעבר ליבול בממשק הקונבנציונלי (Pittelkow et al., 2014).

ניתוח משווה של ספרות מדעית מארצות עם אקלים ים תיכוני מראה ממצאים לא עקביים: מתוך 22 מחקרים שנסקרו, בשמונה (איטליה, ספרד) נמצאו יבולים גבוהים יותר בחלקות ללא פליחה לעומת חלקות קונבנציונליות; בשבעה מקרים (איטליה, לבנון, ארה"ב-קליפורניה, ספרד) התוצאות היו הפוכות; בארבעה מחקרים נוספים (איטליה, ספרד) התוצאות לא היו עקביות והשפעת הפליחה הייתה לא ברורה; בשלושה מקרים (איטליה, פורטוגל, ספרד) היבול היה זהה בשני ממשקי הפליחה (Shackelford et al., 2017).

ניסוי שנערך בחוות הניסיונות גילת בנגב הצפוני הניב את התוצאות הבאות:

על המגבלות באימוץ ממשק משמר קרקע בישראל אפשר ללמוד ממחקר שנעשה בשיתוף פעולה בין מספר יחידות של משרד החקלאות, מכון דש"א (מכון שמירה על השטחים הפתוחים שלייד החברה להגנת הטבע) וחוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב (שגיא ואחרים, 2016). המחקר מיפה את הקשיים העומדים בפני חקלאים שמעוניינים לאמץ ממשק משמר קרקע והתמקד בהחלטות החקלאי כגורם מפתח באשר לגישת העיבוד. רואיינו 23 חקלאים המגדלים גידולי שדה בעמקי הצפון ובנגב הצפוני שאחראים יחד על עיבוד של מעל 500,000 דונם (כ-30% מהחקלאים בכל אזור). כמו כן רואיינו מומחים בתחום.

רוב החקלאים מצהירים על מחויבות לשמירה על הקרקע, וחושבים שזו אחריות משותפת שלהם ושל הממשלה לשמור על הקרקע. הם מכירים את טכניקות העיבוד המשמר, ומודעים לתופעות הסחיפה בשדותיהם. עם זאת, חסרה להם מודעות מלאה לקשר בין תופעות הסחיפה לבין עיבוד קונבנציונלי. כ-65% מהחקלאים שרואיינו מבצעים עיבוד משמר במידה רבה, 29% - במידה מעטה, ו-6% בכלל לא. ניתן, לדעתם, לשפר את המצב בעזרת תמיכות כספיות, מחקר ופיתוח והגברת מודעות מקצועית. רוב החקלאים שדיווחו על אימוץ ממשק אי-פליחה, הם מצפון הארץ. החקלאים שאינם מאמצים

דינמי ואינטראקטיבי זה היא מעבר מחריש קונבנציונלי לאי-פליחה, שבמהלכו נוצרו קסדרים ממוסדים, פותח ציוד ייעודי חדש, גובשו שיטות עבודה מתאימות ונוצרה אידיאולוגיה חדשה של התנהלות חקלאית מקצועית.

מול התפתחות זו עומדת **ההתנגדות של חקלאים** רבים לאמץ שיטה חדשה זו הן משום שהשיטה רדיקלית מדי עבורם הן משום שהעברת הידע הייתה מלמעלה (המוסדות, האקדמיה) כלפי מטה (החקלאי), ולא נבנתה אותה רשת קשרים תומכים שאמורה לסייע בקליטה ובאימוץ של ה"המצאה" החדשה.

מתאים לסיים קטע זה שעוסק באי-פליחה, אחד מעמודי התווך של הממשק האגרו-אקולוגי ושל החקלאות האורגנית בישראל, בחשבון הנפש המקצועי של ענת ליוניגרט, מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, בהרצאתה ביום העיון ה-14 של נקודת ח"ן:

"התחלנו [בקידום] אי-פליחה בלי סימני שאלה, והיום יש הרבה סימני שאלה. למרות שהממשק מונע סחיפה, הוא יוצר שימוש מוגבר בקוטלי עשבים והאצת תהליכי פיתוח עמידות לקוטלי עשבים. החקלאות מותנית בקיימות כלכלית, החקלאות היא חלק מהסביבה. קידום נושאי חקלאות וסביבה מחייב ראייה מערכתית ובקרה מתמשכת." (מתוך שגי'א ורמון, 2016)

2. חקלאות משמרת

(Conservation Agriculture, CA)

החקלאות המשמרת היא תפיסת עולם שהתפתחה בתגובה לתהליכי סחיפת קרקע מואצים שנצפו ברחבי העולם בשנים האחרונות. החקלאות המשמרת היא תוצר של המפגש בין המדע, החקלאות כענף ייצור כלכלי והצורך להבטיח כמויות מזון מוגדרות תוך שיקום ההון הטבעי (הקרקע הפגועה) (Blignaut, 2016).

חקלאות משמרת היא השילוב של שלוש פעולות חקלאיות שתכליתן למזער את ההפרעה לקרקע מבלי לפגוע ביבול:

בתנאי בעל יובשניים (250 מ"מ-) יבול החיטה האביבית, משקל הגרגיר ויעילות השימוש במים נמצאו גבוהים יותר בממשק אי-פליחה לעומת חריש קונבנציונלי במחזור דו-שנתי של חיטה על קֶבֶב (אי-עיבוד). שיעור ההבדל תלוי מאוד בתנאי המשקעים בכל שנה ושנה (Bonfil et al., 1999).

יעקב עמיר, חוקר חיטה ותיק בגילת, דיווח ש-20 שנות מעקב הראו שחיטה הגדלה באי-פליחה עם חיפוי, מניבה 80-120% יותר גרעינים מחיטה שגדלה בממשק רגיל (עמיר, 2014). השוואה של גידול חיטה בממשק אי-פליחה מול ממשק מינימום עיבוד הראתה דמיון ביבול במשך חמש שנים ובשנה השישית יבול גבוה יותר באי-פליחה, אולי בגלל משטר משקעים יבש בתחילת העונה (ריצ'ק, 2018).

האם המידע שהוצג לעיל תומך חד-משמעית בהפעלה נרחבת של ממשק אי-פליחה כציר מרכזי של מערכות אגרו-אקולוגיות?

נדמה שחוסר-העקביות בנתונים ובמסקנות ומורכבות תנאי הפתיחה (גידולים שונים, תנאי סביבה שונים) לא מאפשרים כרגע מתן תשובה חד-משמעית לשאלה זו.

זו דוגמה נוספת לקושי שעומד בפני האגרו-אקולוגיה כדיצפילניה מדעית. היא עוסקת במערכות ולא בחלקי מערכות, וככזו היא צריכה להשוות שינויים בין מערכות ייצור שהעשייה החקלאית בהן שונה מאוד. זו משימה מורכבת ויקרה למחקר המדעי; יש להעמיד ניסויים רבים ומורכבים לטווח בינוני וארוך תוך חיקוי תנאים מציאותיים של החקלאות, בעוד שהמשאבים העומדים כיום בפני המחקר החקלאי והתנאים הלוגיסטיים לא מעודדים גישה כזו.

שניידר ושותפיו (Schneider et al., 2012) מהמרכז לפיתוח וסביבה בברן, שווייץ, חקרו את התפתחות ה"בריאה **מחדש**" (co-creation) של מושג האי-פליחה בשווייץ, הן מבחינת התפתחות הידע הן מבחינת התפשטות הידע ואימוץ הפרקטיקה. לטענתם, מדובר למעשה בתהליך דינמי, הדומה להמצאה של רעיון חדש: אנשים בונים רשתות חדשות של קשרים בין רכיבים לא אנושיים (קרקע, מים, עשבים) וגורמים אנושיים ויוצרים תובנות חדשות על ידי העברה הדדית של ידע וניסיון ותרגומם ליחסי גומלין ולתפקוד. התוצאה הסופית של **תהליך**

מקורות שונים, ב-2013 עובדו בשיטות אלה מעל מיליארד וחצי דונם, שהם כ-11% מסך השטח של גידולי השדה ברחבי העולם. נתון זה מצביע על גידול של 500 מיליון דונם (מעל 30%) בשמונה שנים. בעשר השנים האחרונות כ-60 מיליון דונם מתווספים מדי שנה להיקף השטחים של חקלאות משמרת (Derpsch et al., 2014). קסאם (Kassam et al., 2012), מהאוניברסיטה החקלאית ברדינג שבבריטניה, הוא מהמצדדים הבולטים בגישה זו. לטענתו, מעבר לשיפור ביבול ולהקטנה בפליטות הגזים לאטמוספירה, החקלאות המשמרת גם מתאימה יותר לשינוי האקלים הפוקד את כדור הארץ ולמסטר הגשמים הלא סדיר המאפיין את אזור הים התיכון.

החקלאות המשמרת היא יעד אסטרטגי של ארגון המזון והחקלאות של האו"ם (FAO, 2006, 2011, 2014). אימוץ פרקטיקות החקלאות המשמרת מעיד לדעת כמה חוקרים, על שינוי פרדיגמה בעשייה החקלאית לכיוון האגרו-אקולוגיה (Kassam et al., 2015).

גוברס (Govers, 2016) טוען שרוב המחקרים הראו שבחלקות ניסוי בחקלאות משמרת (בגודל ממוצע של עשרות מ"ר) יש מעט סחיפה, וברמת השדה כולו (מאות ואלפי מ"ר) האובדן אף קטן יותר. מצד שני, אין ברוב המקרים, בפעולות השימור כדי לעצור את נגר המים משטחים גדולים של חלקות הזרועות בגידול יחיד. הנגר הזה מזהם את מקורות המים בעיקר בעודפי חומרי הזנה (נוטריינטים) וחומרי הדברה שמומסים ונישאים בו.

א. גידולי כיסוי (cover crops) וחיפוי קרקע

הותרת **חיפוי צמחי** בשדות של גידולים עונתיים חד-שנתיים אחרי הקציר מצמצמת את היווצרות קרומי הקרקע, ובכך משפרת את קצב חידור המים ומקטינה היווצרות נגר עילי ושיטפונות. בעיות אלה אופייניות מאוד לקרקעות באזורים יובשניים. חיפוי קרקע (mulching) בחומר אורגני אינו פעולה חדשה בחקלאות, אבל הוא נעשה נפוץ, וכיום הוא רכיב בחקלאות המשמרת (Prosdocimi et al., 2016a).

שטחי החקלאות באזור הים תיכוני מועדים לסחיפה, ו**כרמי גפנים** על מדורות, שלרוב חסרים כיסוי צמחי בגלל ריסוס בקוטלי עשבים, פגיעים במיוחד. במחקר שנעשה בסיציליה,

אי-פליחה או פליחה רדודה; שימוש בגידולי כיסוי או בחיפוי קרקע; **מחזור גידולים מוקפד** (Hobbs, 2007; Hobbs et al., 2008). שילוב זה אמור להביא שיפור בשלושת הממדים של הקרקע - הכימי, הפיזיקלי והביולוגי, ובהיבטים אחרים כמו חידור מים. החקלאות המשמרת אמורה להגדיל את לחות הקרקע, להקטין את הידוק הקרקע, לשפר את תהליכי המחזור של חומרי ההזנה, להגדיל את ריכוז החומר האורגני והפחמן בקרקע ולהקטין נזקים מעשבי בר שמתפתחים בשדה ומתחרים בגידולים. חקלאות משמרת קרויה גם **regenerative agriculture** - חקלאות שיוצרת מחדש קרקע פורייה.

מרבית המידע בתחום זה נאסף במערכות של גידולי בעל באזורים שאינם יובשניים. לפי מידע זה, חקלאות משמרת מקטינה את הוצאות הייצור (תשומות אנרגיה וכימיקלים), חוסכת זמן והוצאות עיבוד, מגדילה את היבול לאורך זמן, מקטינה חשיפה למחלות ולמזיקים הודות למגוון ביולוגי גדול יותר (בעיקר של אויבים טבעיים), מקטינה פליטות גזי חממה ומפחיתה זיהום נחלים בנגר שמכיל חומרי הדברה (Hobbs et al., 2008).

יש הטוענים שלא נכון להשתמש במונח גורף אחד בהתייחסותנו לנושא החקלאות המשמרת משום שזהו מושג בעל מובנים רבים. חקלאות משמרת תלויה בראש ובראשונה באופי הגידול ובממשקו (חד-שנתי מול רב-שנתי, אינטנסיבי מול אקסטנסיבי, עם השקיה או בלעדיה ועוד). שנית, תוצאות חקלאות זו תלויות גם במגוון גורמים סביבתיים: אקלים, גיאוגרפיה וטופוגרפיה. גם למערך החברתי והכלכלי שהחקלאי קשור אליו יש קשר הדוק לשימוש בממשק חקלאי כזה וכך גם לזמינות הידע המקצועי-מדעי. גם לתכונות האישיות של החקלאי עצמו ולמטרות שהוא מגדיר לעצמו יש השפעה על התנהלותו בתחום זה (לווינגרט, ריאיון, 2018).

בתחילת שנות ה-70 יושם ממשק החקלאות המשמרת בפחות מ-3 מיליון דונמים בעולם, בעיקר בעולם המפותח (Kassam et al., 2015). ב-2003 כבר תועדו 450 מיליון דונם שנעשה בהם שימוש בחקלאות משמרת, רובם בצפון אמריקה ובדרומה, אך גם בדרום אפריקה ובאוסטרליה. ב-2005 היו בעולם כמיליארד דונם שעובדו בשיטה זו (Hobbs, 2007; Kassam and Brammer, 2013). לפי

מדרונות. ניסוי שדה מבוקר בדרום ספרד (מעל 500 מ"מ משקעים בממוצע שנתי) הראה שעידוד צומח עשבוני כחיפוי קרקע בין שורות הנטיעה מקטין משמעותית את סחיפת הקרקע ואת אובדן מים כנגר מהכרמים (Gomez et al., 2009). אחרי שנים רבות של ריסוסים שהכחידו מקומית את הצומח אין בנק זרעים מספק בתחילת הפעילות, ויש להמתין להתפתחותו או לשזרע צומח. כמו כן צריך לייבש את צמחי הכיסוי בראשית הקיץ כדי למנוע תחרות על לחות קרקע עם העצים. החוקרים סבורים כי העלויות הכרוכות בשזרוע או בטיפול בצמחי כיסוי הן הסיבות לאימוץ האיטי של הפרקטיקה.

במזרח ספרד בחנו את האפקטיביות של טיפולי כיסוי וחיפוי שונים בחלקות ניסוי המדגימות את החקלאות הנפוצה באזור - כרמי זיתים, מטעי שקדים ושדות דגניים, כולם ללא השקיה וללא דישון - בהדמיה של משטרי משקעים שונים (Garcia-Orenes et al., 2009). חלקות שרוססו בקוטלי עשבים, כמקובל באזור, הראו את ערכי אובדן הקרקע הגבוהים ביותר וכן ירידה קלה בתכולת הפחמן בביומסה של החיידקים והפטרייות (דבר המעיד על ירידה במספרם). חיפוי בקש הניב אובדן זניח של מים וקרקע מהחלקות, והראה עלייה בתכולת החומר האורגני, ביציבות הקרקע, ובתכולת הפחמן; עם זאת, הוא התברר כאפקטיבי יותר רק 16 חודשים לאחר תחילת הביצוע. אובדן מים וקרקע נעצר גם על ידי כיסוי עשבים, עשבים בשילוב קש ועשבים בשילוב רסק, אבל הטיפולים האלה לא הניבו שיפור בתכונות הקרקע. במחקר נוסף נמצא כי חיפוי כרמי זיתים או מטעי שקדים בקש **שיבולת שועל** הוא הממשק האגרו-אקולוגי הטוב ביותר, יותר מחיפוי בגזם עץ או מזריעת צמחי כיסוי, בגלל השיפור המהיר באיכות הקרקע (Garcia-Orenes, 2010).

מחקר שבוצע בתחנה לחקר הסחף של משרד החקלאות ניסה לקבוע את הממשק הנכון לשימור קרקעות פרדסים בשטחי חמרה בשרון. באזורים אלה גורמים אירועי גשם חזקים להצפות ולהיווצרות שלוליות ענק בפרדסים שעלולות לגרום נזק עקב פגיעה באזור בית השורשים ומחסור בחמצן. הקמת גודיות לאורך השיפוע מסייעת בניקוז עודפי המים במהירות מהפרדסים, אך מובילה להתחתרות (יצירת ערוצים בקרקע) ובהמשך לסחיפת קרקע מוגברת (אגוזי ואחרים, 2015) (ראו תמונה III-10).

תמונה III-9. השפעת טיפול בקוטלי עשבים על סחיפה במטע הנשירים מימין לעומת השארת צומח טבעי בכרם משמאל



צילום: אבי פרבולוצקי

ונעזר בתמוכות הגפנים למדידת אובדן קרקע, הושוו שבעה טיפולי קרקע: חריש קונבנציונלי מול כיסוי קרקע עם גידולים שונים (סוגי בקיה שונים, תערובת תלתן תת-קרקעי ודגניים שונים המשמשים צמחי מרעה, חיטת דורום ושילוב חיטת דורום עם בקיה תרבותית). הסחיפה והנגר קטנו משמעותית אחרי זריעת צמחי כיסוי מכל סוג (Novara et al., 2011). במחקר אחר נמצא כי חיפוי עם קש שעורה בכרמים במזרח ספרד הקטין משמעותית ומיידית את אובדן הקרקע בסחיפה ואת אובדן המים כנגר מהכרם לחמישית מרמתם ללא חיפוי (Prosdocimi et al., 2016b).

בצרפת בחנו רמת סחיפה בתנאי עיבוד שונים בכרמים בעזרת מתקן המדמה סופות גשם (Blavet et al., 2009). בקרקע לא מעובדת או בשטח שיחיה ים תיכונית לא נמדדה כל סחיפה של קרקע. מדידת הסחיפה הגדולה ביותר הייתה בכרמים שרוססו בקוטלי עשבים. כיסוי או חיפוי קרקע בזמורות של הגפנים על הקרקע מיתנו את הסחיפה, וחיפוי הקרקע באמצעות קש או חצץ עצר את הסחיפה כליל. זריעה של תערובת צמחים עשבוניים הייתה יעילה במידה חלקית, אבל החוקרים תולים זאת בזמן המועט שעבר מאז הזריעה, ומאמינים שעם הזמן גם טיפול זה יעצור לחלוטין את הסחיפה. תוצאות דומות נצפו במטעים ובכרמים באזור בת שלמה בדרום הכרמל (ראו תמונה III-9).

כרמי זיתים, גידול ים תיכוני אופייני נוסף, חשופים אף הם לאובדן קרקע בשל סחיפה, בעיקר אם הם נטועים על

תמונה III-10. סחיפה ממתעים בשרון, קרקע חמרה ללא גידולי כיסוי או חיפוי

הושג בתוספת של עלויות נמוכות לחקלאי: בישראל חלק מפעולות אלה יקר מדי מכדי להיות יישומי בהתחשב בנתוני הרווחיות של ענפי הפלחה והגד"ש.

בישראל נעשו מספר ניסויים לבחינת האפקטיביות של השימוש בחומרי חיפוי שונים על הקטנת סחיפה בשדות לפני התפתחות הגידול.

רסק של גזם עירוני, שהוא משאב זמין בכמות גבוהה ושסילוקו או מחזורו יוצרים לא פעם בעיה, נבחן כבסיס לחיפוי קרקע מונע סחיפה. החיפוי ברסק מנע כמעט לחלוטין נגר וסחיפה מאתרי הניסוי שהיו בעלי שיפועים משמעותיים, וזאת למשך שלוש-ארבע שנים. החיפוי מקטין את ההשפעה הפיזיקלית של טיפות המים והיווצרות קרום קרקע, מקטין את מהירות זרימת הנגר ואת עוצמתו, וגורם לייצוב מבנה הקרקע (בן חור ואחרים, 2011).

יעילות החיפוי תלויה בעובי שכבת הכיסוי, במקור חומר החיפוי, בצורת פיזור החומר ובתנאי הסביבה המקומיים (שיפוע והרכב הקרקע).

פוטנציאל הסחיפה משדות של גידולי שדה חורפיים, דוגמת תפוחי אדמה, גבוה; השדות חשופים ללא צמחייה בזמן הגשמים הראשונים, ואנרגיית הטיפות מתחחת את הקרקע והופכת אותה זמינה לסחיפה בנגר במושב בשרון נעשה ניסוי לבחינת ההקטנה של הסחיפה משדה תפוחי אדמה בעזרת גידולי כיסוי (אשל ואחרים, 2014):

בניסוי השתמשו בשיבולת שועל כגידול כיסוי, כי היא גדלה מהר ומפתחת חיצים (יחידות צמח הגדלות יחד) רבים. את שיבולת השועל זרעו לפני גשמי החורף והנביטו אותה על ידי השקיה. את תפוחי האדמה זרעו אל תוך גידול הכיסוי בעזרת מזרעה מיוחדת. אחרי התפתחות מספקת של צמחי תפוח האדמה המיתו את גידול הכיסוי בעזרת קוטל עשבים. גידול הכיסוי שיפר את חידור המים לקרקע וכך הקטין משמעותית את כמויות הנגר העילי שמתפתחות בשדה, וזאת ללא פגיעה ביבול. הסחיפה מהשדה פחתה ב-95% והנגר היוצא מהשדה פחת ב-60%. בדרך זו נחסכו 3% מהוצאות הייצור לדונם (140 ש"ח לדונם), היות שהן



צילום: רועי אגוזי

בניסוי נבדקו ארבעה טיפולים לאורך חמש שנים: 1) קרקע חשופה אחרי הדברה כימית של עשבים; 2) זריעת גידול כיסוי (שיבולת שועל + בקיה); 3) חיפוי הגודדות בשבבי עץ וגידול כיסוי במרכז השורה (שיבולת שועל + בקיה); 4) חיפוי הגודדות בשבבי עץ וזריעת צמחיית בר במרכז השורה. הטיפול הרביעי הפחית בצורה משמעותית את מהירות זרימת המים ואת מספר אירועי הזרימה מהפרדס ועוצמתם. חיפוי הגודדות עזר בהקטנת נפחי הנגר הנוצר בפרדס. המחקר הראה שהחיפוי בשבבי עץ משהה את היווצרות הנגר, ובעוצמות גשם נמוכות אף מונע אותו כליל. נוסף על כך, החיפוי מגדיל את חידור המים לקרקע ומקטין את אובדן המים בהתאדות בתקופות היבשות, וכך משפר את מאזן המים בפרדס (שקולניק ואחרים, 2016). הטיפולים לא שינו את היבול הממוצע של חלקות הפרדס (רועי אגוזי, חוקר באגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות, מידע בע"פ).

נוסף על כך, הראה המחקר כי חיפוי צמחי עצר לחלוטין את סחיפת החומר הגס מהפרדס והקטין עד ל-80% את סחיפת החומר העדין (רחופת). הקטנה משמעותית זו של סחיפה ונגר פירושה גם צמצום רציני של זליגת קוטלי עשבים מהפרדס לסביבה (אשל ואחרים, 2016).

ניתוח משווה של ספרות מדעית העלה שברוב המקרים חיפוי קרקע הצליח להוריד את שיעור הסחיפה, אובדן הקרקע וכמות הנגר הזולגת מהשדה, במעל 90% (Prosdoci et al., 2016). ברוב המקרים חיפוי יעיל

כוללות, בין השאר, קומפוסט שמפוזר ושיקום דרכים ושדות שנשחפו (Eshel et al., 2014).

השארית קש בשדות הפלחה חשובה מבחינת שימור קרקע (הוא מונע היווצרות קרומי קרקע) אבל כאשר הגידול עצמו מניב רווחיות נמוכה, הקש הוא סחורה בעלת ערך עבור חקלאים. על פי רוב, החקלאי מעדיף למכור את הקש ולהגדיל את הרווחיות במקום להעשיר בעזרתו את הקרקע. נוסף על כך, חיפוי ברסק עץ או השארית שלף חיטה או כותנה באזורים דלים בחנקן בקרקע כמו בישראל, יכולים לגרום לירידה ברמת החנקן בשדה החקלאי. הכיצד? הירידה נובעת מצריכת חנקן מהסביבה בתהליך הפירוק של חיטה, כותנה ועץ, שהם חומרים אורגניים העשירים בפחמן ביחס לתכולת החנקן שבהם. במקרה כזה הקרקע מקבלת הגנה מהחיפוי, אך כמות חומרי ההזנה שבה פוחתת (ענת לווינגרט, מידע בע"פ; Hadas et al., 2004).

ב. מחזור גידולים ואיכות קרקע

מחזור זרעים או מחזור גידולים (crop rotation) הוא משטר של החלפת גידולים בשדה מסוים, במרווחים לאורך ציר הזמן, כדי לחדש משאבי קרקע מדולדלים ולהתמודד עם הירידה הנלווית ביבול השדה (ראו גם תת-פרק 2 בפרק II). מחזור גידולים נכון מעודד גם מגוון ביולוגי גבוה של שוכני קרקע המשמשים אויבים טבעיים של מזיקים או של עשבים משבשים, ומניע תהליכים ביולוגיים-אקולוגיים ענפים בקרקע שמגדילים את כושר היצרנות שלה (Bender et al., 2016). לדוגמה, הפעילות, עושר המינים והצפיפות של חברת חיפושיות קרקע ממשפחת הרצנתיים (carabid beetle), שחלק מהן טורפות של מזיקים חסרי חוליות וחלק ניזונות מזרעי עשבים משבשים, גדלו ככל שמחזור הגידולים במערכת הניסויית היה מורכב יותר.

בממשק קונבנציונלי המבוסס על דישון כימי התקבלו ערכים נמוכים של מאפייני חברת החיפושיות; הערכים היו גבוהים יותר במחזור גידולים של שנתיים בחילופי תירס וסויה, והגבוהים ביותר - במחזור של ארבע שנים שהשתתפו בו תירס, סויה ושני סוגי אספסת (O'Rourke et al., 2008).

ג. בעיות באימוץ חקלאות משמרת

שאלת השאלה, אם אכן החקלאות המשמרת היא הפתרון הנכון לקיימותה של חקלאות מייצרת מזון לאורך זמן, מדוע היא אינה מאומצת באופן גורף בעולם?

גוברס (Govers, 2016) טען שסביב החקלאות המשמרת יש ויכוח תוסס שבליבו שתי שאלות: מהי היעילות של פרקטיקה זו מבחינת היבול ומבחינה כלכלית לחקלאי (כלומר, האם השקעת משאבים בחקלאות משמרת מובילה לרווחים גבוהים יותר?) ומה ההתאמה של פרקטיקה זו להקשרים שונים של העשייה החקלאית בעולם (למשל, מה בין שימוש בשיטה כזו בשדה תירס ענק באיווה, ארה"ב לחלקה משפחתית קטנה בכפר יחסית בדרום-מזרח אסיה?).

עבור החקלאי המסורתי הקטן שימוש בשיטות אלה עלול להוביל לאובדן יבול שתוצאותיו יהיו הרסניות לכלכלת המשפחה. מחקר מקרה בווייטנאם עולה, שעל החקלאי הבודד להשקיע \$13-12 לדונם כדי למנוע סחיפה של טונה קרקע. זו השקעה משמעותית וכנראה לא משתלמת בתנאי החקלאות המסורתית במקום. אחרים טוענים שלא הגורמים הכלכליים הם אלה שמונעים אימוץ טכניקות של חקלאות משמרת, אלא גורמים תרבותיים-חברתיים-פוליטיים (Knowler, 2015). גוברס טען, בעקבות המחקר של פיטלקוב ושותפיו (Pittelkow et al., 2014) שצוטט לעיל, שתרומת האי-פליחה לאינטנסיפיקציה בת-קיימא של החקלאות מוגבלת יותר ממה שנטינו לחשוב, וזו הסיבה העיקרית לכך שהחקלאות המשמרת לא נפוצה יותר ברחבי העולם.

מסתבר שהחקלאים ה"קטנים" באפריקה ודרום אסיה אינם נלהבים לאמץ גישה זו. סקר ספרות על חקלאות משמרת אצל מגדלים קטנים העלה ששימוש בטכניקה של אי-פליחה הניב לדעתם יבול נמוך יותר מהעיבוד הקונבנציונלי. חוקרים נוספים הצביעו על כך שחקלאים בעלי חלקות קטנות באפריקה ובדרום אסיה מוגבלים ביכולתם לאמץ את החקלאות המשמרת בעיקר בגלל מחסור בשאריות צמחיות לחיפוי, מאחר שלרוב הן משמשות במערכת החקלאית שם מזון לבעלי חיים (Palm et al., 2014). מדובר בסביבות עניות במשאבים, ולכל תוצר או פסולת חקלאית יש מטרה או שימוש משני (Pittelkow et al., 2014).

לאחרונה גישת רמ"י משתנה, והרשות מוכנה לחבור למשרד החקלאות במימון פעולות לשימור קרקע חקלאית (זיידנברג, ריאיון, 2018). בארה"ב יש קריאות ליצור זיקה בין התוכנית הפדרלית לביטוח יבולים ובין נקיטת אמצעים לשימור הקרקע.⁸

מה לגבי תועלת אחרת של החקלאות המשמרת, כמו הגברת לכידת הפחמן ושיפור המגוון הביולוגי?

בישראל נבדקה באופן ניסויי השפעת חריש ודישון על שטף הפחמן בשדות חיטה הגדלה כגידול בעל לאורך 13 שנים בתנאים יובשניים (230 מ"מ) (Eshel et al., 2014). היחס שבין לכידת הפחמן ופליטת דו-תחמוצת הפחמן בשדה החיטה היה גבוה יותר בטיפול אי-פליחה לעומת חריש קונבנציונלי וזאת עם דישון ובלעדיו. מסקנת המחקר הייתה שאי-פליחה משולבת בהשאת שלפיים בשדה היא ממשק משופר מבחינת ניצול מי גשם ואוורור קרקע, הגדלת ריכוז החומר האורגני בקרקע (לכידת פחמן) והגדלת יבולי החיטה.

יש הסוברים שהמענה ליבולים גדולים יותר הוא שילוב של זמינות זרעים טובים ומטופחים, דישון יעיל בכמות מתאימה והשקיה יעילה (Foley, 2011). הם טוענים שאינטנסיפיקציה אחראית לתורום לסגירת הפער הצפוי בייצור מזון בעתיד יותר מאשר שיטות אגרו-אקולוגיות שיעילותן לא הוכחה. החקלאות העתידית צריכה להיות זו המכוונת להגדלת יבול בגלל הדרישות העולות של האוכלוסייה הגלובלית לצד הקטנת הנזקים הסביבתיים. אם החקלאות המשמרת תוכיח את יכולתה במשימה זו, אזי יש לאמצה ולפתחה, ואם לא - יש לפתח דרכים אחרות (Foley, 2011).

גוברס, בהרצאה שהוזכרה לעיל, סיכם ואמר שלדעתו כדי להתמודד עם משבר מזון שצפוי להגיע בעשורים הקרובים יש לנקוט ב"אינטנסיפיקציה חכמה" (בדומה לאינטנסיפיקציה האקולוגית או האחראית שהוזכרה לעיל) המבוססת על שימוש בכמות הרבה ביותר של דישון שתורמת לשיפור מרבי בייצור המזון, בעיקר בעולם המתפתח. הוא רואה בביקורת על השיפורים שהוצעו בחקלאות הקונבנציונלית

לאחרונה (2014) הוקדש גיליון של העיתון Agriculture, Ecosystems and Environment לשאלת החקלאים הקטנים והחקלאות המשמרת. המאמרים השונים מראים שלא בטוח שהחקלאות המשמרת יכולה לסייע בהגדלת יבול במערכות של חוות קטנות, וייתכן שנדרש לשם כך "זמן אימוץ" ארוך. בהתחשב במצב הכלכלי של מרבית המגדלים הקטנים סביר להניח כי הם לא יאמצו פרקטיקה זו בטווח הקרוב (Stevenson et al., 2014). בהיעדר עדות חותכת ללכידת פחמן משופרת במערכות אלה, הרי שהחקלאים גם לא יכולים ליהנות מתשלום על אספקת שירות זה (payment for ecosystem services). זאת ועוד, החוקרים המערביים כושלים כנראה בפענוח קוד החשיבה של חקלאים מסורתיים באשר הם, בעיקר אלה שאינם נוהגים לפי ההיגיון הקפיטליסטי הצרוף (שם).

מחקר שדה על קבלת החלטות אצל חקלאים באפריקה הרחיב את ההבנה על האפשרות ליישום רעיון החקלאות המשמרת אצל החקלאים הקטנים (Corbeels et al., 2014). התכונן של החקלאים הללו הוא לזמן קצר עד בינוני, וקשה להם להעדיף תועלת לטווח הארוך על פני רווח מיידי. חרף הבדלים רבים ניתן לומר שההיגיון של קבלת ההחלטות אצל החקלאי הקטן באפריקה, שרחוק משימוש בטכנולוגיה מודרנית, תופס גם לחקלאים קטנים-בינוניים בישראל.

הבעלות על הקרקע החקלאית בישראל היא ציבורית, ולעומת זאת ברוב העולם הבעלות היא פרטית. רשות מקרקעי ישראל (רמ"י) היא הגוף האחראי לניהול אדמות אלה. ניהול זה היה לאורך השנים חד-כיווני - גביית דמי חכירה ללא השקעה בטיפול בנכס עצמו ובשימורו, היינו הקרקע. במצב זה חלק מהחקלאים רואים בקרקע משאב חולף שיש לנצל ככל הניתן, כאשר החקלאי מאפשר לקבלן לעבד את הקרקע, המוטיבציה לשימור המשאב נמוכה עוד יותר.

כאמור, משרד החקלאות מפעיל תוכנית תמיכות לעידוד עיבוד משמר (הקטנת נגר וסחיפה מהשדה). נוסף על כך יש סיוע ברכישת מיכון וציוד לשימור קרקע - עד 40% מערך הרכישה בפועל.

בגרום בודד של קרקע יש בממוצע מיליארד תאי חיידקים מעשרות אלפי סוגים, 200 מ' של קורי פטריות ומגוון רחב של נמטודות, שלשולים ופרוקי רגליים (Bender et al., 2016). בנייתו של עולם החי בקרקע חקלאית רגילה בבריטניה זוהו יותר מ-100 מיני חיידקים, 350 מיני חד-תאיים, 140 מיני נמטודות ו-24 מיני פטריות מיקוריה (Fitter et al., 2005).

חברת החי בקרקע היא מהמורכבות שבין החברות הביולוגיות, והיא מעורבת באופן ישיר ובאופן עקיף במגוון תהליכים אקולוגיים - סימביוזה, פירוק, העברת חומרי הזנה, הנדסה אקולוגית והעברת טפילים ומחלות (Barrios, 2007). לכן, ההתייחסות לקרקע צריכה להיות רחבה והוליסטית, וההבנה של תפקיד הקרקע בחקלאות צריכה לכלול גם התייחסות למאפיינים הביולוגיים ולא רק לפיזיים ולכימיים (Ruf et al., 2003).

הדינמיקה של **המגוון הביולוגי התת-קרקעי** בזמן ובמרחב, הרכב החברה התת-קרקעית, פלישת מינים מאזורים אחרים ומעורבותו בתהליכים של המערכת האקולוגית, כמו **פירוק חומר אורגני** ומחזור חומרי הזנה, הם משתנים חשובים ביחסים בין העולם התת-קרקעי והעל-קרקעי (Bardgett and van der Putten, 2014a). אגב, גם בחקר מערכות אקולוגיות טבעיות מתפתחת ההכרה שלמערכת האקולוגית התת-קרקעית יש השפעה רבה על הקורה מעל פני השטח.

התפקוד של המגוון הביולוגי הגבוה בקרקע לא ברור דיו, אך מובן שמגוון זה משפיע על תרומת הקרקע לתהליכים כמו יצרנות חקלאית. מאידך גיסא, ניסויי מניפולציה שכללו הרחקה של מיני מפתח מהקרקע לא הביאו לשינוי בנשימת הקרקע (ביטוי לפעולת בעלי חיים השוכנים בקרקע) או ביצרנות החומר הצמחי הגדל על קרקע זו. במילים אחרות, התפקוד של מערכת הקרקע-צומח לא נפגע (Liiri et al., 2002). עדויות מדעיות מצביעות על כך שהמגוון בקרקע מסייע בהתמודדות עם עקות והפרעות, ביוטיות או אביוטיות (Brussaard et al., 2007).

האגרו-אקולוגיה רואה במערכת האקולוגית של הקרקע החקלאית מרכיב יסודי וחשוב. היא שמה דגש על עולם החי בקרקע ועל פוטנציאל התרומה שלו לאיכות הקרקע ולפוריות השדה, בעיקר דרך המעורבות במחזורי הפחמן

(התכלות המשאבים, החמצת קרקעות או פליטות גזים) אמירות שאינן מבוססות מדעית. זאת ועוד, הגדלת היצרנות החקלאית מעלה את ערך הקרקע, ואז מתאפשרת השקעה גדולה יותר בטיפוחה. רבים מהעוסקים בחקלאות בישראל יסכימו עם אמירות אלה.

קסאם (Kassam, 2016), כאמור מהמצדדים בחקלאות המשמרת בעולם האקדמי, סבור כי התמונה הפוכה לחלוטין. לדבריו יש כבר די עדויות אמפיריות לכך שהחקלאות המשמרת מעלה את היצרנות של השדה החקלאי, מקטינה תשומות, מטייבת קרקע שנפגעה, מצמצמת סחיפת קרקע, ומגדילה את אספקתם של שירותי המערכת האקולוגית. במילים אחרות, המוטו, לדבריו, לא שונה מזה של האינטנסיפיקציה החכמה - "לייצר יותר מזון בעזרת פחות משאבים" (producing more for less). הוא מאמין שהחקלאות המשמרת היא הדרך, ולראיה קצב ההתפשטות המהיר שלה בעולם - 100 מיליון דונם בשנה, ובסך הכול 1.6 מיליארד דונם של אדמה חקלאית.

העובדה שחקלאים רבים בארה"ב, במדינות אמריקה הלטינית ובאוסטרליה מאמצים את הפרקטיקה של החקלאות המשמרת מעידה שגישה זו טומנת בחובה תועלת כלכלית, בין אם בעקבות הגדלת היבול או בשל הקטנת עלויות העיבוד (Knowler and Bradshaw, 2002). לסיכום, החקלאות המשמרת משפיעה על הקרקע בכל היבטיה, כולל המגוון הביולוגי, ובכך היא משנה את היקף התועלת שהחקלאות מפיקה מהסביבה (האבקה, בקרת מזיקים, בקרת אקלים וכדומה). האתגר המרכזי של החקלאות המשמרת הוא לפתח אסטרטגיות וטכניקות שיאפשרו קיימות של המערכת החקלאית בצורה מיטבית תוך הפקת מרב היבול, וזאת בהתאמה לתנאי המקום הדינמיים. האם הושג אתגר זה? נראה שעדיין לא.

3. עולם החי בקרקע - מבנה הקרקע ואיכותה

שכבת הקרקע העליונה היא אומנם מצע פיזי ותזונתי לצמחים, אבל מעבר לכך היא גם בית גידול למגוון רב של אורגניזמים, רובם חסרי חוליות או חיידקים ופטריות. מערכת אקולוגית זו, שאינה מוכרת לנו כמעט, היא ישות דינמית בפני עצמה, התומכת בהתפתחות הגידול החקלאי, ולעיתים גם מפריעה לו.

וגדילות את שטח הפנים של השורשים הקולט חומרי הזנה, וכך גדל שיעור הניצול שלהם (Cavagnaro et al., 2015). יש הסוברים כי הגדלת הנוכחות של פטריות מיקוריזה יכולה להחליף חלק מהדישון וההדברה (Gosling et al., 2006).

מחזור גידולים מתאים יכול לשפר את ביצועי המיקוריזה ובתמורה להביא להגדלת היבול וגם להקטין את הפגיעה הסביבתית (Gianinazzi et al., 2010). ניתוח משווה של ספרות מדעית שסקר 90 מחקרי שדה וחממה הראה שהגדלת אכלוס השורש בפטריות מיקוריזה הביאה לעלייה של כ-25% בממוצע ביבול (Lekberg and Koide, 2005). פטריות המיקוריזה הגדילו גם את ביומסת הגידול (כמות החומר הצמחי) ואת ריכוז הזרחן בצמחים.

מערכות חקלאיות קונבנציונליות הופכות עניות בפטריות מיקוריזה, כי פעולות רבות - דישון, חריש, שימוש בחומרי הדברה, מחזור זרעים חסר וגידול גידולים חסרי מיקוריזה - פוגעות בהן (Gosling et al., 2006). במערכות אורגניות פגיעה זו נמוכה באופן משמעותי. באמצעות שיטות מולקולריות מתקדמות הושוו חברות מיקוריזה מקרקע של חקלאות אורגנית, מקרקעות של חקלאות קונבנציונלית ומבתי גידול טבעיים למחצה. הסתבר כי מגוון מיני הפטריות היה הגבוה ביותר בבתי הגידול הטבעיים למחצה, ביוני בשדות האורגניים ונמוך משמעותית בחקלאות הקונבנציונלית; ככל שהחלקות האורגניות היו ותיקות יותר, מגוון פטריות המיקוריזה היה גבוה יותר ודומה לזה של בתי הגידול הטבעיים למחצה (Verbruggen et al., 2010). חוקרים מציעים לשקול שילוב של חלקות אורגניות בתווך של עיבוד קונבנציונלי, היות שהשפעה של עושר המיקוריזה בהן מתפשטת במרחב (Tuck et al., 2014). לאחרונה הולכת ומתחזרת תמונת יחסי הגומלין האקולוגיים הנגזרת מהרכב חברת המיקוריזה במרחב (Livne-Luzon et al., 2017), דבר שאולי יאפשר בעתיד להתערב ולכוון את התהליכים לכיוון של תועלת חקלאית.

גידול פטריות מיקוריזה לשימוש חקלאי הוא אתגר טכני, שכן צריך לגדל אותן על מצע של שורשים, ואחר כך למצוא דרך לקשור לזרע כמות גדולה של נבגי הפטריות. הסיכוי להצליח בהדבקת מיקוריזה על צמח מפותח נמוך יותר, כי על הפטריות להגיע לקצה הפעיל של השורש שנמצא בעומק.

ובחומרי ההזנה, להקטנת עוצמת הפגיעה של מזיקים ומחלות ולהורדת הנזק מעשבים משבשים.

לכידת פחמן, שהיא תהליך חשוב לייצור החקלאי וגם ל**אֶפְכוּת** (mitigation) של שינוי האקלים, קשורה בעיקר לחברת החיידקים בקרקע. מיזם רחב ממדים שנעשה ב-76 אתרים ב-11 מדינות אירופיות, במגוון בתי גידול ושימושי קרקע - כולל חקלאות - ניסה לאפיין את המגוון הביולוגי בקרקע ואת לכידת הפחמן שהוא מבצע. המגוון הגבוה ביותר היה ביערות, והנמוך ביותר - באדמות מעובדות. בכל המערכות כמות החיידקים (ביומסה) ביחידת נפח קרקע, שיעור הנשימה של החיידקים ועושר מיני פטריות הקרקע היו גורמי המפתח במחזור הפחמן (Creamer et al., 2015). אחת ההמלצות לאור התובנות בדבר חשיבות המגוון הביולוגי של הקרקע היא להעשיר את הקרקע בתערובת של **חיידקים מעודדי צימוח** (plant growth promoting rhizobacteria) (Vessey, 2003). לצערנו, הידע על הרכב החברות הביולוגיות המאכלסות את הקרקע החקלאית חסר מאוד, ובשלב זה התפקוד האקולוגי של כל מרכיב מובן אך מעט (Wolters, 2001).

א. פטריות מיקוריזה

פטריות המיקוריזה הן פטריות המתיישבות על שורשי צמחים (גידולים חקלאיים במקרה שלנו) ויוצרות עם הצמח יחסי סימביוזה. הפטריות מקבלות חומרי מזון שהצמח יוצר בתהליך הפוטוסינתזה, ומצידן מגדילות את שיעור קליטת המים וחומרי המזון מהקרקע של הצמח. הפטריות גם מחזקות את הצמח ומגדילות את יכולתו להתמודד עם עקות ומחלות. ישנו תכשיר חקלאי המעשיר את ריכוז פטריות המיקוריזה בקרקע.

המערכות החקלאיות ידועות בכך שכמויות גדולות יחסית של חומרי הזנה זולגות מהן יחד עם תנועת המים בקרקע או כפליטה גזית. תהליכים אלה מקטינים את יעילות המערכת, פוגעים בסביבה ומגדילים את ההוצאה לתחזוקת המערכת. כאשר יסודות מזינים, כמו ברזל, זרחן ומנגן מסתפחים לקרקע, הם אינם זמינים לצמח. מגוון גבוה של פטריות מיקוריזה מונע את הספיחה וכך מגדיל את זמינותם לצמח (קפולניק, ריאיון, 2019). המגוון מעלה גם את יעילות ה**ניצול של חומרי הזנה ומים**, והוא גורם משמעותי בשיפור היבול (Brussaard et al., 2007). כמו כן, הפטריות

תמונה III-11. שלשול בשדה



את צפיפות השלשולים בשדה. המנגנון הביולוגי המגביר את הייצור הוא, כנראה, שחרור חנקן שקשור לשלפים ולחומר האורגני על הקרקע, שם עושים בו צמחי הגידול שימוש. במילים אחרות, פעילות השלשולים מהווה תחליף לדשן חנקני כימי (van Groenigen et al., 2014).

ניסוי מקיף השווה בין תכונות הקרקע ופעילות שלשולים במערכות שונות: בממשק הקונבנציונלי נמצאה ירידה באיכות מבנה הקרקע ובלחותה עם חריש שנתי וללא מחזור גידולים צמחי. המגמות היו הפוכות ככל שלקרקע ניתנה תקופת התאוששות עם התפתחות צומח טבעי (פֶּרְב, שמיטה). כמות החומר האורגני בקרקע ירדה בצורה ברורה לאורך 15 שנות המעקב בממשק הקונבנציונלי. לעומת זאת, בממשק אי-פליחה, עם קלטור אביבי, ריכוז החומר האורגני ומבנה הקרקע נשמרו לאורך תקופה זו. במקביל, גם צפיפות השלשולים עלתה (ב-84%) וכך גם סימני הפעילות שלהם בחלק העליון של הקרקע, שהוא הזירה העיקרית הקובעת את יצרנות השדה (Riley et al., 2008). השוואה של שלוש שיטות עיבוד: קונבנציונלית, אי-פליחה ואורגנית, הראתה צפיפות השלשולים נמוכה פי 2.2-2.8 בשיטה הקונבנציונלית (Pelosi et al., 2009).

לא מוכר לנו מחקר מישראל העוסק בפעילות שלשולים או בתרומתם לחקלאות. יש לזכור שפעילות השלשולים מושפעת, בראש ובראשונה, מלחות הקרקע ומהטמפרטורה, וייתכן שיש שוני משמעותי בפעילות בין ישראל היובשנית לבין שדות חקלאיים באזור הממוזג, שם נערכו רוב המחקרים.

בישראל הצליחו להגביר בעזרת פטריות מיקוריזה את הצימוח והיבול של צמחי פלפל שגודלו בבתי צמיחה בערבה. לאחר זמן מה התחילו החקלאים להשתמש בריכוזים גבוהים של קומפוסט שדיכא כנראה את פטריות המיקוריזה, והשפעתן קטנה. במקרה אחר הראו שפטריות מיקוריזה משפרות מאוד שתילים של זיתים שגדלים במשתלות, ומגדילות בצורה מוכחת את קצב היקלטותם בכרם החדש ואת הישרדותם (קפולניק, ריאיון, 2019).

יש מומחים המאמינים שאחרי הבנת התהליכים והמנגנונים, ניתן יהיה לרתום בצורה מבוקרת את פטריות המיקוריזה, כמו גורמי קרקע אחרים, להגברת הייצור החקלאי בשיטות אגרו-אקולוגיות (Thirkell et al., 2017). לעומתם, נשמעים קולות המטילים ספק ביכולת להשתמש במיקוריזה להגדלת יבולים, וטענות שההצהרות בנושא לוקות באופטימיות יתרה שנובעת מטעויות בתכנון הניסויים ובהעמדתם (Ryan and Graham, 2018). לדבריהם, נחוצה תבונה ברורה יותר לגבי הקשר בין פטריות המיקוריזה וחיידקי קרקע ובינם לבין תנאים ספציפיים של השדה החקלאי. בכל מקרה, הם אינם ממליצים להשתמש במיקוריזה בצורה משקית בשלב זה של הידע שבידינו.

ב. שלשולים

אחת הקבוצות שזכתה להתייחסות מחקרית מקיפה יחסית היא השלשולים. חשיבותם במחזור חומרי ההזנה בקרקע ניכרת בדרכים הבאות: פירוק מהיר של חומר אורגני; הגדלת זמינות המינרלים (זרחן למשל); שינוי מבנה הקרקע (למשל ערבוב אופקי של הקרקע); הגברת פעילות החיידקים והפטריות; הגדלת הנקבוביות בקרקע שמשפרת את החדירות למים (Meddiene et al., 2011). בנייתו משווה של ספרות מדעית על תרומת שלשולים להתפתחות גידולים חקלאיים נמצא שמ-83 מחקרים שבחנו את הנושא, ב-79% נמצאה השפעה חיובית, 9% הראו השפעה שלילית, ו-12% לא מצאו כל השפעה (Scheu, 2003).

יש לזכור שלכמות המזון (חומר אורגני) ולאופי החריש יש השפעה על אוכלוסיית השלשולים. ניתוח משווה של ספרות מדעית הצביע על כך שנוכחות שלשולים במערכות חקלאיות מעלה בממוצע את היבול ב-25% ואת הביומסה העל-קרקעית (כמות החומר הצמחי) ב-23%. נוכחות של שלפי גידול, בעיקר אם הם מוצנעים בקרקע, יכולה להגדיל

תמונה III-12. נמטודה בהגדלה



תמונה III-13. נזקי נמטודות לשדה תירס



ג. נמטודות

קבוצה אחרת שנחקרת רבות היא הנמטודות. הנמטודות הן תולעים נימיות המהוות אחת מ-36 המערכות של ממלכת בעלי החיים, והן מונות כ-30,000 מינים. נמטודות יכולות להיות צמחוניות, טורפות או טפילות. רוב מחזור החיים של הנמטודות הוא בצמח עצמו. במערכות אקולוגיות טבעיות הנמטודות הן חוליה חשובה בתהליכי הפירוק של חומר אורגני בקרקע ומחזור חומרים.

בקרקע החקלאית יש נמטודות רבות. רובן זקוקות לסביבה לחה, ולכן חקלאות השלחין מתאימה להן. רוב הנמטודות הצמחוניות אינן גורמות נזק לגידול החקלאי, אבל הומוגניות הגידול (חקלאות של גידול יחיד) מעודדת גדילה באוכלוסיות של נמטודות שגורמות נזק, בעיקר כרסום של מערכת השורשים או גרימת עיוותים שונים בגידולי שורש שמקטינים את היכולת לשווק אותם. עצים צעירים שהגיעו לשתילה במטעים כשהם נגועים בנמטודות יכולים למות תוך שנים ספורות (גלזר, ריאיון, 2018).

אולה בקר (Becker, 2019), חוקר הגנת הצומח המתמחה בטיפול בנמטודות מזיקות, סקר את האבולוציה של הדברת נמטודות בקליפורניה. בין השנים 1870-1950 חיטוי קרקע בשיטת האיוד (פומיגציה) (ראו פרק II, עמ' 75-77) עם מתיל-ברומיד או עם חומרים אחרים היה

הפתרון הראשי לבעיית הנמטודות. בין השנים 1950-1990 זרחנים אורגניים וקרבמטים היו לחומרי ההדברה העיקריים, היות שהשפעתם הסביבתית נחשבה נמוכה יותר. משנת 2000 יש מעבר להדברה ידידותית עוד יותר לסביבה - שימוש בחומרי ציפוי של הזרעים שמונעים חדירת נמטודות אל הזרע, וברעלנים שרעילותם נמוכה.

בישראל הטיפול הקונבנציונלי בנמטודות היה ריסוס בנמטוצידים כחלק מהכנת השטח לזריעה או לנטיעה. עיקר ההדברה של נמטודות בקרקע התבצעה במתיל-ברומיד ובדי-בי-סי-פי (DBCP, די-ברומו-כלורו-פרואפן), ושניהם יוצרו גם במפעלי ים המלח. הוצאת החומרים הללו ודומיהם מהשימוש הביאה לחיפושים אינטנסיביים אחרי חלופה לוויסות אוכלוסיות הנמטודות המזיקות.

כנות עמידות, נמטודות טורפות וחיידקים מונעי נזקים הם חלק מהפתרונות הסביבתיים המוצעים לבעיית הנמטודות, אך הם נמצאים עדיין בשלבי פיתוח ואינם זמינים לשימוש (גלזר, ריאיון, 2018).

את האגרו-אקולוג אמורות לעניין במיוחד **הנמטודות המועילות**, שהן אויבים טבעיים המתמחים בפגיעה במיני מזיקים שוכני קרקע. הנמטודות המועילות, כדוגמת ה-entomopathogenic nematodes, נעות בקרקע ומאתרות את החרק המזיק, חודרות לגופו ומשחררות

9 חומר זה התברר כגורם לעקרות אצל גברים הבאים איתו במגע, והשימוש בו נאסר בארה"ב ב-1977. פועלים שעסקו בייצור זכו בכ-5 מיליון דולר בתביעה כנגד חברת אוקסידנטל כימיקלס שהעסיקה אותם. בהמשך התבררו עוד תביעות דומות רבות בארה"ב ובמדינות אחרות. ראו: <http://www.bananasthemovie.com/pesticide-lawsuits-%E2%80%93-a-dbcpc-overview>

לשורשי צמחים יש מערך יחסי גומלין עם חיידקים - אלה המקיפים אותם ואלה השוכנים בתוכם. יחסי הגומלין הללו והאבולוציה של יחסי צמח-חיידקים לא ברורים לנו עדיין, אבל מתברר שלחיידקים יש מעורבות בהתמודדות הצמח עם עקות דוגמת בצורת (Fitzpatrick et al., 2018). ככל שחברת חיידקי השורש של צמח מגוונת יותר, כך השפעתה החיובית על ההתמודדות עם העקה גדלה. מחקרים הראו לאחרונה שצמחים, כולל גידולים חקלאיים, יכולים להשפיע על האופי והרכב של חברת המיקרו-אורגניזמים המקיפה את בית השורשים שלהם (**microbiome**), לשדרג את ביצועיהם הביולוגיים של הגידולים החקלאיים (Chaparro et al., 2012) ולהגן עליהם ממצלות (Mendes et al., 2011). יש המציעים להתערב ולכוון את ההרכב של חברה זו כך שתרומתה לגידול החקלאי תהיה גדולה יותר (Philippot et al., 2013; Muller and Sachs, 2015). ייתכן שנושא זה ישמש בסיס לטיפוח של גידולים חקלאיים מותאמים יותר לסביבתם (Bardgett et al., 2014).

החוקרים מאמינים שבעזרת מניפולציה של חברת בעלי החיים בקרקע נוכל ליצור מערכת שהיא בת-קיימא, ידידותית לסביבה, צורכת מעט יחסית משאבים חיצוניים ובו-בזמן יצרנית כמו מערכות חקלאיות אינטנסיביות. זו, לדעתם, מהות "האינטנסיפיקציה האקולוגית" (**ecological intensification**) שעלינו לשאוף לפיתוחה וליישומה¹⁰.

כדי להתקדם בכיווני פיתוח מסוג זה עלינו לדעת מה התפקיד האקולוגי שממלא כל אורגניזם ואורגניזם, מהם תנאי הפעולה המיטביים עבורו, וכיצד הוא מתפקד כחלק מחברת אורגניזמים שוכני קרקע. כמו במחקרי מגוון ביולוגי במערכות אקולוגיות 'טבעיות', קשה לקבוע מה היחס בין מאגר המינים בסביבה של השדה החקלאי וזה שבקרקע של אותו שדה (מעבר הדדי ויחסי גומלין כמו תחרות או טריפה) וכיצד משתנה המגוון של האורגניזמים בקרקע בהתאם לתנאים המקומיים בשדה. האתגרים המדעיים הללו כבדי משקל, וההתמודדות איתם כיום חלקית מאוד. ללא ידע מסוג זה יהיה קשה להתערב ולכוון את המגוון הביולוגי בקרקע לטובת השגת ביצועים טובים יותר של הגידולים החקלאיים. המערכת החקלאית

חיידקים שמפרקים את גוף החרק תוך מספר ימים (גלזר ומנדל, 2015). כיום יש כבר תכשירים מסחריים שאמורים להגביר בצורה משמעותית את נוכחות הנמטודות המועילות בקרקע.

הבעיה היא שהנמטודות המועילות רגישות להפרעות סביבתיות כמו יובש וחומרי הדברה, וההתאוששות של אוכלוסיותיהן איטית. אומנם הנמטודות הרצויות נמצאות גם בסביבה הלא חקלאית שבקרבת השדות, אך קצב ההגירה לשדה ושיעור גידול האוכלוסייה שלהן נמוכים. נמטודות המתמחות באכילת חיידקים ופטריית נמצאות ליד כתמי חומר אורגני קרוב לפני הקרקע, וכאן הן חשופות למשטר החרש-עיבוד, שנועד, בין השאר, לצמצם את אוכלוסיותיהן של הנמטודות המזיקות (Tomich et al., 2011).

ד. כיווני פיתוח עתידי

ניתן ללמוד על כיווני מחקר ופיתוח באשר לביטוח בקרקע מסקירת ספרות שהכינו וולבאום ושותפיו (Welbaum et al., 2004). הם צפו כי טכנולוגיה חכמה מבוססת חיישנים ומחשוב תנטר ותאבחן בזמן אמת את בריאות הצמח ומצב בית השורשים. על בסיס אבחון זה הם מאמינים שיפותחו כלים לשיפור איכות הקרקע על ידי **מניפולציה של חברת החיידקים**, ובהתאם לכך יטופחו ויפותחו זנים לחקלאות מותאמת לכל אסופה של תנאים מוגדרים. המאמץ לזיהוי חומרים שהצמח מפריש, שמושכים נמטודות שפוגעות במזיק שתקף את הצמח, רומז על כיוון נוסף לפיתוח מערכות תומכות בגידולים חקלאיים (Rasmann et al., 2005).

בנדר ושותפיו (Bender et al., 2016) מציגים חזון אחר של "**מהפכה תת-קרקעית**" (**underground revolution**), מעין גרסה עדכנית ואגרו-אקולוגית ל"מהפכה הירוקה" על בסיס מניפולציה והנדוס (engineering) של הרכב חברת האורגניזמים בקרקע ותפקודיה. המטרות הן טיוב תהליכים במערכת האקולוגית החקלאית - פירוק יעיל של חומר אורגני והפיכת מרבית חומרי ההזנה לזמינים ויציבים, ומבחינת הגידול - קליטה מרבית של חומרי הזנה ומים באמצעות פטריות מיקוריזה.

10 חברת אבוג'ן הישראלית, העוסקת בפיתוחים מתקדמים של מערכות ביולוגיות, הודיעה לאחרונה שהצליחה לפתח מוצר, המבוסס על חיידקים פעילים, ומשמש זרז ביולוגי (ביו-סטימולנט) המסייע לגידול החקלאי להתפתח מהר יותר. ראו: **גלובס**, 2018. 10 בינואר

בתנאי מעבדה הצליחו לקבל השפעה חיובית (הגברת צימוח ויבול) של חיידקי ריזוביום מטופחים גם על צמחי חומס, אבל עד כה כשלו הניסיונות לקבל תוצאה דומה גם בתנאי השדה בארץ. גידול סויה בארה"ב כולל שלב של הוספת ריזוביום, אבל גם שם השפעת החיידקים תלויה בתנאי הסביבה.

יש הצלחות גם עם חיידקים אחרים (אזוספירילים ובצילוס) שקושרים חנקן חופשי בגידולים שאינם ממשפחת הקטניות. ברוסיה ובברזיל בודדו זנים מתאימים, ומשתמשים בהם בחקלאות. בארץ לא הצליחו לפתח מהלך יישומי במערכות חקלאיות עם חיידקים אלה (קפולניק, ריאיון, 2019).

אדי סיטרין (Cytrin et al., 2019), מיקרוביולוג אקולוגי במנהל המחקר החקלאי, חקר עם עמיתיו בעזרת שיטות מולקולריות וביו-אינפורמטיות מתקדמות את חברת המיקרוביום ואת אפשרויות המניפולציה שלה. המטרה שלהם הייתה העצמת העמידות וההתגוננות של צמחי גידול כנגד מחלות צמחים המגיעות מהקרקע, שתאפשר להימנע משימוש מוגבר בחומרי הדברה. במחקר אחר שנעשה במנהל המחקר החקלאי (Zolti et al. 2019) מגדירים דרור מינץ וקבוצת המחקר שלו את ההשפעות של ממשק חקלאי (השקיה בקולחים, אי-פליחה) על חברת החיידקים בקרקע, ובעיקר על חיידקים בעלי תפקוד מוגדר בחקלאות (למשל, תהליכי מחזור חנקן) שלפעולתם יש גם השלכות סביבתיות (פליטות גזיות לאטמוספירה).

ל"מהפכה התת-קרקעית" המוצעת לעיל קמו במהרה מתנגדים: מצ'אדו ושותפיו (Machado et al., 2017) הביעו חשש מפגיעה במערכת האקולוגית של הקרקע עקב המניפולציה החיידקית המוצעת. לטענתם, הגדלה של תהליכי דה-ניטריפיקציה (שחרור חנקן כגז לאטמוספירה, הנעשה על פי רוב על ידי חיידקים) תוביל לזליגת חנקן לסביבה אם אין רכיב במערכת שיקלוט את העודפים, והפגיעה תהיה דומה לדישון כימי עודף. מניפולציה של חברת החיידקים עלולה להכניס למערכת

תמונה III-14. השפעת חיידקי ריזוביום המשפרים קליטת חנקן על שדה בוטנים



צילום: י. קפולניק

רחבה ומורכבת ביותר, ואי אפשר להבין אותה או להשפיע עליה באופן מקיים, מתוך התמקדות בגורם בודד.

בחינה של השימוש בחיידקי ריזוביום" בחקלאות מלמדת אותנו עד כמה קשה יהיה להתערב בחברת החיידקים התת-קרקעית ולכוון אותה לכיוון הרצוי, שמשפר את הגידול החקלאי. הגברת הפעילות של ריזוביום בבית השורשים של גידולים חקלאיים ממשפחת הקטניות מחליפה דישון כימי ומגבירה את קצב הצימוח והיבול של הגידול, ולכן ניתן לראותה כפעולה אגרו-אקולוגית (ראו השפעת הריזוביום בתמונה III-14, הצבע מבטא מצב פיזיולוגי שונה).

מאמץ מחקרי רחב היקף בישראל הביא לבידודו של זן ריזוביום מטופח שמגביר צימוח של אגוזי אדמה הגדלים בשדות בנגב המערבי. אותם חיידקים לא משפיעים בצורה משמעותית על אגוזי אדמה בצפון הארץ. ההבדל נובע, קרוב לוודאי מכך שמדרום לקריית גת אין כמעט חיידקי ריזוביום בקרקע, ולכן הוספתם לקרקע שגדלים בה אגוזי האדמה משפיעה חיובית. בצפון הארץ יש חיידקי ריזוביום מקומיים, שדוחקים את החיידקים המוספים לקרקע ומונעים את השפעתם החיובית. תוצר המחקר בחיידקי הריזוביום הוא תכשיר שניתן לרכישה ומפוזר בשדה בצורה נוזלית.

חיידקים רעלניים, שהשפעתם לא מוכרת ושרמת הסיכון שלהם גבוהה בהרבה משל זיהום במתכת רעילה או הכנסת גידול טרנסגני.

בנדר ושותפיו (Bender et al., 2017) מקבלים עקרונית את החששות של המבקרים, אך משליכים את יהבם על המחקר המלווה שאמור לספק את המתכון הבטוח והנכון למניפולציות המוצעות. זאת ועוד, לטעמם, המערכת החקלאית הנוכחית כבר עברה לא מעט מניפולציות בעקבות המהפכה הירוקה והצליחה להתמודד איתן. הם מאמינים שכך גם יקרה כאשר נתערב במגוון החיידקים והפטריית שמלווה גידולים חקלאיים.

פרק זה עסק בקרקע החקלאית. הקשר בין הקרקע ואיכויותיה ובין היבול החקלאי מוכר וידוע שנים רבות. המודעות לאובדן קרקע גם היא אינה חדשה, ולמרות זאת ההצלחה לעצור אובדן מסוג זה חלקית בלבד. האגרו-אקולוגיה התמקדה בחיפוש אחר שיטות עיבוד מקיימות יותר מהשיטה הקונבנציונלית, והפרק סוקר הצלחות כמו גם קשיים במעבר מהנהוג לרצוי. הדיון בנושא שיטת האי-פליחה, ובעיקר הלקחים העולים מהניסיון הישראלי, מראים עד כמה קשה ליצור פרקטיקה חדשה שתעמוד במבחן החקלאים. ההיבט התת-קרקעי - המערכת האקולוגית של שוכני הקרקע מהקבוצות השונות - היא זירת העתיד. כאשר נכיר טוב יותר עולם עלום זה ונצליח לרתום אותו לצורכי החקלאות, מובטחות לנו אפשרויות נרחבות להחלפת דישון כימי וחומרי הדברה שונים ולהגברת היבול.

פרק IV. יחסי חקלאות-טבע-נוף: תחרות על המרחב

"החקלאות ושמירת טבע משוליים לכאלה שחבל אחד כרוך סביב צוואריהן. שיתוף פעולה ביניהן חיוני כדי להציל את שתיהן מחנק" (יואב שגיא, מכון דש"א, הרצאה ביום העיון של נקודת ח"ן, 2003)

מבוא

שמנהלים גופים ייעודיים, על פי רוב כחלק מהמערכת הממשלתית (בישראל מדובר בשמורות טבע או בגנים לאומיים שמנהלת רשות הטבע והגנים). שמורות טבע גדולות, המייצגות את מצאי המערכות האקולוגיות, יכולות לתת מענה מוצלח לשמירה על מיני צומח וגם על אלמנטים נופיים, אבל אין להן מענה מושלם לשמירה על בעלי חיים גדולים בגלל כושר התנועה שלהם שמאפשר לצאת אל מחוץ לשמורות. בישראל, כמו במדינות רבות אחרות בעולם, מרבית שמורות הטבע אינן גדולות דיו, והקישוריות בין השמורות נפגעת מפיתוח אינטנסיבי. לכן, יש צורך להחיל את עקרונות שמירת הטבע גם מחוץ ליחידות הייעודיות. בישראל פעילות זו נקראת ניהול שטחים פתוחים, ולאחרונה מתפתחת פעילות דומה גם בסביבה העירונית.

התפתחות החקיקה של שמירת טבע בישראל מתקדמת באורח דומה: בתחילה חוקק חוק "הגנת חית הבר" שבא להסדיר את עניין הצייד בארץ. אחר כך בא חוק "גנים לאומיים ושמורות טבע" שהגדיר את תפקיד רשות הטבע והגנים כגורם המנהל מקצועית את השמורות והגנים ובעל סמכות של אכיפת חוק. לבסוף נוסף סעיף מפורט - "הגנת ערכי טבע" - המאפשר להגן על ערכי טבע המוגדרים בחוק באשר הם, ולא רק בשמורות.

הגורמים האמונים על שמירת טבע ועל החקלאות מגיעים בשנים האחרונות לתובנות מכוננות לגבי התנהלותן. ההשפעות הסביבתיות של החקלאות הקונבנציונלית גורמות לחלקים של הציבור, וגם לחקלאים עצמם, לחפש נתיבים חלופיים, ואחד מהם הוא תחום האגרו-אקולוגיה. בצד של שמירת הטבע מתחדדת ההכרה כי מרבית המערכות האקולוגיות בעולם אינן בראשיתיות - וקרוב לוודאי שלא יוכלו לחזור למצב זה - ולכן יש להגדיר יעדים מציאותיים ולאמץ **ממשק אקטיבי ואדפטיבי**¹ כדי להשיגן (לגבי

המתח המובנה שבין החקלאות הקונבנציונלית לבין שמירת טבע הוא אך צפוי. החקלאות הקונבנציונלית מנסה, כמעט בכל מחיר, להגדיל את היצרנות וההכנסה מכל יחידת שטח כמו גם את סך המשאבים העומדים לרשותה, בעיקר קרקע ומים. לעומתה, שמירת הטבע מבקשת להגן על יחידות נופיות, גדולות ככל הניתן, במצב בראשיתי או קרוב אליו, ואם ניתן, גם להשיב יחידות שטח אלה לתפקוד אקולוגי טוב יותר באמצעים שונים. מרבית השינויים בנוף ובשימושי הקרקע בעולם נגזרים מתוך הצורך לספק מזון ומוצרים אחרים לאוכלוסיית בני האדם. במקומות רבים הוטה המאזן בין החקלאות לטבע למצב שאינו מקיים, ונשקפת סכנה לקיום המערכות הטבעיות. המשך הקיום של שני שימושי קרקע חיוניים אלה זה בצד זה, באופן בר-קיימא, הוא אחד האתגרים העומדים לפתחה של האנושות (Foley et al., 2005).

שדות מעובדים תופסים 12% משטח היבשות שאינו מכוסה שלג-עד, ושטחי מרעה תופסים עוד 26% נוספים. החקלאות היא הגורם הראשי לבירוא יערות באירופה, שהם בית הגידול הטבעי הדומיננטי באזור הממוזג, וכך גם באזורים הטרופיים, בעיקר בדרום אמריקה. 70% מהערבות העשבוניות (grasslands) בעולם הפכו לשטחי חקלאות כולל מרעה, וכך גם 50% מהסוואנות ו-45% מהיער הנשיר הממוזג (Balmford et al., 2012).

אחד האתגרים של האדם במאה ה-21 הוא לשמור ככל הניתן על המגוון הביולוגי של אזור מסוים ועל השירותים האקולוגיים שהוא מעניק לנו, ובו בזמן לייצר מזון באותו אזור עצמו.

שמירת טבע נעשית בחלקה בתוך יחידות מוגדרות היטב מרחבית (**שטחים מוגנים - protected areas**),

1 **ממשק אקטיבי** - התערבות האדם בטבע כדי להשיג מטרות של שמירת טבע או אחרות, כמו מניעת שרפות. **ממשק אדפטיבי** - התערבות האדם בטבע תוך כדי ניטור ההשלכות של ההתערבות ותיקון ההתערבות אם המטרה הרצויה אינה מושגת.

אחרי הפיתוח העירוני. דיון זה עוסק בנוף בהקשרו הרחב, החזותי והתרבותי. הפרק הבא (V) יעסוק ביחסים בין החקלאות לטבע בהקשר האקולוגי.

שינויים מעשה ידי אדם (אנתרופוגניים) השפיעו במידה זו או אחרת כמעט על כל המערכות האקולוגיות בעולם, בין אם בהתמרה מלאה לשטחים עירוניים, בהסבה לשדות ולמטעים מעובדים אינטנסיבית, בבירוא יערות באמצעות כריתה או ביצירת הפרעות כמו כריתה, שרפה ורעייה. לכן, הנוף – בקנה מידה אזורי או עולמי – הוא פסיפס של **שימושי קרקע** (land uses) בעבר או בהווה: עירוניים, טבעיים (מוגנים, משוקמים או לא), יערות (מסחריים או לא), חקלאות (גידולי שדה או מטעים) ושטחי מרעה. בתחילת האלף הנוכחי עובדו 10% משטחי הקרקע בעולם באופן אינטנסיבי, 17% באופן אקסטנסיבי ו-40% היו שטחי מרעה; סך הכול כ-67% משטחי היבשות עובדו בממשק חקלאי כזה או אחר (Moony et al., 2005). יש לזכור שנתונים על בסיס עולמי אינם קלים להשגה ודיוקם ומהימנותם מוגבלים, אבל יש לראותם כקווי המתאר של התמונה המלאה.

מאז שנות ה-90 מהוות יחידות הנוף, כולל שטחי חקלאות, מוקד למחקרים אקולוגיים רבים הבוחנים קשרים בין

ישראל, ראו פרבולוצקי ושקדי, 2013). שיקום עולם החי יכול להיות חלופה לשימוש באזורים שוליים שיוצאים ממעגל העיבוד (Navarro and Pereira, 2015)².

זאת ועוד, בין שתי הדיסציפלינות יש יחסי גומלין, לאו דווקא שוויוניים. המערכות הטבעיות אינן נזקקות לחקלאות כדי להתקיים, בעוד שהחקלאות נזקקת – אף שהעוסקים בה לא תמיד מודים בכך או מודעים לכך – לשירותים שהטבע מספק. השדה החקלאי נהנה מתרומת הטבע (האבקה, טורפי מזיקים) והטבע נהנה מהחקלאות בעיקר כפיצוי על משאבים שהאדם לקח ממנו (אספקת משאבים משלימים – למשל, מזון לבעלי חיים בתקופות חסר בטבע או אתרי קינון במטעים של עצי פרי). יחסי גומלין חיוביים אלה אינם מבטלים את הנזקים שהמערכות מסיבות זו לזו (למשל, מינים פולשים מהחקלאות לטבע, כדוגמת חזירים או חמורים שהתפראו; בעלי חיים מהטבע הגורמים נזק לחקלאות, כגון טורפים הפוגעים בחיות משק או עופות שמזיקים לחקלאות המים).

פרק זה יעסוק בדינמיקה של היחסים המרחביים בין שני שימושי הקרקע: חקלאות ושמירת טבע. למעשה הן המתחרות העיקריות על השטח היבשתי בעולם שנשאר

תמונה IV-1. שימושי קרקע בשפלה הדרומית: יער נטוע, שדות פלחה, גבעות עם צומח טבעי שחלק מהן שמורות טבע



צילום: ירון זיו

2 בהקשר זה מעניין להזכיר את הדיון ברעיון של השבת חלק מעולם החי של אירופה שהוכחד על ידי האדם (rewilding) ראו: rewilding.org, www.rewildingeurope.com

רלוונטי לישראל המתייחס לשלושה סוגי מרחבים: אגן ההיקוות, הנוף הכפרי והשדה החקלאי. סקוטלסקי הציעה ליישם ממשק אקולוגי בשטחים חקלאיים שהמסדרונות אמורים לעבור בהם במקום ממשק אינטנסיבי-קונבנציונלי כנהוג כיום. חלק מהממשק המוצע מתכתב עם העקרונות הנדונים בספר זה.

מבחינה אידיאולוגית ברור לשומר הטבע שהנזק לחקלאי אינו באחריותו, אולם במקרים רבים שומרי הטבע מנסים לסייע לחקלאי בצמצום הנזקים (לדוגמה, פקחי נזקי חקלאות של רט"ג). רוב החקלאים אינם מקבלים תפיסה זו, וחושבים שעל גורמי השימור או הממשלה לסייע להם ולפצות אותם על הנזקים שגורמים בעלי חיים שנמצאים שם באופן טבעי. הממשלה והציבור אינם ממהרים, בדרך כלל, להשתתף בעלויות המדוברות, ולא רק משום שמנגנוני החישוב עדיין אינם מפותחים. בישראל הגישה הרווחת היא שחקלאי שמגדל גידול בשדה הפתוח צריך להבין שבעלי החיים הטבעיים הם חלק מהסביבה, ובאחריותו להתגונן מפני נזקיהם. תפיסה זו אך זכתה לתמיכה של בית המשפט בדיון על נזקים שגרמו צבאים לחקלאות³.

למשרד החקלאות יש נתיבי תמיכה שונים בחקלאים, אבל הוא אינו נוטה לפצות על נזקי טבע, למעט דרך מנגנון ביטוחי בקרן לנזקי טבע (קנ"ט) המבטחת בעיקר נגד אסונות טבע (קרה, ברד וכדומה). כמו בכל נושא ערכי אפשר להציג תמונה הפוכה שתהיה לא פחות משכנעת - האם הטבע צריך לשלם מחיר כבד (במונחים סביבתיים - ניצול משאבים, זיהום וכן הלאה) כדי לקיים חקלאות שאינה מייצרת את רוב המזון הנצרך בישראל ושתרומתה לתל"ג נמוכה יחסית?

הילה סגרה בוחנת בשנים באחרונות, במסגרת עבודת דוקטורט, את יחסי החקלאות והטבע

אורגניזמים מקבוצות שונות לנוף האקולוגי שסביבם. יש בכך הכרה, מעט מאוחרת, שהחקלאות היא חלק מהסביבה האקולוגית של אורגניזמים טבעיים, ולכן היא בעלת משמעות הדומה לזו של המערכת ה"טבעית": יש אף הטוענים כי עתידו של עולם החי הטבעי תלוי במידה מכרעת ב"הכנסת האורחים" של החקלאות (Mendenhall et al., 2014).

אחד המפתחות ליעילות של שמירת הטבע במציאות העכשווית הוא התאמת המרחב החקלאי או חלק ממנו לצורכי מינים של בעלי חיים ומערכות אקולוגיות טבעיות שמבקשים להציל אותם או לשמור עליהם. וכך גם להפק, יש לתכנן את ההשקה בין שטחי החקלאות והשטחים הטבעיים כך שתופק מרב התועלת לטובת ייצור המזון ויימנעו נזקים שגורמות חיות בר. ההתאמה המדוברת והתכנון מעלים שאלות - מה מאזן ההשפעות של "הכנסת אורחים" המדוברת? ואם יש לה עלות, מי יישא בה?

במקומות שהפעילות האנושית אינטנסיבית ומגוון שימושי הקרקע גבוה, כמו במרכז ישראל ובצפונה, מתעררות בעיות של קישוריות בין כתמי נוף טבעיים, ויכולת העבירות של אורגניזמים מקבוצות שונות בכתמים המושפעים מהפעילות האנושית - נפגעת. הקשר בין אוכלוסיות שונות של אותו מין חיוני לשימור המגוון הגנטי והחיוניות של האוכלוסיות. רבייה בקבוצה קטנה עלולה לגרום נזק לאוכלוסייה ואף להביאה אל סף הכחדה. על רקע זה התפתחה ההכרה בחשיבותם של **מסדרונות אקולוגיים** שיאפשרו מעבר נוח של אורגניזמים בין יחידות נוף (שקדי ושדות, 2000). מאחר ששמורות הטבע בארץ, כמו במקומות רבים בעולם, אינן מחוברות באמצעות מסדרונות טבעיים, השטחים החקלאיים, כמו גם יערות נטועים ובתי הגידול הבלתי מעובדים, הם רכיבים חיוניים ברשת הקישורים והמעברים.

סקוטלסקי (2009) בחנה את יחסי החקלאות והמגוון הביולוגי ממספר זוויות. בין השאר היא סיכמה ידע רב שהצטבר בנושא ניהול מסדרונות אקולוגיים בעולם, וגיבשה ממנו מערך המלצות

3 החלטת בג"ץ (בג"ץ 3/83) בתביעה של יישובים חקלאיים לספק להם הגנה מפני נזקים שגורמות חיות בר הייתה שאין הנושא באחריותו של הגוף הפועל מתוקף החוק להגנת חיית הבר (כיום רט"ג).

האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה ביקשה מצוות מומחים להכין מסמך רקע על התרומה של שולי שדות ומשאים טבעיים באזורי חקלאות למגוון הביולוגי הכולל. מסקנות הצוות הייתה שאין בידינו בשלב זה די מידע כדי להעריך את תרומתם של בתי גידול אלה לחקלאות (למשל, בוויסות מזיקים או בהעצמת האבקה) מול נזק פוטנציאלי (למשל, תמיכה באוכלוסיות מזיקים או משיכת מאביקים מהשדה לשוליו) (גיל ואחרים, 2019).

הקונפליקט בין החקלאות לטבע אינו בעיה זרה לישראל. יואב שגיא, איש החברה להגנת הטבע, שומר טבע ותיק ומי שטבע את המושג 'שטחים פתוחים' בישראל, הרצה ביום העיון הראשון של נקודת ח"ן (2003) בנושא "חקלאות, סביבה, טבע ונוף - מבט לעתיד". ניתן לומר שתמצית דבריו המצוטטת להלן הולכת ומתגשמת מול עינינו 16 שנה מאוחר יותר:

"עד לא מזמן היו החקלאות ושמירת הטבע זרות זו לזו. עימותים חריפים התחוללו נוכח התחרות הקשה בין החקלאות והסביבה, בעיקר על משאבי הקרקע והמים. גם קיומן של חיות בר שחלקן מזיק לחקלאות לא הגביר את אהדת החקלאים לשמירת הטבע. מנגד, היו אלה השימוש הנרחב של החקלאים בחומרי הדברה, הן באופן חוקי והן באופן לא חוקי, מלחמתם בחיות הבר, השימוש בחומרי דישון, המבנים החקלאיים שחדרו אל שטחי החקלאות והפסולת שמותירה החקלאות בשטח, שעוררו את חמת שומרי הטבע והסביבה.

עימותים אלה לא חלפו עדיין מן העולם, ואולם, לאחרונה, נוכח הקשיים הן בשמירת הסביבה והן של החקלאות, הולכת וגוברת בשני הצדדים המודעות לצורך בשיתוף פעולה כדי לשמור על הסביבה והחקלאות גם יחד. העימות בין

תמונה IV-2. נוף המורכב משטחי מרעה, פלחה ומטעים בעמק חרוד



צילום: הילה סגרה

בעמק חרוד, אזור המאופיין בחקלאות אינטנסיבית מאוד, אך גם בעל חשיבות אקולוגית גבוהה בהיותו מסדרון בין השומרון והגלבוע מדרום והגליל התחתון מצפון. במחקר נסקרו מיני צמחים, עופות, פרפרים, פרוקי רגליים, מזיקי חקלאות ואויבים טבעיים של המזיקים בארבעה בתי גידול: משאים⁴ בין חלקות עיבוד, שדות מעובדים, מטעים ושטח מרעה (ראו תמונה IV-2). מגוון המינים במרחב הנחקר היה נמוך, ומבין בתי הגידול - שטח המרעה הראה מגוון גדול ביותר, ואילו המשאים (ראו תמונה IV-3) תמכו במגוון גבוה יותר מהשדות ומהמטעים. לכל בית גידול היו מאפייני מגוון משלו. משאים רחבים לאורך צירי ניקוז הם בעלי פוטנציאל השימור הגבוה. בתי גידול אלה גם תומכים במספר רב יותר של פרוקי רגליים מועילים (צרעות טפיליות) ולא מעודדים התפתחות והתפשטות של מזיקים כמו שמאמינים כמה חקלאים (סגרה ואחרים, 2016).

⁴ **שטח משאר** - שטח טבעי או קרוב לכך שנשאר בין חלקות עיבוד חקלאי או שימוש קרקע אחר. מייצג את הנוף לפני התיישבות האדם. מבחינה אקולוגית ניתן לראות במשארים כתמים (ראו הרחבה בפרק V).

תמונה IV-3. משאר צומח טבעי בין שדות מעובדים, עמק חרוד



צילום: הילה סגרה

שטחים מותמרים לצורכי האדם (חקלאות, יישובים) ובין מערכות טבעיות כחלק משילוב שיקולי קיימות בניהול שימושי הקרקע. יש לזכור שישנם בתי גידול חשובים, כמו ערבות עשבוניות, שהם מעשה ידי אדם וקיימים כבר שנים רבות. רעיית חיות משק עונתית וקציר לשחת עבור ימי החורף עומדים מאחורי יצירה ושימור של בית גידול זה, שהוא ביתם של חסרי חוליות רבים וכן של העופות שאוכלים אותם. נטישת עיבוד חקלאי מסורתי בדרום אירופה ובמזרחה לנוכח ההזדקנות של אוכלוסיית החקלאים באזורים אלה והיעדר דור ממשיך מאיימת על המשך קיומם של בתי גידול אלה. רק תמריצים כלכליים לשימור הממשק המסורתי יכולים לשמור עליהם ועל המגוון הביולוגי הייחודי שהתפתח בהם (McGinlay et al., 2017).

האזורים הטרופיים שונים בתכלית מהאזורים הממוזגים (אירופה וצפון אמריקה) שהחקלאות התפתחה בהם לאורך מאות שנים. כאן מדובר **במערכות טבעיות, בראשיתיות ובלתי מופרות** (pristine), המאופיינות במגוון ביולוגי עשיר מאוד, והפיכתן למערכות חקלאיות פירושה אובדן ערכי טבע רבים וחשובים. המערכות הטרופיות נמצאות על פי רוב בשטחן של מדינות מתפתחות המשוועות לפיתוח כלכלי, ומכאן שהקונפליקט ברור. תהליכי הגלובליזציה הכלכלית של העשורים האחרונים מחריפים את מגמות הפיתוח, כי בשטחים החקלאיים החדשים ניתן לייצר מזון

החקלאות ושמירת הטבע איננו כשהיה. מרבית השטחים שניתן להגן עליהם כשמורות טבע הוקצו או מצויים בתהליכי הקצאה, והתחרות ברוב המקרים אינה בשל השימוש החקלאי, שמצטמצם בלאו הכי בעקבות מחסור במים וכדאיות כלכלית.

התמרת שטחים טבעיים לשטחי עיבוד חקלאי

"השינוי בשימושי קרקע מבטא את ההיסטוריה, ואולי גם את העתיד של האנושות" (Houghton, 1994): שינויים אלה קשורים להתפתחות הכלכלית, לגידול באוכלוסייה, לשיפורים הטכנולוגיים והחברתיים, לתמורות החברתיות ולשינויים סביבתיים שונים. הדרישה למזון ולשאר המוצרים החקלאיים (סיבים או דלק ממקור ביולוגי) גדלה כל הזמן (Godfray et al., 2010) ולכן ההתמרה של שטחים נוספים לשטחי עיבוד מתרחבת מסביב לעולם. התחזיות הן שללא שינוי גורף בקצב גידול האוכלוסין, בתוחלת החיים ובתזונה האנושית, הדרישה למזון במהלך 50 השנים הבאות תגדל מעבר ליכולת הייצור של כלל השטח המתאים לחקלאות מבחינה עולמית. טילמן ושותפיו (Tilman et al., 2001) מעריכים שמילוי הדרישה למזון בשנת 2050 בתנאים אלה תגרור התמרה של כמיליון קמ"ר נוספים (כגודל ארה"ב או סין) של שטחים טבעיים לשטחי עיבוד ומרעה.

ברור שלהתמרה של שטחים טבעיים לשטחי חקלאות (עיבוד או יער מסחרי) יהיו השלכות שליליות על חלקים שונים של המערכת האקולוגית. עם זאת, השפעתם של תהליכי התמרה נרחבים בהקשר של המגוון הביולוגי (Daily 2001), של אספקת שירותים אקולוגיים (DeFries et al., 2004) או של שינוי האקלים העולמי (Nagendra et al., 2004) טרם הוערכה במידה מספקת בכלים מדעיים. ניתוח היסטורי של **שימושי הקרקע** באירופה מראה תקופות של הגדלת שטחי החקלאות מול תקופות של צמצום (Rabbinge and Diepen, 2000). כותבי ניתוח זה חוזים שבמהלך המאה ה-21 יצומצמו שטחי העיבוד באירופה בגלל סיבות חברתיות ולחץ ציבורי. כבר כיום יש תמיכה בדעה שיש למצוא את האיזון בין

תמונה IV-4. בירוא יער טרופי והסבתו לשטחי עיבוד ומרעה

צילום: גרי אליס

גדל כיסוי היער במדינה מ-20% ב-1980 לכ-50% ב-2013. המשאבים הכספיים של התוכניות מושקעים בשמירה על היער ועל משאביו (90%), ייעור מחודש (6%), ממשק מקיים (3%) וחיידוש טבעי (1%). השירותים האקולוגיים שהתוכנית מדגישה הם: לכידה וקביוע (fixation)⁵ של פחמן בעצי היער הטרופי, טיהור מים, שמירה על המגוון הביולוגי ונוף יפה. היות שקשה לכמת חלק מהשירותים האלה, אי אפשר לאמוד את הצלחה הכלכלית של התוכנית לאורך השנים, אבל אין ספק שהיא קידמה מאוד את ענף התיירות במדינה (Porras et al., 2013).

ומה המצב בישראל?

חלקים משטחי מדינת ישראל משמשים שטחים חקלאיים מזה אלפי שנים; בשטחים האלה (העמקים והשפלה באזור הים תיכוני) עובדו מרבית הקרקעות הראויות לעיבוד. משום שחלק ניכר משאר השטח הוא הררי ומסולע, נעשו ניסיונות להביא עיבודים חקלאיים גם אליו באמצעות טרסות שאמורות לשמור על הקרקע באתרה ולמנוע את סחיפתה למקומות הנמוכים. חקלאות טרסות שכזו, הפעילה עד ימינו, אפשר למצוא ביהודה ובשומרון. בהרי יהודה וירושלים ניתן למצוא שרידים רבים של חקלאות טרסות שננטשה ב-1948 או מאוחר יותר. בגליל העליון שרידים דומים כסו בחורש ים תיכוני צפוף (למשל, בשמורת הר מירון ובכרמל).

מוטי קפלן, מתכנן סביבתי מוביל, גיבש עם צוותו הצעה לשימור טרסות חקלאיות בהרי יהודה כאתר מורשת עולמית של אונסק"ו (קפלן ואחרים, 2010). הם תיארו את השרידים כ"עדות חיה למסורת של עיבוד חקלאי בהרים התלולים סביב ירושלים". השרידים מהווים מעין מסגרת תרבותית-טבעית למבואה המערבית של ירושלים, או כדברי קפלן: "המדרגות החקלאיות הן טביעות אצבעות של תרבות האדם בנוף ההררי. הן מייצגות חקלאות בחלקות קטנות,

שהביקוש לו ומחירו בשוק העולמי רק מאמירים (ראו תמונה IV-4).

מחקר משווה מצא שיש מדינות מתפתחות באזור הטרופי שמצליחות למצוא את שביל הזהב בין פיתוח חקלאי ובין הגנה על המערכות הטבעיות. איזון שכזה מושג על ידי תהליכים שונים ובהם: אינטנסיפיקציה של השטחים המוקצים לחקלאות בצד שמירה על שמורות טבע; תהליכי תכנון אפקטיביים ברמה הלאומית; יכולת כלכלית לייבא חלק מהמזון הנצרך במדינה; ניצול מסחרי בר-קיימא של עץ מהיער הטבעי והגדלת תעסוקה בענפים שאינם קשורים לחקלאות, כמו תיירות והשקעות הון חיצוניות (Lambin and Meyfroidt, 2011).

מרכיב נוסף בגיבוש האיזון בין הטבע לחקלאות המתפתחת הוא היכולת למצוא מנגנונים כלכליים, מנהליים וחברתיים שיאפשרו לפצות בעלי קרקעות על ניצול חלקי של המשאבים שנמצאים בבעלותם.

בקוסטה ריקה פועלת מ-1997 תוכנית לתשלום על אספקת שירותי המערכת האקולוגית. זו אחת התוכניות הראשונות מסוגה, והיא משמשת מודל בעולם. בסיס התוכנית הוא עירוב של תקנות אסדרה עם קנסות ותמריצים כלכליים (תשלומים ישירים או תעסוקה) (Porras et al., 2013). התוכנית כבר טיפלה בכ-10 מיליון דונם של יערות טרופיים, ובעקבות זאת

5 **קביוע פחמן** – התמרה של פחמן אי-אורגני (דו-תחמוצת הפחמן) לתרכובת אורגנית כחלק מחילוף החומרים בצמח. התמרה כזו מתרחשת, למשל, בתהליך הפוטוסינתזה: דו-תחמוצת הפחמן ומים הופכים לסוכר שנצרך מאוחר יותר על ידי הצמח.

תמונה IV-5. נוף טרסות בהרי יהודה



צילום: מוטי קפלן

החקלאות בה מצומצם יותר. הם הציעו מגוון של פעולות להסדרת הקונפליקט שבין הכשרת קרקע חדשה ופגיעה בטבע. ניתן לומר כיום, כעשור אחרי ביצוע המיזם, שבעקבות תהליכים שונים שקרו בארץ בתחום ניהול השטחים הפתוחים וגישת המוסדות השונים (מנהל התכנון, משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה ורשות מקרקעי ישראל), המדיניות השלטת דומה מאוד לרוח הצעות המיזם.

גודלה ואופייה הטופוגרפי-גיאולוגי של ישראל והדפוסים הדמוגרפיים של אוכלוסייתה מביאים לכך שהקונפליקט המרכזי בנושא התמרת שטחים אינו בין הטבע לחקלאות אלא בין החקלאות לשטח הבנוי. גידול האוכלוסייה המהיר והמחסור בשטחים נוחים לבינוי מביאים ללחץ מתמיד להפשרת שטחי חקלאות לבנייה. זאת ועוד, החקלאות הרווחית בישראל כיום היא החקלאות המושקית (מטעים, בתי צמיחה), וזו תלויה לחלוטין בזמינות המים ובמחיר המים לחקלאות. גם כאן מדובר על משאב מוגבל שלא מאפשר התרחבות משמעותית.

תחומות בקירות אבן, שהיא נדירה ביותר בעולם המודרני" (הארץ, 8.10.2010) (ראו תמונה II-5).

הנחישות ליישב את הארץ, שאפיינה את ראשית הציונות ואת התקופה של הקמת המדינה, באה לידי ביטוי בעיקר בעמקים הפנימיים ובמישור החוף. אבל הביצות והמלריה (חסון, 2018), מחסור באדמות עיבוד והרצון להתיישבות בכל מקום ברחבי המדינה, ובעיקר לאורך הגבולות, דחפו ליישוב האזורים ההרריים, שמהווים חלק נכבד מהאזור הים תיכוני בישראל שתנאי האקלים בו מתאימים לחקלאות. הבעיה היא היעדר יחידות קרקע גדולות דיין לתמוך במשק חקלאי.

כדי לפתור את הבעיה נעשה מאמץ להגדיל את מספר משבצות הקרקע החקלאית ואת היקף שטחן, בעיקר באזורים ההרריים, באמצעות פעולה הקרויה "הכשרת קרקע". זו פעולה יקרה, שכן אופי הנוף הסלעי והטרשי חייב שימוש בכלים מכניים כבדים והשקעות נכבדות אחרות. על פעולות אלה נאמר שלו היו נבחנות באמצעות מדדים כלכליים בלבד, סביר להניח שהיו נחשבות לכישלון מהדהד, אבל בימי הקמת המדינה הקריטריונים היו שונים.

כהן ועמית (2006) בחנו בעזרת ניתוח צילומי אוויר את השינויים המרחביים שהתרחשו בשוליים הדרומיים של מטרופולין מרכז (מראשון לציון ועד נחל שורק) בשנים 1970-2005. הבחינה הראתה התפשטות משמעותית של שטחים בנויים (תהליך שהתרחש בשוליים הצפוניים של מטרופולין זה כבר משנות ה-70 ואילך), אם כי עדיין ניתן לאתר שטחים רציפים המאפשרים קישוריות (= יכולת מעבר) במרחב הנחקר. כהן ועמית מיפו בעזרת מערכת מידע גיאוגרפי (ממ"ג) את נתיבי המסדרונות האפשריים והרלוונטיים עדיין לשימור.

רמון ושותפיו (2007) בחנו מחדש, במסגרת מיזם של נקודת ח"ן, את נושא הכשרת הקרקע לנוכח המעבר של ישראל למציאות כלכלית שונה, שמקומה של

בכנס נקודת ח"ן 2016 הציג המתכנן מוטי קפלן חזון נופי שלפיו יתפתחו בישראל שני סוגי

תמונה IV-6. נוף תעלות ניקוז בעמק החולה



צילום: אסף סלומון

חקלאות: חקלאות יעילה מאוד, מתקדמת ועתירת טכנולוגיה חכמה ("הייטקיסטית") עם תפוקה גדולה, שתתפוס שטחים מוגבלים בדומה לבתי צמיחה כיום. מצד שני תישאר חקלאות בעל בעלת ערך נופי-אקולוגי שמכסה שטחים נרחבים יחסית ובה התפוקה היא לא הגורם המרכזי אלא הנוף והתרומה הסביבתית. בחקלאות זו יש לתמוך בתקציבים קבועים כדי שתשרוד לאורך זמן.

קבוצת הדו-חיים סובלת בכל העולם ממגוון בעיות, וחלק מהמינים נמצא בסכנת הכחדה. בארץ נוספת גם הבעיה החריפה של היעלמות בתי הגידול הטבעיים (בתי גידול לחים בכלל ובריכות חורף בפרט) שרובם הוסבו לחקלאות או נפגעו ממנה קשות. לוי וגזית (2006) מצאו במיזם של נקודת ח"ן, כי במרכז הארץ נוצרים, כחלק מהפעילות החקלאית, לא מעט מקווי מים זמניים, שמשמשים את הדו-חיים לרבייה ולגידול צאצאים. היות שמספר בריכות החורף הטבעיות באזור מוגבל, הרי שהמקווים הזמניים מעשה ידי אדם הם חלופה חשובה העוזרת לשימור הקבוצה.

חלק ממקווי המים מתפקדים כ"מלכודת אקולוגית", מאחר שהדו-חיים מתחילים בהם את תהליך הרבייה, אך אורך החיים הקצר של המקווה לא מאפשר את השלמת הגלגול. מממצאיהם עולה שלמרות אובדן חלק מהאוכלוסייה העתידית, התרומה הכוללת חיובית.

גזית ופילוסוף (2007) בחנו פעילות של דו-חיים באזורים חקלאיים בשרון, ומצאו כי שני מינים של דו-חיים כוללניים - אילנית מצויה וקרפדה ירוקה - חיים

החקלאות כספק בתי גידול חלופיים לטבע בישראל

אין ספק שמרכז ישראל וצפונה הם אזורים שהטבע שבהם נדחק לכתמים קטנים יחסית, ונראה כי החקלאות יכולה לתרום לשמירתם של מספר מינים. יש מיני צמחים, שחלק מהם חשובים עד מאוד לשמירת טבע, שמוצאים בשטח החקלאי בית גידול חלופי.

בתי הגידול הלחים בישראל, שמלכתחילה לא היו רבים ועתירי מים בגלל האקלים היובשני באזור, היו הראשונים להיעלם מנופי ישראל. מערכת תעלות המים (700 במספר) החוצה את עמק החולה שתי וערב ושייעודה ניקוז העמק שהיה בעברו ביצה, מספקת תשתית אקולוגית למגוון רב של מיני צמחים ובעלי חיים, חסרי חוליות ובעלי חוליות. דידי קפלן (2006), אקולוג המחוז הצפוני של רט"ג בזמנו, ניהל במסגרת נקודת ח"ן יחד עם קבוצת מומחים סקר פיזי-הידרולוגי-ביולוגי בתעלות אלה, שהעלה את תרומתן כבית גידול חליפי לבתי גידול לחים טבעיים שנעלמו מהאזור (ראו תמונה IV-6). הסקר הדגיש את חשיבות המורכבות המבנית של סביבת התעלה לשם קבלת בית גידול עשיר. חשוב לזכור שעדיין מדובר על תחליף עלוב למדי לבית הגידול הטבעי המפואר שהיה בעמק החולה לפני ייבוש הביצה.

תמונה 7-IV. בריכת חורף בכפר הירוק (2014)



צילום: אביטל גזית

לממד האנושי יש חשיבות רבה בדינמיקה של שטחי חקלאות וטבע שכנים, משום שיש לבנות מנגנון להשגת הסכמות בין בעלי אינטרסים שונים. ככל שהאזור מתמלא בשימושי קרקע פעילים, **הקונפליקט המרחבי** מחריף. בישראל זה הכלל ולא היוצא מהכלל. על פי רוב, מנגנוני התכנון הם שמחלקים את המרחב בישראל, אך בתנאים של צפיפות משתמשים ושימושים, ובדינמיקה חריפה של תנאי הסביבה, המצב מסתבך. דוגמה מעניינת למצב שכזה מתרחשת במרכז נחל פולג בשרון:

בעבר יצר נחל לא גדול זה מערכת ביצות שנמצאה במפגש עם רכס הכורכר שבין מושב אודים ומכון וינגייט כיום. הרומאים פרצו את המחסום הטבעי כדי להסדיר את הניקוז. מפעלי הניקוז שהוקמו לאחר הקמת המדינה הפכו את המרחב המדובר (מזרחית לשער הרומי) לשטח חקלאי פורה. אבל הגדלת הזרימות בערוץ הנחל, בעיקר בעקבות העיור הגדל והולך של גוש רעננה שבראש אגן הניקוז, מביאה להצפות חוזרות ונשנות של מורד הנחל, והפתחה ברכס הכורכר צרה מלהעביר את עודפי המים. היות שהרכס הפך לשמורת טבע (שער פולג), לא ניתן להרחיב את מעבר המים. חזרת ההצפות ותנאי הביצה פוגעת בעיקר בחקלאים שמפסידים יבולים והכנסות. מצד שני, חזר נוף מים, על הצמחים ובעלי החיים המלווים אותו, וזאת בדומה למקור הטבעי. ב-2015 נערכה סדנה של שותפים ובעלי זיקה שניסתה ליצור הסכמה על המשך פעולה. ראש המועצה האזורית חוף

בשטחים החקלאיים ומנצלים את גופי המים הזמניים לרבייה. כפתרון לבעיית המלכודות האקולוגיות הם הציעו לעודד את החקלאים להעמיק מקווי מים רדודים בשולי מטעים ולאורך תעלות ניקוז כדי להאריך את משך תקופת ההצפה ולאפשר לקרפדות צעירות להשלים את הגלגול.

במיזם המשך הקימו שלם וגזית (2012) בריכת חורף חדשה הנשענת על השדות החקלאיים של הכפר הירוק. הם ליוו את ההקמה ובחנו את בית הגידול שהתפתח במקום תוך זמן קצר. הם מצאו שבריכת חורף יכולה להתפתח במצב סביר ובריא בשולי שדות חקלאיים חרף עומס הדשן וחומרי ההדברה המתנקזים אליה. בריכה זו משמשת גם אתר חינוכי לתלמידי הכפר הירוק (ראו תמונה 7-IV).

יש הרואים בבתי גידול לא-טבעיים (כגון חקלאות או טבע עירוני) זירה בעייתית לשמירת טבע בגלל השינוי ההתנהגותי המשמעותי הנדרש מבעלי החיים כדי להסתגל לחיים באזורים אלה. אסף שוורץ (Shwartz et al., 2014) מציג, למשל, ניתוח של שקלול תמורות (trade offs) של **שימור טבע בסביבה העירונית**, כולל ההיבט האנושי – היתרונות של קרבת בני האדם לטבע. בסופו של דבר אנו נשארים עם שאלה ערכית: האם אכן יכול שטח חקלאי או עירוני לשמש תחליף לשמורת טבע או שמא אנחנו יוצרים שני סוגים של חיות בר – אלה המותאמות לטבע ואלה המותאמות לבתי גידול מעשה ידי אדם?

האקולוג האמריקאי הנודע מייקל רוזנצווייג הציג חזון שלפיו שמירת הטבע הקלאסית ומשלימתה **האקולוגיה של השיקום (restoration ecology)** ממצות את תרומתן לשמירה על הטבע, ומציע שהעתיד טמון ב"**אקולוגיה של התפייסות (reconciliation ecology)**" שאמורה לספק מתכון מדעי לייסוד ולתחזוקה של בתי גידול שהמגוון הביולוגי בתוכם יישמר, ולצידם ימשיכו בני האדם לחיות, לעבוד ולשחק (Rosenzweig, 2003).

השרון מנסה להוביל מיזם שישלב בין המשך הפעילות החקלאית ושמירת טבע תוך מיתון הקונפליקט (אוזן, 2015). למיטב ידיעתנו, לא התקדם נושא זה עד מועד כתיבתן של שורות אלה (מרץ 2019).

פתרונות מוצעים ליישוב הקונפליקט שבין ייצור מזון ושימור טבע

הפעילות החקלאית משנה מן היסוד את המערכת הטבעית, ולכן אנשי שמירת הטבע תרים אחר פתרונות יצירתיים להשגת מטרותיהם במרחב החקלאי. יש לזכור שהקונפליקט בין חקלאות לשמירת טבע קשור לא רק למרחב הפיזי של שימוש הקרקע הספציפי, אלא גם לתשומות החקלאיות, לפעילות החקלאית ולמידת השפעתן על המגוון הביולוגי כולו בשטח החקלאי ובסביבתו, וכן להשפעות מרחביות על מקורות מים (אגני היקוות וערוצי זרימה) ולהשפעות עולמיות כמו העשרת נוטריינטים של מי הים (העתרה = איטרופיקציה) ושינוי אקלים.

בארץ ובעולם האפשרות להרחיב שטחים מוגנים לשמירת טבע מוגבלת בגלל תחרות של שימושי קרקע אחרים. שטחי חקלאות יכולים לספק חלופה מסוימת לתמיכה במגוון הביולוגי, אם יוחלו בהם עקרונות מתאימים של ניהול שוטף; ניסוח העקרונות הוא חלק ממשימתה של האגרו-אקולוגיה.

טרופין וכרמל (Troupin and Carmel, 2014) בחנו, בעזרת תוכנה המסייעת למתכננים, חלופות להגדלת שטחים שמורים בישראל. הם השוו שלוש גישות: הרחבת השטח הטבעי לשימור, איתור שטחי חקלאות שניתן ליישם בהם ממשק ידידותי לחיות בר, ושילוב מרחבי בין שתי הגישות. קבוצת המיקוד במחקר הייתה עופות מקננים שרק 23% מהם מוצאים משכן ראוי בשטחי שמורות טבע וגנים לאומיים. הגישה ששילבה שטחי טבע וחקלאות סיפקה את מרב שטח בית הגידול המתאים לעופות.

פתרונות לתחרות על המרחב

גישה אחת לפתרון קונפליקט זה היא פיתוח חקלאות ידידותית לחיות הבר (wildlife friendly agriculture) לפי גישה זו, הקרויה גם "שיתוף במרחב" (land sharing), יש להשאיר כתמים של בתי גידול טבעיים או טבעיים למחצה בתוך התווך החקלאי כדי למתן את ההשפעות השליליות של דשנים וחומרי הדברה ולספק בתי גידול למגוון הביולוגי שנדחק מהסביבה החקלאית. בכתמים אלה יש להפעיל ממשק חקלאי אקסטנסיבי וידידותי לסביבה. לפי תפיסה זו, חקלאות ושמירת טבע יכולות לדור בכפיפה אחת באותו מרחב פיזי (Duelli and Obrist, 2003).

הספרות המדעית מספקת כמה דוגמאות התומכות בגישת השיתוף:

- מרבית העופות המאכלסים את היער הטרופי במקסיקו נמצאו גם בשטחי חקלאות שהוקמו בתוך היער, בעיקר במטעים אך גם בשטחי מרעה (Estrada and Coates-Estrada, 1997). המרחק בין השטחים החקלאיים ומשך הפעילות המפריעה לטבע היו הגורמים המשמעותיים ביותר שקבעו את מגוון מיני העופות.
- באופן מסורתי גידלו באמריקה הלטינית שיחי קפה בצילם של עצים טבעיים שתמכו במגוון ביולוגי גבוה. בשנים האחרונות חקלאים נוטים לכרות את העצים הטבעיים כדי להגדיל את יבול הקפה. ארגוני שמירת טבע פיתחו מערך של התעדה (certification) שאמור להניב מחיר גבוה יותר למוצר ופיצוי לחקלאים שמסכימים להשאיר את העצים הטבעיים במקומם (Perfecto et al., 2005) (ראו הרחבה בפרק VIII - מדיניות ואסדרה).
- קרבס ושותפיו (Krebs, 1999) הציגו כמה דוגמאות המראות שכאשר האינטנסיפיקציה של הממשק החקלאי באירופה יורדת, מיני עופות מסוימים, שכמעט נעלמו מהאזור החקלאי, חוזרים לשכון ולקנן בו.

העובדה שמרבית הפאונה המרשימה של קוסטה ריקה מתקיימת גם בשטחי חקלאות נתפסת כראיה לכך ששיתוף במרחב עשוי להצליח (Rosenzweig, 2003).

6 יש מספר ארגונים, כמו Fair Trade, Certified Organic, UTZ, Rainforest Alliance, שמטרתם ליצור את הכלי שבעזרתו הסביבה תיפגע פחות והחקלאים שיעמדו בקריטריונים הסביבתיים ירוויחו יותר.

תמונה 8-IV. חלוקת המרחב בין שדות פלחה מעובדים באינטנסיביות חלקית וגבעות עם צומח טבעי



צילום: ירון זיו

לנוכח טריפה מאשר שטחי יער טבעי רציפים (Gingery et al., 2018) (ראו עוד בפרק V).

לא ברור אם ניתן להגיע למיטוב (אופטימיזציה) של שיתוף במרחב ולהשיג שילוב של ייצור מזון רווחי ושל שמירת טבע אפקטיבית מבלי לפצות, במקרה הצורך, את החקלאי על הכנסה נמוכה מזו הפוטנציאלית או מבלי להפעיל אכיפה נוקשה מצד הממשל למניעת פגיעה בבעלי חיים המזיקים לחקלאות.

באנגליה העמידו ניסוי רחב היקף לבחינת האפקטיביות של גישת העיבוד הידידותי לחיות הבר כדי לבחון אם יש תועלת בתמריץ הכספי שהקהילה האירופית העמידה לחקלאים. המחקר הראה שבבתי הגידול החדשים שנוצרו בעקבות העידוד הכספי לעיבוד המשלב חקלאות וטבע בתוך נוף מעובד אינטנסיבית, גדלו באופן ניכר אוכלוסיות צמחי בר, דבורים ועופות, כולל מינים נדירים. חלק מהאוכלוסיות גדלו פי 10-100 מהמצב הקודם (Pywell et al., 2012).

ככל שהמחקר האקולוגי העמיק בנושא השיתוף במרחב, התברר שיש לא מעט אורגניזמים שנפגעים משיתוף זה ושאינם מסוגלים למצוא בשטח החקלאי (או העירוני) בית גידול מתאים למילוי כל צורכיהם (Phalan et al., 2014; Shwartz et al., 2011a). בעבור מינים אלה גם עיבוד חקלאי מועט ולא אינטנסיבי מוגדר כהפרעה

מודל החקלאות הידידותית לחיות בר נבחן באזור רמת יששכר בגליל התחתון, אזור המאופיין בפסיפס מגוון של שטחי חקלאות: שדות חיטה עונתיים, חלק מהם מעובדים ללא פליחה; מטעי שקדים עם גידולי כיסוי בין השורות; כרי מרעה בקר לבשר וערוצים השומרים על חלק מהצומח הטבעי - בתה עשבונית עם מעט שיחים. כמאפייני עולם החי המקומי נבחרו שתי קבוצות: זוחלים ודו-חיים. המחקר העלה שלכתמים הטבעיים או הטבעיים למחצה (ערוצים, שטחי מרעה) בתוך המרחב החקלאי יש חשיבות רבה, וככל שחלקם היחסי יגדל, גם שימור עולם החי יגדל. אמצעי שימור הקרקע שנוקטים באזור (אי-פליחה וגידולי כיסוי) מגדילים את פוטנציאל השימור, בעוד שפרקטיקות חקלאיות מקובלות, כמו כיסוח עשב או ריסוס בחומרי הדברה, פוגעות בשימור. הוספת רכיבים בדידים - טבעיים למחצה - בשטח, כמו גלי אבנים (תוצר סיקול), יכולה לעזור בהפצת בעלי חיים במרחב החקלאי היות שהם משתמשים ברכיבים כמקלט וכמקום מחיה (פורת ורותם, 2011).

בישראל מסייעת התשתית הפיזית להפרדה בין שטחי חקלאות לשטחים טבעיים. בעמקים השטוחים יחסית והמכוסים באדמת סחף נוחה לעיבוד מכני התפתחה החקלאות, ואילו בגבעות הטרשיות נשמר הטבע (ראו תמונה 8-IV). בחלקים אחרים של העולם החקלאות תופסת מרחביים מישוריים גדולים ועם הזמן נעלמים מהם בתי הגידול הטבעיים.

באופן כללי ניתן לומר שהגדלת המורכבות הנופית (הגדלת מגוון בתי הגידול), בחקלאות ובכלל, היא אחד הכלים המוכחים לשימור המגוון הביולוגי - של חסרי חוליות ושל בעלי חוליות (Benton et al., 2003). לדוגמה, מחקר מקיף על דינמיקת אוכלוסיות של איילים לבני זנב בצפון ארה"ב הראה ששטחים מעורבים של יער וחקלאות מאפשרים הישרדות גבוהה יותר

המיוצרת במרחב היא אפס. כאשר כל השטח מעובד, כמות המזון מרבית. מינים שאוכלוסייתם גדלה ככל שנוסף שטח חקלאי נקראים "מרוויחים". המצב הפוך אצל מינים אוהבי יער. כאן האוכלוסיות הגדולות ביותר הן כאשר אין חקלאות כלל, והן הולכות וקטנות ככל שהחלק היחסי של הנוף המוקצה לחקלאות גדל. המינים שאוכלוסייתם קטנה נקראים "מפסידים". מתוך ממצאי שדה שהחוקרים אספו בגאנה על עצים ובצפון הודו על עופות, הם מראים שרוב המינים (כ-80%) נמצאים בצד ה"מפסידים" ורק כ-20% "מרוויחים" (Phalan et al., 2011b).

קבוצה גדולה של אקולוגים מובילים דחו את המסקנה על עדיפות חלוקת המרחב בטענה שבמדינות רבות אין מנגנון טוב להכרזה על שטחים מוגנים וניהולם - דבר הכרחי לצורך ההצלחה של גישה זו. מאידך גיסא, החקלאות המסורתית הנהוגה במדינות אלה שומרת, גם אם חלקית, על רכיב משמעותי מהטבע (Fischer et al., 2011).

טענה נוספת של המתנגדים למסקנה של פאלאן ושותפיו היא שהם התעלמו מהמורכבות החברתית והאקולוגית שמאפיינת את תהליכי ייצור המזון בחלקים גדולים של העולם, שמקשה על אימוץ גישות שימור מערביות. צ'רנטקה ושותפיו (Tscharrntke et al., 2012) מרחיבים את הפרספקטיבה של הדיון ומציינים שעמוד השדרה של הייצור החקלאי המקיים את מרבית אוכלוסיית העולם הוא **חקלאים המעבדים חלקות קטנות-משפחתיות (smallholder farmers)** בעולם המתפתח ולא בשטחים גדולים; בהקשר זה, אינטנסיפיקציה אינה חלופה ריאלי. הם גם מבקרים את גישת חלוקת המרחב, באומרים שהחקלאות האינטנסיבית כיום אינה יעילה, שכן שליש מהיבול הולך לאיבוד ושליש אחר מיועד להאבסת בעלי חיים, כך שרוב המזון המיוצר אינו מגיע ישירות לבני אדם; אינטנסיפיקציה של מערכת ייצור זו רק תנציח את האי-יעילות והבזבז, ולא תמצה את תרומות המגוון הביולוגי לעשייה החקלאית. הם קוראים לחיבור מושכל בין האינטנסיפיקציה המוצעת כדי להוריד לחץ משטחים טבעיים ובין יעילות הייצור, השימוש במזון והתחשבות בתרומת המגוון הביולוגי הטבעי לתהליכי ייצור המזון.

השוואת נתונים של שטחי עיבוד של עשרה גידולים וגודל האוכלוסייה במספר מדינות בשנים 1970-2005 העלתה כי אינטנסיפיקציה של החקלאות לא לוותה בירידה או

פוגעת. מודל הממשק החקלאי שתומך בחיות הבר נבחן במטעי דקל השמן באי בורנאו (Edwards et al., 2010). התוצאות הראו ירידה של פי 60 בשפע ובמגוון של העופות בהשוואה בין בית גידול טבעי למשאים טבעיים בתוך החקלאות וירידה של פי 200 במעבר למטעי הדקלים. משמע, חלופת השיתוף במרחב אפקטיבית הרבה פחות בבית גידול זה.

לגישת השיתוף במרחב יש חיסרון עיקרי, והוא הדרישה בפועל להגדלת השטח חקלאי הדרוש כדי לייצר כמות מזון דומה לזה שמניבה החקלאות הקונבנציונלית. במילים אחרות, המחיר של שימור מינים הוא הפסד בהתמרת שטח טבעי נוסף לייצור מזון (Green et al., 2005; Fischer et al., 2008).

גישה שנייה להשגת הגנה מיטבית של המגוון הביולוגי במרחב החקלאי גורסת "הפרדת כוחות". לפי גישה זו מוותרים לחלוטין על עיבוד חקלאי במקומות שיש בהם עושר מינים גבוה, והם ראויים להגנה, ואילו את השטחים החקלאיים מעבדים באינטנסיביות מרבית. גישה זו זכתה לכינוי "**חלוקת המרחב (land sparing)**", (Waggoner, 1996; Green et al., 2005) והיא התפתחה בין השאר כתגובה לירידה ביבול החקלאי בחלקות שניהלו ארגוני שמירת הטבע, ולהבנה שיהיה צורך להוסיף חלקות שלא עובדו בעבר כדי לעמוד בדרישה למזון (Green et al., 2005). זו, אגב, גם אחת הבעיות עם חקלאות אורגנית (ראו פרק I, עמ' 14-16).

בהתבסס על נתונים אמפיריים - יבול, גודל אוכלוסיות של עופות ומגוון עצים - לאורך מפלים (גרדיאנטים) של אינטנסיביות חקלאית בדרום-מערב גאנה ובצפון הודו, הסיקו פאלאן ושותפיו (Phalan et al., 2011b) שחלוקת המרחב אפקטיבית יותר כאסטרטגיה להגנה על המגוון הביולוגי מאשר שיתוף במרחב. כמו כן, הם טענו שאסטרטגיה מרחבית זו גם תקטין את הצורך בבירוא יער לשם הרחבת החקלאות וכך תצמצם את ההשפעה השלילית על האטמוספירה בשל הקטנת לכידת פחמן.

ניתן לתאר את השפעת האסטרטגיות השונות לניהול השטח על בעלי חיים בצורה סכמטית. כאשר השטח מכוסה כולו ביער טבעי, אין שטח חקלאי כלל וכמות המזון

תמונה 9-IV. פסיפס של שטחים טבעיים ושטחי עיבוד שונים



גריין ושותפיו (Green et al., 2005) השוו את תוצרי שתי הגישות ליחסי חקלאות וטבע, והסיקו כי פרקטיקה אינטנסיבית ויעילה מאוד בחלק החקלאי של האזור עשויה לאפשר ליותר מינים להתקיים בשאר השטח, ולכן הם תומכים בגישה של חלוקת המרחב. לאינטנסיפיקציה של הפעילות החקלאית יש יתרון עקיף - הקטנה משמעותית של גזי החממה הנפלטים לאטמוספירה, וזאת הודות לניצול טוב יותר של הדשנים (Burney et al., 2010).

אף אם חלוקת המרחב אהודה יותר על החקלאים ועל גורמי פיתוח (תשתיות, בנייה) מאשר השיתוף במרחב, אין לראות בה פתרון גורף. פישר ושותפיו (Fischer et al., 2008) רואים בכל אחת מהגישות הללו יתרונות וחסרונות, ומציעים לבחון כל יחידת נוף ולטפל בה בגישה שמתאימה לה יותר. דונלד (Donald, 2004) מציע שאופי הגידול והממשק הקשור אליו הם שיקבעו איזו גישה תתאים ביותר.

קבוצת חוקרים מאנגליה, מגרמניה ומקזחסטן, בהנהגת בן פאלאן, ממובילי הדיון על חלוקת המרחב מול השיתוף במרחב, בחנה את הנושא במרחבי קזחסטן ודרום רוסיה, אזור שיש בו מאות מיליוני דונם של קרקע מעובדת ושטחי מרעה שננטשו אחרי פירוק ברית המועצות בתחילת שנות ה-90. בשטחים אלה המגוון הביולוגי המקומי החל להתאושש חלקית. לאחרונה יש חזרה לעיבוד אינטנסיבי

אפילו בהתייצבות של גודל השטח המעובד הכולל. ירידה כזו התרחשה רק במדינות שמייבאות חלק משמעותי מהדגנים שהן צורכות, ושיש להן מערכת מפותחת של הקצאת שטחים לשמירת טבע (Rudel et al., 2009).

ניתוח משווה של ספרות מדעית הראה שהיבול של 23 הגידולים העיקריים במדינות מתפתחות עלה בין השנים 1979-1999. על פי גישת חלוקת המרחב, ניתן היה לצפות שישוחרר שטח בעל ערך נמוך מהשטח המעובד ויוקצה לשמירת טבע. בפועל, השטח ששוחרר הוקצה לגידול גידולים חקלאיים שאינם מקור למזון אך הם בעלי ערך כלכלי, ולא הושב לאישוש הטבע (Ewers et al., 2009). נראה שסבסוד העיבוד החקלאי על ידי הממשלה הוא הסיבה לכך.

פלגריני ופרננדז (Pellegrini and Fernandez, 2014) הראו במבט עולמי רחב, שמרבית המדינות המתפתחות המייצרות מזון הגדילו מאוד את התשומות בחקלאות (אינטנסיפיקציה), אבל ברוב המקרים, השטח החקלאי נשאר באותו גודל. כלומר, האינטנסיפיקציה לא משחררת שטחים משמעותיים לשמירת טבע.

ישראל אומנם מייבאת את רוב הגרעינים שהיא צורכת, אבל יש בה חקלאות שקדמה להקמת המדינה. השטח החקלאי לא גדל לאורך זמן בישראל בגלל מגבלות של קרקע זמינה (טופוגרפיה חריפה) וחוסר מים להשקיה. יש גם תופעה של נטישת שטחי עיבוד, רובם שוליים, שהיקפה לא נמדד, ולא ברור אם מדובר בנטישה זמנית או קבועה. מצד שני יש עלייה מתמדת בשטח המוקצה לשמירת טבע, אם כי רובו בדרום הארץ היובשני. במילים אחרות, בישראל יש יציבות בגודל השטח החקלאי, עלייה מסוימת בייצור החקלאי וגידול משמעותי בשטח המוקדש לשמירת טבע אך לא על חשבון הייצור החקלאי.

אחרים הדגישו את העובדה שאזורי עיבוד אינטנסיביים אינם מבודדים מסביבתם, ועלולים להשפיע שלילית על אזורים שכנים עתירי מגוון ביולוגי (Matson and Vitousek, 2006). הם אף הצביעו על כך שהגירה של מתיישבים חדשים לאזור שהחקלאות בו עוברת אינטנסיפיקציה, תרחיב את היקף התמרת השטחים הטבעיים בגלל לחץ מצד מתיישבים חדשים אלה להשיג חלקות עיבוד (Angelson and Kaimowitz, 2001).

רמת האינטנסיביות של העיבוד, על כל המשתמע מכך. המתנגדים טענו שמהלך כזה יעודד השתלטות של חברות גדולות על קרקע פורייה, בעוד שחקלאים מאזורי שוליים יאלצו למסור את אדמתם לשמירת טבע כי היא לא תוכל לעמוד בדרישות הייצור המבוקשות, וזאת ללא חלופה כלכלית סבירה (Barkham, 2019).

בין חלוקת המרחב לשיתוף במרחב יש טווח אפשרויות רחב, וניתן למצוא **חלופות ביניים** רבות. הפיתוח של שני סוגי חקלאות בו-זמנית שהוצג לעיל - חקלאות אינטנסיבית מאוד המוטה ליצרנות מרבית ולצידה שטחי חקלאות נופית שכלכלתם אינה נשענת על יצרנות רגילה - הוא דוגמה לחלופה משולבת. זאת ועוד, גם לקנה המידה של המרחב המדובר יש משמעות כשבאים לבחון את החלופות הטובות יותר לשימור המגוון הביולוגי. נראה שבקנה מידה מקומי גישת השיתוף עדיפה, וככל שקנה המידה הנדון גדל, חלוקת המרחב הופכת רצויה יותר.

לוס וואן ורדן (Loos and von Wehrden, 2018) רואים את הדיון לגבי שיתוף מול חלוקה שהתנהל בשנים האחרונות כצר ופשטני. הם טוענים שבחינת הנושא דרך משקפיים כלכליים ושימוריים (מגוון ביולוגי) אינה מספקת. לדעתם, הרכיב האנושי-תרבותי הוא המפתח לפתרון הנושא; באירופה של היום יש העדפה ברורה לשיתופיות על פני חלוקה קשיחה של השטח. זאת ועוד, הם חושבים **שההיבט הנופי** הקשור לדיון הוזנח בשל הדגשת יתר של המגוון הביולוגי, ולדעתם מרבית התושבים בוחנים, בראש ובראשונה, היבט זה.

ב-2008 הקימו שרי החקלאות והאקולוגיה בממשלת צרפת ועדה שהשתתפו בה 26 מומחים מהתחומים אגרונומיה, אקולוגיה, משפט, סוציולוגיה, אגרו-אקולוגיה וכלכלה. הוועדה התבקשה לבחון את היחסים בין העשייה החקלאית והמגוון הביולוגי ולקבוע כיצד ניתן להביא לתכלול (אינטגרציה) טוב יותר בין השניים, כולל הצעות למדיניות ולהתנהלות. הוועדה עבדה כשנה וחצי, והגישה דו"ח שכלל 700 עמודים ונשען על 2,400 מקורות מהספרות המדעית, ותקציר של סינתזה בהיקף 90 עמודים. קטבייה לה רו, אקולוג שהיה חבר בוועדה, הציג את עיקרי הממצאים בהרצאה ביום העיון של נקודת ח"ן ב-2010:

של חלק מהשטח, ושוב עולה השאלה מהי האסטרטגיה הנכונה לקיום שני שימושי הקרקע - חקלאות יצרנית ושמירה מיטבית של המגוון הביולוגי.

לאורך מפל של שימושי הקרקע - אזורי עיבוד אינטנסיבי ונטוש וכרי מרעה בלחצי רעייה שונים - נמדדה צפיפות עופות כביטוי להצלחת שימור המגוון הביולוגי בכל גישה. עבור "מינים מפסידים" (שאוכלוסיותיהם קטנות באזורי עיבוד) נמצאה ההפרדה המרחבית כמתאימה ביותר, כי תמכה באוכלוסיות הגדולות ביותר של יותר מינים; ה"מינים המרוויחים" (שאוכלוסיותיהם גדולות באזורי החקלאות) נהנו יותר משיתוף במרחב, כי עמדו לרשותם יותר משאבים תזונתיים (אנרגיה וחלבון). שטחים בעיבוד חלקי תמכו רק במינים ספורים, ושטחים בלחץ רעייה גבוה התגלו כחשובים עבור מינים בסכנת הכחדה שמעדיפים ערבות עשבוניות. מנתונים אלה אפשר להסיק שהמשך האינטנסיפיקציה של החקלאות יקטין את האוכלוסיות של רוב העופות ומצד שני - לשטחי עיבוד נטושים ולשטחי מרעה בשימוש גבוה יש ערך גדול לשימור מגוון העופות. לכן מוצע להגדיל את היבול החקלאי באזורים שכבר נמצאים בעיבוד אבל יכולים לייצר יותר, ובו-בזמן להותיר שטחי עיבוד נטושים כבית גידול חשוב לשימור ולעגן אותם כאזורים שמורים באופן רשמי (Kamp et al., 2015).

לאחרונה עלה שוב הדיון בעניין היתרונות של ממשק חלוקת המרחב בהקשר של אישוש עולם החי הטבעי בבריטניה. בכנס שנערך בנושא באוניברסיטת קיימברידג' בינואר 2019 נטען ששטחים חקלאיים שוליים שיתפנו מעיבוד כאשר השטחים הפוריים יעובדו ביתר אינטנסיביות, הם המפתח לאישוש הטבע. הסבה של 5% מהקרקעות המעובדות לשמורות טבע תביא לגידול באוכלוסיות 101 מיני עופות מקומיים. עם זאת, אם לא תגדל היצרנות החקלאית בשטחים שנשארים בממשק עיבוד, מחצית מהתוצרת הנזרקת כיום תצטרך להישאר במעגל הצריכה, וייצור הבשר המקומי יפחת במחצית.

ברור שהסבה של יותר שטח מעובד לשמורות תגדיל את ההשפעה החיובית על מגוון העופות. אם רוצים לשמור על רמת צריכת מזון דומה להיום ואף להתמודד עם צריכה מוגברת עקב גידול האוכלוסייה, יש להעלות את

החלטות על ידי החקלאי וקבוצת ההשתייכות שלו, טכנולוגיות חדשניות לשיפור ההתנהלות, או רפורמה בשווקים כדי לעודד התנהלות אקולוגית - מובנים פחות (Le Roux, 2010).

קשה לקבוע איזו מהגישות - שיתוף במרחב או הפרדה מלאה - מתאימה לישראל, שכן לא בוצעו מחקרים כמותיים לבחינתן בהקשר של התנאים האקולוגיים והחקלאיים כאן; עם זאת, ישנה דוגמה מעניינת שיכולה להאיר את הדיון:

על פסגת הר איתן ממערב לירושלים, מעל נחל שורק, שכן הכפר הערבי סטף שטיפח חקלאות טרסות במדרונות. הכפר ננטש ב-1948 וחקלאות הבעל והשלחין (ליד המעיין) חרבו. באמצע שנות ה-80 של המאה שעברה החליטה קק"ל לטפח את המקום ולשקם את שרידי החקלאות לטובת טיילות, פעילות ציבורית וטיפוח נופי. השטחים כללו כ-1,000 דונם של כרמי זיתים שחלק מהם נשרפו לאורך השנים. על הטרסות התפתחה ב-40 שנה צמחיית גריגה (שיחיה) צפופה וסבוכה בשליטת שיחי קידה שעירה ואלון מצוי. צמחייה זו מבטאת שלב מתקדם בהתפתחות המערכת אקולוגית הטבעית בישראל, שהיא מערכת מוגבלת מים. אנשי קק"ל ניקו את הטרסות מהצומח הטבעי, אבל הזיתים נראו עלובים ולא נתנו פרי.

תמונה IV-10. כרם זיתים משוקם ומטופל בסטף



צילום: גידי בשן

הוועדה ציינה שיש שלוש אפשרויות להגדרת היחסים בין חקלאות ומגוון ביולוגי שמכתיבות התנהלות שונה: **אנטגוניזם** שתומך בהפרדה מרחבית (כמו חלוקת המרחב); **קיום בצוותא** ללא הפרעה משמעותית; **אגבור (סינרגיה)**, כאשר כל פעילות משדרגת את חברתה. התוצאה של מערכת היחסים תלויה בתנאי הסביבה במובן הרחב ובאופי הנוף האקולוגי.

הוועדה גם הדגישה את חשיבותו של חלק מהמגוון הביולוגי לחקלאות עצמה, וציינה שלמען חקלאות בת-קיימא יש לטפח רכיב זה. ציונו בהדגשה הבעייתיות שאינטנסיפיקציה לא מבוקרת מביאה, כמו למשל האחדה של הנוף החקלאי, אבל גם חשיבות המורכבות של הנוף החקלאי. כמו כן, צוינה חשיבות הקישוריות המאפשרת תנועה במרחב החקלאי.

הוועדה הדגישה את החשיבות שיש בטיפול במערכת הייצור החקלאי כמקשה אחת ולא בעיסוק בכל רכיב (דישון, הדברה וכו') בנפרד, וכן ציינה שחשוב לבחון את המצב בקנה המידה המרחבי של יחידת הנוף ולהתייחס לשימושי הקרקע במרחב: כל פעילות החווה עצמה, חוות סמוכות ומערכות טבעיות שכנות. הם גם הציגו את הרב-ממדיות שיש בהחלטות הנוגעות לנושא: החקלאי הבודק, קבוצת חקלאים, האזור, השוק, הממשלה והזירה הבין-לאומית (ראו דיון בסוף פרק II).

הוועדה הדגישה את העובדה שנושא המגוון הביולוגי הוא הנחקר ביותר מבין כל מרכיבי הדיון, ויש לו תמיכה ציבורית וארגונית חזקה, בעוד שהאלמנטים החברתיים-כלכליים - קבלת

בחקלאות השלחין. במשך שמונה שנים טיפחו בושתנים של עצי פרי עם השקיה, והתפתחות הייתה מוגבלת. רק כאשר הוציאו את כל רחבי העלים וקלטרו את הצמחייה העשבונית, הייתה התפתחות טובה של העצים, והם התחילו להניב פרי (צורף, ריאיון, 2018).

מעניין להשוות את הממצאים הללו על עיבוד הזיתים לאלה שעלו ממיזם של נקודת ח"ן על עיבודים בני-קיימא של כרמי זיתים:

פרלברג ושותפיו (2012) מצאו בסקר שטח בכרמי זיתים בגליל העליון, רובם בבעלות ערבים מיישובי הסביבה, מגוון רחב של צמחים כפונקציה של מידת הטיפול בכרמים (נטושים לעומת מעובדים ולעומת טבעיים). הם לא מצאו השפעה של הקלטור על עושר מיני הצמחים. דישון הגדיל את עושר המינים של הצמחייה הטבעית שמתפתחת בבתי גידול מופרים (צומח סְגָטְלִי - צמחי באשה)⁸; דשן אורגני הגדיל את עושר המינים מבתי גידול הטבעיים, בעוד שדשן כימי הקטין אותו. רעיית בקר העלתה את עושר מיני הבאשה ולא השפיעה על עושר המינים הטבעיים. ריסוס הוריד כצפוי את עושר מיני הצומח, אבל גידולים משניים (על פי רוב דגניים) הגדילו אותו.

בוויכוח שבין שיתוף במרחב לבין חלוקתו הועלתה הטענה כי הוא אינו אלא ביטוי לפישוט יתר של מציאות מורכבת בהרבה, הכוללת משתנים חברתיים, כלכליים ואקולוגיים (Vandermeer and Perfecto, 2005; Tscharrntke et al., 2012).

בשלהי המאה ה-20 הוקדשה תשומת לב רבה לשינויים החריפים שעוברת המערכת הטروفית בדרום אמריקה, בעיקר בברזיל. שטחים נרחבים של יער טרופי, חלקו בראשיתו, בוראו והפכו לשטחי עיבוד או מרעה. בין השנים

הסתבר שלא היו בארץ בתקופה המדוברת אנשי מקצוע או מדענים שהתמחו בגידולי בעל (המצב לא השתנה משמעותית עד היום), אבל אנשי קק"ל איתרו את אברהם זינגר שהיה מדריך חקלאי בזמן המנדט הבריטי⁷, והוא שהדריך, בין השאר, את תושבי סטף בנטיעת כרמי הזיתים המדוברים. ההנחיה הברורה שלו הייתה: "אם רוצים זיתים מניבים אי אפשר להיות יפה נפש, ויש לעקור מן השורש את כל הצמחייה הטבעית בטרסות." כדי לבצע ניקיון צמחי מלא הופעל מְעַקֵר (rooter), שהוא כלי שמחובר לטרקטור, מנתק שורשים והופך את הקרקע. ההנחיה השנייה הייתה לבצע גיזום-חידוש של העצים ולהעשיר את הקרקע בזבל מדשן. הגיזום בוצע, אך לא היה מקור לזבל כמו בימים הפעילים של הכפר כשהיו בו לא מעט חיות משק. עברו עשר שנים עד שהעצים הגיבו והראו מופע בריא, ועד היום אין סימני מחלות על העצים (חנוך צורף, קק"ל, מידע בע"פ) (ראו תמונה IV-10).

מומחים לחקלאות מקראית יעצו להרבות בקלטור (חריש עדין). עד היום הכרם עובר שניים-שלושה קלטורים בשנה וגיזום כל שנתיים-שלוש, ומניב כ-60-70 ק"ג לדונם - שליש התנובה של זיתי בעל הגדלים בגליל. ניסיון לפתור את בעיית הדישון על ידי שתילת תלתן תת-קרקעי, צמח מרעה חשוב שמבסס את עצמו לבד, גרם לזיתים לחזור ולהתייבש.

המסקנה ממקרה זה היא שבחקלאות בעל בנוף ים תיכוני, תחרות של צומח טבעי - מעוצה או עשבוני (שיחים או תלתן) - היא גורם הרסני עבור היבול החקלאי, מן הסתם מכיוון שלחות הקרקע היא הגורם המגביל המשמעותי ביותר.

מעניין שלאחרונה מנסים פקחי רשות הטבע והגנים לאסור על פעולות הקלטור בכרמי הזיתים כי הם רוצים לשמור על בית הגידול העשבוני כחלק מתפיסת שמירת הטבע שלהם, וההשלכות על הזיתים אינן מעניינות אותם. היות שכרמי הזיתים המדוברים נמצאים בתחומי גן לאומי, נוצר קונפליקט שתחילתו בשאלה אם חלוקת המרחב אפשרית מבחינת שני שימושי הקרקע: גידול זיתים מניבים ושימור טבע. לקח דומה נלמד בסטף גם

7 זינגר הוציא לאור את הספרון "גידול הזית" (1985) בהוצאת משרד החקלאות.

8 סְגָטְלִיִּים - צמחים המלווים שדות חקלאיים.

תמונה IV-11. בתת סירה קוצנית



צילום: זלמן הנקין

המקור נתפס ראשון, והרחוק - אחרון. אומנם קצב ההתפשטות או החזרה של חברת הסירה אינו גבוה, אך תוך 20-30 שנה, אם לא יהיה שינוי בשימוש השטח, הוא יגיע לערך משמעותי מבחינה נופית.

יהושע שקדי מרשות הטבע והגנים הציג מבט על יחסי חקלאות ושמירת טבע במרחב הים תיכוני של ישראל המאופיין בצומח מעוצה, שעם הזמן הולך וגדל ומכסה, בתהליכים טבעיים, את מרחב השמורה כולה. בעקבות זאת, נדחקים הצומח העשבוני ועולם החי המתפתח עליו אל מחוץ השמורה. במקרה כזה נדרשת התערבות - ממשק אקטיבי. שקדי ושותפיו (2003) בחנו שימוש בכריתה וברעייה של עדר עיזים כדי לווסת את תהליכי ההתפשטות של הצומח המעוצה. מאחר שהתהליכים ארוכי טווח אך הבחינה נעשתה רק למשך שנתיים, לא הייתה יכולת לסכם את תוצאות הממשק האקטיבי. הבחינה האקולוגית מעלה גם שאלות ערכיות: האם שמירת טבע צריכה לעסוק גם בשימור נוף חקלאי מסורתי בתחומי שמורות טבע לנוכח שרידים של חקלאות זו שעדיין שרדו, כדוגמת עצי זית וטרסות?

1980 ל-2000 יותר ממחצית שטחי החקלאות החדשים באזורים הטרופיים הותמרו בדרך זו (Gibbs et al., 2010). החששות מאובדן משמעותי של מגוון ביולוגי נענו בנימוקים כלכליים ובנחיצות הפיתוח, אך היו גם קריאות הרגעה מצד כמה אקולוגים. אחד מהקולות האלה הציג את "מודל יער המעבר" (Forest Transition Model), שגרס שגם בהיסטוריה של אירופה וצפון אמריקה היו תקופות של בירוא יערות נרחב לשם חקלאות, וכאשר מסיבה כלשהי ננטש העיבוד, היער התאושש (Pfaff, 2003; Grau et al., 2000). הביקורת על מודל זה גרסה כי בשל קיטוע והגירת מינים קצב אובדן מיני בעלי החיים באזור הטרופי לא ייעצר גם אם היער ישתקם (Perfecto and Vandermeer, 2010).

כדי לבחון את הדגמים השונים בנופים מורכבים והטרוגניים פותחו כלים כמותיים (למשל, Sarker et al., 2009; Nelson et al., 2006) ולצידם **מודלים מרחביים** שאמורים לחזות את הדגם שיבטיח שימור מינים לאורך זמן ואת החזר הכלכלי המיטבי מהחקלאות (Polasky et al., 2005). המסקנה הייתה שתכנון מושכל יכול להניב פתרון מרחבי שמרבית מטרות שמירת הטבע יושגו בו תוך פגיעה מדודה בתפוקות הכלכליות של הפעילות החקלאית. פולי ושותפיו (Foley et al., 2005) הגיעו למסקנה דומה בניתוח שעשו לגבי תכנון שימושי קרקע ברמה העולמית. אולם שאלת השאלות נשארת - עד כמה תוצרי חלוקת המרחב במציאות יהיו דומים לאלה שמניבים המודלים?

אפשר להקביל את התהליך המתואר לעיל לתהליכים אקולוגיים המתרחשים בשטחים מוברים בישראל:

רייזמן-ברמן ושותפיה (2003) חקרו את מנגוני ההתפשטות של שיחי סירה קוצנית לשטחים חקלאיים מוברים בנגב הצפוני ובגליל העליון (ראו תמונה VI-11). ההתפשטות היא תהליך איטי: השלב הראשוני של ההתבססות יכול להתמשך כ-20 שנה ולהגיע לכיסוי של כ-20%; אחרי 50 שנה הכיסוי מגיע ל-85%. להתפשטות הסירה הקוצנית יש דגם קבוע במרחב: השטח שקרוב לאוכלוסיית

תמונה 12-IV. נוף חקלאי כתמי בנפת קיאנטי, טוסקנה, איטליה. שילוב של שטחי חורש ויער עם כרמי יין, שטחי מרעה וכרמי זיתים



צילום: אבי פרבולוצקי

בעוד שעושר מיני הזבליות הראה יחס הפוך. עושר מיני הטורפים הבינוניים לא הושפע מהמורכבות הנופית או מכמות השטח שהוקצתה לחקלאות אינטנסיבית. לקנה המידה לא הייתה השפעה משמעותית על עושר המינים, אך חקלאות אינטנסיבית הקטינה את העושר. מחקר זה תיקף את חשיבות המורכבות הנופית וההרכבית ובצידה את ההשפעות השליליות של הממשק הקונבנציונלי על המגוון הביולוגי, אך גם הדגים את מורכבות הנושא.

גם בישראל נעשה ניסיון לכמת את ההשפעה של השטחים החקלאיים, על אופיים השונה, על המגוון הביולוגי, וזאת מתוך מבט מרחבי - העצמת הקישוריות האקולוגית בעזרת מסדרונות במרחב החקלאי. לשם כך דורגה ערכיות ענפי חקלאות שונים מבחינת התרומה למערכת האקולוגית והמגוון הביולוגי. מקור המידע היה ראיונות עם בעלי ידע וניסיון. הוסכם שחקלאות אקסטנסיבית, בעיקר גידול בעלי חיים במרעה, היא הפרקטיקה התורמת ביותר למגוון הביולוגי המקומי. חקלאות אינטנסיבית של גידולי שדה ומטעים ללא כיסוי רשת הם בעלי ערכיות בינונית, וחקלאות מבונה (רפתות, בתי רשת, לולים וחממות) היא בעלת הערכיות הנמוכה ביותר.

מורכבות נופית

השערת הנוף ההטרוגני (landscape heterogeneity hypothesis) גורסת, בעקבות תובנות אקולוגיות ממערכות טבעיות, שככל שהנוף החקלאי מורכב יותר בזמן ובמרחב וכולל יותר כתמים טבעיים, הוא יתמוך במגוון ביולוגי גדול יותר (Benton et al., 2003; Fahrig et al., 2011). מסקנה זו חלה גם על החקלאות הקונבנציונלית המאופיינת בשטחים גדולים והומוגניים של חקלאות חד-גידולית. כאשר עוסקים בבעלי חיים עם כושר תנועה, יש להרחיב את קנה המידה שהמערכת נבחנת בו. ניתוח של מיני עופות הנמצאים בזיקה לחקלאות בבריטניה (farmland birds) העלה שחלק מהעופות נשענים כמעט לגמרי על הנוף ועל המשאבים החקלאיים, חלק משלבים בין המערכות, וחלק שוהים מרבית הזמן בשטחים הטבעיים אך ניזונים עונתית בשטחי החקלאות (Fuller et al., 2004). מורכבות הנוף במרחב, כולל זה שמחוץ לחקלאות, היא, אם כך, אחד המשתנים הקובעים את תגובת רכיבי המגוון הביולוגי.

מחקר אחר מצא תוצאות כמעט הפוכות: לעושר העופות שיש להם צורכי בית גידול ספציפיים (מתמחים) אין קשר הדוק להטרוגניות הגידולים החקלאיים במרחב; ההשפעה של ההטרוגניות הנופית החקלאית אינה יוצרת השלמה רבה (complementarity) של דרישות בית גידול עבור מרבית העופות; היחסים בין מגוון העופות וההטרוגניות הנופית תלויים, בין השאר, בממד המגוון הביולוגי שהחוקרים משתמשים בו (Hiron et al., 2015).

המושג **מורכבות נופית** צריך להיות מוגדר בצורה ברורה וכמותית. לדוגמה, יש המפרידים בין המורכבות של **ההרכב** (מספר ויחס של יחידות כיסוי שונות - למשל, אילו גידולים חקלאיים גדלים זה בצד זה) וזו של **המבנה** (מה המערך המרחבי של יחידות כיסוי אלה - למשל, חלקות נטועות מול שדות פלחה או היחס בין חלקות חקלאיות מול יחידות טבעיות) (Fahrig et al., 2011; Reynolds et al., 2018).

בצפון-מזרח שווייץ נבחנה תגובתן של קבוצות סיסטמיות שונות (עופות, זבליות, נמלים וטורפים בינוניים) למורכבות מבנית והרכבית (compositional) בחמישה קני מידה שונים (Reynolds et al., 2018). עושר מיני העופות והנמלים הראה התאמה חיובית למורכבות הנופית,

תמונה 13-IV. נוף חקלאי טיפוסי בגליל התחתון



במיזמים בחקלאות, שאמורים למנוע את אובדן המגוון הביולוגי, כדי להגדיל את המגוון הנופי באזורים החקלאיים. באזור הים תיכוני של איטליה נמצא ששטחי חקלאות בתוך מרקם נופי טבעי היו חשובים מאוד לנוכחות עופות חורפים, ואילו שטחים טבעיים בנוף חקלאי תרמו לעופות מקננים (Chiatante and Meriggi, 2016).

מתוך חלוקה פונקציונלית זו ניתן להכין מפות של מסדרונות מעבר בשטח החקלאי שיתנו קישוריות מיטבית. החוקרים מקווים שמערכת התכנון תעשה שימוש במיפוי מסוג זה בבואה להסדיר את התכנון והממשק של שטחי החקלאות (דולב ואחרים, 2011).

פישר ושותפיו (Fischer et al., 2014) זיהו מספר נושאים שנמצאים לדעתם בבסיס חילוקי הדעות בנושא החלוקה ה"נכונה" של המרחב בין ייצור מזון ושמירת טבע. ראשית, הבדל ערכי בין החשיבות המיוחדת לביטחון תזונתי מול חשיבות השטח המוקדש לטבע. שנית, חוסר הסכמה לגבי השיטה להערכת ערכיות השטח עבור כל אחת משתי המטרות. הכימות של המגוון הביולוגי בשטח נתון אינו פשוט, בעיקר אם רוצים לכלול את המגוון בקרקע שהוא כה חשוב לחקלאות. גם השקלול של המנעד המרחבי והעיתי הוא אתגר מתודולוגי.

תמונה 13-IV מציגה את המורכבות הנופית של אזור חקלאי בגליל התחתון

מחקר על פיזור במרחב של חיפושיות ממשפחת הרציניים, אויבים טבעיים למזיקי חקלאות, מדגים את יחסי הגומלין שבין בעלי חיים לבין מורכבות נופית בהקשר החקלאי הבריטי ואת הבעיות שעולות מהם. באזור המחקר חיים ארבעה מיני חיפושיות; לכל אחד יש העדפות ודרישות שונות מבחינת משאבים ותנאי בית גידול: אחד העדיף לבלות את החורף בשולי השדות בעוד שהשני העדיף את מרכז השדה; חלק היו נאמנים לכתם המועדף וחלק עברו מכתם לכתם. האם אפשר להציע פרקטיקה חקלאית שתתמוך בארבעת המינים בו-זמנית? וזה הרי סוג אחד בלבד בתוך מגוון גדול של אורגניזמים (Holland et al., 2005).

חקלאות-טבע-נוף בישראל

החלוקה המרחבית של הנופים היוצרים את דמותה של המדינה: טבע, חקלאות לסוגיה ויישוב, היא נושא שנותח בגישות שונות לאורך ההיסטוריה. **אלון-מוזס (Alon- Mozes, 2011) גורסת כי בישראל התפתחו במקביל במחצית הראשונה של המאה ה-20 הנוף החקלאי-**

קרס ושותפיו (Krebs, 1999) הציעו להשתמש בחלק מהתקציב של הקהילה האירופית שמוקדש לתמיכה

ממד של זמן, הוא מעין ספר היסטוריה צבעוני המאפשר לראות התפתחויות ושינויים. לפיכך ממליצים קפלן ושותפיו כי מערכת התכנון הארצית תתחשב בתפקיד הנופי החשוב של החקלאות, ותיתן לו ביטוי בתוכניות המתאר כך שישמר אופיים של האזורים השונים. הם אף הציעו מילון חזותי-עיצובי לנוף החקלאי המבוסס על מגוון דימויים: פתיחות ואין-סוף; סגירות ומחבוא; מיקוד והבלטה; כיווניות וזרימה; דפוס ומקצב וצבע.

במאמץ להגדיר את הדרך המתאימה להתייחסות לנוף החקלאי בישראל ביצע קפלן השוואה לדרך שהנוף הזה מטופל באנגליה (קפלן, 2005). הוא מצא שהנוף הכפרי האנגלי מעוגן היטב במסורת ארוכת ימים, והוא רכיב חשוב בתרבות ובזהות המקומית, וכי נעשה ניסיון מתמשך כבר כמה עשורים להגדיר ולאפיין אותו ועל בסיס זה לשמר אותו. באנגליה פועלים עמותות וארגונים מקומיים רבים השוקדים על שימור הנוף סביב אזור המגורים והפעילות של המעורבים, וכן ארגון לאומי - Countryside Agency - העוסק במיפוי, בתייעוד ובפרסום היבטים של נוף זה.⁹ אומנם השיטות לתייעוד משתנות עם הזמן, אך הן נגזרות מעיסוק מקצועי מתמשך; אם בתחילת הדרך הבסיס למיפוי היו יחידות הנוף הטבעי, עם הזמן קיבלו הרכיבים האסתטיים והתרבותיים מקום מרכזי יותר. כיום יש באנגליה מפה של יחידות נוף, 951 במספר, שהוגדרו ואופיינו בעזרת כלים מקצועיים והן משמשות כלים חשובים בתכנון, בפיתוח ובשימור. קפלן המשיך והשווה את הנעשה באנגליה למה שאמור להיעשות בישראל תוך הדגשת ההבדלים הבסיסיים.

כפרי והנוף העירוני-מטרופוליני שמהווים את שני הפנים המשלימים של החלום הציוני. המקום המרכזי של החקלאות בעשורים הראשונים להתפתחות המדינה השפיע גם על גיבוש השפה השלטת באדריכלות הנוף, בעוד שכיום משמשים האלמנטים החקלאיים סמן נוסטלגי לחקלאות שירדה מגדולתה (Alon-Mozes, 2009).

ברור לכול שהנוף החקלאי, בין אם המסורתי (כרמי זיתים, טרסות, עדרי צאן) ובין אם המודרני (שדות חרושים, מטעים ושדות מזרע), הוא אחד המאפיינים המוכרים יותר של מראה הארץ. הנופים החקלאיים היו אחד ממוקדי העניין של השנים הראשונות לפעולתה של תוכנית נקודת ח"ן מאז שנת 2000. יום העיון הראשון של התוכנית בשנת 2003 הוקדש רובו ככולו לנופים החקלאיים בארץ. גם בימי עיון מאוחרים יותר הוצגו מחקרים שנעשו בהקשר הנופי-חקלאי בתמיכת נקודת ח"ן.

הפעילות החקלאית על אופייה המרחבי ונופיה אינה מעוגנת בהליך התכנוני הלאומי בישראל. דינה רצ'בסקי, ראשת מנהל התכנון לשעבר, סיכמה את המצב והדגישה את חשיבותו של העיגון התכנוני-סטטוטורי של הנוף החקלאי בדומה למהלכים שנעשו לעיגון מעמדם של היערות הנטועים, ערכי טבע ומורשת ואפילו הנוף הכפרי הפתוח (תמ"א 35). לדבריה, יש לקדם מסמך מדיניות על התרומה הנופית של שטחי החקלאות, ליצור מודעות ומחויבות חברתית-סביבתית ברשויות המקומיות ובהמשך ליצור מערך של תוכניות מתאר מחוזיות ומקומיות שיאפשרו עיגון זה (רצ'בסקי, 2003).

המתכנן מוטי קפלן ושותפיו (2002) הציעו התייחסות חדשה לנוף החקלאי בארץ, הרואה בו מרכיב תרבותי המעצב את דמותה; הוא זה המשרה את "רוח המקום". מאחר שיש בו

9 ארגון זה הוטמע ב-2006 ביחידה הממשלתית לשמירת טבע ונוף בתחומי אנגליה של הממלכה המאוחדת, Natural England.

והמתכננים. בשלב הראשון של המחקר נבחרו שלוש קבוצות מדגם שאמורות לייצג שתיים מבין הקבוצות העיקריות - אזרחי ישראל (נופשים פוטנציאליים, מבוגרים וצעירים) ומתכננים/סטודנטים מהתחום. נבחרו לבדיקה סטודנטים לגיאוגרפיה בעלי רקע מקצועי רלוונטי; סטודנטים ואנשי סגל ללא רקע מקצועי; ומתכננים. והוצגו להם תמונות של נופים ואלמנטים אחרים (למשל, חממות, מסעדה, שילוט וכו'). בעקבות בחינת התמונות הוצגו שאלות הנוגעות לנוף הכפרי. אומנם הייתה הסכמה בין קבוצות המדגם על מרכיבים מסוימים המעצבים את המרחב הכפרי, אך המתכננים רואים מרחב זה באופן שונה מהמשתמשים. יש עניין בקרב כל הקבוצות בהמשך קיומו של המרחב הכפרי הן כבסיס לחקלאות הן כמרחב נופי מוגדר, אך יש פער בין הדימוי של הנוף הכפרי הפתוח לעומת הדימוי של נוף לצורכי נופש.

החוקרים מסיקים כי יש בידם בסיס לקביעת עקרונות עיצוב של המרחב הכפרי. היות שיש פערי תפיסה בין קבוצות שונות, הם מדגישים את הצורך בשיתוף הציבור בקבלת החלטות אלה. הממצאים מעידים שלא יהיה נכון להקריב את נוף המרחב הכפרי הפתוח לטובת שטחי מסחר גדולים, ועדיף לדאוג לפיתוח מותאם לתיירות ונופש וזאת תוך הפרדה בין אזורים שייעודם נופי (נראות בעיני המתבונן) ואזורים שמיועדים לפעילות נופש.

אלי שטרן (2006) הציע מתודולוגיה חלופית למיפוי נופי התרבות החקלאית בישראל. הוא מסב את תשומת ליבנו לכך שכ-5% מאתרי המורשת העולמית שהוכרזו על ידי אונסק"ו, עניינם חקלאות. נופי תרבות הם כאלה שנוצרו על ידי האדם ויכולים להיות מתוכננים (גנים מפוארים) או לא (משבצות עיבוד של גידולים שונים). נוף נוצר גם משימוש

קפלן ושותפיו המשיכו במלאכה והרחיבו את הדיון המושגי לגבי נופי חקלאות, ואז מימשו אותו בניתוח נופי של יחידות הנוף השונות של ארץ ישראל (קפלן ואחרים, 2008). האתגר המושגי של נושא זה מוצג יפה בהקדמה לפרסום:

"מה היא אותה "חקלאות נוף"? אילו נופים חקלאיים אנו חפצים לראות, ומי בכלל יהיו "הרואים", הבוחנים והמחליטים בדבר דמות הנוף? האם יהיו אלה נופים חקלאיים מסורתיים, כאלו המופיעים בתיאורי מסעות עולי רגל לארץ ישראל, בציוריה הקלאסיים של ארץ הקודש, בכמיהה ליצירת נופים של "ארץ התנ"ך" המהווים רקע לסיפורים ומאורעות שהתרחשו בארץ? או שמא יהיו אלה נופי ראשית ההתיישבות - שדה החיטה מלוא העין, כרמי גפנים, פרדסים בשרון, מגדל המים המתנשא מעל גגות אדומים?"

עיסוק אינטנסיבי זה של מוטי קפלן בנופי החקלאות הניב, בסופו של תהליך ארוך, אלבום רחב יריעה העוסק במגוון התרומות של החקלאות מעבר לייצור מזון (קפלן, 2017). הספר דן במהותו של הנוף החקלאי ובהתפתחות הנוף החקלאי בארץ ישראל, ומציג מתודולוגיות למיפוי ובעקבותיהן תיאור של יחידות הנוף החקלאי בארץ. הספר מתכתב עם מקורות שונים מתרבותו של העם היהודי ויש בו דיון באשר לקשר בין היהודים לחקלאות לאורך ההיסטוריה.

אבל, כידוע, הנוף אינו נושא מוסכם ומוגדר אלא פתוח לתפיסות סובייקטיביות, בדומה לנאמר - "היופי [הנוף] הוא בעיני המתבונן", ולכן חשוב לנסות ולהביא את הדיון בעניין הנוף למכנה משותף כלשהו.

פליישמן ופייטלסון (2006) ניסו "לזהות ולאפיין את התוכן והמהות האופרטיבית של נוף כפרי פתוח" לפי תפיסתן של שלוש קבוצות עיקריות: החקלאים, המשתמשים (כולל נופשים)

15-IV) שהיא נגזרת של תמ"א 53 שהציעה שטחים שהם "מכלולי נוף", וחילקה שטחים ל"מאפשרי-פיתוח" ול"מוטי-שימור". מטרת התוכנית היא להגן על סוגי התועלת ועל העלויות החיצוניות של הנוף החקלאי. הכוונה במונח כלכלי זה היא לעלויות הנגרמות לגורם ייצור כלשהו כאשר אף אחד אינו משלם לו עבורן - החקלאי מעבד את החלקה ומרוויח מהתוצרים שלה, אבל גם יוצר נוף שהמבקרים נהנים ממנו בחינם: הם צורכים את ה"מוצר" (נוף) בלא שניתן תשלום כלשהו לחקלאי. ואם ייצור המזון אינו רווחי דיו, כיצד יישמר הנוף?

התוכנית מציעה לחלק את השטח החקלאי בבקעת הנדיב לשלוש קטגוריות: שטח חקלאי שמור ובו מוצע לתת לחקלאים תמריצים לעיבוד שמשתלב ותומך בנוף ובטבע הקיים; שטח חקלאי מוגן שישמור על אופי חקלאי; שטח חקלאי משקי שמיועד למבנים תומכי חקלאות, על פי רוב צמוד-דופן ליישובים קיימים.

בתהליך השימוע הציבורי שהתקיים על התוכנית הביעו חקלאים חוסר שביעות רצון מהגבלות שלתפיסתם התוכנית מטילה עליהם. למיטב ידיעתנו התוכנית לא אושרה עד היום מבחינה סטטוטורית.

תמונה 15-IV. בקעת הנדיב ומכלול הגידולים החקלאיים שבה



צילום: אלבטרוס

האדם במשאבי טבע כמו נוף מסורתית-מקומי (נְרָקוּלָרִי, למשל נוף טרסות). הנוף החקלאי דינמי ומשתנה לאורך ציר הזמן, אולם חלק ממנו יכול גם להיות מאובן. לכן הוא מציע לאתק, לסווג ולמפות את נכסי התרבות החקלאית - פריטי נוף בעלי משמעות בעבר או בהווה (גתות, בתי ספר חקלאיים, בריכות דגים וכו'). הנכסים יכולים להיות מאוגדים ביחידות גיאוגרפיות: אגנים ומתחמים נופיים. מיון הנכסים נעשה לפי שלושה קריטריונים: שרידות-נראות-חזותיות; חשיבות (סובייקטיבית, ערכית או מוחשית); חשיבות מדעית או היסטורית. הוא בנה מאגר של 548 נכסים המהווים את תחילתו של מאגר לאומי.

שטרן גורס שלפחות נכס אחד ממאגר זה ראוי להפוך לאתר מורשת עולמית - **מושב נהלל**. לשאר האתרים יש חשיבות ארצית, אזורית או מקומית (ראו תמונה 14-IV).

מוטי קפלן (2007) נטל על עצמו, בעזרת צוות מקצועי, את האתגר של שימור הנוף החקלאי בעזרת כלי תכנון מקובלים, והכין את תוכנית "סובב בקעת הנדיב" (ליד בנימינה - ראו תמונה

תמונה 14-IV. מושב נהלל



תמונה IV-16. פארק שקמה - שטחי פלחה ונטיעות בערוצים



צילום: אורי רמון

מצאו, במיזם של נקודת ח"ן, רק שמונה מיזמים של חקלאות במרחב העירוני/יישובי, שכ-200 משפחות פעלו בהם. לדבריהם, בארצות אירופה המערבית כ-1-2% מהאוכלוסייה העירונית עוסקת בחקלאות עירונית. החוקרים רואים בפעילות זו תרומה חברתית (גיבוש הקהילה) ונפשית (תעסוקה לגמלאים, למוגבלים, לעולים חדשים ולקשישים) יותר מאשר כלכלית. אתר הסטף ליד ירושלים, המתופעל על ידי קק"ל, הוא מודל מוצלח לפעילות דומה. הוא אומנם נמצא מחוץ לשטח העירוני, אבל מתופעל על ידי תושבי ירושלים, ואינו נחשב שטח חקלאי (אלון-מוזס ואחרים, 2005).

החוקרים זיהו את הצורך בתשתית ארגונית לקידום הנושא. הם המליצו כי גופים ממוסדים, דוגמת רשויות מקומיות, קק"ל או עמותות, ייקחו נושא זה כחלק מה"שירות לציבור" ויקצו חלקות קרקע ומים לטובתו. הם הציעו להקים תשתית ארגונית שבראשה גוף לאומי שיטפל בסוגיות משפטיות וארגוניות, שקשורות לבעלות על קרקע, לשמירה על משאבים ציבוריים כמו מים וקרקע, ולשימוש בהם לטובת הפרט.

מיזם רחב ובעל משמעויות יישומיות ערך מכון דש"א במורד אגן נחל שקמה, דרומית לאשקלון. למרחב גדול זה – מעל 300,000 דונם – הוכנה ואושרה תוכנית שמעגנת את מעמדו כפארק במסגרת תוכנית המתאר המחוזית ומגינה על שטחים פתוחים רבים, כולל שטחי חקלאות, מפני פיתוח מבונה. רובו של הפארק הוא שטחים פתוחים טבעיים או שטחי חקלאות. הרעיון המרכזי של המיזם היה לבחון את היישומיות של מושג שירותי המערכת האקולוגית במרחב החקלאי. מסגרת הפעולה כללה את פארק שקמה שמנהלתו עתירת השותפים הסכימה לבחון את הרעיון. מבחינה מעשית נבחנו שני נושאים מרכזיים הקשורים למרחב שקמה: ניהול מקיים של שטחי פלחה חרבה והקמת חוות סולריות בשטחים פתוחים (שגיא ורמון, 2016).

כיוון אחר הוא יצירת מתקנים לגידול ירקות במבנה אנכי – קומות על קומות של מסדרונות גידול כמו ספריית ענק. מערכת גידול זו מנותקת מהסביבה, מוארת באור מלאכותי מתאים, והמשאבים לגידול מוקצים בעזרת חיישנים ומחשבים שמעבדים נתונים פיזיולוגיים (Despommier, 2011). בהולנד שוקלים להקים מיני-רפתות על גגות בנייני דירות המאוכלסים בצפיפות. עיקר מזון הפרות יתבסס על פסולת ממוחזרת מהדירות, והחלב ימלא את צרכי המשפחות (מתוך הרצאה של לואיז פרסקו, המכהנת כיום כנשיאת האוניברסיטה החקלאית בואכנינגן, הולנד. ההרצאה ניתנה ביום העיון הרביעי של נקודת ח"ן ב-2004. לצערנו, הרצאה זו לא תועדה ואינה מופיעה בפרסומי התוכנית).

פתרונות "מחוץ לקופסה" לקונפליקט המרחבי חקלאות-טבע

הדיון בפרק זה מדגיש את יחסי השטח הטבעי מול השטח המעובד. בשנים האחרונות גובר העניין בייצור מזון שלא בשטח החקלאי הפתוח. אחד הכיוונים המעניינים לפתרון הקונפליקט של שימושי הקרקע בין הצורך בעיוק, הצורך בייצור מזון והצורך בשמירת טבע, יכול להיות הסטה של חלק מייצור המזון מהמרחב הפתוח אל העיר.

ב-2005 החקלאות העירונית בישראל הייתה עדיין מצומצמת ביותר. אלון-מוזס, צבן ואמדור

תמונה IV-17. נוף חורש שיש בו רעיית עיזים מסורתית



צילום: זלמן הנקין

תמונה IV-18. חורש צפוף ללא רעייה



צילום: זלמן הנקין

זווית אחרת לבחינת הנוף החקלאי מספקים פלישר ושותפיה (2003) המשתמשים בכלי הנקרא **"עודף הצרכן" (consumer's surplus)** להערכת התועלת שהציבור הישראלי מפיק מנוף של אזור מסוים שהוא מגיע אליו כדי לטייל ולנפוש בו. על פי החישוב שלהם הציבור מפיק מעמק החולה תועלת בערך של 82 מיליון דולר, ומעמק יזרעאל - 37 מיליון דולר. הסכומים הללו גדולים לאין שיעור מהערך הכלכלי הישיר של הייצור החקלאי באותם אזורים, אבל אין מי שישלם לחקלאי על אספקת "שירותי נוף". החוקרים גם ניסו לדרג את סוגי הנוף החקלאי לפי תרומתם להנאת הציבור בשיטה של **הערכה מותנית**: הציבור נשאל כמה יהיה מוכן לשלם עבור שימור משאב מסוים. הנופים החקלאיים זכו להערכה גבוהה מצד האוכלוסייה העירונית, הכוללת נכונות לשלם. עצי פרי, שדות, נוף חקלאי משולב ויישובים כפריים זכו לתמיכה הגדולה ביותר לשם שימורם הנופי (81-83%). חממות קיבלו הערכה נמוכה (67%), ומשק חי קיבל הערכה בינונית (79%).

הנקין ושותפיו (2004) בחנו את השפעתם הנופית של שימושי קרקע שונים הקשורים לרעייה על המערכת האקולוגית הים תיכונית. נבחנו: רעיית בקר לבשר; רעיית עיזים בלחץ רעייה מתון; רעיית עיזים בממשק מסורתי שיש בו לחץ רעייה גבוה; שטחי חורש ללא רעייה. תצורת הנוף המתקבלת בכל טיפול תורגמה לשרטוט של **הפרופיל המבני**.

תצורות הנוף הצמחי המתקבלות צולמו, והתבצע סקר עמדות והעדפות אצל 30 אנשים מהגליל. הנשאלים היו אמורים לקבוע את התאמת כל תצורת נוף למספר שימושים: נוף מחלון הבית; נוף מחלון הרכב; נוף מנקודת תצפית רחוקה; טיול רגלי; פיקניק. הקריטריונים להעדפת נוף אחד על משנהו היו: נראות; עבירות; צמחייה גבוהה המספקת צל ומגוון גבוה של צורות תלת-ממדיות וטיפוסי חללים. התוצאות מראות שנוף המתקבל מרעייה של עיזים בממשק מודרני (לחץ מתון) התאים לרוב השימושים. החורש ללא ממשק והנוף המתקבל מרעיית עיזים חזקה היו המועדפים פחות, ואילו רעיית בקר יצרה נוף בעל ערך בינוני.

צבן ולירון אמדור ממשרד צנובר, והמימון הגיע מנקודת ח"ן, ממשרד החקלאות, מהמשרד להגנת הסביבה ומקק"ל. ראשית דבר, הוסכם יחד עם חקלאים, אקולוגים ומומחים מתחום החקלאות על רשימת פרקטיקות חקלאיות שנחשבות סביבתיות ושכדאי להציע אותן לחקלאים לביצוע. להסכמה בנושא זה היה קל יחסית להגיע. ההסכמה על הדרך לתגמול החקלאים הייתה קשה יותר. הדרך שנבחרה, בסופו של דבר, התבססה על מכרז לצורך קביעת התגמול לחקלאי. המכרז מאפשר תחרות, אפשרי לביצוע במסגרת המוניציפלית, ולא נתפס כסבסוד. המכרז כלל את גובה התשלום ואת מיקום החלקות שהניסוי ייערך בהן. היות שמדובר במיזם חדשני, הושם דגש על קבלת פרוטוקולים לפעולה, מסמכי מכרז וחזרה ומסמכי ביצוע (מפות חלקות וכו') כדי שיתאפשר להעתיק את המיזם למקומות אחרים בארץ אם יהיה בכך צורך (אמדור, 2009): "החדשנות בפרויקט הינה בניסיון לייצר מנגנון הדומה לשוק חופשי לשירותי סביבה של החקלאות. בחירת החקלאים שישתתפו בפרויקט, השטחים בהם ייושם העיבוד הסביבתי וגובה התגמול נעשו במנגנון תחרותי של מכרז, על בסיס קריטריונים כלכליים וסביבתיים..."

הוחלט כי המיזם יקדם נטיעת מטעי זיתים חדשים בעיבוד אקולוגי: שמירה על צפיפות נמוכה של העצים, כיסוח או קלטור במקום ריסוס בקוטלי עשבים, שמירה על רצועות קרקע לא מעובדות לשימוש המינים המקומיים, אי-פליחה, הדברה משולבת, נטיעה על קווי גובה ודישון אורגני. ועדת ההיגוי של המיזם הסכימה על העקרונות הללו, והם הוצגו לחקלאים בערב עיון ציבורי וקיבלו את

נשאלת השאלה באילו אמצעי מדיניות ניתן לשמור על השטחים הפתוחים, כולל השטחים החקלאיים, שהם "מצרך ציבורי" שאינו נסחר בשוק כלשהו. סדן (2003) מציע כמה כלי ניהול מהעולם הפיסקלי-מיסוי-תקציבי. למניעת נטישת שטחים מעובדים הגורמת נזק נופי ואקולוגי הוא מציע להטיל "קנס" - מס רכוש גבוה יותר על בעלי חזקה שהפסיקו לעבד את חלקתם. מאידך גיסא, הוא מציע להפעיל "פרס" - תמיכה ממשלתית (תמריץ) לשטחים מעובדים ומתוחזקים היטב. יהיו רק שני מצבים, "פרס" ו"קנס", והדבר אמור לעודד חקלאים לעבד את השטח בצורה טובה.

ראובן לסטר, עורך דין סביבתי, בחן את האפשרות להשתמש בכלים תחוקתיים לקדם ערכי נוף וסביבה באזורים חקלאיים. הוא מסיק שאמצעים שנוקטו בישראל בעבר, כמו גם במדינות אחרות, לא מנעו כרסום ופגיעה בנופים החקלאיים חרף השימוש באמצעים משפטיים הנסמכים על חוק התכנון והבנייה. עוד קובע לסטר שתוספת חקיקה ייעודית לנושא זה תהיה קשה מאוד להשגה, והוא אינו חושב שהיא מציאותית. הצעתו היא להסתמך על חוקים קיימים, כמו חוק הניקוז או חוק ההתיישבות, ודרכם לקדם את הפעולות הנכונות לנוף ולסביבה (לסטר, 2004).

בשנים 2008-2009 פעל מיזם ניסיוני וחדשני בשם "חקלאות תומכת סביבה" שבחן את האפשרות לתת תמריץ כלכלי לחקלאים עבור מתן תועלת סביבתית מסוגים שונים. המיזם פעל בשטחי המועצה האזורית מגידו, נוהל בידי חיים

תמונה IV-19. כרם הזיתים שהוקם במיזם של המועצה האזורית מגידו



צילום: לירון אמדור

הסכמתם. גובה התמיכה המרבי במיזם יהיה שווה ל-40% מעלויות ההשקעה.

התוצר הישיר של המיזם היה נטיעה של כ-150 דונם כרמי זיתים בהתאם לחוזים שנחתמו (ניתן לראותם כיום מכביש 6) (ראו תמונה IV-19).

תוצר משני של המיזם היה יוזמת המשך של משרד החקלאות לשלושה מיזמים נוספים במסגרת "חקלאות תומכת סביבה" במועצה אזורית לב השרון (ראו תיאור של אחד מהם בפרק V), במועצה אזורית עמק חפר ובבקעת בית נטופה מול המגזר הערבי (הרחבה בפרק VIII, עמ' 252-253).

להתאים פתרונות לכל מערכת תנאים (ראו דיון בסיפא של פרק II ובפרק הסיכום).

הנושא השני שעלינו כחברה להכריע בו הוא החשיבות הערכית שאנו מייחסים למערכות החקלאיות מעבר להיותן ספקיות מזון. עד כמה הנוף שהן מספקות חשוב לנו, ומה אנחנו כחברה מוכנים לעשות כדי לשמר אותן. אם לגבי הטבע והמגוון הביולוגי נראה שיש הסכמה רחבה בציבור (לפחות במדינות המפותחות) על שימורם, לא כך הוא לגבי הנוף החקלאי, ובוודאי שלא על כל סוגיו. גם הכלים לשימור שונים בשני המקרים, אם שמירת טבע יכולה להיעשות, ולו חלקית, באופן פסיבי, החקלאות היא פעולה דינמית וכלכלית ואפשר לשמר אותה רק תוך כדי המשך עשייה פעילה ומסתגלת שיש עלות בצידה.

אי אפשר להתעלם מהעובדה שכאשר נבחנו באופן אמפירי יחסי החקלאות והנוף, התברר עד כמה חסר מידע מדעי מוצק שאפשר לגזור ממנו מסקנות מרחיבות. הרי אפילו המושג הבסיסי 'מורכבות נופית' אינו מוגדר דיו. גם כאן נראה שאנחנו רק בתחילת הדרך. המסקנה השנייה היא שחסרים כלים סוציולוגיים, כלכליים ומשפטיים לגישור בין האינטרסים השונים והמתנגשים שנובעים מהצורך בשימור חלקות חקלאיות וערכי טבע.

לסיכום ניתן לומר, שבתקופה זו, כאשר משבר ייצור המזון עבור אוכלוסיית העולם הגדלה הולך ונעשה מאיים יותר ויותר, הדיון על חלוקת המרחב בין חקלאות מייצרת מזון והטבע - חשוב ביותר, ונוגע לצרכים הבסיסיים של האדם המודרני.

פרק זה הציג גישות שונות לטיפול בממד המרחבי של הקונפליקט שבין שמירת טבע לייצור מזון, אך אין מסקנות חותכות בצידו. אומנם הצגנו מספר דוגמאות לקיום משותף ול"שכנות טובה" בין הטבע לחקלאות, אבל מודל כוללני עדיין לא נמצא. הדבר נובע, בראש ובראשונה, מכך שמעבר לרגש ולאידיאולוגיה המלווים וכוח שכזה, אין בידינו די עובדות מדעיות-כמותיות שיכולות לקדם פתרונות מעשיים. ללא מאמץ מחקרי ויישומי מתאים וללא דיונים ערכיים-חברתיים מעמיקים נישאר בערפל מבחינת מגמות ותהליכים ביחסים המורכבים שבין יחידות הטבע שמופר פחות וחלקות החקלאות שהולכת ונעשית יותר ויותר אינטנסיבית. זאת ועוד, הן בצד החקלאי הן בשמירת הטבע יש בעיות ונושאים לא פתורים שיש להתמודד איתם עוד לפני שמטפלים בתכלול המיטבי שבין השניים.

בעיית משנה היא המורכבות של תנאי הפתיחה (קרקע, גידול, ערכי טבע, אקלים וכו') כמו גם הרכיב החברתי-תרבותי. הדברים הללו משתנים מאוד ממקום למקום, ויש

פרק V. חקלאות והמגוון הביולוגי – יחסים מורכבים

"החקלאות, התופסת חלק נכבד משטחי האיחוד האירופי, משמרת משאבים גנטיים, מגוון ביולוגי וקשת רחבה של בתי גידול ערכיים" (The European Commission, 2015)

"העולם העשיר של מיני צמחים ובעלי חיים השוק על פני כדור הארץ - המוכר גם כמגוון הביולוגי - מאוים כיום על ידי החקלאות האינטנסיבית" (Ammann, 2004)

מגוון כלים מכניים ושימוש בכימיקלים שונים כולל דיזון; כל אלה פוגעים, בצורה זו או אחרת, בחלק ניכר מהמגוון הביולוגי, ובו גם מגוון התומך בחקלאות.

כדי להיות מעשיים, הניסיון לצמצם את הקונפליקט שבין פעילות חקלאית למגוון הביולוגי חייב לכלול הבנה של ההקשר המקומי לצד בחירה במין או בקבוצת מפתח שמבקשים להגן עליהם. המגוון גדול, ההשפעות ההדדיות מורכבות, ואי אפשר להתייחס למכלול כולו אם רוצים להציע הצעות מעשיות. מכאן מתפתח דיון מורכב על יחסי גומלין ועל השפעות, אך ברוב המקרים אין בידינו די מידע כמותי לטפל בו בצורה מדעית-מקצועית מניחה את הדעת.

הטרונגיות הנופית של הסובב החקלאי ושוליו מזמינה התייחסות מתחום **האקולוגיה של הנוף** (landscape ecology). תחום זה מדגיש את ההקשר המרחבי של התהליכים והתופעות האקולוגיות, וגורס שמבנה החברה האקולוגית - שפע המינים ויחסי הגומלין ביניהם - תלוי במה שקורה בקנה מידה גדול בהרבה מזה של בית הגידול הספציפי של אורגניזם זה או אחר.

יחידת הבסיס של האקולוגיה של הנוף היא ה**כתם**¹ (patch). את יחסי הגומלין האקולוגיים קובעים מאפיינים שונים: ממדיו ואופיו של הכתם; הפיזור המרחבי של הכתמים השונים בתוך התווך (matrix); הקישוריות בין הכתמים והתנועה של אורגניזמים בין כתמים - והם גם משפיעים על תפקוד המערכת האקולוגית (Kareiva and Wennergren, 1995; Pickett and Cadenasso, 1995). בנוף החקלאי או הכפרי (rural) יש רכיבים שאינם שטחים מעובדים, ואופיים טבעי או טבעי חלקי, המשמשים

הערה מקדימה: הפרק הזה, כמו קודמו, עוסק ביחסים שבין המערכת החקלאית למערכת הטבעית. בעוד שהפרק הקודם עסק בעיקר בחלוקת המרחב בין שימושי הקרקע הללו - ייצור מזון ושמירת טבע - הפרק שלפנינו עוסק ביחסים ובהשפעות ההדדיות שבין אורגניזמים מוגדרים, מינים בודדים או קבוצות, לפעילות החקלאית, לחיוב ולשלילה.

רקע

תילי תילים של מחקרים וספרים נכתבו על הקשרים השונים שבין הפעילות החקלאית וה**המגוון הביולוגי**, ובפרק זה ננסה לתמצת את תמונת היחסים המורכבים בשני היבטים השונים במהותם: האחד עוסק בהשפעות של הפעילות החקלאית על המגוון הביולוגי שבסביבתה, והשני מאיר את התרומה של רכיבים שונים של המגוון הביולוגי לפעילות החקלאית עצמה.

המונח מגוון ביולוגי מתייחס לכלל האורגניזמים על מטענם הגנטי, המערכות האקולוגיות שהם משתייכים להן, והתהליכים המתרחשים ביניהם באזור מסוים. המונח **agrobiodiversity** (המגוון הביולוגי החקלאי) מתייחס לכלל האורגניזמים, כולל הגידולים החקלאיים הנמצאים במערכות החקלאיות (Qualset et al., 1995).

החקלאות הקונבנציונלית המודרנית נשענת בעיקר על עיבוד רחב היקף של גידול יחיד (מונוקולטורה). החלקות המעובדות יוצרות סביבה חד-גונית וכך מצמצמות את המגוון הביולוגי שיכול להתקיים בתוכן. הפרקטיקה הקונבנציונלית אינטנסיבית וכוללת הסרה של הצומח הטבעי, העשבוני או המעוצה מסביבת השדה, פילוס שדות והרחקת סלעים ואבנים, חריש עמוק, הפעלת

1 **כתם** - מונח מתחום האקולוגיה של הנוף הרואה כל נוף אקולוגי-ביולוגי כבנוי יחידות (כתמים) שהמבנה והתכונות של כל אחת מהן הומוגניים יחסית ושונים מאלה של שכנותיה. לכן יתפתחו מאפייני בית גידול שונים בכתמים מסוגים שונים. מכלול כתמים יוצר מבנה דמוי פסיפס. לכתמים יש מבנה וסידור מרחבי, אך גם דינמיקה שמשמעותה שינוי בתכונות הכתמים.

לפרקטיקה החקלאית. הם עשו זאת על ידי השוואה בין ממשק אורגני לקונבנציונלי. עם זאת, סוגי אורגניזמים שונים הגיבו לפרקטיקה החקלאית בקני מידה שונים ולעיתים במספר קני מידה מרחביים.

מערך אחד של יחסי גומלין מתפתח בתוך החלקה החקלאית (שדה או מטע); מערך שני נוצר בין חלקות (גידולים) שונים במערכת החקלאית (למשל, מרעה ופלחה); מערך אחר נוצר בין החלקה החקלאית ושוליה, שאינם חקלאיים אבל בדרך כלל לא מהווים מערכת טבעית מלאה; מערך רביעי של יחסי גומלין מתפתח בין האזור החקלאי לשטח הטבעי שבקרבנו (איור 1-V) נותן תמונה של מורכבות הנוף החקלאי על יחידותיו). גידולים מסוימים יכולים ליצור בית גידול תומך באורגניזמים מסוימים ולהוות "מדבר" עבור רכיבי מגוון אחרים. במילים אחרות, להכללות בתחום זה אין ערך רב, וחשוב להגדיר את היחסים הכמותיים שבין גידול מסוים וממשקו ובין קבוצה או קבוצות טקסונומיות אחרות, לדוגמה:

איור 1-V. חלוקת המרחב החקלאי ליחידות לפי אופי הפעילות וקנה המידה

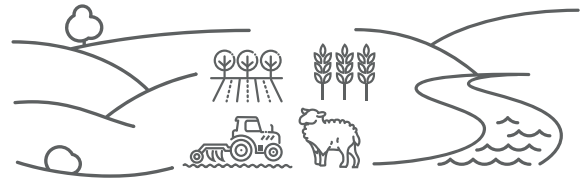
רמת הגידול



רמת המשק-חווה



רמת יחידת הנוף



הנוכחות של מגוון פרפרי יום נבחנה בשני בתי גידול חקלאיים: שדות חיטה וכרמי זיתים מעובדים מסורתית. המחקר בוצע באביב, לאורך מפל המשקעים המאפיין את ישראל (100-800 מ"מ), ונדגמו בו 42 מיני פרפרים שונים. מגוון מיני הפרפרים היה גבוה משמעותית באזורים הגשומים לעומת האזורים היובשניים. מגוון מיני הפרפרים במטעי הזיתים היה גבוה יותר מאשר בשדות החיטה. בשדות נצפתה עלייה במגוון הפרפרים בשולי השדות אבל מרבית הפרפרים נמנעו מלהיכנס לשדה הזרוע. רק בשדות חיטה מעובדים אקסטנסיבי (ללא תשומות חיצוניות של מים, דשן או הדברה) בדרום הארץ נמצאה עלייה במספר הפרפרים. בכרמי הזיתים המגוון היה הגבוה ביותר בשולי הכרם (ודומה לזה שבשטח הטבעי), ואילו בתוך הכרם המגוון היה נמוך. מינים ייחודיים נמצאו בשלוש היחידות של כרמי הזיתים - השטח הטבעי שמחוץ לכרם, שולי הכרם ומרכז הכרם (פאר ואחרים, 2006).

בתי גידול שאינם מעובדים (non-crop habitats) דוגמת משוכות, שולי שדות, תעלות ניקוז, שדות מוברים ומקבצי עצים בין השדות המעובדים (Mediene et al., 2011). האגרו-אקולוגיה מנסה לבחון את ההקשר הנופי שהחקלאות מתבצעת בו ולחפש קשרים חיוביים ותורמים בינה ובין הנוף המלווה אותה.

צ'רנטקה ושותפיו (Tscharrntke et al., 2005) טוענים שהשפעת החקלאות, שלילית או חיובית, על המגוון הביולוגי ועל השירותים שהמערכת האקולוגית מספקת, חייבת להבחן בפרספקטיבה של הנוף. נוף חקלאי מורכב יתמוך במגוון גבוה במערכת האגרו-אקולוגית עצמה, ובכך יגביר את חוסנה גם להשפעות הממשק החקלאי ובייחוד להשפעותיו של הממשק האינטנסיבי. המגוון המתאים למצב זה צריך להיות עשיר במינים בעלי פעילות מרחבית גדולה, עם כושר התנחלות והתבססות גבוה וטווח ניצול משאבים רחב.

אל הדיון המורכב ביחסי ממשק חקלאי ומגוון ביולוגי יש להוסיף גם את **קנה המידה (סקאלה)** המרחבי של יחסי הגומלין. גבריאלי ושותפיה (Gabriel et al., 2010) הראו שברמת החווה רכיבי המגוון מגיבים, בראש ובראשונה,

תמונה V-1. נוף משארים טבעיים משולב בשדות חיטה (מלכודת אקולוגית)



צילום: ירון זיו

תנועה של חומטים בחזרה לכתמים הלא-מעובדים וגם בשדות הקצורים כמעט ולא שרדו חומטים. העובדה שהמצב הגופני של החומטים היה טוב יותר בשדה החיטה מאשר בכתם הטבעי מסבירה תנועה חד-סטריית זו (רותם ובוסקילה, 2012). החומטים נפגעו, קרוב לוודאי, מהמכונות הקוצרות את החיטה, וזאת תוך כדי עונת הרבייה. החוקרים קראו לפיתוח ממשק של גידול חיטה ידידותי לחיות הבר. כפתרון לבעיה זו הוצע להגדיל את הטרוגניות המערכת על ידי גיוון טיפוסי הגידולים החקלאיים: שדות חיטה וקטניות זה בצד זה במקום זה אחר זה (Rotem and Ziv, 2016).

מצד שני, אותם כתמים לא מעובדים עצמם שומרים על חברת צומח עשירה הכוללת גם מינים נדירים, מינים בסכנת הכחדה ומינים של אדמות כבדות שזהו גבול תפוצתם הדרומי (גלעדי וזיו, 2010)

ייתכן גם מצב הפוך, ובו קבוצת אורגניזמים בעלי תפקוד מסוים תתפתח בבית הגידול החקלאי, ועודפיה יעברו למערכת הטבעית וישפיעו עליה. ראנד ושותפיו (Rand et al., 2006) מצאו בסקר ספרות עדויות רבות להימצאות חרקים טורפים, הן במערכות חקלאיות הן בטבעיות.

השפעה של החקלאות על המגוון הביולוגי

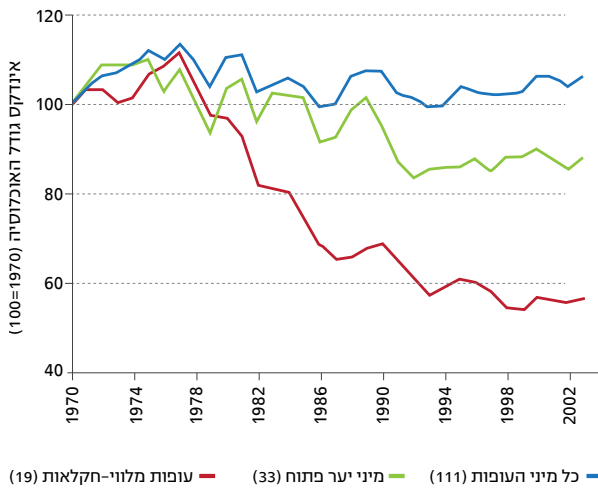
ניתוח משווה של ספרות מדעית שנעשה באירופה העלה שהחקלאות משפיעה לרעה על המגוון הביולוגי במרחב דרך שלושה תהליכים עיקריים: **אינטנסיפיקציה** של הממשק החקלאי שמקטינה את "ערך הטבע" (Nature Value) שלו - או במילים אחרות, השטח החקלאי הוא בית גידול לפחות מינים (ביטוי להתמחות חקלאית ולחקלאות של גידול יחיד); **נטישה** של שטחים בעלי ערך חקלאי נמוך אך בעלי ערך גבוה של שימור מגוון (לדוגמה, שטחי מרעה עתירי צמחים פורחים שהופכים לשטחים מכוסים שיחים עניים במיני צמחים, כאשר הרעייה יוצאת מהשטח); **עיבוד אינטנסיבי** בשטח החווה שקשור, כמעט תמיד, למיכון, לשימוש בחומרים כימיים ולהיעלמות טיפוסי ממשק מסורתיים שהם מטבעם תומכי מגוון ביולוגי גבוה (Henle et al., 2008; Stoate et al., 2009).

כאשר החקלאות **קוטעת** את רצף השטחים הטבעיים יורד בהם עושר מיני האורגניזמים. אם **שטחי המשאר** הטבעיים גם מבודדים מדומיהם, מביינים בירידה חריפה אף יותר.

מבחינת רוב האורגניזמים, שדות מעובדים (גידולי שדה) הם בעלי ערך זמני או עונתי בלבד, ואילו שטחים לא מעובדים או טבעיים בשכנות לחלקה מעובדת הם בית גידול מוצלח יותר. לכן רבים מהמזיקים, מהאויבים הטבעיים ומגורמי המחלות משתמשים במגוון סוגי בתי הגידול (חקלאות, שוליה ושכניה) ומגדילים את סיכויי ההישרדות שלהם (Mediene et al., 2011). שדות חקלאיים בעלי משאבים עונתיים אטרקטיביים ולידם שטח טבעי יכולים גם להפוך ל**מלכודת אקולוגית** - שטח בעל משיכה זמנית לאורגניזם שהופך במהירות לשטח חסר משאבים או חשוף לסכנה קיומית.

שדות חיטה בשפלת יהודה הופכים למלכודת אקולוגית לזוחל חומט הפסים. החומט נודד מכתמים לא מעובדים המשולבים בנוף של שדות חיטה אל השדות עצמם בתקופה שלפני הקציר בעקבות השפעה הגבוהה של פרוקי רגליים (Rotem et al., 2013) (ראו תמונה V-1). במהלך הקציר ואחריו לא אובחנה

איור 2-V. ירידה במספר מיני עופות מלווי חקלאות בבריטניה



גודל האוכלוסיות של **המינים המתמחים (specialists)** בניצול בית גידול מיוחד זה, ועלו מגוון **המינים הכלולניים (generalists)** וגודל אוכלוסיותיהם. ההשלכות של שינויים אלה על המגוון הביולוגי עדיין לא נחקרו במלואן. במקרה של עופות אוכלי זרעים, האוכלוסיות הצטמצמו כנראה בגלל צמצום המזון בעקבות שינוי בממשק גידול החיטה (Robinson and Sutherland, 2002).

גיימס בולוק (Bollock, 2013) הציג בהרצאה ביום העיון ה-11 של נקודת ח"ן (2013) נתונים על השינוי הדרמטי בשימושי קרקע במחוז דורסט בדרום-מערב בריטניה: 97% משטחי הצמחייה הטבעית שהיו במחוז הוסבו לשטחי מרעה מפותחים או לשדות מעובדים בין השנים 1930-2000. 57% משטחי השיחייה המקומית (lowland heathland) אבדו, ובעקבות תהליכים אלה נעלמו 26% ממיני צמחי הבר של המחוז (Hooftman and Bullock, 2012). כמות הפחמן הלכודה בקרקע קטנה, ואספקת שירותי המערכת הצטמצמה (Jiang et al., 2013). לעומת זאת, נרשמה עלייה דרמטית בכמות המזון המיוצרת בשטח המחוז.

חלק מחרקים אלה הם אויבים טבעיים למזיקי חקלאות; אוכלוסיות גדולות שלהם מתפתחות בשטחים החקלאיים עתירי המזון (מזיקים) ועוברות לשטחים טבעיים שכנים (spillover) ומשפיעות גם שם על אוכלוסיות הנטרפים. המעבר של טורפים אלה מהחקלאות לטבע עשוי להתגבר בתום העונה החקלאית, כאשר משאבי המזון בשדה מצטמצמים.

מזה מאות שנים תופסת החקלאות באירופה, כולל שטחי המרעה, את רוב השטחים הפתוחים, ולכן מרבית המגוון הביולוגי ה"טבעי" התפתח בסביבה זו וגם מותאם אליה (farmland biodiversity). ירידה דרמטית של המגוון הביולוגי בקבוצות שונות - עופות, צמחים וחסרי חוליות - נרשמה ברבעון האחרון של המאה ה-20 בצפון אירופה. שינוי זה היה כה דרמטי עד שהיו שקראו לו "**האניב השקט השני**", בעקבות ספרה של רייצ'ל קרסון על אודות השפעותיו של השימוש בכימיקלים בחקלאות האינטנסיבית על הטבע (Krebs et al., 1999).

בבריטניה התבטאה עיקר הירידה במגוון בעופות החיים בשטחי חקלאות (farmland birds). קרבס ושותפיו (Krebs et al., 1999) טענו שהאינטנסיפיקציה והתייעוש שינו את תנאי בית הגידול בחוות החקלאיות של בריטניה והפכו אותם לכחות מתאימים עבור מיני עופות רבים. בין השנים 1970-2000 נעשו פעולות ניקוז נרחבות בשטחים הללו וכך אבדו בתי גידול לחים רבים; הוסרו המשוכות שהפרידו בין חלקות; הוגדלו שטחי החקלאות של גידול יחיד (חיטה, לפתית); נעשו פעולות טיוב מרעה, בעיקר דישון; קציר השחת לתחמיץ הואץ בעקבות שימוש בציוד מכני; גדל השימוש בכימיקלים; עונת הזריעה הוקדמה לסתיו וניתן פחות דגש למחזור הזרעים המסורתי. יש לזכור שהשינויים הניבו עלייה של 25% בייצור מזון לנפש בתקופה המדוברת (30 השנים האחרונות במאה ה-20). מצד שני, המחיר הסביבתי שהשינוי גבה הלך ועלה.

מאז 1945 ירד בבריטניה מספר החוות החקלאיות והגיע לשליש מגודלו, וכן פחתו שלושה רבעים מכוח האדם העוסק בחקלאות; מאידך גיטא, התנובה החקלאית גדלה פי ארבעה; זאת משום שהחוות הפכו מתמחות, ממוכנות ויעילות. בעקבות האינטנסיפיקציה של הממשק החקלאי והפיכת הנוף החקלאי להומוגני, ירד במרחב החקלאי

המערכת האקולוגית כולה. כך, לדוגמה, מיני צמחים המגדילים משמעותית את כושר היצרנות במערכת הצמחית צריכים לקבל תשומת לב מיוחדת וכך גם אורגניזמים שמשפיעים על מחזור חומרי ההזנה בקרקע או אורגניזמים המגדילים את יכולת המערכת להתמודד עם מינים פולשים. לצערנו הידע האקולוגי-ביולוגי העומד לרשותנו בשלב זה מאפשר ליישם הצעה זו רק באופן חלקי.

דוגמה טובה לעיקרון שפלין ושותפיו מצביעים עליו אפשר להביא ממחקרים על אקריות טורפות בצפון איטליה. לאקריות אלה תפקיד כלכלי חשוב בהיותן טורפות של אקריות צמחוניות הנחשבות מזיק משמעותי בכרמי היין. המחקר הצביע על חשיבות המשוכות שבין הכרמים כבית גידול לאקריות הטורפות, היות שהן מוצאות בו אבקת צמחים להשלמת מזונן. הרכב המשוכה ועיתוי הפריחה בה היו משמעותיים בקביעת שיעור הרבייה של האקרית המועילה (Duso et al., 2004).

דוגמה דומה ניתן להביא ממטעי אבוקדו בישראל שהמזיק אקרית האבוקדו נפוץ בהם. האויב הטבעי של מזיק זה הוא אקרית טורפת, שהשפע שלה מוגבל על ידי אספקת אבקת צמחים. כדי ליצור תהליך מלא של הדברה ביולוגית משתמשים בעשב רודוס כגידול כיסוי, והוא מפזר את האבקה שלו ברוח. האקרית הטורפת נהנית מאבוקת הצמחים, וכך נחסכת אספקת ידנית של אבקה שאינה בהכרח יעילה יותר (Maoz et al., 2011).

טחה צ'רנטקה (Tscharntke, 2011) מהיחידה לאגרו-אקולוגיה באוניברסיטה של גוטינגן בגרמניה היה אורח הכנס השנתי ה-9 של נקודת ח"ן ב-2011. בהרצאתו הציג צ'רנטקה מספר עקרונות המבוססים על עבודות רבות שלו ושל תלמידיו בנושא יחסי החקלאות והמגוון הביולוגי:

1. ממשק חקלאי שישמור באופן מיטבי על המגוון הביולוגי ועל אספקת שירותי המערכת האקולוגית חייב לשלב מבט רחב (על יחידת הנוף כולה) עם מבט ממוקד (על שדה או חלקה ספציפיים). לדוגמה, חברת העכבישים המאפיינת שטחי חקלאות הייתה מגוונת יותר כאשר האופי והמורכבות של הנוף החקלאי היו מגוונים יותר. עם

שינויים חריפים באופי הנוף והפעילות החקלאית הם הגורם המרכזי לירידה המשמעותית באוכלוסיות של העופות מלווי החקלאות במערב אירופה (Chamberlain et al., 2000). החוקרים מזהים שינוי בכמות המזון (גרעינים) בחקלאות המודרנית, אבל מציינים שקשה לקבוע מהו אותו שינוי בעשייה החקלאית שהוא הגורם העיקרי לירידה בנוכחות העופות, ונראה שיש יותר מגורם מסביר אחד. המשקל היחסי של כל גורם יכול להיקבע רק בניסוי מורכב. זאת ועוד, הירידה בגודל האוכלוסיות אינה מתרחשת מיד לאחר השינוי בממשק החקלאי אלא לאחר זמן מה, הקשור כנראה להגעה לערך סף נמוך של שטח בית גידול איכותי החיוני לעופות. חשוב לזכור שהמונח בית גידול קשור לא רק לאספקת מזון, אלא גם לגורמים נוספים, כמו זמינות מקומות קינון ויכולת לחמוק מטורפים. כמו אצל העופות, נצפתה גם ירידה במגוון מיני היונקים (Sotherton, 1998), החרקים (Benton et al., 2002) והצמחים (Flynn, 2009).

הקשר בין אורגניזמים שונים והנוף, כולל הנוף החקלאי, הוא רב-גורמי ומורכב. חגבים, לדוגמה, הגיבו למשתנים בנוף (מבנה הכתמים ופיזורם) באופן מובהק יותר מאשר לאיכות התזונתית של הכתם (Haynes et al., 2007). קבוצת עכבישים מסוימת (sheet-web spiders), שהיא טורף חשוב של מזיקים חקלאיים, הגיבה לשינוי במבנה הנופי גם במרחק של 5 ק"מ מהשדות, ושניתה את תנועתה בהתאם (Schmidt and Tscharntke, 2005). חברות של חיפושיות ממשפחת הרצנתיים העדיפו את בית הגידול של משוכות השיחים שמפרידות בין חלקות; כאשר המשוכות הוסרו, השתנה משמעותית הרכב חברת החיפושיות (de la Peña et al., 2003). בכרי העשב של רמות שווייץ נבחנו שיעורי האבקה, טריפת הזרעים ואכילת פרוקי הרגליים המתים בנופים עם כיסוי צומח מעוצה שונה (הרכב נוף משתנה) ובמרחקים שונים מיער (בידוד מהטבע). הסתבר שהרכב הנוף היה בעל חשיבות מעטה לעומת המרחק מהיער: ככל שהמרחק גדל, שיעור הפרחים שייצרו זרעים ירד (בעיות בהאבקה) וכן צנחו שיעור טריפת הזרעים ושיעור אכילת החגבים (Farwig et al., 2009).

פלין ושותפיו (Flynn et al., 2009) מציעים לבחון את **המגוון התפקודי** של אורגניזמים במערכת האגרו-אקולוגית ולא רק את עושר (מספר) או מגוון המינים בסביבה חקלאית שעוברת אינטנסיפיקציה. בכך הם מתייחסים לתכונות הספציפיות של מינים שונים בעלי השפעה על תפקוד

תמונה 2-V. נוף חקלאי עם משוכות המפרידות בין שדות

נושא המורכבות הנופית הפך בשנים האחרונות לאחד הדגלים המרכזיים של האגרו-אקולוגיה, לפחות באירופה. ב-2018 פורסם מאמר סיכום מקיף בנושא זה, שסיכם 132 מחקרים מ-6,759 אתרי מחקר (Karp et al., 2018). את המאמר כתבו 146 חוקרים (כולל חמישה ישראלים) שתורמו את ממצאיהם ממחקרים בנושא זה. הסיכום הכולל של המחקרים הראה שלמורכבות הנופית יש תרומה להסבר ההבדלים בין ממצאי המחקרים, אבל - שפע המזיקים והאויבים הטבעיים (מועילים); שיעור טריפת המזיקים; היקף היבול החקלאי ועוצמת הנזק לגידולים הראו תגובות בכיוונים שונים בין המחקרים. לעיתים המורכבות הנופית הגדילה משתנים אלה, ובמקרים (מחקרים) אחרים - הקטינה אותם. המסקנה הסופית של ניתוח הממצאים היא שאי אפשר להגדיר מגמה עקבית של השפעה המורכבות הנופית. כאשר ההשוואה נעשתה לאותו גידול ולאותם מאפייני נוף, ההתאמה בין הטיפול להשלכותיו השתפרה. מסקנת החוקרים היא שהגברת ההבנה לגבי הקשר בין ממשק החווה וההשפעה של הנוף יחד עם הבנה מוגברת של הביולוגיה של המזיקים ואויביהם יכולות לשפר את השימוש במניפולציות נופיות בחקלאות כדי לווסת נזקי מזיקים.

בישראל יש מקרים שחקלאות אינטנסיבית "ניטעה" בלב שטחים טבעיים, כמו בערבה, ועל רקע הניגודיות הגדולה מתפתחים יחסי גומלין בין רכיבים של שני שימושי הקרקע:

זאת, מגוון העכבישים גדל עוד יותר כאשר החלק היחסי של השטח הלא חקלאי מתוך יחידת הנוף גדל (Schmidt et al., 2008) וכך גם חברת הפרפרים (Steffan Dewenter and Tscharrntke, 2000). במילים אחרות, מגוון האורגניזמים ביחידת הנוף הכוללת חקלאות תלוי מאוד בהבדל שבין המגוון המקומי (היחידה החקלאית) והמגוון האזורי (כלל יחידת הנוף). גם ויסות המזיקים גדל עם הגידול במורכבות הנופית, והנזק ממזיקים קטן (Thies and Tscharrntke, 1999; Bianchi et al., 2006).

2. הגדלת **המורכבות הנופית** תפצה, ולו חלקית, על ההשפעות השליליות שיש לאינטנסיפיקציה בחקלאות על המגוון הביולוגי. מומלץ ממשק מיטבי ובו מגדילים את המורכבות הנופית למחצית מהערך המרבי (Tscharrntke et al., 2005). הוספה של משוכות בשולי שדות הפכה את נוף השדה החקלאי למורכב יותר, ותמכה במגוון עופות גבוה יותר (ראו תמונה 2-V), בעוד שלאופי העיבוד (אורגני לעומת קונבנציונלי) לא הייתה השפעה משמעותית (Batáry et al., 2010).

3. **קיטוע נופי** או **הפרעה**, כמו אלה שחקלאות גורמת, משפיעים יותר על אורגניזמים במעלה שרשרת המזון (רמה טרופית גבוהה), בעיקר אם הם מתמחים מבחינת מזון או שימוש בבית הגידול (Rand and Tscharrntke, 2007).

4. אורגניזמים שכמותם גדולה עוברים משטחים טבעיים או טבעיים למחצה (רצועות פריחה בשולי שדות) לשדה החקלאי, ולהפך (אויבים טבעיים מהחקלאות לטבע) (Rand et al., 2006). במקרה של מועילים (אויבים טבעיים) ניתן לסייע למעבר כזה בעזרת מניפולציות בנוף החקלאי כמו, למשל, רצועות קצרות בשולי שדות גידולי שדה שמסייעות לצרעות טורפות לעבור משולי היער אל תוך השטח החקלאי או הגדלת מספר הפרחים הפורחים בשולי השדות (Holzschuh et al., 2009) (ראו תמונה 3-V).

תמונה 3-V. רצועות של צמחים פורחים שנזרעו בשולי שדות למשיכת מאבקים ומועילים



מיכאל ואירינה בלכר, החוקרים זמן רב נושאים אקולוגיים בנאת עין גדי ובסביבתה, חקרו, במסגרת מיזם של נקודת ח"ן, את הרכב חברת צמחי הבר המתפתחת במטעי התמרים בנווה המדבר (בלכר ובלכר, 2010). הם מצאו ש"צלחות" ההשקיה סביב עצי התמר וגם שטחים שבין העצים ובין השורות מהווים בית גידול טוב לצמחים ממוצא סודני שנמצאים כאן בקצה תחום תפוצתם הצפוני. כשליש מהמינים הסודניים המוכרים בארץ (54 מינים) נמצאו במטעי התמרים, חלק מהם נדירים או בסכנת הכחדה (ראו תמונה 4-V).

החוקרים משערים שהעובדה שבמטעי עין גדי הדברת עשבי הבר אינה אינטנסיבית, להבדיל ממטעים אחרים באזור, הפכה אותם למקלט מתאים לצמחי בר. לדבריהם, חלק ממינים אלה נמצאים אך ורק במטעי התמרים.

פתילת המדבר הגדולה ופרעושית טיונית מפתחות אוכלוסיות גדולות במטעי התמרים ביחס לאוכלוסיות בשאר חלקי הנווה היבשים, כנראה בגלל הקרקע הרטובה יחסית. העובדה שזרעיהן מופצים על ידי רוח למרחקים קצרים יחסית, עוזרת לאוכלוסיות במטעים לגדול (בלכר ובלכר, 2016). יחידות ההפצה של מינים אחרים - גופנן המדבר, סלודורה פרסית, שיטה סוככנית ושיטה סלילנית - הגיעו למטעים כנראה בעזרת היעלים שנמשכים לעשב הירוק שליד העצים. פירות מינים אלה נאכלים על ידי היעלים, והזרעים מופרשים בגללים. גם עופות, כמו הטריסטרמיות, ועטלפי פירות הם סוכני הפצה לזרעי צמחים סודניים המגיעים למטעי התמרים. החוקרים מציעים לגבש עם הדקלאים ממשק אקסטנסיבי שימשיך לתמוך בהתפתחות

גוטליב (2011) בדקה את השפעת דבורי דבש, המתפקדות בשטחי חקלאות כמאביק של גידולים חקלאיים, על דבורי בר הניזונות מצוף הצומח הטבעי. המחקר נערך בערבה, ונמצא בו שדבורי הדבש יוצאות לשחר לצוף גם בשטחים הטבעיים. נמצא גם שדבורת דבש אינה מצליחה להאביק מיני צמחים כדוגמת קרוטלריה מצרית, הדורשים התמחות האבקתית בגלל מבנה הפרח המיוחד שלהם. מינים אחרים היא האביקה באופן ביוני, ואילו את האטד, הבלוטנית והזוגן, היא האביקה היטב. במילים אחרות, הניצול של דבורת הדבש את הפרחים של מינים מקומיים יכול להשפיע לרעה על סיכויים של חלק מהם לגדל פירות. כמו כן, במיני הצמחים המועדפים על דבורת הדבש נגרמת ירידה בזמינות צוף ואבקה משעות הבוקה, ומכאן שעלול להתפתח מחסור במזון לדבורים מקומיות.

מה שמאפיין את מרבית הדוגמאות שהוצגו לעיל הוא ההשפעה השלילית של העשייה החקלאית על המגוון הביולוגי הטבעי. ובכל זאת, יש מקרים שלחקלאות יש השפעה חיובית על המגוון. דוגמה למצב כזה אפשר להביא ממטעי התמרים של קיבוץ עין גדי:

תמונה 4-V. צמחים נדירים במטע תמרים בעין גדי



צילום: מיכאל בלכר

לפי מיגל אלטיירי (Altieri, 1999), למגוון הביולוגי יש תפקיד אקולוגי במערכות החקלאיות. רכיבי מגוון שונים יכולים לשפר את מחזור הנוטריינטים בשדה החקלאי; לווסת השפעה של תופעות מיקרו-אקלימיות קיצוניות; לעצב תהליכים הידרו-ביולוגיים; לדכא אוכלוסיות של אורגניזמים לא רצויים; לנטרל השפעה של כימיקלים רעילים. בהתאם לכך מקובצים רכיבי המגוון לפי תפקודם: **ביוטה יצרנית** (כלומר הגידולים עצמם); **שמספקת שירותי ויסות של המערכת האקולוגית** (גורמי האבקה, הדברה ביולוגית ופירוק חומר אורגני) ו**ביוטה מזיקה** (עשבים משבשים [שוטים], פרוקי רגליים מזיקים, פתוגנים). אלטיירי טען גם שרמת ההשפעה של המגוון על המערכת החקלאית תלויה בארבעה מאפיינים: מגוון הצומח בחלקה החקלאית ובסביבתה הקרובה; מגוון הגידולים החקלאיים בחלקה; אינטנסיביות הממשק החקלאי; מידת הבידוד של החלקה מהצומח הטבעי.

קרמן ומיילס (Kremen and Miles, 2012) ערכו ניתוח משווה של ספרות מדעית הבוחנת את השפעת גידול במגוון הביולוגי על 12 שירותים אקולוגיים הקשורים למערכת האגרו-חקלאית (האבקה, איכות קרקע, מגוון ביולוגי, נוכחות חומרי הזנה, תאחיזת מים, ויסות עשבים משבשים-מחלות-מזיקים, לכידת פחמן, יעילות השימוש באנרגיה, אפחות (mitigation) ההשפעות של שינוי אקלים ויבול חקלאי), והשוו בין ביצועי מערכת חקלאית

אוכלוסיות המינים הסודניים החשובים מבלי לפגוע ביבול התמרים. הם רואים במקרה זה דוגמה תומכת לאסטרטגיית חלוקת המרחב בין החקלאות והשימור (land sharing), ראו פרק VI, עמ' 631-731 (בלכר ובלכר, 2016).

המגוון הביולוגי והעשייה החקלאית

הגישה האגרו-אקולוגית הבסיסית גורסת ששימור המיטבי של המגוון הביולוגי בשטחי הפעילות החקלאית ובשטחים המשיקים לה, מתוך כוונת מכוון, יתרום להפיכת החקלאות לבת-קיימא (למשל, Jackson et al., 2007).

המגוון הביולוגי הנלווה לחקלאות מתייחס לאורגניזמים שהם חלק מהמערכת האקולוגית החקלאית (חיידקים וחסרי חוליות בקרקע, עשבים טבעיים שגדלים בשדה, חסרי חוליות צמחוניים או טורפים ועוד). יש להם שונות גנטית בין לבין עצמם, דינמיקה של אוכלוסיות, יחסי גומלין (תחרות, טריפה וכו'), הרכבי חברה מועדפים ודרישות של בית גידול תומך. אמצעי מרכזי לשימור מגוון ביולוגי הוא הדאגה לקיום מבנה נופי מגוון או הטרוגניות נופית. לצערנו, המדע עדיין לא הצליח להסביר מערכת סבוכה זו של יחסים אקולוגיים, ולכן עדיין איננו יודעים כיצד לרתום אותה בצורה מיטבית לעשייה החקלאית (Jackson et al., 2007).

חרף היעדר עדויות תומכות, ההערכה הרווחת, לפחות אצל האקולוגים, היא שהמגוון הביולוגי יכול לספק למערכת החקלאית עמידות משופרת בפני הפרעות (Swift et al., 2004). יש הרואים במגוון הביולוגי במערכת החקלאית מעין פוליסת ביטוח נגד קטסטרופות (Loreau et al., 2003; Di Falco and Perrings, 2005). לדוגמה, מקטעי טבע לא מופר מסייעים להתנחלות מחדש של רכיבי המגוון בחלקות חקלאיות שהוקמו לא מכבר באזור הטרופי (למשל, Lamb et al., 2005). בדומה לכך, מוצע ששימור או נטיעה של עצים נותני צל בתוך שטח חקלאי יעזרו לשימור המגוון הביולוגי בכך שיספקו בית גידול שיתווסף לזה הקיים בשטחים השמורים (Bhagwat et al., 2008).

אלטיירי וניקולס (Nicholls and Altieri, 2004) הצגו מודל לניהול אקולוגי של הדברת מזיקים (EBPM – Ecologically Based Pest Management) כחלופה להדברה הכימית. במרכז הגישה ניצבת יצירת בית גידול צמחי מגוון לטיפול אויבים טבעיים. לצד הניהול המושכל של כלל הצומח בחלקה הם ממליצים להימנע מדישון כימי ולהקפיד על חריש מתון מאוד (לא עמוק ולא תכוף). הם ממליצים גם על יישום מנגנון הדחיפה-משיכה (ראו פרק II) כמו גם על יצירת פסי פריחה בתוך השדות או לידם כדי לספק אבקה וצוף לאויבים טבעיים וכדי לפתח מאגרי חיפושיות בתוך שורות של דגניים רב-שנתיים שנזרעים בשדה המעובד. המלצות נוספות הן השארת עשבים משבשים שמעודדים התרבות של טורפי מזיקים, ויצירת מסדרונות צומח שיקלו על התנועה של בעלי חיים מועילים אל תוך השדה. אך על פי שהם מכירים בקשיים הביולוגיים והכלכליים של שימוש בהדברה אגרו-אקולוגית, הם סוברים שלפחות חלק מההצעות הללו קלות לביצוע, ושתרומתן המעשית תשכנע בצדקת העמדה האגרו-אקולוגית הכוללת, לפחות בנושא הדברה.

כבר בסוף שנות ה-80 של המאה שעברה תמך הידע המדעי המצטבר בהשערת האויב הטבעי (natural enemy hypothesis) הגורסת כי במבנה של חברת צמחים מגוונת לחץ הטריפה גדל, ועל כן אוכלוסיות החרקים הצמחוניים קטנות בהכרח. לטורנו ושותפיה (Letourneau et al., 2011) בחנו את תקפות הטענה שמגוון של צמחים יגדיל את מגוון האויבים הטבעיים של מזיקים צמחוניים כפי שמדווח ב-45 מאמרים מדעיים המתייחסים ל-552 ניסויים. הממצאים המדעיים תמכו ברובם בהשערת הוויסות המוגבר של מזיקים בסביבה של מגוון צמחי גבוה, אם כי היו מקרים של שימוש בטכניקות של גיוון נופי (גידול משולב, שולי שדות זרועים בצמחיית בר) שהורידו את היבול בשדה.

ניתוח משווה של ספרות מדעית בנושא השפעת הנוף הטבעי על הפעילות החקלאית הראה שב-74% מהמחקרים שנסקרו, האוכלוסיות של האויבים הטבעיים היו גדולות יותר בנוף מורכב לעומת נוף פשוט, וב-45% מהמחקרים נמצא כי הנזק שגרמו המזיקים לגידולים היה נמוך יותר בנוף מורכב (Bianchi et al., 2006). מהניתוח עולה שנוף טבעי עשבוני (שדות לא מעובדים, שולי שדות) היטיב עם

מגוונת ביולוגית לאלה של מערכת קונבנציונלית. רוב השירותים שנבחנו הראו העצמה בעקבות הגדלת המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית החקלאית. ברוב המקרים היבול החקלאי לא נפגע משמעותית עקב הגדלת המגוון. החוקרים קבלו על כך שהמימון למחקרים מסוג זה מצומצם, ולכן עומד לרשותם מידע מועט לצורך ניתוח השוואתי.

הדיון ביחסי החקלאות והמגוון הביולוגי מתמקד ביחסים שבין המערכת החקלאית והמערכת הטבעית באשר היא. המגוון הביולוגי, בעיקר ברמה הגנטית (זנים), של הגידולים במשק הבודד נדון מעט מאוד. יתכן שדיון זה לא מתפתח כי מגוון כזה מאפיין מערכות מסורתיות במדינות מתפתחות ולא מערכות קונבנציונליות במדינות מפותחות. למרות זאת, מעניין להאיר גם ממד זה. באוגנדה מדדו את העמידות למחלות ולפגיעת מזיקים של **הזנים המקומיים** של הגידולים המסורתיים המרכזיים (בננה, פלנטין [בננה ירוקה] ושעועית), ומצאו שהיא גבוהה מזו של זנים מודרניים. זאת ועוד, הנזקים לחלקה או למשק ביתי היו נמוכים יותר, כאשר מגוון הזנים היה גדול יותר (Mulumba et al., 2012).

הדברת מזיקים

אחת הזירות שניכרת בהן הגישה השונה שבין החקלאות המודרנית לאגרו-אקולוגיה היא המאבק במזיקים. בעוד שהחקלאות הקונבנציונלית מפעילה כלים כימיים, גם אם היא מנסה למזער את פגיעתם הסביבתית, הרי שהאגרו-אקולוגיה מחפשת את הפתרון במגוון הביולוגי שבתוך השדה או המטע החקלאי או לידם (ראו פרק II, עמ' 64).

אלטיירי (Altieri, 1991) טען שמחקרים הנערכים בקליפורניה משנות ה-70 מראים שמגוון צמחים גבוה הוא גורם מפתח בוויסות אוכלוסיות מזיקים. הטכניקות הרווחות להשגת המגוון הן: עידוד צמחים המשמשים פונדקאים לטורפים מסוימים; גידולי כיסוי בשטחים הפתוחים של החלקה החקלאית; חלקות עם מספר גידולים במקום גידול יחיד; שילוב עצים בחלקה החקלאית (agro-forestry); מחזור גידולים. אלטיירי גם הסב את תשומת הלב לכך שהטכניקות הללו משמשות בחקלאות המסורתית באמריקה הלטינית עד עצם היום הזה.

תמונה 5-V. ירגזי עם זחל



צילום: אמיר עזר

תמונה 6-V. תיבת שהייה של עטלפים ליד כרם יין



צילום: אבי פרבולוצקי

הפרטים ושל הפעילות עם המעבר משולי המטע לפני המטע. במילים אחרות, המרחק מהשטח הטבעי ואופי המערכת החקלאית (מטע הומוגני מטופל אינטנסיבית) הם גורמים מגבילים עבור קבוצות אלה (מנדליק ואחרים אצל פרבולוצקי, 2017). לאחרונה מוסיפים חקלאים לשולי הכרמים או המטעים תיבות שהייה עבור עטלפים כדי למשוך אותם להיזון בחלקה החקלאית זמן ארוך (ראו תמונה 6-V)

האגרו-אקולוגיה מציעה כי השבתו של הנוף הטבעי העשיר לקרבת שטחי העיבוד תתמוך במגוון ביולוגי גבוה יותר בשמשו בית גידול, מקלט ומאגר מזון לחסרי חוליות ולבעלי חוליות, ובכך תתרום לפעילות החקלאית. בתי הגידול שאינם מעובדים (שולי שדות, משוכות, עצים, שדות נטושים) מספקים מחסה ומזון יציבים יחסית למגוון רחב, הכולל גם אויבים טבעיים של מזיקים. מחקר הראה כי גודל האוכלוסיות, שיעור ההטפלה ואורך החיים של צרעה פרזיטואידית - שהיא אויב טבעי עיקרי של המזיק נובר התיירס (*Pyrausta nubilalis*) - היו גבוהים יותר כאשר בית גידול מעוצה נמצא צמוד לשדות התיירס. בית גידול זה סיפק תנאים סביבתיים נוחים לצרעה ומקורות סוכר שחיוניים להתפתחות הפרזיטואיד (Dyer and Landis, 1996). לאורך השנים הצטברו תוצאות של מחקרי שדה שונים המראים תוצאות דומות². לעומת זאת, מבחן מעשי

אוכלוסיות האויבים הטבעיים למזיקים ב-80% מהמקרים שנסקרו, בעוד שנוף מעוצה היטיב עם 71% ונוף כתמי עם 70%. המסקנה מסקר ספרות זה ברורה - נוף מורכב, ובו גם שטחי טבע לא מופרים בקרבת שטחי עיבוד, עוזר גם לשימור המגוון הביולוגי הכולל וגם לוויסות כמות המזיקים בחקלאות (Bianchi et al., 2006). מכאן התפתח המונח **מגוון ביולוגי חקלאי תפקודי** (functional agro-biodiversity) - רכיבי המגוון הביולוגי הטבעי, בין אם גנים, מינים או בתי גידול, שמסייעים לפרקטיקה החקלאית ועושים אותה אקולוגית יותר (Gurr et al., 2003; Moonen and Barberi, 2008).

מזיקים לחקלאות (חסרי חוליות, מכרסמים או עופות) מבליים חלק מזמנם בבית הגידול הטבעי, אבל ניזונים בשדה החקלאי; טורפים של המזיקים מגיעים מהסביבה הטבעית אל השדה החקלאי ומווסתים את אוכלוסיית המזיקים בו. לדוגמה, יבול תפוחים בהולנד גדל ב-4.7-7.8 ק"ג לעץ אם נמצאים במטעים ירגזים שניזונים מזחלים של מזיקים לתפוח. הירגזים מקננים ביער הסמוך ומגיעים למטעי התפוחים לשחרר למזון (Mols & Visser, 2002) (ראו תמונה 5-V).

ניטור של מאביקים ועטלפי חרקים, הניזונים גם ממזיקים, במטעי תפוחים בגליל העליון הראה דעיכה של מספר

2 ראו אזכורים אצל Mediene et al., 2011.

טורף ובנטרף (ובלעדיו לא יתפתחו אוכלוסיות הטורף) (Shaltiel and Coll, 2004).

מרבית המחקר על יחסי שדה מעובד-נוף טבעי נעשה באקלים ממוזג במרכז אירופה. גאגיק ושותפיה (Gagic et al., 2018) בחנו את המוסכמות שנוסחו לעיל - שטחים טבעיים למחצה בשכנות לשדות מגדילים את נוכחות האויבים הטבעיים בשדה - באוסטרליה. הם מצאו שהעיקרון תקף גם ליבשת הדרומית, ותפקיד מרכזי היה לצמצם מעוצים במצב טוב (ללא רעייה, צומח מפותח בתת-הנוף וכיסוי צומח גבוה) שאכלסו מגוון אויבים טבעיים שנוודים עונתית לשדות המעובדים, בעיקר כשהמרחק בין שתי היחידות קטן.

בוסינג ושותפיו (Boesing et al., 2017) סקרו 158 מחקרים העוסקים בפעילות עופות טורפי מזיקים חקלאיים (חרקים ברובם), ומצאו שוויסות אוכלוסיות המזיקים היה נמרץ יותר בנופים חקלאיים שהשטח של בתי גידול טבעיים מתוך כלל המרחב החקלאי בהם היה גבוה יותר, במקומות שהרכב הנופי היה מגוון יותר או בכתמים חקלאיים שהיו בקרבה הדוקה לבתי גידול טבעיים.

גם המורכבות הנופית של הסביבה החקלאית עצמה תומכת במגוון ביולוגי גבוה ובתוך כך גם במגוון ובכמות של האורגניזמים המועילים (ואולי גם במגוון או בכמות המזיקים). ניתוח משווה של 46 מחקרים מצביע על קשר הדוק בין מורכבות נופית ואויבים טבעיים של מזיקי חקלאות ברוב המחקרים שנסקרו (Chaplin-Kramer et al., 2011). אויבים כוללניים (generalists) מראים קשר כזה בכל קנה מידה מרחבי שנבדק, בעוד שאויבים מתמחים (specialists) מגיבים למבנה נופי רק בקני מידה מרחביים קטנים. עובדה זו חשובה לקביעת ממשק הדברה אגרו-אקולוגי שכולל מניפולציות על הנוף בסביבה החקלאית. חשוב לציין שאין בספרות המדעית כמעט עדויות לכך שתגובות אלה של אויבים טבעיים למבנה הנופי מגבירות את ויסות המזיקים בחלקה החקלאית, בין השאר כי המזיקים עצמם אינם מתייחסים למבנה הנופי.

הסכנה שבתי גידול טבעיים יגדילו את שיעור טריפת הזרעים של גידולים חקלאיים, ויתרמו

של השפעת שולי שדות עם צומח מועשר על מגוון פרוקי הרגליים, מזיקים ואויביהם כאחד בשדות דגן בגרמניה, לא הראה שינוי משמעותי (Denys and Tschardtke, 2002). גם שינוי גודל השטח או גיל השטח שהוקדש להעשרה צמחית לא השפיע משמעותית על עושר מיני טורפי המזיקים.

עכבישים הם אויבים טבעיים של מזיקים בחקלאות. במחקר שנעשה בנגב נמצא שעושר מיני העכבישים ורמת פעילותם בשדות החיטה היו תלויים באופן ישיר בשיעור בתי הגידול הלא מעובדים סביב שדות החיטה. בתי גידול אלה - בעיקר השטחים הפתוחים ובמידה פחותה אתרי עצים נטועים - הם מקום מפלט לעכבישים בין עונות הגידול של החיטה, מקור הפצה שהעכבישים מגיעים ממנו לשדה החקלאי, ואתר נוח לרבייה. זו עדות נוספת לחשיבותם הרבה של בתי הגידול הלא מעובדים, בעיקר הטבעיים, הצמודים לשטחי חקלאות. בתי גידול הללו יכולים להיות צמחיית צידי דרכים ושדות, על פי רוב מופרת, אך גם עצים שניטעו בין החלקות החקלאיות (לובין ואחרים, 2012; אופטובסקי ואחרים, 2010; 2013) (Pluess et al., 2010; 2013).

ויסות אוכלוסיות של המזיק פסילה במטעי אגסים בגליל העליון הוא דוגמה נוספת לקשרי חלקה חקלאית ושוליה הטבעיים. הגורם המווסת הוא פשפש טורף (אנתוקור) שהוא כנראה האויב הטבעי היחיד שיכול לווסת אוכלוסיות של פסילה. הבעייתיות בממשק במקרה זה היא שהפשפש נכנס למטעים רק חודש אחרי שהפסילה התחילה בפעילותה, וזה מועד מאוחר להקטנת הנזק לפירות. כניסה מאוחרת זו קשורה לרבייה האיטית של הפשפש על עצי אגס בעוד שעל עצי חורש טבעי שכנים (אשחר, ער ואלה) הרבייה מהירה, אך המעבר למטע איטי. החוקרים מציעים לטעת שיחי אשחר צמוד למטעי האגסים, וכך להעלות את רמת הוויסות הטבעי של אוכלוסיות המזיק. בחינה ראשונית של רעיון זה הראתה תוצאות מבטיחות, אבל המשך ריסוסים במטע פגע

תמונה 7-V. זירת ה"חיכוך" בין החקלאות הקונבנציונלית לחקלאות האקולוגית: שדה פלחה כלוא בין יחידת נוף טבעי יחידה נטועה בחרובים



צילום: הילה סגרה

משאירים אותו נקי, עם הרוח הזרעים נכנסים פנימה, וגורמים לנו לרסס יותר, אז ברגע שאת שומרת על השוליים נקיים פחות איזה כמה מטר מהשבילים של הדרך, לאורך זמן, את שומרת גם על שדות נקיים."

"... כל הנברנים והמזיקים וכל הפונדקאים של המזיקים בשוליים. אנחנו מגדלים אספסת ובמקום שהמקצרה קצת מפספסת ולא קוצרת, על אותם ארבעה שיחים זקנים שנשארו נשארים כל הפרודניות"

"בעמק המעיינות הקיץ הוא תשעה חודשים, הצמחייה מצהיבה. אין בה יתרון לנוף, אבל יש בה סכנת שרפות."

ההיבט האסתטי-נופי של הממשק עולה בהתייחסות של חקלאי עמק חרוד לגבי הפריחה והצבעוניות, וגם בשמירה על ניקיון השוליים מעשבים משבשים:

"אני חושב שהחקלאות מעבר לזה שהיא חייבת להיות רוחנית... היא חייבת להיות גם בעיניים שלי אסתטית. חקלאות יפה. אסתטית... איך עושים חקלאות אסתטית? שומרים על השוליים נקיים, מסודרים."

מצד שני יש גם הרואים את היתרונות שבמשארים הטבעיים:

"יתרון אחד של השוליים זה שהרבה חרקים, שהם אויבים טבעיים של מזיקים בשטח שלנו, יכולים להתקיים שם כל השנה."

להגברת ויטות המזיקים, נבחנה במטעי שקדים ובשדות חמניות (Schackermann et al., 2015a). המחקר העלה ששיעור הטריפה של טורפים, כמו עופות ומכרסמים, לא עלה משמעותית בעקבות קרבה לבתי גידול טבעיים. החוקרים הסיקו שיש לעודד ולטפח בתי גידול טבעיים ליד חלקות חקלאיות בלי לחשוש מהשפעות שליליות כמו טריפת זרעים מוגברת. זאת ועוד, בתי גידול טבעיים הגדילו את נוכחות הצרעות הטורפות הניזונות גם ממזיקים במטעי שקדים, אך לא השפיעו על שפע הפרזיטואידים במטעים (Schackermann et al., 2015b).

בתי גידול טבעיים בשכנות לחלקות חקלאיות יכולים גם להחריף בעיות - או ב"שפה האקולוגית" לספק "שירות דוב" (dis-service) - במקום תועלת. הדגמה של דואליות היחסים בין השדה החקלאי והסביבה הטבעית הקרובה ניתן למצוא בדברי חקלאים מעמק חרוד לגבי שזרוע פרחים בשולי שדות, כפי שעלו במחקר של הילה סגרה ושותפיה (2017):

"מה שאת רואה פה שזה יפה, נכנס לנו לתוך השדה, זה רע. אנחנו צריכים לרסס את זה וכל פעם בחומרים יותר חזקים, וגם כשאנחנו נלחמים בתוך השדה ואנחנו

תמונה V-8. מגע בין שדה מעובד וצומח טבעי



צילום: אורי רמון

תמונה V-9. תן בשדה חקלאי



תמונה V-10. חזיר אוכל ארוחת לילה במטע



צילום: עמית דולב

תמונה V-11. נזק שגרמו חזירים לשדה תירס



צילום: אריאב בולדו

הציטוטים המובאים לעיל מבטאים את תפיסת העולם או האמונה של חקלאים רבים. למעשה, עד לעריכת מחקר כמותי מתאים קשה לומר עד כמה הם מבטאים נכונה את המצב האקולוגי בשטח או, במילים אחרות, עד כמה המשארים השכנים לשדות מספקים שירות דוב או שירות טוב. גם אם יהיה מידע מתאים בידינו, לתפיסת העולם של הגורמים הקובעים את ההתנהלות החקלאית (חקלאים, מדריכים ומומחים) יש חשיבות רבה. זאת ועוד, ישנם מצבים שהשירות התורם ושירות הדוב מתקיימים זה לצד זה ומשתייכים לאותה מערכת יחסי גומלין (ראו התייחסות לנושא זה גם בפרק IV).

כפי שהוצג כבר קודם, ישנם מינים הנהנים מהשינוי בשימושי השטח, בעיקר אלה שהפכו את שטחי החקלאות לחלק מבית הגידול שלהם; מינים אחרים רואים ביישובים עצמם ובמקורות הפסולת מקור מזון, ואוכלוסיותיהם גדלות ללא תלות במצב המזון בטבע ("מינים מתפרצים") (שורק ופרבולוצקי, 2016). תנים וחזירי בר הם שני מינים מתפרצים שאוכלוסיותיהם גדלות בהתמדה בכל הארץ והם מסבים נזקים רבים לחקלאות (ראו תמונות V-9, V-10, V-11). תוצאות מעקב אחרי יונקים בעזרת מצלמות בשטחים טבעיים מול חקלאיים ברמת גולן מדגימות עניין זה:

ניטור של פעילות בעלי החיים באזורים החקלאיים מראה שלושה כיווני השפעה של החקלאות על חיות בר: התנהגותי, דמוגרפי ואקולוגי. ברמה

ניטוח של צניפות של תנשמות מהנגב המערבי העלה נוכחות גבוהה של מינים פסמופיליים (=אוהבי חול) כמו גרביל חוף, גרביל חולות, ומריון חולות. מינים אלה אינם מזיקי חקלאות, וחלק מהם מינים בסכנת הכחדה ששמורות טבע באזור חולי זה נועדו לשמור עליהם (זייצב ואחרים, 2017). במילים אחרות, שימוש בתנשמות כאמצעי הדברה אגרו-אקולוגי בשדות במרחב החולי של הנגב המערבי יכול להסב נזקים לשמירת הטבע באותו אזור, ויש למצוא את שביל הזהב בהשגת שתי המטרות באותו זמן.

רטנדס ושותפיו (Ratnadass et al., 2012) סקרו ספרות רבה בנושא הקשר בין מגוון צמחים בסביבה החקלאית והשפעתו על מזיקים ונזקים לחקלאות. מסקנתם הייתה שהגדלת מגוון הצמחים אינה ערובה מוחלטת להקטנת נזקי מזיקים או מחלות, ולכן יש ללמוד לעומק מי מהצמחים יכול לתרום לנושא ומי אינו משפיע על המזיקים כלל. גם בלמפורד ושותפיו (Balmford et al., 2012) מציעים לשומרי הטבע להתעמק בעשייה החקלאית ולהבין אותה כדי למצוא דרכים יצירתיות לשימור המגוון הביולוגי ההולך ונעלם. ראשית, יש להבין את דרישות המזון העתידיות של האוכלוסייה האנושית ולעזור למצוא פתרונות למחסור המסתמן; שנית, יש למקד את המחקר במוצרים החקלאיים המשמעותיים ביותר להמשך קיום המגוון הביולוגי המקומי; שלישית, יש להחליט על אסטרטגיה שמתאימה לנסיבות המקומיות לגבי הקצאת קרקעות לשמירת טבע יחד עם החקלאות או לצידה (שיתוף מול הפרדה - ראו פרק IV, עמ' 138-141); רביעית, יש לבחון שיטות חדשניות שמבטיחות פגיעה מינימלית במגוון (טיפוח זנים מותאמים לעקות, הנדסה גנטית, עיבוד אורגני ועוד); חמישית, יש לחזק את התכלול (אינטגרציה) בין המדיניות החקלאית ומדיניות השימור. גם למי שמתעמק במאמר זה קשה להחליט אם באמת מוצעת כאן דרך לשילוב כוחות במקום קונפליקט או שמא מדובר במשאלות לב בלבד (wishful thinking).

המערכות האקולוגיות החקלאיות ואספקת שירותים אקולוגיים

בעשורים האחרונים התפתח הדיון על השירותים אקולוגיים שמספק הטבע, על פי רוב בחינם, לאדם. מתוך חוסר מודעות לאספקה חיונית זו האדם מרבה לפגוע בטבע

ההתנהגותית תועד שינוי בשעות הפעילות לפעילות רבה יותר בשעות החשכה (חזירי בר בחקלאות). ברמה הדמוגרפית נצפתה באזורים החקלאיים פעילות רבה יותר של בעלי חיים, כולל מינים פליטי תרבות כמו כלבים וחתולים. במהלך הניטור "נלכדו" שם בעלי חיים 1,426 פעמים על ידי מצלמות, לעומת 987 פעמים בלבד באזורים הפתוחים ("הטבעיים"). כמו כן, נראה שיש הבדל בהרכב חברת היונקים הגדולים (היבט אקולוגי) בין האזורים הפתוחים לבין האזורים החקלאיים. הדבר בא לידי ביטוי גם בהיעדר פעילות של צבאים וזאבים בשטחים החקלאיים וגם בעושר מינים נמוך יותר בשטחים החקלאיים (מלקינסון וכן צבי, 2010).

במקרים מסוימים שילוב ענפי חקלאות יכול ליצור בעיות הקשורות למגוון הביולוגי. דוגמה לכך היא רעייה עונתית של עדרי צאן בשדות פלחה אחרי הקציר, כמו שקורה בנגב עם עדרי הבדואים הקונים זכויות רעייה בשלפים. היוגבים חוששים במקרה זה מהכנסת זרעים של צמחי בר לשדות, שהופכים בעונה שלאחר מכן לעשבים משבשים המפריעים להתפתחות הגידול, ולעיתים אף מחייבים שימוש בקוטלי עשבים, דבר שמוסיף לעלויות ולנזק הסביבתי.

לנדאו ושותפיו (2004) חקרו נושא זה בחוות המחקר מגדה שליד אופקים. בשדות החיטה שגודלה באי-פליחה נמצאו לא מעט צמחי בר (46 מינים), רובם דגניים נמוכים. אך לא היה הבדל בין מספר המינים בחלקה שעברה רעייה בחמש השנים הקודמות לחלקות ללא רעייה. חשוב לציין שהעדר נכנס לשדות רק בשיא הקיץ כאשר מיני צמחי הבר סיימו מזמן את הפצת הזרעים. בצמר נצפו זרעים שונים, אך ניתן לפתור בעיה זו אם מכניסים לרעיית שלפים רק כבשים לאחר גז (להרחבה ראו פרק II - הדברת עשבים).

דשנים וחומרי הדברה משפיעה, כפי שכבר ראינו, על המערכות הטבעיות. 14% מסך הפליטות הגלובליות מגיעים מהחקלאות (רובו חמצן דו-חנקני [N₂O], מדשן ומדלק או מתאן [CH₄] מבעלי חיים, ומיעוטו משרפת ביומסה שתורמת דו-תחמוצת הפחמן [CO₂]). נוסף על כך יש התמרה של כ-1,300 קמ"ר שטחי יער (טרופי וממוזג) לשטחי חקלאות מדי שנה.

בעקבות הממשק האינטנסיבי יש חשש מירידה בפוריות ובעקבותיה באספקת השירותים על ידי המערכות החקלאיות עד הגעה למצב של מדבור וניוון. הפתרון מתחיל בהפנמת המושג של שירותי המערכת וכימותם, וזאת כדי לשכנע בחשיבותם ולגרום לשינוי מדיניות נדרש: שמירה על אספקת השירותים תוך גיבוש מנגנון פיצוי/תשלום/קנס. המהלך הנכון, לדעת ספריאל, אינו שיקום מערכות חקלאיות שהתדרדרו, אלא גיבוש תורה חקלאית חדשה - "חקלאות אקולוגית", ועל המערכות החקלאיות להיות משולבות במערכות שמירת טבע (ספריאל, 2011).

מיזם הערכת המערכות האקולוגיות של המילניום זיהה את ההשפעה הרבה של הפעילות החקלאית על בתי הגידול היבשתיים והלחים והמליץ למצוא את נקודת האיזון בין אספקת המזון ומוצרים חקלאיים אחרים, החיוניים לקיום האדם, ובין שימור המגוון הביולוגי (MEA, 2005).

יישוב הקונפליקט המובנה בין החקלאות והמערכות האקולוגיות אינו אתגר פשוט; שר ומקנילי (Scherr and McNeely, 2008) גרסו שמרבית ההתנהלות האנושית המודרנית ברמה הלאומית או הגלובלית, בעסקים, בשמירת טבע, בחקלאות או במדע מונחית על ידי 'מודל מנטלי' שמהותו מגזרית, ולכן אין הדגשה על תכלול עם תחומים אחרים. הם בחנו את הדרישות לפתרון הקונפליקט בעזרת תכנון חקלאי-אקולוגי גלובלי מבחינת מימון נדרש, משילות

ומקטין את יכולתו לספק שירותים אלה (Daily, 1997). במקרה של מערכות חקלאיות הרי שאספקת מזון וטובין חקלאיים היא עצם מהות קיומן, ונשאלת השאלה מה מידת תרומתן לשירותים אחרים או מה מידת פגיעתן בהם.

אוריאל ספריאל מהאוניברסיטה העברית בירושלים הגיש ביום העיון של נקודת ח"ן ב-2011 הרצאת רקע על נושא שירותי המערכת האקולוגית והתפתחותו הרעיונית-מושגית בעקבות תוצרי מיזם הערכת המערכות האקולוגיות (Millennium Ecosystem Assessment). בהרצאה שם ספריאל דגש על המערכות החקלאיות. מערכות אלה מוגדרות כיחידות ש-30% ומעלה משטחן מוקצים לעיבוד חקלאי. בשנת 2000 הוקצו לחקלאות 24% משטח היבשות, ואם נוריד את שטח גרינלנד ואנטארקטיקה, מדובר על 27%. משטח זה מתפרנסים 2.6 מיליארד בני אדם. 38% מהמזון בעולם מיוצרים במערכות יובשניות, 25% באזורים שתמכו ביערות, 25% במערכות ההרריות ו-12% במערכות החופיות. צריכה גוברת והולכת של מזון בעולם מובילה, כנראה, לניצול יתר ולפגיעה בשירותים אחרים שהמערכות החקלאיות מספקות, דבר שיכול להחריף בעקבות שינוי האקלים ההולך ומתפתח.

המערכת הטבעית מספקת מים למערכת החקלאית ואף משמשת וסת לעודפי המים ולקרר נסחפת (שזורמים ומצטברים במערכות הניקוז הטבעיות). היא גם מספקת אויבים טבעיים למזיקים בחקלאות, מאביקים טבעיים, גנים (קרובי בר של גידולים) ומזון לבעלי חיים במרעה. למעשה, המערכת הטבעית מספקת מגוון בתי גידול התומכים במאביקים ובטורפי מזיקים, או במילים אחרות, שירותי תמיכה במערכת החקלאית.

המערכות החקלאיות הן גם גורם מחולל שינוי, הן במערכות הטבעיות הן בסביבה האביוטית. זליגת

אגרו-אקולוגית מוסכמת, הניב תוצאות מאכזבות בקרקעות עניות ובשדות מעובדים אינטנסיביים. מתוך כך הם מציעים ללמוד ראשית את התלות האקולוגית ההדדית בין שימושי קרקע, שירותים אקולוגיים ויבול חקלאי, ובעקבות תוצאות הלימוד להציע גישות להפקת מרב התועלת - שימור המגוון ומתן שירותים מרביים.

מחקר מקיף נערך בקליפורניה (100,000 תצפיות שדה לאורך שמונה שנים) ניסה לאמוד את הקשר שבין אופי המערכת החקלאית (מגוון גידולים, גודל שדות ופיזור השדות במרחב) ושימוש בחומרי הדברה (Larsen and Noack, 2017). הגדלת מגוון הגידולים בשדה אכן מורידה את כמות חומרי הדברה שנעשה בהם שימוש, אבל עוצמת הקשר תלויה באופי המערכת האגרונומית ובנוף שסביב החקלאות. מצד שני, השימוש בחומרי הדברה (כמות מוחלטת של חומרי הדברה ליחידת שטח) עלה כאשר גודל החלקה עלה. גם לפיזור השדות במרחב יש משמעות: שדות קרובים מקטינים את השימוש ושדות רחוקים זה מזה מגדילים את עומס ההדברה. מן האמור לעיל משתמע כביכול כי מערכות חקלאיות "מורכבות" תומכות בשימוש מופחת בחומרי הדברה בהשוואה למערכות "פשוטות", אך במציאות המצב מורכב יותר.

הולט ושותפיו (Holt et al., 2016) בחנו את העלות של שינוי מדיניות ייצור המזון בבריטניה למדיניות המבטיחה אספקת שירותים אקולוגיים מיטביים. מסקנתם היא כי מדיניות כזו תפגע ביבול החקלאי בבריטניה ותעמיד את הביטחון התזונתי של הממלכה בסכנה, ולכן יש למצוא פשרה ברמה הנופית ולבחור אזורים שההתחשבות במגוון בהם תהיה נמוכה ובאחרים - גבוהה; הם סבורים כי אין לקדם מדיניות של הגדלת המגוון הביולוגי בחקלאות בכל מקום ובכל מחיר. זו מסקנה חשובה בתקופה שהחקלאות חשובה לביקורת נוקבת על פגיעתה בטבע.

מאבקים כרכיב מפתח ביחסי חקלאות-מגוון ביולוגי

האבקה הוא אחד התהליכים הקריטיים בחקלאות, שכן בלעדיה היבול החקלאי יהיה מצומצם מאוד. היות שמאבקים רבים הם טבעיים, ניתן לראות בהאבקה שירות של המערכת האקולוגית הטבעית. מנתונים שנאספו ב-200 מדינות עולה ש-87 מזני הפירות, הירקות והזרעים

ניהול ומדיניות, והגיעו למסקנה שללא מאמץ מדעי מוגבר, תכלול מדיניות ותמיכה אסטרטגית בקהילות חקלאיות ובשמירת טבע - לא נראה התקדמות ביישוב הקונפליקט. אי אפשר להתעלם מכך שיחסי הגומלין בין המגוון הביולוגי וקיימות המערכת החקלאית עדיין לא נתמכים באופן גורף בנתונים מדעיים משכנעים (Jackson et al., 2007). לכן טוענים ג'קסון ושותפיו שקביעת ערך הטובין והשירותים שמספק המגוון הביולוגי החקלאי (agro-biodiversity) אינו אלא קביעה בלתי מוכחת ('received wisdom'), שבגינה עשוי החקלאי להידרש ולשנות את התנהלותו ולעיתים גם לוותר על חלק מהכנסותיו. לכן, יש לבחון אותה היטב לפני אימוץ מדיניות תומכת שינוי (Wood and Lenne, 2005).

מחקר מעניין בחן את ערכם של **שירותים אקולוגיים**, התועלת שמערכות חקלאיות מפיקות מהטבע, באמצעות ניתוח של ארבעה שירותים שמעניקים חרקים לחקלאות: קבירת הפרשות בעלי חיים בקרקע כחוליה ראשונה בתהליכי מחזור; ויסות אוכלוסיות מזיקים; האבקה; אספקת מזון לאורגניזמים אכילים/ניצודים (בעיקר דגים ועופות) ונצפים, הגדלים באופן חופשי בטבע. ערך השירותים הגלובלי חושב לפי הפסד היבול שייגרם אם החרקים לא יהיו חלק מתפקודי המערכת. סך ערך שירותים אלה נאמד ב-57 מיליארד דולר; השירות בעל הערך הגבוה ביותר הוא תמיכה באורגניזמים מהבר (הקשורים לתחביבים כמו ציד ודיג או לטיול ולנופש כמו צפייה בעופות) כשמחשבים את הערך לפי מחיר החלופה בשוק המזון או בשירותי נופש ותחביב (Losey and Vaughan, 2006).

גאגיק ושותפיה (Gagic et al., 2017) מוסיפים פן כמותי לדין מורכב זה. הם (24 חוקרים משבע מדינות אירופיות) ביצעו ניסוי זהה באתרים שונים (114 במספר), ובחנו את הקשר בין חומרים כימיים המשמשים בחקלאות הקונבנציונלית ושירותי המערכת האקולוגית (כלומר ויסות אוכלוסיות מזיקים ופתוגנים) המסופקים על ידי מגוון ביולוגי בקרקע ומעליה. כצפוי, דישון היה הגורם המשמעותי ביותר מבחינת הגדלת היבול החקלאי, אבל גם הגורם המפריע ביותר לאספקת שירותי המערכת בתוך הקרקע ומעליה. הדישון פגע באוכלוסיית הטורף העיקרי (עכביש זאב) של המזיק העיקרי (כנימות), וזאת על ידי עידוד טפילות על העכבישים ובדרכים נוספות לא ברורות. עידוד אויבים טבעיים לוויסות מזיקים בעזרת הגדלת המורכבות הנופית, שהיא פרקטיקה

תמונה V-12. דבורה מאביקה



נמצא ש-40% מהביקורים בפרחי גידולים חקלאיים נעשים על ידי מאביקים שאינם דבורים (דבש או בר) (Rader et al., 2015). כאשר ביססו רצועות של פרחי בר סביב מטעי תפוחים בבריטניה, ביקורי חרקים על פרחי התפוחים התרבו, אך שירותי ההאבקה לא השתנו בהשוואה לקבוצת הביקורת. לדעת החוקרים, רק שימור רחב היקף של שטחים פתוחים טבעיים או טבעיים למחצה סביב המטעים יגדיל את שיעור ההאבקה (Campbell et al., 2017).

ככלל, החרקים הטבעיים היו יעילים מאוד בהאבקה, וביקורי דבורי דבש בפרחים רק הוסיפו ליעילותה. במקרים רבים יחסי הגומלין (תחרות) בין מאביקים טבעיים, בעיקר דבורי בק לבין דבורי דבש מגדילה את יעילות ההאבקה, ולכן מומלץ לשמר ולטפח בתי גידול של דבורי בר לטובת ההאבקה בחווה החקלאית (Greenleaf and Kremen, 2006). אחת השיטות למשיכת מאביקי בר היא טיפוח כתמים קטנים של צמחייה טבעית פורחת בתוך הפסיפס של המשק החקלאי. כתמים אלה משמשים גם מוקד משיכה וגם גשר לביקורי מאביקים מהמרחב הטבעי אל תוך המשק. נמצא שכתמים כאלה יחד עם השארת צומח טבעי בשולי חלקות העיבוד ושימוש חומרי הדברה לפי ההנחיות המקצועיות מגדילים את היבול של גידולים התלויים בהאבקה של בעלי חיים (Carvalho et al., 2012).

מחקר הראה שבחווה אורגניות הקרובות לבתי גידול טבעיים יש חברות של דבורי בר המסוגלות לספק את כל דרישות ההאבקה של גידול עתיר פרחים (אבטיח) (Kremen et al., 2002). בתי הגידול הטבעיים מספקים מזון משלים, מחסה ואתרי רבייה לדבורים. בחוות אחרות - קונבנציונליות או רחוקות מבתי גידול טבעיים - המגוון והשפע של דבורי הבר היו נמוכים ולא ענו על כל צורכי ההאבקה. בכל מקרה, רק חלק קטן יחסית ממיני דבורי הבר משתתף בתהליכי האבקה, וניתן בקלות יחסית לשמור על רכיב חשוב זה של המגוון הביולוגי ולטפח אותו (Kleijn et al., 2015).

גלדמן וגונזלס-וארו (Geldmann and González-Varo, 2018) הסבו את תשומת ליבנו לכך שמשבר ההאבקה בעולם אינו זהה רק למשבר בענף גידול דבורי הדבש, אלא

העיקריים למאכל תלויים בהאבקה, ורק 28 אינם תלויים בה. כאשר בוחנים את נפח ייצור המזון הגלובלי המבט משתנה מעט - 60% ממנו מגיעים מאותם גידולים שלא נזקקים למאביק חי (ובהם שלושת הגידולים המובילים: חיטה, תירס ואורז שהם מואבקי רוח) ורק 35% נזקקים למאביקים. ל-5% מהגידולים לא הוגדר הגורם המאביק. מבין המאביקים, לדבורי הבר יש תפקיד מפתח, אבל האינטנסיפיקציה של החקלאות מסכנת את תרומתן (Klein et al., 2007).

על מרכזיות ההאבקה במערכת החקלאית ניתן ללמוד מניסוי מעבדה שהראה שניתן להגדיל את יבול זרעי הלפתית (לייצור שמן קנולה) על ידי הגדלת ביקורי מאביקים בלבד וללא תוספת דשן מינרלי (van Gils et al., 2016). עם זאת, במקרים רבים מתרחשות הפרעות שפוגעות במאביקים, בעיקר ריסוסים נגד מזיקים במערכת החקלאית. אם כן, נשאלת השאלה "כמה מגוון" של מאביקים נדרש כדי לקבל שירותי האבקה טובים. קליין ושותפיו (Kleijn et al., 2015) הראו שהתרומה של דבורי בר להאבקות גידולים משמעותית, אבל נעשית על ידי מספר מוגבל של מיני דבורים שהם על פי רוב מינים נפוצים ולא נדירים.

מחקר מקיף שבחן 41 מערכות ייצור חקלאיות בעולם המחיש את הקשר ההדוק בין ביקורי חרקים מאביקים בפרחי גידולים חקלאיים ובין הַנְּטָה³ הפירות (Garibaldi et al., 2013). מעניין לציין, שרק ב-14% מהמערכות לדבורי דבש הייתה השפעה משמעותית על התהליך. ב-39 מחקרים

תמונה V-13. זריעת פרחי בר ומיקום כוורת ליד החלקה כדי להגביר האבקה



צילום: יעל מנדליק

דבורים מאביקות מושפעות הן מממשק החווה החקלאית (למשל, ריסוסים) הן מהנוף הצמחי שסביב החווה. מחקר שהקיף 39 מערכות חקלאיות באזורי אקלים שונים בחן את ההשפעה היחסית של הגורמים השונים - משאבי מזון (פרחים) ואתרי רבייה במרחק שיחור; תצורת הנוף (כתמיות, קישוריות); המגוון הביולוגי בשדה וסביבו וממשק החווה (אורגני או קונבנציונלי) - על העושר והשפע של דבורי הבר במחקר השוואתי זה נכללו גם נתונים על שדות חמניות ואבטיחים מישראל שנאספו במעבדתה של יעל מנדליק מהפקולטה לחקלאות ברחובות. העושר והשפע של דבורי הבר היו הגבוהים ביותר בשדות מגוונים (מספר גידולים וצמחי בר בשוליים) שנוהלו בממשק אורגני. גם נופים עתירי בתי גידול איכותיים לדבורים תרמו לאוכלוסייה גדולה ומגוונת. שוליים עתירי פריחה וגיוון נופי היו חיוניים לקיום אוכלוסיות גדולות של דבורי בר בשדות המנוהלים קונבנציונלית עם מגוון גידולים נמוך. לתצורת הנוף הייתה השפעה קטנה על הדבורים (Kennedy et al., 2013).

אספקת שירותי האבקה מרביים לגידולי חקלאות תלויה גם בשפע של פרחים בסביבה הקרובה לשדה או למטע. גולן ומנדליק (2011) בחנו את ההשפעה של זריעת פרחים בשולי שדות על המגוון ועל הפעילות של דבורי דבש ודבורי בר בשני גידולים: שקדים וחמניות. בשני הגידולים נמצאה השפעה מיטיבה של פריחה ליד החלקה על תדירות הביקורים ועל כמות האבקה הנאספת. במילים אחרות, ריכוז הפרחים לא מתחרה עם הגידול החקלאי על רמת ההאבקה, אלא מגביר אותה על ידי משיכת יותר מאביקים מסוגים ומינים שונים.

מנדליק ורול (Mandelik and Roll, 2009) בחנו את הקשר שבין ביקורי דבורי בר במטע שקדים ובין הצמחייה הטבעית בסביבה הקרובה, ומצאו שבית הגידול הטבעי ושולי המטע שצמחיית הבר גדלה בו היו האטרקטיביים ביותר לדבורי הבר, מטע שקדים שנשארה בו צמחיית בר בין שורות העצים היה בעל אטרקטיביות בינונית (לפי שכיחות הביקורים), ומטע שהוסרה ממנו צמחיית הבר הראה אטרקטיביות

גם למצבם של כ-20,000 מיני דבורי בר, פרפרים, זבובים ומעופפים אחרים שהם מאביקים פוטנציאליים. לטענתם, הדגש על דבורי הדבש מפריע ללמוד את הסיבות לירידה בגודל האוכלוסיות של מינים טבעיים אחרים; לדבריהם, לדבורי הדבש יש אחריות חלקית לירידה במספר המאביקים האחרים, כי הן מתחרות יעילות במינים טבעיים, ודוחקות אותם מבתי גידול עשירים בצוף ובאבקת פרחים.

כפי שראינו בנושא הדברת מזיקים ופעילות אויבים טבעיים, למבנה הנוף החקלאי ולמבנה או לאופי של הסביבה השכנה לחקלאות יש השפעה גם על פעילות המאביקים. מחקר מקיף שהקיף 229 אתרים בארבעה אזורים חקלאות מרכזיים במערב אירופה בחן את הקשר בין מבנה נוף החווה והרכבו לעוצמת ההאבקה על ידי מאביקים טבעיים ולהשפעתה על תהליכי הרבייה של הגידולים. צפיפות צומח גבוהה בשולי החלקות הגדילה את שכיחות דבורי הבר, שבאה לידי ביטוי בהגדלת כמות הזרעים של צמחי צנוניות. השפעה משמעותית נמצאה לאזורי המגע בין גידול לגידול ששימשו מסדרונות מעבר למאביקים. החוקרים מסיקים מכך שלחלקות חקלאיות קטנות יש משמעות בשיפור ההאבקה והרבייה של הגידולים, ולכן יש לדאוג, במסגרת גיבוש מדיניות חקלאית סביבתית, שיישאו חלקות קטנות בתוך המרחב החקלאי, רצוי תחת ממשק אינטנסיבי פחות (Hass et al., 2018).

תמונה V-14. כוורות במטעי שקדים בקליפורניה

נמוכה. המאביק העיקרי של השקדים הוא דבורת הדבש, אבל התפקיד של דבורי הבר בהאבקת השקד עדיין צריך להיבחן.

התחליף לדבורי הבר הן כוורות של דבורי דבש המספקות שירותי האבקה⁴ ששוויים בישראל (בעיקר במטעים) הוא כ-2 מיליארד ש"ח (על פי ערך תפוקת היבול); גידולי שקד ואבוקדו בישראל נשענים כמעט לחלוטין על האבקה בעזרת דבורי דבש⁵. בארה"ב הפכו שירותי ההאבקה למושיע כלכלי של מגדלי דבורים רבים, שנקלעו לתחרות מחירים עם דבש מיובא. היות שבקליפורניה גדל בצורה ניכרת השטח של מטעי השקדים, עלה הצורך בדבורים מאביקות באביב המוקדם. מכל רחבי ארה"ב מגיעות משאיות עם כוורות, ומוכנות לספק, תמורת תשלום נאות, שירותי האבקה. אבל, אליה וקוץ בה - בתקופה זו נפגשות דבורים מאזורים שונים ומזנים שונים, ומתבצעת העברה חופשית של מחלות וטפילים ביניהם. לא אחת קורס משק דבורים אחרי ששהה כמה חודשים בקליפורניה⁶.

בורקל ושותפיה (Burkle et al., 2017) הציעו שורה של צעדים לעידוד האבקה בשדה החקלאי: הגדלת הקישוריות בין יחידות נוף רלוונטיות שתקל על תנועת המאביקים ועל יכולתם לגלות פרחים להאבקה; טיפוח אוכלוסיות מאביקים על ידי הגדלת משאבים חסרים לאורך כל השנה; הוספת אתרי רבייה; תמריץ כלכלי והדרכת חקלאים שמטרתם לסייע ביישום פרקטיקות אלה.

הגדלת המגוון הביולוגי בשטחי החקלאות

בתגובה לירידה במגוון הביולוגי בשטחי גידול יחיד ועיבוד אינטנסיבי הוצעו מספר גישות לעצירת התהליך; באיחוד האירופי מעודדים ממשקים כאלה בעזרת תמיכות כספיות.

א. זריעת צמחי בר בשולי שדות (vegetated buffer strips) או בשדה עצמו (strip intercropping) זריעה, בעיקר של מינים בעלי פרחים בולטים, יכולה להגביר את ההאבקה בגידול החקלאי ולתמוך באוכלוסיות

מגוון דבורי הבר באזור השרון נחקר כדי להבין את הקשר שבינו לבין מגוון שימושי הקרקע באזור תוך תשומת לב להשפעות הקיטוע של בתי גידול טבעיים או חקלאיים על ידי פיתוח עירוני (ספיק, 2010). במחקר הושגו שני אתרים בתחומי העיר נתניה לאזורי גבעות בקרבת קיבוץ יקום. לא נמצא הבדל גדול במספר מיני הצמחים הפורחים או הדבורים בין אתרי המחקר. מספר הפרטים של דבורים היה גדול יותר באתרים הטבעיים, אך מספר פרטי הצמחים הפורחים היה גבוה יותר באזור העירוני. יש לזכור שאתרי המחקר נבדלו בחלק מהתנאים הסביבתיים ובגודל.

4 הנושא של רכישת שירותי האבקה על ידי חקלאים נעשה פופולרי מאוד בשנים האחרונות. יש לא מעט דבוראים שמספקים שירות זה תוך העברת כוורות של דבורי דבש מ"אתרי הבית" לחלקות חקלאיות תמורת תשלום. קיבוץ יד מרדכי הקים מפעל לאספקת שירות זה הנשען על דבורי בר מסוג בומבוס האדמה, שאומנם אינן חברתיות כדבורי הדבש, אך יעילות מהן בהאבקה, ראו: www.polyam.net

5 אוהד אפיק, מנהל תחום דבורים בהרצאה בכנס "יערת הדבש", מרץ 2018.

6 על הבעיות בהסעת כוורות לקליפורניה ראו בסדרה הדוקומנטרית של חברת נטפליקס על ייצור מזון "Rotten": www.netflix.com/il-en/title/80146284

הוספת רצועות של צומח פורח בשולי שדות אורז באסיה, שמעשירות את מגוון המשאבים בחלקה החקלאית, הוכחה כיעילה מאוד בהקטנת אוכלוסיות מזיקים. צוף הפרחים משך פריזטואידים (המטפילים פרוקי רגליים מזיקים) וטורפי מזיקים. נוכחות המזיקים ירדה ב-70% והיבול עלה ב-5%, ובעקבות זאת הרווח הכלכלי גדל ב-7.5% (Gurr et al., 2016).

רצועות ארוכות של פרחים צבעוניים ומושכים שנזרעו בלב שדות חיטה במרכז שווייץ הורידו את צפיפות חיפושיות עלים מזיקות (40% מהלרוות ו-53% מהבוגרים בדור השני) ואת הנזק שנגרם מהן ב-61%, זאת בהשוואה לחלקות ביקורת. צפיפות האויבים הטבעיים של המזיקים עלתה גם ברצועת הפרחים עצמה וגם בקרבתה, ולא הושפעה מהמורכבות הנופית באתר (Tschumi et al., 2015). בחקלאות מדייקת יכולים הכלים החקלאיים להימנע מפיגוע ברצועות הפרחים, כך שהצמחים יסיימו את מחזור החיים, יפיצו זרעים, ויתחדשו בשנה העוקבת. לירידה בגודל אוכלוסיית המזיקים הייתה השפעה מיטיבה על היבול (Carrington, 2018).

סקר ספרות שבחן את השפעת זריעת צמחי בר בשולי שדות הראה שפע ומגוון גדולים יותר של חרקים בשולי השדות בהשוואה לשדה עצמו. מרבית החרקים האלה היו מהמינים המצויים בסביבה, אם כי לעיתים נמצאו גם מינים נדירים או כאלה שאוכלוסייתם בירידה בסביבה החקלאית. קבוצות חרקים שונות הגיבו באופן שונה למבנה חברת הצמחים שנזרעה ולוותק הזריעה, כמו גם לגידול - או למחזור הגידולים - ולתשומות החקלאיות (Haaland et al., 2011).

השזרוע במיני פרחים היה האפקטיבי ביותר בעיקר בשדות של דגניים או גידולים מואבקי רוח אחרים, שאבקת פרחים וצוף הם משאב חסר בהם (Haenke et al., 2009). ויקרי ושותפיה (Vickery et al., 2009) ניסו לקבוע איזה צומח שוליים יתמוך באספקת מזון מיטבית (כמות ומשך זמן) לעופות הסמוכים על שולחן החקלאות. מעבר לצורך במגוון גידולים - דגניים ורחבי עלים - הם הדגישו גם את חשיבות הצמחים המגדלים זרעים גדולים כמזון לחורף ואת הצורך לטפח חברות צומח שונות ומגוונות בצדדים שונים של החלקה.

ובמגוון של אויבים טבעיים וגם במזיקים. רצועות פרחים יכולות לתמוך גם ברכיבי מגוון ביולוגי שאינם קשורים לחקלאות בהכרח, כמו חוגלות או פרפרים. במסגרת התוכניות לחקלאות תומכת סביבה של האיחוד האירופי (ראו הרחבה בפרק VIII) הוקצה תקציב לתמיכה בזריעת צמחיית בר בשולי שדות, בהנחה שהזריעה תעודד האבקה והדברה טבעית, ובעקבות זאת יגדל היבול. אין כאן סיכון כלכלי גדול של החקלאי, כי הוא יכול להחליט עצמאית אם להמשיך בפעולה זו על חשבוננו אחרי תום תקופת התמיכה או להחזיר את השטח לייצור רגיל.

האפיון של הפרקטיקה - הרכב החברה הנזרעת, אינטנסיביות העיבוד וזמן התמיכה - משתנה מארץ לארץ (Haaland et al., 2011). בהקשר לפרקטיקה זו נבחנה ההשפעה של זריעת תערובת של זרעי שישה מיני צמחים פורחים מול זריעת מין בודד בשולי השדה על ייצור זרעים של גד השדה (כוסברה). תצפיות הראו שמאביקים ביקרו בתדירות גבוהה יותר צמחי כוסברה שהיו בקרבת רצועות פרחים, ודבר זה העלה את ייצור זרעי הכוסברה ב-220% וגם את גודל הזרע הממוצע (Barbir et al., 2015).

מחקר אחר בחן את ההשפעה של **הגדלת המגוון הפונקציונלי** של צמחים שנזרעו בשדה עגבניות על מבנה חברת פרוקי הרגליים בדגש המזיקים ועוצמת הנזק או רמת היבול. השפע והמגוון של אויבי מזיקים טבעיים עלו בהתאמה לעלייה במורכבות החברה הצמחית. מאידך, גיטא, לא נצפתה ירידה בכמות המזיקים או בעוצמת הנזק בהשוואה לשדות ללא זריעת צמחי בר. יתרה מזאת, הנזק מחרקים מסדרת הפרפראים (Lepidoptera) היה גבוה יותר משמעותית בקרבת רצועות צמחים זרועים - "שירות דוב" אקולוגי, אבל היבול היה גבוה משמעותית בחלקות האלה (Balzan et al., 2016).

צמחי אליסון, הידועים כמושכי זבובי רחף שטורפים כנימות עלים המתפתחות על גידולים חקלאיים, משמשים אמצעי הדברה בחקלאות האורגנית. בניסוי שנערך במרכז קליפורניה נשתלו שורות של צמחי אליסון בין שורות של צמחי חסה. מסתבר שנוסף על ההשפעה על המזיקים, צמחי האליסון מתחרים בצמחי החסה ומקטינים את גודלם, ולכן יש למצוא את האופן המיטבי לשימוש בהם (Brennan, 2013).

תמונה V-15. שילוב טבע-חקלאות



צילום: גיא רותם

העיבוד לא גרמה לבעיות אגרונומיות בשדות שכנים שנשארו במעגל העיבוד (Firbank et al., 2003).

לפי צ'רנטקה ושותפיו (Tschardt et al., 2011a) כבר בשנים הראשונות אחרי הפסקת העיבוד נמשכים אל השדה הלא מעובד מגוון של אורגניזמים, בייחוד אם יש בו בנק זרעים עשיר ונביטה של צמחים עונתיים: מיני צמחי בק, כולל מינים נדירים ו"אדומים", וחרקים הניזונים מצמחייה זו, כולל מינים נדירים. חברת היונקים הקטנים עשירה יותר בבתי גידול ותיקים יותר. ההמלצה היא להשאיר כחמישית מהשטח החקלאי לא מעובד וטבעי, למחצה כדי לתמוך במגוון ביולוגי גבוה ולקבל שירותים, כדוגמת בקרת מזיקים והאבקה בשדה החקלאי.

נצר ושותפיו (2007) הציעו מודל לטיוב אקולוגי של שטחי חקלאות בישראל המבוסס על מניעת קיטוע הסביבה הטבעית על ידי חלקות עיבוד אינטנסיביות תוך שימוש בכתמים בלתי מעובדים המתפקדים כאיים יוצרי גשר וחיבור - מסדרון אקולוגי. "איים" אלה יאפשרו, לדעתם, אכלוס מחדש של צומח טבעי מעוצה, ובהמשך יתפתח בית גידול בעל ערך, מעין שיקום אקולוגי. אל ה"איים" שאותרו הם מציעים להעתיק צמחים מעוצים מותאמים, שיסייעו בשיקום הנוף האקולוגי של המרחב.

פייוול ושותפיו (Pywell et al., 2015) הראו שיצירת **בתי גידול חדשים** מסוגים שונים בשולי השדות - הפסקת עיבוד וחיידוש הצומח הטבעי; זריעת דגניים כבית גידול לחרקים בחורף; זריעת צמחים מושכי עופות; זריעת תערובת צמחים פורחים ומושכי מאביקים - הגדילה את היבול של השדה החקלאי. ההגדלה הגיעה לשיאה החל בשנה השישית לטיפול.

ב. הפסקת עיבוד מתוכננת

במהלך 20 השנים עד 2010 הפסיקו באופן יזום במדינות האיחוד האירופי עיבוד של עד חמישית מהאדמות החקלאיות. החלטה זו נבעה בתחילה מעודפי ייצור חקלאי ובהמשך גם קיבלה הצדקה סביבתית (Tschardt et al., 2011). **הפסקת עיבוד (set-aside)** של חלקות מוגדרות (קטנות, שוליות, צמודות לבתי גידול טבעיים) היא פרקטיקה מומלצת על ידי האיחוד האירופי, ויש תמריץ כספי בצידה. באמצע שנות ה-90 היו 11% מהאדמות החקלאיות של בריטניה במעמד כזה (Firbank et al., 2003).

במרבית השטחים שהעיבוד הופסק בהם התפתחה צמחייה טבעית, ובשאר נזרעה צמחייה שאינה גידול חקלאי. תוצאות הממשק נבחנו בשדה, ועלו הממצאים הבאים: חברת הצמחים הייתה מגוונת יותר בשדות שהייתה בהם התפתחות טבעית לעומת שטחים שנזרעו, אך כמעט לא נמצאו בהם מינים נדירים או מינים בסכנת הכחדה; עם הזמן השתלטו דגניים על חברת הצומח ה"טבעית" המתאוששת; עשבים משבשים נצפו בשדות דגניים צמודים לשטחי האי-עיבוד בעקבות תהליכי התנחלות; כל קבוצות העופות העדיפו את השדות ללא עיבוד, בעיקר אלה שנחרשו מדי פעם, היות שהיו בהם משאבי מזון מגוונים ורבים יחסית לשטחי העיבוד. לגודל השטח שמוצא מעיבוד יש השפעה גדולה על התהליכים האקולוגיים שיתרחשו בו.

במחקר נבחנו גם עמדות החקלאים כלפי התהליך. מעל 60% מהם הצטרפו למהלך הפסקת העיבוד היזום, ועברו לעבד חלק מהשטח על בסיס מחזורי; 24% עשו זאת באופן קבוע ו-11% שילבו בין עיבוד לאי-עיבוד לאורך השנים. ההחלטה לגבי ההתנהלות החקלאית הייתה **כלכלית**, וקשורה, בראש ובראשונה, ליבול של הגידול ולהכנסה שהוא הניב. סוג הקרקע והניקוז היו גורמים משניים בהחלטת החקלאים. הם גם טענו שהפסקת

תמונה V-16. נוף חקלאי מתאים לצבאים



צילום: הילה סגרה

במטעים המנוהלים אינטנסיבית יש מגוון מצומצם של זוחלים. גידולי כיסוי או השארת צמחייה טבעית בין שורות המטע יוצרים בית גידול מועדף יותר על הזוחלים. על הגדודיות שהעצים נטועים בהן וששמרות חשופות מצומח, אין כמעט זוחלים. רצועות העשבייה מספקות בית גידול עם תנאים סביבתיים נוחים יותר לזוחלים ומזון מגוון (פרוקי רגליים שונים). הוספת מערומי סלעים למטע סיפקה לזוחלים מחסה שחסר במטעים אינטנסיביים. ריסוסים בקוטלי עשבים פוגעים בבסיס המזון של הזוחלים, אך כנראה לא פוגעים בהם עצמם (רותם ופורת, 2011).

ד. שילוב חלקות אורגניות בפסיפס החקלאי

האיסור על השימוש בחומרים כימיים בממשק האורגני מספק, על פניו, בסיס מתאים יותר להתפתחות מגוון ביולוגי עשיר. הול ושותפיו (Hole et al., 2005) בחנו מחקרים שעסקו בערכי המגוון הביולוגי (שפע או עושר של מינים) של מספר קבוצות מרכזיות של עולם החי (עופות, יונקים, חסרי חוליות וצמחים) בממשק של חקלאות אורגנית לעומת חקלאות קונבנציונלית. הממשק האורגני - שימוש מופחת בחומרים כימיים, טיפוח בתי גידול לא

ביוזמת משרד החקלאות נערך בין השנים 2013–2016 מיזם לשיפור המגוון הביולוגי ברחבי המועצה האזורית לב השרון, אזור צפוף ביישובים ובשטחי חקלאות. המיזם מומן על ידי מגוון מקורות (משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים, מרכז המועצות האזוריות, המועצה האזורית לב השרון וגופים פילנתרופיים). למעשה, בא מיזם זה לבחון את השאלה אם ניתן לחזק את המגוון הביולוגי המקומי מבלי לפגוע בגידול החקלאי וברווחיותו. בשטחים נבחרים נעשו פעולות "שיקום עדין" (rehabilitation) שכללו זריעת צמחי בר בין שורות פרדסים ובשטחים חקלאיים אחרים, סילוק ערמות פסולת וביעור מינים פולשים. בשטחים פגועים יותר בוצע שיקום אינטנסיבי (restoration) שכלל פעולות אגרו-טכניות לשיקום בית הגידול תוך החזרת חלק מהתנאים הפיזיים המקוריים. בשטחים אלה התפתחה חברת צמחים עשירה ומגוונת שמהווה מוקד התפתחות של מגוון ביולוגי נדרש, שמופץ לשטחים החקלאיים (אבישר, 2016).

את מרב פעולות השיקום והתחזוקה ביצעו החקלאים עצמם ועובדיהם. הסתבר שהותרת צמחי הבאשה במקום וכיסוח חורף הספיקו, ברוב המקרים, להתפתחות חברת צמחים מקומית עשירה. הסתבר גם שטיפול בשטחים קטנים יכול להיות בעל השפעה אקולוגית נרחבת וגם ליצור מוקד משיכה לציבור המקומי. במילים אחרות, גם בתקציב מוגבל ניתן להשפיע משמעותית על המגוון הביולוגי באזור חקלאי מיושב (אבישר, 2016).

ג. יצירת נוף חקלאי מתאים

סוקוס ושותפיו (Sokos et al., 2013) טוענים שבמערכות האקולוגיות החקלאיות באזור הים התיכון מושג שימור מיטבי של עופות ויונקים הודות למחזור זרעים מתאים ומלא, שילוב גידולים ובחירה מושכלת של גידולים וטכניקות עיבוד. מחקר מקיף על מגוון העופות החיים בשטחי חקלאות באיטליה הצביע על **בתי גידול חקלאיים מועדפים יותר (hotspots)** מול מועדפים פחות (**coldspots**). בתי גידול לחים, שיחיות וגידולים מושקים היו בעלי חשיבות גבוהה לעופות חורפים. עופות מקננים העדיפו בתי גידול טבעיים (מעבר בין יער לשיחיה) ושטחים פתוחים (שטחי מרעה, בתות עשבוניות אבל לא גידולים מושקים). שטחי גידולים קבועים (כרמי יין וזית ומטעים) לא היו מועדפים על עופות כלל, בעיקר לא על העופות החורפים (Chiatante and Meriggi, 2016).

תמונה V-17. שילוב עצים בחקלאות



דורש לחשוב על פתרונות יצירתיים לבעיות, לפתח אותם ולהנחיל אותם לכלל העוסקים בחקלאות. (צוריאל, 2014).

ה. הוספת עצים לנוף החקלאי (agroforestry)

מדובר בשילוב עצי פרי או עצי סרק בגידול החקלאי, ללא יצירת הפרעה, ובעזרתם לתמוך לפחות בחלק מהמגוון (ראו תמונה V-17). גישה זו רווחת בעיקר במערכת הטרופית, שהייתה לרוב בראשיתית, לא מופרת ועשירה מאוד במיני חי וצומח, והיא מצטמצמת מאז שנות ה-50 של המאה הקודמת בשל הסבתה לחקלאות גידולים או למרעה דרך בירוא עצים מלא או חלקי. דעות המומחים בדבר יעילות הפתרון - חלוקות.

בישראל קיימת הפרדה ברורה, מבחינת ניהול, בין המרחב החקלאי והיער, שרובו ככולו נטוע. למרות זאת, על רקע המשבר הכלכלי המתמשך ברווחיות החקלאות והעלויות הגבוהות של הייצור (בעיקר מחירי המים) נבדקות חלופות שונות לעיבוד האינטנסיבי הקלאסי. אחת החלופות היא היער המשקי: נטיעת עצים בעלי ערך כלכלי בשטחי חקלאות בעלי איכות נמוכה היכולים לתרום כלכלית לחקלאי לאורך זמן.

ההיתכנות (feasibility) של ביסוס יער משקי בהקשר של חקלאות ישראל נבחנה על ידי לירון

מעובדים ומורכבות מבנית⁷ - תומך במגוון גבוה יותר של כל הקבוצות שנבדקו. עם זאת, לדברי החוקרים, השייכים לארגוני שמירת טבע, לא ברור אם הממשק האורגני תומך במגוון ביולוגי טוב יותר מאשר ממשק מושכל ותומך-סביבה של שטחים קטנים יחסית בתוך החקלאות הקונבנציונלית. כמו כן, הם מציינים בעיות מתודולוגיות עקרוניות במחקרים משווים של ממשקים חקלאיים שמקשים על הסקת מסקנות כלליות.

למשל, סקירה של 66 פרסומים שהשוו מגוון ביולוגי בין שטחי חקלאות אורגנית וקונבנציונלית, הראתה שעושר (מספר) המינים של עופות, צמחים וחרקים היה גבוה יותר, לעיתים בכ-50%, במערכות האורגניות (Bengtsson et al., 2005), אך ההבדל היה מובהק פחות ככל שהשטח הנבדק היה גדול יותר.

ההשפעה המיטיבה של חלקות אורגניות תלויה בסביבה החקלאית. בשוודיה נמצא שהחלקות האורגניות השפיעו לטובה על מגוון הפרפרים רק כאשר היו ממוקמות בלב אזור של חקלאות אינטנסיבית, אך באזור הטרופי לא הייתה להן השפעה (Rundlof and Smith, 2006). גם אוכלוסיות של דבורים הושפעו לטובה ממיקום חלקות אורגניות בלב אזור מעובד אינטנסיבית, ובכך תרמו שירותי האבקה למרחב כולו (Holzschuh et al., 2007).

איתן אביבי, מרכז ענף הגד"ש בקיבוץ עין חרוד איחוד מציג חזון מעניין שמבטא בעיקרו תפיסה אגרו-אקולוגית:

"תחום הגידול האורגני [בעין חרוד] התחיל מטעמים כלכליים. יותר מאוחר נכנסה גם האידיאולוגיה. היום אני מאמין שצריך לעבוד על פי שתי צורות הממשק. אי אפשר לגדל רק גידולים אורגניים כי לא נצליח לספק מזון לכל האוכלוסייה, לכן אין ברירה וצריך לשלב את שתי צורות הגידול, מה גם שהגידול הקונבנציונלי יוצא נשכר מהשילוב, כיוון שאנחנו לומדים רבות מהממשק האורגני. לומדים שאפשר להסתדר עם פחות דשן כימי ויותר קומפוסט, פחות הדברה ואפשר לקצר את עונת הגידול על כל המשתמע מכך: חיסכון במים וריכוז היבול. במצב הקיים הגידול האורגני חייב להיות חלוץ לפני המחנה. הוא

7 מורכבות זו אינה חלק מהפרוטוקול האורגני, אבל היא פועל יוצא של עיבוד בחלקות קטנות, גידולים משולבים וטיפול מתאים בשולי השדות.

התוצאה (Stoate et al., 2001) Policy – CAP ב-1980). הכוללת של השינויים הייתה ירידה משמעותית במגוון הביולוגי. תגובת האיחוד האירופי הייתה יוזמה של אסדרה מחייבת שמטרתה הקטנת ההשפעה הסביבתית של החקלאות, ובו-בזמן קידום תוכניות חקלאיות-סביבתיות שתמיכה כספית בצידן (Bignal and McCracken, 2000) (להרחבה, ראו פרק VIII).

על מידת ההצלחה של המאמצים האירופיים לשמור על המגוון הביולוגי בצד אינטנסיפיקציה של החקלאות חלוקות הדעות. בעוד שבמדינות מסוימות (למשל, בריטניה) המחקרים מראים תוצאות חיוביות, הרי שבאחרות (למשל הולנד) התוצאות אינן מובהקות (Kleijn et al., 2004). סיכום וניתוח מקיף של הספרות הזמינה מעלים שהצלחה של תוכנית להוצאת שטחים נבחרים ואיכותיים ממעגל העיבוד לשם שמירת טבע תלויה בגודל השטח שמוקדש לנושא, במשך הזמן שהיה חשוף לאינטנסיפיקציה, אם בכלל, ולאינטנסיביות של השטח החקלאי השכן (Van Buskirk and Willi, 2004).

קליין וסאת'רלנד (Kleijn and Sutherland, 2003) ביצעו ניתוח משווה של ספרות מדעית על הצלחת התוכניות לתמיכה בחקלאות ידידותית למגוון הביולוגי באירופה. הם סקרו 62 מחקרים מחמש מדינות. 73% מאלה הם מאמרים או מסמכים לא מדעיים (דו"חות) שחסרים בהם תכנון ייעודי וניתוח סטטיסטי מתאים. אצל 54% מהמינים או מהקבוצות נצפה גידול בעושר או בשפע, ואילו אצל 6% נצפה קיטון. ההשפעה החיובית הגבוהה ביותר נרשמה אצל צמחים וחסרי חוליות. בהמשך ביצעה קבוצה של אקולוגים בהובלת דיוויד קליין מחקר שדה משווה בין 220 חלקות בחמש מדינות שקיבלו טיפולים שמומלצים בתוכנית התמיכות האירופית לחלקות בממשק קונבנציונלי. הממשק החקלאי-סביבתי היה בעל השפעה חיובית קטנה עד בינונית על מגוון הצמחים, העופות, הדבורים, החגבים והעכבישים. מינים שכיחים הגיבו טוב יותר, ומינים נדירים הושפעו רק במקרים בודדים (Kleijn et al., 2006).

תוצאות של מחקר ארוך טווח (27 שנים) שבחן את הביומסה הכוללת של חרקים ב-63 אתרים שמורים (שמורות, פארקים, אתרי מחקר) בגרמניה מצביע על ירידה של 82% בביומסת החרקים המעופפים ביחס לנתונים

אמדור וחיים צבן (2005). מדובר בחלופה הרלוונטית לקרקעות שיצאו ממעגל העיבוד. מבחינת חלק מהחקלאים מדובר בחלופה מושכת, משום שאינה דורשת מאמץ רב ומתמשך, והחקלאי יכול להיות פנוי לטיפוח פרנסות אחרות, לאו דווקא חקלאיות, בעודו מקבל הכנסה מסוימת מעצי היער המשקי. המחקר בחן את האימפוטוס כחלופה לגידול חקלאי. מסקנת הבחינה הכלכלית הייתה שבתנאי הקרקע והמים בישראל אין ליער משקי הצדקה כלכלית. זאת ועוד, העלויות של עקירת העצים, אם רוצים להשיב את הקרקע לעיבוד, גבוהות. ללא תגמול עבור התועלת הציבורית אין לפעילות זו הצדקה כלכלית מבחינת החקלאי.

1. תמריצים לשימור המגוון ולהעשרתו

החיבור המרחבי באירופה בין שטח מעובד לשטח טבעי יצר את המערכות החקלאיות עתירות ערכי הטבע (High Nature Value farming systems – HNVS). הקיום של חלק מהמגוון הביולוגי האירופי תלוי בהמשך הפעילות החקלאית המסורתית, הן בשדה המעובד הן בכרי המרעה, שמטבעה פוגענית פחות (Bignal and McCracken, 2000). הבעיה היא שחקלאות זו כמעט נעלמה מאירופה וארה"ב.

כיום המגוון הביולוגי באירופה מאוים משני תהליכים מנוגדים: הראשון, אינטנסיפיקציה מרבית של הייצור החקלאי בחלק מהשטחים; השני, הפסקת העיבוד בשטחים שוליים (בעלי פוטנציאל חקלאי נמוך יחסית ואחוז שטחים טבעיים גדול יחסית) שיש בהם ריכוז גבוה של ערכי טבע שמתפתח גם בעקבות הפעילות החקלאית (Henle et al., 2008). אגב, האזור שהאינטנסיפיקציה בו הייתה המשמעותית ביותר הוא האזור הים תיכוני (דרום אירופה): שטחים נרחבים שעובדו באופן אקסטנסיבי הפכו לשטחי עיבוד אינטנסיביים בעיקר בעקבות פיתוח מערכות השקיה נרחבות (Comins et al., 1993).

תהליך האינטנסיפיקציה הואץ עם החלת מדיניות חקלאית משותפת לקהילה האירופית (Common Agricultural

מבין הפתרונות הנהוגים: מתן היתרים לציד או להמתה של בעלי חיים מזיקים, לעיתים אפילו כאלה המוגנים בחוק. הירי נעשה על ידי צייד שנשכר לעניין או החקלאי עצמו. לדוגמה, ב-2004 נורו 2,111 תנים, 56 זאבים, ו-3,997 חזירי בר; תברואה של פגרי בעלי חיים וזבל, דבר שיקטין את אוכלוסיות הטורפים (בעיקר תנים ושועלים); תכנון מסדרונות בתחום שטחי חקלאות; הפעלת תקנים ירוקים כמו שנדרש מיצואני תוצרת חקלאית לאירופה (עוד על נושא התברואה בחקלאות ראו בפרק VII - פסולת חקלאית, עמ' 229-230).

דוגמה להתנהלות מסוג זה היא הטיפול בעשרות אלפי השקנאים שחולפים דרך ישראל מדי סתיו וחייבים למלא את מאגרי השומן בגופם, כדי שיוכלו לחצות בבטחה את מדבר סהרה בדרכם לאתרי החריפה בדרום אפריקה. כל שקנאי אוכל ביום כמעט 1 ק"ג של דגים. רשות הטבע והגנים, משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה ולפרקים החברה להגנת הטבע, חיל האוויר והדייגים עצמם חוברים יחד למימון ולהפעלה של שני אתרים המאכלסים בדגים קנויים, כדי שהשקנאים יוכלו ל"מלא מצברים" תוך מזעור נזקים בבריכות הדגים. באותו זמן, אנשי המדגה ביישובים השונים מפעילים מערכת גירוש והטרדה של שקנאים מהבריכות עצמן תוך מעורבות רשות הטבע והגנים במתן היתרים לפעולות אלה ופיקוח על עמידה בתנאי ההיתרים. מערכת זו לא מצליחה למנוע את כל הנזקים הנגרמים לענף המדגה, ולא תמיד מצליחה לגייס את כל המשאבים הנדרשים לתפעולה, אבל היא מראה על הפוטנציאל שבשיתוף פעולה בין צדדים בקונפליקט ועל עבודה מקצועית.

במסגרת סקר מגדלים ברמת הגולן העוסקים בגידולים המרכזיים באזור - ענבי יין ותפוחי עץ - עלו הנקודות הבאות בהקשר של השמירה על המגוון הביולוגי בחלקות החקלאיות (גביש ואחרים, 2016):

רשתות צל או קירוי צמחי: השימוש העיקרי ברשתות צל במטעים הוא לצורך מיתון נזקי

מתחילת האיטוף (לפני 27 שנה). את הירידה הדרמטית אי אפשר להסביר בשינויים באופי בית הגידול, במזג אוויר או בשימושי קרקע, והיא אות אזהרה לגבי המשך תפקוד המערכות האקולוגיות ואספקת השירותים האקולוגיים שלהן, הן למערכות טבעיות הן לחקלאיות (Hallmann et al., 2017). ממצאים אלה מצביעים גם סימן שאלה גדול בדבר האפקטיביות של התוכניות האירופיות לשמור על הסביבה יחד עם קיום חקלאות אינטנסיבית.

ז. ידע ומניעה

פתרון קונפליקטים בין החקלאות והמגוון ביולוגי דורש ידע נרחב על התהליכים הביולוגיים והאקולוגיים, ויצירתיות בגיבוש פתרונות מעשיים. בישראל ראתה רשות הטבע והגנים (עוד בגלגולה הקודם כרשות שמורות הטבע) חובה לסייע לחקלאים במניעה או בהקטנה של נזקים שהטבע גורם להם. המוטיבציה בעניין זה הייתה הרצון למנוע מהחקלאי מלהשתמש בשיטות אגרסיביות ולא חוקיות כמו פיזור רעל כדי לנסות ולפתור את הבעיות; ברוב המקרים שיטות אלה לא פותרות דבר, אבל גובות מחיר כבד מהטבע, בעיקר מאותם בעלי חיים שאינם מחוללי הבעיה, וגם גורמות לזיהום סביבתי. לכן המפתח לשינוי הוא שיתוף פעולה בין הרשויות לבין החקלאים על בסיס ידע מעודכן.

יהושע שקדי וסיימון נמצוב, שהיה בזמנו האחראי על הטיפול בנזקי חקלאות ברשות הטבע והגנים, סקרו קונפליקטים נבחרים בין הטבע לחקלאות ואמצעי טיפול או מניעה (נמצוב ושקדי, 2006). נקודת המוצא שלהם הייתה שחלק לא קטן מהמגוון הביולוגי בארץ נשמר ויכול להישמר בשטחים חקלאיים. הם רואים בגידור ובמבנים חקלאיים בשטחים חקלאיים גורם מפריע לטבע וכך גם בזיהום בחומרי הדברה, בעיקר בבתי גידול לחים. גם הקצאות המים הם נושא בוויכוח - כמה לחקלאות וכמה לטבע? מאידך גיסא, דורבנים ותנים גורמים נזקים כבדים למערכות השקיה; דררות גורמות נזקים לחמניות; טורפים בינוניים (תנים, זאבים, צבועים) גורמים נזקים לצאן ולבקר לבשר; שקנאים וקורמורנים טורפים כמויות גדולות של דגים בבריכות ועוד ועוד.

תמונה V-18. מטע מכוסה רשת



צילום: ענת לווינגרט

שניתנת לפירוק; גידור בגדר קבועה עם פתחים למעבר דורבנים ובעלי חיים קטנים אחרים, כך שהחקלאי יכול לקבוע את מידת הנזק "הנסבלת" עבורו ולאסוף את הדורבנים להעברה לשמורת טבע כאשר הנזק עולה על כך.

ח. פיצוי

במקרים של קונפליקט חריף בין הפעילות החקלאית והמגוון הביולוגי יכולים להתפתח מסלולי פיצוי מטעם גורם חיצוני, על פי רוב משרד ממשלתי, שמפצה את החקלאי על הפסדים שנגרמו לו ובתנאי שלא תהיה פגיעה בערך הטבע המדוּבָּה.

בגולן נמצאים מרבית שטחי המרעה בישראל וגדלים עדרים גדולים של בקר לבשר. מצד שני התפתחה באזור אוכלוסייה של זאבים, חיה שהייתה בזמנו נדירה בישראל והיא ערך טבע מוגן. הזאבים לא בוחלים בטריפת עגלים ולעיתים גם בטריפת פרות בעת ההמלטה, וגורמים נזק לבוקרים. המנגנון לפתרון הקונפליקט שהרשויות השונות (רשות הטבע והגנים, משרד

חקלאות) (קרה, ברד, מכות שמש, רוח). רשתות במטע מכסות לרוב רק את חלקו העליון של הגידול. כיום ישנה מגמה של הרחבת כיסוי הרשת במטעי תפוחים. בכרמי יין משתמשים ברשתות באופן ניסויי בלבד.

השלכות השימוש ברשתות במטעים על חיות הבר לא נבדקו באופן מעמיק. צידי המטע פתוחים, ולכן הרשתות אינן מונעות מעבר של בעלי חיים על הקרקע. לעומת זאת, ייתכן כי יש להן השפעה על פעילות ציפורים, למשל עופות דורסים, ולכן יש השפעה גם על הגידול, מפני שעופות דורסים מסייעים בהדברת מכרסמים. כאשר מקפלים את הרשתות, אך לא מקפלים את הכבלים התומכים בהן, כנפי הציפורים עלולות להיפגע מהם.

הממשק הסביבתי לרשתות: ביחידה החקלאית - קיפול הרשתות כולל הכבלים בעונות שאינן עונת הגידול; בשטח המועצה האזורית - תכנון פריסת הרשתות כך שלא ייווצר רצף של שטחים מרושתים, אלא כתמי רשת בין אזורי מטע ללא רשתות.

גידור: יונקים גדולים מסבים נזקים למטעים; בעלי החיים אוכלים מהפירות, מחבלים במערכות השקיה ועוד. מנקודת המבט של שמירת הטבע יש יתרון ליצירת רציפות שטחים פתוחים ואפשרויות מעבר לבעלי חיים. הנגישות של מינים מסוימים (תנים, זאבים) לתוצרת החקלאית עלולה להביא להתפרצות האוכלוסייה שלהם (רותם, 2010).

הממשק הסביבתי לגידור: מוצעות שלוש חלופות - ללא גידור; גידור עונתי, למשל בגדר חשמלית

תמונה V-19. שדמית בשדה



צילום: דרור גלילי

לכוורות. הקיבוץ טען שריסס בחומר מוכר ומאושר ולפי ההנחיות, אך בית המשפט לא קיבל טענה זו, וגרס שעל הקיבוץ היה לפעול למניעת הנזק בכל דרך אפשרית⁹.

מיזם מעניין שמדגים את הקונפליקט הישיר בין פעילות חקלאית ורכיב של המגוון הביולוגי שסוף טוב בציוד אפשר לראות בסיפור השדמיות בעמק החולה (כברה, 2015). השדמית, עוף בסכנת הכחדה, מגיעה בנדידה מאפריקה לאירופה וחלק מאוכלוסייתה נשאר לקנן בישראל. השדמית בונה קן על אדמה חשופה סמוך למקווי מים. שדות מעובדים בעמק החולה מתאימים לה מאוד, אבל העיבוד הממוכן, ההשקיה האוטומטית והגידולים מהירי הצימוח מסכנים את הצלחת הקינון. דרור גלילי בן קיבוץ איילת השחר וצלם טבע ידוע היה הראשון שזיהה את הקונפליקט בין העיבוד החקלאי לקינון השדמיות. מרכז הצפרות של החברה להגנת הטבע, קק"ל וחקלאי עמק החולה חברו בניסיון לשמור על הקינים. באגמון החולה ובשמורת הטבע יצרו בתי גידול דמויי שדות, וניסו למשוך את השדמיות אליהם בעזרת קולות ופוחלצים, אך ללא הצלחה. החקלאים הסכימו לוותר על קלטור (הרחקת עשבים משבשים) החלקה שהשדמיות בחרו כאתר קינון תמורת פיצוי

החקלאות והמשרד להגנת הסביבה) בחרו היה מימון עלויות המיגון של חלקות המלטה לפרות, כולל כלבי שמירה. גידור מסיבי כזה בלב שטחים פתוחים איכותיים כמו אלה הקיימים בגולן מעמיד בעיות שימור מגוון ביולוגי מסוג אחר (למשל, טריפה מוגברת של צבאים). בחינה כלכלית של חלופות העלטה ממצאים מעניינים - ההשפעות המנוגדות של הגידור מבטלות זו את זו: הערך של עגלים הנטרפים ללא גידור מול הערך של צבאים נטרפים עם גידור יחד עם אובדן נשרים בעקבות הרעלות לא חוקיות של בוקרים. לכן עלתה טענה, כלכלית במהותה, שאילו היו משקיעים את הכסף שהוקצה לגידור בתשלום ישיר של פיצויים על טריפה היינו מקבלים תוכנית זולה ויעילה יותר (בקר וגוטמן, 2007).

יש לזכור שניתוח זה נעשה אחרי שמרבית חלקות ההמלטה כבר הוקמו. כמו כן, יש לדעת שגופים ממשלתיים חוששים מאוד ממיסוד מסלול של פיצוי שעשוי להימשך תקופות ארוכות, ומעדיפים מימון של פתרונות מיידים וקצובים בזמן. גם התקדים שבתשלום פיצוי על נזקים שהטבע גורם לחקלאי מטריד את הרשויות, כי הן חוששות מתביעות של מגדלים מתחומים שונים.

במספר מדינות בארה"ב ובאירופה, ומעורר גם הוא מחלוקות ושאלות עקרוניות (למשל, Treves et al., 2009)⁸.

הפיצוי יכול להיות גם בין ענף חקלאי אחד לשני. קיבוץ גליל ים נאלץ לשלם מעל 50,000 ש"ח לדבוראי, לאחר שנמצא שריסוס שבוצע במטע אפרסמונים סמוך לשטח הכוורות המית את כל הדבורים ב-37 כוורות. בית המשפט מצא את הקיבוץ אשם בגרימת הנזק

8 לדוגמה במיניסוטה ראו: <https://arccwaite.wordpress.com/environmental-science-lecture>

9 משוב לחקלאות 326. נובמבר 2016.

סיכום

הנוף החקלאי תלוי במידה רבה בהחלטות של החקלאים לגביו - הן יכולות לעשותו עשיר יותר או פשוט יותר. כדי לבחור בדרך שונה מזו הנראית להם נכונה יש לספק לחקלאים טיעון משכנע; טיעון כזה חייב לכלול התייחסות להשפעה הכלכלית הצפויה מפעולה זו. החקלאי אינו רואה רווח מיידי מפעולותיו לשמירה על המגוון הביולוגי, בעוד שהחברה כולה רוצה ליהנות ממגוון זה אך לא פיתחה כלי פיצוי לתגמול החקלאי המשקיע ממשאביו (Pascual and Perrings, 2007). החקלאי מונע על ידי כוחות השוק והמאזן הכלכלי של הפעילות החקלאית, ולכן ייחנה מאינטנסיפיקציה של העיבוד. לעומת זאת, העלות הסביבתית הכרוכה באינטנסיפיקציה זו אינה חלק מהמאזן הכלכלי הישיר העומד בפני החקלאי, ואת עלותה משלמת החברה כולה (למשל, טיפול במקווי מים שזוהמו בעודפי דשן שזלגו מהחקלאות או אשפוז חולים שנפגעו משאריות חומרי הדברה). זו דוגמה לעלות חיצונית (externality) שאין לה פתרון הכלול בשיטה הכלכלית הנוהגת.

לסיכום, בפרק זה הפרדנו, באופן מלאכותי במקצת, בין ההשפעות, רובן שליליות, של העשייה החקלאית על הסובב הטבעי, ובין הקשר החיובי ברובו, שבין החקלאות והמגוון הביולוגי שבשדה עצמו. רוב המקורות הספרותיים המצוטטים כאן מגיעים מהעולם האקולוגי ולא החקלאי, וניכר כי חסרה במחקר האקולוגי התייחסות למשתנים כמו כמות היבול או איכותו¹⁰.

סונדרס ושותפיו (Saunders et al., 2016) ניסחו חמש תובנות, המשלבות את השפה האגרונומית והשפה האקולוגית, שלאורן יש, לדעתם, לנהל את מחקרי העתיד בתחום זה:

- יצרנות של גידול בודד תושפע תמיד, לטוב ולרע, ממספר מינים חקלאיים ולא-חקלאיים לאורך תקופת הגידול. יש לזהות מינים אלה ולהבין את מהות יחסיהם עם הגידול.

הולם (כיסוי עלויות ריסוס נגד העשבים), שהגיע מתקציבי רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע. הקינון הסתיים בהצלחה והמבצע רתם חקלאים רבים לפעולות השימור, לא רק בעמק החולה אלא גם באזורים חקלאיים אחרים. תוצאות המיזם דווחו בעיתון של החקלאים מתחום גידולי השדה "ניר ותלם" (כברה, 2015).

ט. תכנון

מערכות התכנון - מקומיות, אזוריות וארציות - נותנות מענה לפריסת שימושי קרקע שונים על פני המרחב. בשנים האחרונות נושאי שמירת טבע ומגוון ביולוגי מובאים בחשבון בהליך התכנוני בישראל במידת האפשר¹⁰.

דולב ואחרים (2011) ניתחו את המורכבות המבנית של עמקי יזרעאל וחרוד תוך קיבוץ הפעילות החקלאית לקבוצות בעלות תכונות דומות מבחינת ההשפעה על המגוון הביולוגי. שטחים עם ערכיות גבוהה למגוון הביולוגי - שטחי מרעה ופלחה; ערכיות בינונית - גידולי שדה ומטעים בעיבוד אינטנסיבי אך ללא כיסוי פיזי; ערכיות נמוכה - חקלאות מבונה. המחקר נעשה בעזרת תוכנת ניתוח מרחבי (ממ"ג - GIS), ומתוך ניתוח זה חושבה "העלות המינימלית של נתיב". ניתוח זה עוזר במיפוי המסדרונות האקולוגיים המשמעותיים ביותר למרבית קבוצות בעלי החיים, ואז ניתן לקבע אותם במפות התכנון, אם משכנעים את בעלי העניין האחרים ואת גורמי התכנון. בעתיד ייתכן שייוצר דיאלוג עם החקלאים שנייב התחשבות של הממשק החקלאי בצורכי המגוון הביולוגי.

10 ראו מסמך מדיניות של הוועדה המחוזית, מחוז דרום, שיקולי המגוון הביולוגי שירותי המערכת האקולוגית ושילובם בתכנון: <https://www.teva.org.il/GetFile.asp?CategoryID=970&ArticleID=24442&ID=11444>

11 אחת הדוגמאות הבודדות עוסקת בהשוואה של שלוש מערכות ייצור: אורגנית, קונבנציונלית ומשולבת (אגרו-אקולוגית) לגידול תפוחי עץ במדינת וושינגטון בארה"ב, לאורך חמש שנים. היבול היה דומה בכל המערכות, אבל במערכת האורגנית התפוחים היו מתוקים יותר, והכילו פחות רכיב חמוץ, ולכן זכו למחיר גבוה יותר, וזאת נוסף על החיסכון באנרגיה. במערכת הקונבנציונלית נצפתה גם ירידה באיכות הקרקע (Reganold et al., 2001).

- יצרנות של שדה בודד יכולה להיות מושפעת, לטוב ולרע, ממין או מקבוצה פונקציונלית טבעיים שיכולים להיות בשלבים התפתחותיים שונים במחזור החיים של חסרי חוליות.
- פעילות של מין בודד יכולה להשפיע באופן שונה על גידולים שונים.
- הפעילויות של קבוצת אורגניזמים מול קבוצת גידולים חקלאיים צריכה להיבחן בניתוח עלות-תועלת בקנה מידה של יחידת הנוף (יחידה אקולוגית הכוללת מספר מערכות אקולוגיות, ובמקרה זה: החקלאות, שוליה והשטחים הטבעיים).
- יחסי גומלין מורכבים בין מערכות אקולוגיות וחברתיות (של החקלאים וארגוני שמירת הטבע) משפיעים על התוצר הסופי של פעילות אורגניזמים במערכות אגרו-אקולוגיות, שכן הם ישפיעו על החלטות תפעוליות של החקלאים.

כדי לקחת את הדיון על יחסי החקלאות והמגוון הביולוגי צעד קדימה מעבר לשלב הראשוני שהוא נמצא בו כיום, יש לבנות גוף ידע המתייחס לעקרונות ולתובנות הללו.

פרק VI. החקלאי כצומת מרכזי בקידום האגרו-אקולוגיה

"אלה שחורשים את האדמה לעולם יהיו משרתיה. האחריות על האדמה היא חלק מהיום-יום שלנו. אנחנו דואגים לקרקע ולמים, והסביבה מחזירה לנו ביבול חקלאי, במזון ובאורח חיים שאנו אוהבים" (קרלה ואלדין, חקלאית ממדינת מישיגן, ארה"ב)

הפעילות החקלאית (למשל, הוספת גידולים) כן שהסיכונים יפוזרו. הפעלת האסטרטגיות אינה תלויה רק בהחלטות של החקלאי ברמת המשק או החווה, אלא גם ביכולת להשיג משאבים חיצוניים ולהתחבר לחקלאים אחרים ביוזמות ובפעילויות משותפות. מעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגית ברמה כזו או אחרת מחייב אימוץ אסטרטגיות מסוג זה.

מודעות לאגרו-אקולוגיה

במקרים רבים מצטיירת תמונה של עימות בין החקלאים לארגונים להגנת הסביבה. אנשי הסביבה יאשימו את החקלאי בהתמקדות ביבול ובהכנסה, בהפעלת ממשקי עיבוד פוגעניים ובחוסר נכונות להיות שותף לפתרון הבעיות. החקלאי יגיב ויאמר שהוא תושב המקום, ושהטבע והסביבה חשובים לו לא פחות מאשר לאלה ששומרים עליהם ומגיעים מרחוק, בעוד שהוא מתמודד עם אילוצים ששומרי הטבע לא מוכנים להיות שותפים לפתרונם. עוד יטען החקלאי, ברוב מדינות העולם, ששומרי הטבע והסביבה, והממשל שמאחוריהם, לא מוכנים לעזור לו לפתור בעיות סביבתיות ובעיקר לא לממן את ההתמודדות, כך שהעלות כולה נופלת עליו.

אהנסטרום ושותפיו (Ahnstrom et al., 2009) חקרו את התפיסה והגישות של חקלאים כלפי שמירת טבע, והם מדגישים את העובדה שהחקלאי המשפחתי (להבדיל מהחקלאות המתועשת-עסקית) נמצא כמעט תמיד בלחץ כלכלי. התלות בקווי אשראי בתחילת עונת העיבוד ובתנאי אקלים ושוק שאינם בשליטתו, מעמידה את הפעילות החקלאית במבחן מתמיד. בעולם המערבי קיומו הכלכלי של החקלאי תלוי בצורה משמעותית גם בתמיכות או בסובסידיות ממשלתיות. לכן אימוץ או דחייה של פרקטיקות שומרות טבע או סביבה צריכים להיות מובנים על רקע ההקשר שהחווה פועלת בו, אופן ניצול הקרקע והמשאבים העומדים לרשות החקלאי, וזאת תוך דאגה לשימור הקרקע וליכולת הייצור של החווה לטווח הארוך. תוכניות אגרו-סביבתיות חשוב שיביאו בחשבון את הנורמות, התפיסה והגישה של

העמקת הידע המקצועי והמדעי בפרקטיקה האגרו-אקולוגית ומיסוד תוכניות תמיכה ועידוד מצד הרשויות אינם ערובה מוחלטת לשינוי נרחב בעשייה החקלאית. ההחלטה על שינוי בהתנהלות החקלאית מתחילה, בראש ובראשונה, אצל החקלאי עצמו. הפרק שלפנינו מתמקד בתהליכי שינוי אלה, הכוללים חסמים מחד גיסא וגורמים מחוללי מפנה מאידך גיסא. שאלת מפתח היא מה יניע חקלאים לבחור ביישום עקרונות האגרו-אקולוגיה בחלקותיהם החקלאיות, אם לאורך חייהם המקצועיים פעלו בתוך עולם החקלאות הקונבנציונלית וראו ברכה בעמלם?

נדמה שרוב השאלות שהחקלאים מתמודדים איתן – כמו החלפת גידול או בחירה במיכון חלופי – נשקלות לאור הטיעון הכלכלי: יחסי עלות-תועלת או קצב החזר ההשקעה. אולם לבחירה בפרקטיקה האגרו-אקולוגית יש ממד ערכי והקשר חברתי רחב יותר מהשיקול התועלתי הצר.

בעשורים האחרונים השתנתה דרמטית סביבת הפעולה שהחקלאות מתקיימת בה, וזאת בעקבות שינויים קיצוניים במחירי התוצרת החקלאית, הסכמי סחר, לקוחות בעלי מודעות גוברת שמעמידים דרישות איכות ובריאות מחמירות, אסדרה סביבתית קפדנית, שינוי האקלים, תחרות מצד גידולים לדלק ביולוגי, המשבר הכלכלי העולמי ושינויים במדיניות אזורית. סביבת פעולה זו חייבה את החקלאים להגיב לא רק טקטית (שינויים קלים לפי המצב הנתון) אלא גם אסטרטגית (חיזוי כיווני התפתחות והתאמות משמעותיות אליהם).

דארנהופר ושותפיו (Darnhofer et al., 2010) זיהו שלוש אסטרטגיות תגובה והתאמה מצד החקלאים לשינויים הללו: **שינויים יזומים** בהתנהלות ולימוד המצב החדש תוך כדי התנסות וניטור של התוצאות; **הפעלה גמישה** של החווה שמאפשרת מעבר מהיר ופשוט יחסית בין חלופות פעולה חקלאית; **גיוון של**

בזמן והמשכן אינו ודאי, אך הן דורשות מהחקלאי שינוי התנהגותי-ערכי משמעותי. מצב זה יוצר סיכוי קטן להצלחה, ולכן יש לגבש תוכניות שיינתן בהן זמן מספיק לחקלאי לשנות את תפיסת עולמו ואת התנהלותו (de Snoo et al., 2013).

מושגים עכשוויים, כמו **חקלאות בת-קיימא, חקלאות סביבתית ואגרו-אקולוגיה**, הם מושגים חדשים עבור העוסקים בחקלאות בישראל. כמו חידושים רבים הם מגיעים מהעולם המערבי, במקרה הנוכחי בעיקר ממערב אירופה, ונקלטים לאיטם בארץ. באירופה זמן ההטמעה שלהם מתקצר הודות לתוכניות התמיכה הגדולות של האיחוד האירופי המתגמלות בסכומים משמעותיים חקלאים המיישמים אותם (ראו פרק VIII). בישראל אין מסלולי תמיכה מסוג זה, למעט בנושאים ממוקדים (כגון הדברה ביולוגית ושימור קרקע) והסכומים שהממשלה משקיעה מוגבלים. גם הידע המדעי-מקצועי הרלוונטי לישראל עדיין מצומצם. במילים אחרות, אנחנו עוסקים בתחום שאמור להקנות שפה מעשית חדשה לחקלאים, בזמן שמונחיו של התחום עדיין אינם שגורים ואין מסגרת שאמונה על הפיכתם למעשיים.

השאלות הראשונות שראוי לבחון בהקשר של אימוץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות על ידי חקלאים הן מה מידת המודעות שלהם לנושא זה ומה מידת נכונותם לאמץ שיטות חקלאיות העולות בקנה אחד עם תפיסת עולם זו. נקודת ח"ן יזמה מחקר מקיף בשאלה זו, וחוקרי מכון סאלו, מכון ותיק למחקר ולתכנון בתחומי מדעי החברה והחינוך, ביצעו את המשימה (בנדס-יעקב ואחרים, 2015). עיקרי המחקר מוצגים להלן:

החוקרים השתמשו במספר שיטות בו-זמנית: ראיונות טלפוניים, ניתוח מסמכים, שאלונים ומפגשים של קבוצות מיקוד. הנתונים התקבלו מ-308 חקלאים שרובם ענו על חלק גדול מהשאלון. 81% מהם חקלאים מהמגזר הצמחי (39% חקלאי מטעים, 22% - חממות ו-20% - גידולי שדה) ו-19% מגדלי בעלי חיים (בעיקר רפת ולול).

החקלאי לגבי הסביבה והטבע שהפעילות החקלאית מתקיימת בהם. או אז הם מאמינים שסיכויי הצלחת התוכניות יגדלו. ממצאים דומים נמצאו לגבי חקלאים בגרמניה (Schulz, et al., 2014).

הקבוצה של אהנסטרומ (Ahnstrom et al., 2013) חקרה גם את הקונפליקט בין חקלאים בשוודיה והסביבה שהם פועלים בה, בעיקר בהקשר של הירידה במגוון הביולוגי. אקולוגים אחרים טוענים שהאינטנסיפיקציה של הייצור, שמטרתה הפקת מרב הרווחיות, מביאה להתדרדרות בעולם הטבע. אבל במרבית המחקרים האקולוגיים יש התעלמות מוחלטת ממשתנים אחרים, בעיקר סוציולוגיים, כמו **נורמות וערכים חברתיים, מסורת ועניין** של החקלאים בטבע.

אהנסטרומ ושותפיו חקרו 16 חוות של גידול חיטה במרכז שוודיה תוך ביצוע סקר מגוון ביולוגי של חמש קבוצות אורגניזמים מרכזיות (צמחים, חיפושיות קרקע, דבורי בר חברתיות, דבורי בר יחידאיות, עופות) מול אינטנסיביות העיבוד (נקבעה לפי צפיפות הגידול). הם טוענים שעניין בטבע גורם לרבים מהחקלאים להתאים את הממשק הפרטני לצורכי הטבע וזאת בהתחשב בנוף האקולוגי שסביב החווה. פעולות אלה נעשות באופן וולונטרי וללא תמורה כלכלית. הם טוענים גם שרוב החקלאים חולקים מוטיבציה חברתית לפגיעה מינימלית בטבע, ולכן, לדעתם, תוכניות של תמיכה המפצה על השקעה או נזק, שיביאו בחשבון את עמדת החקלאי, הן בעלות סיכוי גבוה לשאת פרי.

מצד שני, בורטון ושותפיו (Burton et al., 2008) מדגישים את העובדה שחקלאים רבים בעולם המערבי רואים ביצרנות ובביצועים טובים של החווה שלהם ערך בפני עצמו, ולכן אינם נוטים להצטרף לתוכניות אגרו-סביבתיות וולונטריות. יש כאן **התנגשות ערכים** מובהקת, והסביבה יוצאת נפסדת. לדעתם, פתרון אפשרי הוא בפיתוח תוכניות שומרות טבע וסביבה המדגישות יצרנות גבוהה. הצעה זו יכולה להתכתב עם מודל חלוקת המרחב (land sparing) שנדון בפרק IV ובמרכזו ייצור מוגבר בשטחים מוגדרים ושחרור שטחים שוליים לשמירת טבע. אחרים טוענים שהתוכניות החקלאיות-סביבתיות, לפחות האירופיות, מוגבלות

גבוהה מזו של חקלאים ותיקים פחות (עד גיל 40) או ותיקים יותר (מעל גיל 55). ייתכן שהמצב קשור לחשיפה לקורסים ולהשתלמויות שמשרד החקלאות ופיתוח הכפר מארגן או למקורות מידע דיגיטליים.

העובדה שרפתנים מכירים שיטות סביבתיות יותר מלולנים אולי אינה מפתיעה לאור אותה רפורמה ברפת (הרפורמה בלול לא מתקדמת בשלב זה). ההבדל הניכר בין החקלאים המגדלים גידולי שדה (73% אמרו שיש להם היכרות טובה או טובה מאוד) לבין אנשי המטעים (58%) ראוי לבחינה מעמיקה. חקלאי חממות הראו נתון ביניים. השימוש בשיטות המדוברות דומה בין שלושת המגזרים הצמחיים (54%-57%).

מעניין לקרוא את ההסברים שנתנו חקלאים שאינם משתמשים בשיטות ידידותיות לסביבה: "חוסר נגישות למידע", "חוסר התאמה לסוג גידול ספציפי" או שיקול כלכלי: "פשוט לא נותנים את התנאים האובייקטיביים לשמר" וגם שיקול בריאותי כביכול: "אני מאמין שלרסס כמה שיותר זה הכי בריא".

לשאלה "באילו נסיבות תסכימו לשקול שימוש בשיטות אלה?" ענו אותם חקלאים כי יעשו זאת אם יקבלו הדרכה או כאשר השיטות הללו יהיו זמינות להם ושמיחירן יהיה זול, או אם תוגש עזרה מן המדינה: "ביום שהמשלה תעזור לחקלאים... ביום שהמדינה תהיה יותר מעורה בחקלאות ובחקלאים", או לחלופין "אם שימוש בשיטות משמרות חקלאות 'ייכפה' באמצעות דרישות אסדרה או מכוח דרישות השוק".

63% מהחקלאים שנסקרו טענו שהם מכירים שיטות חקלאיות משמרות סביבה¹ במידה רבה או רבה מאוד, בעוד שכ-17% ענו שאינם מכירים שיטות כאלה או שהיכרותם איתן מועטה. כ-58% מהמשתתפים במחקר טענו שהם מיישמים שיטות כאלה בתחום העיסוק שלהם, ואילו 13% טענו שאינם מכירים כלל או מכירים רק מעט שיטות כאלה, וברור שגם כמעט לא מיישמים אותן. המחקר העלה שמרבית החקלאים שמכירים שיטות סביבתיות, גם מיישמים חלק מהן.

חקלאים של גידולי שדה מכירים שיטות חקלאיות סביבתיות טוב יותר מאנשי מטעים, ורפתנים טוב יותר מלולנים. בסך הכול, רפתנים הראו את ההיכרות הטובה ביותר לנושא מבין קבוצות החקלאים. ייתכן שמצב זה קשור לרפורמה ברפת (ראו פרק V, עמ' 219-222), שהתרחשה בשנים שקדמו למחקר והתייחסה בחלקה לפתרון בעיות סביבתיות. לכן גם לא מפתיע שהרפתנים היו הקבוצה שטענה שהיא עושה שימוש מוגבר בידע שלהם בנושאי סביבה. החקלאים של גידולי השדה נחשפו בשנים האחרונות לנושאי שימור קרקע, ואולי בשל כך הם מכירים היטב פן זה של הנושא הסביבתי. מצד שני, לאנשי המטעים יש היכרות טובה עם נושאי ההדברה הביולוגית וההדברה המשולבת. צריך לזכור שהמחקר לא הפריד בין מרואיינים מהמשק השיתופי (קיבוצי) ומהמשק הפרטי (מושבים), וייתכן שיש לכך השפעה.

לא מפתיע שחקלאים בעלי השכלה חקלאית על-תיכונית היו מודעים יותר לנושאי סביבה, אבל מעניין שחקלאים בגיל הביניים (בני 40-55) הראו מודעות

1 בהתייחסות לממצאים יש להביא בחשבון ש'שיטות חקלאיות משמרות סביבה' אינו מונח חופף לגישת האגרו-אקולוגיה בשימושה בספר זה. אנו מניחים כי ממצאי המחקר היו דומים גם אילו השאלות היו מנוסחות במונחים אגרו-אקולוגיים. ספר זה אינו עוסק בגידול אינטנסיבי של בעלי חיים, בעוד שמדגם המחקר כלל גם חקלאים מתחומים אלה. כמו כן, בשנים האחרונות חלו תמורות משמעותיות במודעות החקלאית-סביבתית של חקלאי ישראל בגלל עיסוק מוגבר בנושא, והן באות לידי ביטוי, לדעתנו, בהתייחסות לשאלונים.

(53%), שמירה על בריאות הציבור (37%) ושמירה על אמצעי הייצור החקלאי (33%). החסרונות העיקריים: השקעה כלכלית שלא מחזירה את עצמה מהר (79%), חוסר היעילות שנגזר משיטות אלה (27%) ופגיעה ביבול (8%).

החוקרים מצביעים גם על נושאים סביבתיים שלא הועלו כלל על ידי המרואיינים: בעיות הקשורות לשימוש באנרגיה שנוצרה מדלקי מחצבים ומעבר למשאבים מתחדשים, קונפליקט עם המערכת האקולוגית השכנה, פליטות גזי חממה, זיהום מקורות מים והתייחסות מקיימת כוללת (לדוגמה "מדריך פחמן"²).

החוקרים מציעים מספר פעולות לקידום החקלאות הסביבתית בישראל:

- "להתחיל לראות את החקלאות בישראל כחלק מהסדר ציבורי הוגן³ של אספקת מזון בריא וזמין לכול, ואת החקלאים כאחראים על מערכת אגרו-אקולוגית המספקת מוצרים ושירותים חיוניים, כגון מים, אדמה, נוף, אנרגיה, מגוון ביולוגי ועוד, לכלל הציבור."
- "לנסח מענה ולספק פתרונות עבור הסוגים השונים של ההנעות לפי המודל 'חנוך לחקלאי על פי דרכו', 'הנעתו', או לפי 'הטיפוס הסביבתי' הדומיננטי באישיותו."
- "להבנות ערוצי למידה מרכזיים (במסגרת המשרדים והארגונים הקיימים) שינגישו מידע סביבתי והדרכה לענפי החקלאות השונים."
- "לתמוך באותם 'מאמצים מוקדמים' - סוכני שינוי שמוכנים לנסות חידושים סביבתיים 'על בשרם' ולקדם רעיונות סביבתיים כך שיהפכו לנחלת הכלל." "להעניק תמריץ כספי לחקלאות הסביבתית, אולי לפי מדדי שימוש בשיטות חקלאיות משמרות, פעולה שעשויה להגדיל במידה רבה את המצטרפים למעגל הסביבתי."

לגבי השיטות הספציפיות שמשמשות בתחום החקלאות הצמחית, הציגו 195 חקלאים את התמונה הבאה: הדברה משולבת או שיטות לא כימיות (66%); דישון בזבל אורגני או בוצה (32%); הכנת קומפוסט או מחזור חומרים לדישון (21%); מינימום עיבוד או אי-פליחה או קלטור (18.5%); אי-שימוש בחומרים לא מורשים או מזיקים לקרקע (17%); אי-שימוש או שימוש מזערי בריסוס (15%). כמו כן, עלו עוד מעל 20 פרקטיקות שחקלאים מיישמים ורואים בהן, על פי רוב בצדק, שיטות סביבתיות, כמו מחזור זרעים, ריסוק גזם במקום שרפה, השקיה בקולחים, שימוש בצמחי כיסוי או בחיפוי שדות וטיפוח בתי גידול לחרקים מועילים. שיעור המשתמשים בכל אחת מהטכניקות הללו נמוך, אבל נראה שהדבר נובע מהרלוונטיות הספציפית לכל תחום או גידול בחקלאות הצמחית.

ניתן לומר שרוב החקלאים הביעו עמדות תומכות לגבי נושאים סביבתיים והראו מודעות לבעיות סביבתיות, הן ברמה הכללית הן באופן ספציפי בחקלאות ובענף שהם עוסקים בו. הם גם מודעים, כפי שנאמר לעיל, לפתרונות סביבתיים, או לפחות לחלק מהם, ומעוניינים ללמוד על פתרונות חדשים. ניתן לזהות אצל חלק מהחקלאים שינוי ערכי-נורמטיבי בנושאים האלה, אולי בגלל המקום שהדיון הסביבתי תופס בשנים האחרונות.

התשובות לשאלה הפתוחה לגבי היתרונות והחסרונות של החקלאות הידידותית לסביבה גם הן מעניינות. היתרונות העיקריים העולים מהתשובות הם שמירה על הטבע והסביבה

2 בהקשר זה ראוי לציין שכל הדרי חברת 'מהדרי', המגדל הגדול ביותר כיום בארץ של הדרים, מיוצאים בקרטונים עם פירוט מדריך הפחמן (carbon footprint) (ענת לווינגרט, מנהלת האגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

3 מעניין לציין שיש יוזמות להסדר כזה דווקא בצד העירוני - אמנת מילאנו וברית ערים בריאות: www.tel-aviv.gov.il/Residents/Environment/Pages/FoodPolicy.aspx

מגדלי הפלפל בערבה, שחלק משמעותי מתוצרתם מיוצא לאירופה, נאלצו לעמוד בדרישות הסביבתיות המחמירות (ביחס לישראל) של האיחוד האירופי כבר באמצע שנות ה-90, ובהמשך נאלצו גם להתאים את עצמם ואת מערכות הייצור שלהם ל-GLOBALG.A.P (ראו פרק VIII) (שבח ובלאס, 2014). ב-2014 כבר הייתה רשת צרכנית אחת בישראל שדרשה עמידה בתקן הבין-לאומי. התוצאה היא שהחקלאים עוברים להדברה משולבת (ראו פרק II), ומקטינים את עומס הריסוסים ובהכרח את כמות שאריות חומרי הדברה על הפרי. החקלאים טענו בראיונות עם החוקרות שההדברה המשולבת יעילה יותר מהדברה כימית, ושהיו בוחרים בה גם אילולא היו נדרשים לכך על ידי הצרכנים. עם זאת, החוקרות זיהו את הצורך בביקוח יעיל וצמוד על נושא המזיקים וההדברה, וכן בתוספת הדרכה והנחיה מקצועיות הנדרשות כדי להשיג תוצאות מיטביות (שבח ובלאס, 2014).

תמונה VI-1. פלפלים מהערבה המיועדים ליצוא



מקור: המועצה האזורית ערבה

על חשיבות המידע הזמין לחקלאי בנושאים אגרו-אקולוגיים והשפעתו על קבלת ההחלטות של החקלאי בתחום זה אפשר ללמוד ממחקר שנעשה על גידול פלפלים בערבה:

שבח ושותפיה (2016) טוענים שהמידע הזמין כיום לחקלאי מוטה לכיוון המדעי, ואינו מתעדכן בקצב מספק לנוכח הדרישות מהחקלאים. המידע הבלתי פורמלי, זה שמתפתח אצל החקלאים עצמם מתוך התנסותם, לא מקבל מעמד מתאים ונדחק לשוליים. לטענתם, באיחוד האירופי הבינו סוגיה זו, ומנסים לספק לחקלאי ידע שמותאם מקומית⁴. ראיונות עם מגדלי הפלפל במושבי הערבה העלו שהם חשופים למגוון רחב של מקורות מידע: דיווחים ופרסומים של המו"פ האזורי, מפגשים מקצועיים, הרצאות של חוקרים ואורחים, סיורים מקצועיים, הרצאות בנושאי חקלאות מחוץ לאזור, מידע שמספקים ארגונים מקצועיים (עיתונות ואינטרנט), מידע שמעבירים נציגי מכירות של חומרי גלם ותשומות, ייעוץ בתשלום ממומחה, השתתפות בכנסים מקצועיים וקריאת מידע בכתבי עת ובאתרים מתמחים. במערך אספקת מידע פורמלי זה יש למו"פ האזורי תפקיד מפתח ביצירת הידע, בהפצתו ובהדגמתו. למרות כל זאת, מקור המידע העיקרי והמועדף על רוב מגדלי הפלפל הוא חקלאים-עמיתים שהם מקיימים איתם שיחות בלתי פורמליות ומגיעים לצפות בפעולותיהם.

מעבר למכלול גורמים הקשורים לחקלאי עצמו ולסביבתו הקרובה, יש גם "גורמי חוץ" שיש להם השפעה משמעותית על הנכונות של החקלאי לאמץ התנהלות סביבתית:

4 לאחר שמערכות ההדרכה הציבוריות הופרטו במרבית מדינות האיחוד האירופי, נוצר חסר בליווי החקלאים ביישום חידושים. מתוך ההבנה שלא מערכות הדרכה ייעוץ החקלאים מתקשים להטמיע את ההמלצות האגרו-אקולוגיות, השתנתה מדיניות התמיכות החקלאיות-סביבתיות באירופה, והיא מותנית כיום בקבלת הדרכה וייעוץ מגופים מקצועיים פרטיים (Delmas and Barriere, 2017).

מרבית הנשאלים תמכו גם בהפחתת ריסוסים אבל רק 59% תמכו בהקטנת דישון, אולי בגלל מודעות נמוכה לבעייתיות הסביבתית שדישון גורם. לחקלאים יש העדפות מעט שונות: 95% רוצים בהקטנת סחיפת קרקע ו-78% בהפחתת חומרי הדברה; הגדלת המורכבות המבנית ושיקום שולי שדות זכו לתמיכה נמוכה יותר - 60% ו-50%, בהתאמה, אולי כי החקלאים חוששים מהשפעת נהגים אלה על המערכת החקלאית (זמרוני ואחרים, 2016).

בניתוח של 46 מחקרים שעסקו בנכונות של חקלאים בארה"ב לאמץ טכנולוגיות חדשות נמצאו שלושה גורמים מרכזיים המשפיעים על החלטת האימוץ: הגישה למידע ואיכותו, המצב הכלכלי של החקלאי והשתייכות למסגרת מאורגנת של חקלאים הבוחנת את הנושא (Baumgart- Getz et al., 2012). לגבי הנקודה האחרונה, מחקר שנעשה באנגליה על הנכונות של חקלאים לאמץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות מצביע על רמת האמון הגבוהה שיש לחקלאים בשכניהם הנחשבים ל'חקלאים טובים'. מידת ההשפעה של השכנים קשורה לוותק שלהם בחקלאות, למידת הדמיון בתנאים הפיזיים בין החוות, לדמיון במאפיינים החברתיים של החקלאים עצמם, וכן לציפייה בדבר התועלת הצפויה מהשינוי (Sutherland et al., 2012).

ארז קדם ממושב מעלה גמלא החל לפני כ-15 שנה בזריעת קטניות במטעי המנגו והאבוקדו שלו. הזריעה מתבצעת בסתיו ומושקית בגשמי החורף. היתרונות של גידול הקטניות הם הפחתת סחיפת קרקע, אוורור ומניעת הידוק קרקע (בעיקר בעת מעבר טרקטור), ייבוש קרקע מהיר באביב (מאפשר עלייה מוקדמת עם כלי עיבוד), תוספת חנקן וחומר אורגני והפחתת קרינת חום חוזרת מהקרקע. ארז קנה מזרעה מיוחדת למטרה זאת. במהלך השנים חיקו אותו חקלאים מהאזור, וארז הפך ל"קבלן זריעה" של קטניות עבור חקלאים רבים. בשנים האחרונות משרד החקלאות מעודד ומסבסד את השימוש בשיטה זאת (קדם, ריאיון, 2018).⁵

של ניסויי שדה בנושא הדישון, או מעורבות ארוכת טווח בתוכניות שהדגימו התנהלות נכונה. **המעורבות האישית של חקלאים** בפרקטיקה חלופית (למשל, דישון מפוצל) ודגימות שדה שנעשו בחלקות שלהם או של שכניהם הייתה בעלת ההשפעה הגדולה ביותר, הרבה יותר מהרצאות מקצועיות, התעדה על התנהלות טובה או שמיטת עיבוד זמנית. יש לזכור שהמחקר מוטה לכיוון אותם חקלאים שהסכימו להשתתף בו, ואלה בעיקר החקלאים שיש להם מחויבות סביבתית גבוהה יותר או נכונות לאמץ חידושים (Reimer et al., 2018).

מחקר בקרב חקלאים בקנטקי שבמרכז ארה"ב הראה שונות גבוהה ביחס לאימוץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות. חקלאים שגידלו גידולי שורה⁵ עם תשתית להשקיה ושהייתה להם נכונות לגוון את הרכב הגידולים, היו בעלי נכונות גבוהה יותר לאמץ שיטות אגרו-אקולוגיות מאשר חבריהם שפעלו בצורה חקלאית שונה. חקלאים בעלי **חינוך אקדמי** או אלה המאורגנים בתוכניות העשרה **חקלאית** הראו גם הם נכונות גבוהה יותר להתנהל בצורה אגרו-אקולוגית (Mishra et al., 2018).

על פי חוקרים בתחום הדברת עשבים בחוות נווה יער של מנהל המחקר החקלאי, הדבר נכון גם לגבי החקלאים הישראליים. לדעתם יש קושי בשינוי הרגלים המחייב מיכון חדש וממשק שונה, אם בגלל שמרנות ואם בגלל הסיכון למערכת הייצור. לדבריהם, בקרב חקלאי ישראל נהוגה גם הקפדת יתר על ניקיון החלקות החקלאיות, דבר שמעצים את רמת ההדברה עוד מעבר לנדרש (איזנברג ועמיתיו, ריאיון, 2017). הם גם סבורים כי מעורבות של קובעי מדיניות (משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה או משרד האוצר) ותמריצים כספיים יכולים לשנות את המצב.

תושבי עמק חרוד הראו נכונות גבוהה יחסית לאמץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות שונות: שיקום ושימור של שולי שדות (ציון ממוצע 4.02 מתוך 5); הפחתת ריסוס (4.09 מתוך 5); צמצום סחיפת קרקע (4.14 מתוך 5); העלאת המורכבות המבנית (3.53). 87% מהנשאלים היו רוצים לראות העשרת צומח בערצני הנחלים;

5 גידולים שמאפשרים עיבוד מכני תוך תנועה בין השורות - כדוגמת כותנה, תפוחי אדמה, סלק סוכר, סויה ותיירס.

6 הריאיון עם החקלאי התבצע בעזרת דוד בן-יקיר.

גם חשובה מאוד באימוץ המלצות של גורמים מקצועיים לגבי התנהלות סביבתית. במרכז ארה"ב נמצא שהנכונות של חקלאים ללמוד על זיהום של מי תהום מנגר תת-קרקעי המתנקז מחלקותיהם ולמנוע אותו הייתה קשורה לישות שפנתה אליהם בנושא. מסתבר **שמדריכים ויועצים חקלאיים עצמאיים**, שאינם קשורים לממסד או לחברות כלכליות, אלא מקבלים שכר ישירות מהחקלאים, היו מקור המידע האמין ביותר על החקלאים גם בנושאי הסביבה (Eans et al., 2017). באירופה ובישראל יש יותר אמון בממסד כאשר העניין נוגע לנושאי הדרכה בכלל ולהדרכה סביבתית בפרט. באירופה יש התניה לכלול גורם הדרכה ממסדי בצוות כדי לקבל תמיכה כספית ממשלתית (ענת לווינגרט, מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

במחקר בעמק חרוד על עמדת תושבים וחקלאים לאימוץ התנהלות אגרו-אקולוגית טענו החקלאים ששינוי משמעותי מהסוג המדובר לא יכול להצליח ללא מעורבות נרחבת של גורמים שלטוניים, אבל להם עצמם אין אמון בגורמים אלה לנוכח התנהלותם בעשורים האחרונים (זמרוני ואחרים, 2016). החוקרים הציעו לבנות אמון זה דרך חתימה על חוזים ארוכי טווח לתמיכה בחקלאים הלוקחים על עצמם את השינויים הנדרשים.

הנכונות של חקלאים להצטרף למיזם הדברה ידידותית שהקימו חקלאים במישור החוף המרכזי תוך השקעה כספית פרטית (ראו להלן) הייתה קשורה גם היא למגוון גורמים דוגמת בעיות מזיקים בפועל, מגבלות על יצוא לאירופה ואופן התשלום עבור השירות. עם זאת, יותר מכל גורם אחר, ומעבר להיבט הכלכלי הנוכח בכל פרקטיקה חקלאית או שינוי בה, נראה שה**מרכיב האישיותי** - הנכונות לאמץ **חידושים** ולעבור להתנהלות סביבתית יותר - היה המשמעותי ביותר. גם כאן מדובר בחקלאים שכנים בעלי היכרות מתמשכת - חקלאי המושבות, אם כי ללא רקע של **קואופרציה (פעולה משותפת)**. כלומר, להיבטים חברתיים-תרבותיים יש משקל בהתארגנות מעבר לבעיות החקלאיות-כלכליות שכל אחד מתמודד איתן (שגיא ורמון, 2016).

הנכונות המוגבלת לאמץ שיטות חקלאיות מתקדמות או חדשות, שפגיעתן בסביבה נמוכה יחסית, אינה בעיה רק של מדינות מפותחות. בלבנון, לדוגמה, הנכונות לאמץ שיטות של עיבוד משמר קרקע (conservation agriculture) אינה גבוהה. במחקר נבחנו מגוון מאפיינים - ותק בחקלאות, גודל שטחי העיבוד, ניסיון בעיבוד קודם, מקור המידע והשתתפות בקורסי הכשרה, תדירות ההשקיה ומידת הנגיעות של השדות בעשבים משבשים. כצפוי, המשתנה המשפיע ביותר היה **התפיסה האישית של החקלאי** לגבי **ההשפעה ארוכת הטווח** של טכניקת העיבוד המוצעת. גם כאן החקלאי חייב לגבש עבור עצמו תובנה בדבר כדאיות אימוץ השינוי (Chalakov et al., 2017). החלטות החקלאים באלפים הצרפתיים בנושאים אגרו-אקולוגיים הושפעו בעיקר **ממיקום החווה** בהיבט טופוגרפי, **מהתפיסה הערכית** של החקלאות ו**ממאפיינים אינדיבידואליים** של החקלאי ומשפחתו (Lamarque et al., 2014).

האימוץ המהיר יחסית של השימוש בתיבות קינון להגברת נוכחות תנשמות בשדות חקלאיים הוא דוגמה חיובית לנכונות חקלאים לאמץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות (ראו פירוט בפרק II, עמ' 54-56). יש לזכור שהחקלאים רוכשים את התיבות ומציבים אותן מכספם שלהם. בתמורה הם זוכים להדברה ביולוגית של מכרסמים בשדה במקום להוסיף ולרסס בחומרים רעילים (מוטי צ'רט, אקולוג חיות בר, מידע בע"פ).

אחרי שנים של שימוש בתקציבים גדולים לתמיכה בהתנהלות סביבתית ואקולוגית של חקלאים הפנימו באיחוד האירופי שיש להביא לשינוי עמדות אצל החקלאים עצמם. בדברי ההקדמה לשלב הנוכחי של המדיניות החקלאית (2014-2020) נאמר:

"המדיניות החדשה תמשיך את נתיב הרפורמה, הדגש יוסט מהמוצר החקלאי ליצרן [החקלאי] תוך אימוץ התייחסות לקרקע ולשדה החקלאי. זוהי תגובה לאתגרים העומדים בפני המגזר החקלאי, שרבים מהם מונעים על ידי כוחות חיצוניים לפעילות החקלאית" (Schwartz, 2017).

מידת האמון היא גורם חשוב לא רק בהעברת מידע בין חקלאים ושינוי עמדות כלפי פרקטיקות חקלאיות. היא

תמונה 2-VI. הדרכה לחקלאים



בניהול עסקיהם, שאופיים היה מגוון וממוקם במקומות שונים על הציר חקלאות קונבנציונלית - חקלאות אורגנית. הם מצאו חמישה טיפוסים חקלאים: "מחויבים לחקלאות קונבנציונלית", "פרגמטיים (בוחנים לגופם את הפרקטיקות) בחקלאות קונבנציונלית", "מודעי-סביבה אך לא אורגניים", "פרגמטיים בחקלאות אורגנית", ו"מחויבים לחקלאות אורגנית". במילים אחרות, קהילת החקלאים הנדונה, כמו רבות אחרות, רחוקה מלהיות הומוגנית בניהול העניינים החקלאיים, ומתמיינת גם לפי תפיסות ערכיות אינדיבידואליות ("מה טוב לי") והחלטות אישיות.

התבונה שחקלאים אינם חולקים תפיסות עולם זהה כלפי נושאים סביבתיים עלתה גם ממחקר על זהות (identity) - תפיסת עולם, וגישות (attitudes) - אמונות והעדפות של חקלאים ממיזורי, ארה"ב. החוקרים השתמשו במודל חברתי-פסיכולוגי כדי לנתח החלטות מוסריות של החקלאים הנוגעות לסביבה. הם הגדירו שני טיפוסים ראשיים בין החקלאים: בעלי זהות משמרת ובעלי זהות יצרנית. לראשונים הייתה גישה מוסרית יותר כלפי הסביבה, שנגעה גם לתפיסות לגבי העתיד (Sulemana and James, 2014).

בשווייץ בחנו את נכונות החקלאים לאמץ התנהלות שתסייע יותר בשימור המגוון הביולוגי בשטחי החקלאות וזאת לנוכח הישגים לא מספקים של התוכנית הקיימת. המחקר העלה שזהות החקלאים וניסיונם הקודם עם פעולות שימור, יחד עם ציפיותיהם ממערכת סובסידיות חדשה והאמון שלהם שהתוכנית המוצעת תניב תוצאות חיוביות, היו הגורמים העיקריים לנכונות לשנות גישה אצל החקלאים. הם הראו התלבטות ערכית בין הרצון לתרום לשמירת טבע ובין הציפיות המקצועיות להיות יעילים מבחינת הייצור חקלאי (Home et al., 2014).

הדגמה יפה להטרוגניות אנושית זו ניתן למצוא אצל מגדלי הפלפל בערבה:

כאן ניתן למצוא ארבע קבוצות התייחסות שונות לפי שבח ושותפיה (2016): "תִּאֲמָצִי הפרדיגמה האקולוגית החדשה" (קרי: ללא שינוי צפויה קטסטרופה סביבתית; חקלאים מעודכנים המרבים

במסגרת המחקר של מכון סאלד על השימוש של חקלאים בישראל בשיטות סביבתיות הייתה גם התייחסות לנכונות לאמץ שיטות חדשות. הנושא נלמד לפי התייחסות לחמש אסטרטגיות התנהגותיות: חלוציות תוך נכונות לקחת סיכון; חלוציות מתוך שיקול עצמי ובררנות; הצטרפות לקבוצה ממליצה קטנה עם מידת אמון גבוהה בין החברים; הצטרפות לקבוצה ממליצה גדולה; הצטרפות רק לאור הוכחה בדוקה. החלוקה של כלל החקלאים שהשתתפו במחקר, ללא הפרדה בין המגזר הצמחי לבעלי החיים, היא: 19%, 23%, 28%, 19%, 10%, בהתאמה לקבוצות שלעיל. במילים אחרות, אין התנהגות אופיינית אחת לחקלאים בהקשר של אימוץ שיטות חדשות, אלא מגוון התנהגויות רחב, שקרוב לוודאי היה עולה לגבי שינויים אחרים מהכלל הנוהג.

קהילת חקלאים, כמו קהילות מקצועיות אחרות, היא לא בהכרח הומוגנית בהרכב החברים בה. דארנהופר ושותפיו (Darnhofer et al., 2005) סקרו את דרך קבלת ההחלטות המעשיות של 65 חקלאים אוסטרים

משמר קרקע; כמות המשקעים; התרחבות שטחי השלחין עם העלייה בהיצע המים והורדת מחיר המים (אי-פליחה מתאימה יותר לגידולי בעל); רמת המנהיגות והחדשנות בקרב החקלאים אל מול השמרנות.

בחינה של הנימוקים הללו מצביעה על קשת של קשיים המתכתבים עם נושאים הנדונים בפרק שלפנינו לצד גורמים פיזיים אובייקטיביים (משקעים, קרקע, טופוגרפיה). יש בעיות של ידע חסר (מדע תומך) והנגשתו (הדרכה חקלאית תומכת), ויש בעיות כלכליות-ניהוליות (היעדר תמיכה, ציוד יקר), אך יש גם תובנה שללא מנהיגות מובילה אצל החקלאים קשה לשינוי משמעותי שצצה להתממש (שגיא ורמון, 2016).

מבט נוסף על המודעות והנוכחות של החקלאים לאמץ שיטות ידידותיות לסביבה התקבל במיזם שמנסה לקדם חקלאות תומכת סביבה בשטחי המועצה האזורית יואב:

החלק האנושי של המחקר בוצע בעזרת שאלונים שהועברו ל-21 מנהלי שטחים חקלאיים (גידולי שדה ומטעים) וראיונות עומק שנוהלו איתם. ניתן לומר שחלק גדול מבין הנשאלים מודע לפרקטיקות אגרו-אקולוגיות. כמחצית מהחקלאים המרואיניים שינו בשנים האחרונות את ממשקי הגידול לסביבתיים יותר, אבל המחצית האחרת בחרה שלא לעשות זאת. הסיבות העיקריות לכך היו החשש מעלויות כלכליות נוספות (מיכון יקר), חוסר מודעות (אצל חלק מהמרואיניים) והיעדר ידע מקצועי. מעניין שגם מיישמי השיטות הסביבתיות לא הראו נחישות בהטמעתן, אולי כי אינם מאמינים שחקלאות קונבנציונלית גורמת לנזק כה כבד לסביבה. החקלאים שעברו לשיטות ידידותיות יותר לא דיווחו על ירידה ברווחיות החלקה המעובדת. השיטות שיישמו חלק מהחקלאים הן הדברה משולבת (במטעים), שימור קרקע, גידולי כיסוי, מחזור גידולים וחקלאות מדייקת, אבל מעט חקלאים מיישמים את כל הפרקטיקות יחד. נקודה

בקריאת חומר מקצועי; "מְאֶמְצֵי הפרדיגמה החברתית הדומיננטית" (ניתן להמשיך בעסקים כרגיל; חקלאים ותיקים המעודכנים פחות בחידושים); "בעלי עמדה אנתרופוצנטרית" (הטבע נועד לשרת את צורכי האדם; חקלאים מעודכנים פחות התלויים יותר בגורמי חוץ) ו"בעלי עמדה סתגלנית" (ניתן למצוא התאמות לכל מצב חדש; חברי דור ההמשך בחקלאות המרבים להיעזר בנציגי מכירות ושיווק של תשומות חקלאיות).

במרחב נחל שקמה נערך מיזם רב-משתתפים שבחן את ההיתכנות של מעבר לניהול אקולוגי מרחבי, כולל הטמעת שיטות עיבוד אגרו-אקולוגיות בתחומי גידולי השדה התופסים חלק נכבד מהשטחים הפתוחים באזור. במסגרת זו נשאלו מְרַכְזֵי ענף גידולי השדה במשקים השונים על הנוכחות לעבור לממשק אי-פליחה הנחשב אגרו-אקולוגי לעומת הממשק הקונבנציונלי.

המרואיניים העלו שלל גורמים וסיבות מדוע מעבר זה קשה: חוסר מידע ואי-ודאות לגבי אמינות המידע הקיים; הפרטת שירותי ההדרכה של משרד החקלאות; הטופוגרפיה השונה בשטחים המעובדים; טיפוס הקרקע; אופי הציוד ועלותו; היקף התמיכות הממשלתיות לעיבוד

תמונה VI-3. אזור נחל שקמה



צילום: אורטל צבר

ונגישות של הידע המדעי למעורבים במיזם (קיסר ואחרים, 2017).

פריטי (Pretty, 2018b) טוען שהצלחה בשינוי בכלל - ובמעבר להדברה סביבתית בפרט - קשורה במקרים רבים לשיתוף פעולה בין שכנים ולפעולה מתואמת בשטח נרחב יחסית. יש להנחיל בקרב חקלאים שכנים גישה דומה ופעילות מתואמת, אם רוצים לקדם את ההתנהלות הסביבתית. פריטי רואה תהליך זה כבנייה של הון חברתי. מוזר קצת שבישראל, ערש הקואופרציה החקלאית המודרנית, יש להחזיר עטרה ליושנה, ולו כדי לשפר את ההתנהלות הסביבתית של החקלאות העכשווית. ורנר (Warner, 2005) רואה בטיפוח יחסים חברתיים-מקצועיים בין מגדלים מאותו תחום תהליך מפתח במעבר להתנהלות אגרו-אקולוגית, וזאת דרך מנגנוני הלימוד החברתי (social learning).

גם הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD, 2013) רואה חשיבות גדולה בטיפוח הפעולה המשותפת (collective action) אצל חקלאים. פעולה משותפת מבוצעת על ידי קבוצה של אנשים להשגת אינטרסים משותפים. בשיתוף פעולה מסוג זה החקלאי הבודד יכול להשיג יעילות גדולה יותר בניהול הפעילות החקלאית, נהנה מגישה למרחב אקולוגי מוגדל, ויכול להתמודד עם מגבלות חוקיות ואדמיניסטרטיביות בצורה טובה יותר. זאת ועוד, הוא יכול ליהנות מיתרונות כלכליים (כלכלה של גודל) ומגישה למאגר ידע גדול (סך הידע שקיים בקבוצה). פעולה משותפת הכרחית כאשר המטרות הסביבתיות מתייחסות למרחב פעולה גדול (יחידת נוף). לרשויות כדאי לעודד פעולות מסוג זה משום שסך הטובין שתספק הקבוצה לציבור גדול מציבור הטובין שיספק כל אחד מהחקלאים בנפרד. איור 2-VI מתאר סכמטית את תהליך בניית שיתופי פעולה.

החקלאים ממושב ערוגות מתארים את הקשיים להחיל תוכנית הדברה במרחבי המושב כולו, בחלקות החקלאיות המשפחתיות ובחצרות, בתקופה שאחרי פירוק מנגנוני הקואופרציה והמשבר שליווה אותו, בהיעדר מנגנון חברתי-ניהולי עכשווי שיכול לסייע לתהליך (פרק II עמ' 63). לעומת זאת, השיתופיות של מושב רמת מגשימים והניהול המרכזי של הפעילות החקלאית אפשרו יישום

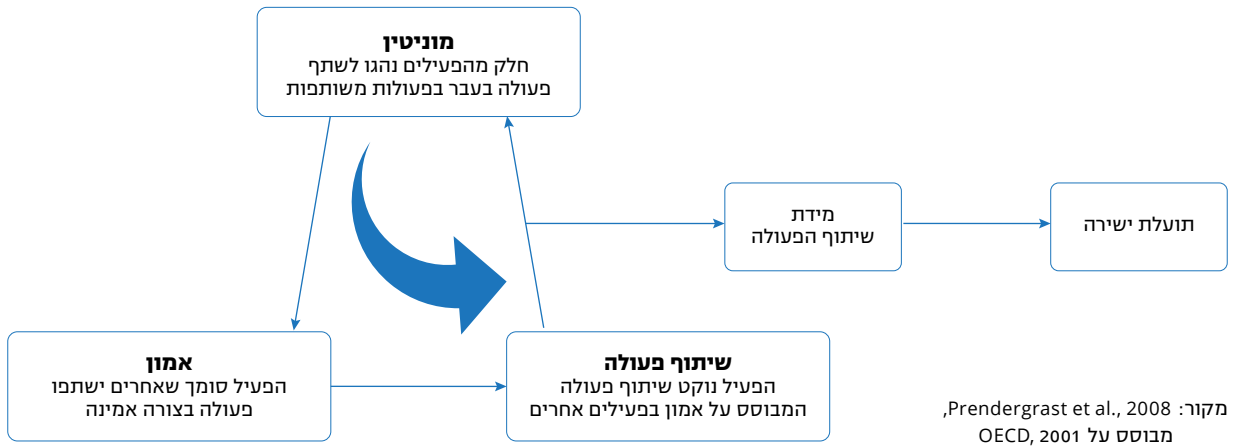
מעניינת שצינו מספר חקלאים הייתה הצורך בשימור צמחיית בר בשולי שדות. חלק מהחקלאים ראו שיפור בעקבות יישום שיטות אלה (מניעת סחיפה, הפחתת עשבים משבשים) ואילו אחרים לא ראו כל שינוי (רותם ואחרים, 2017).

גם כורמים שהשתתפו במחקר שבחן מעבר לטיפול מכני (כיסוח) בעשבים הגדלים בכרם במקום ריסוס בקוטלי עשבים, הביעו חשש מפני מעבר לממשק סביבתי יותר. מדובר בפרקטיקה המקובלת כיום ברחבי העולם (קיסר ואחרים, 2017) והגיעה לאחרונה גם לישראל (ראו ראיונות עם מיכל אקרמן וברק וסטריש בהמשך פרק זה). החשש נבע מהיעדר מידע על יעילות השיטה החדשה ועל השלכותיה (נזק אפשרי) ומשמרנות טבועה:

מרבית משתתפי השולחן העגול שהתקיים במסגרת המיזם של הפסקת שימוש בקוטלי עשבים בכרם טענו שהמעבר לכיסוח לא יועיל בהתמודדות עם פעילות המזיקים בכרם. לדעתם, על ההחלטות בעניין הצומח להתקבל "עם יד על הדופק" ולהיות מותאמות לכל כרם וכרם. למעשה, מרבית הכורמים רוצים להמשיך ולעבוד בשיטות המוכרות להם, ונראה כי החשש מפני הפסד כספי הוא אך תירוץ לחוסר הנכונות לשנות.

החוקרים מציעים מספר עקרונות להתמודדות עם חששות הכורמים: לימוד הדדי ורפלקסיבי - מעורבות החקלאים, היקבים, המדריכים החקלאיים וקובעי המדיניות בתהליך הדינמי של הלימוד והשינוי; רגישות לערכים, לתפיסות ולצרכים - הבהרת התפיסות הסביבתיות לכל השותפים לצד ניתוח הסיכון לחקלאי והצרכים הכלכליים שלו ושל התעשייה; תהליך מחקרי אינטראקטיבי - עדכון שאלות המחקר תוך כדי ביצוע לפי הצעות השותפים ובהתאמה לתנאים משתנים; שקיפות

איור 2-VI. מערך היחסים בין מידת האמון, המוניטין, ההדדיות, התגמול והפעולה השיתופית (בחקלאות ובפעולות חברתיות אחרות)



שמעורבות הציבור יכולה להשפיע הן על המאסדרים הן על החקלאים בכיוון של פעולות סביבתיות יותר. התארגנויות כאלה מתחילות לצוץ אי פה אי שם בישראל.

קל יחסית של חידושים, שחלק מהם סביבתיים (וינברגר, ריאיון, 2017, ראו הרחבה בהמשך פרק זה).

דוגמה להתארגנות ציבורית אפשר לראות בפעילות תושבים בעמק חפר המעוניינים לשנות את התנהלות נושא הריסוס החקלאי באזורם (זיו, 2018) שמתמצתת בקול הקורא הבא:

החקלאי והקהילה

חקלאות מקיימת אדם וסביבה בעמק חפר (מקוצר)
 אנחנו קבוצת פעילים המורכבת מתושבים ומחקלאים הפועלים בשיתוף מועצת עמק חפר ומשרד החקלאות, לקידום סביבה בריאה ונקייה מרעלים לכולנו. אנו פועלים לצמצום חשיפת התושבים לחומרי הדברה במרחב הציבורי ובמרחב החקלאי, הנובעת משימוש אינטנסיבי בחומרי הדברה במרחבים אלה, ומסכנת את שלום התושבים עקב נשימה של רחף חומרי הדברה, מגע ישיר של צמח או שטח מרוסס עם עור הגוף או העיניים וצריכת פירות וירקות מרוססים.

הנכונות לשנות התנהלות חקלאית אינה רק ביטוי לדיון הנעשה בין החקלאי לבין עצמו, אלא גם ביטוי ליחסי החקלאי והקהילה שהוא גר בה. עובדה זו קשורה לכך שברבים מהיישובים החקלאיים בישראל שיעור החקלאים בפועל הצטמצם מאוד, ומאידך גיסא הצטרפו תושבים חדשים ללא רקע או זיקה חקלאית (תושבי ההרחבות).

המצב בישראל ייחודי בגלל גודלה של הארץ וצפיפות האוכלוסייה בה, בעיקר במרכז. העיר מתקרבת לכפר, ותושבים עירוניים עוברים לגור בכפר כולל בהרחבות של יישובים חקלאיים. מצב זה יוצר מתח בין הפרנסה המסורתית (חקלאות), אף אם מספר העוסקים בה מתמעט, ובין התושבים שאינם חקלאים. נגזרת של מצב זה היא עימותים חוזרים ונשנים בין חקלאים ושכנים שאינם חקלאים, על מטרדים הנובעים מהפעילות החקלאית (ריח, לכלוך, זליגת חומרי הדברה).

עקרונות הפעילות שלנו

- חשיפה לרחף חומרי הדברה נמצאה במחקרים כבעלת השלכות בריאותיות חמורות ביותר.
- שימוש בחומרי הדברה פוגע בסביבה החקלאית החל בסחיפת קרקע וכלה בזיהום מקורות המים.
- החקלאות היא אבן יסוד של ההתיישבות בעמק חפר ועלינו לשמור עליה ולקדם אותה.

המודעות בקרב הציבור, בעולם ובארץ, לגבי הקשר בין בעיות סביבה והשלכות על הבריאות, עולה; הגישה האגרו-אקולוגית מקודמת גם בגלל שיש בה כדי להקטין סיכונים לסביבה הציבורית ולבריאות האישית. ברור מאליו

- קיימות חלופות לשימוש אינטנסיבי בחומרי הדברה באמצעות שיטה המכונה "הדברה משולבת" או "חקלאות מקיימת" המפחיתה משמעותית נזקים לאדם ולסביבה.
- לאור ניסיון במקומות אחרים בישראל, שינוי כזה יכול להתבצע רק בהובלת הרשות המקומית, בשילוב ובשיתוף של מומחים לנושא ממשרד החקלאות, בעלי ניסיון בביצוע מיזמים מסוג דומה.
- ההתמקדות תהיה בשלב ראשון סביב יישוב ויצירת מעגלים אקולוגיים ובהמשך התרחבות לשטחים חקלאיים.
- בהמלצת מומחים - מיקוד תחילה בגידולי ההדרים, ובתחומים ספציפיים - פריזבוב ים תיכוני ועוד.

4. מעבר לשימוש בתכשירי הדברה רעילים פחות ובאמצעים נוספים, כגון פרומוניס לבלבול, חוטי לבלבול, תכשירים ביולוגיים ותברואה בקנה מידה אזורי בתמיכה מקצועית לחקלאים.

5. עדכון יישובים צמודי גידולים טרם שימוש בחומרי הדברה.

יעדים

- שלב ראשון 2016-2017 | במסגרת מיזם חקלאות תומכת סביבה של עמק חפר
- הקמת מיזם "חקלאות מקיימת אדם וסביבה" - מינוי מנהל מקצועי, מנהל לוגיסטי, פקחי מזיקים, מערכת מידע ומנהלת.
 - הקמת גוף מרכזי לפיקוח ולניהול אזורי של תהליכי הדברת מזיקים ועשבייה בכ-3,000 דונם.
 - מעבר להדברה משולבת רב-תחומית: יצירת טבעת אקולוגית - פיקוח רב-תחומי ומעבר לחקלאות בת-קיימא סביב מושב חגלה, כולל הפסקת ריסוס אווירי ומעבר להדברה של פריזבוב ים תיכוני (מתקני קטילה).

ימים יגידו עד כמה התממש קול קורא זה לכדי פעולות שגרתיות בחקלאות המקומית והקטנת החשיפה של התושבים לחומרי הדברה.

שלב נוסף בהתפתחות יחסי חקלאות-תושבים אפשר לראות באמנה שנחתמה, בינואר 2017, על ידי ראשי המועצות האזוריות חוף הכרמל, בנימינה-גבעת עדה ואלונה, ראשי המועצות המקומיות ג'סר א-זרקא וזכרון יעקב וראשי הוועדות החקלאיות במרחב זה. מהות האמנה היא התחייבות להקטין את הפגיעה האפשרית בתושבי המרחב עקב הפעילות החקלאית. אמנה זו ופעולות שונות בתחום יחסי אדם-טבע-חקלאות (או בשם המקומי - "קיום משותף") נערכו על ידי השותפות לקיימות אזורית, מסגרת רעיונית שהוקמה ונוהלה על ידי רמת הנדיב.⁷

זליגת חומרי הדברה אל הסביבה המיושבת היא סוגיה מוכרת; בניית הרחבות ביישובים כפריים שקירבו את הבתים לשדות ויצרו רוב של תושבים שאינם עוסקים בחקלאות, עוררה דיונים נוקבים, אך הם נעדרים מידע מדעי-מקצועי בסיסי.

המטרה: יצירת סביבה בריאה לכלל תושבי עמק חפר. יצירת מודעות בקרב החקלאים והתושבים לנזקי שימוש אינטנסיבי בחומרי ריסוס לאדם ולסביבה, תוך מעבר הדרגתי לחקלאות משלבת, ידידותית לסביבה ולתושבים בעמק חפר. במקביל, הפסקת הדברה כימית בתחום הגינון בשטחים הנמצאים בתוך היישובים בעמק ומעבר לגינון בר-קיימא.

מודל הפעילות

1. פיקוח והדרכה צמודים מטעם צוות המיזם ועמידה בתקן GLOBALG.A.P - הקמת צוות שיכלול את מדריכי הגידול והגנת הצומח, פקחי מזיקים מטעם המיזם, רכז/ת מנהלתי/ת של המיזם ומנהל/ת מקצועי/ת. החלטות ההדברה יתקבלו בהתייעצות מדריכים עם קבלת נתוני הניטור של פקחי המיזם.
2. ניהול המידע במערכת איסוף נתונים ממוחשבת לפקחים כתשתית לקבלת החלטות בשטח. המערכת תכלול מידע על רעילות של תכשירי הדברה המותרים לשימוש כנגד כל מזיק בכל גידול והמועד המוקדם ביותר שמוותר להיכנס בו לשטח לאחר הריסוס.
3. מעבר לשימוש אזורי רב-שנתי במתקני לכידה להדברת פריזבוב ים תיכוני והפסקת ריסוס אווירי - פעולות הדברה כימית מחייבות אישור מועצת הצמחים. בגידולים צמודי יישוב קיימות חובת תלייה של מתקני הדברה במקום ריסוס גם ביישובים עצמם וחובת תברואה (סניטציה) שוטפת.

7 לפרטים על האמנה ראו - <https://tinyurl.com/y5t76y2v>

תמונה 4-VI. חתימה על אמנה לקידום הקיימות במרחב של הכרמל הדרומי (חוף כרמל-זכרון יעקב-בנימינה)



המצולמים מימין לשמאל: אריה שרון, ראש המועצה האזורית אלונה; מורד עמאש, ראש המועצה המקומית ג'יסר אל זרקא; זיו דשא, ראש המועצה המקומית זכרון יעקב; הוגו יאן טרגו, מנכ"ל רמת הנדיב; **פינקי זוארץ** (ז"ל), ראש המועצה המקומית בנימינה-גבעת עדה. לא מופיע בתמונה: **כרמל סלע**, ראש המועצה האזורית חוף הכרמל (לשעבר) - שחתם על האמנה מוקדם יותר. צילום: מיכל כהן

טווח ומקיים של משאבי טבע, משום שההון החברתי (**social capital**) הטמון בהן - **קשרים חברתיים נורמות משותפות** - יסייע בקבלת החלטות לגבי ניהול נושאים של קיימות. על פי הנתונים שהוא מציג, עד סוף המאה ה-20 קמו כחצי מיליון קהילות או התארגנויות שעוסקות בניהול קולקטיבי של משאבים משותפים כמו אגני היקוות, יערות, השקיה, חיות בה, דיג, מזיקים בחקלאות וגם מיקרו-פיננסים.

ממשלת צרפת הבינה את חשיבות ההתארגנות החברתית-מקצועית של חקלאים ככלי לקידום וליישום של אגרו-אקולוגיה, ולכן מסייעת בהקמת **התארגנויות אזוריות** של חקלאים ובעלי עניין נוספים (מדענים, אנשי מסחר, עובדי גופים ממשלתיים - GIEE). מדובר בקבוצות עניין כלכליות-סביבתיות שאמורות לעודד התארגנות חקלאים לצורך קידום של היבטים אגרו-אקולוגיים תוך כדי פעולה משותפת. המטרה היא הנעת המעבר לייצור חקלאי בעל אופי אקולוגי יותר תוך שיפור של יכולת התחרות של החקלאי ושל תנאי מחייתו. ההצטרפות לקבוצה היא וולונטרית, וממוקדת במיזם שלחברי הקבוצה יש בו עניין. בפעילות הקבוצתית אמורים להחליט על התנסויות בפרקטיקות חדשות, על העברה של ניסיון מצטבר בין חברי הקבוצה ועל שיפור התקשורת עם גורמים אזוריים (שווקים, מנהלה). התארגנות קבוצתית שכזו זוכה לתמיכה כספית מהמדינה, על בסיס קולות קוראים, בתנאי שיהיו בקבוצה מעל עשרה חברים חקלאים וגם משתתף אחד לפחות מהמגזר הניהולי (לדוגמה, מהשלטון המקומי) ומשתתף אחד מהמגזר הפרטי (למשל, מסחר במזון או תעשייה). יש כיום בצרפת מעל 400 קבוצות מסוג זה, המאגדות מעל 6,000 איכרים; התוכנית התחילה לפעול ב-2017. מיזם לדוגמה במסגרת תוכנית זו הוא הפסקת השימוש בקוטלי עשבים בכרם. המיזם הציג מתחילת הדרך **חיזוק סולידריות** בין כורמים מאותו אזור והעלאת התדמית של העוסקים בתחום (Schwartz, 2017).

צריך לזכור שהחקלאות בישראל עשתה מסלול הפוך בדור האחרון - פירוק הבסיס השיתופי של היישובים החקלאיים (קיבוצים ומושבים) - ועל רקע זה קשה שבעתים כיום למסד יחסי שותפות ועבודה משותפת (גם כאן כדאי להפנים את לקחי הסיפור של מושב ערוגות, שהוצגו בפרק II).

לאחרונה בוצע בעזרת נקודת ח"ן מחקר ראשוני על פיזור חומרי הדברה כרחף באוויר. מעבר לשאלות מתודולוגיות הנוגעות לשיטת המדידה ולכימות החומר המרחף, מסתבר שיש גם התנהגויות שונות של חומרים שונים. החוקרים מציעים להתייחס לנדיפות חומרי הדברה בבחירת חומר הריסוס; לפתח מנגנון אסדרה יעיל, בין אם וולונטרי בין חקלאים לתושבים ובין אם פורמלי-משפטי; ליצור אזורי חיץ בין שטחים חקלאיים לאזורי.

ישנם קיבוצים, כמו עין חרוד מאוחד, המטפחים חגורה של גידולים אורגניים סביב אזור המגורים, בעיקר צמוד למתקני החינוך, כדי לחצוץ בין התושבים ובין השדות האינטנסיביים עתירי הריסוסים.

התארגנות חברתית-קהילתית - החייה של מסגרת חברתית שתפקדה לאורך אלפי שנים ונעלמה, בעיקר בעולם המערבי - יכולה לסייע גם בשיפור ההתנהלות החקלאית-סביבתית בייחוד בנושאים שהמדינה אינה מגלה בהם מעורבות מספקת או יעילה. פריטי (Pretty, 2003) רואה במסגרות אלה את הגוף הנכון לניהול ארון

בנושא החקלאות כחלק מדיון יסודי על העתיד הלא ברור של היישובים. הערך הרב שהמתיישבים החדשים מעניקים למרכיב הקהילתי, הניסיון לצקת לתוכו תוכן חברתי, והכרתם של הוותיקים בדבר הצורך לרענן את השורות ולהרחיב את מעגל המעורבים, יכולים כולם לסייע בכך.”

לסיכום, בחרנו להציג את סיפורן של כמה דמויות, שמסיבות שונות החליטו לקדם חקלאות אקולוגית או סביבתית יותר, והן יכולות לשמש מודל לרבים אחרים. ניסיון פרטני זה רלוונטי לדיון שאנו מבקשים לעורר בספר מכמה היבטים: ראשית, הוא מציג מספר הצלחות ביישום גישות אגרו-אקולוגיות במסגרת **הממשק האינטנסיבי** המאפיין את החקלאות בישראל; שנית, הוא מדגים את חשיבותן של דמויות מפתח בהובלת שינויים בהתנהלות החקלאית. דמויות אלה הן **מובילי דעה (role models)** שיסחפו, אנו מקווים, רבים אחריהם. שלישית, ניתן לאתר בעזרת סיפורים אלה חולשות בנות-תיקון בתהליך המעבר מהתנהלות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגיה: חוסר בידע מקצועי-מדעי, תמיכה ממשלתית מוגבלת או פריצת מחסום השמרנות.

פורצי דרך

על אף הציפייה כי שינויים בעשייה יתפתחו במסלול מקובל מלמעלה (מוסדות מחקר, שהם יצרני ידע) למטה (חקלאים), לא אחת הם נוצרים בשטח בהובלתם של מחוללי שינוי אינדיבידואלים. פורצי דרך יכולים להיות חקלאים בודדים ההולכים נגד הזרם או מחליטים לשנות כיוון מהנהוג. הצלחתם עשויה לחלחל אל שכניהם ועמיתיהם במהירות רבה יותר מכל מידע או עצה שמגיעים בצינורות הפורמליים (הדרכה חקלאית, מאמרים בעיתונות מקצועית). לצד החקלאים הבודדים יכולים להיות גורמים מקצועיים שמשפיעים על ארגונים המנהלים שטחים גדולים יחסית לאמץ פרקטיקות אגרו-אקולוגיות.

יהודה וינברג הוא מנהל הפעילות העסקית במושב השיתופי רמת מגשימים בגולן, שם מתקיים מערך מגוון של פעילות חקלאית: מנגו, שקד, פרדס, תבואות חורף, ירקות לתעשייה, פרחים ליצוא, לול הודו, רפת חלב ועדר

לאחרונה נעשה מחקר שבחן את היחס לחקלאות, בדגש על חקלאות בת-קיימא, במושב ובקיבוץ בנגב הצפוני שעוברים, כמו כל ההתיישבות הכפרית בישראל, שינויים דרמטיים. התשתית הכלכלית השתנתה מהישענות על מקורות פנימיים, שלחקלאות היה בהם מקום מרכזי, למגוון פרנסות, חלק מהן מחוץ ליישוב. גם המבנה החברתי משתנה בעקבות הרחבת היישובים וקליטת אוכלוסיות חדשות ומגוונות. החוקרים השתמשו בראיונות ובשאלונים וניסו לאפיין עמדות של תושבים ותיקים וחדשים לגבי החקלאות. מסתבר שחרף השינויים המשמעותיים שעברו היישובים, וההבדלים ביניהם, החקלאות מהווה חוט שדרה בגיבוש הזהות של המקום. את התרומה הכלכלית של החקלאות מחליף הערך הנופי-תרבותי שהיא מקנה ליישוב. לחקלאות יש עדיין מקום תרבותי מרכזי, אם בחגיגות ובאירועים מקומיים או בערכים המוטמעים במערכת החינוך (בן ישראל, 2015).

מחבר המחקר מסכם את המתח בקהילות חדשות אלה ואת האתגר העומד לפתחן - "לא מתקיים דיאלוג מפורש בקהילות אלו על מעמדה של החקלאות ועל משמעותיה השונות. יש לציין שהפעילות החקלאית המגוונת באזור, הכוללת גידולי שדה, משק חי ומעט מטעים, נותרה אינטנסיבית, אולם היא מופעלת על-ידי תאגידים חקלאיים פנימיים או חיצוניים, קבלנים ופועלים זרים. לפעילות זו יש השלכות סביבתיות המעוררות מתחים ועימותים הפורצים מעת לעת אל פני השטח. לנוכח שבריריותו של מרקם היחסים בין חלקי הקהילה השונים, הנובעת מהבדלים בגישות ובאינטרסים ומהשונות בחלק מהמאפיינים החברתיים והסוציו-אקונומיים הבסיסיים, יש חשיבות לקיומו של דיאלוג

במזיק סס הנמר מטפלים ביד ולא בריסוס, והדבר יעיל יותר וזול יותר. לחלקות שנתקפות על ידי יקרונית אין פתרון בהדברה, הן נעקרות והעצים נשרפים.

מאיך גיסא, מתפתחות בעיות חדשות: מזיקים שרגישים לזרחן אורגני "מרימים ראש" אחרי שהפסיקו להדביר עם חומרים מסוג זה, ולכן צריך לעמוד על המשמר ולמצוא פתרונות יצירתיים לכל בעיה חדשה שמתעוררת.

מניסיונו למד וינברג ששיטת ההדברה המשולבת מצריכה ידע ומיומנות גבוהים יותר, אך עלויות ההדברה פוחתות והנגיעות נשארות באותה הרמה כמו בטיפול הקונבנציונלי (הכימי). בסך הכול הוא מרוצה מאוד מהיבולים, ולא רואה סיבה לשינוי במשטר ההדברה.

בהאבקה עובדים עם שירות של דבורי בומבוס נוסף על דבורי דבש.

הם הפסיקו כמעט כליל עם ריסוסים מונעי נביטה של עשבים משבשים. הם ניסו עישוב מכני שפגע בעצים, אך הכלי התפרק מהאבנים. במטע הנשירים, בפרדס, בשקד ובגפן משאירים עשבים בין השורות. לדבריו, חלק מהמדריכים מתנגדים להשאר עשבייה בטענה שהחלקות לא יפות ו"יצאו משליטה". ריסוס נגד עשבייה בתוך שורות הכרם מביא להשתלטות עשבים עמידים, כדוגמת קייצת, ולכן מעשבים ביד. מאחר ששימוש מוגבר בחומרי הדברה נגד עשבים עלול לגרום לפיתוח עמידות, משתדלים להקטין את השימוש בהם.

מערכת הדישון ברמת מגשימים מקצועית מאוד, ומבוססת על בדיקות קרקע ועלווה, על ניתוח עם מדריכים מומחים ועל בניית תוכנית דישון לכל חלקה לחוד לפי מצבה. כל הדשן מפוזר בהדשיה. כל זבל הלול וחלק מהרפת משמש לדישון במטעים ובגידולי שדה. ההצנעה מיידית, וכך נחסך הדישון הסתווי.

נושא ההזנה הצמחית עבר שדרוג וקיבוע בעקבות המעבר של בית האריזה "בראשית" לעבודה לפי תקני GLOBALG.A.P שמחייבים ביקורת על תהליך ההדשיה ובדיקות המעבדה (וינברג חבר בדירקטוריון של בית האריזה). בית האריזה מחייב כיום את החקלאים לעבוד בדישון לפי הפרוטוקול

בקר לבשה. הוא החל את דרכו כנער בעבודה בגידולים סוב-טרופיים (מנגו, אבוקדו) למד בפקולטה לחקלאות ובמכללת תל חי. ב-1998 עבר לנהל את הכרמים שאוחדו בהמשך עם הנשירים.

החיבור לאגרו-אקולוגיה התחיל אצל וינברג בגלל החשש האישי מהריסוסים במטע (בזמנו במלתיון) שלעיתים נעשו על ראשי הצוות. הוא דרש מיגון, ואחר כך ביקש מהמדריך של משרד החקלאות פרוטוקול להקטנת עומס ריסוסים, אך כזה לא היה בנמצא. בהמשך התחבר למומחה להדברה שהיה בשלבים ראשוניים של הקמת חברה להדברה ידידותית לסביבה. השניים הפכו את שטחי המטעים של רמת מגשימים לשדה ניסויים, בעיקר לטיפול במזיק המרכזי למטעים - פריזבוב ים תיכוני. החברה פיתחה מערך הדברה קבוע המבוסס על משיכת הזבובים לאכילת חומר רעיל וקטילתם במקום ריסוס נרחב של המטעים כולם בתדירות גבוהה יחסית. אך על פי שהבעיה של הזבוב נפתרה מקומית, יזם וינברג הצטרפות למיזם אזורי מתוך הבנה שלפעולה במרחב גדול יהיה ערך עבור כל החקלאים. נדרש לחץ חברתי על חקלאים שלא הצטרפו לטיפול, וכיום אין שטחים באזור שאינם מטופלים כנגד הזבוב ולכן כמעט ואין ריסוסים. הפתרון האזורי שנבחר היה פיזור זבובים עקרים. מיזם הפיזור הופסק, אבל המעקב והניהול האזורי ממשיך, וכיום בכל רמת הגולן משתמשים במלכודות משיכה וקטילה ידידותיות שמייצרים יצרנים שונים והתוצאות מספקות בהחלט.

מזיקים אחרים (עש התפוח ועש האשכול) מטופלים בשיטת הבלבול, שגם היא ידידותית לסביבה. בכל זאת ישנם 1-2 ריסוסים, בתחילת העונה ובהמשכה, כאשר רואים עלייה מקומית או נקודתית בנוכחות המזיק. בעבר ריססו 12 פעמים בשנה. עם הזמן השתכלל נושא ההדברה, ומצליחים להגיע בממוצע ל-0.4-1 ריסוסים בשנה על ידי טיפול נקודתי רק בשורות או בכתמים בעייתיים. כלומר, יש שינוי משמעותי בעומס הריסוסים. ההעדפה היא לטיפול מאוחר ובחומרים חלשים, כי אז יש פגיעה מזערית באורגניזמים המועילים. התפיסה היא של איזון במערכת וטיפול על פי ספי הפעלה כלכליים ולא על פי טיפולים מונעים (ריסוס ללא קשר לרמת הנגיעות). אחד מהפתרונות בנקודות בעייתיות הוא קטיף מוקדם.

הנדרש, ומסייע למצטרפים חדשים לעבור את התהליך המנטלי והטכני. "בראשית" נדרש לעבודה לפי התקן הבין-לאומי מהיותו גורם מייצא לאירופה. לאחרונה גם המחלקות החקלאיות של רשתות השיווק מפעילות על בתי האריזה לחץ בדרישה לקבל פירות העומדים בדרישות תקן חומרי הדברה הישראלי ועבודה לפי סטנדרטים סביבתיים גבוהים. תקן זה מחייב גם בדיקות של שאריות חומרי הדברה בסוף התהליך והסבר שמצדיק כל ריסוס שבוצע. היות שכך, מופעל לחץ לשימוש בחומרי הדברה רק כאשר יש הכרח ברוח. גם יקבי גולן מחייבים עמידה בתקן דומה לגבי דישון ממי שמשוק להם ענבי יין.

הנדרש, ומסייע למצטרפים חדשים לעבור את התהליך המנטלי והטכני. "בראשית" נדרש לעבודה לפי התקן הבין-לאומי מהיותו גורם מייצא לאירופה. לאחרונה גם המחלקות החקלאיות של רשתות השיווק מפעילות על בתי האריזה לחץ בדרישה לקבל פירות העומדים בדרישות תקן חומרי הדברה הישראלי ועבודה לפי סטנדרטים סביבתיים גבוהים. תקן זה מחייב גם בדיקות של שאריות חומרי הדברה בסוף התהליך והסבר שמצדיק כל ריסוס שבוצע. היות שכך, מופעל לחץ לשימוש בחומרי הדברה רק כאשר יש הכרח ברוח. גם יקבי גולן מחייבים עמידה בתקן דומה לגבי דישון ממי שמשוק להם ענבי יין.

ענבי יין גדלים באופן אינטנסיבי מאוד וזוכים למגוון ריסוסי הדברה נגד מזיקים ועשבים. ברחבי העולם מחפשים דרכים להקטנת עומס הדברה זה בלי לפגוע ברווחיות הגידול ואיכות היין.

בסך הכול וינברג רואה את הממשק בנשירים כעיבוד קונבנציונלי מסודר, לא בהכרח חסכני, אבל לא כאגרו-אקולוגי אידיאולוגי.

גם בשאר הפעילות החקלאית וינברג וחבריו מקדמים תפיסה סביבתית: דילול תנים וזאבים על ידי עובד מורשה עם היתרים שנותנת רשות הטבע והגנים; גידור סביב חלקות חקלאיות תוך התחשבות בדרכי תנועת בעלי חיים (מסדרונות) בשילוב מעברי צינור לדורבנים, שאילולא כן חופרים מתחת לגדר (גם אם חלקים ממנה קבורים באדמה כדי להקשות על החופרים - "שמלה") ובעקבותיהם פורצים חזירי הבר; דילול וקטיף ממוכנים של פרי, ולקט ישראל מגיע לאסוף שאריות. כמו כן, מכניסים סוסים למטעים להוריד עשבייה ולאכול תפוחים שעל הרצפה כממשק תברואה והפחתת נגיעות במזיק פריזבובים ים תיכוני המתרבה בפרי זה. בעדר הבקר לבשר הנמצא במרעה עברו לפרוטוקול "חי-בריא" שממזער שימוש באנטיביוטיקה, ומחייב הגשת מזון מאוזן בלי האבסה בזבל עוף (המשמש מקור חלבון) ודאגה לרווחת בעלי החיים.

רמת מגשימים גם שותפה בפעילויות סביבתיות אזוריות: מפעל לבניית מתקנים להפיכת בוצה לקומפוסט שמשמש

מיכל אקרמן היא האגרונומית של יקב תבור בכפר תבור. ליקב יש כ-2,000 דונם של כרמים הפזורים באזורים שונים בארץ, מהגליל העליון ועד הר הנגב. ב-2012 פנה ליקב אלון רוטשילד, רכז המגוון הביולוגי בחברה להגנת הטבע, בהצעה לבחון ממשק אגרו-אקולוגי בכרם כחלק ממיזם ביוזמה ובמימון של נקודת ח"ן⁸. השינויים שהציע רוטשילד היו מבוססים על הרצון להשיב מגוון ביולוגי (צמחים ובעלי חיים) אל הכרמים ועל השאיפה להחזיר את המאזן האקולוגי שהופר בעת נטיעת הכרמים, וכך ליצור יחסי גומלין חיוביים בין הכרם לבין הסביבה. עיקר השינוי המוצע היה הפסקת השימוש בקוטלי עשבים. הפנייה הועברה לאקרמן והיא דחתה אותה על הסף. לתפיסתה אז, לא היה ניתן לגדל ענבי יין בלי ריסוסים. נוסף על כך, היא חששה שבהחזרת אותו מגוון ביולוגי תיעשה פגיעה באיכות הענבים ובאופן הגידול. היא גם ידעה שהכרמים יתנגדו לשינוי זה. אחרי מספר פניות ומחשבה שנייה הסכימה לבחון את ההצעה בהדרגה.

8 ב-2004 יזם ארגון השימור הבין-לאומי WWF מיזם לשימור המגוון הביולוגי בכרמי יין בדרום אפריקה, ראו:

www.wwf.org.za/what_we_do/sustainable_agriculture_conservation_and_wine

המיזם מבוסס על ייעוץ אקולוגי לגיבוש ממשק סביבתי של הכרם וכולל חלוקת תווי תקן ואותות הוקרה ליקבים מצטיינים. בתוכנית נקודת ח"ן התקבלה ב-2008 החלטה לנסות ולקדם מהלך דומה גם בישראל. החברה להגנת הטבע, שיזמה מהלך משיק של התנהלות עסקית סביבתית, הציעה לעבוד מול יקב תבור. נבחר צוות בעל כישורים מגוונים שעבד מול האגרונומית של היקב, וב-2013 החל מיזם שנמשך מספר שנים. במיזם ביקב תבור היו מעורבים לאורך שנות הפעילות אלון רוטשילד (החברה להגנת הטבע), אריק רוזנפלד (אקולוגיה), גיל אשל (שימור קרקע), תמר קיסר ועידן שפירא (פרזיטואידים כאויבים טבעיים), דניאל אורנשטיין (סוציולוגיה). תוצרים שונים של המיזם שובצו במספר פרקים של ספר זה.

מעניין שבאותו זמן התחיל מיזם דומה במספר מדינות באירופה שעיקרו שימור המגוון הביולוגי בתעשיית היין, ראו: www.business-biodiversity.eu/en/biodiversity-in-viticulture.

וישנן גם יוזמות דומות בצ'ילה ובארגנטינה.

שלא בריסוס ותוספת השקיה בגלל צריכת עשבי הבר). אחרי שהתברר שאיכות היין לא נפגעת עקב שינוי הממשק, קיבל היקב החלטה אסטרטגית להפעיל ממשק אגרו-אקולוגי בנושא הדברת עשבים בכל הכרמים שלו בארץ, כמו גם לפתור בעיות אקולוגיות נוספות בכל כרם מכרמי היקב ולהחזיר לשינוי משקל את אותם יחסי גומלין בין הכרם לסביבה. שינוי ממשק זה מאפשר לכרם לשווק את היין כידידותי לסביבה, דבר שעשוי להביא לקידום מכירות (ראו תמונה VI-6).

יקב הרי הגליל ביראון החל ליישם את עקרונות האגרו-אקולוגיה על חלק מהכרמים שבניהולו ובתוכניתו להרחיב פעילות זו. נוסף על כך, היקב מנוהל על פי עקרונות הקיימות (כולל היבטים חברתיים) תוך חיסכון תפעולי. כרמי היקב גדלים באזור ההר המזרחי של הגליל העליון בין משגב עם ויפתח, והמוטו של היקב הוא: "האדמה והטבע הם המפתח להצלחה שלנו. טבעי שנעשה הכול לשמור עליהם חיים, בריאים ולאורך זמן".

ברק וסטריש, מנהל הכרמים, ומיכה ועדיה, יינן היקב, הצליחו לגבש תוך זמן קצר יחסית ממשק אגרו-אקולוגי מקיף; הם עשו זאת מתוך יוזמה עצמאית בהתבסס על ידע וניסיון מחו"ל שנחשבו אליהם באינטרנט ומתוך קשרים עם כורמים מקליפורניה שמשתמשים בשיטות אלה מזה זמן. ניהול הכרם מבוסס על העקרונות הבאים (ראו תמונה VI-7):

- **מינימום עד אפס השקיה – הוספת מים מוגבלת בשלב הצעיר של הכרם כדי לבנות בית שורשים מעמיק שיגיע למאגרי לחות קרקע עמוקים יחסית. מעבר לחיסכון במים, מתקבלות גפנים עמידות לעקה שמצליחות לעבור את הבצורות האחרונות בצפון בקלות יחסית.**
- **הפסקת שימוש בקוטלי עשבים – מתן אפשרות לצמחיית בר להתפתח בכרם. בסוף העונה הירוקה מכסחים מכנית בין שורות הגפנים, והחומר הצמחי נשאר כחיפוי על הקרקע. מתחת לשורות הגפנים משאירים את הצומח עד לפירוק הטבעי. באופן זה, לפי ברק, סחיפת הקרקע קטנה מאוד, ויש עידוד של חרקים מועילים שמקטינים את שפע המזיקים בכרם.**

אקרמן הציעה לערוך את הניסוי על הכרמים של חקלאי ותיק מכפר תבור. הכורם הוותיק התנגד לשינוי בטענה לחוסר ההיגיון שבדבר, שהרי כל חייו הוא מנסה להשמיד כל עשב משבש שעולה בחלקה, אז כיצד ייתכן שעכשיו תפקידו יהיה לגדל ולטפח את אותם עשבים. התפיסה הרווחת אצל הכורמים והאגרונומים של היקבים היא שְׁכָרְם שיש בו עשבים אינו מנוהל נכון. אחרי דיונים ובעקבות נכונות של הבן הממשיך לבחון את השינוי, סוכם על הפסקת ריסוס בקוטלי עשבים. מעניין היה השינוי שבעל הכרם עצמו עב. אחרי ההתנגדות הראשונית לשינוי הממשק בכרם הגיעה ההבנה שיש הגיון בשינוי המוצע והוא הפסיק לרסס נגד עשבייה גם במטעי הזיתים והשקדים שהוא מנהל סמוך לכרם.

בשנה הראשונה ללא ריסוס הייתה נביטה חלקית מאוד של עשבי בר בכרם, כי הקרקע הייתה ספוגה שאריות של קוטלי עשבים. לכן הוסיפו תערובת זרעים לעידוד העשבייה. כמו כן, הוסיפו גלי אבנים, נקודות מים לשתייה ותיבות קינון, ונטעו עצים בהיקף הכרם כדי להעשיר את הכרם המשמש גם בית הגידול לבעלי חיים. גלי האבנים הגדילו את מגוון מיני הצמחים בכרם וגם את מגוון פרוקי הרגליים, מזיקים ומועילים כאחד (רוזנפלד ואחרים, 2015) (ראו תמונה VI-5).

לאורך שנתיים בחנו את השפעות הפסקת הריסוס, ונמצא ששחיפת הקרקע מהכרם קטנה, החזרי קרינה מהקרקע קטנו, משק המים בקרקע שבין השורות השתפר, גם המגוון הביולוגי גדל, ומבנה חברת פרוקי הרגליים השתנה. בשלב זה עדיין לא נמצאה השפעה על שפע האויבים הטבעיים בכרם.

לצד חיסכון בהוצאות הדברה של עשבים היקב נדרש לעלויות נוספות (מיכון לכיסוח עשבים בשורות הגפנים

תמונה 5-VI. כרם ללא ריסוס בקוטלי עשבים ביקב תבור



צילום: מיכל אקרמן

תמונה 6-VI. בקבוק יין שיצור מענבי כרם שמנוהל אקולוגית - יקב תבור



צילום: אבי פרבולוצקי

תמונה 7-VI. יקב הרי הגליל, ניהול כרם באופן אגרו-אקולוגי



צילום: אבי פרבולוצקי

- מינימום עד אפס שימוש בחומרי הדברה - שימוש באמצעי עידוד לטורפים טבעיים (צומח טבעי, תיבות קינון לתנשמות ואתרי שהייה של עטלפים) ומעבר להדברה באוזון, שהוא מופע כימי ייחודי של חמצן, שמומס במים ומרוסס בלחץ גבוה. לאוזון יש השפעה מהירה וקטלנית על פרוקי רגליים, הוא מתפרק מהר, אין לו עקבות סביבתיים שליליים והסכנה ממנו לאדם מוגבלת ומוגדרת (ממשק זה נמצא עדיין בשלב בחינה).
- אפס דישון - החלפת הדישון הסינתטי בקומפוסט באיכות גבוהה המבוסס על תמצית קפה שמספקת חברת נספרסו, שרוצה גם היא לעבוד בסטנדרטים סביבתיים גבוהים ולמחזר את פסולת הקפה. את תמצית הקפה המשומש מערבבים עם פרש לולים ועם גזם עירוני במפעל בגליל לפי הוראות ובקרה של מומחה. הפיזור נעשה על הצומח הטבעי שגדל מתחת לשורת הגפנים.

- לימוד וטיפוח של המגוון הביולוגי שמתקיים בכרמים עצמם ובסביבתם בעזרת מומחים של החברה להגנת הטבע.
- הגברת צימוח ועמידות על ידי הוספת פטריות מיקוריזה. פעולה זו נמצאת כרגע בשלבי בחינה.

לצד ממשק חקלאי ישיר, גם ביקב ננקטו פעולות להקטנת המדְרָךְ הסביבתי שלו: טיפול במי שפכים ומחזור שלהם (מקטין גם את עלויות הרחקת הקולחים), הקמת גג מכוסה צומח, שינוי שיטת שטיפת המכלים כדי לחסוך במים וזאת תוך הוצאת רוב החומרים הכימיים מהתהליך, החלפת דלק וחשמל במערכת סולרית (חיסכון של 50% בהוצאות חשמל), עיצוב בקבוקים מזכוכית דקה יותר (חיסכון), אספקת יין בחבית (חיסכון) וכך הקטנת עלויות ללקוחות, מחזור מוקפד של פסולת מסוגים שונים ביקב ופעילות חברתית וחינוכית עם הקהילה באזור.

סך הפעולות הללו ביקב ובכרמים יאפשר ליקב לעמוד בתקן לפעילות בת-קיימא על פי כללי לודי (Lodi Rules)⁹.

יש חקלאים המוכנים לנסות שיטות טיפול חדשות וגם להיות פעילים בקידומן במרחב גדול. אבי גולדשטיין מבנימינה הוא דוגמה לחקלאי כזה.

9 ראו: <https://tinyurl.com/vjtuxva>

במיזם משלם 85-120 ש"ח לרונם לפי הגידול. בהדרים, לדוגמה, משלמים 200 ש"ח לרונם, כי יש עשרה חודשי עבודה בפיקות. עבודתם העיקרית של הפקחים היא לנטר את כמות המזיקים ואת הרכבם ולקבוע, בהתאם לכך, את הטיפול הנדרש. הפקחים גם בוחנים את יעילות החומרים החדשים הנכנסים לשוק ההדברה. עם הזמן מתפתחת אבולוציה ביחסי הפקח-חקלאי לגבי החלפת חומרים ואופן השימוש, אבל ההחלטה הסופית היא בידי המגדל. לאחרונה נכנס גם ניטור של מועילים כחלק מהתפיסה האקולוגית של המיזם.

בנושא ההדברה יש בעיה אם הטיפול אינו כולל את כל המרחב הפיזי או את רובו, אבל הצטרפות החקלאים למיזם היא וולונטרית, ואין מנגנון שיכול לכפות הצטרפות על החקלאי הבודד. יש חקלאים שלא מצטרפים, כי הם משוכנעים שהם יכולים להסתדר בכוחות עצמם; יש חקלאים שמכניסים למיזם רק חלקות מדגם מהשטחים שלהם; יש חקלאים שמצטרפים למיזם ולמרות זאת מרססים, כי "קשה להם לישון בשקט בלי הריסוס". הטיפול נעשה יעיל יותר במקומות שחקלאים בודדים מטפלים ברוב החלקות, כדוגמת מושבים קטנים.

חקלאים מצטרפים למיזם היות שהמודעות להדברה ידידותית לסביבה ויעילה - עולה, או מכיוון שבעיות מסוימות התגברו בחלקות שלהם. יש גם השפעה של מגבלות יצוא ואיסור על שימוש בחומרים מסוימים. מצד שני, הטיפול הידידותי מחייב תשלום כספי לפני העונה, כדי שיתאפשרו התשלום לפקחים ורכישת אמצעי בלבול או הדברה של פריזבוב ים תיכוני. מבחינה כלכלית ופסיכולוגית נוח יותר לחקלאי לשלם בתשלומים לאורך העונה.

בתחילת המאה ה-21 נכנסו שיטות הדברה חלופיות לריסוסים. ראשית, השתדלו להוציא חומרים שהורגים מועילים לפי מידע שהגיע מחברת ביו-בי שבשדה אליהו (ראו פרק II). שנית, התחילו להשתמש בשיטת הבלבול (תכשירים מבוססי פרומונים שמשבשים רבייה). אבי מעורב גם בהתפתחות המקצועית של המיזם: הוא הוכיח באחת מחלקותיו ששיטת הבלבול מצליחה גם בשטחים קטנים, בניגוד לתפיסה המקצועית שרווחה עד אז. כמו כן, הוא הצליח לחסל תוך שנה כנימה קמחית

אבי הוא דור חמישי לחקלאים ממושב הברון. הסבא רבא שלו היה ממייסדי זכרון יעקב והסבא שלו ממייסדי בנימינה. אבי חי בבנימינה, ולמעשה ממשיך את הדרך של סבו ואביו על אותן אדמות ממש. הסב החל בגידול הדרים ושקדים באדמות המשפחה במערב בנימינה, ואילו אבי מגדל באותן אדמות ענבי יין ועצי פרי (אנונה, נקטרינה, אבוקדו, אפרסק).

כאשר התחיל לעסוק בחקלאות בשנות ה-80, ההדברה נעשתה בתיאום מלא עם מדריכי הגנת הצומח של משרד החקלאות. המדריך היה מגיע פעם בשבוע או שבועיים, והיה מתכנן ריסוס מונע (פרופילקטי) עם החקלאי (כך גם לגבי הדישון וההשקיה). בעיקרון, הריסוסים נעשו לפי תוכנית קבועה ("יומן"), בין אם היו מזיקים ובין אם לא. לחקלאים הייתה הרגשה שההדברה אינה מיטבית, והחקלאי היה צריך לקבל החלטות לא פשוטות כדי להגיע ליבול טוב ולפחת נמוך.

בתחילת שנות ה-90 נכנסה התבונה, על ידי מדריכי שה"מ, שיש לרסס רק בעת הצורך ולא לפי תוכנית קבועה מראש. באותו זמן ארגן חקלאי מגבעת עדה תקציב ממועצת הצמחים להעסקת פקח מזיקים, שיעקוב באופן מדויק על הנעשה בחלקה של 60 דונם. ב-1993/4 קמה ועדת מגדלים של חקלאים מבנימינה, גבעת עדה וזכרון יעקב, שגייעה תקציב ומימנה, יחד עם תקציב של מועצת הצמחים ותמיכות של משרד החקלאות ("קולות קוראים"), את עבודת פקח המזיקים. מדריכת משרד החקלאות נתנה ייעוץ מקצועי. השטח המפוקח הלך וגדל, ואבי מצא עצמו נשאר לניהול המיזם, בעיקר מתוך עניין אינטלקטואלי. בצעירותו העבודה במשק לא אפשרה יציאה ללימודים מסודרים, אך במהלך השנים אבי למד עצמאית תחומים שונים בחקלאות, ובעיקר הדברה ידידותית לאדם ולסביבה.

באמצע 2018 המיזם טיפל ב-6,000-7,000 דונם והעסיק 6-7 פקחים במשרה מלאה בהנחיית פקח ראשי, והוא נמצא במגמת התרחבות. הצוות מטפל במרחב שבין שפיים וחוף הכרמל בחלקות של חקלאים שהצטרפו למיזם. התקציב השנתי של המיזם הוא 600,000 ש"ח, והתמיכה של משרד החקלאות הצטמצמה ל-50,000 ש"ח (בתחילת הדרך היא כיסתה 50%); מגדל המשתתף



צילום: אלבטרוס

שמעבירה וירוס קטלני לגפנים באחד הכרמים שלו על ידי שימוש משולב בצרעה טפילית ובחיפושית טורפת.

המיזם קיבל לאחרונה את השם "המיזם להדברה ידידותית לאדם ולסביבה", ומעבר להרחבת שטחי פעולתו ולניטור המתמשך של נוכחות מזיקים כולל הפריזבוב, הוא נכנס לעידוד טריפות של תנשמות ועטלפי חרקים ולפיתוח מערכות ניהול מבוססות טלפון חכם להעברת מידע בתוך המיזם ובין החקלאי והפקח והחקלאי והתושבים (גולדשטיין, ריאיון, 2018).

לסיכום, כדי שהחקלאי יגיע להחלטה לאמץ שיטות וגישות אגרו אקולוגיות עליו להיחשף אליהן - בין אם באמצעות אסדרה, באמצעות הדרכה, דרך עמיתיו או דרך מקורות מידע אחרים. עם זאת, בפני החקלאי המבקש ליישם ממשק אגרו-אקולוגי בחלקותיו ניצבים לא מעט קשיים; חלק מהם אישיים - גיבוש ביטחון מקצועי ב"צדקת הדרך" ובהצלחה העתידית, וחלק מהם מערכתיים - ליווי מקצועי תומך ותמריצים כספיים, בעיקר תוך כדי השינוי עצמו. תפקידה של המעטפת האנושית - השכנים הסמוכים והקהילה המקצועית - מודגש בדוגמאות מהארץ והעולם. בישראל יש ציפייה להגדלת התמיכה מצד גורמי ממשל, והגדלה כזו מסומנת כגורם העיקרי בהצלחת ההסבה, אולם ישנם סיפורי הצלחה שהתחוללו בעקבות יוזמות מקומיות, לעיתים מתוך דיאלוג עם בעלי דעה דומה בארץ או בעולם.

פרק VII. טיפול בפסולת בחקלאות הקונבנציונלית

סביבתיות, אך בעיקר משום שהיא מודל לשינויים אגרו-אקולוגיים אפשריים בישראל.

נתוני רקע

בישראל מיוצרות מעל 5.6 מיליון טונות פסולת חקלאית מדי שנה. (ראו פירוט בטבלה VII-1).

טבלה VII-1. מקורות הפסולת החקלאית וכמויותיה (טונה חומר רטוב¹ לשנה) (צפירי גרינהוט, האגף לאגרו-אקולוגיה, משרד החקלאות, מידע בע"פ)

זבל בעלי חיים	4,450,000
פגרי בעלי חיים	48,829
תוצרי לוואי מהצומח	1,059,211
תוצרי לוואי אי-אורגניים	30,000

חלקי צמחים או שאריות גידולים, בעיקר רב-שנתיים ועודפי פירות שלא משווקים, הם פסולת ישירה של החקלאות הצמחית (ראו טבלה VII-2). באתר המשרד להגנת הסביבה² מוגדרת פסולת זו כ-"פסולת המתקבלת בענפי הצומח בחקלאות, והיא כוללת חלקי צומח שונים. חלק מהפסולת הצמחית אינו נצבר אלא מתכלה באופן טבעי, לדוגמה שאריות מגידול תבואות או ירקות בשטחים פתוחים, אשר נותרים בשדה ומוצנעים לתוך הקרקע. שאריות צמחיות הופכות לפסולת הדורשת טיפול כאשר הן נצברות בשטח ועלוות לגרום למפגעים סביבתיים. סך ייצור פסולת צמחית נאמד בלמעלה מ-330 אלף טונות חומר רטוב בשנה."

טבלה VII-2. כמויות הפסולת הצמחית הישירה לסוגיה (טונה חומר רטוב לשנה) (נתונים - גרינהוט, מידע בע"פ)

גדמי עקירות עצי פרי וכרם	248,221
גזם מטעים שנתיים ³	364,213
גזם מבתי צמיחה	308,383

העשייה החקלאית לא נגמרת בשדה או במטע ולא במוצר המגיע לשולחנו של הצרכן. לאורך הדרך נוצרים תוצרי לוואי שאינם חלק ממעגל הצריכה, וגם עודפים של תוצרת חקלאית שהחקלאי צריך להיפטר מהם. בפרק זה נדון בסוגי הפסולת השונים הנוצרים במהלך העשייה החקלאית ובדרכים שהחקלאי מטפל (או אמור לטפל) בהם. היות שנושא זה חורג, פעמים רבות, מיכולת הביצוע של החקלאי הבודד, על הרשויות, בעיקר האזוריות והלאומיות, להתערב ולסייע. ננסה להציג כאן את תמונת המצב של הטיפול בפסולת החקלאית בישראל.

תוצרי הלוואי של העשייה החקלאית יכולים להיות פסולת חקלאית צמחית (שאריות צמחים), פרי שלא נקטף או לא שווק, ורכיבים מלאכותיים, כמו יריעות פלסטיק של חממות או אריזות של חומרי הדברה (לעיתים עם שאריות חומרי הדברה). המאפיין המשותף לכל אלה הוא שהם נוצרים או מצטברים במהלך הייצור החקלאי, ואף על פי שיש חקיקה ראשית או חוקי עזר האוסרים להשליך פסולת ברבים, במקרים לא מעטים אין עבורם מנגנוני טיפול ופתרונות ישימים - טכנולוגית או כלכלית. לא פעם חסרה תשתית טיפול מתאימה לפסולת חקלאית או שאין מנגנוני אכיפה של התקנות והחוקים. זאת ועוד, הגישה האגרו-אקולוגית הדוגלת במחזור פסולת שהמשק מייצר לא באה לידי ביטוי מלא בחקלאות הישראלית.

ספר זה מתמקד בחקלאות הצמחית, ולכן לא עוסק במכלול הפליטות וההפרשות של בעלי חיים, למעט אלה הקשורות באופן הדוק לחקלאות הצמחית. מביניהן, ליבל (פרש) שנוצר בלול וברפת החלב יש באופן מסורתי מקום של כבוד בחקלאות, היות שהוא מקור דישון (חומר אורגני וחומרי הזנה) זמין וחשוב מאין כמוהו (ראו סיפור הבאת פרת החלב הראשונה לישראל, שהופיע בפרק II, עמ' 32). עם זאת, פליטות הרפת והלול יוצרות, בהיעדר טיפול, בעיה סביבתית קשה. הרפורמה ברפת החלב בישראל התמודדה בהצלחה ניכרת עם חלק מבעיות אלה. נרחיב בהמשך הפרק על רפורמה זו גם בגלל הצלחותיה בפתרון בעיות

1 פסולת צמחית, ועוד יותר מכך זבל בעלי חיים, הם תוצרים ביולוגיים המכילים כמות גדולה של מים שמתנדפים במהירות, לכן המשקל הרטוב שלהם יורד עם הזמן.

2 <https://tinyurl.com/ve7f8et>

3 למעשה, אין לכלול את הגזם בטבלת 'פסולת', כי הוא תוצר לוואי שעל פי רוב הופך לחיפוי קרקעי במטע עצמו. כלומר, זהו תוצר לוואי עם ערך מוסף ולא פסולת עם קוונטציה שלילית או ערך שלילי.

פסולת צמחית (גרינהוט, ריאיון, 2018). בארץ לא קיימים עדיין מתקנים כאלה, אולם המשרד להגנת הסביבה מקדם את רכישתם כדי להקטין את עומס ההטמנה.

בתיחילת 2009 יצאה הנחיה⁴ משותפת מטעם משרד החקלאות והמשרד להגנת הסביבה בדבר **איסור שרפת גזם**. הנחיה זו נשענה למעשה על החוק למניעת שרפות גזם בשדות (1949) שלא נאכף כמעט עד אז. הסיבה המרכזית להוצאת הנחיה הייתה זיהום אוויר, בעיקר בדיאוקסינים - חומרים הפוגעים במערכות הנשימה של ילדים וקשישים, ולצידה מספר סיבות משניות כמו מטרדי עשן וריח, פליטה של חומרים רעילים (למשל שרידי חומרי הדברה) או סכנת התפשטות שרפות במרחב היבש. שרפות מסוג זה מוסיפות לפליטות שליליות לאטמוספירה דבר שהמדינה התחייבה למזער. מצד שני, היעדר טיפול בערמות גזם יכול לגרום להתפשטות מחלות צמחים או למפגע נופי ואסתטי (גרינהוט ואחרים, 2015). ההנחיה גובתה בעונשי קנס (עד מאות אלפי ש"ח) ובמבצעי אכיפה של פקחי המשטרה הירוקה (הגנת הסביבה) והפיצו"ח (פיקוח חי וצומח - משרד החקלאות). ברוב העולם אין איסור גורף על שרפת גזם. בארץ הוקם מפעל לכופתיות להסקה מפסולת עצה, אבל הוא לא משתמש בחומר חקלאי, אלא רק בפסולת מגינון עירוני (גרינהוט, ריאיון, 2018).

האסדרה של שרפת הגזם נמצאת בידי משרד החקלאות. המשרדים המחוזיים מנפקים אישורי שרפה במקרה שהדברת מחלה מחייבת זאת, על פי רשימת גידולים ופגעים מוסכמת. נקבע גם שהחלופה הנכונה עבור החקלאים היא שימוש בקיצוץ הגזם וריסוקו לשם ניצולו כחיפוי קרקע (ראו פרק III, עמ' 88). להשלמת הפעולה הוקצה תקציב משותף למשרדי הגנת הסביבה והחקלאות לסיוע ברכישת **מרסקות** על ידי החקלאים (ראו ריכוז תקציבים ותמיכות בפעולות אגרו-אקולוגיות, פרק VIII, עמ' 246). המשרד להגנת הסביבה דיווח כי "בשיתוף פעולה בין המשרד להגנת הסביבה לבין משרד החקלאות התבצע בשנים 2006-2011 פרויקט לרכישת מרסקות **גזם למטעים**. במסגרת הפרויקט נרכשו 488 מרסקות גזם, בהשקעה מאושרת כוללת של כ-12.5 מיליון ש"ח, מתוכם מימנה המדינה 50%. כתוצאה מהפרויקט הורחבה

צמחי המטע והכרם נגזמים מדי שנה - ולעיתים נעקרים במלואם - ומוותרים פסולת מעוצה בכמויות ובנפחים גדולים. פינוי הפסולת דורש מאמץ, ויש לו עלויות משמעותיות עבור החקלאי הבודד. אין פלא אפוא שהדרך המסורתית להיפטר מחומרים אלה הייתה לשרוף אותם בקרבת החלקה. היו גם שראו בשרפה זו פעולת מחזור, שכן אפשר להצניע את האפר באדמה החקלאית ולטייב אותה (באשר לשרפה ראו בהמשך הפרק).

המדיניות של שני המשרדים המעורבים בנושא - החקלאות ופיתוח הכפר והגנת הסביבה - בעניין הפסולת החקלאית היא שיש להימנע ככל הניתן מהטמנתה במטמנות לפינוי אשפה, הן כדי לחסוך מקום באתרי ההטמנה ובעיקר בגלל ערכה הפוטנציאלי כמשאב בשימוש משני: דשן לקרקע, מזון לבעלי חיים או מקור לאנרגיה ירוקה ולחימום (גרינהוט ואחרים, 2015).

חלופה אפשרית לטיפול בכמויות גזם גדולות שלא משמשות לחיפוי היא להשתמש בהן כרכיב אורגני בתעשיית **הקומפוסט** שיש לו יתרונות רבים בהקשר האגרו-אקולוגי (ראו פרק II, עמ' 39-41). המקור העיקרי של פסולת צמחית לתעשייה זו הוא פסולת גינות. אומנם, גם בתהליך ייצור הקומפוסט עלולות להתעורר בעיות סביבתיות, למשל זיהום מים בקרקע בתמיסות מזהמות, אולם ביצוע מוקפד של הקומפוסטציה ימנע את הבעיות (אוסטרובסקי וקוצר, 2011).

מקור אחר לפסולת צמחית חקלאית הוא **החומר העשבוני** (צמחי ירקות ופרחים חד-שנתיים הנותרים אחרי הקטיף והאסיף). הטיפול המסורתי בפסולת זו היה יצירת ערמות בשולי השדות ושרפת החומר הצמחי אחרי התייבשות. השארת חומר זה בסמיכות לשדות יכולה לגרום להפצת מחלות לגידול הנוכחי. לעיתים יש הובלה של החומר הצמחי לשדות של גידולי שדה והצנתו לשם טיוב הקרקע. כדי למחזר את החומר במפעלי קומפוסט יש לקצוץ אותו, להפריד רכיבים לא צמחיים (בעיקר חוטים המאפיינים גידול בחממות ובתי צמיחה) ולהוביל אותו לאתרים מסודרים. הפעולות האלה יקרות עבור רוב החקלאים. במדינות רבות ישנם מתקנים להפקת אנרגיה מכל מקור פסולת, כולל

4 לנוסח הנחיה ראו - www.moag.gov.il/yhidotmisrad/dovrut/publication/2008/Pages/isur_srefot_gezem.aspx

תמונה VII-1. אתר להכנת קומפוסט

סביבתי (ראו הצעה לנוהל טיפול בגדמי עצים⁷). עצי מטע, הדירים ואבוקדו המבוקשים מאוד בתעשיית הפחם, הוחזרו לפקודת האילנות, ויש לקבל היתר מיוחד לכרות אותם. תקציב של כ-6 מיליון ש"ח הועמד לטיפול בגדמים ולהקמת מפחמות ידידותיות לסביבה. נוסף על כך, הובטחה תמיכה בסך של 26 מיליון ש"ח בשנה להקמת מתקני קצה לייצור כופתיות עץ לאנרגיה, אולם בפועל המתקנים הללו לא קמו עד היום עבור עץ שמקורו חקלאי.



צילום: ענת לווינגרט

מאד הפרקטיקה של ריסוק הגזם במטע ופחתו המפגעים הסביבתיים שנבעו משרפת גזם⁵.

בישראל יש 14 מתקנים מאושרים המתמחים בהכנת קומפוסט (ראו תמונה VII-1). המתקנים מחויבים ברישיון עסק ובעמידה בהוראות תו התקן הישראלי לקומפוסט. משנת 2014 פועלים גם שני מתקנים (גלעם במענית וגן שמואל מזון) המפיקים אנרגיה ממקורות צמחיים מעוצים⁶. הם מקבלים את חומרי הגלם בעיקר מפסולת עירונית (גינון), אך יכולים גם להשתמש בפסולת חקלאית (גרינהוט ואחרים, 2015).

שימוש אחר בפסולת עץ חקלאית הוא ייצור פחמי עץ לגריל, המפחמות - בעיקר הפיראטיות הפועלות בשומרון - גורמות זיהום אוויר כבד, וחלק מהגזים הנפלטים מהן נחשבים למסרטנים. משרדי הממשלה הרלוונטיים (החקלאות והגנת הסביבה) יחד עם משרד האוצר והמנהל האזרחי ביהודה ובשומרון חברו כדי להסדיר את נושא הכריתה וההובלה של העץ. עודכנו תקנות פקודת היערות, תוקנו תקנות לרישוי, כריתה והובלה, נקבעו קנסות לעבריינים, הוצעו חלופות לפינוי העצים וחלקיהם (תמיכה כספית בריסוק במקום) והוצעו תמיכות למי שרוצה לטפל בעניין באופן

פסולת עקיפה מהחקלאות הצמחית

פסולת עקיפה מתייחסת לזיהומים הנגרמים על ידי עיבוד תעשייתי כלשהו של הגידול החקלאי הצמחי. דוגמה טובה לנושא זה היא העקר הנפלט מבתי בד במהלך הפקת שמן הזית, בעיקר בתהליך התלת-פאזי שנפוץ בארץ ושבהמלכו משתמשים במים להפקת השמן. העקר הוא הנוזל הנשאר בתהליך הסחיטה אחרי הפרדת המוצקים (גִּפְת) והשמן, והוא עתיר חומרים אורגניים קשים לפירוק (פְּנּוּלִים, טְנִינִים, חומצות שונות ועוד). הזרמת הנוזל לנחלים גורמת נזק אקולוגי למערכות הטבעיות ולמי התהום (רדאי, 2018). חומרים אלה גם מקשים על הטיפול בעקר במכוני טיהור שפכים (מט"שים), כי הוא פוגע במערכת הפירוק המבוססת על חיידקים. בעבר בעונת הפקת השמן (סתיו) היו מגיעות למט"שים כמויות גדולות של מי עקר והמכונים קרסו. מט"ש כרמיאל, למשל, הממוקם בלב אזור עתיר בתי בד, קרס כל שנה. כתוצאה מכך זיהמו מי המט"שים את נחלי הגליל המערבי (אשכנזי, 2014).

המשרד להגנת הסביבה, רשות המים ומשרד החקלאות נקטו פעולה משולבת לטיפול בבעיה, והמשרד להגנת הסביבה הוציא הנחיות לפיזור עקר⁸. ראשית אותרו שטחים חקלאיים, דרכים חקלאיות ושטחי קק"ל שניתן לפזר עליהם את העקר, ונקבעו הכמויות שלא יגרמו לבעיות בחלקות עצמן (6 קוב עקר לדונם) (ראו תמונה VII-2). ברור שזהו פתרון לטווח המיידי כל עוד לא קיים פתרון אחר, ובינתיים נמשך החיפוש המתמשך אחר פתרונות בני-קיימא ארוכי טווח.

5 ראו דיווח - <https://tinyurl.com/rz8u8yq>

6 המתקנים אמורים להיות מחוברים בקרוב לרשת הגז הטבעי הארצית. כאשר זה יקרה, הם כנראה יחדלו לתפקד כיצרני אנרגיה ירוקה מפסולת אורגנית (אילן צדיקוב, מנהל תחום פרויקטים [תשתיות] במשרד להגנת הסביבה, מידע בע"פ).

7 ראו: <https://tinyurl.com/w3heeeo>

8 ראו: <https://tinyurl.com/tuk97ad>

תמונה 2-VII. פיזור עקר במטעים (לאור, 2016)



צילום: יעל לאור

תמונה 3-VII. מכון טיהור שפכים (מט"ש) כרמיאל



תוכנית להפחתת עודפי גידול ולצמצום אובדן התוצרת, לרבות על ידי ניצול מיטבי של העודפים. הטיפול השוטף בעודפי תוצרת חקלאית אף לא נמצא באחריות מחלקה כלשהי במשרד החקלאות". (מבקר המדינה, 2015)

סקר מקיף שערך ארגון "לקט ישראל" האוסף שאריות מזון עבור נצרכים, בשיתוף משרד רואי חשבון BDO זיו האפט, העריך את "סך היקף אובדן המזון בישראל ב-2.4 מיליון טונות, בשווי של 19.5 מיליארד ש"ח, שהם כ-33% מהיקף ייצור המזון בישראל. מתוכם אובדן של מזון בר-הצלה, כלומר מזון הראוי למאכל, בהיקף של כ-1.2 מיליון טונות ובשווי של 8 מיליארד ש"ח" (לקט ישראל ו-BDO זיו האפט, 2016).

במסגרת מיזם של נקודת ח"ן נבחן אובדן המזון לאורך שרשרת הייצור והשיווק תוך ניסיון לכמת תהליך זה (קוצר ואחרים, 2015). "פחת" הוגדר על ידי עורכי המחקר כירקות או פירות שיועדו למאכל אדם ואבדו לפני השימוש על ידי הצרכן. הם מצאו שכ-1.6 מיליון טונות של ירקות ופירות מושלכים לפח האשפה או נשארים בשדה מדי שנה ואינם נאכלים. כלומר, כ-43% מכלל התוצרת של הירקות והפירות אובדים בדרכם לצרכן או אצל הצרכן עצמו.

המשרדים העמידו בשנים האחרונות גם תקציב לסבסוד הטיפול בעקר: תשלום לביוביות שירוקנו את מכלי העקר בבית הבד ויסיעו אותו ליעדים מוסכמים; הכשרה מקצועית לקבלני הטיפול; איתור שטחים לפיזור עקר; פיקוח וניטור. פעולה זו התבצעה יחד עם המשטרה הירוקה, רשות הטבע והגנים ותאגידי המים והביוב (רדאי, 2018). התוצאה הסופית הייתה שמט"ש כרמיאל לא קרס ב-2017, לראשונה מאז 2004. התקציב שנדרש לשיקום מט"ש שקורס היה, קרוב לוודאי, גדול יותר מההוצאות הישירות של הפעולות בשטח.

פחת תוצרת חקלאית

מעל 8 מיליון טונות של ירקות ופירות גדלים בישראל בכל שנה, ורובם משווקים לצריכה מקומית. לצערנו, חלק ממאגר תזונתי חשוב זה אובד בדרך מהשדה לצרכן: חלק נשאר בשדה, חלק מתקלקל בדרך למשווקים, וגם אצל המשווקים והצרכנים יש פחת גדול.

מבקר המדינה בחן ב-2015 את נושא אובדן המזון בישראל וכתב: "כמה מדינות, ביניהן הולנד ובריטניה, גיבשו תוכניות ממשלתיות להפחתת בזבז המזון, ובמסגרתן מדדו או אמדו את כמויות המזון האובד והציבו יעדים להפחתתן. בישראל לא נאמדו עד כה כמויות המזון האובד בשרשרת הספקת המזון מהיצרן לצרכן והנושא בכללותו לא זכה להתייחסות משמעותית מטעם גופי השלטון... משרד החקלאות לא גיבש

9 **שרשרת הערך** - כלי לניתוח תהליכי ייצור בארגון או חברה. הוא מציג באופן מסודר את שלבי הייצור לפי הסדר הנכון. על פי רוב, כל שלב מוסיף ערך למוצר המתהווה.

בתהליך השיווק או המכירה, כך שלצרכן יהיה מושג ברור מה הוא קונה ומה יהיה טווח השימוש בו. כדי להרחיב את חלופות השיווק העומדות בפני החקלאים ולאבד פחות סחורה הם ממליצים לממשלה לזרז את הקמתו של השוק הסיטונאי.

בישראל ישנם כ-110,000 בתי אב המוגדרים כסובלים מ"חוסר ביטחון תזונתי" בדרגה חמורה, כלומר מתקשים להבטיח את איכות המזון וכמותו ומצמצמים את צריכתו. הצוות ממליץ להקים מערכת דיווחים ארצית שתקלוט דיווחים מצד מחזיקי העודפים ותכוון אותם, על בסיס שיקולים נוספים של כדאיות והתאמה, לארגוני צדקה (כמו למשל "לקט ישראל") שיאספו את העודפים ללא תמורה ויעבירו אותם לנזקקים. לצורך זה ייקבע סף דיווח, שמעליו יחויב כל מי שמחזיק בעודפים לדווח למערכת.

העניין הציבורי בנושא אובדן מזון הביא את משרד החקלאות ליזום סקר כמותי מפורט ששימש בסיס לניתוח הנושא (פורת ואחרים, 2016). בחרתי להביא את מסקנות הדו"ח כלשונן:

"הפחת בפירות ובירקות טריים בישראל חל בשלושה שלבים עיקריים:

1. פחתים בשלב הקטיף בגלל בעיה של עודפי ייצור וחוסר כדאיות כלכלית.
2. פחתים במהלך האחסון ושרשרת השיווק.
3. פחתים בבית הצרכן.

בכל הירקות שבדקנו מצאנו פחת ניכר של 10-25% בשלב הגידול הנובע מחוסר כדאיות כלכלית באיסוף הירקות ושיווקם.

במספר גידולים, ביניהם פרי הדך, עגבניית שרי ותפו"א, יש פחת של בין 9-13% בבתי האריזה עקב אי עמידה בסטנדרטים של איכות.

נוסף על כך, הם מיפו את הנקודות שנוצר בהן הפחת לאורך שרשרת הערך⁹ מהחקלאי לצרכן. מיפוי זה העלה כי רוב הפחת נוצר בתחילת השרשרת - אצל החקלאי (כ-10.5%) ובסופה, אצל הצרכן - כ-22% מכלל הייצור או כ-34% מהצריכה בחנויות. בחישוב הפחת אצל הצרכן נמצא כי פסולת הירקות והפירות המדוברת הסתכמה ב-834,000 טונות לשנה.

הם מציעים להבחין בין אובדן מזון לבזבזו. בעוד האובדן הוא בלתי נמנע, את הבזבז אפשר למנוע או לפחות לצמצם. יש להדגיש זאת במיוחד בתקופתנו, שהשפע הכלכלי היחסי בה יכול לגרום להמעטה בערכם של מוצרי צריכה בסיסיים. הסיבות המרכזיות לאובדן של ירקות ופירות הן יכולת שימור גרועה, ערך כלכלי נמוך ביחס להוצאה השוטפת, יחסי הכוחות בשוק ופערים בחקיקה ובתקינה.

המלצת הצוות היא להטיל את האחריות לשימור התוצרת החקלאית על משרד החקלאות, ולמנות גורם שיעסוק בכך. תפקידו של גורם זה יהיה לפעול לצמצום הפחת לאורך שרשרת הערך ולסייע בהכוונת העודפים של התוצרת החקלאית לשימושים נוספים. כדי להגדיל את נתח הפירות והירקות המגיע לשווקים עורכי המחקר מציעים לתקן את חוק קידום התחרות בשוק המזון. התיקונים המוצעים הם שקמעונאים גדולים יחויבו לרכוש ירקות ופירות משלושה ספקים לפחות, שחלקו של ספק לא יפחת מ-20% מהרכש, וכן שייאסר על קמעונאי גדול ועל סיטונאים בשוק הירקות והפירות לדחות תוצרת חקלאית שהוזמנה על ידם ועומדת בתקן הבסיסי.

הם מציעים גם לחייב לכלול את המידע המאפיין כל סוג של ירקות או פירות, בעיקר לגבי שלב ההבשלה

תמונה 4-VII-4. עודפי תוצרת חקלאית (או אובדן מזון)



איכות או נזקים בקטיף ובאחסון.

בשלב ההפצה (סיטונאים ומרכזים לוגיסטיים) נאמד שיעור הפחת הממשי ב-10%-2, פחת שלא מתקבל על ידי המפיץ ומשווק לשווקים חלופיים.

תרומות ומעשרות מהווים כ-1% מהתוצרת.

חשוב לציין ששינוי משמעותי בתחום זה חייב לקרות גם אצל הצרכנים. על הציבור להבין את המשמעות של בזבז ופחת (חיסכון בעלויות ייצוק, הורדת מחירים, חיסכון במים ועוד) וכך צרכנים יוכלו לקבל החלטות אישיות המניעות התנהגות שונה. הפתרונות הטכנולוגיים והלוגיסטיים הם תוספת משנית לעניין. יש תקדימים לשינויים מסוג זה באירופה המערבית¹⁰.

פרש בעלי חיים

באתר המשרד להגנת הסביבה, תחת הכותרות "אגרואקולוגיה" ו-"פסולת חקלאית"¹¹ מוגדר פרש בעלי חיים כך: "פסולת פרש בעלי חיים (זבל בעלי חיים) כוללת הפרשות בעלי החיים המגודלים במשק החי, בצורתן הטבעית, או בעירוב עם חומרי ריפוד. רוב פסולת הפרש מתקבלת במכלולים לגידול בעלי חיים - רפתות, לולים, דירים, וכדומה. בהתאם, ממינים את פסולת הפרש לסוגיה על פי מקורה. הפרש מהווה את המרכיב העיקרי בפסולת החקלאית בישראל."

מפני שהפרש רטוב, מקובל לבטא את כמותו ביחידות נפח - מטרים מעוקבים (מ"ק) ולא במשקל. סך כמות הפרש השנתית מכל משק החי במכלולים הללו נאמדת בכ-8.5 מיליון מ"ק שהם כ-5 מיליון טונות חומר יבש¹². המשקל היבש הוא כ-40%-15 מהמשקל הרטוב, תלוי בסוג בעל החיים, בעונה ובתנאי הגידול (צדיקוב, ריאיון, 2018). הפרש מהרפת מגיע למאצרה (מקום אחסון עד פינוי) וממנה מובל להמשך הטיפול. משקלו נמוך בהרבה מזה שהיה בתחילת התהליך בגלל תהליכי התייבשות. הפינוי מהמאצרה נעשה אחת ל-1-6 חודשים לפי גודלה.

במספר גידולים כגון עגבנייה, מלפפון ובננה, ניתן להצביע על פחת בשיעור של 15-17% ברשתות השיווק.

במרבית הגידולים מסתכם שיעור הפחת מהקטיף עד השיווק הקמעוני ברשתות השיווק ב-22-34%.

הפחת הגדול ביותר הוא בעגבניות שרי.

פחת של 15-20% נמצא בירקות בשלב הקטיף (ידני). בקטיף המכני של תפוזים כמעט ולא היה פחת.

הסיבות העיקריות לפחת בירקות הן חוסר כדאיות כלכלית (מחיר נמוך) או מדדי איכות.

הפחת שדווח בפירות נאמד ב-12%-3. הסיבות העיקריות כוללות נזק מכני, ריקבון או פגעי טבע ואי עמידה במדדי איכות.

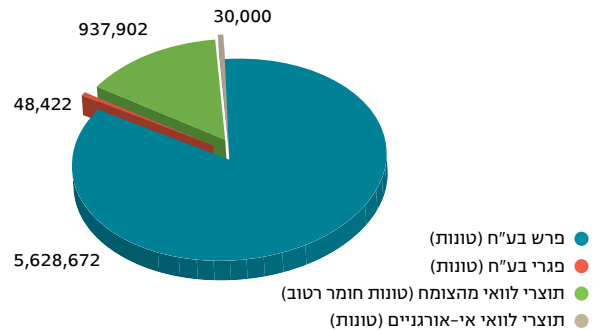
בשלב האריזה (והמיון) שיעור הפחת בירקות נאמד ב-12%-0; שיעור הפחת בפירות נאמד ב-10%-4. הסיבות הראשיות הן אי עמידה במדדי

10 ראו הרחבה על הנושא בכתבה של זווית - <https://tinyurl.com/throw-zavit>

11 ראו: <https://tinyurl.com/yx65ddfz>

12 את החומר הרטוב מבטאים במ"ק היות שתכולת הנוזלים בו גבוהה. את החומר היבש מבטאים בטונות.

איור VII-1. הרכב כמותי של הפסולת החקלאית בישראל (גרינהוט ואחרים, 2015)



צילום: אבי פרבולוצקי

מרכזי ייעודי - היא דרך הטיפול היעילה ביותר. יש לזכור שכיום מעל ל-50% מהפרש של בעלי חיים לא מטופלים כלל (גרינהוט ואחרים, 2015).

מבחינת המשרד להגנת הסביבה, החלופה לקומפוסטציה היא מתקני הביוגז. מדובר בשלושה מתקנים גדולים (הממוקמים בגולן, בעמק חפר ובתימורים) שקולטים את הזבל מהסביבה, מתסיסים אותו ומספקים תנאים טובים לפירוק אל-אווירני. במסגרת התהליך החיידקים מפרקים 30% מהחומר האורגני והופכים אותו לביוגז, וממנו מפיקים חשמל. בתהליך 'עיכול' זה מפרידים ראשית בין הפאזה הנוזלית למוצקים. הנוזל מלווה ועתיר מינרלים לא רצויים, אך יש בו גם חומרי הזנה, ולכן הוא מפוזר בשדות. מבחינת החקלאים עומדת הכנסה מרווחי המתקן שהם שותפים בו מול החובה לקלוט בשדות את פליטות המתקן, היות שהתכולה הגבוהה של המלחים מונעת את הטיפול בו במט"ש רגיל. אם הפיזור בשדות נעשה נכון, הבעיה שיוצרים המלחים לגידולים קטנה. המוצקים הנוצרים בתהליך טובים מאוד כמצע לגידול בחממות, ונמכרים במחיר גבוה יחסית (צדיקוב, ריאיון, 2018).

המאזן הכלכלי של מתקני הביוגז אינו סגור, בין השאר כי עלות החשמל המיוצר בהם יקרה יותר מעלות חשמל המיוצר מפחם, וכן מאחר שלהקמתם ולתפעולם נדרשים תמיכה ממשלתית והסכם ארוך טווח (20 שנה).

ענף הלול מוסיף עד כ-1,900,000 מ"ק פרש, וסך כל בעלי החיים בארץ מייצרים כ-8.5 מיליון מ"ק פרש גולמי (גרינהוט ואחרים, 2015). מבחינה כמותית, פרש בעלי חיים הוא מקור הפסולת החקלאית המרכזי שיש להתמודד איתו.

הפרשות בעלי חיים עתירות בחנקן ובחומר אורגני, ויכולות להוסיף יסודות וחומרי הזנה לשדה החקלאי כחלופה לדישון כימי (ראו "דישון ירוק" בפרק II, עמ' 38), אך הן גם **מטרד סביבתי וסיכון בריאותי**. טיפול לקוי בפרש יכול להביא להתפשטות ריחות רעים¹³, להתפתחות זבובים או לזיהום קרקע ומים (גרינהוט ואחרים, 2015). לכן: "עמדת המשרד להגנת הסביבה היא איסור שימוש בפרש טרי, לא מטופל, לפי חוק רישוי עסקים - גידול בעלי כנף ובקרה המשרד מתיר שימוש בפרש מטופל בלבד. כלומר, המשרד מאשר שיטות כמו קומפוסטציה, הפקת אנרגיה מפרש, קלטור" (אתר המשרד להגנת הסביבה)¹⁴.

ישנן טכניקות טיפול מגוונות בפרש בעלי חיים: **פירוק אווירני** (אירובי) ויצירת קומפוסט, **עיכול אל-אווירני** (אנאירובי) (התססה במכלים סגורים - **יצירת ביוגז לאנרגיה**), **פסטור בחום**, **שרפה להפקת אנרגיה**, **פיזור ישיר** בשדות (גרינהוט ואחרים, 2015). בר-אור (2013) מדגיש את הסכנות שבשימוש בפרש בעלי חיים לא מטופל, וטוען שקומפוסטציה - פירוק ביולוגי במתקן

13 חשוב לציין בהקשר זה את השינוי התרבותי-ערכי שעבר הציבור בישראל מימי פריחת החקלאות, כאשר "ניחוח הזבל וריח חציר" היו מאפיינים מקובלים, ועד לימינו. כיום המאפיינים הללו נחשבים מטרד סביבתי.

14 ראו: <https://tinyurl.com/sqc8zh9>

תמונה VII-6. מתקן ביוגז בתימורים לטיפול בזבל מהרפתות



צילום: צפיר גרינהוט

אורגני (בממוצע פחות מ-2% חומר אורגני ליחידת נפח ברוב שטחי הארץ), אבל מבחינה כלכלית, ענפי חקלאות שונים יכולים להרשות לעצמם מוצרי דישון שונים. מגדלי ירקות מסחריים יכולים לעמוד במחיר של קומפוסט איכותי, אבל מגדלים אחרים לא. על פי רוב, הרווחים בענף הפלחה נמוכים ואינם מאפשרים שימוש בקומפוסט, ולעיתים גם דישון כימי "לפי ההוראות" יקר מדי; במקרה זה הצנעה ישירה של זבל לא מטופל יכולה להיות פתרון בלעדי לטיוב הקרקע.

ב-2009 הוקם "פורום אורגני" על ידי עמותת "אדם טבע ודין" כדי לבחון את הדרכים הנכונות לטפל בפסולת אורגנית בישראל. אנשי הפורום היו אנשי פסולת ומחזור בעמותה, חוקרים, אנשי משרד החקלאות והמשרד להגנת הסביבה, עובדי רשויות מקומיות ותעשיינים הקשורים לתחום. היה קונצנזוס מלא בין המשתתפים לגבי החשיבות של ניצול הפסולת האורגנית לסוגיה בחקלאות וזאת למען טיוב הקרקע, שיפור משק המים, הגדלת הפעילות האקולוגית בקרקע, הגדלת הזמינות של חומרי ההזנה וצמצום השימוש בדשנים כימיים על השפעותיהם המזיקות לסביבה (הפורום האורגני, 2009).

טיוב קרקע חקלאית בפרש בעלי חיים, שהוא נושא מרכזי באגרו-אקולוגיה בעולם, אך בארץ הוא נמצא עדיין בדיון ואין לגביו הסכמה בין שלושת המשרדים - החקלאות, הבריאות והגנת הסביבה. בשלב זה, בהיעדר הסכמה, יש "ואקום באסדרה", ובמשרד להגנת הסביבה משתמשים בחוקים עקיפים, כמו חוק הניקיון, כדי למנוע פיזור ישיר בשדה. מאידך גיסא, יש לא מעט שינוע של זבל ישירות לשדות בלי פיקוח או אישור, בעיקר בענף הלול.

הרפורמה במשק החלב מחייבת את הרפתנים לסלק באופן מסודר פרש הנאצר ברפתות, ולכן השימוש בו כחומר הזנה נעשה רלוונטי. עם זאת, הרווח הכלכלי שבצידו קטן, משום שעל היוגב לרכוש את הזבל מגורם חיצוני שאחראי על הטיפול בו ולהובילו לשדה. הדס ושותפיה (2008) הראו שפינוי זבל רפתות הישר מהרפת לשדות קרובים כדאי כלכלית לרפתן וליוגב בהשוואה לאופציית הפינוי למתקן ביוגז ורכישת זבל מעוכל או קומפוסט דרך גורם חיצוני. לדבריהם, הביקוש לזבלים אורגניים בישראל עולה במידה


משרדי החקלאות, הבריאות והגנת הסביבה טרם הסכימו על נוהל משותף לגבי פיזור פרש בשדות, וזאת על אף ניסיון מצטבר בעולם והסכמה בדבר תקרה של עומס חנקן וזרחן ביחידת שטח. המשרד להגנת הסביבה אוסר על פיזור זבל לא מטופל בשדות להעשרת הקרקע, ודורש, שמלבד זבל שעבר קלטור¹⁵ ברפת, כל הזבל יועבר למתקני טיפול (ביוגז או קומפוסטציה). המשרד רואה בזבל מקולטר זבל מטופל, כלומר זבל שעבר תהליך של ייצוב, שהוא תהליך ביולוגי-כימי אווירי (מעין קומפוסטציה חלקית) ובו מולקולות אורגניות קלות שיוצרות ריח ומשמשות מצע לזבובים - מתפרקות. מבחינת המשרד להגנת הסביבה, זבל כזה יכול לעבור ישירות לשדה (צדיקוב, ריאיון, 2018).

על עמדת המשרד להגנת הסביבה ניתן ללמוד ממכתבה של מנהלת מחוז צפון ממאי 2015 (ראו תמונה VII-7):

לצד המדיניות אמורים גם להיות מופעלים קנסות בסדרי גודל משמעותיים. לפי דה-וינטר (2011) הקנס המרבי על הפרת התקנות למניעת מפגעי ריח וזבובים אמור להיות 226,000 ש"ח לאדם פרטי ו-452,000 ש"ח לתאגיד, ויש גם אפשרות להטיל עונשי מאסר.

תפיסת משרד החקלאות היא שיש לאפשר קיום של מספר מסלולי טיפול בזבל: ייצור ביוגז, קומפוסטציה מלאה ואיכותית, קומפוסטציה חלקית והצנעה ישירה. הסיבה לכך היא שמרבית הקרקעות החקלאיות בארץ עניות בחומר

תמונה 7-VII. הנחיות בפועל לטיפול בזבל בעלי חיים למניעת מטרדים סביבתיים (מכתב מנהלת מחוז צפון, טקסט חלקי)



מדינת ישראל
המשרד להגנת הסביבה
מחוז צפון

כ"א אייר תשע"ה
10 מאי 2015

לכבוד
יצרני זבל בעלי חיים
במחוז הצפון
באמצעות הרשויות המקומיות, המועצות האזוריות והיחידות הסביבתיות במחוז הצפון

שלום רב,

הנדון: הנחיות לטיפול בזבל בע"ח למניעת מטרדים סביבתיים

ליישום זבל בע"ח (פרש) בשדות חקלאים יתרון, בשמירה על פריית הקרקע. ליישום זבל גולמי, בשדות חקלאים השפעות סביבתיות חמורות כגון יצירת מטרדי ריח, דגירת זבובים, הפצת זרעים של עשבים, הפצת מחלות לגידולים החקלאיים, הפצת מחלות לחיות המשק ולאדם.

מחוז צפון מאפיין בסמיכות בין שימושים, כגון מגורים, תיירות כפרית לחקלאות. טיפול לא נכון בזבל במרחב הכפרי, מייצר מטרדי זבובים וריח רע, הפוגע באיכות חיי התושבים.

בהתאם למדיניות המקצועית של המשרד להגנת הסביבה תוקנו תקנות לטיפול בזבל בע"ח, במסגרת חוק רישוי עסקים התשכ"ח-1968.

בפריטים 3.2 א', ח', לצו רישוי עסקים (עסקים טעוני רישוי), התשע"ג-2013, נקבע בתקנות שבאחריות המשרד להגנת הסביבה, **ש"בעל העסק יסלק זבל מהעסק למתקן טיפול".**

בפריט 3.2 א נקבע בנוסף, על אף האמור, בעל העסק רשאי לסלק זבל לשימוש כדשן או טיוב קרקע - בכלבד שטיפל בזבל בשטחו לרבות בשיטת הקילטור.

בנוסף לאלה, נקבע, שבעל העסק מחוייב לבצע רישום של מיקום הפיזור (גוש, חלקה, כולל גודל השטח), תאריך הפיזור וכמות הזבל שפוזרה. התייעוד ישמר בעסק למשך 3 שנים למחות ויוצג לנותן האישור על פי דרישתו.

בציבור החקלאים והעוסקים ביישום זבל בע"ח השתרשה הסברה **השגית** שמותר וחוקי ליישם זבל גולמי ממאצרות הזבל שבמשק, או שמותר להצניע את הזבל הגולמי בקרקע, או שמותר לעבד בחודשי הקיץ את הזבל על קרקע חשופה ללא תשתיות סביבתיות.

ברצוננו לחזור ולהדגיש, **אסור להוציא משטח המשק החקלאי זבל גולמי לכל מקום, אלא למתקן טיפול בזבל שמחזיק ברשיון עסק בתוקף, הכולל תנאים ברשיון עסק מהמשרד להגנת הסביבה.**

זבל מדרכים שמאוחסן בבור האגירה ברפת או במפטמה, או זבל טפחות אינו זבל מטופל, לכן אסור ליישמו בקרקע חקלאית, אלא לאחר טיפול שימנע מטרדים סביבתיים.

במחוז הצפון פועלים מספר אתרים אזוריים לטיפול בזבל בעלי חיים:

=====

המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות הפיצו לאחרונה נוהל לתמיכה כספית הכוללת גם טיפול בפרש בע"ח:

- ✓ נוהל תמיכה לטיפול בהסדרה סביבתית של מפטמות בקר לבשר. (טיפול בפרש בקר לבשר)
- ✓ נוהל לטיפול בפסולת חקלאית. (טיפול בפרש עופות, דגים, צאן וחזירים)

הנהלים ניתנים להורדה באתר האינטרנט של משרד החקלאות.

אני מבקשת מכם לפעול על פי הנחיות אלה, למניעת מטרדים סביבתיים.

בברכה,
דורית זיס
מנהלת מחוז צפון

תמונה VII-8. שועל עם תרנגולת מתה שנאספה ליד לול



צילום: זלמן הנקין

גרינהוט ושותפיו (2015), מחברי מסמך המדיניות לגבי הטיפול בפסולת החקלאית, העלו מספר שאלות עקרוניות: האם העלות הנוספת הנגזרת מהחלטות המדיניות צריכה להיות מושתתת על החקלאים בלבד או שמא יש לחלקה בין כל תושבי ישראל הנהנים מהטיפול בפסולת? האם ההשקעה במסלול הטיפול הנדרש להגנת הסביבה מוצדקת מבחינת המשק הלאומי? האם תוקם מערכת פיקוח יעילה (ראו בהמשך את נושא הפגרים)? ומי יממן אותה? מה משמעות העלויות הכרוכות בטיפול בפסולת מבחינת רווחיות החקלאות ועלות מוצריה לצרכן בישראל?

טיפול בפגרים

במשקי בעלי חיים מתאספת כמות משמעותית של פגרים מדי שנה. לפי גרינהוט ושותפיו (2015) יש כ-6,500 טונות פגרי פרות בשנה, כ-37,000 טונות של פגרי עופות¹⁶ וכ-5,000 טונות בעלי חיים אחרים. פגרים אלה יוצרים מפגעים סביבתיים ובריאותיים שונים ויש לטפל בהם במקצועיות וביעילות. ישנו בגליל המערבי **מתקן כילוי** לפגרי הרפת, והמדינה משתתפת בהוצאות הפינוי והטיפול.

ניכרת על ההיצע (פער של 70% בין הביקוש להיצע). הם הראו שכל שמבוצעים יותר טיפולים בזבל, מחיר הזבל כחלופה לדישון עולה משמעותית. העלות של בוצה ממתקן ביוגז ליוגב הייתה 53 ש"ח למ"ק (במחירי 2008), של קומפוסט - 65 ש"ח למ"ק (זה היה המחיר ב-2008, כיום מדובר על 90-110 ש"ח) ושל זבל בקר טרי - 25 ש"ח למ"ק. לשם השוואה, עלות דישון כימי היא 36 ש"ח, ויש להוסיף לעלות זו גם את עלויות הפינוי של הזבל שנופלות על הרפתן.

לפי גרינהוט ושותפיו (2015, לוח 12) נכון לחשב את ההפרש בין הביקוש להיצע הזבל על בסיס כמות הזרחן בזבל. להבדיל מחנקן או מחומר אורגני שהקרקע יכולה לקלוט בכל כמות, יש סף שימוש בזרחן שמעליו הוא מסב נזק לקרקע ולצומח. בחישוב על בסיס זרחן, תוך הבאה בחשבון של כמויות החומר האורגני שיש במי קולחים המשמשים בחקלאות בצורה נרחבת, עולה שהביקוש לזרחן ב-2015 היה 6,900 טונות לשנה וההיצע (כולל קולחים) עמד על 5,700 טונות לשנה. כלומר, מדובר על עודף ביקוש של 1,200 טונות לשנה. ב-2050 הם צופים שההיצע והביקוש יתאזנו בשל כמויות הקולחים הגדולות שיגיעו מהאוכלוסייה העירונית שתגדל.

טבלה VII-3. היצע מול ביקוש עתידי של חומר אורגני, על בסיס הדרישה לזרחן (לוח 12 אצל גרינהוט ואחרים, 2015). (בהנחה ששטחי החקלאות לא ישתנו וכמות הקולחים בשנת 2050 תהיה 500 מלמ"ק)

6.9	ביקוש לזרחן (אלף טונות לשנה)
4.4	היצע זרחן בזבל (אלף טונות לשנה)
1.3	היצע זרחן בקולחים כיום (אלף טונות לשנה)
1.2	חוסר זרחן כיום (אלף טונות לשנה)
2.5	היצע זרחן בקולחים בשנת 2050 (אלף טונות לשנה)
0	סה"כ עודף ביקוש עתידי לזרחן (אלף טונות לשנה)

16 גידול עופות נעשה במספר מסלולים - פטם לבשר, מטילות לביצים ואפרוחים, ולכל מסלול יש הנחיות מוגדרות וייעודיות לטיפול בפרש ולתברואה. קצרה היריעה מלהיכנס לפרטים.

תמונה 9-VII. קמפיין פינוי פגרים אצל הבדואים

חדה בשרידות אוכלוסיות של טורפים (שועלים ותנים) ולהגדלה של תחומי המחיה שלהם (דולב ואחרים, 2013).

את פגרי הפרות מענף הבקר לבשר נהגו להשאיר בשטחי המרעה בשל הקושי לאסוף אותם. רשות הטבע והגנים הבחינה שמקור מזון זה מביא לגידול ניכר באוכלוסיות טורפי בר (זאבים, תנים) והם הופכים למינים מתפרצים שמזיקים לחקלאות (טריפות) ולאדם (כלבת), ויש לווסת את אוכלוסיותיהם. בעקבות הסכמות בין רשות הטבע והגנים ומשרד החקלאות גובשה ומופעלת תוכנית לתברואה (סניטציה) של שטחי המרעה. דולב ושותפיו (2016) בחנו את ההשפעה של תוכנית תברואה זו; הם מצאו שבין השנים 2005-2010 בוצע דילול באוכלוסיית התנים בגולן בהיקף של 800-1,200 פרטים מדי שנה, אבל לא ניכרה כל השפעה על גודל האוכלוסיות של התנים. רק הוספת ממשק פינוי של פגרי פרות בקר לבשר הביאה לירידה באוכלוסיית התנים ולהתרחבות התנועה המרחבית שלהם.



צילום: דורית כבביה

מיזם נוסף המיועד לטיפול מרכזי בפגרים של צאן ולמניעת מחלת הברוצלוזיס פועל מ-2016 בחברה הבדואית בדרום הארץ (ראו תמונה 9-VII). המיזם משותף למשרד החקלאות (שה"מ והשירותים הווטרינריים), למשרד להגנת הסביבה ולרשות הטבע והגנים, וכולל פעילויות הסברה בבתי ספר ובקהילות מטעם סטודנטים בדואים שהוכשרו לנושא, ואיסוף פיזי של פגרים על ידי פקחי רשות הטבע והגנים. כמויות הפגרים שנאספו עלו מ-576 בשנת 2016 ל-1,087 בשנת 2017 - עלייה של 89%. במחצית הראשונה של 2018 כבר נאספו 981 פגרים (דורית כבביה, מנהלת תחום הצאן במשרד החקלאות, מידע בע"פ).

פסולת פלסטיק לסוגיה

בחקלאות מצטברות לכחות 25,000 טונות בשנה של פסולת פלסטיק בלתי מתכלה - יריעות לחממות, כיסויים שונים, רשתות, אריזות או שלוחות טפטוף (גרינהוט ואחרים, 2015, טבלה 4). בעבר היו שורפים פסולת זו כדי לחסוך הוצאות הובלה והטמנה. בשרפה הפלסטיק פולט לאוויר מזהמים, ואם השרפה היא של מכלים של חומרי הדברה, נפלטים לאוויר גם רעלים. כיום אין פתרון מוסדר מלא לפסולת זו בארץ. מסמך המדיניות (גרינהוט ואחרים, 2015) המליץ על הקמת תחנות איסוף מקומיות שיפעיל יזם פרטי בשיתוף החקלאים או המועצה האזורית.

חלק מפגרי העופות מטופלים טיפול ראשוני (כיסוי בסיד) באזור הלולים, ואחר כך עוברים להטמנה במטמנות פסולת. המשרד להגנת הסביבה אוסר כיום על הטיפול באזור הלול ועל הטמנה (המחיר לשירות העולה) ומציע שני פתרונות: **אקודרם** שהוא מכשיר קומפוסטציה של פגרי עופות, או תהליך ביטול שבו נוצר קמח בשר שלאחר מכן מוטמן (נפח קטן) או מוסף לחומרי הקומפוסט (גרינהוט, ריאיון, 2018).

אין ספק שהטיפול בפגרי הלולים טעון שיפור, ולראיה תוצאות סקר שערך פקח רשות הטבע והגנים בלולים של מושבים ברחבי המועצה האזורית מטה יהודה בעקבות תלונות אזרחים על ריבוי חיות בר ומטרדי ריח (ולנסי, 2010): "במועצה אזורית 210 לולי הטלה ו-53 לולי פיטום ב-45 יישובים.

לולי פיטום - 77% ללא דולבים [מתקני הטיפול הראשוני בסיד]. ב-39% נמצאו פסדים וב-26% חשש לפגרים (ריבוי שבילי תנים ונוצות).

לולי הטלה - 99% ללא דולבים. ב-64% נמצאו פגרים, וב-30% יש חשש לפגרים (ריבוי שבילי תנים ונוצות)."

ניסוי מבוקר שנערך בגליל העליון הראה שפינוי מסודר של פגרי עופות מיישבים שיש בהם לולים הביא לירידה

תמונה VII-10א. פסולת פלסטיק בערוץ נחל זיז



צילום: איציק משה

טבלה VII-4. הערכת כמויות שנתיות של פסולת פלסטיק בחקלאות בישראל (לוח 9 אצל גרינהוט ואחרים, 2015)

סוג פסולת	כמות (בטונות לשנה)
פוליאאתילן מחיפוי קרקע	5,548
פוליאאתילן מכיסוי בתי צמיחה	15,157
פלסטיק צינורות השקיה	11,122
רשתות לכיסוי מטע	1,539
חומרי עזר ואמצעי הדליה	1,333
סך כל פסולת הפלסטיק*	34,735

* הערכת הצוות היא שמדובר באומדן בחסה.

שבכוונתו לגבש תיקוני חקיקה שיאפשרו למחזר את הפלסטיק מהחקלאות¹⁷. תהליך זה טרם הושלם.

באירופה הושקה בתחילת 2018, לראשונה אי פעם, תוכנית אסטרטגית לניהול נושא הפלסטיק בקהילה האירופית¹⁸. תוכנית זו אמורה להוות בסיס להנחיה מחייבת (directive) שתיקבע בשנים הקרובות. התוכנית מבוססת על עקרונות הכלכלה המעגלית (ראו פרק I), והיא תשנה את ניהול נושא הפלסטיק באופן משמעותי. לפי התוכנית, לא יותר שימוש בפלסטיק חד-פעמי, ישונו תהליכי ייצור הפלסטיק, הפלסטיק שישמש יהיה בר-מחזור, ותוקם תשתית מתאימה לשינוע ולמחזור של הפלסטיק. התוכנית אינה מכוונת רק לחקלאות, אבל תיתן מענה גם לפעילות החקלאית.

הפלסטיק הוא חומר בר-מחזור, וגם עשוי לשמש משאב לייצור אנרגיה. בארץ היו קיימים שני מפעלים למחזור פסולת פלסטיק ולטיפול בה (לאו דווקא מחקלאות). אחד נסגר לאחרונה עקב קשיים ניהוליים. נוסף על כך, קיימות תחנות איסוף ליד ריכוזים חקלאיים הדואגות לאיסוף ולהובלה למרכזי הטיפול (גרינהוט ואחרים, 2015). בדרום

השימוש בחומרים אלה תכוף, זמן החיים של רובם קצר, והם מתבלים בקלות. בהיעדר התייחסות למרחב הציבורי כמרחב שיש לשמור עליו או לאסתטיקה של השדה, ניתן למצוא בשולי השטח המעובד ובתעלות הניקוז מצבורי פלסטיק. היות שמערכת האכיפה והכלים העומדים לרשות המועצות האזוריות, שבשטחן נמצאים כל השטחים החקלאיים, אינם מפותחים, אין אכיפה משמעותית של חוקי עזר או של חוק הניקיון (ראו תמונות VII-10א ו-VII-10ב) (בן חיים, ריאיון, 2018) (ראו פרק VIII לגבי המועצות האזוריות).

כמות פסולת הפלסטיק הכוללת אינה גדולה (כ-1% מסך הפסולת החקלאית) אך מחייבת מסלול טיפול לאומי מאחר שכלכליות מחזור מוטלת בספק. המשרד להגנת הסביבה אינו משוכנע שעבור כמות כה קטנה יש לתמוך במפעל ממחזר, ומעדיף להשקיע במחזור פסולת אורגנית לסוגיה. מאידך גיסא, לפסולת הפלסטיק יש נפח גדול ולכן מחיר הטמנתה במטמנות גבוה. ניתן להקטין את הנפח על ידי ריסוק, אבל אז הטיפול מתייקר. לכן, במקרים לא מעטים החקלאים שורפים את הפלסטיק באופן לא חוקי. ביולי 2012 הודיע המשרד להגנת הסביבה

17 ראו: www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4251692,00.html

18 ראו: ec.europa.eu/environment/waste/plastic_waste.htm

תמונה VII-10.ב. פסולת חקלאית בערוץ נחל שלוהה בנגב הצפוני



צילום: איציק משה

(בקיבוץ סופה בחבל שלום) פועל מפעל "נגב מחזור" השייך לקבוצת נגב אקולוגיה - אוסף את הפסולת מהחקלאים, כובש אותה, ולרוב מייצא את החומר להמשך טיפול בחוץ לארץ. מפעל זה נותן מענה גם לצנרת הטפטפות.

מחזור הפלסטיק תלוי בצורה הדוקה במחירי הנפט. ככל שהם מאמירים, קיים ביקוש רב לפסולת הפלסטיק ומחירה עולה. כאשר הדלקים זולים, יורד הביקוש לפסולת זו (ענת לווינגרט, מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה במשרד החקלאות, מידע בע"פ). כרגע ערך הפלסטיק בעולם יורד, בו-בזמן סין מסרבת לקלוט פסולת למחזור או דורשת פסולת אחידה מאוד, והדבר מעמיד את כל נושא מחזור הפלסטיק מהחקלאות בספק כלכלי.

משנת 2015 פועל מיזם חברתי-סביבתי במרחב חוף כרמל-זכרון יעקב-בנימינה (השותפות לקיימות אזורית¹⁹). במסגרת המיזם הובא לידיעת החקלאים מידע רלוונטי על טיפול בפסולת חקלאית. טבלה VII-5 נותנת מושג על כמויות הפסולת המצטברות בשנה בבקעת הנדיב החקלאית. ניתן להתרשם ממגוון סוגי הפסולת ומנתיבי הטיפול והמחזור. בסופו של דבר, פחות מ-25% מהפסולת מגיעים לכדי מחזור.

טבלה VII-5. הרכב וכמויות פסולת, רובה חקלאית, שמצטברת בשנה בבקעת הנדיב

סוג פסולת	כמות (טונות לשנה)	גורם מטפל במחזור
גזם	733	א.י.ס. טיפול בגזם
פלסטיק	20	אמניה, תעשיות ושרותי סביבה עפולה
קרטון	42	
השבה	82	
נייר לסוגיו	20	
חומר אורגני לקומפוסט	582	
מתכת	20	
קרטון	22,545	צבי כהן, תחנת מעבר נתניה
ברזל	3,951	
ניילון	1,030	
טקסטיל	8,815	
פלסטיק	2,798	
פסולת מתכת	3,012	
קרטון	72,050	אמניה, תעשיות ושרותי סביבה עפולה
נייר עיתון	188,454	ארטמן מאי בע"מ
בקבוקי PET	22.5	אביב תעשיות מחזור

סה"כ מחזור והשבה (טונות לשנה)	1823.795
סה"כ פסולת בהטמנה (טונות לשנה)	5913.49
סה"כ פסולת הטמנה, מחזור והשבת המשאבים (טונות לשנה)	7737.28
% המחזור של המשאבים מסה"כ הפסולת המיוצרת ברשות	23.57

ולהיפטרות ממנו. הבעיות שעלו בהקשר זה היו היעדר הגדרה חדה ומקובלת של מהות המוצר הירוק והפסד של כסף שהופנה למטרות ציבוריות חשובות. כדי להתגבר עליהן הוצע לפתח מערכת מיסוי שתישען על הוספת רכיב מיסוי המבוסס על ניתוח מחזור החיים של המוצר. ניתוח מחזור החיים הוא מושג חדש יחסית במדעי הסביבה, המבטא את החתימה הסביבתית הכוללת של מוצר כלשהו בקטגוריות השונות שהוא משפיע בהן ולאורך כל מחזור חייו (או לאורך כל שרשרת הערך שלו, ראו עמ' 208). הוא מתייחס לחומרי הגלם שהמוצר מיוצר מהם; לתהליך הייצור על כל שלביו; להפצה ולשינוע המסחרי; לשימוש עצמו; לתיקונים ולתחזוקה; להיפטרות מהמוצר ולמחזור שלו בסוף דרכו (US-EPA, 2010).²⁰

מס הערך הסביבתי יהיה מורכב משלושה רכיבים: רכיב מסורתי המבטא חיוב התלוי בצריכה, רכיב המבטא נזק גלובלי (למשל, תרומה לשינוי האקלים) ורכיב המתייחס לנזק ספציפי ובו גם אלמנטים חברתיים ואתיים הרלוונטיים למדינה או לאזור מסוים. למס זה יש גמישות המאפשרת את שינוי הערך של כל רכיב לפי חומרת הנזק או לפי ידע מדעי או טכנולוגי חדש. מוצע שהנזק ייבחן בשלושה תחומים: בריאות האדם; המגוון הביולוגי במערכות האקולוגיות; מאזן משאבי הטבע (Timmermans and Achten, 2018).

בהתאמה לגישה זו של חשיבה מחודשת על אמצעי אסדרה ומיסוי הבאים לקדם נושאי סביבה וקיימות התפתחה גם גישת **השירותנות (servicizing)**, או **מערכת מוצר-שירות**. בגישה זו החברה המסחרית משנה את אסטרטגיית הפעולה שלה מהגעה למכירות רבות ככל האפשר – לסיפוק צורכי הלקוח דרך מכירה משולבת של מוצרים ושירותים שיחד יעזרו לו להתמודד עם המשימה שלפניו (Reiskin et al., 2000). ניתן לראות בתפיסה זו ביטוי לכלכלה פונקציונלית, המספקת תפקוד דרך מוצרים וטכנולוגיות (Mont, 2002). גישה זו תבוא לידי ביטוי בהקשר לענייננו, במכירת מוצרים לחקלאות יחד עם אספקת שירותי מחזור עבורם עם תום השימוש.

אריזות חומרי הדברה – מדובר על כמות שאינה גדולה במיוחד מבחינת המשקל, אולם היא עלולה לזהם את הקרקע ואת מקורות המים ולסכן בריאות של בני אדם. ב-2015 לא היה גורם שהיה אמון על איסוף פסולת זו באופן מסודר והמשכי ועל טיפול מקצועי בה (גרינהוט ואחרים, 2015).

במחקרם של שבח ובלאס (2014) על מעבר להדברה משולבת בגידול פלפלים ליצוא בערבה ישנה גם התייחסות לאריזות ולשאריות חומרי הדברה שכנראה מייצגת את הנעשה בארץ כולה ולא רק את האזור: "[המעבר להדברה משולבת מביא ל-] פחות אריזות של חומרים רעילים הודות להפחתה בכמות הכימיקלים בשימוש. [דבר זה] חשוב בייחוד לנוכח החריגה מההנחיות לטיפול באריזות של חומרי הדברה. כמו כן, יש מחסור במתקנים ואין איסוף סדיר של הפסולת פרט לקמפיינים נקודתיים של המאסדר והרשות המקומית".

מיסוי על זיהום וטיפול

הגישה הרווחת בתחום הטיפול וההקטנה או המניעה של זיהום, נזק סביבתי או הצטברות פסולת היא "**המזהם משלם**". הרעיון הבסיסי הוא שהמדינה מספקת תשתית (מתקנים ואמצעי שינוי וטיפול כולל מחזור) וה"יצרן" של הזיהום מכסה, ולו חלקית, את ההוצאות של ההרחקה-השינוע-ההיפטרות. מנגוון כזה אמור לגרום ליצרן לעשות מאמץ להקטין את הזיהום והפסולת, שכן הוא יחסוך כסף, לעיתים בהיקף לא מבוטל. במקומות שונים בעולם, כמו באיחוד האירופי, קיבל העיקרון הזה מעמד של חוק (European Union Law, 1992).

לצד הטלת מס או קנס עלו רעיונות של עידוד ותמיכה במחזור, בייצור מוצרים בני-קיימא ובהקטנת עומס הפסולת. אחד הרעיונות שהועלו היה מס ערך מוסף דיפרנציאלי, שיעודד ייצור מוצרים "ירוקים" (**מס ערך סביבתי**). גובה המס הזה צריך להיות בזיקה לעוצמת הבעיות הסביבתיות הקשורות לייצור שלו, לשימוש בו

20 לפרטים יישומיים נוספים ראו אתר משרד הכלכלה והתעשייה: <https://tinyurl.com/u4r2apk>

תמונה VII-11. רפת לפני הרפורמה



צילום: הלל מלכה

תמונה VII-12. רפת אחרי הרפורמה



צילום: הלל מלכה

הרפורמות ברפת ובלול בישראל²¹

הרפורמה ברפת החלב, שיש לה משמעויות סביבתיות מרחיקות לכת, יכולה לשמש דוגמה לתהליך כולל של קידום האגרו-אקולוגיה בישראל המשולב בהתפתחויות כלכליות-אסדרתיות גלובליות. לקראת סוף המאה ה-20 ישראל הייתה אמורה לפתוח את שערי היבוא, במגבלות מסוימות, למוצרי חלב מהעולם לפי הסכמי גאט"ט (GATT) - הסכמי הסחר והמכסים הבין-לאומיים. כדי לאפשר למשק החלב המקומי להתמודד עם התחרות הצפויה החלה ב-1999 רפורמה שמטרתה לעודד התייעלות בייצור החלב. מהלך זה, שנמשך עד 2008 ואף מאוחר יותר, הניב גם שינוי משמעותי בהיבטים הסביבתיים.

לוואדי הקרוב. הנוזלים ממכון החליבה נוקזו לבור להפרדת מוצקים בסביבת הרפת, ואחר כך נוקזו למערכת הביוב של המשק. הבעיה עם קולחי הרפת היא שמי השטיפה במכון החליבה ומי הציון ברפת עברו דרך פרש פרות, ולכן ריכוז המוצקים המרחפים בהם היה גבוה (מלכה, ריאיון, 2018).

במסגרת הרפורמה צומצם ב-30% מספר הרפתות, בעיקר במשקים המשפחתיים במושבים, ועל הנותרות (1,025) היה להגיש תוכניות הסדרה הכוללות טיפול במפגעים סביבתיים שיוצרת הרפת. את התוכניות הכינו מהנדסים, והן נשפטו על ידי ועדות רב-תחומיות בניהול המחוזות של משרד החקלאות.

התפיסה הסביבתית של הרפורמה הייתה של "רפת בועה": רפת שמנותקת מהסביבה מבחינת זליגת נוזלים ומוצקים, כך שאין לה כמעט השפעות שליליות על הסביבה. ראשית, היה על בעלי הרפת להקים תשתית למניעת חדירת מי גשמים לרפת (גג על חצר הרביצה) ועצירת חלחול מזהמים לקרקע שסביב הרפת (סככות, רצפות, מרזבים, מתקני שיקוע); שנית, בעלי הרפת נדרשו למנוע גלישה של תשטיפים ושפכים, וחויבו לחבר את הרפתות לרשת הביוב הארצית; שלישית, בעלי הרפת נדרשו להקים מאצרות מבוטנות - מתקנים לפינוי ולאחסון זמני של הזבל (ראו תמונות VII-11 ו-VII-12) (צדיקוב, ריאיון, 2018).

עד לרפורמה התקיים מצב ניגודי ברפת הישראלית: הפרות וניהול החליבה היו מתקדמים מאוד, ואילו התשתיות וההתנהלות הסביבתית היו עלובות למדי. במרבית הרפתות הפרות היו בחצר פתוחה, וזבל רב נאגר בה. חלק מהזבל היה יבש, חלק אחר היה יבש רק בשכבה העליונה ותחתיה שכבה רטובה ובה פתוגנים שגרמו בעיות בריאות לפרות. את החלקים הרטובים ניסו לייבש בעזרת רפד (למשל נסורת) בעלות משמעותית. לפני החורף היו אוספים את כל הזבל, ומוכרים לענף גידולי השדה באותו משק או באזור. הבעיה הסביבתית נגרמה מתשטיפים מהחצר, שהיו ניגרים בחורף ויוצרים "אגם" מזהם עונתי שלעיתים נוקז

21 שני ראיונות עם אילן צדיקוב עסקו בנושא הרפורמה ברפת. אילן הוא מנהל תחום פרויקטים (תשתיות) במשרד להגנת הסביבה, ממובילי הרפורמה בפועל, ומלווה אותה עד היום.

תמונה VII-13. קלטור ברפת



צילום: הלל מלכה

ב-2013 עברו הרפתות במשרד החקלאות לסטטוס של תעשייה, ובעקבות זאת נעשה ניסיון להחיל עליהן, דרך המועצות האזוריות, את "חוק שפכי תעשייה" שמשמעו תשלום חודשי גבוה מאוד. הסדר זה לא יושם, כי לא היה כלול בהסכמי הרפורמה שנחתמו בין הרפתנים למדינה, וכל תוספת להסכם יש לקבל בהסכמת הצדדים. פתרון טכנולוגי לנושא מורכב זה, ובעיקר לרמות הגבוהות של מלחים שהם הפרשות ביולוגיות ולא תוצר זיהום תעשייתי, טרם נמצא, ולכן גם אין הסכמה על הסדר תשלומים בגין טיפול בביוב הרפתות (מלכה, ריאיון, 2018)

בכל מקרה, בעקבות התפתחויות אלה חל שיפור ניכר בהרכב שפכי רפתות החלב, צריכת החמצן הכימית (צח"כ, כמות החמצן הנדרשת לפירוק הזיהום), שהיא הממד לכמות החומר האורגני שבמים, ירדה מ-8,000 מ"ג לליטר בשנת 2000 ל-6,000 מ"ג לליטר ב-2003 ול-3,000 מ"ג לליטר ב-2004 (צדיקוב, 2010). כמות השפכים שמייצרת פרה חולבת אחת ליום הצטמצמה מ-250 ליטר (ברפת קיבוצית) או 100 ליטר (ברפת מושבית) ל-80 ליטר ליום. מינואר 2019 אמורים לחול כללי המים גם על המועצות האזוריות, ואגרת הביוב תהיה לפי הכמות והאיכות של השופכי, דבר שיגולגל גם לרפתות.

יש לזכור שיש אסדרה כלכלית מלאה בענף החלב, שבסיסה מחיר מטרה ומכסות חלב לרפת. המכסות מאפיינות את ייצור החלב בעולם, כי המחלבות חייבות אספקה יציבה

המשרד להגנת הסביבה מצידו תמך בהקמת מערך ארצי של מתקנים לטיפול בזבל הפרות (מתקני קומפוסט וביוגז) מתוך התפיסה שיש להיפטר מריחות ומפתוגנים הנמצאים בפרש (בר-אור, 2013). במסגרת הרפורמה הוקמו 11 מתקנים מרכזיים לטיפול בזבל בפריסה ארצית, והם מכינים קומפוסט. בצפון הארץ ובדרומה יש ביקוש גבוה לחומר אורגני לדישון השדות, ואילו במרכז הארץ ובגולן יש ביקוש נמוך לזבל, ועל כן הוקמו שם מתקני ביוגז (בגולן, בעמק חפר ובבאר טוביה), שמפיקים אנרגיה מתחדשת וגם מייצרים קומפוסט באיכות נמוכה. עם זאת, לא כל הבעיה נפתרה, כי עדיין יש קבלנים פיראטיים שמפנים זבל, מאחסנים במקומות לא מוסדרים, ומוכרים בזול לחקלאים (צדיקוב, ריאיון, 2018).

פרה בודדת פולטת חומר אורגני שמזהם מים כמו 20 בני אדם. כמות של 350,000 ראש בקר תורמת אם כך כמו 7 מיליון "תושבים" נוספים למדינה (מלכה, 2017). אם כן, מדובר בכמות משמעותית ביותר של שפכים שחייבים להיערך אליה מבחינת תשתיות. לפני הרפורמה פלטו הרפתות 7 מיליון מ"ק שפכים ש-80% מהם זרמו לוואדיות, כיום נפלטים כ-4 מיליון מ"ק שרובם ככולם מגיעים למט"שים (צדיקוב, 2012).

באשר לפליטות הנוזליות, הרפורמה דרשה מכל רפת אישור קליטה על ידי מט"ש. הרפורמה סייעה גם למספר מט"שים במועצות אזוריות להשתדרג כדי לעמוד במטלה של טיפול בשפכי רפתות, ולמרות זאת המט"שים חוו קשיים בהתמודדות עם שפכי הרפתות עתירי חומרי ההזנה והמוצקים המרחפים.

המט"שים קבעו תקני כמות ואיכות שפכים, והרפתות צריכות לעמוד בהם. חריגה - כמותית ואיכותית - תגרור קנס כספי שאמור לעודד את הרפתן להשקיע בטיפול מקומי (חליבה יבשה, חליבה רובוטית, מחזור מי שטיפה, צינון בערפול) ככל הניתן. בהמשך הדרך הסתבר למפעילי המט"שים שכמויות השפכים המגיעים מהרפתות גדולות, ושהרכבם הכימי מעמיד קשיים גדולים בפני טיהורם. גם כאן עולות שאלות עקרוניות הקשורות לעלויות חיצוניות - האם על כלל מקבלי השירות במט"ש מסוים לסבסד את הטיפול בשפכי הרפתות או שעל הרפתנים לשלם את מלוא העלות? שאלה זו נכונה לגבי כל משתמש (מפעל תעשייתי למשל) שהכמות והאיכות של שפכיו חורגות מהממוצע.

רטוב (15%-10 חומר יבש) שנמצא בסביבה לחה, ומודל "רפת הבועה" לא טיפל בו. בדרום הארץ אתר הקומפוסט של חברת "ויולה" אוסף חינם את זבל המדרכים, היות שבאזור יש ביקוש גבוה לקומפוסט עבור גידולי שורש (גזר, תפוח אדמה ועוד). בצפון אין פתרון דומה (מלכה, ריאיון, 2018).

התקדמות טכנולוגית נוספת עזרה להקטין משמעותית את כמויות הפרש שהרפת מוציאה. מדובר בשיטת ה"קלטור" (ראו הערה 15 לעיל ותמונה VII-13). שיטה זו פותחה בקיבוץ הרדוף מתוך דרישה של החקלאות האורגנית לקבלת זבל אורגני משובח. קלטור תכוף (יומי) ושימוש במאווררים גדולים המייבשים ומייצבים את הפרש, מעלים משמעותית את שיעור החומר היבש במרבץ, ומקטינים את כמות החיידקים ליחידת נפח של פרש. שיטה זו מקטינה את ההוצאות על סילוק פרש רטוב, ונמצא שהיא גם מעלה את בריאות העטין ואת איכות החלב, ומקטינה את מחלות הטלפיים (מיניס ואחרים, 2011; גרינהוט ואחרים, 2015). הקטנת רטיבות המצע קשורה גם להרחקה חוזרת של הזבל מהמדרך והובלתו למאצרה או לחצר הקלטור, דבר שמאפשר לפרות לשהות בסביבה יבשה גם בזמן האכילה. כיום מקלטרים את חצר המרבץ ברוב הרפתות.

מבחינה פוליטית הרפורמה ביטאה "שעת רצון" היות שלשני המשרדים הרלוונטיים - החקלאות והגנת הסביבה - היה באותה עת שר אחד (רפאל איתן ז"ל), עובדה שעזרה לתיאום ולביצוע בזירה הממשלתית. כמו כן, חשוב לציין שבימי טרום רפורמה היה קושי לאכוף על הרפתות פרקטיקה סביבתית יותר, כי לא היו כלי אסדרה אפקטיביים. כחלק מהרפורמה היה על הרפתות המשודרגות לקבל רישיון עסק, דבר המקנה למאסדר (אנשי המשרד להגנת הסביבה) יכולת אכיפה וענישה (צדיקוב, ריאיון, 2018).

הרפורמה הפכה גם את הרפתות למתקנים מודרניים המשתמשים בטכנולוגיות חדשניות, עזרה לייצר אנרגיה ממקורות מתחדשים (ביוגז ותאים פוטו-וולטאיים על הגגות), ושיפרה את רווחת הפרות דרך הגדלת מרחב המחיה שלהן (צדיקוב, 2012).

דברי צדיקוב (אצל מלול, 2010) הם סיכום מרתק למהלך כה מרכזי ביחסי חקלאות-סביבה בישראל:

ובטוחה. מחיר המטרה לא מאפשר שינויים משמעותיים בהוצאות שמוטלות על הרפת אם רוצים למנוע הפסדים. מאידך גיסא, הנושאים הסביבתיים, והטיפול בביוב הוא רק אחד מהם, משתנים ומשתדרגים כל הזמן, וההוצאות בגינם צפויות לגדול. בעולם יש שימוש בנוזלי הרפת להדשיה בשדות חקלאיים שמשמעותו התנתקות מהמט"ש. בארץ משרד הבריאות לא מאשר פתרונות מסוג זה (מלכה, ריאיון, 2018).

מימוש הרפורמה דרש מימון כבד לשדרוג התשתיות ברפתות. ההסכם היה שהאוצר ישקיע 40% (800-850 מיליון ש"ח) והרפתות ישקיעו כ-60% (1.2 מיליארד ש"ח). הרפתנים היססו בתחילה להצטרף למהלך זה, אבל התוצאות המשופרות של הרפתות הראשונות ששודרגו - עלייה בתנובת החלב, עבודה יעילה בהרבה, ירידה בשכיחות דלקות ומחלות ורווחיות משופרת - שכנעו את הספקנים. חלק מהמסע לעידוד רפתנים להצטרף למהלך הרפורמה כלל קנסות גבוהים לאותן רפתות שלא עמדו בדרישות (מלכה, ריאיון, 2018).

מבחינת הרפתנים, הרפורמה הבטיחה מחיר סביר לתוצרת הרפת על בסיס מכסות ייצור שנקבעו. כמו כן, בוצע מהלך של שיוך שקישר בין הרפת לקרקע ולמכסת הייצור פעולות אלה הגדילו מאוד את יציבות מערכת ייצור החלב. כמו כן, בוצע מהלך של קידום מקצועי וטכנולוגי משמעותי. בתמורה לכך חויבו הרפתנים ברישוי עסקים לרפת (מלכה, 2017).

כבר בסוף 2006 דיווח אילן צדיקוב, ראש תחום פרויקטים במשרד להגנת הסביבה, ש-98% מהרפתות הגישו תוכניות הסדרה ו-47% מהן כבר השלימו את הביצוע ועמדו בדרישות. הוא גם דיווח על הקמת מתקן ראשון לייצור ביוגז בעמק חפר ועל אכיפה כנגד הוצאת זבל לאחסון וליזיבול שדות שלא על פי ההנחיות של המשרד (צדיקוב, 2007). כיום כל הרפתות המתפקדות עמדו בדרישות הרפורמה, עם פתרונות קצה שונים לזבל (ענת לווינגרט, מידע בע"פ).

הרפורמה לא התייחסה לאחד מגורמי הזיהום המרכזיים ברפת, והוא הפרש הנאגר על המדרך (המשטחים שהפרות עומדות עליהם בזמן האכילה). מדובר בזבל

הרפורמה לא התממשה עד היום וזאת ממספר סיבות. ראשית, הייתה התנגדות חזקה של מגדלים רבים לנושא השותפות, גם אחרי שסוכם שהיא תהיה פיזית ולא ניהולית. קרוב לוודאי, שהעובדה שרוב המגדלים הם ממושבים ויש להם היסטוריה בעייתית עם נושאי קואופרציה תרמה להתנגדות זו. שנית, עמדת המשרד להגנת הסביבה הייתה חצויה, מחד גיסא הם תמכו בהוצאת לולים מהתחום המיושב, אך מצד שני הם התקשו להסכים להסבת שטחים פתוחים ערכיים לחוות לולים. שלישית, הרפורמה הייתה אמורה להיות מלווה בשינוי תקנות הגידול כדי להבטיח את השינויים הסביבתיים ואת אלה הקשורים לרווחת בעלי החיים, אך התנגדות המגדלים וארגונם מנעה את אישור התקנות בכנסת. גם פשרה שמהותה שדרוג חלק מהלולים בתחומי היישוב לא זכתה להסכמה רחבה. נוסף על כך, השינויים הפוליטיים התכופים בהנהלת משרדי הממשלה לא סייעו אף הם להתקדמות הרפורמה.

החקלאות בשירות העיר

לא כל תושבי הערים מפנימים את העובדה שהם יצרני הפסולת והפליטות המרכזיים בארץ ושהשדות החקלאיים הם התווך שבו ממוחזר חלק גדול מה"תוצרת" שהם מייצרים מדי יום. מי הקולחים, שמקורם בשימוש עירוני, עוברים טיפול במט"שים ולאחריו הם חלק הארי - כ-40-50% - של מי ההשקיה בחקלאות ישראל. האשפה האורגנית עוברת הפרדה לרכיבים, וכל אחד מקבל טיפול אחר. החומר האורגני עובר איזור (aeration) מכני חזק, מכוסה ביריעות למניעת מפגעי ריח, ועובר קומפוסטציה. אחרי ניפוי הזכוכיות הקומפוסט עובר לשדות חקלאיים. אומנם קומפוסט אשפה עירונית הוא בעל תכולת חומר אורגני נמוכה, אבל העיר משלמת על כל התהליך, כולל ההובלה לשדות. כלומר, החקלאי מקבל חינם או בזול קומפוסט באיכות נמוכה, העיר מקבלת שירות של קליטת אשפה מטופלת, ואילו האתר נשאר ריק לקליטת אשפה נוספת (גרינהוט, ריאיון, 2018).

במדינת ישראל מיוצרות מדי שנה כ-5.4 מיליון טונות פסולת עירונית ומסחרית. כמות הפסולת לנפש היא בממוצע כ-1.7 ק"ג אשפה בכל יום²³, והיא גדלה מדי שנה

"למיטב היכרותי, אין מדינה בעולם שהלכה למהלך מרחיק לכת כמו הרפורמה, וגם בישראל, אין אף רפורמה שהסתיימה והצליחה, כמו הרפורמה ברפת. גם האוצר עמד בהתחייבויות שלו ואף הגדיל אותן כל העת

מהרפתות לא יוצא זרם לוואדי, לא זבל ולא שפכים, הגענו לפתרון הבעה שרצינו. בשנים האחרונות כמעט ולא פתחנו תיקי חקירה..."

חשוב לזכור שהמוטיבציה לרפורמה זו לא הייתה סביבתית; הטיפול במפגעי הסביבה בא תוך כדי גיבוש הרפורמה. נדמה שבשלב גיבוש הרפורמה הרפתנים ומשרד החקלאות היו עסוקים יותר בבלימה ובהתנגדות ופחות במעורבות מקצועית בגיבוש הרפורמה, אחרת קשה להבין את האי-התייחסות לזבל המדרכים ולטיפול המאוחר בבעיות הביוב.

לאחרונה דווח על התפתחות מעניינת שצמחה מתוך הרפורמה ברפת. קיבוץ תל יוסף, שלו רפת גדולה (מעל 1,000 פרות) שמייצרת מעבר לחלב גם 16,000 צואת פרות ו-12,000 קוב שפכים, החליט להרוויח כסף גם מפליטות אלה. פינוי ההפרשות למפעל קומפוסט עלה למשק יותר מ-300,000 ש"ח בשנה (הובלה של 300 משאיות). המשק החליט להקים מתקן שיטפל בהפרשות בעזרת עיכול אל-אווירי וייצר גז שיופנה לייצור חשמל. נוסף על כך, המתקן שיפיק קיטור וקומפוסט, ישנה לטובה את המאזן הכלכלי של הרפת (מושקוביץ, 2019).

הרפורמה בלול²²

ב-2007 החלו במשרד החקלאות מהלכים ראשונים לקידום רפורמה בענף הלול. גם כאן דובר על בניית מתחמי לולים גדולים ומודרניים המבוססים על שותפות של מספר מגדלים. לולים אלה אמורים להיות ממוקמים מחוץ ליישובים כדי להקטין את העקה הסביבתית ולהיבנות תוך התייחסות לנושאי סביבה ורווחת בעלי חיים. משרד האוצר הקצה סכום מכובד לקידום הרפורמה, והמדינה הייתה מוכנה להקצות שטחי קרקע ללא עלות.

22 מבוסס על ריאיון עם נבות חקלאי (2019), מנהל תחום בעלי כנף במשרד החקלאות.

23 לפי האתר של המשרד להגנת הסביבה, אגף פסולת - www.sviva.gov.il/subjectsEnv/Waste/SolidWaste-Data/Pages/WasteData.aspx

בשיעור של כ-1.8%. על פי סקר הרכב הפסולת מ-2012-2013, כשליש מממות זו (1.8 מיליון טונות לשנה) הוא של פסולת פריקה ביולוגית (פסולת אורגנית, אחרי הפרדה) שעוברת את הטיפול שתואר לעיל.

בתחילת המאה ה-21 התעורר ויכוח סביבתי לגבי התוכנית להקמת מתקן לשרפת **בוצה**²⁴ ליד מכוני הטיהור של גוש דן (השפד"ן). המתקן היה אמור לתת פתרון להצטברות הבוצה שעד לא מזמן הייתה מוזרמת לים מול חוף ראשון לציון. קבוצת מומחים הובילה התנגדות ליוזמה, וטענה שהפיכת הבוצה לדשן דרך תהליך קומפוסטציה אל-אווירני ושימוש בתוצר בחקלאות נכונה יותר, יהיו יעילים יותר ובטוחים יותר סביבית²⁵. כיום כל בוצת השפכים המטופלת שעומדת בדרישות האסדרה, מופנית לשטחים החקלאיים. אבל הדיון על ייבוש הבוצה, ובעקבותיו על עלות ההובלה ומחירה לחקלאי, טרם הושלם, ועל כן נמנע שימוש מוגבר במשאב זה בחקלאות (זילברמן, ריאיון, 2018).

מבט אגרו-אקולוגי על חקלאות רמת הגולן

ברמת הגולן בוצע, בתמיכת נקודת ח"ן, מיזם שמטרתו לבחון טיפול סביבתי יותר בגידולים העיקריים באזור - כרמי יין ומטעי תפוחי עץ - ולאגור יוזמות מוצלחות, שימויות או מבטיחות יחסית לפרוטוקולים הקונבנציונליים שיושמו עד כה. להלן התייחסות המיזם לטיפול בפסולת מבחינת המצב הקיים והצעות לשיפורים בעלי אופי אגרו-אקולוגי (מעובד מגביש ואחרים, 2016):

גזם: מרבית החקלאים מטפלים בגזם ובגדמים באמצעות ריסוק ואין כמעט שרפה.

פלסטיק: יש לגרום לכך שמכלי ההדברה ינוקבו, יישטפו, ייאספו וישלחו להטמנה בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות. שאריות צנרת ופלסטיק אחרות יש לאסוף ולשלוח למחזור.

שאריות פרי: כמו במטעים אחרים, בענף התפוחים עודפי פרי יכולים להגיע עד 10% מהתוצרת (בכרם

יין אין כמעט עודפי פרי זמינים לשימוש אחרי הבציר). בעודפי פרי הכוונה לפירות שנרקבו, לפירות קטנים או לכאלה שנחשבים לא-אטרקטיביים לשיווק. ניתוב עודפי הייצור לשימושים אחרים עשוי להגדיל את הרווח מהמשאבים שכבר הושקעו ואף להפחית את מאמץ הייצור במקומות אחרים.

הממשק הסביבתי לעודפים: נראה כי אף לא אחת מהחלופות שנבחנו עד כה ישימה לביצוע. בעולם קיים פתרון מכני לקטיף ולאיסוף עודפי הפרי שעדיין לא מיושם בישראל, ויכול לתמוך בחלופות שנדחו מטעמי עלויות. אי לכך מציעים החוקרים את הפעולות הבאות:

1. העברת עודפי הפרי כתרומה (באמצעות ארגון כמו "לקט ישראל"). החסמים ליישום החלופה הם עלות הקטיף וחוסר הנכונות של הארגונים השונים להגיע לגולן ולאסוף כמויות פרי קטנות.
2. קטיף לתעשיית המיץ. החסם ליישום החלופה הוא יכולת הקליטה המצומצמת של תעשיות מיצי התפוחים.
3. העברה להזנת בעלי חיים (בעיקר פרות). החסם הוא עלויות האיסוף וההובלה לרפתות.
4. מרעה לסוסים. בחלופה זו הפרי מופל לקרקע ומשמש למרעה של סוסים המוכנסים למטע. כאן יש צורך בתיאום מול הבוקר, והמטע צריך להיות מגודר, אולם קיים חשש לעצים ולקרקע (הידוק כתוצאה מדריכה של סוסים); לא תמיד ישנם בסביבת המטע עדרי סוסים בהיקף מתאים.

לסיכום, לצד התקנת תקנות המבטיחות טיפול ברכיבי פסולת מסוימים והקמה חלקית של תשתית לטיפול שכזה, חלק ניכר מהפסולת החקלאית אינו מטופל באופן מיטבי. המדיניות לטיפול בפסולת זו מוסכמת ברובה על משרד

24 **בוצה** - שאריות מוצקות של ביוב לאחר תהליך הטיהור הראשוני.

25 **דה מרקר**, 2006. מלחמת בוצה. 23 במרץ; www.themarker.com/misc/1.358556

החקלאות ועל המשרד להגנת הסביבה. אין הסכמה כרגע לגבי השימוש בזבל לטיוב קרקעות חקלאיות עניות, שהוא פרקטיקה אגרו-אקולוגית מובהקת. גם הטיפול בפגרי בעלי חיים, ובעיקר בפסדי עופות, לוקה בחסר בצד החקלאי, ואת המחיר משלמים המערכות האקולוגיות הטבעיות והאדם (למשל, התפרצות כלבת בגלל ריבוי תנים ושועלים הניזונים מפגרים לא מטופלים ומפסולת זמינה אחרת).

ישנה גישה האומרת שיש לגבש פתרון כולל לפסולת החקלאית, כולל הפלסטיק, יהיה מקורו של הפלסטיק אשר יהיה. פתרון כזה מתחיל באסדרה מלאה של החקלאות, בעלי חיים וצמחים כאחד, במסגרת רישוי עסקים. האסדרה תטיל מחויבויות על החקלאים לטיפול בפסולת. המדינה מצידה חייבת לספק פתרונות בטכנולוגיה מתאימה ובמחיר סביר תוך מימון ההקמה והתמיכה במקרה הצורך. הפתרונות אינם חייבים להיות ייחודיים לחקלאות, שכן הטיפול בפסולות ממקורות שונים מוכר ואפשרי. גם עלויות הובלה והטיפול צריכות להיות במימון מלא או חלקי של המדינה. פתרונות הקצה צריכים להיות אזוריים כדי להקל על השינוע. מהלך כזה צריך להיעשות יחד עם החקלאים תוך התחשבות בקשיים ובצרכים שלהם. מעבר להפקת אנרגיה ממתקנים המשתמשים בכל סוגי הפסולת, כפי שנעשה במקומות רבים בעולם, יכול להיות פתרון כולל (בן חיים, ריאיון, 2018). מהלך כזה מחייב את המשרד להגנת הסביבה לחרוג מההתנהלות המבנית המאפיינת אותו (אשכולות, אגפים ותחומים) תוך חיפוש לפתרון כולל שמתכתב עם פתרונות לחלק גדול מהאשפה העירונית. חשוב לזכור שישראל היא שוק קטן מאוד מבחינת כמויות הפסולת הנוצרות כאן, כמו גם מבחינת השימוש בתוצרי המחזור, ולכן כלכלת המחזור אינה פשוטה.

פרק VIII. מדיניות, אסדרה וידע: סוגיות ניהול וחקיקה של המעבר לחקלאות מקיימת

"אנחנו צריכים לתת מענה לשאלות של האגרו-אקולוגיה לא בנפרד, אלא תוך שילוב בתפיסה מערכתית. זהו החידוש במיזם הלאומי של אגרו-אקולוגיה" (סטפן לה פול, שר החקלאות, המזון והיערות של צרפת, דצמבר 2012).

"בהתייחסות לסוגיות השונות והמורכבות הנוגעות לאינטראקציה בין החקלאות והסביבה, פיתוח גישת מדיניות משולבת ועקבית יותר יהווה אתגר חשוב..." (דו"ח OECD על המדיניות החקלאית בישראל, 2010)

רקע כללי

או במילה אחרת - במהפכה. פאול ארליך, אקולוג ידוע מאוניברסיטת סטנפורד, ועמיתו ג'ון הארט (Ehrlich and Harte, 2015a, b) הגדירו את הצעדים המעשיים ליישום מהפכה בנושא הזנת אוכלוסיית התבל, ובראשם בחינה מוקפדת והקטנה משמעותית של השימוש בחומרי הדברה, בדשנים, בחומרים מעודדי צמיחה, בהורמונים ובחומרים אנטיביוטיים בחקלאות הצומח והחי. עם זאת, יש להקצות מים להשקיה במחיר הריאלי כדי לעודד חיסכון והתייעלות (כמו שקורה, לדבריהם, בישראל); לעבור ל"כלכלה חדשה" המביאה בחשבון את העלויות החיצוניות של הייצור החקלאי; לעודד מחקר להגדלת הקיימות בחקלאות במקום להגדלת יבולים בטווח הקצר; להקצות שטחים גדולים ומשמעותיים לשמירת טבע.

בסוף שנות ה-80 נכנס לשיח הציבורי מושג **הקיימות**, הקורא לאדם לאמץ גישה מרחיבה וארוכת טווח בהקשר לניצול משאבי טבע ולפגיעה בסביבה. האינטרס של הדורות הבאים אמור לבוא לידי ביטוי בחשיבה ובתכנון של הדורות הנוכחיים. דיון שכזה אמור גם להתפתח סביב החקלאות, שכן לא יהיה נכון לפגוע ביכולת ייצור המזון של הדורות הבאים בשל ייצור מזון אינטנסיבי, פגיעה בסביבה וצריכה בזבזנית בהווה.

ב-1987 הופץ דו"ח מקיף על מהות המושג **פיתוח בר-קיימא** שסיכם עבודת ועדה שמינה האו"ם². הוועדה טבעה את המושג "**פיתוח מקיים**" (**sustainable development**) המדגיש את חשיבות ההתייחסות לדורות הבאים והימנעות מפגיעה ביכולתם לספק את צורכיהם בשל פעילות לא מושכלת בהווה. האו"ם חידד תפיסה זו והגדיר לה שלושה צירי פעולה: כלכלי, סביבתי וחברתי.

לקביעת מדיניות וליישומה יש שלושה מרכיבים: העקרונות המנחים, ההנחיות המעשיות והמנגנונים ליישום. חקלאות מנוהלת לרוב על פי מדיניות ממשלתית-מרכזית, והמשרד הממונה על החקלאות אחראי לגיבוש מדיניות זו. היישום יכול להיות אף הוא מרכזי, על ידי אותו משרד, או על ידי יחידות משנה הקרובות יותר גיאוגרפית לחקלאות ולחקלאים. כחלק מיישום מדיניות חקלאית יש במדינות רבות מערכת של תמיכה ועידוד באמצעים כלכליים בחקלאות המקיימת (OECD, 2001).

בסוף המאה הקודמת, כאשר התפתח הדיון במעבר לשיטות חקלאיות מקיימות יותר, טען רוטאן (Ruttan, 1999) שכדי להגיע לאיזון בין הייצור לצריכה תוך הקטנת הפער בין מדינות מפותחות למתפתחות נדרש **מהפך משמעותי** (**Great Transition**). אם מהלך כזה ייכשל, זה לא יהיה בגלל מחסור במשאבים או בגלל מגבלות סביבתיות. הסיבה העיקרית לכישלון תהיה מחסור בכלים או **במנגנוני ניהול חדשים ויעילים** שיאפשרו הקטנת צריכה של משאבים (אנרגיה, מזון) במדינות מפותחות והגברת הצריכה של אותם משאבים במדינות המתפתחות שחסרות כיום את היכולת הכלכלית לרכישתם.

אלטיירי וניקולס (Altieri and Nicholls, 2000) סברו שמהפך במדיניות חקלאית לאומית שעיקרו קידום חקלאות קונבנציונלית לעידוד אגרו-אקולוגיה אינו אפשרי בגלל המרכיב הקפיטליסטי של החקלאות וההשפעה הפוליטית של חברות האגרו-טכנולוגיה הענקיות. הם מאמינים ששינוי שכזה תלוי במהלכים חברתיים, פוליטיים, תרבותיים וכלכליים רחבים ועמוקים

1 הדו"ח בגרסתו העברית: <https://tinyurl.com/uqj2r95>

2 הדו"ח מוכר כדו"ח ברטולאנד על שם ראשת ממשלת נורווגיה לשעבר שעמדה בראש הוועדה. במקור נקרא הדו"ח "עתידינו המשותף".

של **שימושי קרקע (land uses)** במרחב שהוא חקלאי בעיקרו, ההבדלים בין קבוצות המשתמשים היו גדולים משמעותית מאשר ההבדלים בתגובות מומחים מאותו תחום מארבעה אזורים שונים (Lange et al., 2015). במילים אחרות, תפיסת הקיימות משתנה גם לפי אופי הגוף הקשור לניהול שימושי הקרקע והתמחותו המקצועית ולא רק לפי תנאי האזור שהפעילות מתקיימת בו.

ברמה העקרונית, קידום נושאים דוגמת אגרו-אקולוגיה או התמודדות עם שינוי התנהלות של חקלאים ניתן לעשות דרך **מדיניות** הנשענת על **תמריצים כלכליים**, על **מנגנוני אסדרה** או תוך שילוב בין הכלים השונים. לכלים אלה יש גמישות שונה - יותר גמישות במתן תמריצים ופחות באכיפת אסדרה. יש לזכור שהחקלאות היא תחום דינמי מאוד, משתנה ומתעדכן, ולכן גם כלי המדיניות הנבחרים צריכים להיות גמישים כדי להתאימם לשינויים בשטח. נוסף על כך, אין משמעות למדיניות חקלאית ללא **התחייבות ארוכת טווח**, ולכן מדיניות ממשלתית בנושאים אלה לא יכולה להשתנות תכופות. הדבר חשוב שבעתיים כאשר מדובר בנושא רב-תחומי, ארוך טווח, מרחבי ובו פערי ידע ניכרים, ואשר דורש מהחקלאים שינוי התנהלותי משמעותי (לווינגרט, ריאיון, 2019).

הפרק שלפנינו סוקר קווי מדיניות חקלאית שונים בעולם, שתכליתם קידום היישום של עקרונות אגרו-אקולוגיים או של חקלאות אקולוגית במדינות שקיימת בהן חקלאות מודרנית או אינטנסיבית. ננסה לבחון את הצלחתם של כלי המדיניות השונים בהקשר של השגת קיימות בייצור החקלאי. בהמשך הפרק נדון בכלי המדיניות הקיימים בישראל.

כלי מדיניות אסדרה (רגולציה)

אסדרה מתייחסת לכלים שבעזרתם הגוף האחראי ליישום מדיניות, על פי רוב גוף ממשלתי-ממלכתי, **אוכף ומיישם את המדיניות**. אסדרה נשענת, כמעט תמיד, על **מערכת חוקים ותקנות** שמספקים בסיס

אחרי הופעת הדו"ח ואימוצו הייתה אמורה להתגבש בכל מדינה מדיניות ממשלתית או לאומית בנושאים רלוונטיים שתכליתה קידום הגישה המקיימת. כך גם לגבי מדיניות חקלאית. אף על פי כן, ההתקדמות בכיוון זה איטית, בין השאר כי אין קריטריונים מוחלטים ומוסכמים להגדרת הקיימות או מדדים להערכתה ולכימותה.

מאז אימוץ התפיסה המקיימת עד כה האו"ם את מדיניות הפיתוח בר-הקיימא פעמיים, לקראת שנת 2000 וב-2015 עם גיבוש **agenda 2030**³. מסמך זה מציב רשימה של מטרות לשיפור חיי בני האדם בעולם כולו. מטרה מרכזית היא מיגור הרעב והמחסור במזון. מחברי המסמך רואים בהגדלת השטח המעובד בצורה יצרנית ומקיימת צעד חיוני להשגת הבטחת התזונה הבריאה לכל אדם. לצורך זה הוגדרו 20 מטרות אופרטיביות, דוגמת הנגשה קלה לשימוש במשאבי ייצור, בהון ובשירותים תומכי חקלאות; שיפור היכולת של חקלאים קטנים להשתמש בשווקים למכירת תוצרתם; העצמת בריאות קרקע חקלאית ושיקום קרקע פגועה; שימור מגוון ביולוגי ותפקוד מערכות אקולוגיות הקשורים לחקלאות; התייחסות לשינוי האקלים והתמודדות איתו ועוד (FAO, 2018). ניתן לזהות חפיפה בין חלק מהמטרות ועקרונות אגרו-אקולוגיים שהוצגו בפרק הפתיחה לספר זה.

יישום תפיסות הפיתוח המקיים נכשל לעיתים קרובות גם בגין פערי ידע משמעותיים, בעיקר ידע רב-תחומי, מרחבי ועיתי (עם בחינת השלכות סביבתיות, חקלאיות, כלכליות וחברתיות). ידע מבוסס שכזה חיוני כבסיס למדיניות ולבחירת כלי מדיניות בני-קיימא.

קושי אחר הוא הצורך בהתאמת הגישה הכללית לשימושי קרקע השונים ולתפיסות הגופים האחראיים על ניהול שימושים אלה. העשייה החקלאית היא דוגמה טובה למצב זה, שכן היא מתאפיינת ב**ריבוי בעלי עניין ותפקודים (multifunctionality and multi-stakeholders)**⁴. כאשר נשאלו בצפון גרמניה נציגים של ארבעה תחומים הקשורים לחקלאות (חקלאים, יערנים, מנהלי משאבי מים ומתכננים) על תפיסתם את המושג קיימות בהקשר

3 להרחבה: sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld

4 יש כאן הקבלה לדיון על מערכות "מתפרעות" או "נבזיות" (wicked problems) שהוצג בסיפא של פרק II ויעלה שוב בסיכום הספר.

החקלאות ראה עצמו, היסטורית, כמי שאמור לסייע לחקלאים ולייצור החקלאי, ולא כמי שאמור להכפיף לסדרה. עם זאת, גם התמיכות הישירות בחקלאים הצטמצמו עם השנים בגלל מדיניות של פרנסי האוצר שעיקרה הקטנת התמיכות והגנה על הייצור החקלאי בעזרת מכסים על היבוא⁵. גם הגורם השלישי בישראל – הציבור או החברה האזרחית – מגלה פסיביות יחסית בתחום החקלאות והמזון, וזאת אף על פי שהנושא נוגע באופן ישיר לבריאותו ולכיסו⁶.

מיסים ככלי ליישום מדיניות

מיסוי או הטלת קנסות, בדומה לתמיכות ולתמריצים, הם כלי מרכזי ביישום מדיניות. מיסוי או קנס אמורים לבטא מדיניות שמנסה למנוע או להקטין התנהלות מסוימת, בעוד שתמריץ עושה את ההיפך. פרינגס (Perrings, 2009), בהצאתו בכנס נקודת ח"ן טען:

את הקונפליקט בין הפעילות הכלכלית והנזק האקולוגי ניתן לפתור על ידי מיסים שגובהם יהיה יחסי לעלות הפגיעה או לאי-אספקת שירותים אקולוגיים, שאינם חלק מכלכלת השוק, כמו ויסות כמות המים ואיכותם, אספקת בתי גידול למינים מועילים לאדם, מניעת סחף קרקע, ויסות מזיקים ומחלות או אספקת שירותים שליליים (disservices) כמו מתן בית גידול לטפילים או לחרקים (יתושים) המסכנים את בריאות האדם.

הארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD) מתמחה בהכנת מסמכים מקצועיים המשווים בין המדינות החברות במגוון נושאים. במסגרת זו הוכן מסמך על חלופות ועל גישות שונות לתשלום עבור שימור מגוון ביולוגי בחקלאות. מסלולי התמיכה שנבדקו היו: **תשלום**

אופרטיבי להטמעת המדיניות. יש לזכור, שאסדרה, מרגע שחוקקה, היא **קשיחה** מאוד וקשה לשינוי ולהתאמה לצרכים משתנים. עם זאת, בחלק מהנושאים, השתתפות וולונטרית בתהליכי שינוי או מתן תמריצים שאינם בלתי סופיים, אינם מספיקים להשגת שינוי משמעותי בתהליך מורכב כמו ייצור חקלאי. דוגמה מתאימה ליישום מדיניות חדשה ניתן לראות ברפורמה ברפת בישראל (פרק VII, עמ' 219-222) שבמסגרתה יושמו תקנות חדשות, הוטלו קנסות והוקצו תמיכות ומענקים.

נושא האסדרה מעלה דיונים רבים שמגיעים לעיתים לקונפליקטים חמים ולמעורבות פוליטית. יש בנושא זה שלוש שאלות מרכזיות:

- **האם נחוצה אסדרה?** ברוב המקרים הגוף שהאסדרה מטפלת בו מנסה להראות שהיא מיותרת, ורק מסבכת ומייקרת את התהליכים, בעוד שהגוף שאמור ליהנות מהמוצר או מהשירות, על פי רוב הציבור, מייחל לאסדרה שתיטיב עימו.
- **מי יבצע את האסדרה?** האסדרה אמורה להתבצע על ידי גוף ממלכתי או מי מטעמו. לא תמיד נשיאה באחריות נעשית מרצון, ולא תמיד מעמידים לרשות הגוף המאסדר כלי ביצוע מספקים. כאן יש לציבור או לגופים הפועלים בשמו (המגזר השלישי) תפקיד בקידום האסדרה ובווידוא היישום שלה על ידי זרועות השלטון, שאולי היו שמחות לוותר על התפקיד.
- **מה יהיו כלי האסדרה** או איך לבצע אותה בצורה יעילה?

בחקלאות ישראל יש אסדרה חלקית (חסרים חוקים ותקנות ואין הגדרה ברורה למנגנוני אסדרה ולשאלה מי מפעיל אותם – ראו, למשל, את נושא ההדברה, (פרק II, עמ' 70-72). ייתכן שמצב זה נובע מהעובדה שמשדר

5 לפי דו"ח הכנסות המדינה לשנים 2015-2016 שפורסם לאחרונה, שיעורי המכס האפקטיביים הגבוהים ביותר בישראל הם על מוצרים חקלאיים. מ-20 המוצרים החקלאיים שהמכס עליהם היה הגבוה ביותר, 16 אינם מיובאים כלל, כנראה בגלל שיעור המכס. שיעור המכס תלוי גם במדינה המייצאת עקב הסכמי סחר שונים. שיעורי מכס לדוגמה – שום (88%), פילה אמנון קפוא (74%), דבש, סלק ושורשים דומים (69%), תפוחי אדמה (68%), כבשים חיות (41%), תפוחי עץ (מהאיחוד האירופי – 29%, מארה"ב – 0% וממדינות אחרות – 16%).

<https://tinyurl.com/qpkoo5q>

6 לראיה, לאחרונה הורידה תנובה מהמדף את המוצר "חלב משק" שהתבסס על תהליכי ייצור המתחשבים בסביבה, בעיקר תזונה המקטינה פליטות הפוגעות באוזון, ולכן נחשב כמקיים יותר. אחרי שלוש שנות ניסוי תנובה הגיעה למסקנה שהצרכן הישראלי לא מוכן לשלם יותר על מוצר ידידותי לסביבה (חן, 2019). על הייחודיות של "חלב משק" ראו: www.yediot.co.il/articles/0,7340,L-4865432,00.html | לביקורת על הרעיון ראו: www.the7eye.org.il/229067

ההתעדה מצינת **התנהלות חקלאית טובה (Good Agriculture Practice - G.A.P)** (שריג, ריאיון, 2019).⁷

היזומה, שתחילתה במערב אירופה, התפשטה במהירות בעולם כולו, ומוכרת מ-2007 כ-GLOBALG.A.P. היא פועלת ב-125 מדינות, כולל ישראל.⁸ בישראל היו אלה דרישות של רשתות המזון הגדולות של אירופה שגרמו לחקלאים לאמץ את ה-G.A.P. כיום מתחילות רשתות שיווק מקומיות לדרוש מהחקלאים המקומיים להציג אישור GLOBALG.A.P לתוצרת המשווקת, אבל אין עדיין דרישה לעמוד בתהליכי בקרה דומים לאלה שיש לארגון המתקן. גם למשרדי הממשלה הקשורים לאסדרה בתחום של ייצור מזון חקלאי וצרכיך בארץ - בריאות, הגנת הסביבה וחקלאות - אין מנגנונים לבדיקה של העמידה המעשית בתקן. גם למרכזים הלוגיסטיים של רשתות השיווק אין בקרת עמידה בתקנים, לא של תוצרת חקלאית המיוצרת בארץ ולא של תוצרת חקלאית מיובאת (שריג, ריאיון, 2019).

באירופה כל תהליך הייצור והשיווק החקלאי מפקח באופן הדוק. הרשת קובעת לכל גידול את דרגת הסיכון אחרי ביצוע סקר סיכונים (למשל, פלפל מסוכן פחות מחסה, ועשבי תיבול נמצאים בדרגה הגבוהה ביותר). לפי הדרגה קובעים את השיעור היחסי של המשלוחים שנבדקים בפועל. במשלוחי התבלינים מישראל, כמו מכל מקום אחר, בודקים כל יחידת משלוח בגלל הסיכון הגבוה. בסך הכול, היצוא מישראל עומד בדרישות, ויש מעט פסילות של תוצרת. בארה"ב חקלאי שמשלוח שלו נפסל לא יכול לייצא חמש שנים.

רכיב חשוב באסדרה הוא הזיהוי הפרטי ומידת הנקבנות (**traceability**). כל יחידה עטופה בפלסטיק עם קוד זיהוי מפורט של המגדל (GGN - G.A.P Grower Number). במקרה של בעיה ניתן לחזור לחקלאי לבירור ולמשוב. האריזה מונעת גם זיהום על ידי עובדים או צרכנים. בארץ אין עדיין מערכת דומה של אסדרה, לא לתוצרת הארץ ולא לתוצרת מיובאת (שריג, ריאיון, 2019).

ב-2016 הוגש לכנסת תיקון לחוק הגנת הצרכן בדבר סימון תוצרת חקלאית שיוצרה בישראל. תיקון זה טרם אושר

אחיד, סוגי מכרזים (auctions) שונים הכוללים הגדרת מטרות סביבתיות, ושני סוגים של **תשלום דיפרנציאלי** עם הגדרת מטרות סביבתיות. ניתוח כמותי של החלופות הראה שתשלום אחיד הוא המנגנון היעיל פחות (low cost effectiveness) היות שאינו מביא בחשבון את העלות של הממשק לחקלאי ולא את גובה התרומה המתקבלת למגוון הביולוגי בחווה (הערך הסביבתי המתקבל). ניתן לייצל מנגנון זה באמצעות הגדרה ברורה של המטרות הסביבתיות. המכרז בעל הגדרת המטרות הסביבתיות הוא היעיל ביותר, אבל אם לחקלאים יש ידע מוקדם על הערך הסביבתי של הצעתם, יעילות המכרז יורדת, שכן כדאי להם להציע הצעה נמוכה ולקבל פיצוי מהתרומה הסביבתית המוגברת. בכל מקרה, הגדרת המטרות והתניית התמיכה בהשגתן משתלמת, גם אם היא כרוכה בעלויות גבוהות יותר של התוכנית (Lankoski, 2016).

אסדרה וולונטרית

בצד אסדרה ממוסדת ישנן יוזמות לקידום קיימות על בסיס וולונטרי. מדובר במערכת תקנות שגופים הקשורים למערכות החקלאיות החליטו להטיל על עצמם. לא מדובר באסדרה ברמת המדינה ולכן אין מנגנון שיכול לכפות אותה. בעיקרון, אסדרה וולונטרית לא הולכים יד ביד. אנשים או גופים לא "מתנדבים" לקבל על עצמם אסדרה, אלא אם כן היא תסייע להם באופן ישיר, למשל - תיטיב עימם כלכלית.

בסוף שנות ה-90 התארגנו באירופה סיטונאים גדולים (בעיקר רשתות שיווק) של תוצרת חקלאית כדי לתת מענה לדרישה הגוברת והולכת מצד הציבור להבטחת איכות המוצרים ובטיחות המזון, כמו גם להקטנת ההשפעה הסביבתית של החקלאות ולדאגה לרווחת העובדים בחקלאות ולרווחת חיות המשק. במקרה זה נקבעו תחילה תקנים של חקלאות מקיימת וגיבשו עבורם קודים מוסכמים וקריטריונים שינחו את החקלאים המעוניינים בהכרה מסוג זה (Milder et al., 2015). כאשר מערכת תקנים וקריטריונים אלה קיימת, ידועה ומוסכמת, ניתן ליצור עבודה מנגנון של **התעדת קיימות (sustainability certification)**, המאשר שהמוצר הופק תוך שמירה על העקרונות הללו.

7 קטע זה, העוסק בתקינת תוצרת חקלאית, נשען, בין השאר, על ריאיון עם טלי שריג, אגרונומית בעלת ניסיון נרחב בעבודה במערכות חקלאיות בחברות ציבוריות ופרטיות (נטפים, מגדלי הערבה). היא בעלת הסמכה של GLOBALG.A.P ועובדת כיום ביעוץ לחברות חקלאיות לגבי עמידה בתקנים.

8 ראו www.globalgap.org/uk_en/who-we-are/about-us/history

מדייקת ועוד). כאן נכללים גם היבטים אתיים וחברתיים של העשייה החקלאית: תנאי העסקה ומגורים של העובדים (בעיקר אם הם זרים), שכר הולם לעובדים, השתלמויות לעובדים בנושאים מקצועיים ובנושאים סביבתיים וחברתיים, אי-העסקת ילדים, מניעת עבודה בכפיה, איסור ענישה והטרדה, חופש התארגנות ושוויון זכויות (בלי הבדל דת, גזע ומין).

תרומה סביבתית: החקלאי נדרש לבצע פעולות תורמות לסביבה ולדווח עליהן, לפי סוג הגידול וממשקו ותנאי הסביבה, וזאת ללא תמורה כלכלית. לדוגמה: הצבה של תיבות קינון לעופות; יצירת בתי גידול לחיות בר מועילות (למשל, עטלפים, דבורי בר); שתילה או שימור של צמחייה טבעית; שמירה על שטחים ללא דישון והדברה.

נהלים אלה מביאים לשיפור ההתנהלות הסביבתית והחברתית-מוסרית של חקלאים רבים, גם בישראל, באופן ששום אמצעי אחר לא היה גורם לו. ברור שהרצון של החקלאים להמשיך ולשמור על מעמד היצואן והידיעה שיש מערכת מפקחת ואוכפת, עוזרים בהנעת השינוי הוולונטרי.

עם זאת, יש לזכור שמדובר בממשקים וולונטריים ברמת המגדל, השדה או בית האריזה, ולא באסדרה ממשלתית המגובה בתקנות ובענישה. כפי שאפשר להבין מהתיאור, מערכת וולונטרית זו הפכה לקובעת הרף והנורמה בתחום גידול מוצרים חקלאיים, והעובדה שרשתות השיווק המרכזיות בעולם אימצו אותה נותנת לה מעמד ותוקף חזקים ביותר. למדינות נותר להוסיף ולחזק את המנגנון אם הן מוצאות זאת לנכון.

הכותנה הישראלית כולה גדלה כיום בתקן BCI (Better Cotton Initiative או היוזמה לכותנה משופרת¹⁰). התקן הוא יוזמה בין-לאומית שמפעיל מוסד ללא כוונת רווח (מלכ"ר) המקדם גידול כותנה משופר סביבתית בכל השלבים, מהייצור בשדה ועד המוצר המוגמר. זו יוזמה וולונטרית של ארגוני סביבה ויצרני טקסטיל. נקבעו קריטריונים לייצור מקיים של סיבים, וכל השותפים

סופית. מדובר ביוזמה לסימון תוצרת חקלאית טרייה כדי לבדלה מתוצרת מיובאת. יוזמה זו צומחת מהרצון להגן על החקלאי הישראלי - מטרה לגיטימית וחשובה - ולא דווקא מהרצון לעזור לציבור להגן על עצמו ועל בריאותו.

תהליך זה של רישום והכרה מתפתח מאוד בעשור האחרון (Bray and Neilson, 2017). חברות ענק בין-לאומיות (קוקה-קולה, וולמארט ועוד) מקדמות מסלול זה: הן משתמשות, בין השאר, במנגנון ההתעדה ומתייגות את עצמן כ"מובילות הקיימות העולמית" (global sustainability champions). אין ספק שמדיניות זו תורמת לעסקים, אך יש לה גם תרומה סביבתית. פעילות זו נגזרת הן מהרצון לפתח אמצעי שיווק חדשים ולהגדיל נתחי שוק מתוחכמים ומעודכנים הן מלחץ ציבורי הנובע מאידיאולוגיה סביבתית מתקדמת (אבל ראו הערה 6 לעיל). ניתוח של התנהלות זו מראה הישגים בצד מגבלות. המסקנה היא שללא אסדרה ממשלתית משלימה, הגדלת מודעות בקרב הציבור, צריכה אחראית של הציבור ותחיקה בין-לאומית - ההישגים הסביבתיים יישארו מצומצמים (Dauvergn and Lister, 2011).

ה-GLOBALG.A.P הוא תקן בין-לאומי מקובל ביותר בחקלאות העולמית⁹. בישראל הוא רלוונטי בעיקר בענפי היצוא (ירקות, פירות, עשבי תיבול). באירופה מופעלת תקינה משלבת: הבסיס הוא GLOBALG.A.P, ועליו מתווספות דרישות ספציפיות לרשת המזון או למדינה. אל החקלאים המעוניינים בהכרה במסגרת זו (יצואנים ו"תומכי סביבה") מגיע סוקר של הארגון שבדק את ההתאמות של המשק לדרישות התקן, ובמידת הצורך מסביר את ההתאמות הנדרשות. החקלאים נדרשים לבצע את הפעולות הבאות:

רישום ומעקב: על החקלאי לבצע מעקב אחרי נתוני החלקה, התשומות החקלאיות (כמויות הדשנים וחומרי ההדברה) לרבות עלותן, היבול החקלאי ופעולות הממשק השנתיות על עלותן - ורישום שלהם.

ממשק חקלאי ידידותי: על החקלאי להציג מעבר לשיטות ידידותיות לסביבה (הדברה משולבת, חקלאות

9 ראו: www.globalgap.org/uk_en

10 ראו: bettercotton.org/; www.cotton.co.il/page/630

את הגידול בכמות השטחים בעלי ההתעדה ביחסים המורכבים שבין יצרני המוצרים, שרשרת המסחר, ציבור הלקוחות והמגדלים, שתחילתם בדרישה של גופים סביבתיים להתנהלות סביבתית יותר בפעילות החקלאית תוך נכונות לשלם מחיר גבוה יותר¹. ישנן גם טענות על שחיתות במנגנוני הבקרה על התקן במדינות מתפתחות ועל פיקוח לא יעיל, אבל קשה לבחון אותן. ניתן לומר שהעמידה בתקנים הסביבתיים במדינות המתפתחות גבוהה בגלל ההיבט הכלכלי המשמעותי, אבל העמידה בתנאים הסביבתיים והחברתיים קשה יותר (שריג, ריאיון, 2019).

בניתוח משווה של ספרות מדעית נמצאו רק ארבעה מחקרים המראים, תוך שימוש בשיטות מחקר מדעיות, שההתעדה הניבה תוצאות חיוביות לסביבה או לחקלאות (Blackman and Rivera, 2011). התרומה של תהליכי ההתעדה למערכת האקולוגית אינה ברורה דיה, ולכן מציעים צ'רנטקה ושותפיו (Tscharntke et al., 2015) לחזק קשר זה ולבנות מנגנון רישוי המותנה בשיפור המגוון או הנוף האקולוגי המקומי. מעניין לציין שמנגנון ה-GLOBALG.A.P לא מופעל כתנאי מחייב באירופה במסגרת חלוקת התמיכות בחקלאים הנדרשים לבצע פעולות אגרו-אקולוגיות, וייתכן שכך נמנעת רפורמה עמוקה יותר בהתנהלות הסביבתית של החקלאים.

מדובר במודל חדש בהתנהלות המסחר הבין-לאומי, ולכן יש לזכור שעליו לעבור מספר מבחנים לפני שיוגדר כהצלחה: מודעות הציבור לנושא הקיימות; גישה לשוקים כמו למוצרים רגילים מתחרים ויכולת תחרות איתם; שיתוף פעולה של המגדלים ויכולת ניטור של התהליך הרצוי; תרומה מוכחת לסביבה; שקיפות ואמינות של חלקי התהליך (Mori et al., 2016).

תקן GLOBALG.A.P אינו היחיד בזירה. LEAF Marque הוא תקן שמדגיש חקלאות מקיימת, והוא גובש ומקודם על ידי ארגון וולונטרי בבריטניה. החזון כאן הוא קידום רפורמה מעמיקה יותר בתנאי הגידול, ואין לנו די ידע כדי לשפוט את מידת הצלחתו.

בשרשרת הערך (מגדלים, מנפטות, מחסנים, משנעים, מטוויות ויצרני טקסטיל) מתחייבים לפעול לפיהם. קריטריונים אלה מתייחסים להגנת הגידול ממזיקים וממחלות; שימוש במים; שימור קרקע; שמירה על הסביבה; איכות הסיבים; העסקת עובדים הוגנת. היוזמה כוללת סיוע והדרכה לחקלאים, בקרה על עמידה בתקנים ותיעוד שמאפשר נעקבות ומזהה כל שותף ואת תרומתו הישירה לתהליך. שמירה על תקן BCI נותנת למגדל מוניטין של כותנה "הוגנת" לבני אדם ולסביבה, ויכולה להביא לגידול בחוג הלקוחות, לשיפור התדמית ולהשגת מחיר גבוה מהרגיל.

מילופרי הוא בית אריזה שמפעילה אגודה שיתופית של יישובים חקלאיים מהגליל המערבי. בית האריזה מטפל באבוקדו ובפירות אחרים, שמרביתם מיועדים ליצוא. במילופרי נערך בשנתיים האחרונות מיזם המיועד לקדם היבטים של מגוון ביולוגי בפעילות עסקים כלכליים. המיזם נוהל על ידי החברה להגנת הטבע ומומן על ידי המשרד להגנת הסביבה. תוצרי המיזם אוגדו בדו"ח מסכם הנמצא בשלבי פרסום אחרונים (אבישר ואחרים, 2019).

בית האריזה נכנס למיזם כדי לשפר את התנהלותו בנושאי מגוון ביולוגי והתנהלות סביבתית לנוכח מגוון של דרישות והתניות העומדות בפני יוצאים של תוצרת חקלאית לאירופה (דרישות GLOBALG.A.P ודרישות נוספות של רשתות השיווק). במסגרת המיזם פיתחו המגדלים, המדריכים החקלאיים והאקולוגים פרוטוקול שמציע: הרכב צומח הכיסוי למטעים שמתאים לשימור קרקע ולשימור המגוון הביולוגי; הגבלת ריסוס העשבייה תוך הגברת כיסוח; טיפול במינים פולשים; הקמת בריכות חורף; שיקום אקולוגי של שטחים לא מעובדים; שיקום הצומח המקומי, כולל צמחים בסכנת הכחדה והעשרת צמחיית צוף וצמחי אבקה.

כ-10% משטחי הגידול של קפה, קקאו, תה ושמן דקלים הם בעלי התעדה שיש לה היבטים סביבתיים (Tailleur et al., 2017). הדרישה העולמית ההולכת וגדלה לתוצרי גידולים אלה מכתובה הגדלה של שטחי הגידול על חשבון המערכות הטבעיות הטרוניות העשירות. יש להבין

11 להרחבה בנושא זה ראו כתבה בזווית, סוכנות ידיעות למדע ולסביבה - tinyurl.com/y6xe7afy

סוגים של מערכות חקלאיות כבעלות **ערך טבע גבוה** (**High Nature Value**): מערכות בעלות רכיב משמעותי של שטחים טבעיים למחצה (למשל, שטחי מרעה לא זרוע); מערכות שממשק העיבוד בהן אינו אינטנסיבי, ומערכות המכילות ריכוז גבוה של מינים נדירים (EEA, 2004).

החקלאות תפסה ב-2005 כ-45% מההקצב באיחוד האירופי (Henle et al., 2008). לכן, גיבוש מדיניות חקלאית על היבטיה השונים, כולל ההתייחסות הסביבתית, הוא נושא מרכזי עבור מוסדות האיחוד. **המדיניות החקלאית של הקהילה האירופית (Common Agricultural Policy - CAP)** היא מדיניות-על, שעקרונותיה מחייבים את המדיניות החברות, אך כל מדינה בוחרת את הדרך המתאימה לה ליישם אותם (Sulima, 2017).

הכלי המרכזי שבחר האיחוד האירופי להקטנת ההשפעות הסביבתיות השליליות של החקלאות הוא **תמיכות בחקלאים** המוכנים לשנות את דרך התנהלותם. סעיף התמיכות בחקלאות ובחקלאים תופס 38% מתקציב האיחוד, ו-80% ממנו מוקצה לכ-20% מהחקלאים בסעיף הנקרא **"תשלומים ישירים" (direct payments)**¹². התשלומים הללו נחלקים ל**תמיכה כללית ("סובסידיה")** שאינה קשורה לגודל הייצור החקלאי או ל**שיטות הייצור (basic payment)**, ול**תמיכה ייעודית** שמקבלים רק חקלאים שמוכנים להתנהל בדרכים סביבתיות יותר (**green payment**).

בתחילת שנות ה-80 בוצעו השינויים הראשונים במדיניות החקלאית האירופית, שעסקו בבעיה של עודפי ייצור, בביטחון תזונתי וברמת החיים של החקלאי וגם בפיצוי חקלאים על אובדן הכנסה בעקבות אימוץ ממשק מתחשב בסביבה (Henle et al., 2008). הכוח המניע היה הרצון לייצב את כלכלת השוק האירופי הצעיר מבחינה אזורית ובין-לאומית (מאזן סחר) ולחזק את המגזר הכפרי, וכך להקטין את ההגירה הפנימית מהכפר לעיר (Sulima, 2017).

המדיניות שגובשה להתמודדות עם עודפי ייצור חקלאי באירופה הייתה של **צמצום שטחי עיבוד (set aside)** תוך מתן פיצוי לחקלאים שוויתרו על העיבוד (Henle

ברור שנושא ההתעדה לא יתפתח ולא יאומץ על ידי חקלאים אם לא יהיה שכר בצידו. יש רק מעט עדויות מחקריות - שאינן חד-משמעיות - על תרומה חיובית של ההתעדה בראיית החקלאים. התרומה תהיה חיובית ויציבה אם לחברה החקלאית יהיו מוסדות התנהלות מובנים שיבטיחו את חלקה של כל משפחה, ואם שרשרת הערך של תוכנית ההתעדה תהיה קצרה וברורה (Bray and Neilson, 2017).

תמיכות ותמריצים כלכליים

מעבר לאסדרה לסוגיה ניתן לראות בכלים הפיננסיים-כלכליים (תמיכות וסובסידיות) כלי מדיניות, שכן גם הם מסייעים לקידום מדיניות מוצהרת. אפשר לומר שאם האסדרה היא שימוש ב"מקל", הרי שהתמיכות הן ה"גזר". בבסיס מנגנון התמיכות עומד הרצון לשמור על רמת הכנסה נאותה של החווה החקלאית תוך שמירה על תחרות בתוך המגזר. ניהול נכון של יחסים אלה יניב מחירי שוק סבירים תוך שמירת ההון האנושי של יצרני המזון. נוסף על התמיכות הישירות יש מנגנוני סיוע אחרים: ביטוח ללקיחת סיכונים בגידול ולהבטחת יבול או הכנסה וכן תמיכה בשיווק (Sterly et al., 2018).

המודל האירופי

במקורה התפתחה החקלאות האירופית על שטחי יער שבוראו והפכו לשדות מעובדים בשיטות מסורתיות ולשטחי מרעה עשבוני לגידול בעלי חיים. חקלאות זו השתלבה היטב בסביבה המיוערת, ונדמה שהשפעתה על הסביבה הטבעית הייתה מתונה (Signal and McCracken, 2000). המודרניזציה של החקלאות באירופה אחרי מלחמת העולם השנייה הביאה את האינטנסיפיקציה של החקלאות האירופית, בעיקר בצפון-מערב היבשת, לשיאה, וכך גם את השפעתה על הסביבה (Park, 1988).

בעקבות זאת, חלק נכבד מה**טבע** האירופי הנוכחי הוא **תלוי-חקלאות (farmland biodiversity)**. שטחי מרעה פעילים, שיחיות (heathlands), גדרות חיות (hedgerows) ומרצעי כבול (peatlands) הם בתי גידול התומכים במגוון ביולוגי ייחודי. במסגרת שמירת המגוון הביולוגי סווגו שלושה

12 ראו: ec.europa.eu/agriculture/direct-support/direct-payments_en

ב-1998 הורחבו התוכניות הללו (Environmental) (cross-compliance; Rural Development Regulation) והחקלאים יכלו לקבל תמיכה לקידום מגוון ביולוגי ולאחזקת נופים תרבותיים. שינויים נוספים במדיניות התרחשו ב-2003, והפכו את הסדר לגבי תמיכות לחקלאים: ייצור המזון נעשה משני יחסית לנושאי סביבה ומגוון ביולוגי מבחינת הזכאות לתמיכה (Firbank, 2005), והחקלאי מקבל תמיכה אם הוא מנהל את העיבוד החקלאי לפי תקנות שמירת הטבע העיקריות (Birds and Habitats Directives).

ב-2009 הוגדרו מטרות-העל של המדיניות החקלאית של האיחוד האירופי (סעיף 39 בהסכם הפעולה המשותפת - Treaty on the Functioning of the European Union)¹⁴:
• הגדלת הייצור החקלאי על ידי קידום טכנולוגי ושימוש מיטבי בגורמי הייצור, בעיקר כוח אדם.
• הבטחת רמת חיים הוגנת לקהילות החקלאיות ובעיקר הכנסה ראויה לעובדים בתחום החקלאי.
• ייצוב השווקים של התוצרת החקלאית ונגזרותיה.
• הבטחת זמינות המוצרים החקלאיים.
• הבטחת מחיר סביר למוצרים החקלאיים ולנגזרותיהם.
• עידוד מערכות ייצור חקלאי בעלות חיוניות (רווחיות, תחרותיות, מותאמות לתנאי הסביבה).
• פיתוח אזורי מאוזן הכולל תמיכה במגזר הכפרי, עידוד מגוון מקורות קיום והכנסה והגדלת המורכבות המבנית (למשל, מעבר מגידול בודד למספר גידולים, הוספת עצים וכו') של האזורים החקלאיים.
• ממשק בר-קיימא של משאבי הטבע והתמודדות עם שינוי אקלים, כולל תמיכה באספקת שירותים סביבתיים לציבור, תוך עידוד חדשנות והצמיחה הכלכלית הירוקה.

שימו לב כי רק המטרה האחרונה קשורה, במידת מה, לאגרו-אקולוגיה, והדבר מעיד כי הנושא אינו כה מרכזי בסדר העדיפויות של מדיניות ניהול החקלאות באירופה, ובהתאם לכך גם הקצאת התמיכות הנלוות לכך אינה מרכזית.

(et al., 2008). באנגליה, לדוגמה, הופסק העיבוד ב-11% משטחי החקלאות באמצע שנות ה-90. במרבית השטח נתנו החקלאים לצומח להתפתח באופן טבעי, ובשטחים אחרים זרעו צמחים שאינם גידולים חקלאיים או עשבי מרעה. תוך שנים ספורות ראו השפעה מיטיבה של השטחים המזוהים, שהתבטאה בירידה של שיעור התפשטות מחלות לגידולים שכנים, בירידה בשכיחות החרקים, כולל מזיקים, בשטח המזוהה ובעלייה בכל סוגי העופות בשטחים אלה (Firbank et al., 2003; Kovacs-Hostyanszki and Baldi, 2012). המדיניות של הברת שטחים חקלאיים השתנתה מקצה לקצה ב-2008 עקב עלייה חדה במחירי התוצרת החקלאית ובביקוש לקרקע חקלאית לגידול צמחי ביומסה (ביו-דלק) (Kovacs-Hostyanszki and Baldi, 2012).

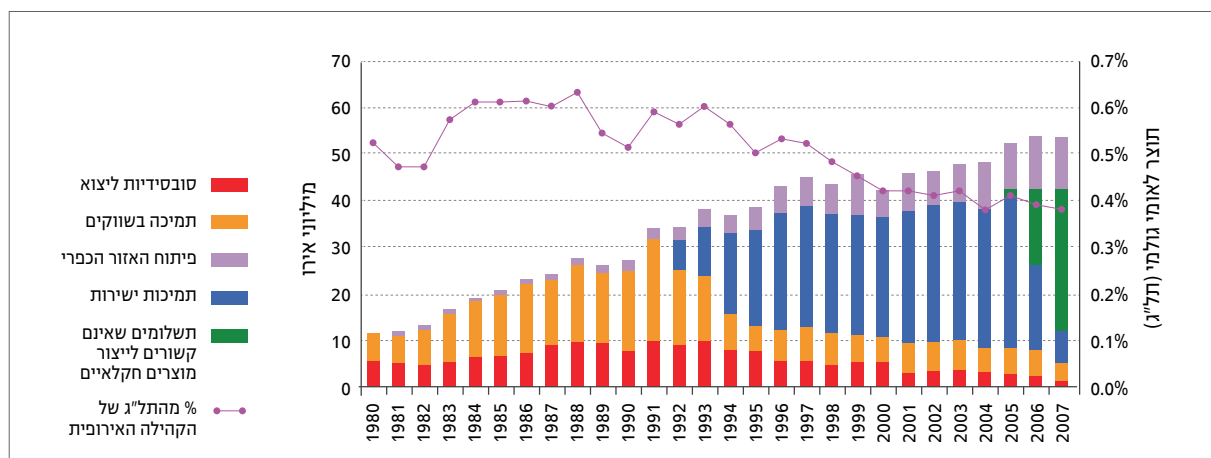
במחצית הראשונה של שנות ה-80 נכנסה לתוקף באירופה תוכנית שימור לבתי גידול רגישים (Environmental Sensitive Areas - ESA), ומועד יישומה השתנה בין המדינות. התוכנית הציגה 43 מתכוני שימור בסובב החקלאי, והחקלאי יכול לבחור את התוכנית שהתאימה לו. התשלום נגזר מהתרומה לשימור וממורכבות המתכון. באנגליה הושקה תוכנית מקבילה, ה-Countryside Stewardship Scheme (CSS), שמטרתה שימור בתי גידול ונופים בעלי ערך גבוה והעצמה של הנאת הציבור מהשטחים החקלאיים ומסביבתם (במילים אחרות ומודרניות - אספקת שירותים אקולוגיים). ב-2003 היו 10% משטחי החקלאות באנגליה במסלול חוזי ארוך טווח (על פי רוב עשר שנים) במסגרת תוכנית ESA או CSS (Dobbs and Pretty, 2008).

רפורמה נוספת התבצעה ב-1992, והוסיפה מימון לתוכניות אגרו-סביבתיות ממוקדות (agro-environmental schemes)¹³. תוכניות אלה היו אמורות לאושש את המגוון הביולוגי הנשען על שטחי החקלאות או לפחות לעצור את התדלדלותו (Donald et al., 2001; Green et al., 2005). מתחילת הדרך סבלה רפורמה זו ממימון חסר, מחוסר נכונות למחויבות ארוכת טווח של החקלאי או של המדינה ומחוסר נכונות לנטוש שיטות עיבוד מסורתיות, ולכן הצלחתה הייתה מוגבלת (Pe'er et al., 2014).

13 ראו: ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/publi/reports/agrienv/rep_en.pdf

14 לנוסח ההסכם ראו: http://data.europa.eu/eli/treaty/tfeu_2012/oj

איור VIII-1. שינויים במדיניות התמיכות החקלאיות באירופה (Fresco, 2008)



והגדלה של יחידות חקלאיות, שנובע מתפיסה מקיימת (שיקולי סביבה לצד מניעת ההתפתחות של אגרו-ביזנס דומיננטי), גרם לחקלאים ממערב אירופה להתארגן ולרכוש לעיתים בקבוצות, שטחי אדמה גדולים במזרח אירופה ולבצע שם את ההתרחבות. התהליך ההופכי הוא רכישת אדמות חקלאיות בעלות ערך ביולוגי גבוה על ידי ארגוני שמירת טבע בכל רחבי אירופה והפעלת ממשק אקסטנסיבי בהן כדי לשמור על המגוון הביולוגי הייחודי (Henle et al., 2008).

בבריטניה (טרום ברקזיט, כל עוד התקבלה התמיכה התקציבית מהאיחוד האירופי) היו שתי רמות של תוכניות תמיכה סביבתיות בחקלאות:

א. רמה התחלתית/בסיסית (entry level stewardship) - תוכנית בסיסית, וולונטרית, הפתוחה לכל החקלאים המעוניינים לעבור לממשק סביבתי יותר אך אפקטיבי, בשטחים גדולים. התקציב השנתי (ב-2013) לתוכניות אלה - 321.3 מיליון ליש"ט לשנה (כ-1.9 מיליארד ש"ח). מ-2005 נחתמו 48,000 הסכמים מסוג זה עם חקלאים, המקיפים כ-55 מיליון דונם (62% מהשטח החקלאי כולו).

ב. רמה גבוהה (higher level stewardship) - תוכנית בעלת דרישות גבוהות, המיועדת להביא תועלת משמעותית לשטחים נבחרים. התקציב השנתי לתוכניות אלה - 29.2 מיליון ליש"ט לשנה (= 180 מיליון ש"ח). עד 2013 נחתמו 1,250 הסכמים עם חקלאים על כ-110,000 דונם (1.2% מהשטח החקלאי כולו) (Bullock, 2013).

פרופ' לואיס פרסקו, הולנדית, חוקרת מערכות חקלאיות שעבדה שנים רבות בהנהלת ארגון המזון והחקלאות (FAO) ומ-2014 נשיאת האוניברסיטה החקלאית ואכנינגן, הייתה אורחת הכנס השנתי של נקודת ח"ן ב-2008. הרצאתה עסקה בשירותים אקולוגיים ובתועלת ציבורית שמעניקה החקלאות. בין השאר הציגה פרסקו איור המתאר את שינויי המדיניות החקלאית באיחוד האירופי (ראו איור VIII-1). מסוף שנות ה-80 היו סובסידיות ליצוא שהגיעו לשיא בתחילת שנות ה-90, והלכו ופחתו מאז; באופן דומה היו תמיכות בשיווק תוצרת חקלאית שהגיעו לשיא בתחילת שנות ה-90 ודעכו. התמיכות בפיתוח כפרי (כולל אנושי) היו נמוכות עד תחילת שנות ה-90, ומאז הן הולכות ועולות בעקביות. מ-1994 ועד 2006 עיקר התמיכות הן ישירות לחקלאי הבודד, וכוללות תמיכות סביבתיות-אגרו-אקולוגיות. מ-2007 התמיכות הללו אינן תלויות בהשפעת הפרקטיקה על הייצור החקלאי (Fresco, 2008).

הניהול ההיררכי שמכתיב את ההתנהלות הרצויה ממרכז האיחוד האירופי בבריטל מוביל גם לקונפליקטים ולתוצאות לא צפויות (ראו למשל את שיעורי התמיכה של חקלאי אנגליה ודייגיה במהלך הברקזיט). הניסיון לצמצם אינטנסיפיקציה

צמחים מעוצים בעלי מחזור חיים קצר; גידולי כסוי ירוקים (ראו טבלה 1-VIII). פעולות אלה, שהן פופולריות בין החקלאים שהסכימו להשתתף בתוכנית, תורמות סביבתית למשק המים ולאיכות הקרקע, אבל השפעתן על המגוון הביולוגי קטנה (Pe'er et al. 2014). זאת ועוד, הגדרת 'הפעולות הירוקות' לא לוותה בפרוטוקול פעולה חד וברור שיקל על יישומן, ולא הציעה מנגנון לבקרה על ביצועיהם של החקלאים.

היסטורית, התפתחות התמיכות בהתנהלות סביבתית באיחוד האירופי התקדמה במסלול הבא: החלטות שאילצו חקלאים לוותר על חלק מאדמות העיבוד שלהם < סנקציות על התנהלות מזיקה לסביבה < סובסידיות מותנות באימוץ פרקטיקות מומלצות < לבסוף, תשלום ישיר על שירותים אקולוגיים המופקים מהשטחים המעובדים (Thoyer, 2017). הגישה האחרונה עדיין לוקה בחסר - היא קצובה בזמן (עד חמש שנים), ובתום התקופה החקלאים אינם מחויבים לחדש את חוזה ההתקשרות וגם אין ביטחון שקובעי המדיניות יחדשו אותה. עדיין סביר להניח כי בשל שיקולי עלות-תועלת החקלאים יבחרו בשיטות היישום הזולות והקלות עבורם, ולא דווקא באלה שיובילו להישגי המגוון הביולוגי הגבוהים יותר (למשל נטיעת עצים ולא מחזור זרעים פשוט). תמיכה דיפרנציאלית לפי רמת התרומה למגוון הביולוגי יכולה לשנות מצב זה.

האם התמיכות באירופה השיגו את מטרותן?

העובדה שהאיחוד האירופי משקיע לאורך שנים סכומי עתק בתמיכות בחקלאות אין פירושה שמתקיים שימור טוב של המגוון הביולוגי בחקלאות. ולראיה, מדי כמה שנים מנסים להתאים עוד ועוד את התקנות והמדיניות למצב הטבע המתדלדל ולדרישותיו (Pe'er et al., 2017).

ב-2015 בחנו מספר אקולוגים את הספרות הרבה שתיעדה וכימתה את השינויים ברכיבי המגוון הביולוגי באירופה לנוכח התמיכות האקולוגיות מ-2003 (חלק מספרות זו מצוטט בפרקים IV ו-V). מרבית הממצאים המדעיים מצביעים על **עלייה ברכיבי המגוון** של בעלי חיים הקשורים לחקלאות (**farmland biodiversity**). עוצמת השינוי תלויה במבנה ובמשק של הנוף שסביב לחווה. הם לא ראו שינוי מיוחד לטובה בעקבות הרפורמה

ב-2013 הוסכם באיחוד האירופי על קווים מרכזיים לרפורמה במדיניות החקלאית לתקופה 2014-2020. למדיניות החדשה זו נקבעו שלושה נושאים מובילים: **ביטחון תזונתי, סביבה ושינוי אקלים**, ושמירה על **המאזן הטריטוריאלי** (או הדמוגרפי, מניעת הגירה לערים) של האזורים הכפריים (Pe'er et al. 2014). כדי לקדם את הנושאים הסביבתיים סוכם ש-30% מהתמיכות הישירות יינתנו לחקלאים בעלי חוות קטנות מאוד (הקטנות מ-30 דונם) אם יעמדו בשלושה "מדדים ירוקים": הקמת **אזורים ממוקדי אקולוגיה (Ecological Focus Areas - EFAs)** על 5% מהשטח המעובד שינוהלו תוך הקדשת תשומת לב מרבית לערכי טבע גם על חשבון הייצור החקלאי המיטבי (ראו טבלה 1-VIII), **אחזקת שטחי עשבייה "טבעית" קבועים** (על פי רוב שטחי מרעה) ו**גידול של לפחות שלושה גידולים שונים בחווה בו-זמנית**. קבלת התמיכות הותנתה גם בחובת שילוב הדרכה חקלאית, ציבורית במהותה, לשם בניית יכולות של החקלאי בתחומים המקצועיים ובנושאים המרכזיים הללו.

הגדרת הפעולות ב-EFAs קבעה שהם נועדו להבטחת המגוון הביולוגי בחוות ולשיפור, ודבר זה, יחד עם שאר ההתניות הסביבתיות, אמור לתמוך בממשק מקיים יותר מאשר הפרקטיקה הקונבנציונלית הנהוגה (Pe'er et al., 2017). נציגי החקלאים טענו שהקמת אזורים אקולוגיים אלה והצורך לגדל שלושה גידולים בחווה מקטינים את רווחי החקלאי, הן בגלל השטח המצטמצם ובעיקר בגלל הצורך להקים תשתית (רכישת כלים מכניים) לגידול הגידול השלישי (Agbioinvestor, 2018).

ההסכמות נשחקו בתהליך הפוליטי שבסיכומו הוחלט שיחולו גם על חקלאים בינוניים-גדולים (חוות בגודל של 150 דונם ומעלה). במקום שהתקציב יוקצה לתמיכה בחקלאים הקטנים שמצבם הכלכלי בעייתי יותר ושלא ינקטו פעולות אגרו-אקולוגיות בלי לקבל תמיכה נאותה, התקציב יתפזר. גם סך השטח שההסדר יחול עליו יהיה רק 48% משטחי החקלאות באירופה, ומספר החוות בהסדר יהיה רק כ-12% מסך כל החוות בקהילה האירופית, בגלל מגבלות תקציב.

גם ה"פעולות הירוקות" (אלה שמעודדים לקיים ב-EFAs) הורחבו, והן כוללות גם: גידולים מקבעי חנקן; גידולים מהירי צימוח (בין עונות עיבוד, catch crops);

טבלה VIII-1. חלופות של ממשק אגרו-אקולוגי הכלולות בתוכנית ה-EFAs (Pe'er et al., 2017)

מקדם שקלול מוצע*	הערות	קטגוריה
1.0	הפסקת עיבוד לשנה תוך שמירת הקרקע במצב מתאים לעיבוד חוזר	שמיטת קרקע
1.0		הקמת טרסות
	הקמת אלמנטים כמו גדרות חיות, עצים, סכרונים	הגדלת מגוון נופי
1.5		רצועות בידוד בין גידולים לאורך תעלות ניקוז או בין שדות על מפל טופוגרפי
0	שילוב עצים בשדות החקלאיים	ייעור חקלאי
0.3	עיבוד אפשרי אך ללא שימוש בחומרים כימיים	רצועות בידוד סביב יערות עם עיבוד
1.5	רוחב 1-10 מ'	רצועות בידוד סביב יערות בלי עיבוד
0.3		שימוש בעצה משיחים או בעצים קטנים (coppice)
1.0	ייעור שטחי עיבוד שיצאו משימוש	ייעור מחדש
0.3	למניעת סחף ולניצול יעיל של חומרי הזנה בקרקע	גידולים משולבים או גידולי כיסוי
0.3		גידולים מקבעי חנקן
2.0		גדרות חיות ורצועות שיחים
1.5	קוטר נוף העצים לפחות 4 מ'	טיפוח עצים בודדים
2.0	קוטר נוף העצים לפחות 4 מ' + המרחק בין העצים לא יעלה על 5 מ'	שורות עצים
1.5	יש חפיפה בצמרות העצים, וכלל השטח הוא בן לפחות 3 דונם	קבוצות עצים
1.0	באורך של לפחות 5 מ' ואינן חלק מטרסה	גדרות אבן
2.0	ברוחב מרבי של 6 מ' לא כולל תעלות השקיה מבוטנות	תעלות ניקוז
1.5	בגודל של לפחות 1 דונם לא כולל מאגרים עשויים בטון או פלסטיק	בריכות
1.5	רצועות ברוחב של 1-20 מ' ללא עיבוד	שולי שדות

* מקדם השקלול נקבע על ידי כל מדינה לפי החלטתה המקצועית בדבר עידוד פעולה מסוימת לעומת חברתה.

אקולוגיים, וטען שיש להם תרומה בינונית. הדרכה טובה יותר של החקלאים ומיקוד התמיכות באזורים עם מגוון ביולוגי גבוה יכולים לשפר את ביצועי התוכנית.

בסקר שדה של חקלאים בגרמניה התברר שרובם "מתנדבים" לעשות את מה שממילא נעשה קודם בחווה, ואינם נוקטים פעולות מיוחדות לעידוד המגוון הביולוגי. זאת ועוד, ההיבטים המנהליים והכלכליים של מסלול התמיכות היו מכריעים בהחלטות החקלאי לגבי אופי התמיכה באזורים ממוקדי-אקולוגיה יותר מאשר ההיבטים האקולוגיים (Zinngrebe et al., 2017).

גיא פאר, בהרצאתו בכנס נקודת ח"ן ב-2014 הזכיר חלק מהנקודות הבעייתיות הנוספות בתוכנית התמיכות הסביבתיות של האיחוד האירופי לחקלאים - קשר מוגבל בין התמיכה לפעולות תומכות מגוון ביולוגי; תמיכות בחלקות רחוקות זו מזו שמקטינות את אפקטיביות הממשק האגרו-אקולוגי; מתן אפשרות ליישום ממשקים בעייתיים (למשל, קציר שחת) בו-זמנית בחלקות רבות, דבר שיוצר בעיה אקולוגית בעוד שפריסה על ציר הזמן יכולה למנוע בעיות אלה; היעדר פיקוח מספק על ביצוע המחויבויות בשדה והיעדר תוכניות ניטור מלוות שיצביעו על יעילות התמיכות; היעדר תמיכה ייעודית לשטחי חקלאות הנמצאים בתחומי שמורות טבע (שטחי Natura 2000); פטורים נדיבים מדי משינוי ממשק לחקלאים עם שדות גדולים (פאר, 2014).

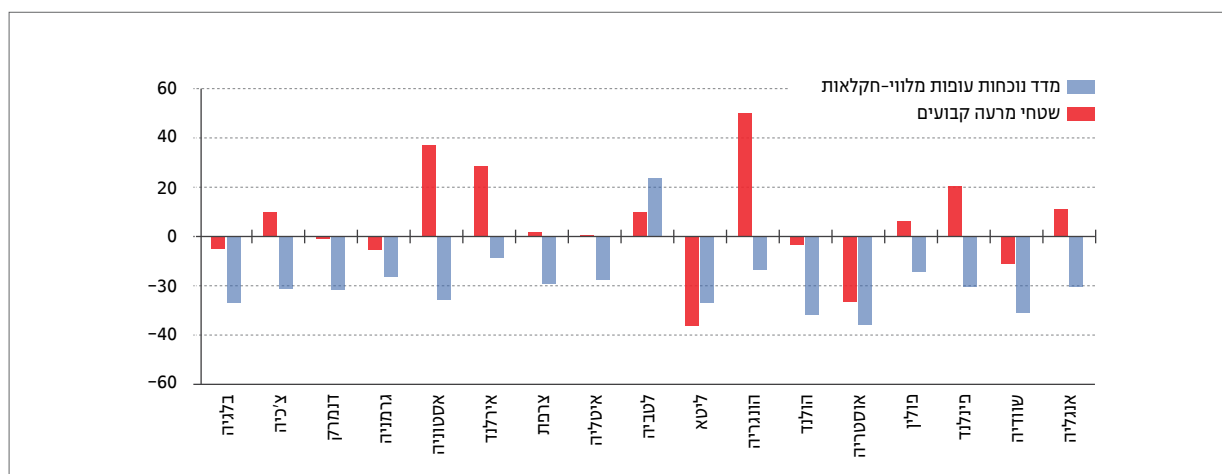
את התוצאה הכוללת של מאמץ השימור הסביבתי בשטחי חקלאות במדינות שונות באירופה ניתן לראות באיור VIII-2. אומנם, יש עלייה בשטחים פתוחים (כולל שטחי רעייה אקסטנסיביים) המהווים בית גידול חשוב באירופה, אבל מבחינת המגוון הביולוגי אין שינוי לטובה. האינדיקטור למגוון הביולוגי באירופה הוא נוכחות עופות מלווי-חקלאות (עמודות אדומות באיור VIII-2) באירופה מושם דגש ברור על נושא המגוון הביולוגי, בעוד שהיבטים אקולוגיים אחרים (לדוגמה, מצב הקרקע ובריאותה) מקבלים תשומת לב פחותה.

בתוכנית התמיכות ב-2007. מסקנתם הייתה, בהכללה, שתמיכות בשטחים שמחוץ לחלקה החקלאית (גדרות חיות או זריעת צמחי בר בשולי שדות) היו יעילות יותר מבחינת עידוד מגוון ביולוגי מאשר פעולות שנעשו בשדה עצמו (למשל, גידולי כיסוי). עדיין נשאלת השאלה אם לא יהיה יעיל יותר מבחינת שמירת טבע להשקיע את הכסף או חלק ממנו בשדרוג השטחים השמורים ולא במרחב החקלאי (Batáry et al., 2015). בבריטניה דווח שהן תוכנית ה-ESA הן ה-CSS (ראו פרטים לעיל) הראו אפקטיביות בכך שהאטו את קצב ההתדרדרות של הנוף החקלאי והפגיעה בכמה משתנים סביבתיים, אבל התוכניות כנראה לא היו מפתות דיין כלכלית כדי להסיט חקלאים הנוקטים ממשק אינטנסיבי מאוד לנתיב מתון יותר (Dobbs and Pretty, 2008).

פאר ושותפיו (Pe'er et al., 2017) בחנו את תרומת המושג **אזורים ממוקדי אקולוגיה (EFAs)** במדינות האיחוד האירופי לשימור המגוון הביולוגי בשטחים החקלאיים. בסקר של כ-90 אקולוגים הצביעו המשתתפים על נהגים שעדיפים לדעתם לטובת עידוד המגוון הביולוגי במרחבים חקלאיים - צמחייה טבעית בשולי שדות, הברת קרקע מעובדת (טווח בינוני-ארוך) או הגדלת המורכבות הנופית. החקלאים, לעומת זאת, העדיפו נהגים הקשורים ישירות לעשייה החקלאית - גידולי כיסוי, גידולים מקבעי חנקן או שמיטת קרקע (אי-עיבוד) לטווח קצר. החוקרים הציעו לשפר את תוכנית התמיכות הסביבתיות באמצעים הבאים: מתן עדיפות לנהגים הנתמכים לפי תרומתם למגוון הביולוגי; הקטנת הנטל האדמיניסטרטיבי; הגדרה חדה יותר של הממשק הנדרש בעת השימוש בתמיכות (למשל, שימוש בכימיקלים); מתן תמריצים לפעולות מרחיבות, כמו תוספות לנוף או רצועות בידוד, מעבר למינימום הנדרש.

קליין ושותפיו (Kleijn et al., 2011) בחנו את השאלה אם מאמצי השימור של המגוון הביולוגי בשטחי חקלאות באירופה נשאו פרי. לדעתם המחקר בנושא לקה בחסר בעיקר מבחינה תפיסתית, ולכן אי אפשר לענות על השאלה בשלב זה. לדיונים דומים באותה סוגיה אך עם מסקנות שונות ראו פרק V, סעיף 'הגדלת המגוון הביולוגי בשטחי חקלאות'. ויטינגהאם (Whittingham, 2011) סיכם את הנושא בפתיח לאסופה של 13 מאמרים שדנו בשאלה של תרומת התוכניות האגרו-סביבתיות למגוון הביולוגי ולאספקת שירותים

איור 2-VIII. השפעות המדיניות הסביבתית של האיחוד האירופי והתמיכות שהוא נותן לחקלאים על משתני סביבה מרכזיים (OECD, 2015)



מתייחסים בניתוח שלהם לחקלאי ולכוחות העומדים מאחורי הפרקטיקות שהוא משתמש בהן.

ההטבות הנגזרות ממדיניות חקלאית-סביבתית נתפסות אצל מומחים שונים כאמצעי מוגבל ולא מקיים (ראו דיון מרחיב בפרק VI - החקלאי). ההטבות נשענות על משאבים חיצוניים ותלויות בתהליכים פוליטיים המנותקים מההקשר המקומי של חקלאות-טבע. כחלופה מקיימת מוצע לעשות כל מאמץ להשאיר את שימור המגוון הביולוגי בסובב החקלאי "בידיים ובראש של החקלאי" (de Snoo et al., 2013). החוקרים רואים בתהליך התפתחותי זה של החקלאים אתגר סוציולוגי שבבסיסו שינוי מוטיבציה והתנהגות של החקלאים. אם שינוי כזה אכן יקרה, הוא יהיה מקיים באופיו, שלא כמו מסלול התמיכות.

לנוכח הנאמר לעיל אין פלא שאקולוגים אירופים קוראים לאיחוד האירופי להתחיל בגיבוש מדיניות חדשה התומכת באופן ברור יותר במגוון הביולוגי. בארקהם (Barkham, 2018) תמצת קריאה זו במאמר דעה שפורסם במדור הסביבה של העיתון הבריטי גארדיאן. הוא טען שמערכת הסבסוד של האיחוד האירופי, הפועלת בעיקר לטובת החקלאות של שטחים גדולים (**big farming**) ולא לטובת הקיימות של החקלאות וסביבתה, חייבת להשתנות לנוכח הקריסה של אוכלוסיות העופות והחרקים מלווי החקלאות. הוא רואה בהיעדר שינוי שכזה "**מצב של הכחשה**" של המשבר הסביבתי שבפתח. הקריאה לשינוי מדיניות

הדיכוטומיה ביחסם של החקלאים ושל האקולוגים לנושא המגוון הביולוגי, בעולם ובישראל, ראויה לבחינה מעמיקה. הגיוני שכל קבוצה תתייחס לכל נושא על פי תפיסה סובייקטיבית ומקצועית משלה, אבל במקרה של החקלאות התפתח מצב של ניגודי עניין והתעלמות של שני הצדדים האחד ממשנהו. לחקלאים רבים קשה לייחס לטבע ולמגוון הביולוגי במרחב החקלאי ערך גבוה, אף על פי שהוא חלק מסביבת החיים שלהם ותורם לפעולה החקלאית. ברוב המקרים הם מתייחסים לשמירת הטבע כמטלת אסדרה שמנחיתים כוחות חיצוניים. לתפיסתם, היא נכפית עליהם ללא סיבה נראית לעין, ובחלק מהמקרים יכולה גם להזיק לעשייה החקלאית. האקולוגים, מצד שני, מתעלמים, על פי רוב, מהעובדה שהעוסקים בחקלאות עושים זאת למטרות רווח ופרנסה. רוב המחקר האקולוגי על מערכות חקלאיות מתעלם מנושא ההשפעה של ממשק משמר מוצע על היבול ועל פרנסת החקלאי ומשפחתו. למעשה מתקיים כאן "דו-שיח של חירשים" שלא עוזר במציאת פתרונות מוסכמים שיספקו את שני הצדדים.

בלמפורד ושותפיו (Balmford et al., 2018) מציעים לחוקרי שמירת הטבע לגבש "תובנות חקלאיות" דוגמת: דרישות המזון העתידיות של אוכלוסיית כדור הארץ; הגדרת הגידולים החקלאיים וחיות המשק שיש להתמקד בהם בגלל תרומתם הגבוהה יחסית לפגיעה בטבע; מה עדיף מבחינת שימור - אינטנסיפיקציה של העיבוד או אקסטנסיפיקציה; מידת הפגיעה בטבע של שיטות עיבוד שונות. גם חוקרים אלה, אקולוגים בהכשרתם, אינם

קידום תוכניות אגרו-אקולוגיות במדינות שונות
להלן נציג מידע על קידום הנושא האגרו-אקולוגי במדינות שונות. אין לראות בהצגה זו סקירה ממצה של הנושא בכל מדינה, אלא הצגה של תוכניות, מסלולים או מנגנונים שנבחנו במדינות אלה ובמידת האפשר גם מידע על הצלחתם או ביקורת על ביצועיהם. סקירה כזו תאפשר לבחון אילו כלים רלוונטיים לקידום הנושא בישראל.

ארצות הברית

גם באירופה וגם בארה"ב מסבסדים פעילות חקלאית שהשפעתה השלילית על הסביבה מתונה יותר, אבל יש כמה הבדלים עקרוניים בין שתי הגישות. באירופה התמיכות הן גם מכשיר לפיתוח הסביבה הכפרית ולמניעת הגירה לערים. בארה"ב אין ביטוי למטרה כזו. באירופה מגולם בתמיכות גם פיצוי לכשל שוק שלפיו החקלאים מספקים שירותים, דוגמת נוף כפרי יפה, שהציבור חפץ בו מאוד אך אין לו דרך לשלם בעבורו ישירות. גם למטרה זו אין מקבילה במדינות התמיכות האמריקאיות.

בארה"ב, להבדיל מבאירופה, יש לתוכנית התמיכות בחקלאים על ידי הממשל היסטוריה ארוכה. תחילתה במשבר הסביבתי של סחף הקרקע משנות ה-30 של המאה ה-20 (ראו פרק III) (Agricultural Conservation Program - ACP). מאז ועד היום יש תוכנית תמיכה בחקלאים הנוקטים פעולות מוסכמות של שימור קרקע. בהמשך התפתחה תוכנית לעידוד הפסקת עיבוד במקומות מוגדרים, וזאת כדי לשפר את מחירי תוצרת חקלאית מסוימת, לחזק את שימור הקרקע, ומתחילת שנות ה-90 - גם להקטין נזק סביבתי (Claassen et al., 2008).

הגל האחרון של תמיכות בהפסקת עיבוד, שהיה ב-1985 בעקבות מיתון כבד במשק האמריקאי, התפתח לתוכנית מרובת מטרות שהייתה אמורה להשיג תועלת סביבתית מסוגים שונים.

מערכת התמיכות בארה"ב גובתה בחקיקת חוקים, כמו תקנת המים הנקיים (Clean Water Act - 1970) שטיפלה גם בבעיות הביוב שיצרו המפטמות הגדולות של בקר לבשך, תקנה להסדרת השימוש בחומרי הדברה (1972) ותקנת ההגנה על מינים בסכנת הכחדה (1973) שכללה שמירה על בתי גידול חשובים, חלק מהם במרחב החקלאי. מנגנון

נעשית לנוכח הדיונים בין שרי החקלאות האירופים לקראת גיבוש מדיניות חקלאית חדשה לשנים 2021-2028. התגובה של נשיאות האיחוד האירופי הייתה שהמדיניות החקלאית תמשיך לספק מזון בטוח, תגן על החקלאים ותשמור על הסביבה, בבחינת "גם, גם וגם".

פליקס הרצוג, אקולוג שווייצרי, שהיה מעורב בגיבוש תוכנית לשימור המגוון הביולוגי בשטחי החקלאות בארצו ובניטור תוצאותיה, ביקר במסגרת הרצאה שנשא בכנס נקודת ח"ן ב-2009, את הגישה האירופית. לדבריו, העקרונות הבסיסיים של התוכנית הם של חוזה וולונטרי בין החקלאי לממשל על החזר הוצאות או פיצוי על נזק. למשל, בשטחי מרעה ייתנו תמיכה אם החקלאי יקצור את הצומח כדי להכין שחת לחורף מאוחר ככל הניתן, ויוסיף כמויות דשן מינימליות. השכנים של חקלאי זה יכולים לבחור שלא להצטרף לתוכנית, ואז התרומה של החקלאי שמיישם את הגישה האקולוגית בטלה בשישים. לדבריו, יש קושי גדול בהערכת האפקטיביות של פעולות השימור, ולכן יש גם קושי בהתאמת התקציב לצרכים האמיתיים. היעדר מנגנון ביקורת של השפעת הטיפול האקולוגי, באופן שיאפשר השוואה והערכה שלו, ומכאן הסקת מסקנות על האפקטיביות או על השפעת גורמים נוספים (כמו שינוי אקלים) על המגוון, גורם לאפקטיביות קטנה של תוכנית התמיכה האירופית (Herzog, 2009).

ביוני 2017 נוסח מסמך אירופי המבטא הסכמה רחבה (קונצנזוס) על מטרות הפיתוח החקלאי באיחוד (Moeller and Pimbert, 2018):

- תמיכה בפרקטיקות אגרו-אקולוגיות ופעולות לצמצום אובדן או בזבוז של מזון.
- שימור קרקע ומשאבי מים.
- עצירה או מניעה של כריתת יערות ונטיעה מחודשת.
- שימור המגוון הביולוגי ומערכות אקולוגיות בריאות בסביבה החקלאית.

(Herzog et al., 2005). למיטב הבנתנו, התוכנית חלה על משקים משפחתיים שגודלם אינו עולה על 25 דונם. בכל מקרה, גודל המשק החקלאי בשווייץ קטן, ומדובר בעיקר בחקלאות משפחתית. עיקרי מדיניות זו הוצגה ביום העיון השביעי של נקודת ח"ן ב-2009 על ידי הרצוג:

ב-1990 אושרה במשאל עם בשווייץ מדיניות חקלאית חדשה, ועיקריה: יצרנות, תחזוקת נוף חקלאי תוך שימור משאבי הטבע ותמיכה בהתיישבות הכפרית. מדיניות זו תורגמה למערכת של חוקים ותקנות. עד 1993 ניתנו סובסידיות לחקלאים על בסיס יצרנות, ובתמורה נשמרו מחירים קבועים של התוצרת החקלאית והובטח השיווק לשווקים השונים. ב-1993 בוצע שינוי חריף, והמשך מתן התשלומים הישירים הותנה בעמידה בתקנים אקולוגיים:

- שמירה על מאזן נוטריינטים בחווה (שימוש ב-110% מדרישות החנקן והזרחן של הגידולים לכל היותר) למניעת זליגה וזיהום סביבתי.
- מניעת סחף קרקע לפי מדד כיסוי קרקע מוסכם.
- הדברת מזיקים בגישת ההדברה המשולבת.
- הקפדה על מחזור זרעים מתאים לפי מדד מוסכם.
- הקצאת 7% משטח החווה לטיפוח בית גידול טבעי.
- הקפדה על רווחת חיות המשק.

לתוכנית יש ממד מרחבי. אומנם היצרנות נבחנת ברמת החלקה, אבל ברמת החווה יש דגש על הגדלת מגוון גידולים; שימוש בעצים נטועים (agro-forestry); טיפוח מינים התורמים לחקלאות (functional biodiversity). ברמת הנוף בוחנים את הקישוריות ליחידות נוף אחרות, בעיקר טבעיות, עם מבט של שימור טבע.

ההפעלה של תמיכות אלה היה מנגנון של **התניה מחייבת (cross-compliance)**, כלומר התניית מתן התשלום בעמידה בתקנים מוגדרים של התנהלות סביבתית. יש במנגנון זה מאפיינים של מיסוי ושל אסדרה (Heimlich and Claassen, 1986). הקונגרס האמריקאי גם הנחה את משרד החקלאות להפיק את מרב התועלת הסביבתית המתקבלת מכל סכום שמושקע בתמיכה בחקלאים בתוכניות אלה (U.S. Congress, 1996).

תוכנית התמיכות האמריקאית ממוקדת יותר מהאירופית ומגדירה בבירור **מטרות מוחשיות ומדידות**, כמו הקטנת סחף קרקע ואסדרה¹⁵. בקליפורניה, למשל, מקדמים אסדרה בנושא החנקן, אך משקיעים כעת כסף רב בצמצום פערי ידע בנושאים דוגמת תצרוכת חנקן של גידולים וממשקים להקטנת עודפי חנקן¹⁶. האירופים מגדירים כמטרות ראשיות תהליכים מורכבים, כמו הגדלת המגוון הביולוגי בחווה, אבל במקביל שומרים גם על אסדרה ממוקדת בבעיות סביבה, כמו טיפול במקורות חנקן בחקלאות (Nitrate Directive) שבבסיסו קביעת כמות דשן או זבל שמותר לכל חווה לפזר בשדותיה (Oenema, 2004).

ניתן לסכם ולומר שהתוכנית האירופית היא, במידה רבה, כלי לתמיכות כספיות בחקלאים, בעוד שבארה"ב מנסים לתקן מפגעים סביבתיים בעזרת התקציב. חשוב לציין, שבאירופה יש תמיכה ציבורית לתשלומים לחקלאים על אספקת שירותים שרוב הציבור מעוניין לקבל, כמו נוף יפה. ככל הנראה, באירופה התמיכה הציבורית בערכי תרבות, מורשת ונוף מושרשת, בעוד ש'בעולם החדש' (ארה"ב) וגם בישראל, נושא זה אינו כה מושרש בחברה.

שווייץ

בשווייץ, שאינה חברה באיחוד האירופי, פועלת מאז 1990 תוכנית אחרת להקטנת הקונפליקט בין חקלאות מודרנית ומצב המגוון הביולוגי. כאן, על כל חקלאי לדאוג ש-7% משטח העיבוד שלו ינוהלו כ**אזור פיצוי אקולוגי (Ecological Compensation Area - ECA)**, ושתיושם בו הגישה האקסטנסיבית-מסורתית (פרות במרעה, כרי שחת, מטעים מסורתיים, גדרות חיות וכו')

15 ראו: www.epa.gov/npdes/npdes-permit-writers-manual-concentrated-animal-feeding-operations

16 ראו: www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/nitrate_project

הולנד¹⁷

בהולנד יש חקלאות אינטנסיבית מפותחת שמכסה כשני שלישים מצריכת המזון הלאומית, ושמפנה חלק מהתוצרת (ירקות, פירות, בשר וגידולי נוי) ליצוא למדינות השכנות. יש ירידה מתמשכת בגודל אמצעי הייצור (כוח עבודה, מספר חוות ושטח מעובד) מבלי שהייצור יקטן, דבר המרמז על הגדלת יעילות ועל כלכלת גודל. בו-בזמן, יש גם ירידה משמעותית בהשפעה של החקלאות על מדדי סביבה אביוטיים (ראו איור VIII-3). הציבור מקבל את מערכות הייצור האינטנסיבית, אך מעוניין גם בהקטנת ההשפעות הסביבתיות ובצמצום המימון הציבורי בהקשר לחקלאות. זהו, אפוא, שילוב ייצור מזון טוב עם אספקת טובין ושירותים אקולוגיים, שטומן בחובו מתח בין היצרנים (החקלאים) והצרכנים (הציבור) שעל המאסדר (הממשלה) לפתור או להקטין ככל שיכולתו מגעת.

כבר ב-1975 התחילו בתוכניות לחיזוק הדו-קיום טבע-חקלאות על פני 2 מיליון דונם, שכללו הכרזת שמורות טבע ואזורי ממשק המותאם לדרישות הטבע. התוכנית עוררה התנגדות מצד חקלאים והייתה יקרה.

ב-1992 קיבלו בהולנד את מדיניות "הפעולות האגרו-סביבתיות" של האיחוד האירופי, ויזמו תוכניות בעדיפות מקומית, כמו עידוד אוכלוסיות עופות המאכלסים צידי תעלות השקיה, או טיפוח גדרות חיות בין חלקות. התוכניות לא הניבו תוצאות מעודדות, ואוכלוסיות העופות הללו המשיכו בירידה גם עשור אחרי תחילת התוכנית.

בתגובה לכך גיבשו ההולנדים תוכנית משלהם, שעיקרה **טיפוח בתי גידול למינים נדירים** ללא שינוי ברמת המשק או החווה. מטרת השימור נבחרות ברמה הארצית, וכך גם תפריט הממשקים התומכים והתשלום שבצידם. בשלב הבא ההצעה עוברת עדכון ברמת האזור לגבי מינים וממשקים. בשלב זה אמורים להיווצר בשטח **קבוצות שיתוף (קואופרטיבים) של חקלאים** שאמורים להגיש תוכנית פעולה מרחבית מוסכמת. אם זו מאושרת, הקבוצה מקבלת מימון לפעולה במשך שש שנים. התוכנית גם מקבלת תוקף חוקי ותכנוני.

השנים 1993-1998 הוקדשו להטמעת הממשקים שיעמדו בתקנים הללו. את האסדרה התומכת ביישום המדיניות מספקים חוקי שמירת הטבע ושמירת המורשת התרבותית השווייצריים. הממשלה מממנת את התוכנית בחצי מיליארד פרנק שווייצרי (מחירי 2009) נוסף על 2 מיליארד פרנק שהם כספי תמיכה בחקלאים.

לדעת הרצוג, התוכנית השווייצרית אפקטיבית יותר מהאירופית, כי בסיסה אינו וולונטרי, היקפה לאומי, וטווח הזמן שלה אינו מוגבל, ומאידך גיסא היא מתגמלת את החקלאים בעין יפה.

התוכנית השווייצרית מפרטת, כאמור, את אופי הפעילות החקלאית בשטחי השימוק, כמו מועד קציר השחת וכמויות חומרי ההדברה המותרות לשימוש. בסך הכול כ-13% מהשטח החקלאי בשווייץ פועלים בממשק מסוג זה. תוכנית ניטור המלווה ממשק זה מראה שבחלק מבתים הגידול כבר ניכר שיפור אקולוגי, בעוד שאחרים טרם מראים סימנים כאלה (Knop et al., 2006).

אבירון ושותפיה (Aviron et al., 2009) בחנו את הצלחת התוכנית השווייצרית מבחינת המגוון הביולוגי. הם מדווחים שאחרי שמונה שנים מתחילתה יש **עלייה במגוון המינים ובמורכבות החברה** של פרפרים, חיפושיות קרקע ועכבישים, אבל אוכלוסיות של מינים שנמצאים בסכנת הכחדה עדיין לא התאוששו. הם מאמינים שיישום תוכניות דומות בארצות האיחוד האירופי, שמקיפות את שווייץ, דבר שקרה רק לאחרונה, ישפר את המצב גם בשווייץ. לגבי המינים שבסכנת הכחדה הם מציעים תוכניות ייעודיות לכל מין ומין ברמת הנוף האקולוגי, כי התמיכות העכשוויות ניתנות על בסיס חלקה מעובדת או חווה. תוכניות כאלה צריכות להיות מתוקצבות ומנוהלות ברמת המדינה.

- טיפול מיטבי בשפכים ובזבל של מבני גידול בעלי חיים.
- גידול מקיים של דבורי דבש.
- עידוד גידולים אורגניים.
- טיפוח זנים מתאימים.
- הגדלת מספר העצים בנוף החקלאי (agro-forestry).

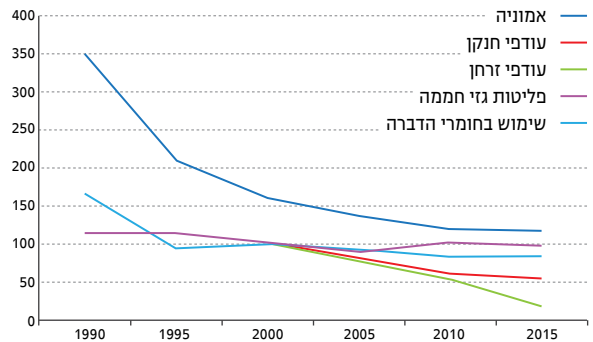
בשנים 2012-2017 קודמו עשר תוכניות ממשלתיות לפיתוח נושאים מקצועיים אלה, כפי שהוגדרו בחוק. הושם דגש על תוכניות הכשרה ותיעוד, בעיקר מקוון, לתמיכה באימוץ השיטות החדשות. במקביל הוקצו משאבים למאמץ מחקרי בתחומים אגרו-אקולוגיים תוך דגש על עבודה עם חקלאים ובשטחי חקלאות עצמם, ולא רק באתרי ניסויים, וזאת כדי לקדם בנייה של בסיס הידע החדש גם אצל החקלאים.¹⁹

כחלק ממסגרת זו שודרגה ב-2015 תוכנית Ecophyto²⁰ שתחילתה ב-2008. תוכנית זו שמה כמטרה מרכזית הפחתה של 25% בשימוש בקוטלי חרקים בחקלאות הצרפתית ב-2020, וב-50% ב-2025.

בד בבד עם ההפחתה הכמותית מתכוונת התוכנית גם לשפר את אופן השימוש בחומרים כימיים אלה ולעשותו סביבתי יותר. הדגמה מוחשית ליישום המיזם הציגו חקלאית המגדלת פירות יער ומדריכה המלווה אותה מקצועית (Delmas and Barriere, 2017)²¹ בחווה של 400 דונם ליד טולוז. מטרת המיזם היא הפחתה למחצית של השימוש בקוטלי מזיקים בתוך חמש שנים באמצעות: הדברת עשבים מכנית; הדברה ביולוגית; הקטנת שימוש בחומרים כימיים; אי-פליחה; שימוש בגידולי כיסוי. הרצאתן של דלמה ובריייר בסדנת ENPARD במשרד החקלאות, יוני 2017, חשפה את הקשיים בהשגת יעדי התוכנית.

ב-2017 הושקה תוכנית בשם **ambition bio** שמטרתה להכפיל את שטחי החקלאות האורגנית בצרפת (מ-4% מכלל השטח החקלאי ל-8%). תוכנית זו כוללת גם עידוד של הצרכנים לצרוך תוצרת אורגנית.

איור VIII-3. שינוי במדדי סביבה אביוטיים בהולנד בעקבות תוכניות אגרו-אקולוגיות



מקור: Berkhou, 2017

צרפת¹⁸

בצד יישום של תוכניות המתכתבות עם המדיניות והיזמות הכלל-אירופיות ושמספקות תמיכות לחקלאים המתנהלים כפי שנדרש, הושק ב-2015 בצרפת מיזם רחב היקף ושאפתני לשינוי פניה של החקלאות הצרפתית עד 2025 והפיכתה למקיימת.

למיזם לאומי זה אחראי במידה רבה שר החקלאות הצרפתי דאז שהוציא אותו לדרך בדצמבר 2012 בכנס שכותרתו הייתה "הבה ונייצר אחרת". כדי לסייע לתהליך נחקק ב-2014 חוק הקובע בסיס להתנהלות החקלאות, ייצור המזון והיערות בצרפת, הנשען על מושג האגרו-אקולוגיה ומתייחס לשלושה צירים: סביבתי, כלכלי וחברתי. בין **המטרות האופרטיביות של המיזם: הגדלת עצמאות החוות החקלאיות** (הגדלת רווחיות וכושר תחרות תוך הקטנת השימוש במשאבים חיצוניים); **העצמת יחסי הגומלין הביולוגיים** והשירותים האקולוגיים שהטבע מעניק; **התמודדות עם שינוי האקלים** הצפוי. מבחינה מקצועית הושם **הדגש** בתוכנית על הנושאים הבאים:

- הפחתת השימוש בחומרי הדברה והרחבת השימוש בהדברה ביולוגית.
- הפחתת השימוש בתרופות אנטיביוטיות בגידול בעלי חיים.

18 חלק מהמידע המוצג כאן מבוסס על הרצאה של Pierre Schwartz שניתנה בסדנת ENPARD במשרד החקלאות, יוני 2017.

19 במסגרת זו פותח כלי לאפיון המצב האגרו-אקולוגי של חווה מסוימת והצעת שינויים רלוונטיים - www.diagagroeco.org

20 לפרטים: agriculture.gouv.fr/plan-ecophyto-2015

21 לפרטים: agriculture.gouv.fr/toulouse-lagro-ecologie-e-n-marche-les-eleves-aux-commandes

השימוש בדשנים ב-13%, בקוטלי חרקים ב-39% ובקרקע בפליחה ב-5%. אין בקנדה הגדרה מוסכמת של האגרו-אקולוגיה, אבל יש עניין גדל והולך של חקלאים באימוץ שיטות חקלאיות שתומכות בקרקע בריאה. למעשה, נושא האגרו-אקולוגיה לא מוזכר מפורשות בשום מסמך מדיניות הנוגע לניהול החקלאות (Isaac et al., 2018). לא רק שמצד הממשלה יש תמיכה מינימלית באגרו-אקולוגיה, אלא שמתווסף אליה קיטון דרמטי של שירות ההדרכה החקלאית הציבורי (Milburn et al., 2010). היות שכך, מעט הפעילות בתחום האגרו-אקולוגיה וקידום הפרקטיקה נעשו על ידי ארגונים ציבוריים לא-ממשלתיים, דוגמת **Food Secure Canada**²³.

הוועדה לחקלאות ולפיתוח הכפר שליד הפרלמנט האירופי (AGRI) הזמינה ניתוח השוואתי של מדיניות חקלאית במדינות מרכזיות בעולם (אוסטרליה, קנדה, יפן, שווייץ וארה"ב) וזאת במסגרת ההכנות לגיבוש מדיניות חדשה לאיחוד האירופי שאמורה להיכנס לתוקף ב-2020 (Sterly et al., 2018). לפי הדו"ח, הבעיות הניצבות בפני החקלאות בכל המדינות דומות: הכנסה נמוכה למשק והצטמצמות משאבים (שטח לעיבוד, מים, מגבלות סביבתיות כולל שינוי האקלים). רמת התמיכה בחקלאות לא השתנתה בין השנים 1995 ל-2017, עובדה המעידה למעשה על צמצום ההשקעה בתמיכות. השינוי המרכזי הוא בדרישות האסדרה לממשק מתחשב בסביבה.

אוסטרליה - בעלת אוריינטציה מסחרית חזקה ותמיכה מזערית בחוות החקלאיות. ההשקעות המרכזיות - מחקר ופיתוח חקלאי, מימון הפעולות ופיצוי בצורת.

קנדה - בעלת אוריינטציה מסחרית חזקה, התמיכה ניתנת בעיקר להגברת השיווק וכסיוע לניהול סיכונים. **יפן** - מתאמצת לספק את כל צורכי האוכלוסייה באורז על ידי ויסות מחירי שוק וסבסוד השקעות. מציעה תוכנית ביטוח כנגד לקיחת סיכונים למגוון רחב של מוצרים חקלאיים.

כלי נוסף ברפורמה האגרו-אקולוגית הצרפתית היה הקמת **GIEEs**, שהן **קבוצות חקלאים** המחליטות באופן עצמאי לשנות את התנהלותן הכלכלית והסביבתית. הקבוצות חוברות לבעלי מקצוע מהאזור - מדענים, מדריכים, עובדי משרדים ממשלתיים או המגזר הפיננסי - להקמת קבוצות עבודה משותפות. הקבוצה זכאית לסיוע פיננסי ומקצועי לפי המלצת דרגי השטח של משרד החלאות. בצרפת פועלות כיום כ-400 קבוצות מוכרות בהשתתפות מעל 6,000 חקלאים. אחת מהן היא קבוצה של כורמי יין שהחליטו להפסיק להשתמש בקוטלי עשבים בכרמים, והצטרפו אליהם מדעני יחידת המחקר של משרד החקלאות ואנשי ארגוני סביבה. כחלק מהמיזם נזרעו בכרמים צמחי-בר שהובאו משמורות טבע. ההישג הראשון של המיזם היה הגדלת הסולידריות בין הכורמים השונים ויצירת יחסי עבודה פוריים עם שאר השותפים (ראו שיתוף פעולה דומה בישראל בין יקב תבוק, החברה להגנת הטבע וחוקרים מאוניברסיטת חיפה, פרק VI, עמ' 199-200).

גם ביפן נבנה מנגנון דומה המעודד התארגנות של קבוצות מקומיות של חקלאים ובעלי תפקידים אחרים מהמגזר החקלאי, שמטרתה קידום הייצור החקלאי (Sterly et al., 2018).

במהלך כולו הושקעו משאבים פיננסיים משמעותיים מצד משרדי הממשלה המעורבים, וכן נותב אליו מימון המגיע מתוכניות אירופיות רלוונטיות. דגש מיוחד הושם על חדשנות ועל פיתוח כלים מקוריים לקידום האגרו-אקולוגיה המעשית.

קנדה

קנדה היא אחת היצרניות והיצואניות הגדולות בעולם של מזון. אין פלא שלקנדה היסטוריה ארוכה של תמיכה ממשלתית בחקלאות מוטת-יצוא ובייצור מרבי, שמבוססת על כלכלה של גודל, מיכון, אינטנסיביות מבחינת שימוש בתשומות ייצוניות ותקנים של איכות²². לראיה, בין השנים 2011 ל-2016 גדלו בקנדה השטח המעובד ב-6%,

22 ראו: Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC). 2016. Calgary Statement: Towards the Next Policy Framework <https://tinyurl.com/snozq5q>

וכן: Canadian Agricultural Policy Framework

23 ראו: foodsecurecanada.org

חקלאית פדרלית שבסיסה ייצור מזון בצורה מקיימת, שגם שומרת על משאבי הטבע ועל הקהילות החקלאיות.

באוסטרליה תומכי האגרו-אקולוגיה מנסים להשפיע על מדיניות המזון הלאומית שגיבשה הממשלה ב-2010. זו הפעם הראשונה שמדיניות כזו מתגבשת, אבל כבר מתחילתו נשלט תהליך פיתוח המדיניות על ידי חברות הענק של ייצור המזון והפצתו. בתגובה לכך התארגנו קבוצות אזרחיות להשפעה על המדיניות לכיוון אקולוגי וסביבתי. קודם כול, הן דרשו שקיפות ושיתוף יצרנים (חקלאים) וצרכנים (הציבור). על רקע זה קם הארגון **AFSA – Australian Food Sovereignty Alliance**²⁶. בין עקרונות היסוד של הארגון: הבטחת אספקה של מזון טרי, בריא ואיכותי לכל אזרח, תהיה הכנסתו אשר תהיה; דאגה לקרקע בריאה, למים נקיים, למגוון ביולוגי משגשג ולאקלים יציב; קיומן של מערכות חקלאיות בריאות הנשענות על השמש ועל משאבים טבעיים ככל הניתן, ולא על תשומות חיצוניות שאינן ממקורות מתחדשים; תעסוקה הוגנת של החקלאים והעובדים; תמיכה בהקטנת הבזבז של מזון, במחזור עודפים ופסולת לסוגיה ובצריכה חסכונית; גידול בעלי חיים כמזון בדרך אנושית ולא תעשייתית; התנגדות לחברות ענק בין-לאומיות שמשתלטות על התהליך החקלאי (זרעים, תשומות ייצור, הפצה ומכירת מזון). היעד הסופי - מערכות ייצור מזון מגוונות ויציבות שיוכלו להתמודד עם משברים.

עם זאת, הפעולות הנמרצות של הארגון ושל אחרים לא השפיעו על מסמך המדיניות שהיה מבוסס על תרחיש "עסקים כרגיל" ועל העדפה לחברות מסחריות שמפעילות ממשק של חקלאות קונבנציונלית.

דוגמה הפוכה מגיעה ממדינת בוואריה שבגרמניה. זו מדינה בעלת השפעה גדולה הן בגרמניה הן מחוצה לה. התוצאות של סקר פרוקי רגליים שנערך בה הצביעו על ירידה דרמטית (75% בבימוסת החרקים המעופפים) של כל הקבוצה ב-25 השנים האחרונות בשטחים שונים של המדינה, כולל בשמורות טבע (Vogel, 2017). התוצאות

שווייץ - מדגישה אספקת מזון טרי מקומי בצד שימור משאבי טבע ונוף. משתמשת בתמיכות ישירות ובסיוע לשם שמירה על מחירי שוק רצויים.

ארה"ב - המטרה המרכזית היא שמירה על ההכנסות של המשק ועל שוק יציב למוצרים חקלאיים. ההשקעה המרכזית - תוכניות ביטוח לפי סיכוני גידולים שונים.

בארה"ב רצו לעודד מעבר של חקלאים קונבנציונליים לחקלאות אורגנית. את החלופות לעידוד מעבר זה בחנו על בסיס מחקר ונתונים של חקלאים שביצעו מעבר דומה בשוודיה. בחינה זו מראה שמתן תמיכה ישירה (סובסידיות), הנתיב שביקשו ליישם בארה"ב, אינו הדרך הטובה ביותר. מסתבר, שסיוע במימון הוצאות ההסבה של המשק לאורגני, סיוע מקצועי (הדרכה) בגידול ובעמידה בדרישות הפרוטוקול האורגני, פיתוח והנגשה של שווקים וסיוע בחשיפה לציבור הם הנתיבים שרוב החקלאים מעוניינים לקבל בהם את הסיוע הממשלתי. במילים אחרות החקלאים מעוניינים בשירותים מסייעים יותר מאשר בתמיכה מתמשכת (Lohr and Salomonsson, 2000).

מעורבות ארגונים חוץ-ממשלתיים

חלק לא מבוטל מקידום האגרו-אקולוגיה נעשה באמצעות ארגונים וולונטריים שמיקוד פעולתם ביצירת ידע מעשי ובהפצתו, בהשפעה על הרגלי הצריכה או בהשפעה על מדיניות גופים ממשלתיים הקובעים את המדיניות החקלאית כולל תמיכות בחקלאים. לדוגמה, ה- **Farming & Wildlife Advisory Group (FWAG)**²⁴ הוא ארגון שקם כבר בשנות ה-60 במטרה לייעץ לחקלאים בדרום-מערב אנגליה כיצד לשלב חקלאות מצליחה עם שימור סביבה, עם עולם החי ועם הנוף המלווים את החקלאות.

ה- **National Sustainable Agriculture Coalition (NSAC)**²⁵ הוא ארגון גג היושב בווישינגטון, ומאגד ארגונים מקומיים ומדינתיים מרחבי ארה"ב. מטרתו לקדם מדיניות

24 להרחבה: www.fwagsw.org.uk

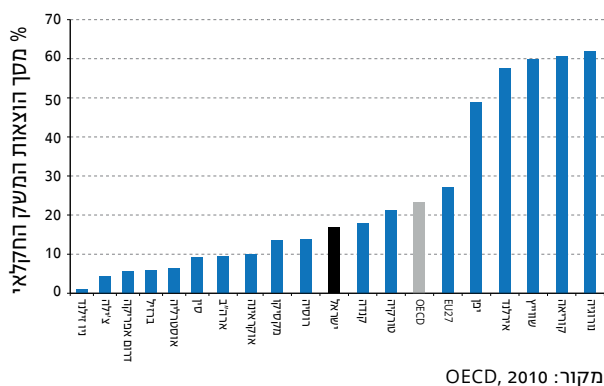
25 להרחבה: sustainableagriculture.net

26 ראו: afsa.org.au/wp-content/uploads/2012/10/Manifesto-2010-short-version.pdf

תמיכות בישראל

לפי נתוני ה-OECD, סך התמיכה הממשלתית הישירה (תמיכות לפי תוכניות של משרד החקלאות) והעקיפה (למשל, מחירי המים) בחקלאות בישראל הוא 6.5% מהתוצר המקומי הישראלי (6-6.5 מיליארד ש"ח). ערך זה נמוך במעט מהמוצע של מדינות האיחוד האירופי. לפני 20 שנה התמיכה הייתה גבוהה יותר - 9.0% מהתוצר. עם זאת, מסלולי התמיכה שונים מאוד - בעוד שבאירופה התמיכה ניתנת ישירות לחקלאי, בישראל היא בעיקר דרך הטלת מכסים ומכסות. בדו"ח אחר משווה ה-OECD בין גובה התמיכה בחקלאות במדינות השונות (ראו איור 4-VIII) וזאת על בסיס מדד כלכלי זהה. הנתונים מראים שגובה התמיכה בישראל נמוך מהמוצע של מדינות ה-OECD, ושה"שיאניות" במתן תמיכות הן נורווגיה, קוריאה, שווייץ ואירלנד. התמיכה באיחוד האירופי גבוהה מעט מבישראל, אבל בארה"ב, באוסטרליה, בברזיל ובדרום אפריקה היא נמוכה משמעותית מזו שבישראל.

איור 4-VIII. תמיכה בחקלאים בישראל לעומת מדינות אחרות (2006-2008)



מקור: OECD, 2010

בדו"ח של ה-OECD²⁷ מ-2010 מוצע לישראל לקיים מדיניות משלבת ועקבית בין החקלאות והסביבה. עוד נאמר שם: "נדמה שקווי המדיניות הנוטים להתייחס לסוגיות סביבתיות בחקלאות התפתחו במרוצת העשור האחרון באופן הדרגתי, איטי ובלתי מתואם. מכאן, שכדאי לשקול את הגישות הבאות, לרבות מעורבות רבה יותר של כל בעלי העניין הרלוונטיים:

גרמו לעלייה גבוהה במודעות הציבור למשבר המגוון הביולוגי ולקשר האפשרי בינו לבין חקלאות. בתחילת 2019 הביאה מחאת הציבור לקיום משאל עם, ומעל 10% מהציבור ביקשו פעולות דרסטיות לעצור את המשבר במגוון הביולוגי. המפלגה השלטת, שמרנית בתפיסת עולמה, התנגדה תחילה לכפות על החקלאים פעולות מרחיקות לכת, אך משאל העם הבהיר למפלגה שהמשך שלטונה תלוי בהליכה לקראת רצון הציבור. התוצאה היא שהממשלה המקומית הציעה תוכנית פעולה רחבה לשינוי המצב: הפסקת עיבוד ב-13% מהשטחים החקלאיים שזוהה בהם מגוון ביולוגי גבוה וייחודי; הגדלת שטחי החקלאות האורגנית עד 30% מהשטח המעובד; שמירה הדוקה על בתי גידול חשובים להתפתחות חרקים (בתי גידול לחים ונהרות, גדרות חיות) ועל אוכלוסיות של חרקים בסכנת הכחדה; הקטנת השימוש בדשנים; שימור גדות נחלים וטיפול בזיהום אור הגורם נזק לחרקים שונים (Schwagerl, 2019). הממשלה אף הגדילה לעשות וחייבה עיריות ומועצות לנקוט צעדים דומים ולהגדיל את המגוון בכספים שהן מנהלות (למשל, גנים ציבוריים).

יכולות להיות גם התארגנויות שפועלות באופן הפוך לחלוטין. הגוף שלקח על עצמו לייצג את חקלאי ארה"ב מול הממשל בווישינגטון (Farm Bureau) עוסק אמנם בהיבטים סביבתיים, אך מדיניות הארגון שמרנית מאוד; הדבר בא לידי ביטוי, למשל, בהתנגדות גורפת לכל אסדרה - מקומית, פדרלית או בין-לאומית - על פליטות שתורמות לשינוי האקלים. התנגדות זו מקטינה את הסיכוי שהחקלאים ייהנו מתוכניות פיצוי ממשלתיות לנזקי בצורת, שיטפונות או פגעי מזג אוויר קיצוני. גם המעורבות בתוכניות פיצוי לפגיעה קיימת בחקלאות עקב עליית הטמפרטורה נתקלת בהתנגדות אידיאולוגית עקרונית, שכן פירושה הכרה בקיום שינוי האקלים. כל זאת, כאשר מצטברות עדויות ראשוניות לכך שיכול התיירס בארה"ב יורד בצורה משמעותית בשנים האחרונות, ככל הנראה בעקבות עלייה בטמפרטורות. לנוכח התנהלות פוליטית זו, תוכניות הביטוח לנזקים ביבול בשל פגעי מזג אוויר מוטות לכיוון חברות גדולות ואגרו-ביזנס ללא מחויבות של התמודדות בכלים מקיימים, וכך מונצחת הבעיה (Gustin et al., 2018).

27 הדו"ח בגרסתו העברית (הדו"ח מופיע כל שנה).

ראו: https://www.moag.gov.il/yhidotmisrad/dovrut/publication/2018/Pages/oecd_Annual_Report_Agricultural_Policy.aspx

אינה נכללת בפעולות אלה. אם רוצים לשנות את המצב, יש להתחיל בדיון מקיף עם הנוגעים בדבר כולל שינוי מדיניות ותקצוב נלווה.

זה המקום לבחון, הלכה למעשה, את התמיכה של משרד החקלאות בפעולות אגרו-אקולוגיות וסביבתיות מבחינה תקציבית. טבלה 2-VIII מבוססת על חילוץ סעיפים רלוונטיים מתקציב משרד החקלאות ב-2018. חשוב להבין שבגיבוש טבלה זו נעשו לא מעט הנחות וקירובים כדי לקבל נתונים שיתאימו לתוכן הרצוי. לא אחת סעיפי תמיכה אגרו-אקולוגיים מאוחדים עם תמיכות אחרות; חלק מהסעיפים הרצויים כלליים מאוד, והפירוט הוא בתוכניות עבודה של יחידות הקשורות לנושאי סביבה (השירותים להגנת הצומח, מנהלת ההשקעות, האגף לשימור קרקע וניקוז ועוד). בכל מקרה, הטבלה נותנת תמונה כללית על המעורבות והתקצוב של המשרד בנושאים אגרו-אקולוגיים שונים. הסכום הכולל המוקצה לנושאים אלה הוא כ-120 מיליון ש"ח, שהם כ-5% מתקציב המשרד (לא כולל משכורות של עובדי תקן). סכום זה לא כולל את תקציבי המחקר וההדרכה.

נושא שנכון להרחיב בו הוא תמיכות משרד החקלאות ב**ביטוח מפני סיכונים**. נושא זה עלה בסקירה של מדיניות התמיכה בארצות שונות שהוצגה לעיל. המשרד יחד עם משרד האוצר מעורב בתוכנית ביטוח מפני נזקי טבע שמנהלת קנ"ט - קרן נזקי טבע. כאן יש שני מסלולים: האחד, מסלול ביטוח רגיל שמשרדי הממשלה משתתפים בחלק יחסי קטן של הפרמיה בו, וברובה נושא החקלאי. במסלול השני, שבא לפצות על נזקי טבע (קרה נדירה, בצורת מגפה וכו'), משרדי הממשלה מכסים את רוב הפרמיה (כ-80%).

מעניין להשוות את הנתונים שהוצגו לעיל עם נתונים שנאספו ב-2014 ומוצגים בדו"ח "תרומות ישירות וחיצוניות של החקלאות ושילוב תמיכות אגרו-סביבתיות בתמהיל התמיכות בחקלאות ישראל" (גינזבורג, 2014):

- תמיכה ביישום שיטות ממשק משמרות קרקע ומים (קול קורא). תקציב התמיכה הכולל של הקול הקורא עמד בשנת 2012 על כ-6.2 מיליון ש"ח.
- תמיכות בממשקים חקלאיים להפחתת השימוש בחומרי הדברה. סך כל התקציב עבור הפחתת השימוש **בחומרי**

- התקדמות לעבר אינטגרציה ועקביות רבה יותר בין המדיניות החקלאית, המדיניות הסביבתית, מדיניות המים ומדיניות האנרגיה, שיכולה להצמיח תועלת סביבתית משותפת, לרבות שימוש רב יותר בגישות מבוססות שוק תשלומים עבור שירותי מערכות אקולוגיות בחקלאות.
- הבטחת אינטגרציה רחבה יותר של תקנות תכנון עירוני ותעשייתי עם מדיניות חקלאית ששואפת להגן על המגוון הביולוגי של השטחים הפתוחים הקשורים לחקלאות.
- שיפור מערכות מידע לפיקוח, בייחוד בקשר לזיהום מים; התדלדלות קרקע; מגוון ביולוגי; שטחים פתוחים; מצאי פליטות וקליטות גז חממה.
- פיקוח והערכה של יעילותם הכלכלית והסביבתית של אמצעי מדיניות חקלאית סביבתית, ניתוח עלות-תועלת של אמצעי מדיניות טרם הפעלתם.

מערכת המדיניות החקלאית הנוכחית מטילה עלויות גבוהות יחסית על הצרכנים ומשלמי המסים בישראל".

סקוטלסקי (2007) בחנה בצורה מעמיקה את המנגנונים ששימשו את האיחוד האירופי לשימור מגוון ביולוגי בהקשר החקלאי, ועל בסיס זה הציעה התאמות שיש לעשות אם רוצים לאמץ את המודל האירופי לישראל. היא מציעה חלוקה של השטחים הפתוחים החקלאיים למספר מרחבים: מרחב החקלאות הנופית (אזורים חקלאיים במרחבי נופש וטיול, שולי יישובים וכבישים); מרחבים ערכיים לשמירת טבע (אזורי חיץ עם עיבוד אקסטנסיבי סביב שמורות); מרחבים ערכיים לשימור חקלאות מסורתית (טרסות, שלחין סביב מעיינות, מבנים חקלאיים, זנים קדומים). לכך יש להוסיף מרכזי הדרכה ותמיכה וסיוע כספי לאותם חקלאים שירצו להסב את משקם לניהול סביבתי יותר.

גם ניתוח זה מתעלם מהעובדה שהשטחים החקלאיים בישראל הם במה לפעולות אנושיות מגוונות, מייצור מזון ועד פרנסה, בעוד אספקת שירותים אקולוגיים

טבלה VIII-2. תמיכות משרד החקלאות בנושאים אגרו-אקולוגיים וסביבתיים (2018)

נושא	הערות
טיפול בעופות (שקנאים, עגורים וכו')	
מיזמים אזוריים (אגף אגרו-אקולוגיה)	
רשות המרעה (פיתוח ותחזוקת שטחי מרעה)	
תמיכות בענף הבקר והצאן	חלק יחסי - 50%
הפחתת שימוש בחומרי הדברה	קולות קוראים: הגנת הצומח, שה"מ
רפורמה בדיג	גריטות מכמורתנים
תמיכה בגנים בוטניים	
צמצום התרבות בעלי חיים משוטטים	
תמיכה במוזיאון הטבע	
רשות נחל הירקון	
פיקוח על דיג (העברה לרשות הטבע והגנים)	חלק מהרפורמה בדיג
טיפול בפסולות צומח	
מתקן ביו-גז בגליל	
טיפול בגדמים (מפחמות)	
מיכון וטכנולוגיות חדשניות	חלק יחסי - 10%
פעולות בשימור קרקע וניקוז	קולות קוראים ושוטף
טיפול בשפכי רפתות	
רווחת בעלי חיים	
ביטוח נזקי טבע	כיסוי חלקי של הפרמיה בתוכניות ביטוח שונות
סך הכול מקורב - 120,000,000 ש"ח	

הדברה הסתכם ב-2012 בכ-29 מיליון ש"ח.

- תמיכה ברעיית בקר וצאן בשדות מרעה לשמירה על שטחים פתוחים. היקף התקציב לפעולות פיתוח תשתיות בשטחי המרעה היה בשנת 2012 כ-16 מיליון ש"ח.
- סיוע ברכישת מיכון לטיפול בפסולת גזם. המשרד משתתף (40%) במימון רכישת מרסקות גזם לטיפול בפסולת גזם ממתעים.
- השתתפות במימון נטיעות פרדסים ומטעים עבור העלאת הערך הנופי של השטחים החקלאיים באזור המרכז.
- היקף התמיכה בשנת 2012 היה כ-3.5 מיליון ש"ח.
- הבטחת הכנסה למגדלי חיטה כגידול בעל. היקף התקציב בשנת 2012 היה כ-8 מיליון ש"ח.

נוסף לכל אלה ישנו תקצוב נכבד של מחקרים בנושאים אגרו-אקולוגיים (ראו פירוט בהמשך הפרק).

מבט רחב על תמיכות משרד החקלאות הישראלי לאורך זמן מראה על שינויים בתמהיל: ירידה במכסים שנועדו להגן על תוצרת מקומית ובמכסות ייצור שבאו להבטיח שמירה על ייצור רציף, לעומת הגדלה בסבסוד תוכניות ביטוח, בתשלומי הבטחת הכנסה, בתמיכות אגרו-סביבתיות ובתקציבי תמיכה של שירות ההדרכה והמקצוע. ברור שלא תיתכן אחידות דעים בשאלה אם גובה תמיכות אלה מספק.

גורמים מרכזיים המעורבים במדיניות אגרו-אקולוגית בישראל

החקלאות בישראל קדמה להקמת המדינה ולכינון מוסדותיה. זאת ועוד, הקמת מדינת ישראל נשענה, בין השאר, על אתוס חקלאי מפותח. "ההתיישבות העובדת", חקלאית בעיקרה, הייתה אבן ראשה בהקמת המדינה על מוסדותיה תוך מעורבות עמוקה בניהולה. יחסים היסטוריים-ערכיים אלה הכתיבו התפתחות ייחודית של היחסים בין המדינה לחקלאות. דוגמה בולטת לכך היא ההחרגה, בראשית הדרך, של הפעילות החקלאית מהעשייה התכנונית, וזאת בניגוד לשימושי קרקע אחרים, כמו ייעור ושמירת טבע. באופן דומה גם לא התפתחה מערכת חוקים ותקנות המאסדרת את הפעילות החקלאית.

משרד החקלאות

אומנם כבר ב-1972 מינה שר החקלאות אז, חיים גבתי, צוות שיעסוק ביחסי הגומלין שבין החקלאות לסביבה (ראו תמונה 1-VIII), אולם נראה שלדורותיו לא גיבש המשרד מדיניות כוללת בנושא זה.

בתחילת המאה ה-21 הגיעו "רוחות הסביבה" למשרד החקלאות. תרמו לכך מספר תהליכים: האחד, שבתון קצר בהולנד של המדען הראשי של המשרד דאז, פרופ' דן לבנון, שנחשף שם למדיניות האירופית בשילוב נושאי הסביבה והאקולוגיה בחקלאות. התוצאה הייתה הקמת צוות ייעודי לנושאי מחקר אגרו-אקולוגיים בצד צוותים העוסקים בתחומים החקלאיים הקלאסיים (הדברה, קרקע ומים, הדרים וכו'). התהליך השני היה אסופת נושאים רחבים שמשרד החקלאות נדרש להתייחס אליהם מקצועית (שינוי האקלים, קיימות, שימור המגוון הביולוגי ועוד). נושאים אלה הגיעו לשולחנו של מנכ"ל המשרד דאז, יוסי ישי, והבהירו לו שהמשרד חייב ליצור כתובת מקצועית להתייחסות. התוצאה הייתה שב-2014 הוקם אגף אגרו-אקולוגיה בשה"מ. האגף עובד מול כל יחידות המשרד, אך גם מנסה להגדיר את מדיניות הפעולה המקצועית שלו לנוכח מוטת הפעילות הרחבה של החקלאות והשפעותיה המגוונות על הסביבה. בעקבות התובנות הללו טבע יוסי ישי את כרטיס הביקור החדש של משרד החקלאות המבוסס על **שלוש מ"מים: מזין, מיישב ומקיים**.

בצד הנאמר לעיל חובה לציין שיחידות שונות של המשרד (האגף לשימור קרקע וניקוז, האגף להגנת הצומח, אגף הדיג ואחרים) מתמודדות באופן שוטף עם נושאים סביבתיים, ומקדמות ממשקים אגרו-אקולוגיים, לעיתים בהשקעה תקציבית משמעותית.

חרף האמור לעיל, כאשר נסקרה מדיניות התמיכות של משרד החקלאות בנושאים סביבתיים ואגרו-אקולוגיים, המסקנה הייתה: "כיום לא קיימת בישראל אסדרה של תמיכות אלו על פי חוק או תקצוב ייעודי מטעם הממשלה בדומה למצב באיחוד האירופי או בארה"ב. דבר זה הופך תמיכות אלו לתלויות בהיקף התקציב של המשרד ובסדרי עדיפויות של מטרות המשרד שלא תמיד משקפים את סדרי העדיפויות הסביבתיים של ישראל" (גינזבורג,

תמונה 1-VIII. תחילת העיסוק של משרד החקלאות בנושאי סביבה

ועדה לטיפול בבעיות איכות הסביבה

שר החקלאות מר חיים גבתי, מינה ב-23.9.72 צוות חשיבה לטיפול בבעיות איכות הסביבה, בצוות יהיו חברים: נציגי מנהל מקרקעי ישראל, מנהל המחקר החקלאי, המרכז לתכנון חקלאי והאגף להגנת הצומח. מר מנחם קנטור, נציב המים, ירכז את עבודת צוות החשיבה.

הצוות יטפל בשלושה נושאים עיקריים הקשורים בפעילות המבצעית של משרד החקלאות. א. הגנת מקורות המים; ב. הגנה בפני שאריות רעלים; ג. פיתוח הכפר והנוף הכפרי.

במסגרת פעולתה של הועדה יבוצעו סקרים ומחקרים שונים, פעולות ביצוע ופיקוח בשדה, תפקידי תיאום, תכנון וביצוע שם גורמים ממשלתיים ועירוניים נוספים.

(מתוך "ידיעות לעיתונות" 24.9.72)

2014). מול מצב זה אפשר להביא את החזון כפי שבא לידי ביטוי במסמך **מדיניות תכנון החקלאות בישראל** שגיבש המשרד (משרד החקלאות, 2015) ולפיו:

"שמירה על מערכות אקולוגיות בריאות היא לטובת החקלאות. מגוון ביולוגי ותפקודים אקולוגיים אחרים תורמים לחקלאות, ובתכנון נכון ניתן לחזק את התרומות ההדדיות של החקלאות והטבע. ... חקלאות ישראל צריכה להתאפיין בקיימות כלכלית, יצרנית, חברתית וסביבתית. הממשקים צריכים להיות בני-קיימא בכל ההיבטים, ולא לפגוע ביכולתו של החקלאי להתפרנס מהמשק החקלאי. צריך להביא לכך שכלכלת המשק החקלאי הבודד לא תיפגע כתוצאה מדרישות סביבתיות, וכי הציבור ייקח על עצמו לממן את קיומן של תועלות ציבוריות הקשורות לערכים סביבתיים."

מספר **רפורמות חקלאיות-סביבתיות** קודמו בשנים האחרונות בעקבות פעילותם של גופים חיצוניים מול

חקלאית, או על העוסקים בחקלאות בקשר לאדמה חקלאית, וכן שני שלישים לפחות של ההכנסות מארנונות שהוטלו על אדמה חקלאית, יוצאו לעניינים חקלאיים, יירשמו בפנקסי המועצה בנפרד, ובגמר כל שנת כספים יועברו היתרה או הגרעון לשנת הכספים הבאה".

כספים אלה מושקעים על ידי הוועדה בפעילות החקלאית - תחזוקת דרכים, מערכות השקיה, גידור, ניקוז וכדומה. תקציב זה יכול לשמש גם לתמיכה בפעילות אגרו-אקולוגית אם תהיה הסכמה לכך בוועדה ואצל המגדלים (בן חיים, ריאיון, 2018).

מערכת היחסים בין תושבי היישוב (שרובם כיום אינם חקלאים) והפעילות החקלאית עומדת בעשור האחרון למבחן מתמיד, היות שהמודעות לבעיות סביבה ובריאות עלתה בציבור והעיר התקרבה לשטחים החקלאיים. בעקבות זאת, העיריות מוצאות את עצמן תחת לחץ ציבורי לשנות את התנהלות החקלאים. מצד שני, הוועדה החקלאית העירונית מגינה, בתוקף סמכויותיה, על זכויות החקלאים. לדוגמה, מתוך רצון להקטין קונפליקטים הוציאה עיריית כפר סבא מנשר לתושבים על אודות יחסי עיר-חקלאות (ראו תמונה VIII-2)²⁸.

האם אין די במסגרות מוניציפליות אלה כדי להעמיד כלי ניהול ואסדרה שיהפכו את החקלאות לסביבתית יותר? הרי שינוי זה אמור להיות אינטרס ראשון במעלה של תושבי המרחב המוניציפלי המדובר.

המועצות האזוריות הוקמו מתוקף צו המועצות האזוריות שאושר ב-1958, והוא מבטא מתן אחריות על מרחבים גיאוגרפיים הכוללים יישובים בעלי אופי כפרי, שברובם עוסקים בחקלאות (אם כי כיום מיעוט התושבים עוסק בפועל בעיבוד השטחים). מצפון לנגב מרבית שטחי המועצות האזוריות היו שטחים מעובדים. שנים רבות התנהלו היישובים דרך האגודה השיתופית ששורשיה בעשייה החקלאית. בשנות ה-90 נוצר מערך ניהולי דו-רובדי ובו ליישוב, במקרים רבים בעל אופי שיתופי, יש מסגרת מנהלת (אגודה שיתופית) עצמאית ולידו

המשרד (לדוגמה, החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים - הרפורמה בדיג; החברה להגנת הטבע - רפורמה בחוק הניקוז; רשות הטבע והגנים - התמודדות עם נזקי עופות המדגה ועוד).

הזירה המוניציפלית

ניתוח מרחבי של ישראל מצביע על כך שרוב השטחים החקלאיים נמצאים בתחומי השיפוט של מועצות אזוריות, האחריות על כ-85% משטחי המדינה, אבל יש שטחים מעובדים גם בתחומי מועצות מקומיות או עריות (לפי גודל היישוב). את העובדה שיש שטחי חקלאות משמעותיים בזיקה למרכזים עירוניים יש להבין דרך ההיסטוריה של התפתחות ישראל. בראשית הדרך, לצד היישובים החקלאיים (קיבוצים ומושבים) היו גם יישובים קטנים (כפרים, עיריות), והתגוררו בהם לא מעט חקלאים שאדמותיהם גבלו ביישוב (למשל מושבות השומרון - בנימינה, גבעת עדה, זכרון יעקב ובת שלמה, או מושבות המרכז - ראשון לציון, נס ציונה, רחובות ועוד).

תחומי השיפוט של הרשויות המקומיות מחולקים לשימושי קרקע כמו מגורים, תעשייה וגם חקלאות. השימוש החקלאי אינו מוגבל לחלקות העיבוד, אלא מתייחס למרחב שיש בו גם מבנים חקלאיים וגם שטחים לא מעובדים. כפועל יוצא של יחסי יישובים-חקלאות הוקם גוף סטטוטורי בכל יישוב או מועצה אזורית, המייצג את ענייני החקלאים ברשות המוניציפלית - **הוועדה החקלאית** (בן חיים, ריאיון, 2018).

מועצות מקומיות ועריות

הפעולה של מועצות מקומיות ועריות מוסדרת דרך **פקודת העריות**. פקודה זו מגדירה "**עניין חקלאי**", "**אדמה חקלאית**" ו"**חקלאי**", ומחייבת הקמת ועדה חקלאית לטיפול בעניינים חקלאיים²⁸. הפקודה באה לעגן את זכויות החקלאים והחקלאות ולמנוע פגיעה בהם מצד הרשות המקומית. תפקיד הוועדה החקלאית מוגדר בתקנה ייעודית (מעמד סטטוטורי), ועומדים לרשותה אמצעים לפי סעיף 161 לפקודה:

"בעירייה שבה הוקמה ועדה חקלאית, כל ההכנסות מהיטלים, מאגרות ומתשלומים אחרים שהוטלו על אדמה

28 להרחבה בנושא תקנות להסדרת חקלאות בתחומי עירייה או מועצה מקומית ראו: dinmekomi.com

29 ראו: <https://www.kfar-saba.muni.il/Uploads/dbsAttachedFiles/haklout-ks-qa.pdf>

תמונה 2-VIII. דף מידע של עיריית כפר סבא על ההתנהלות החקלאית בגבול העיר (תוכן חלקי)



שאלות ותשובות בנושא חקלאות בסביבת כפר סבא

כפר סבא הינה עיר ירוקה ומקיימת השומרת על צביון של מושבה קהילתית וזיקה למורשת החקלאית ההיסטורית במקביל לגידול באוכלוסיית העיר ופיתוחה.

העיר גובלת בשטחי חקלאות רבים המספקים לתושבים מרחב פתוח וירוק אשר מחזק את הצביון הכפרי של העיר. שטחים חקלאיים אלו הם חלק חשוב ממסדרון אקולוגי ארצי התומך במגוון הביולוגי באזור ומשמש מקום מחיה, רביה ומעבר חופשי בין שטחים עבור מיני חי וצומח שונים. בשטחים אלה מתקיימים תהליכים אקולוגיים חיוניים עבור תושבי האזור כגון קיבוע פחמן, וויסות טמפרטורה, החדרת מי גשם אל מי התהום ועוד.

כפר סבא רואה חשיבות גדולה בשימור החקלאות בסביבתה ופועלת ליצירת יחסי שכנות טובים ושיתופי פעולה עם חקלאי האזור, זאת כחלק ממדיניות העיר הירוקה אשר שמה דגש על ניהול מקיים של משאבי טבע וסביבה תוך שמירה על בריאות הציבור. דף מידע זה נועד לתת מענה לשאלות שכיחות העולות מתושבי העיר החיים בסמוך לשטחים החקלאיים, בעיקר במזרח ובצפון העיר, בנוגע לפעולות הדברה ודישון בשטחים אלו.

באילו מצבים מתבצעת פעולת הדברה או דישון בחקלאות?

החקלאי מתמודד עם מזיקים שונים כגון עשבים, חרקים, חיידקים ופטטריות, הפוגעים בתוצרת חקלאית וגורמים לפגיעה כלכלית בחקלאי. בענפי חקלאות רבים מבצעים פעולות ריסוס והדברה לטיפול ומניעה של תופעות אלו. בנוסף בחקלאות המודרנית נעשה שימוש בחומרי דישון לקרקע. גידולים רבים נקצרים במלואם ואינם מטייבים את הקרקע ונדרשת התערבות חיצונית על מנת להשביח את הקרקע לפני הזריעה והשתילה החדשים.

מי הגופים המטפלים בנושאי סביבה ולמי לפנות במידת הצורך?

הטיפול במפגעים סביבתיים בישראל מתבצע על ידי המשרד להגנת הסביבה וגופים רבים נוספים כגון: היחידות הסביבתיות, מוקדים עירוניים, רשות כיבוי והצלה ועוד בהתייחס לנושאים הסביבתיים עליהם הם מופקדים. לדיווח על אירועים ומפגעים בנושא חומרי הדברה בחקלאות ניתן לפנות למוקד הסביבה הפעיל 24 שעות ביממה.

טלפונים: 08-9253321 או 6911* דואר אלקטרוני: infocenter@sviva.gov.il

לפניות ציבור בדבר שימוש בחומרי הדברה בקרבת מגורים ניתן לפנות לאגף פניות הציבור במשרד להגנת הסביבה:
02-6495803/4

למידע נוסף ניתן לעיין בחוברת **חומרי הדברה לחקלאות והשפעתם על הסביבה** של המשרד להגנת הסביבה.
<http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0001-P0100/p0087.pdf>

תמונה VIII-3. המדריך לחקלאות תומכת סביבה



חקלאית או הדברה משולבת, ולהפעיל מערכות ניטר ואיסוף נתונים. כמו כן, ועדות חקלאיות משותפות ומיזמים אזוריים המובילים לשיח שונה בשיתוף כלל בעלי העניין, יוכלו לקדם ממשקים אגרו-אקולוגיים כחלק בלתי נפרד מניהול השטח החקלאי בהיבט אזורי (בן חיים, ריאון, 2018).

ברוב המקרים יש למועצות האזוריות חוקי עזר לנושאי תברואה וסביבה המתייחסים גם לטיפול בפסולת חקלאית, אבל אין מערך מפקח האוכף את החוקים. מרכז המועצות האזוריות ביקש לאחרונה תוספת תקציבית של 19 מיליון ש"ח לתגבור מערך הפיקוח והאכיפה בשטחים הפתוחים (בן חיים, ריאון, 2018).

חשוב להדגיש כי מרכז המועצות האזוריות פועל בשנים האחרונות לשינוי התפיסה של ניהול השטחים הפתוחים בכלל והשטחים החקלאיים בפרט, ואף הוציא **מדריך לחקלאות תומכת סביבה**³⁰ כחלק מהמדריך לתכנון ולניהול של השטחים הפתוחים (ראו תמונה VIII-3).

פערי ידע

אחד האתגרים העיקריים בקידום האגרו-אקולוגיה הוא התאמת ידע, הנרכש בעיקר בעזרת מחקר על ההשפעות הסביבתיות של החקלאות, למערכת החקלאית הנוהגת. הטענה היא שמרבית המחקר בכיוון זה הוא **מחקר מגיב**, כלומר מתמקד בבעיות סביבתיות שהחקלאות יוצרת, ולא מחקר שיכול לקדם **שינוי מערכתי** משמעותי (Robertson

המועצה האזורית המספקת שירותים מוניציפליים (חננאל ופישמן, 2017). יש לזכור שהמועצה האזורית גובה מיסים מתושבי היישובים ומחויבת במתן שירותים מוניציפליים, אבל מהשטח החקלאי נגבים מיסים נמוכים יחסית, ולכן מחויבות מתן השירותים בו או פיקוח על אופי הפעולה אינם ברורים דיים.

פעולת המועצות האזוריות דומה לזו של העיריות והמועצות המקומיות, למעט נושא המימון לפעולות חקלאיות שאין לו מקור קבוע ומוסדר. גם במועצות האזוריות פועלות ועדות חקלאיות שמעמדן כוועדות סטטוטוריות על פי חוק דומה לזה של ועדות חקלאיות של מועצות מקומיות או עיריות למעט הניהול הכספי. רק מועצה אזורית אחת (עמק חפר) הצליחה להעביר תקנה דומה. בעמק יזרעאל, העתיר בפעילות חקלאית, לדוגמה, פועלות ארבע ועדות חקלאיות באופן מתואם, אבל גם הן יחד לא הצליחו להעביר תקנה דומה מול המועצות שלהן.

את הגורמים לחוסר הצלחה זה יש למצוא במתחים הענייניים והפוליטיים בין המגזר החקלאי ושאר התושבים במועצות האזוריות. כל זמן שעיקר הפעילות במרחב המועצה הייתה חקלאית ומרבית התושבים היו קשורים לכך, המועצה סיפקה לחקלאות את מרבית התמיכה והשירותים הנדרשים. בסוף שנות ה-80 התחיל המגזר הלא-חקלאי לגדול בעקבות בניית הרחבות ביישובים, ומאז הולך וקטן הסיכוי להסדרה מסוג זה. בהיעדר הקצאה מובנית של תקציב לפעילות החקלאית, תקציב המועצה האזורית הוא בראש ובראשונה מוניציפלי-חברתי. משמעות הדבר היא שלא עומדים לרשות המגזר החקלאי משאבים שיוכלו להיות מוקצים לנושאים כמו פיתוח אגרו-אקולוגי. מצד שני, יחסי הכוחות הדמוגרפיים גורמים לכך שהמועצות הופכות לכלי פעיל הדורש מהחקלאים שיפורים סביבתיים בעקבות לחץ התושבים (בן חיים, ריאון, 2018).

מרכז המועצות האזוריות גורס שהקמת ועדות חקלאיות משותפות לכמה מועצות אזוריות שיהיו בעלות בסיס תקציבי איתן, תאפשר לא רק את קידום הנושאים החקלאיים אלא גם ניהול אגרו-אקולוגי (חקלאי-סביבתי). גוף אזורי שכזה יכול לטפל ביעילות בנושאים כמו פסולת

30 ראו: <https://tinyurl.com/yy9ra2zz>

ואנלוקרן ובארט (Vanloqueren and Baret, 2009) מספקים מבט מקורי על סדר העדיפויות של המחקר החקלאי. לדבריהם, חרף החשיבות שגופים שונים מייחסים למבט ההוליסטי ולגישה האגרו-אקולוגית, ההחלטות המרכזיות הקשורות למשאבי המחקר החקלאי מוטות על ידי הפרדיגמה הרואה בטכנולוגיה החדשנית את הישועה. לכן, מחקר בהנדסה גנטית וביולוגיה מולקולרית, שנחשב חדשני, זוכה להעדפה בהקצאת תקציבים ובהתייחסות מועדפת מצד מדענים בנתיב הכשרתם, לעומת האגרו-אקולוגיה. לדעתם, לא תתרחש מהפכה אגרו-אקולוגית כל זמן שמצב זה לא ישתנה מהיסוד.

ביקורת שהועלתה נגד משרד החקלאות האמריקאי טענה שהוא השקיע רק 15% מתקציבו (שגודלו הכולל 2.8 מיליארד דולר) במחקר ובחינוך בנושאים אגרו-אקולוגיים, ורק 4% - במיזמים תומכי שינוי בהתנהלות החקלאית³¹. מיילס ושותפיו (Miles et al., 2017) גורסים שלא ניתן להשיג פיתוח של מערכות ייצור מזון מקיימות ברמה אזורית או קהילתית ללא מחקר תומך בעל אוריינטציה מעשית. גם ההפך נכון - מחקר רציני יתקיים רק אם יש צרכי ידע. לטענתם, בארה"ב ההתקדמות בשתי החזיתות איטית מהרצוי, בעיקר בגלל השקעה נמוכה של משאבים ציבוריים. לדעתם, בראש סדר העדיפויות למחקר צריך להיות מחקר הדן בקנה המידה של המשק (חוזה) כולו על יחידותיו. כמו כן, חשוב לחקור ולהבין טוב יותר את השילוב בין פרקטיקות אקולוגיות עם היבטי כלכלה, מדיניות וחברה, ובעיקר **שקלול תמורות (trade offs)** בין פרקטיקות שונות, השלכות לא צפויות של שינוי ממשק חקלאי וגורמים שיכולים להשפיע על חקלאים לשנות את ההתנהלות החקלאית שלהם ולאמץ ממשק אגרו-אקולוגי.

על סדרי עדיפות של הממשל האמריקאי ניתן ללמוד מחלוקת התקציב של ממשלת ארה"ב המיועד לתמיכה בחקלאות. דלונגה ושותפיה (Delonge et al., 2016) ניתחו 824 מיזמים של משרד החקלאות האמריקאי שעלותם הייתה 294 מיליון דולר והיוו 10% מפעילות המחקר, ההדרכה והתמיכות בשנת 2014. המיזמים שנסקרו תיוגו לארבע קבוצות נושאיות: מיזמים המכוונים לצמצם את

אומנם מחקר זה הניב גם לא מעט פתרונות מעשיים לבעיות סביבתיות, אבל הוא לא העמיד פתרונות כוללניים אלא שינויים טכניים צרים וממוקדים (חשובים כשלעצמם). הציבור מצפה למחקר ופיתוח שיעזרו לחקלאות להפיק מוצרים בריאים, סביבתיים ואחראיים מבחינה חברתית (Roberston et al., 2008). חסר כאן חזון חדש המכתיב מחקר צופה פני עתיד שיבחן את ההתנהלות החקלאית לאורך זמן ובאופן מערכתי ורב-ממדי, ויציע חלופות מתאימות יותר לסביבה. על המאמץ המחקרי הזה לטפל באינטראקציות שבין המדעים הביו-פיזיקליים ומדעי החברה, ועליו לבחון פתרונות וחלופות מוצעים כדי לבחון את ישימותם.

לבידוד ושותפיו (Levidow et al., 2014) מצביעים על כך שלמחקר האגרו-אקולוגי יכולות להיות השפעות בכיוונים שונים: הוא יכול לתמוך בפרקטיקות נהוגות ולהביא לשיפורן (**confirming role**), אך הוא גם יכול להוביל שינוי משמעותי או רפורמה במערכות הייצור (**transformatory role**). ברור שבין גישות אלה קיים מתח מובנה. מחקר תומך-שינוי, בניגוד למחקר התומך-שיפור, לא יכול להתממש ללא מעורבות הדוקה של החקלאים. ניתן גם לומר שמחקר כזה יכול להתפתח רק כאשר הסביבה המממנת (הממשלה, משרד החקלאות, גופים חקלאיים) מעוניינת ברפורמה סביבתית של מערכות ייצור המזון.

דוגמה למחקר נחשוני מסוג זה ניתן למצוא בעבודה של ג'קסון ושותפיו (Jackson et al., 2012). הם ניסו לזהות, תוך שימוש בשיטות ובכלים מדעיים, את חלופות הממשק המתאימות לשימור מגוון ביולוגי בנופים חקלאיים. תחילת המיזם הייתה בחלוקה מושכלת של המרחב ליחידות חברתיות-אקולוגיות הומוגניות יחסית לפי אינדיקטורים שהוגדרו מראש על בסיס משאבי קיום משפחתיים. אלה היו אזורי המחקר המשווה. בשלב שני הוגדרו התערבויות ממשק שיוכלו לסייע למגוון הביולוגי המקומי. הן נותחו גם לאור הערכות מסקר ספרות מקיף וגם לאור שיפוט והערכה של מומחים. מסתבר שנוכחות החקלאים לטפח מגוון ביולוגי הייתה בהתאמה למצבם הכלכלי והתרבותי, קרי: היכרות עם החי והצומח המקומיים והנוכחות לחלוק ידע עם חקלאים אחרים.

31 ראו: The Union of Concerned Scientists, 16 November, 2015

www.ucsusa.org/food-agriculture/advance-sustainable-agriculture/counting-on-agroecology#.XEn9AlVvbio

גם את החקלאים בעלי השטחים הקטנים. כל פעולת ייעוץ והדרכה חייבת להיות מקצועית, אמינה ורלוונטית ולהישען על בסיס כלכלי מוצק ומתאים לחקלאי.

חובה לזכור שהדרכה והכשרה טובה צומחות על בסיס מערכת מחקר מפותחת, ולכן יש לדאוג לחוקרים ולמימון שיסגרו את פערי הידע בתחום האגרו-אקולוגיה.

מרבית המימון למחקר חקלאות בישראל מגיע מקרן שמנהל המדען הראשי של המשרד. פעולת הקרן נשענת על צוותי מומחים בנושאים חקלאיים קלאסיים (לדוגמה, הדירים, קרקע ומים, הפחתת חומרי הדברה ועוד). הצוותים דנים בהצעות בתחום התמחותם וממליצים על המתאימות ביותר למימון. טבלה 3-VIII מציגה רשימה של נושאים אגרו-אקולוגיים שמומנו ב-2017 על ידי קרן המדען הראשי, חלק מהם בהמלצת הצוות הייעודי לאגרו-אקולוגיה וחלק בהמלצת צוותים אחרים. להרחבת התמונה ראו אתר המדען הראשי של משרד החקלאות³².

מקור מימון נוסף לבניית ידע מעשי בחקלאות בכלל ובנושאים סביבתיים או אגרו-אקולוגיים בפרט מגיע מקולות קוראים של אגפים שונים במשרד. תמונה 4-VIII מציגה שלושה קולות קוראים שהפיץ האגף לשימור קרקע וניקוז.

משרד החקלאות הישראלי, באמצעות האגף לאגרו-אקולוגיה של שירות ההדרכה והמקצוע, מימן בשנים האחרונות מספר מיזמים אזוריים סביבתיים. עוד מוקדם לקבוע אם ניתן לראות בפעולה זו ביטוי למימוש החזון של המשרד; על כל פנים, המשרד הקצה 1.2 מיליון ש"ח לחמש שנים לשלושה מיזמים סביבתיים אזוריים בעמק חפר, בלב השרון ובבקעת בית נטופה. בעמק חפר בוצע מיזם שכלל הדברה משולבת אזורית, נטיעות עצים בשולי שדות לאורך מסדרון אקולוגי מקומי לתמיכה במגוון הביולוגי המקומי וסקר אקולוגי. להובלת המיזם חברו למועצה האזורית גם תושבים מהאזור במטרה להניע את החקלאים להפחית את הריסוסים סמוך לאזורים המיושבים. בלב השרון בוצע שיקום אקולוגי של שטחים בשולי שדות חקלאיים, ניתנה תמיכה לפעולות שימור קרקע בתוך המטעים, ובהן צמחי כיסוי וזריעה של פרחי בר מקומיים. מלבד המועצה האזורית

כמויות הכימיקלים שהמערכת החקלאית צורכת כיום (36%-18 מהתקציב); שינויים במערכות חקלאיות להעצמת הקיימות (24%); שינוי רדיקלי במערכת החקלאית כדי להופכה לאגרו-אקולוגית (15%); חיזוק הקשר בין היצרן לצרכן לעידוד שינוי במערכת היחסים הסוציו-אקולוגית (14%). היו לא מעט מיזמים בקטגוריה זו ללא שום קשר לחקלאות בת-קיימא או לאגרו-אקולוגיה, והם עסקו בעיקר בהגדלת היבול החקלאי. רק 4% מהתקציב הוקצו למיזמים ששילבו העצמת קיימות וחיזוק הפן הסוציו-אקולוגי; 3% מהתקציב הופנו למיזמים שעסקו במחזור זרעים מורכב; 3% הופנו למיזמים שהדגישו מגוון פעילויות ונוף, ורק 1% הוקצה לשילוב גידולי שדה ובעלי חיים או להוספת עצים למרחב החקלאי. במילים אחרות, ככל שהנושא נעשה קרוב יותר לתפיסה האגרו-אקולוגית, ההקצאה התקציבית ירדה.

מישל פימברט (Pimbert), ראש המרכז לאגרו-אקולוגיה, למים ולחוסן אקולוגי (Centre for Agroecology, Water and Resilience) בקובנטרי, אנגליה, טען שהאגרו-אקולוגיה לא תתפתח בבריטניה כל זמן שרק 1.5% מתקציב המחקר בחקלאות מופנים לנושאים אגרו-אקולוגיים ומרבית התמיכה הממשלתית מכוונת לחקלאות תעשייתית (Moeller and Pimbert, 2018). פימברט מתייחס לחלק היחסי הנמוך של תמיכת בריטניה בקידום אגרו-אקולוגיה במדינות מתפתחות בעזרת תקציבי סיוע חוץ כעדות נוספת לחוסר הרצינות של הממשל הבריטי כלפי האגרו-אקולוגיה (Pimbert and Moeller, 2018). למעשה, גם פימברט קורא, כמו אלטיירי, **למהפכה מחשבתית** שתבוא לידי ביטוי כלכלי.

ה-OECD (2015) פרסם מסמך ובו הצעות לקידום צמיחה ירוקה בחקלאות. לתפיסתו, **שירותי ייעוץ והדרכה חקלאיים ציבוריים** המסייעים בהכשרת החקלאי לשינויים הממשקיים הנדרשים, הם מכשיר בעל חשיבות מרכזית בכל שינוי מסוג זה. לגופים אלה יש שני תפקידים מרכזיים: להעלות את מודעות החקלאים לגבי התועלת (כולל הכלכלית) שתצמח להם מממשקים סביבתיים יותר ולתת לכך תמריץ (ידע ותמיכות), ובכך להקל על אימוץ פעולות אגרו-אקולוגיות. על הגופים המעורבים בהדרכה, בהכשרה ובמחקר להביא בחשבון

תמונה VIII-4. קולות קוראים לתמיכות בנושאים אגרו-אקולוגיים של משרד החקלאות



ניתן לראות את הרציול של קידום האגרו-אקולוגיה דרך המיזמים הללו במספר מישורים:

א. נושאי הפעילות במיזמים נבחרים על ידי בעלי עניין מהאזור (מועצה, תושבים ומומחים מקצועיים), בהתאם להערכת סיכונים סביבתית חקלאית. בכל אזור ואזור הבעיות שונות, האוכלוסייה שונה, החקלאות שונה ותנאי הסביבה שונים. הנושאים אינם מוכתבים מראש, ולתהליך הבחירה יש חשיבות רבה להצלחת המיזם.

ב. לממשקי הדברה מרחבית ומשולבת, לשימור קרקע, לחקלאות מדייקת ולממשק שולי שדות ברמה המרחבית יש יתרונות סביבתיים וחקלאיים רבים. מכיוון שקיים קשר בין כלל הפעולות הנעשות בשטח, התועלת בביצוען מצרפית.

ג. ביצוע המיזמים מחייב קיום שיח בין החקלאים לאוכלוסייה באזור ובין החקלאים לגופים מקצועיים-סטטוטוריים נוספים (רשות הטבע והגנים, הדרכה ציבורית). שיח זה עשוי לשפר את האמון בין החקלאים לציבור, ליצור גשר להעברת מידע והסברה לכלל הציבור ולהניע את החקלאים להתחשב באופן מקומי בתושבים ובבעלי עניין

טבלה VIII-3. מחקרים באגרו-אקולוגיה, שמומנו על ידי קרן המדען הראשי של משרד החקלאות ב-2017

2017
<p>שדות ושוליים חקלאיים: השפעות אקולוגיות הדדיות והשלכות כלכליות של ממשק חלופות</p> <p>שינוי ארכיטקטורת הצימוח בחיטה, כלי אגרוטכני לשיפור כושר התחרות עם עשבים רעים בממשקי הדברה משולבים</p> <p>השקיה בקולחים וטריפה מיקרוביאלית בקרקע: השפעות על הישרדות חיידקים גורמי מחלות והמשמעות לזיהום קרקעות</p> <p>יחסי הגומלין בין מיני אקריות טורפות ופיתוח ממשק אקולוגי להדברת אקרית החלודה ולהגדלת מגוון המינים בפרדסים אורגניים</p> <p>פיתוח ממשק הדברת עשבים בבצל וכרם אורגני המבוסס על מערכת שלהוב בגז טבעי</p> <p>קביעת המדריך המימי (Water Footprint) של החקלאות הצמחית בישראל בעזרת GIS להגדלת החיסכון במים ומניעת זיהום מקורות מים</p>
<p>פיתוח של קוטלי עשבים מדור חדש המבוססים על אנאלוגים של חומצות אמינו ארומטיות וידידותיים למיקרוביום ולסביבה</p> <p>בחינת היעילות של פטריות אנטומופתוגניות כמחוללות תמותה באוכלוסיית חדקונית הדקל במעבדה ובמטע</p>
<p>* במוצע מחקר ממומן למשך שלוש שנים ב-150,000 עד 200,000 ש"ח לשנה</p>

והחקלאים היו שותפים למיזם גם בתי ספר ומעון לקשישים, שפעלו לניקוי האזור ולשיקום המגוון הביולוגי. רשות הטבע והגנים גם היא השתלבה במיזם וביצעה סקר מגוון ביולוגי בשטחי החקלאות המשווה בין ממשקי טיפול שונים. בעמק בית נטופה ניתנו תמיכה לאמצעים לשימור קרקע ותמיכה במגוון הביולוגי בשולי השדות, וגם בו היה שילוב של בעלי עניין רבים ובהם חקלאים, אנשי מועצה האזורית, מדריכים חקלאיים ואנשי רשות הטבע והגנים.³³

33 להרחבה על על הפעולות שבוצעו ניתן למצוא בקישור להרצאות ולסרטונים שהוצגו ביום העיון ראו: www.moag.gov.il/shaham/ProfessionalInformation/Pages/Video_clips_from_cenes_artzi_regional_projects_2017.aspx

אחרים. לעיתים הובילו מיזמים מסוג זה ליצירת "אָמנוּת" בין החקלאים וציבור התושבים.

ד. הכלכלה החקלאית מאופיינת לרוב בשולי רווח נמוכים. תמיכה כלכלית בפעולות ממשק אזוריות עשויה להקטין חלק מהעלויות לחקלאים ולהניע אותם לשתף פעולה. נוסף על כך, חיזוק ההדרכה באזור יגדיל את הסיכוי להצלחת הממשקים ולשיפור רווחיות החקלאים. מיזמים אלה גם נותנים פתח לנושאים נוספים שעשויים לתרום לכלכלת האזור, כגון קידום תיירות חקלאית ומיתוג אזורי.

לסיכום, בפרק זה בחנו את הכלים שמדינות שונות מעודדות בעזרתם מעבר לחקלאות אגרו-אקולוגית. הצגנו מערכות אסדרה שונות שהדגש בהן הוא תשתית חוקית ומנגנוני אכיפה. הוספנו סקירה על "אסדרה" וולונטרית שתופסת נפח הולך וגדל בגלל מעורבות גופים גדולים, שעוסקים בשיווק מזון ורואים באגרו-אקולוגיה כלי לשיפור תדמית ולהגברת שיווק. בחנו מנגנוני תמיכה ותמריצים שונים תוך מתן דגש למערכת האירופית. רבים מבין שומרי הטבע והסביבה טוענים שעל ישראל לאמץ מדיניות מסוג זה, ולכן חשוב להפנים את הביקורת על תוכניות אלה ואת החולשות שלהן. הוספנו נקודות מבט שונות על המדיניות בישראל, והפינו זרקור לגורם הנמצא כיום בשולי הבמה ויכול להפוך גורם מרכזי בשינוי האגרו-אקולוגי בישראל – הגורם המוניציפלי. סיפקנו נתונים על מעורבות מערכת התמיכות של משרד החקלאות ומערכת המחקר החקלאי כגורמים המקדמים את הנושא האגרו-אקולוגי. כידוע, תמיד ניתן לעשות יותר, אבל לשם כך נדרשת מדיניות ברורה של ראשי המשרד.

אם נאמץ את התפיסה ששינוי משמעותי במערכת החקלאית והפיכתה לאגרו-אקולוגית הוא נושא מאתגר (wicked problem, בעיה מתפרעת או נבזית) (ראו סיפא של פרק II) הרי שיש לתקוף אותו במגוון גישות ודרכים, שחלק מהן טרם נפתרו מחקרית. מהפכה מערכתית מסוג זה יכולה לקרות רק אם נרתמות לקידומה מערכות תומכות כמו מחקר והדרכה (Lohr et al., 2000). שלב חשוב בקידום מהפכה כזו הוא הפנמת העלויות החיצוניות הקשורות לסביבה למחירי התוצרת החקלאית, וחשיפת מידת ההשפעה והמחיר האמיתי של ייצור המזון (Ehrlich et al., 2016).

יש מגוון פרקטיקות המזוהות עם האגרו-אקולוגיה (ראו פירוט בפרקים I ו-II), חלק מהן מוכרות - ולעתים גם מיושמות - בישראל, וחלק מוכרות פחות או כלל לא. יש גם חקלאים שמתמשים בפרקטיקות מסוג זה (למשל, אי-פליחה), אבל לא רואים עצמם כמפעילים ממשק אגרו-אקולוגי (ראו, למשל, ריאיון עם יהודה ויינברג שהוביל את המעבר של מושב רמת מגשימים להיות משק אגרו-אקולוגי ללא מחויבות אידיאולוגית - פרק VI עמ' 197-199). חלק מהחקלאים מתנהלים בהתאם לתפיסה האגרו-אקולוגית בפן אחד של החקלאות (לדוגמה, טיפול בקרקע) אך פועלים באופן הפוך בנושאים אחרים (משטר הדברה כימית אינטנסיבי מאוד).

האגרו-אקולוגיה אינה מצטמצמת לפרקטיקה מסוימת אלא היא **גישה כוללת (הוליסטית) ומתכללת (אינטגרטיבית)** לעשייה החקלאית כולה. יחידת הבסיס של האגרו-אקולוגיה אינה שדה או מטע מסוים בנקודת זמן בודדת, אלא המשק או החווה על רכיביהם השונים לאורך זמן וההקשר החברתי, הכלכלי והאנושי של העשייה החקלאית (המשק הקיבוצי הוא דוגמה מתאימה). האגרו-אקולוגיה עוסקת במערכת החקלאית על מכלול פניה, ורוצה לשנותה כך שתפגע פחות בסביבה ובטבע, ובו-בזמן תבטיח את פרנסת החקלאי, תשפר את מצבם החברתי של העוסקים בחקלאות (למשל היחס לנשים העובדות בחקלאות או לעובדים זרים) ואת דרישות הציבור למוצרים, בעיקר מזון בריא, בהווה ובעתיד. ההסתכלות היא על התמונה הכוללת ולא על יחידה קטנה כלשהי בתוכה, ועל מארג ההשפעות ויחסי הגומלין עם הסביבה כולה, ולא על היבט צר כזה או אחר. פריטי ושותפיו (Pretty et al., 2010) הציעו שמטרת-העל של העשייה החקלאית בתקופה המודרנית אינה רק מיטוב היצרנות אלא גם מציאת איזון בין מספר מטרות. נוסף על ייצור מזון, המטרות כוללות גם פיתוח של האזור הכפרי, דאגה לסביבה ולנוף, עמידה בדרישות הצדק החברתי ואספקת מזון בריא.

בסיומו של פרק II (אגרו-אקולוגיה הלכה למעשה) הוצגו תוצאות של שני מיזמים רחבי-היקף שהשוו ביצועים חקלאיים, סביבתיים וכלכליים של מערכות

ספר זה אומנם עוסק בתחום האגרו-אקולוגיה בחקלאות בישראל, אבל אינו נשען רק על המידע ועל הניסיון המצומצם הקיימים בנושא זה בארץ. כדי לצייר תמונה רחבה ככל הניתן של התחום העדפתי ללקט מידע ממקורות שונים ומגוונים מחוץ לישראל ואף מחוץ לתנאי הסביבה הים תיכונית, ולהשליך ממנו ככל שניתן על חקלאות ישראל. בסיכום הספר אני מבקש "לחזור הביתה", לנסות לנסח את הלקחים המרכזיים העולים מהמסע האינטלקטואלי, ומתוך כך לחדד - מה ניתן לעשות כדי להפוך את חקלאות ישראל לאקולוגית יותר?

נקודת המוצא לדיון באגרו-אקולוגיה מבחינתי היא **שבהיררכיה** שבין חקלאות ואקולוגיה, הראשונה היא הדיסציפלינה המובילה, והשנייה היא התומכת והמכוונת. האקולוגיה אמורה להפוך את העשייה החקלאית לסביבתית ולמקיימת יותר ממה שהיא כיום ולהקטין השפעות לא רצויות של הייצור החקלאי. עם זאת, הייצור החקלאי ומצבו של החקלאי, ולא ערכי טבע או מגוון ביולוגי כלשהו, נותרו עמודי התווך של הדיסציפלינה האגרו-אקולוגית.

עובדה מעניינת היא שחלק מהפרקטיקות האגרו-אקולוגיות מוכרות עוד מלפני **המהפכה הירוקה** (והיו חלק מהחקלאות המסורתית)¹. הדיון בספרות על כך שהמהפכה הירוקה "בחרה" כיוון מסוים אף על פי שהיו חלופות, לוקה בחסר. זאת, אם מכיוון שמובילי המהפכה לא ראו את הנולד (השפעות סביבתיות), ואם בגלל הזמן שאורכים תהליכי הפגיעה במערכת הייצור, שלעיתים באה לידי ביטוי רק בדור שלאחר מכן, מול השינוי ההתנהגותי המיידני הנדרש מהחקלאי. עצירת התדלדלות הקרקע, לדוגמה, מחייבת דינמיקה בין-דורית והעברת ידע וניתוחו לכדי תובנות ושינוי בהתנהלות. אחרים יראו בתעשייה המלווה את החקלאות (זרעים, דשן, חומרי הדברה) כגורם שדחף את החקלאות לכיוונים להם היה מענה (ורווח בצידו). יותר מכול, יש לזכור שהחקלאות הקונבנציונלית הצליחה לספק מזון איכותי לאוכלוסיית העולם שגדלה בעקביות לאורך תקופה ארוכה בעילות גבוהה ובעלות נמוכה יחסית. תהליך מוצלח, כידוע, לא ממהרים לשנות.

1 לדוגמה, בסין השתמשו בהדברה ביולוגית במטעים כבר לפני יותר מ-2,000 שנה. הם בנו גשרים מקני במבוק בין עצים כדי להקל על נמלים טורפים לנוע במטע ולטרוף מזיקים (גרשון, 2007).

פרקטיקה המומלצת בחום באירופה - **הגדלת המגוון הנופי** במרחב החקלאי, שאינה מיושמת כמעט בישראל.

בפרק III נידון נושא האי-פליחה בהרחבה. מומחים ואנשי שטח מצפון הארץ ומדרומה חלקו מניסיונם, והתוצאה הסופית היא סיכום נבוך של המצב: "יצאנו לדרך בביטחון ובאמונה ועם צבירת הניסיון ירדו חלקית האמונה והביטחון" (עמ' 113). השונות הגדולה בתנאים הפיזיים (קרקע, אקלים), התאמת הגידול, הצורך במיכון ייעודי, היעדר ניסיון וידע מספק, השלכות סביבתיות שליליות (התפשטות עשבים משבשים [שוטים] או חרקים מזיקים והצורך להדביר אותם באופן אינטנסיבי) והגורם האנושי המורכב מציבים סימני שאלה בפני פרקטיקה שהייתה בתחילה בגדר קונצנזוס.

כך גם לגבי ההדברה המשולבת ותרומתה ביחס להדברה האינטנסיבית. ברור שהדברה משולבת טובה יותר לאדם ולסביבה ממשטר ריסוסים אינטנסיבי. עם זאת, היכרות מוגבלת עם הביולוגיה של המזיקים והאויבים הטבעיים; היעדר פרוטוקול ניטור מוסכם; קשיים בהתארגנות לפעולה מרחיבת; בעיות מובנות בפיתוח הדברה ביולוגית; היעדר שיתוף פעולה בין שכנים; חוסר ידע והדרכה; תמיכה או מחויבות ממלכתית מוגבלת - כל אלה הם רק חלק מהגורמים המעמידים סימני שאלה גם כאן (Coll and Wajnberg, 2017). חשוב לקרוא את הביקורת, שחלק ממנה הובא בקטעים הרלוונטיים (עמ' 65), כדי להבין עד כמה במקרים רבים שונה תמונת ההדברה המשולבת, כפי שהיא מיושמת בשטח בישראל (ובמקומות אחרים), מהתמונה האידיאלית והגורפת שמצוירת לא פעם, בעיקר על ידי אקולוגים שלא באים מתחום החקלאות. עדיין יש הרואים ביישום חלקי של הדברה משולבת, כפי שהיא מבוצעת כיום במדינות רבות, צעד ראשון ומעודד ברפורמה אגרו-אקולוגית משמעותית על אף היותה מצומצמת ביחס למצב הרצוי (Pretty et al., 2015, 2018b).

באופן דומה אפשר לבחון את הגברת המורכבות הנופית בתוך השטח המעובד ובסביבתו, שנחשבת לפרקטיקה אגרו-אקולוגית מובילה להעצמת ויסות המזיקים בצורה שאינה פוגעת בסביבה (הקטנת עומס ריסוסים). עד לא מזמן התקיים, בעיקר באירופה, קונצנזוס לגבי חשיבותו של הנוף הטרוגני, ואף ניתנו תמיכות (סובסידיות) כספיות לפועלים בכיוון זה (גדרות חיות בגבול חלקות; תוספת

קונבנציונליות ומספר חלופות אגרו-אקולוגיות, לצד מערכת גידול אורגנית. הלקח העיקרי ממיזמים אלה - ומאחרים הדומים להם - הוא כי **המורכבות הגדולה של המערכות החקלאיות והתוצאות השונות המתקבלות מהפעלת גישות ממשק שונות בהן, מקשות על ניסוח "שורה תחתונה" ברורה לגבי הממשק הנכון למערכת ייצור מסוימת, השפעותיו הסביבתיות והרווחיות הנגזרת ממנו.**

במובן זה מוצאת עצמה האגרו-אקולוגיה בחברת תחומים (כמו מנהל ציבורי, מדעי המדינה, אקולוגיה, כלכלה, פסיכולוגיה חברתית, תכנון) ונושאים (כגון אספקת שירותים אקולוגיים, מיטוב של הישגים חינוכיים, שיקום מערכות אקולוגיות, בריאות הציבור) שבסיסם מדעי בעוד יישומם מעשי, והמאפיין המרכזי שלהם הוא העיסוק במערכות בעלות ממד אנושי-חברתי חזק. מערכות אלה כוללות שתי תכונות ברורות: **מורכבות גבוהה (high complexity) ודרגת מסובכות חזקה (strong complicatedness)**, שיש ביניהן יחסי גומלין והשפעה הדדית ואין לדון בכל אחת מהן בנפרד (ראו הרחבה בסיפא של פרק II).

אין ספק שהאגרו-אקולוגיה יכולה להיחשב מערכת מורכבת ודינמית מסוג זה - ההקשרים הביולוגיים של הממשק (מיטוב של תכונות קרקע, יחסי מזיקים-מועילים והדברה, הקשר למגוון ביולוגי בשדה וסביבתו) יחד עם המורכבות האנושית (קבלת החלטות של החקלאי ומשפחתו, כלכלת החווה/משק, תנאי השוק, דרישות הציבור והמאסדר ועוד) מעמידים לפנינו אתגר מורכב ומסובך מאין כמוהו. ללא פתרון או התקדמות במרחב רעיוני זה קשה לראות שינוי מגמה משמעותי במעבר מחקלאות קונבנציונלית לאגרו-אקולוגיה.

הפרקטיקה האגרו-אקולוגית - פתרון מוחלט או מקסם שווא?

הטמעתן המוצלחת של פרקטיקות אגרו-אקולוגיות מסוימות בממשק עיבוד קונבנציונלי-אינטנסיבי אינה מעידה על קונצנזוס בקרב חוקרי חקלאות ומנהליה לגבי מאזן העלות-תועלת שלהן, לגבי ההפעלה הנכונה שלהן או לגבי מידת השפעתן הסביבתית בפועל. אדגים נקודה מרכזית זו דרך בחינה של שתיים מהפרקטיקות המרכזיות והמקובלות יותר באגרו-אקולוגיה: **אי-פליחה והדברה משולבת**, שקנו אחיזה גם בחקלאות ישראל. אבחן גם

אופטימיות יתר?

התומכים האופטימיים באגרו-אקולוגיה לא נרתעו, עוד בתחילת המילניום, מהצהרה שלאור הידע שכבר הצטבר, והכלים הזמינים, ניתן להגיע ל"סביבה מאוזנת, יבולים בני-קיימא, קרקע פורייה על בסיס תהליכים ביולוגיים (ללא תוספת חומרי דשן כימיים) וויסות מזיקים על בסיס טבעי מתוך תכנון של מערכות אקולוגיות חקלאיות מגוונות ושימוש בטכנולוגיות של תשומות נמוכות" (Altieri and Nicholls, 2000).

קשה לומר ש"נבואה" זו הולכת ומתממשת לנגד עינינו לכדי מציאות חקלאית חדשה.

מצד שני, פוניסיו וארליך (Ponisio and Ehrlich, 2016) ערכו השוואת נתונים מהספרות המדעית, ומצאו שבמקרים רבים, היבולים במערכות חקלאיות בממשק משמר גבוהים מאלה שבחקלאות קונבנציונלית. לטענתם, צירוף גידולים, התאמה לתנאי אקלים ופרקטיקות של גיוון יכולים להביא ליבולים דומים במערכות של חקלאות חלופית (אגרו-אקולוגית) לעומת הקונבנציונלית. לדעתם, העתיד טמון **בממשק שמשקל יבול ושמירה על מגוון ביולוגי גבוה**, היות שהאחרון מייצב את הראשון. כמו רבים אחרים, הם לא היססו לקרוא להצעתם "מהפכנית".

פריטי ושותפיו (Pretty et al., 2018a) סבורים שעתיד האגרו-אקולוגיה **תלוי ברפורמה עמוקה של מערכות ייצור שלמות (תכנון מחדש, redesign)** ולא בהסתפקות בהגברת יעילות הייצור או בהחלפת **פרקטיקות** הפוגעות בסביבה או בטבע בכאלה שהן פוגעניות פחות. הם רואים בעובדה שיותר ויותר משקים חקלאיים משתמשים בהדברה משולבת, בחקלאות משמרת או בהשקיה יעילה - סימנים לתחילתה של הרפורמה המיוחלת. לדעתם, כ-30% מהחוות בעולם (163 מיליון משקים המשתרעים על פני 4,530 מיליון דונם - 9% משטח היבשות בתבל) כבר חצו את סף הרפורמה ומשתמשים בווריאציה כזו או אחרת² של אינטנסיפיקציה מקיימת (**SI, Sustainable Intensification**)³.

עצים בשדה ובסביבתו; טיפוח שטחים טבעיים בקרבת החקלאות). והנה לאחרונה מתפרסמים ניתוחים משווים של ממצאים מדעיים שנאספים ממקומות רבים ושונים בעולם, והתמונה נעשית מורכבת הרבה יותר. מסתבר שלא תמיד הטרוגניות הנוף מגדילה את שפע המועילים שיקטינו את נוכחות המזיקים. לעיתים אין למבנה הנוף כל השפעה, ולעיתים הוא אף משפיע בצורה שלילית (ראו פרק II, עמ' 68-69 ופרק V, עמ' 144-145 להרחבה). השפעת פרקטיקה זו תלויה כנראה בתנאי המשק והסביבה, בסוג הגידול, בביולוגיה של המזיקים ושל המועילים ובהשפעה של שאר הפרקטיקות הנהוגות במשק.

בישראל, שלא כמו באירופה או בארה"ב, המדינה מקצה משבצות קרקע לעיבוד, והן מוגבלות מאוד בגודלן. כמו כן, התנאים הפיזיים (סלע-קרקע-טופוגרפיה-ניקוז) מגוונים מאוד בישראל, והם משתנים על פני מרחקים קצרים ביותר. לכן, **הפסיפס הנופי** בחקלאות ישראל מגוון מאוד בהשוואה לשטחי חקלאות באירופה, בארה"ב או באוסטרליה. בעוד שבארצות אלה יש תנאים להתפתחות חקלאות חד-גידולית, הרי שבישראל קשה למצוא נוף עיבוד אחיד על פני שטחים גדולים. זאת ועוד, המיקום על גבול המדבר מכתוב תנודות חריפות במגזר האוויר משנה לשנה, והחקלאי מעדיף לחלק את הסיכון בין שדות וגידולים שונים. התוצאה הסופית של מצב זה היא **מגוון נופי-חקלאי גבוה** יחסית מלכתחילה.

אם כן, מהי ה"שורה התחתונה"? נראה שנדרשת **"תפירה לפי מידה"** של חליפת התנהלות אגרו-אקולוגית כוללת לכל מקרה פרטי (תנאי המשק, הגידול, הממשק, המגדל ועוד). ניתן להקביל זאת ל"**רפואה אישית**" - רפואה שהתכונות הגנטיות והפיזיולוגיות של החולה מכתובות בה את אופי הטיפול לא פחות מאופי המחלה עצמה - שהולכת ונעשית פופולרית בשנים האחרונות. יש לזכור שמבחינת זמינות ידע מקצועי שמתאים להתנהלות חקלאית כזו (כמו גם לרפואה האישית), אנחנו רק בתחילת הדרך (Kremen and Miles, 2012; Ponisio and Ehrlich, 2016).

2 לפי **שבעה אינדיקטורים** המנוגדים לחקלאות החד-גידולית: שימוש בהדברה משולבת; חקלאות משמרת; שילוב גידולים חקלאיים ומגוון ביולוגי; קיום שטחי מרעה; נוכחות עצים במרחב החקלאי; ממשק השקיה יעיל; מבנה כתמי של המרחב החקלאי.
3 **Sustainable Intensification** או **"אינטנסיפיקציה מקיימת"** - ייצור יותר מזון מאותה יחידת שטח תוך הקטנת ההשפעות הסביבתיות השליליות (Pretty, 1997; Baulcombe et al., 2009).

שעם היציאה לדרך יהיו בידינו פתרונות מלאים, הן מבחינה טכנולוגית הן מבחינה כלכלית, ושכל החקלאים באשר הם יאמצו את הפתרונות החלקיים באופן מיידי. צריך לראות את ההתקדמות בנושאים השונים שמרכיבים את האגרו-אקולוגיה ולהשליך מהם קדימה לעתיד טוב יותר.

פריטי הציג עמדה אופטימית כבר בהרצאה שנשא ביום העיון השני של נקודת ח"ן (פריטי, 2004). הוא הציב בהרצאתו את החקלאות והקיימות בפרספקטיבה של זמן: "בני אדם עוסקים בחקלאות 600 דורות, מאז המהפכה התעשייתית עברו כעשרה דורות, ורק בשני הדורות האחרונים משתמשים בחקלאות הקונבנציונלית; אם ההיסטוריה האנושית נדחסת לשבוע אחד, הרי ששני הדורות האחרונים הם לא יותר מאשר שלוש השניות לפני חצות של סוף השבוע. במילים אחרות, עוד לא חלף די זמן כדי להתאים את החקלאות החדשה לתנאי הסביבה, ולכן עולה הצורך "להתחבר" מחדש לאדמה ולטבע באמצעות החקלאות המודרנית. ייתכן שהמחשבה שהחקלאות התעשייתית מפריעה להיווצרות קשר זה, אינה אלא אשליה חולפת".

הרפורמה היחידה בחקלאות ישראל, שהפכה מערכת ייצור מזהמת סביבה - רפת החלב - לנקייה יחסית וליעילה יותר מבחינת ייצור חלב ואף לרווחית יותר, היא דוגמה מתאימה לגישת התכנון מחדש של פריטי. ללא מעורבות משמעותית של המשרדי האוצר, החקלאות והסביבה, רפורמה זו לא הייתה יוצאת לפועל (ראו פרק VII, עמ' 219-222). לכן, אני מסכים שהדרך היחידה לקידום אגרו-אקולוגיה בישראל היא באמצעות רפורמה משמעותית ברמת מערכות הייצור השלמות ולא שיפורים קלים זעיר פה זעיר שם.

הפרלמנט האירופי הזמין עבודת מחקר על המסלול הנכון לשילוב יצרנות וקיימות בחקלאות האירופית וזאת כחלק מתהליך הכנת המדיניות החקלאית האירופית לשנים הקרובות. מחברי הדו"ח המליצו על אינטנסיפיקציה מקיימת שבמרכזה פיתוח אגרונומי (זנים וטכנולוגיה), הגברת יעילות השימוש במשאבים (אנרגיה וכימיקלים), תכנון שימושי קרקע מושכל ותכלול אזורי (Sterly et al., 2018). כעיקרון מנחה הם מציעים לשים דגש על ההתמודדות עם אתגרים ברמת האזור ולא ברמת החווה

טיטונל ושותפיו (Tittonel et al., 2016) גרסו ש"אינטנסיפיקציה אקולוגית, הניצול החכם של תפקודים אקולוגיים הנשענים על המגוון הביולוגי, מצטיירת כדרך המבטיחה ביותר להשגת המטרה - גיבוש אסטרטגיה להתמודדות עם הצורך בביטחון תזונתי מקיים חזל שיוצר השפעות סביבתיות מזעריות". במובן המעשי טיטונל ושותפיו דיברו על טיפוח זנים מתוחכם בטכנולוגיה עילית ועל טיפוח ידע מקומי על שיטות גידול משולב. מיילסטד ודארנהופר (Milestad and Darnhofer, 2003) מזכירים לנו שהאינטנסיפיקציה המקיימת אינה ערכה קבועה של פרקטיקות משופרות, אלא אסופת נהגים בעלת יכולת השתנות בזמן ובמרחב. לגמישות פעולה זו יש חשיבות גדולה בסביבה המשתנה באופן חריף ולא חזוי, שדורשת **ממשק גמיש (adaptive management)**. בהקשר זה יש חשיבות גבוהה לתהליכי החקר והניתוח התומכים בפיתוח שיטות חקלאיות חדשניות, אך עליהם להיות מלווים בהרחבת כישורים חברתיים מתאימים (Struik and Kuyper, 2017).

גם פריטי ושותפיו (2018a, b) חוזרים לפרקטיקות מוכרות כאשר הם נדרשים לפרוט את תפיסתם למטבעות מעשיים - מעבר מדישון כימי לזריעת קטניות מקבעות חנקן כחלק ממחזור הזרעים; גידולים משולבים; מעבר מחומרי הדברה סינתטיים לאויבים טבעיים; מעבר מחריש עמוק לחריש רדוד. כל אלה מוכרים היטב על מעלותיהם ועל מגרעותיהם (ראו פרקים קודמים). קשה לי לדמיין חקלאי קונבנציונלי במדינה מפותחת שיחליף את הפרקטיקה שמשמשת אותו כיום באסופה של שיטות אלה ללא ודאות כלכלית. האם יש בידינו פתרון אגרו-אקולוגי כולל להציע לחקלאי המודרני שרוצה לבצע רפורמה במשק שלו? כרגע איני משוכנע בכך. תכנון רפורמה מסוג זה ובהיקף של מערכת הייצור מחזיר אותנו לשאלת ההתמודדות עם הבעיה "המתפרעת" או "הנבזית" (wicked problem) - שינוי כולל במערכת מורכבת ומסובכת שחייבת להיות יצרנית וכלכלית מתחילת הדרך.

יהיו שיטענו שזו גישה של אופטימיות-יתר, המספקת אשליה של מהפכה הנמצאת בעיצומה ובהיקף גלובלי. אבל, בריאיון שקיימתי (יחד עם רן לוי) עם ג'ולס פריטי בעניין זה (ריאיון, פריטי, 2019) הוא טען ששינוי מהפכני הוא תהליך ארוך, בעיקר במערכות מורכבות כמו חקלאות. לדעתו, אפילו לשינוי קטן בתחילת הדרך יש ערך לעומת היעדר שינוי, כי משמעותו יציאה לדרך חדשה. אי אפשר לצפות

השאלות, יחד עם העלויות הכרוכות בממשק זה או אחר. היכן, אם כך, הרפורמה והמהפכה? לי קשה לראות אותן, בעיקר בהקשר הישראלי, מצד שני אי אפשר לשלול את האפשרות שדווקא גישת השלבים האופטימית של פריטי (ראו לעיל) היא הנכונה.

מה הלאה?

כיוון שהחל להתפתח בשנים האחרונות ושיש לו פוטנציאל גדול בקידום האגרו-אקולוגיה הוא השימוש ב"טכנולוגיה חכמה". יש הרואים בהתפתחויות אלה את המהפכה הרביעית בחקלאות אחרי הביאות, הפנמת רעיון מחזור הזרעים ו"המהפכה הירוקה" (Walter et al., 2017).

הכלים החכמים, שחלק מהם מופעלים מרחוק, יכולים לשנות את פני הממשק החקלאי בעישוב, בדישון, בהדברה, בקטיף פירות ועוד. הכלים הללו ישולבו הן בהערכת המצב בשטח בעזרת רחפנים עם מצלמות חכמות הן בהחלפת ידיים עובדות בשטח. גם הגדרות הפיזיות יוחלפו בעתיד בגדרות וירטואליות. התקווה היא ש"החקלאות החכמה" תקטין את הפגיעות הסביבתיות ותייעל את השימוש במשאבים (מים, דשן, חומרי הדברה). כך תהפוך החקלאות לא רק לרווחית יותר, אלא גם לסביבתית יותר (Walter et al., 2017). קניקל ושותפיו (Knickle et al., 2017) טוענים שהיכולת ליצור חדשנות – טכנולוגית, אגרונומית, כלכלית או חברתית – ולשתף פעולה עם "שחקנים" אחרים היא המפתח לפיתוח חקלאות חכמה ובת-קיימא. זאת ועוד, לטענתם חידושים טכנולוגיים אינם מנותקים משינויים חברתיים וארגוניים, ויש לראות אותם כמקשה אחת בחווה ובמשק, בקהילה או בשרשרת המסחר במזון.

בחוות העתיד, שנמצאת בתהליכי פיתוח ובחינה במספר מקומות (בהולנד⁵, למשל), מרבית הפעולות (זריעה, דישון, שתילה, קציר ואיסוף) ייעשו על ידי כלים מכניים קטנים ועצמאיים, מונהגי ג'י-פי-אס שיונעו באנרגיית שמש או בדלק צמחי שמקורו בעודפי החווה עצמם, ושיהיו מאובזרים במנגנונים רובוטיים שונים. היות שמדובר בכלים

ולגבש סל אמצעים משלימים המטפל במספר בעיות סביבתיות של החקלאות.

גם ה-Royal Society הבריטית יזמה דו"ח לגבי התמיכה המדעית שיש ליצור כדי לקדם את האינטגרציה המקיימת. בראש הוועדה שכתבה דו"ח זה עמד סר דיוויד באולקומב (David Baulcombe), גנטיקאי חוקר ביולוגיה מולקולרית של צמחים באוניברסיטת קיימברידג', מדען עטור פרסים. זהו דו"ח מקיף שנכתב על החקלאות בבריטניה ממבט גלובלי (Baulcombe et al., 2009) שמקבל את הרעיון הבסיסי – עלינו לשאוף לייצור גבוה יותר ולפגיעה סביבתית נמוכה יותר. מטבעו, דו"ח זה מרחיב על הידע המדעי החסר כדי להשיג את המטרה הנכספת – מדגיש את הפוטנציאל של המחקר והפיתוח הגנטי, תוך קריאה להשתחרר מהוויכוח על הגידולים טרנסגניים, שבמהותם הם עימותים של תמיכה או שלילה מוחלטים, ולמצוא את "שביל הזהב". הוא גם מדגיש את הגישה המערכתית ואת ההתייחסות למערכות אקולוגיות (ecosystem-based approaches).

קביעות מסוג זה חביבות על האקולוגים, אבל לא אומרות הרבה לחקלאים. כל זמן שהמדינה דרך מוסדותיה (משרד החקלאות, תמיכה מחקרית ותמיכה כספית) לא מניעה מהלך של רפורמה תוך הדגמת מחויבות ארוכת טווח, וכל זמן שהתמיכות בחקלאים אינן מנוהלות באופן שיפיק את מרב התועלת האגרו-אקולוגית כך שהחקלאי ישתכנע שיש פתרון מעשי וכלכלי לייצור החקלאי במשק שלו, השינוי שנחזה בו יהיה מוגבל.

האם האינטגרציה האקולוגית היא דבר ישים ואפשרי או שהיא בבחינת חלום באספמיה?

ברוב המקרים הכותבים מסכמים בקלישאה⁴ – נדרש עוד מחקר כדי להתמודד עם האתגר הרציני. לצערנו, ברוב המחקרים האגרו-אקולוגיים שיוזמים אקולוגים לא נבדק ברצינות מלאה הפן החקלאי, ובעיקר השפעת הממשק המוצע על היבול ואיכותו. מבחינת החקלאי זו שאלת

4 לדוגמה:

"Research efforts and investments are particularly needed to reduce existing yield gaps by integrating context-appropriate bundles of ecosystem services into crop production systems" (Bommarco et al., 2013).

5 <https://smaragd.hu/en/activities>

מותאמים למטרות שהוזכרו אינו כה כלכלי. כאשר פתרון בעיות סביבתיות יהיה חשוב כמו ייצור מזון או כמו רווחי החקלאי - "כלכלת הטיפוח" תשתנה, ואולי נתקדם גם לקראת פתרונות ידידותיים לסביבה.

חוקרים שונים תולים תקוות רבות במחקר הגנטי-מולקולרי על מכלול גונומי (טיפוח, גנומיקה, מטבולומיקה וכו') (Pretty et al., 2010; Tomich et al., 2011). תובנות אלה יכולות לתרום למאמץ טיפוח ייעודי שהוזכר לעיל, וגם להבנה מעמיקה יותר של עולם החי שבקרקע, בעיקר לעולם המיקרו-ביולוגי. הבנה של המערכת שורשים-קרקע-מיקרו-אורגניזמים תאפשר **התערבות ומניפולציה באזור בית השורשים** שיכולות להביא ליצירת גבוהה יותר תוך הקטנת השימוש בכימיקלים (ראו פרק III, עמ' 123-125).

פיתוח כלים חדשים לעשייה החקלאית כמו **ניתוח מחזור חיים (LCA), מדריך אקולוגי, מעבר מכלכלה חלופית לניאו-קלאסית**, שימוש בכלי **הממשק המסתגל** ושימוש בשיטות הערכה (valuation) **חדשניות**, יכולים להביא את החקלאות העתידית למקום אחר.

חשיבה מחוץ לקופסה, שיכולה להביא שינוי כזה נמצאת אצל קבוצות רב-תחומיות המנסות ליצור "חקלאות אחרת", כמו זו של הקבוצה Farm Hack⁶ (קהילה אינטרנטית לפתרון בעיות בחוות חקלאיות⁷). כאן חברו בעלי מקצועות שונים - חקלאים, אדריכלים, מעצבים, מהנדסים, אנשי טכנולוגיה ואנשי מחשבים - כדי ליצור מאגר ידע פתוח שמכוון לשינוי משמעותי בהתנהלות החקלאית ולהפיכתה לאגרו-אקולוגית ומקיימת. המטרה היא לפתח מערכות חקלאיות עמידות המבוססות על ערכים המשותפים לקהילה כולה ולא רק לחקלאים.

היוזמה התפשטה תוך שלוש שנים ברחבי ארה"ב ובאירופה, נשענה על הרשתות החברתיות, ויצרה קהילה שיתופית המחליפה רעיונות וכלים מעשיים לפתרון בעיות בחקלאות

עצמאיים המונחים על ידי מערכות מחשוב וחישה מרחוק (חקלאות מדייקת), הם יכולים לעבוד, במידת הצורך, 24 שעות ביממה ולבצע את עבודות החווה ביעילות גדולה בהרבה מהמערכות הקונבנציונליות ובעלות נמוכה יותר. השימוש בכלים קלים שומר על הקרקע ומקטין את ההתדרדרות במצבה (De Boo, 2017).

מערכת תפעול כזו תאפשר לשנות ולגוון את **מערך הגידולים**, ובמקום חקלאות חד-גידולית יתאפשר רב-גידול משולב (מספר גידולים) ברצועות רחבות (3-6 מ' המאפשרות גישה נוחה לטרקטור). עירוב גידולים זה אמור לסייע בהתמודדות עם מזיקים ועם מחלות, להגדיל את היבולים וגם לספק נוף חקלאי מגוון יותר להנאת הציבור. ברצועות חיטה שגדלות במערך משולב כזה נמצאו פי ארבעה יותר אויבים טבעיים מאשר בחקלאות חד-גידולית. זאת ועוד, מפני שעיתוי הקציר והאסיף של כל גידול שונה, הרי שהאורגניזמים המועילים יכולים למצוא מקלט ובית גידול זמני בפס של הגידול השכן. גם החומרים שכל גידול מפריש דוחים מזיקים של גידולים שכנים, ומקטינים את הצורך בריסוסים.

רכיב שיכול לסייע בהחלת שינוי כה משמעותי באופי החקלאות הוא זמינות **זני גידולים מתאימים**. בעבר טופחו זנים שמתאימים לממשק חד-גידולי עתיר בדישון ובהדברה, ושנשען על חריש עמוק. יישום שיטות אגרו-אקולוגיות באמצעות טכנולוגיה חדשנית מחייב שימוש בזנים שיתמודדו עם מזיקים חדשים המשגשים בסביבות מסוג זה (Byerlee, 1996) כמו גם עם הדרישות הסביבתיות המתגברות לנוכח שינוי האקלים.

טיפוח זנים הוזכר כפתרון אגרו-אקולוגי למספר בעיות: עמידות ליובש, תחרות עם עשבים משבשים, עמידות למזיקים. במציאות הנוכחית מרבית הטיפוח החקלאי הוא בשליטת חברות ענק בין-לאומיות, שתהליך קבלת ההחלטות שלהן הוא תלוי שוק והכנסה. טיפוח זנים

6 ראו: farmhack.org

7 הפועל hacking, שאין לו תרגום מתאים בעברית, מבטא יצירת פתרונות לבעיות מרכזיות בעזרת שינוי בתפיסה המקובלת, אלתור ויצירתיות. יש כאן גם דחייה של תרבות הצריכה הרגילה (הקפיטליסטית) בכך שהתוצרים הם חינוכיים ונגישים.

בישראל נעשים ניסיונות התחלתיים של פתרונות לבעיות הקשורות לחקלאות בדרך מרוכזת יותר. משרד החקלאות הישראלי קיים ב-2017 האקטון מקומי בנושא הקטנת אובדן מזון ובזבזן מזון - <https://tinyurl.com/qf86n8k> במכון יוצמן מתקיים כנס ה-AgriVest שמוציג בו פיתוחים טכנולוגיים של חברות הזנק הרלוונטיים לחקלאות מתקדמת trendlines.com/israeli-agtech-blooms-4th-international-agrivest

רפורמה אגרו-אקולוגית בישראל אפשר להביא מהמאמץ להקטין את אובדן הקרקע בסחיפה בארץ. הטיפול המובנה בבעיות איבוד קרקע והתדלדלות לא קנה אחיזה מיידית, ושינוי הפרקטיקה ארך זמן. לדברי אנשי שימור הקרקע במשרד החקלאות שיזמו מסלול תמיכה זה, ההיענות לקול הקורא, שתמיכה כספית בצדו, ויישום הפתרונות בשטח היו איטיים מהצפוי. לדבריהם, היה קל יותר לשכנע את מקבלי ההחלטות במשרד החקלאות להקצות את התקציב מאשר לשכנע את החקלאים לנצל אותו (זיידנברג, ריאיון, 2018).

השוואת המציאות הישראלית, אפילו במצבה המתקדם, לחזון הצרפתי, למשל דרך המקרה של מושב ערוגות שמתמקד בוויסות מזיקים בלבד (פרק II) מראה שהפער נמדד ב"שנות אור" (מעורבות ממשלתית קטנה, תפיסה מקצועית צרה, מעורבות קטנה של הקהילה ושל קהילות שכנות ועוד). המקרה של רמת מגשימים (פרק VI) הוא, למיטב היכרותי, היוצא מן הכלל שאינו מעיד על הכלל, ולא מצאתי בישראל דוגמאות דומות ברמת היישוב כולו. עם זאת, שיחות עם עמיתים צרפתיים המעורבים ברפורמה האגרו-אקולוגית בצרפת, מעלות שבשלב זה התוצאות בשטח רחוקות מהיעדים הכמותיים שהתוכנית הציבה. במקום ירידה משמעותית בכמות חומרי ההדברה המשמשים את החקלאים, מסתמנת דווקא עלייה.

החקלאות בישראל התפתחה תוך הישענות על מנגנוני שיתוף (קואופרציה) מפותחים ועל מערכת תומכת של מחקר והדרכה. כל אלה עברו שינויים משמעותיים: השיתוף, בעיקר במושבים, נעלם כמעט לגמרי, וגם במקרים שהוא נדרש - לא נמצא לו תחליף (ראו גם כאן את המקרה של מושב ערוגות, עמ' 63-64). ההצלחה של רמת מגשימים, שבבסיסה לא עמדה תפיסה אגרו-אקולוגית צרופה אלא רצון לשמור על סביבת החיים, קשורה אולי לעובדה שמדובר במושב שיתופי. במילים אחרות, **לתשתית החברתית-אנושית** של החקלאות יש תפקיד מפתח בכל שינוי מוצע. מעניין יהיה לבחון את שלוש החלופות למעבר לאגרו-אקולוגיה: מודל ההתייעלות - החלפת פרקטיקות - ורפורמה במערכות הייצור החקלאי (Hill, 1985; Pretty et al., 2018a b) מול המצב בישראל שאין בה עדיין מדיניות רפורמה בנושא האגרו-אקולוגיה. גם מערכות המחקר וההדרכה החקלאית בישראל יצטרכו

בין אלפים רבים של חברים פעילים ומאות אלפים המבקרים באתרי היוזמה (ראו דוגמה לשינוי שנשען על רשת מידע שכזו ביקב הרי הגליל - עמ' 200-201).

מדיניות ממלכתית

רפורמה של מערכות ייצור שלמות מחייבת פעולה ברמה לאומית שמעורבים בה בעיקר משרדים ממשלתיים וגופים ממלכתיים. ניסיון לפתור בעיות פיתוח בעלות היבטים סביבתיים (מחסור במים באזורים שחונים או שמירה על רמת ייצור מזון נוכח שינוי האקלים) יכול להצליח רק אם יש מנגנון ממלכתי לטיפול בנושא, הרואה בפן הסביבתי חלק מהפתרון (Lal, 2013). הדבר נכון גם לגבי קידום האגרו-אקולוגיה (Lohr and Salomonsson, 2000).

לפני כעשור החל בצרפת תהליך של שינוי פני החקלאות והפיכתה לאגרו-אקולוגית במהותה או כמאמר הוועדה שעסקה בניסוח קווי המדיניות החקלאית הצרפתית (להרחבה ראו פרק VIII): "... הוועדה מדגישה את חשיבות הטיפול במערכת הייצור החקלאי כמקשה אחת במקום עיסוק בכל רכיב (דישון, הדברה וכו') בנפרד, בחינת המצב בסקאלה המרחבית של יחידת הנוף והתייחסות לשימושי הקרקע במרחב: כל פעילות החווה, חוות סמוכות ומערכות טבעיות שכנות..." (Le Roux, 2010). התהליך היה ממלכתי, הונע ממשרד החקלאות בפריז כלפי כלל השטחים החקלאיים בצרפת (top-down), והוקצה לו תקציב של כמיליארד דולר (Moss and Bittman, 2018).

ממשלת מדינת אנדרה פרדש בהודו, שחיים בה כ-50 מיליון איש, החליטה להשקיע 200 מיליון דולר בהסבת החקלאות המקומית לממשק אקולוגי שהדישון וההדברה הכימית שבו ימוזערו, ובמידת האפשר אף יבוטלו (Moss and Bittman, 2018).

שתי הדוגמאות הללו מתייחסות לתהליכים שהתחילו זה עתה, ואין בידינו עדיין תוצאות ומסקנות שיאפשרו להעריך את הצלחת היוזמה הממשלתית בהם.

לקחים מיוזמות שינוי שונות בחקלאות מראות שהתוצאה הסופית תלויה, בראש ובראשונה, **בנכונות החקלאי** לקבל על עצמו את השינוי המוצע. דוגמה לקשיים ביישום

מורכב שיספק את היצרן (החקלאי) והצרכן (הציבור), ויביא לשיפור סביבתי חיובי.

לעבור רפורמה אנושית ומקצועית כדי לתמוך במהלך מורכב שכזה; יכולת להתמודד עם שאלות מולטי-דיסציפלינריות מורכבות חייבת להתפתח במערכות אלה כדי להתמודד עם האתגר האגרו-אקולוגי, וזאת תוך מעורבות גבוהה של החקלאים ולימוד מניסיונם המצטבר.

העתיד טמון, קרוב לוודאי, לא בפתרון קסם כזה או אחר שיגיע מתחום המחקר או היצירתיות המעשית, אלא משילוב כוחות וגישות. נדרש תכלול בין גישות שונות. חלק מהן צומח מלמטה, מהשדה ומהשטח (bottom-up) וחלק מהן חייב להיות מאורגן מלמעלה ולחלחל כלפי מטה (top-down) (Knickel et al., 2017).

חשוב לזכור שבמעבר מממשק קונבנציונלי לממשק אגרו-אקולוגי יש גם מעבר מממשק דיסציפלינרי וממוקד מקום וזמן לממשק רב-תחומי, מרחבי ועיתי, ולכן השיקולים, ההשלכות ופערי הידע - מורכבים יותר. אימוץ ממשקים של מערכת מורכבת כזו לוקח יותר זמן, ומצריך שינוי חשיבה ומודעות.⁸

ללא שיתוף פעולה אמיתי מטעם הממסד האחראי, שיחיליט על קידום רפורמה אגרו-אקולוגית בתחום ייצור המזון וידאג למימון ראוי למערכות מחקר והדרכה ולתמיכה ייעודית לחקלאים, ללא חקלאים בעלי מוטיבציה סביבתית וללא ציבור שידרוש מנבחריו רפורמה מסוג זה, קרוב לוודאי שלא נחזה בקרוב במערכות ייצור אגרו-אקולוגיות כחול-לבן הממלאות את המרחב החקלאי מאופק לאופק.

ספרים מדעיים מסכמים, על פי רוב, שלב של איסוף ידע ופיתוח תיאורטי לאורך זמן. מטבעם הם דנים בעבר. ספר זה, בחלקו הגדול, אינו שונה מספרים אחרים, אבל יש בו גם התייחסות, מקצועית ותהליכית, לשינוי משמעותי באופי החקלאות בישראל (או במקומות אחרים). שינוי כזה יגיע רק אם ייסגרו פערי הידע הקיימים בעיקר בממד הביולוגי-אגרונומי, ואם יימצא המסלול לשינוי מערכתי

8 לדוגמה:

"Society needs an agriculture that demonstrates resilience under future change, an agronomy that can cope with the diversity of trade-offs across different stakeholders, and sustainability as a dynamic process based on agreed values and shared knowledge insight and wisdom" (Struik and Kuyper, 2017).

ראיונות

- אברהמס, יונתן** - מדריך לשימור קרקע וגידולי כיסוי במשרד החקלאות, שה"מ, משרד החקלאות. ריאיון ב-120318.
- אייזנברג, פרופ' חנן ולאטי, ד"ר רן** - חוקרי הדברת עשבים בחוות נווה יער. ריאיון ב-250917.
- אקרמן, מיכל** - אגרונומית יקב תבור בכפר תבור. ריאיון 211117.
- בן חיים, אוריאל** - מרכז תחום חקלאות, קיימות וסביבה, מרכז המועצות האזוריות. ריאיון ב-181118 וב-221118.
- בן-יקי, ד"ר דוד** - חוקר במכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי. ריאיון ב-110718 וב-261218.
- גולדשטיין, אבי** - חקלאי מבנימינה ומנהל פעילות הדברה משולבת אזורית. ריאיון ב-190218.
- גלזר, פרופ' איתמר** - חוקר במכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי. ריאיון ב-201218.
- גמליאל, פרופ' אברהם** - חוקר במכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי. ראיונות ב-240718 וב-041018.
- גרינהוט, ד"ר צפירי** - האגף לאגרו-אקולוגיה, שה"מ, משרד החקלאות. ריאיון ב-281118.
- גרף, שאול** - מדריך חקלאי, מומחה לגידול ירקות וגידולי שדה במו"פ צפון. ראיונות ב-050218 וב-120318.
- וינברג, יהודה** - חקלאי ומנהל, מושב רמת מגשימים. ריאיון ב-091017.
- וסטריש, ברק וועדיה, מיכה** - מנהל הכרם ויין, יקב הרי הגליל. ריאיון ב-150418.
- זיידנברג, רמי** - עובד האגף לשימור קרקע וניקוז, משרד החקלאות. ריאיון ב-020318.
- זילברמן, אברהם (ג'ון)** - גימלאי של שה"מ, משרד החקלאות. ריאיון ב-120418.
- לוינגרט, ענת** - מנהלת האגף לאגרו-אקולוגיה, שה"מ, משרד החקלאות. מספר ראיונות לאורך השנים 2018 - 2019.
- מוטרו, ד"ר יואב** - אחראי חולייתנים וחלזונות, האגף להגנת הצומח, משרד החקלאות. ריאיון ב-310118.
- מלכה, הלל** - מנהל תחום בקה, האגף לבעלי חיים, שה"מ, משרד החקלאות. ראיון ב-051218.
- עונאללה, אמיר** - חקלאי מעמק כסולות (נצרת-איכסאל). ריאיון ב-300819.
- פריטי, פרופ' ג'ולס** - חוקר בתחום האגרו-אקולוגיה, האוניברסיטה של אסקס, אנגליה. ריאיון ב-070419.
- צדיקוב, אילן** - ראש תחום פרויקטים, המשרד להגנת הסביבה. ריאיון ב-241018 וב-260618.
- צורף, חנוך** - מנהל אזור הה, אגף הייעוץ קק"ל. ריאיון ב-020818.
- 'קבוצת ערוגות'** - ריאיון עם מובילי ההתארגנות לשיתוף פעולה בהדברה משולבת במושב ערוגות (פורת אמנון, פאפו יעקב והרשקו פיני יחד עם מדריך הגפן בשה"מ, משרד החקלאות ערן הרכבי). ריאיון ב-071217.
- קישוני, שעה** - חקלאי ותיק ממושב שדה יעקב. ריאיון ב-020318.
- קפולניק, פרופ' יורם** - חוקר במכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי. ריאיון ב-010119.
- רבינוביץ, רוחי** - אשת הגנת הצומח, מו"פ עמקי הגליל התחתון. ריאיון ב-170118 (תכתובת).
- שטיינברג, ד"ר שמעון** - המדען הראשי בחברת ביו-בי להדברה ביולוגית. ריאיון ב-040218.
- שריג, טלי** - אגרונומית, מומחית בתחום רגולציה של איכות המוצר החקלאי ותקני GlobalG.A.P. ריאיון ב-020619.

אלפנדרי, ט., אבו-סאלח, ע., דאוד, נ. וליבנה חנה (2007). חקלאות ביישובים הערביים בישראל: תמורות חברתיות, כלכליות ונופיות. (ד"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yxhk32>

אמדור, לירון (2009). חקלאות בשירות הסביבה: תגמול חקלאים עבור יצירת ערכים נופיים וסביבתיים בדרך של מכרז פרויקט במועצה האזורית מגידו. (ד"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השביעי).

אמדור, לירון ל. וצבן, ח. (2005). יער משקי בישראל. (ד"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלישי).

אפיק הנדסת סביבה והידרולוגיה ועמוס לביא יעוץ כלכלי והשקעות (2000). הקומפוסט בישראל, סקר מקורות ושימושים וניתוח כלכלי. (ד"ח עבור משרד החקלאות והמשרד להגנת הסביבה).

אשכנזי, א. (26.08.14). הזרמת השפכים לנחל כזיב הופסקה אחרי 30 שנה. הארץ, אוחר מ- <https://www.haaretz.co.il/science/premium-1.2415963>

אשל, ג. ואגוזי, ר. (2013). הקרקע בשטחים המעובדים נשמטת מתחת לרגליים. אקולוגיה וסביבה 2(4): 134-136.

אשל, ג., אגוזי, ר., גולדווסר, י. ואחרים (2014). גידולי כיסוי בתפוחי-אדמה כאמצעי לשימור קרקע, מים וסביבה. שדה וירק 271: 44-50.

אשל, ג., אגוזי, ר. ונסר, א. (2016). השפעת חיפוי צמחי בפרדס ובמטע על סחיפת קרקע וחומרי הדברה לסביבה. עלון לנוטע 70: 38-42.

בונפיל, ד., אסידו, ס. ומופרדי, י. (1997). בחינת ממשק אי-פליחה וחיפוי על התפתחות צמחי חיטה בנגב. גן שדה ומשק 1: 12-15.

בונפיל, ד., מופרדי, י., קלייטמן, סופיה ואחרים (1997). השפעת מחזור דגן על דגן על יבולי החיטה, היבול ומרכיבי היבול. גן שדה ומשק 12: 7-12.

בונפיל, ד., רובין, ב., שטיינברג, ד. ואחרים (2004). ממשק אי-פליחה וחיפוי בקש - סיכום רב שנתי. גן שדה ומשק 8: 13-23.

בונפיל, ד.י., מופרדי, י., אסידו, ס. ואחרים (2005). חמצה - נקודת מפנה עבור מחזור גידולים באזורים שחונים. גן שדה ומשק 7: 6-9.

בונפיל, ד.י., מופרדי, י., אסידו, ס. ואחרים (2007). הוברת שדות פלחה בשנת שמיטה וכר נח. גן שדה ומשק 6: 8-14.

בליזובסקי, א. (04.07.17). מחקר בקנה מידה גדול אישר: חומרי הדברה מסוג ניאונטינואידים הם הגורמים להיעלמות הדבורים. הידען, אוחר מ- <https://tinyurl.com/y658ayup>

בלכר, מ., ובלכר, אירינה. (2010). צמחי בר במטעי התמרים של חבל ים המלח: עושר המינים והרכב הצמחייה. מחקרי ים-המלח והערבה 2: 38-21.

בלכר, מ., ובלכר אירינה (2016). צמחי בר במטעי התמרים בנווה עין גדי: גודל האוכלוסיות של מינים בעלי ערך לשימור, דפוסי תפוצתם ודרכי הפצתם. מחקרי הנגב, ים המלח והערבה 8: 108-125.

בן-חור, מ., לאדו, מ., טנאו, ח. ואחרים (2011). מניעת נגר עילי וסחף קרקע באמצעות שימוש ברסק גזם לחיפוי הקרקע. אקולוגיה וסביבה 2: 202-208.

[הערה - נעשה מאמץ לצטט מאמרי סקירה (reviews) שמטבעם מסכמים ספרות מדעית רחבה ובכך להגדיל את הבסיס שממנו נגזרות מסקנות או קביעות המופיעות בספר זה. כל מאמר מסוג זה סומן ב-* ליד שם המחבר הראשון]

אבישה, א. (2016). מיזם "חקלאות תומכת סביבה" - מועצה אזורית לב השרון: סיכום ומסקנות (2015-2012). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y25qmpcc>

אבישה, א. ואחרים (2019). חקלאות תומכת מגוון ביולוגי במטעי האבוקדו של חברת מילופרי, טיטת דו"ח מסכם.

אגוזי, ר., אשל, ג., ופורמן, א. (2015). השפעת חיפוי קרקע על היווצרות נגר עילי בפרדסים. עלון לנוטע 70: 32-36.

אדלר, א., סילברמן, ד., איזנקוט, א. ואחרים (2017). יישום קומפוסט בגידול ירקות. ד"ח משרד החקלאות, שה"מ, אגף הירקות ותחום שירות שדה. אוחר מ- <https://tinyurl.com/y25qmpcc>

אהרון, א. (2017). גיבוש מדיניות הדברה לאומית. שדה וירק 308: 24-25.

אוזן, א. (2015). ביצות פולג קמות לתחייה - על הקונפליקטים הנוצרים בין חקלאות לשמירת טבע ועל המתווה ליישובם. אקולוגיה וסביבה 6(1): 3-4.

אולנובסקי, חגית וספיר, י. (2013). סיכונים ויתרונות סביבתיים בשימוש בצמחים מהונדסים גנטית בחקלאות בישראל. אקולוגיה וסביבה 4: 341-340.

אופטובסקי, א., מוסלי, איריס, ויינטראוב, פיליס ולובין, יעל (2013). לאן הולכים האויבים הטבעיים של המזיקים כשהחיטה נקצרת? בתי גידול חלופיים-עונתיים לעכבישים בסביבה החקלאית של צפון הנגב. אקולוגיה וסביבה 1: 64-69.

אוסטרובסקי, ג. וקוצר, ר. (2011). שימוש בקומפוסט בקרקעות חקלאיות - תועלת ומגבלות. אקולוגיה וסביבה 2: 292-298.

אורן, ע. (1993). הניסיונות והניסויים החקלאיים בהתיישבות היהודית מראשיתה ועד מלחמת העולם הראשונה. ירושלים: יד בן צבי.

אורתל, ל., מעוז, ל., לוריא, י. ורובין, א. (2015). מודל ניהולי והנחיות לרשות עירונית המקדמת חקלאות בתחומה. (ד"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלושה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y4j3lswa>

איזנקוט, א. וזילברמן, א. (2011). הנחיות לפיזור זבל בקר ולולים מטופל בשטחים חקלאיים - פרסום משרד החקלאות. אוחר מ- <https://tinyurl.com/y6j6jyjf>

אילוז, ש., עומרי, נ. רבינוביץ, א. ואחרים (2017). מניעת עשבים בחסה רומית ובחסה אייטברג. שדה וירק 308: 43-44.

אילון, אופירה, עשת, ציפי, וליכט, יעריט (2015). עודפי תוצרת חקלאית בשדה (פירות וירקות) והשימוש המיטבי בהם. (ד"ח מוסד שמואל נאמן ואוניברסיטת חיפה עבור לקט ישראל).

אלון-מוזס, טל, צבן, ח. ואמדור, לירון (2005). חקלאות עירונית בישראל. (ד"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלישי).

- בן-יקיר, ד. חן, מ. ובן-הרצל, הדסה.** (בדפוס). פגיעה בגיחת האביב של נובר התיירס האירופי על ידי חשיפת שאריות צמחי התיירס. **גן שדה ומשק בן-ישראל, א., רמון, א. ורותם, ד.** (2012). התפשטות החקלאות בחולות הנגב המערבי והשלכותיה האקולוגיות. **אקולוגיה וסביבה** 3(1): 97-102.
- בן ישראל, א.** (2015). לקראת חקלאות בת-קיימה: תפיסות ועמדות ביחס לחקלאות במרחב הכפר המשתנה של צפון הנגב. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלושה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y3m83n4m>.
- בן חיים, א., אמדור, ל., ג'וסטו-חנני, ר. ואחרים.** (2017). ניטור חומרי הדברה באוויר כבסיס להסכמות בממשק חקלאות-קהילה. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y3o7ht7u>.
- בנדס-יעקב, א., דוניץ, ד., ברמניס, ע. וגלמן, א.** (2015). עמדות חקלאים על עשייה סביבתית. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלושה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y3m83n4m>.
- בקר, נ. וגוטמן, מ.** (2007). בחינה של עלות פיצוי הבוקרים על טריפות בקר על ידי זאבים, מול עלות המימון של חלקות מיגון (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי).
- בר-טל, א. ואחרים.** (2015, 2016). דו"ח מסכם תכנית מחקר ארוך טווח להבנת השפעת הממשק האורגני על פוריות הקרקע (תכניות מס. 301-0767-13, 0821-15).
- בר-אור, י.** (2013). הטיפול הנדרש בזבל בעלי חיים להפחתת ריכוזם של גורמי מחלות. **אקולוגיה וסביבה** 4: 195-7.
- בשיא, י.** (2011). ביופילי: מבט היסטורי עולמי. **יבול שיא** 66: 66-69.
- גביש, ק., אמדור, ל. ולוי, א.** (2016). חקלאות תומכת סביבה בגולן. (דו"ח סופי שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הארבעה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yybjb9v3>.
- גוטליב, אריאלה.** (2011). השפעת דבורי דבש המגיעות מהחקלאות על דבורי בר ומיני הצומח המקומיים בערבה (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון התשיעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y2unwxs2>.
- גולדשטיין, א., חצרוני, א., כהן, י. ואחרים.** (2016). זיהוי מקורות תריפס הטבק בעמק המעיינות. **ניר ותלם** 67: 34-37.
- גולובאטי, י. ופולק, א.** (2013). הגברת יעילות הדישון למניעת זיהום סביבתי. **אקולוגיה וסביבה** 1: 20-21.
- גולן, א. ומנדליק, יעל.** (2011). השפעתה של פריחת בר בשולי שטחים חקלאיים על דגמי מגוון ועל פעילות האבקה של דבורי דבש ודבורי בר (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון התשיעי).
- גזית, א. ופילוסוף, ש.** (2007). מקווי מים זמניים בחקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y6onj8pc>.
- גיל, ה., לוי, ע., רמון, א., רותם, ג. וזיו, י.** (2019). ממשקים חקלאיים תומכי סביבה, משארים טבעיים ושולי שדות. מסמך רקע לקראת ועדת מומחים, האגודה הישראלית לאקולוגיה ומדעי הסביבה ומכון דש"א.
- גינזבורג, אורית.** (2014). תרומות ישירות וחיצוניות של החקלאות ושלילוב תמיכות אגרו סביבתיות בתמהיל התמיכות בחקלאות ישראל. בית דגן: משרד החקלאות.
- גלזר, א. ומנדל, צ.** (2015). שילוב נמטודות אנטומופוטוגניות כמרכיב מרכזי בממשק ההדברה של מזיקים בישראל: החשיבות, הסיכויים והמכשולים שבדרך. **מבזק ירקות-שדה וירק** 281: 44-40.
- גלעדי, י., נפתליהו, ע. וריצ'ק, ע.** (2012). גידול חיטה לגרגרים ולמספוא. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, שה"מ, אגף אגרואקולוגיה וגד"ש, תחום גידולי שדה.
- גלעדי, א. וזיו, י.** (2010). שימור מיני צומח נדירים בתוך פסיפס חקלאי בשפלה הדרומית (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השמיני). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y5rtuz35>.
- גרינהוט, צ., צדיקוב, א., פרידקי, צ. ואחרים.** (2015). תוצרי הלוואי בחקלאות ישראל: מסמך מסכם לקביעת מדיניות והערכת עלויות. משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה ומרכז המועצות האזוריות. אוחר מ- <https://tinyurl.com/y6mbluwr>.
- גרשוו, י.** (2007). הדברה ביולוגית: להלחם במזיקים בדרך הטבע. **בטיחות** 310: 9-12.
- דה-וינטר, ע.** (2011). שתילים מורכבים וחזקים. **משוב לחקלאות** 267: 62-67.
- דה-וינטר, ע.** (2011). סיפור עם ריח רע. **משוב לחקלאות** 267: 16-12.
- דובובסקי, יעל, חודורקובסקי, מרים, אולסון, א. ואחרים.** (2013). חומרי הדברה ותוצרי פירוקם - שטיפה באירועי גשם ראשונים (first flush) לנחלי אגן החולה. **אקולוגיה וסביבה** 1: 24-26.
- דולב, ע., סקוטלסקי, אורית, פדרמן, ר. וכרמל, י.** (2011). שטחים חקלאיים כתשתית לתפוצת אורגניזמים: מה הערך של ענפי החקלאות השונים לקישוריות המגוון הביולוגי במרחב? (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון התשיעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y4sbonk7>.
- דולב, ע., בינו, ג., אורון (בן צבי), איה ואחרים.** (2013). השפעת סילוק מוסדר של פגרי עופות מלולים על אוכלוסיות טורפים ונטרפים בסביבה הסמוכה. **אקולוגיה וסביבה** 1: 44-49.
- דולב, ע., קפוטא, ד. טלמון, ע. ואחרים.** (2016). ממשק אוכלוסיות יתר של תנים - מתאוריה למציאות. **אקולוגיה וסביבה** 2: 137-144.
- הדס, אפרת, איזנקוט, א., פיין, פ. וצוקרמן, א.** (12.03.08). השימוש המיטבי בפרש בקר. פרסום משרד החקלאות.
- הדס, א., טור ציון, י., איזנקוט, א. וזיידנברג, ר.** (2009). מניעת סחף קרקע: ניתוח עלות מול תועלת. **ניר ותלם** 13: 17-27.
- הרוביץ, ש.** (1956). תורת השדה: פרקים בחקלאות כללית. תל אביב: הוצאת הקיבוץ המאוחד.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.** (2013). חומרי הדברה בישראל (2008-2020).
- הלשכה מרכזית לסטטיסטיקה.** (2017). מדדי חקלאות-סביבה 2015, הודעה לתקשורת, 20.12.17.
- הלשכה מרכזית לסטטיסטיקה.** (2017). חומרי הדברה בישראל 2013-2011. פרסום מס' 1671.
- הלשכה מרכזית לסטטיסטיקה.** (2019). חומרי הדברה בישראל 2016-2014. פרסום מס' 1744. אוחר מ- https://old.cbs.gov.il/publications19/1744/pdf/h_print.pdf.

- הנקין, ז.**, **הדר, ליאת, ונוי-מאיר, ע.** (2004). רעיית בקר ועיזים כגורם בעיצוב חזותי ומרחבי של הנוף (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השני). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4q4u6ql>
- הפורום האורגני** (2009). יישום קומפוסט בקרקעות חקלאיות: תועלות ומגבלות. מסמך מדיניות.
- הקרן לבריאות וסביבה ומשרד הבריאות** (2017). בריאות וסביבה בישראל - דו"ח שנתי. הקרן לבריאות וסביבה ומשרד הבריאות.
- הררי, א., זהבי, ת., גורדון, ד. ואחרים** (2007). הפחתת השימוש בחומרי הדברה בענבי מאכל בשיטת 'בלבול זכרים'. **עלון הנוטע** 61: 12-15.
- הרשקוביץ, ה.** (2013). חקלאות אורגנית בישראל. מסמך של משרד החקלאות. אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4694p4y>
- זיו, ר.** (12.01.18). בואו נדבר רגע על חומרי הדברה. סוכנות הידיעות זווית. אוחרז מ- <https://tinyurl.com/wo2akdh>
- ולנסי, א.** (2010). מזבלות והשלכת פסדי עופות במרחב הרי יהודה. מסמך פנימי של רשות הטבע והגנים.
- זיידנברג, ה.** (2007). מה קורה לקרקעות המעובדות - הסיפור האמיתי. **יבול** שיא 25: 4-42.
- זיידנברג, ה.** (2013). תנועת האדמה - מבט מן השטח על מצב קרקעות ישראל. **אקולוגיה וסביבה** 1: 17-19.
- זייצוב רז, ת., דיין, ת. ומוטרו, י.** (2017). סיפורה של צניפה - שימור מכרסמים בנגב הצפון מערבי בעבר ובהווה. **תקציר פוסטר שהוצג בכנס הזואולוגי 2017**.
- זילברשטיין, מ.** (2011). הדברה משולבת אזורית במטע ובפרדס, עבר ועתיד. **יבול** שיא 66: 86-90.
- זליגמן, נ. ולחמן, אסתר** (2008). חקלאות בת-קיימא בסביבה משתנה ירושלים: נקודת ח"ן.
- זמרוני, חגית, רותם, ד., סיני, י. ושוורץ, א.** (2016). עמדות בקרב חקלאים על ממשקים ליצירת מסדרונות אקולוגיים בעמק חרוד. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הארבעה עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4gyvzvm>
- חאג', א., פז, ש. ואילון, א.** (2012). השפעתן של תפיסות מסורתיות על התנהגות סביבתית - הנכונות לשימוש בקומפוסט בקרב חקלאים במגזר הערבי המוסלמי. **אקולוגיה וסביבה** 3: 154-160.
- חוטא, א.** (1983). הדברת נברנים באמצעות תנשמות - ניסוי שהוכשל טבע וארץ 5: 38-40.
- חיות, א., גולדווסר, י., סיבוני, מ. ואחרים** (2014). גידולי כיסוי כאמצעי להפחתת השיבוש בעשבים רעים בתפוחי אדמה. **ניר ותלם** 52: 27-32.
- חיל, א., סרקוביץ, ד. וגוטליב, י.** (2013). הדברה משולבת של זבובים במשקי בעלי-חיים. **אקולוגיה וסביבה** 1: 29-30.
- חן, שושנה** (23.06.19). תנובה מורידה מהמדפים את "חלב משק" הידידותי לסביבה. ידיעות אחרונות - ממון. אוחרז מ- <https://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-5532984,00.html>
- חננאל, ר. ופישמן, א.** (2017). המרחב הכפרי בישראל: מי משרת אותן? מערכת היחסים וסוגיית האחריות והסמכות לאספקת
- השירותים לתושבים בין המועצות האזוריות לועדים המקומיים.** אוניברסיטת תל אביב: החוג למדיניות ציבורית.
- חסון, נ.** (16.03.18). המלריה הכתיבה את החלוקה. **הארץ** (עמ' 21).
- חרובי, נאוה ושלבת, שרית** (2010). שיפור השירותים האקולוגיים של ענף החקלאות: ניתוח הנזקים הסביבתיים מכל תשומה וקביעת סדרי עדיפויות להשקעה במחקר - לצמצום הנזק הסביבתי בחקלאות קונבנציונלית ובחקלאות אורגנית (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השמיני). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4y2vnye>
- חרובי, נאוה, שלבת, שרית, וספרים, י.** (2003). הקצאה אופטימלית של גידולים חקלאיים עבור שטחים פתוחים - שיקולים כלכליים וסביבתיים (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הראשון). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4b6ag6w>
- חרובי, נאוה והדס, ע.** (1998). הערכה כלכלית של נזקים הנובעים מדליפת דשנים ומומסים אחרים בקולחים ובמקורות מים אחרים. (דו"ח שהוגש למדען הראשי, המשרד להגנת הסביבה).
- טרצ'יצקי, ח., גל, ברכה, מדלג' ג. ואחרים** (2006). אומדן הביקוש לקומפוסט. משרד החקלאות.
- יהושע, נ. ורוזנטל, ג.** (2004). השפעות סביבתיות-נופיות של החקלאות הצמחית המכוסה: ניתוח מגמות ומכשירי מדיניות (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השני).
- יעקובי, ב.** (13.06.18). היבטים מקצועיים בקביעת תמיכות בחקלאות משמרת. הרצאה ביום עיון על עיבוד משמר קרקע, משרד החקלאות - שה"מ.
- כברה, לירז** (2015). פרויקט שימור השדמיות בעמק החולה. **ניר ותלם** 59: 14-17.
- כהן, יפית, ועמית, ע.** (2006). מגמות בהתפתחות נוף והשפעתן על גבולות ומאפיינים של מסדרונות ירוקים בשוליים הדרומיים של המטרופולין (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y4yvazvm>
- כפרי, ד.** (2012). הדברה ביולוגית - הלכה למעשה. **אקולוגיה וסביבה** 3: 136-138.
- לאור, יעל** (2016). פיזור שפכי בתי בד (עקר) על קרקעות חקלאיות: האם לאור הממצאים שנאספו בשנים האחרונות בארץ יש לשנות או לחדד את ההמלצות הקיימות? **יבול** שיא 117.
- לדל, א.** (13.06.18). אי-פליחה בפלחה והפחתת עיבודים בשלחין. הרצאה ביום עיון על עיבוד משמר קרקע, משרד החקלאות - שה"מ.
- לובין, יעל, וינטראוב, פליס, ואופטובסקי, א.** (2012). בתי גידול חלופיים בשימוש אויבים טבעיים בסביבה החקלאית של צפון הנגב (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון העשירי).
- לוי, ש., גזית, א. ואורטל, ר.** (2006). מקווי מים סמוכי חקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בסכנת הכחדה (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/yxs2kgb8>
- לוי, א.** (1983). **תולדות ענף הבקר לחלב בישראל**. תל אביב: התאחדות מגדלי הבקר בישראל.
- ליסאי, א.** (2014). חלופות למערך העיבודים בגד"ש: סיכום 9 שנות מחקר (2012-2004). **ניר ותלם** 52: 46-49.

- ליפשיץ, מ.** (2016). שחזור נוף ושיקום אקולוגי בעמק יזרעאל: מיזם חקלאות תומכת סביבה (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הארבעה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y25x2ukq>
- לנדאו, י., שינבאום, איריס, קיגל, ח. וברקאי, ד.** (2004). הפצת עשבים רעים ורעיות צאן בשדות שלף של חיטה בנגב הצפוני (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השני).
- לסטר, ר., חשן, א., הולנדר, ד. ולבני, ד.** (2004). שימוש בחקיקה בלתי ייעודית לקידום ערכי נוף וסביבה באזורים חקלאיים (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השני).
- לקט ישראל ו-BDO זיו האפט** (2016). אובדן מזון והצלת מזון בישראל: היבטים כלכליים, חברתיים, סביבתיים. אוחר מ- <https://tinyurl.com/y58fls26>
- לשם, י., מוטרו, י., פלג, א. ואחרים.** (2017). המיזם הלאומי לשימוש בתנשמות ובזים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות - סיכום 8 שנות פעילות (2008-2015).
- מאמר מערכת, "הארץ"** (23.03.06). מלחמת בוצה. דה מרקר. אוחר מ- <http://www.themarker.com/misc/1.358556>
- מאמר מערכת, "רויטרס"** (11.08.18). קוטל העשבים שלה גרם סרטן - ממונסטו תשלם פיצויים של 289 מיליון דולר. דה מרקר. אוחר מ- <https://www.themarker.com/wallstreet/1.6364914>
- מבקר המדינה** (2015). דו"ח שנתי 65ג: "אבדן מזון: השלכות חברתיות, סביבתיות וכלכליות".
- מוטרו, י., צ'רטו, מ., דן-אלון, ד. ואחרים.** (2013). השימוש בתנשמות ובזים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות. אקולוגיה וסביבה 4: 8-10.
- מור-מוטרי, ע., צעדי, א., לואי, ס. ובר (קותיאל), פ.** (2016). לעובדה ולשומרה - סוגיות בעיבוד הקרקע ושימורה בשטחים צחיחים וצחיחים למחצה: צפון הנגב, מקרה בוחן. מחקר הנגב, ים המלח והערבה 8: 74-88.
- מושקוביץ, י.** (08.05.19). לעשות כסף מזבל. ידיעות אחרונות - ממון. אוחר מ- <https://www.yediot.co.il/articles/0,7340,L-5505966,00.html>
- מיניס, דנה, שווימר, ע., פלדהיים, ז. ואחרים** (2011). השפעת שיטות טיפוליות בזבל בסככות על בריאות העטין ואיכות החלב בעדר החלב, דו"ח מסכם. הרפת והחלב דצמבר 53-48.
- מירון, ש. ויוסף, א.** (2010). זבל רפת גולמי כתחליף לדישון כימי. הבקר והחלב 349: 61-64.
- מלול, י.** (2010). העידן שלאחר הרפורמה - ריאיון עם אילן צדיקוב. מועצת החלב. אוחר מ- <https://akol.co.il/icbaapp/articles/0344/344.2010.23.pdf>
- מלכה, ה.** (2017). רפורמה בענף החלב בישראל. הרצאה בפקולטה לחקלאות של האוניברסיטה העברית בירושלים.
- מלקינסון, ד. ובן צבי, נ.** (2010). השפעת המארג הנופי של שטחים חקלאיים על אוכלוסיות של חיות בר (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן).
- מנדל, צ.** (12.03.19). מסע ההדברה הביולוגית המוצלח בישראל ואפיקי פעילות חדשים הנדרשים להעצמתו. הרצאה בכנס "הדברה ביולוגית בישראל", מכון וולקני.
- משרד החקלאות** (2015). מסמך מדיניות תכנון החקלאות והכפר בישראל.
- נאוה, ז.** (2004). הנוף החקלאי והאקולוגיה של הנוף (הרצאה ביום העיון השני של נקודת ח"ן).
- נמצוב, ס., ושקדי, י.** (2006). שמירת טבע וחקלאות בישראל (הרצאה ביום העיון הרביעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yfyo85o8>
- נצר, ר., גרסל, נ. וגל, א.** (2007). מודל לטיוב אקולוגי של פסיפס שטחי חקלאות ונקודות השקה עם שטחים טבעיים (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y2vwzws6>
- סגרה, הילה, כרמל, י., סגולי, מיכל ואחרים.** (2017). עלות מול תועלת של ממשק שולי שדות בעמק חרוד (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y2glcg7b>
- סדן, ע.** (2003). שילוב חקלאות ונוף בישראל, אמצעי מדיניות כלכליים (הרצאה ביום העיון הראשון של נקודת ח"ן).
- סורוקה, ויקטוריה, שריג, ש., סלצקי, י. ואחרים** (2017). זליגת חומרי הדברה משדות חקלאיים לסביבה הטבעית והשפעתה על דבורי דבש. אקולוגיה וסביבה 8: 16-23.
- סלק, נ., טרצ'צקי, ח. ובורנה, מ.** (2012). ממטרד למשאב - פתרון כולל וכלכלי להגנת הסביבה ברפת מעון כרמל. הרפת והחלב, נובמבר 2012.
- ספיר, י.** (2009). שטחים טבעיים בסביבה חקלאית בשרון: השפעות על מגוון מיני דבורים. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השביעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y5rcrbu5>
- ספריאל, א.** (2011). החקלאות - צרכן וספק של שירותי מערכת (הרצאה ביום העיון התשיעי של נקודת ח"ן).
- סקוטלסקי, אורית, דיין, תמר ופייטלסון, ע.** (2007). רפורמות במדיניות הסבסוד החקלאי באירופה: תכניות לעידוד חקלאות משמרת סביבה. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y5xka2c4>
- סקוטלסקי, אורית** (2009). מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולמשק חקלאי. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השביעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y6qz2f99>
- סקר הרכב הפסולת**, 2012-2013, המשרד להגנת הסביבה. אוחר מ- <https://tinyurl.com/y2hd5rwl>
- פאר, ג., קרק, ס., ובנימיני, ד.** (2006). אזורים חקלאיים בשרות הפרפרים: שימור המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים לאורך הגרדיאנט האקלימי בישראל (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yymhoue9>
- פאר, ג.** (2014). האפקטיביות של תכנית לתמרוץ חקלאות משמרת טבע (הרצאה ביום העיון השניים עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ- <https://www.youtube.com/watch?v=Ux93WfQUwWc>
- פולקו, ר.** (13.06.18). הרצאה ביום עיון על עיבוד משמר קרקע, משרד החקלאות - שה"מ.

- פורת, י. ורותם, ד.** (2011). חקלאות אינטנסיבית ושמירה על מגוון המינים של זוחלים ודו-חיים: האם וכיצד אפשר לשלב בין השניים? (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון התשיעי). אוחרז <https://tinyurl.com/y4lr5xuu-m>
- פורת, ר., גרינהוט, צ. ופרידקין, ציפי** (2016). סיכום סקר אובדן ירקות ופירות טריים. משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- פיבנייה, ש., מיכל, עמיחי, בן-יקיה, ד.** (2013). טיפול חום סולארי להדברת תריפס בעירית. *שדה וירק* 33: 38-44.
- פיין, פ.** (2015). הערכת הכדאיות של יישום זבלים כתחליף דשן בגד"ש. *ניר ותלם* 26: 21-26.
- פיין, פ., בריוזקין, א., לבקוביץ, א. ואחרים** (2014). הערכת איכות בוצות ואשפה עירונית כתחליפי דשן כימי בגד"ש. *ניר ותלם* 56: 27-37.
- פלדמן, א.** (1922). לשאלת מחזור הזרעים. *השדה* ב: 190-192.
- פלה, מאיה** (14.05.18). אסור לקטוף את דבורי הבר. סוכנות הידיעות זווית. אוחרז מ- <https://tinyurl.com/sp26jeo>
- פליישמן, לריסה ופייטלסון, ע.** (2006). "נוף כפרי - מה זה?" תפיסות השטחים במרחב הכפרי באזור המרכז. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי).
- פליישר, ע., צור, י. ושמש, א.** (2003). דרוג ערכי נוף וסביבה של השטחים החקלאיים (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הראשון).
- פרבולוצקי, א. ושקדי, י.** (2013). עקרונות בשמירת טבע בסובב הים-תיכוני. בתוך: פרבולוצקי, א. (עורך) *מתשק ושימור האקוסיסטמה הים-תיכונית: רמת הגניב כחשל זיכרון יעקב: רמת הנדיב*. עמודים: 24-39.
- פרבולוצקי, א. ואחרים** (2017). מגוון ביולוגי במערכות חקלאיות - ניטור ומשמעות. (דו"ח סופי למיזם במימון המדען הראשי, משרד החקלאות).
- פריטי, ג'.** (2004). חקלאות: החיבור מחדש של אנשים, אדמה וטבע (הרצאה ביום העיון השני של נאקודת ח"ן (אנגלית)).
- פרלברג, א., אמדור, לירון, ורמון, א.** (2012). עיבודים בני-קיימא של כרמי זיתים בגליל המערבי: בחינת פרמטרים כלכליים, חברתיים ואקולוגיים. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון העשירי).
- צבן, ש. וחכימה-קוניאק, גילי** (2011). מאזן שטחים פתוחים - כלי מוצע למקבלי החלטות: מקרה בוחן של תרומת השטחים לקיום דבורי דבש במועצה האזורית חוף אשקלון. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון התשיעי). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y6y4tlyn>
- צבן, ש.** (2013). עלייתו ונפילתו של מחיר הצל (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון האחד עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y6ohq6y5>
- צדיקוב, א.** (2007). הרפורמה ברפתות החלב. מסמך פנימי, אשכול תשתיות, המשרד להגנת הסביבה.
- צדיקוב, א.** (2010). מדיניות המשרד לאיכות הסביבה הנוגעת לרפת הישראלית, בתקופה שלאחר הרפורמה בענף. מסמך פנימי, המשרד להגנת הסביבה.
- צדיקוב, א.** (2012). ירידה משמעותית בזיהום הודות לרפורמה ברפתות. *אקולוגיה וסביבה* 3: 215-217.
- צוקרמן, א. וזוהר, ד.** (1997). גידול קטניות לשחת במסגרת מחזור גידולי השדה. *גן שדה ומשק* 7: 12-14.
- צוריאל, מ.** (2014). הטבע יודע לעשות את שלו - גד"ש עין חרוד אוחרז. *ניר ותלם* 52: 10-15.
- צעדי, א., קטרה, י., שריג, ש. ואחרים** (2017). בחינת השירותים האקולוגיים של חורשות קק"ל הנטועות בגבול שטחים חקלאיים במזעור פיזורם של חומרי הדברה. *יער* 35: 17-22.
- קוז'יקרו, ה., גולדווסר, י., רובין, ב. ואחרים** (2016). השפעת גידולי כיסוי על הטמפרטורה, תכולת הרטיבות וחיזור המים בקרקע. *שדה וירק* 39: 292-33.
- קול, מ., שטרנברג, מ. ועשת, ש.** (2014). צמחיית כיסוי ככלי לשימור המגוון הביולוגי: שקלול שירותי מערכת חיוניים ושלייים של פרוקי רגלים בפרדס. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השנים עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/yyfay5lw>
- קול, מ.** (12.03.19). גישות לשימור אויבים טבעיים בהדברה ביולוגית: השפעות הידיות של שטחים טבעיים וחקלאיים. הרצאה בכנס "הדברה ביולוגית בישראל", מכון וולקני.
- קוצר, ר., רוזנבלום, א., צבן, ש. ואחרים** (2015). מניעת בזבז של ירקות ופירות. דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלושה עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y3m83n4m>
- קורין, כ. וקנוניץ, ע.** (2013). חשיבות עטלפי חרקים לשיפור ולפיתוח חקלאות בת-קיימא (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון האחד-עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y2bmwn7>
- קטן, י., גרינשטיין, א. וגמליאל, א.** (1996). חיטוי-שמש להדברת פגעים שוכני קרקע בלא כימיקלים. *מחקר חקלאי בישראל* ח' 100: 83-100.
- קטן, י.** (2014). החיטוי הסולרי: הרעיון, המחקר והפיתוח. *ביוביטאון* 8: 18-21.
- קיסר, תמר, הררי, אלי, שרון, רקפת, זהבי, תרצה וגביש-רגב, אפרת** (2013). גידול צמחים צופניים בשולי כרמים לשימור מגוון פרוזוואידים, כאויבים טבעיים להדברה ביולוגית. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון האחד-עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y2wuuq24l>
- קיסר, תמר, שפירא, ע., אורנשטיין, ד. ואחרים** (2017). מעבר לממשק מעודד צמחייה טבעית בכרמי יין: מהשלכות אקולוגיות ועד למדיניות מחוללת שינוי. (דו"ח שהוגש לנאקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישה-עשר). אוחרז מ- <https://tinyurl.com/y6o7rxz3>
- קליפלד, י., בלומנפלד, ט., בוקסנאום, ה. ואחרים** (1993). הדברת "סעידה" באמצעות עיבודים במסגרת מחזור גידולים מסודר. *השדה* ע'ג: 918-914.
- קליפלד, י., יסעור, ע., וינברג, צ., גרף, ש.** (2000). הדברת גומא הפקעים ("סעידה") בגידולי שדה וירקות. *גן שדה ומשק* 9: 20-24.
- קליפלד, י.** (2004). על מה שלא נאמר ונכתב בעקבות יום העיון בנושא חוק ומשפט בהדברת עשבים. *עלי עשב* 6: 2-3.
- קליפלד, י.** (2010). ושוב על הפרק - עלקת. *ניר ותלם* 21: 22-25.

קפלן, ד., הרשקוביץ, י., בן פורת, א. וגזית, א. (2006). ארץ תעלות המים: ניתוח אקולוגי של תעלות הניקוז בעמק החולה (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y58pan59>

קפלן, מ., ליסובסקי, נורית ואמדור, לירון. (2001). נופים חקלאיים: איכויות וערכים של הנוף החקלאי בישראל (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הראשון).

קפלן, מ. וליסובסקי, נורית (2002). חקלאות נופית בישראל – הערכות חדשה לחקלאות ישראל – היבטים נופיים, חזותיים ותרבותיים – חלק ב' (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השני).

קפלן, מ. (2005). השוואת מתודות להערכת נופים חקלאיים – ישראל מול אנגליה (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון החמישי).

קפלן, מ. (2007). תכנית "סובב בקעת הנדיב" (הרצאה ביום העיון החמישי של נקודת ח"ן).

קפלן, מ., רינגל, נעמה, ואמדור, לירון (2008). חקלאות נופית: חקלאות בת קיימא. ירושלים: הוצאת נקודת ח"ן. אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y23zv2n6>

קפלן, מ., רינגל, נעמה ולשם, חגית (2010). "נופים חקלאיים": נופי החקלאות הקדומה בהרי יהודה (דו"ח והרצאה ביום העיון השמיני של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y2bky22f>

קפלן, מ. (2016). חקלאות אדם ונוף (הרצאה ביום העיון הארבעה-עשר של נקודת ח"ן).

קפלן, מ. (2017). חקלאות אדם נוף. ירושלים: נקודת ח"ן, משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה.

קרטון, רחל (1966). האביב הדומם. תל אביב: טבע ובריאות.

קשת, י., קיסר, א., דר, א. ואחרים (2014). התאמת מיכון לגידול תפוח-אדמה בשיטה שמשמרת קרקע ומים באמצעות גידולי כיסוי. שדה ירק 290: 57-53.

רבינוביץ, ח. (2015). טבעי זה לא דווקא בריא – תלוי מה ומאיפה. אקולוגיה וסביבה 6: 56-57.

רגב, ש., לוי, ע. ודולב, ע. (2013). הרכבה ופעילותה של חברת העטלפים בגליל העליון במטעי תפוחים ובחורש טבעי. אקולוגיה וסביבה 1: 14-15.

רדאי, א. (2018). ייצור שמן זית לא מחייב פגיעה בסביבה – הצלחה בפיזור העקר מבתי בד בעונת המסיק 2017. אקולוגיה וסביבה 9: 5-6.

רובין, ב. (04.03.14). הפלחה בנגב – האם לאוסטרליה דמינו? הרצאה בכנס הנגב.

רובין, ב., גולדווסר, י., צור, א. ואחרים (2016). גידולי כיסוי כמרכיב בממשק הדברת עשבים ושימור קרקע בכותנה. דו"ח מחקר, הגוש להנהלת ענף כותנה. אוחר מ-
<https://tinyurl.com/yyt6dah9>

רובין, ב. (13.06.18). השפעת ההפחתה בעיבודי הקרקע על רמת השיבוש בעשבים רעים. הרצאה ביום עיון על עיבוד משמר קרקע, משרד החקלאות-שה"מ.

רוזנסקי, ע. (2011). ביו-פליי – מאבק במזיק קוסמופוליטי. יבול שיא 62-60: 66.

רוזנפלד, א., קיסר, תמר, טנא, א. ואחרים (2015). כרמים התומכים במגוון הביולוגי: (דו"ח והרצאה ביום העיון השלושה עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y5j6wnn9>

רוטם, ג. ובוסקילה, ע. (2012). שטחים חקלאיים כמערכות תומכות מגוון ביולוגי באיים טבעיים. (דו"ח והרצאה ביום העיון העשירי של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y36dbrg9>

רוטם, ג., צרפתי הרנבי, מטי, בן חיים, א. ואחרים (2017). חקלאות תומכת סביבה בשטח המועצה האזורית יואב: שילוב ידע קיים והקמת פורום רב-גורמי ליישום בר-קיימא (דו"ח והרצאה ביום העיון החמישה-עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y21ofnam>

רוטם, ד. ופורת, י. (2011). חקלאות אינטנסיבית ושמירה על מגוון מינים של זוחלים ודו-חיים: האם וכיצד ניתן לשלב בין השניים? (דו"ח והרצאה ביום העיון החמישה-עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y41r5xuu>

רוטם, ד. (2010). השפעת גידור על שטחים פתוחים, מדיניות והמלצות לפעולה. מסמך מדיניות, רשות הטבע והגנים.

רייזמן-ברמן, אורנע, קדמון, ר. ושחק, מ. (2003). התפשטות בתת הסירה הקוצנית אל תוך שדות מוברים (הרצאה ביום העיון הראשון של נקודת ח"ן).

ריצ'קר, ע. (13.06.18). אי-פליחה בנגב. (הרצאה ביום עיון על עיבוד משמר קרקע, משרד החקלאות-שה"מ).

רמון, א., בן דוד, א. וגל, א. (2007). הכשרות קרקע חקלאית באזורים הרריים – מגמות בעבר והכוונות בעתיד (דו"ח והרצאה ביום העיון החמישי של נקודת ח"ן).

רצ'בסקי, ד. (2003). "קרקע חקלאית" ו"חקלאות נופית" ומה שביניהן (הרצאה ביום העיון הראשון של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y5pvmwyy>

שאלתיאל, ליאורה, חן, י., בן-ישר, א. ואחרים (2013). חקלאות ידידותית יותר לסביבה – פרויקט יישומי של הדברה משולבת בעמק החולה. אקולוגיה וסביבה 4(1): 10-12.

שבח, צרויה ובלאס, ורד. (2014). מחומרי הדברה כמזור להדברה משולבת מבוססת שירות: לקראת חקלאות בת-קיימא בערבה? (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השנים עשר של נקודת ח"ן).

שבח, צרויה, צ'צ'יק, ענת ובלאס, ורד (2016). יחסי הגומלין בין מקורות המידע, העמדות הסביבתיות והבחירה בנוהג סביבתי בקרב חקלאים: חקר המקרה של מגדלי הפלפל בערבה. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הארבעה עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y6fs7noe>

שגיא, הילה, גוטמן, ג'ניה, רמון, א. ואחרים (2016). חסמים העומדים בפני חקלאים באימוץ ממשקי עיבוד משמר קרקע ומים בגד"ש בישראל ודרכי פתרונם (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הארבעה עשר של נקודת ח"ן). אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y2v6fvvg>

שגיא, הילה ורמון, א. (2016). מחקר חלוץ ליישום גישת שירותי המערכת האקולוגית בתכנון וניהול שטחים פתוחים במרחב שקמה (דו"ח). הוצאת מכון ד"ש"א ומנהלת פארק נחל שקמה. אוחר מ-
<https://tinyurl.com/y4c57wts>

Bibliography

- Abdeen, Z., Berman, T., Azmi, K. et al.** (2016). Urinary organophosphate metabolite levels in Palestinian pregnant women: results of the Middle East Regional Cooperation Project. *International Journal of Environmental Health Research* 26: 254-266.
- Abro, M.A., Lecompte, F., Bardin, M. et al.** (2014). Nitrogen fertilization impacts biocontrol of tomato gray mold. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 641-648.
- Abson, D.J., Fraser, E.D.G. and Benton, T.G.** (2013). Landscape diversity and the resilience of agricultural returns: a portfolio analysis of land-use patterns and economic returns from lowland agriculture. *Agriculture & Food Security* 2: 2-17.
- Agbioinvestor.** (2018). *The Challenges Facing Agriculture and the Plant Science Industry in the EU*. Retrieved from: <https://croplife.org/challenges-facing-eu-agriculture/>
- Ahnström, J., Hockert, J., Bergea, H.L. et al.** (2009). Farmers and nature conservation: What is known about attitudes, context factors and actions affecting conservation? *Renewable Agriculture and Food Systems* 24: 38-47.
- Ahnström, J., Bengtsson, J., Berg, Å. et al.** (2013). Farmers' interest in nature and its relation to biodiversity in arable fields. *International Journal of Ecology*. Article ID 617352, 9 pp. Albiac, J. (2009). Nutrient imbalances: pollution remains. *Science* 326: 665.
- Allen*, R.** (1997). Agriculture and the origins of the state in ancient Egypt. *Explorations in Economic History* 34: 135-154.
- Alon-Mozes, T.** (2009). Landscape architecture and agriculture: common seeds and diverging sprigs in Israeli practice. *Landscape Journal* 28: 166-180.
- Alon-Mozes, T.** (2011) Rural ethos and urban development: the emergence of the first Hebrew town in modern Palestine. *Planning Perspectives* 26: 283-300.
- Altieri, M.A.** (1983). Question of small farm development: who teaches whom? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 9: 401-405.
- Altieri, M.A.** (1991). How best can we use biodiversity in agroecosystems? *Outlook on Agriculture* 10: 15-23.
- Altieri, M.A.** (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder, CO.: Westview Press.
- Altieri, M.A.** (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Altieri, M.A.** (2004). Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and Environment* 2: 35-42.
- Altieri, M.A. and Nicholls, C.I.** (2000). *Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture*. Mexico City: United Nations Environment Programme.
- Altieri, M.A. and Rosset, P.** (1996) Agroecology and the conversion of large scale conventional systems to sustainable management. *International Journal of Environmental Studies* 50:165-185.
- שגיא, י.** (2003). חקלאות, סביבה, טבע ונוף – מבט לעתיד (הרצאה ביום העיון הראשון של נקודת ח"ן). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yxrul2od>
- שורק, מ. ופרבולוצקי, א.** (2016). דו"ח מצב הטבע ישראל 2016. תל אביב: המרג – התכנית הלאומית להערכת מצב הטבע.
- שחם, י. ומוטרו, י.** (ללא תאריך). הדברת מכרסמים בשטחי פלחה (דפון). הוצאת משרד החקלאות.
- שטרן, א.** (2006). נופי תרבות חקלאית בישראל (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הרביעי של נקודת ח"ן). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y5ajcwqd>
- שלוח, שחר** (2018). לא מחבקים עצים – פעילות וזהות סביבתית בעמק יזרעאל (עבודת גמר לתואר מוסמך). תל אביב: אוניברסיטת תל-אביב.
- שלם, ל., גזית, א. וספיר, י.** (2012). האם שטחים חקלאיים מתאימים להקמה ושיקום של בריכות חורף? (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון העשירי). [גם אקולוגיה וסביבה 2013, גיליון 1: 85-79]
- שמש-עדני, אושרת, פליישר, ע. וצור, י.** (2001). הערך הכלכלי של סוגי נוף חקלאי. (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הראשון). אוחר מ- <https://tinyurl.com/yxoabxau>
- שפירא, ר. וקורצמן, ד.** (2013). הפחתת שטפי חנקה למי תהום מתחת לפרדסים על סמך הדמיות דישון במודלים מכוילים. *אקולוגיה וסביבה* 1: 55-50.
- שקדי, י. ושדות, א.** (2000). מסדרונות אקולוגיים בשטחים בתוחים: כלי לשמירת טבע. ירושלים: רשות הטבע והגנים, פרסומי חטיבת המדע.
- שקדי, י., שחק, מ., קולר, ז. ואחרים** (2003). השפעת השתנות נופים חקלאיים על שמירת הטבע במערכת ים-תיכונית (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון הראשון).
- שקולניק, ט., פורמן, א., אגוזי, ר. ואשל, ג.** (2016). השפעת חיפוי פני השטח בפרדס צעיר על חידור מי גשמים לקרקע. *עלון הנוטע* 71: 48-44.
- שריג, ש., סורוקה, ויקטוריה, צעדי, א. ועמיתיהם** (2015). ניטור הזליגה של חומרי הדברה משדות חקלאיים לאזורים טבעיים שכנים; מקרה בוחן – ההשפעה על תמותת דבורים (דו"ח שהוגש לנקודת ח"ן והרצאה ביום העיון השלושה עשר). אוחר מ- <https://tinyurl.com/y3m83n4m>

- Ammann, K.** (2004). The impact of agricultural biotechnology on biodiversity, a review. Retrieved from: www.mv.helsinki.fi/home/tammisol/BiodivLyhAmmann04.pdf
- Anderson, C.R., Maughan, C. and Pimbert, M.** (2019). Transformative agroecology learning in Europe: building consciousness, skills and collective capacity for food sovereignty. *Agriculture and Human Values* 36: 531–547.
- Anderson, R.L.** (2005). A multi-tactic approach to manage weed population dynamics in crop rotations. *Agronomy Journal* 97: 1579–1583.
- Andersson, C. and Törnberg, P.** (2018). Wickedness and the anatomy of complexity. *Futures* 95: 118–138.
- Andrew, I.K.S., Storkey, J. and Sparkes, D. L. A.** (2015). Review of the potential for competitive cereal cultivars as a tool in integrated weed management. *Weed Research* 55: 239–248.
- Angelsen, A., Kaimowitz, D., Varjo, J. et al.** (2001). *Agricultural Technologies and Tropical Deforestation*. Oxon, UK: CABI Publishing.
- Aslam, F., Khaliq, A., Matloob, A. et al.** (2017). Allelopathy in agro-ecosystems: a critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. *Chemoecology* 27: 1–24.
- Asner, G.P., Elmore, A.J., Olander, L.P., Martin, R.E. and Harris, A.T.** (2004). Grazing systems, ecosystem response and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29: 261–99.
- Australian Department of Agriculture, Fisheries and Forestry.** (2015). Horticulture and the environment. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y2je929u>.
- Abate, T., van Huis, A. and Ampofo, J.K.O.** (2000). Pest management strategies in traditional agriculture: an African perspective. *Annual Review of Entomology* 45:631–659.
- Aviron, S., Nitsch, N., Jeanneret, J. et al.** (2009). Ecological cross compliance promotes farmland biodiversity in Switzerland. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 247–252.
- Badgley*, C., Moghtader, J. Quintero, E. et al.** (2007). Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22: 86–108.
- Bajwa, W. and Kogan, M.** (2002). *Compendium of IPM Definitions: What is IPM and How it is Defined in the Worldwide Literature*. Oregon State University, Corvallis: Integrated Plant Protection Center (IPPC).
- Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E. et al.** (2018). Copper distribution in European topsoils: an assessment based on LUCAS soil survey. *Science of the Total Environment* 636: 282–298.
- Balmford, A., Green, R. and Phalan, B.** (2012). What conservationists need to know about farming? *Proceedings of the Royal Society B* 279: 2714–2724.
- Balmford, A., Amano, T. Bartlett, H. et al.** (2018). The environmental costs and benefits of high yield farming. *Nature Sustainability* 1: 477–485.
- Balzan, M.V., Bocci, G., Moonen, A-C.** (2016). Utilisation of plant functional diversity in wildflower strips for the delivery of multiple agroecosystem services. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 158: 304–319.
- Barbir, J., Badenes-Pérez, F.R. and Fernández-Quintanilla, C.** (2015). Can floral field margins improve pollination and seed production in coriander *Coriandrum sativum* L (Apiaceae)? *Agriculture and Forest Entomology* 17: 302–308.
- Bardgett, R.D., Mommer, L. and De Vries, F.T.** (2014). Going underground: root traits as drivers of ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 29: 692–699.
- Bardgett, R.D. and van der Putten, W.H.** (2014a). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515: 505–511.
- Barkham, P.** (2018). EU in 'state of denial' over destructive impact of farming on wildlife. *The Guardian*, 230318. Retrieved from: <https://tinyurl.com/ycgo6ur4>
- Barkham, P.** (2019). 'Land sparing' on farms could revitalize UK bird populations, study says. *The Guardian*, 060119. Retrieved from: <https://tinyurl.com/ycosaruu>
- Barrios, E.** (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics* 64: 269–285.
- Batáry, P., Matthiesen, T. and Tscharrntke, T.** (2010). Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. *Biological Conservation* 143: 2020–2027.
- Batáry, P., Dicks, L.V., Kleijn, D. et al.** (2015). The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology* 29: 1006–1016.
- Batie, S.S.** (2008) Wicked problems and applied economics. *American Journal of Agricultural Economics* 90: 1176–1191.
- Baulcombe, D., Crute, I., Davies, et al.** (2009). *Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture*. Report. The Royal Society of London. 72 pp. Retrieved from: <https://tinyurl.com/zo6vwmg>.
- Baumgart-Getz*, A., Stalker Prokopy, L. and Floress, K.** (2012). Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature. *Journal of Environmental Management* 96: 17–25.
- Becker, O.** (13.03.19). Towards a paradigm shift in crop protection against plant-parasitic nematodes. A lecture in a conference on "control of soil-borne disease and nematodes" held at the Volcani Center.
- Ben-Yakir, D., Hadar, M.D., Offir, Y. et al.** (2008). Protecting Crops from Pests Using OptiNet® Screens and ChromatiNet® Shading Nets. *Acta Horticulturae* 770: 205–212.
- Ben-Yakir, D., Antignus, Y., Offir, Y. et al.** (2012). Colored shading nets impede insect invasion and decrease the incidences of insect-transmitted viral diseases in vegetable crops. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 144: 249–257.

- Bender, S.F., Wagg, C. and van der Heijden, M.G.A.** (2016). An underground revolution: biodiversity and soil ecology engineering for agricultural sustainability. *Trends in Ecology and Evolution* 31: 440-452.
- Bender, S.F., Wagg, C. and van der Heijden, M.G.A.** (2017). Strategies for environmentally sound soil ecological engineering: A reply to Machado et al. *Trends in Ecology & Evolution* 32: 10-12.
- Bengtsson, J., Ahnstrom, J. and Weibull, A.-C.** (2005). The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Benton, T.G., Bryant, D.M., Cole, L. et al.** (2002). Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39: 673-687.
- Benton, T.G., Vickery, J.A. and Wilson, J.D.** (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology and Evolution* 18: 182-188.
- Berman, T., Göen, T., Novack, L. et al.** (2016). Urinary concentrations of organophosphate and carbamate pesticides in residents of a vegetarian community. *Environment International* 96: 34-40.
- Berkhout, P.** (21.06.17). Dutch agri-environmental measures. ENPARD workshop, Bet Dagan.
- Bertholdsson, N-O** (2004). Variation in allelopathic activity over 100 years of barley selection and breeding. *Weed Research* 44: 78-86.
- Bertholdsson, N-O** (2005). Early vigour and allelopathy – two useful traits for enhanced barley and wheat competitiveness against weeds. *Weed Research* 45: 94-102.
- Bhagwat, S.A., Willis, K.J., Birks, J.B. et al.** (2008). Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution* 23: 261-267.
- Bhowmik, P.C. and Inderjit, S.** (2003). Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop Protection* 22: 661-671.
- Bianchi*, F.J.J.A., Booij, C.J.H. and Tschardtke, T.** (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 273: 1715-1727.
- Signal, E.M. and McCracken, D.I.** (2000). The nature conservation value of European traditional farming systems. *Environmental Reviews* 8: 149-171.
- Blackman, A. and Rivera, J.** (2011). Producer-level benefits of sustainability certification. *Conservation Biology* 26: 1-10.
- Blavet, D., De Noni, G. and Le Bissonnais, Y.** (2009). Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards. *Soil & Tillage Research* 106: 124-136.
- Blignaut, J.** (2016). Conservation agriculture: The meeting place of restoration and food security. An invited lecture presented at the 16th Nekudat Chen annual meeting.
- Blignaut, J.N. and Aronson, J.** (Forthcoming). Developing a restoration narrative: a pathway towards system-wide healing and a restorative culture. *Ecological Economics*.
- Boesing*, A.L., Nichols, E. and Metzger, J.P.** (2017). Effects of landscape structure on avian-mediated insect pest control services: a review. *Landscape Ecology* 32: 931-944.
- Böhn, T. and Lövei, G.L.** (2017). Complex outcomes from insect and weed control with transgenic plants: ecological surprises? *Frontiers in Environmental Science* 5: 60-68.
- Bommarco, R., Kleijn, D. and Potts, S.G.** (2013). Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 230-238.
- Bononomi, G., Antignani, V., Pane, C. et al.** (2007). Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology* 89: 311-324.
- Bonfil, D.J., Mufradi, I., Klitman, S. et al.** (1999). Wheat grain yield and soil profile water distribution in a no-till arid environment. *Agronomy Journal* 91: 368-373.
- Borlaug, N. E.** (2000). Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry. *Plant Physiology* 124: 487-490.
- Bosemark, N.O.** (1993). The need for a comprehensive plant breeding strategy. In: M. D. Hayward, N. O. Bosemark, I. Romagosa (eds.) *Plant Breeding: Principles and prospects*. London: Chapman & Hall.
- Bourguet, D., Desquilbet, M. and Lemarie, S.** (2005). Regulating insect resistance management: the case of non-*Bt* corn refuge in the US. *Journal of Environmental Management* 76: 210-220.
- Boydston, R.A. and Williams, M.M.II.** (2015). Sweet corn hybrid tolerance to weed competition under three weed management levels. *Renewable Agriculture and Food Systems* 31: 281-287.
- Boyles, J.G., Cryan, P.M. and McCracken, G.F. et al.** (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332: 41-42.
- Bray, J.G. and Neilson, J.** (2017). Reviewing the impacts of coffee certification programmes on smallholder livelihoods, International Journal of Biodiversity Science. *Ecosystem Services & Management* 13: 216-232.
- Brennan, E.B.** (2013). Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids. *Biological Control* 65: 302-311.
- Bridges, D.C.** (1994). Impact of weeds on human endeavors. *Weed Technology* 8: 392-395.
- Brussaard, L., de Ruiter, P.C. and Brown, G.G.** (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 233-244.

- Buhler, D.D.** (1999). Weed population responses to weed control practices. I. seed bank, weed populations, and crop yields. *Weed Science* 47: 416-422.
- Buhler, D.D., Liebman, M. and Obrycki, J.J.** (2000). Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science* 48: 274-280.
- Bullock, J.** (2013). Managing and Restoring Biodiversity and Ecosystem Services in Agricultural Landscapes. An invited lecture presented at the 11th Nekudat Chen annual conference.
- Burkle, L.A., Delphia, C.M. and O'Neill, K.M.** (2017). A dual role for farmlands: food security and pollinator conservation. *Journal of Ecology* 105: 890-899.
- Burney, J.A., Davis, S.J. and Lobell, D.B.** (2010). Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *PNAS* 107: 12052-12057.
- Burton, R.J.F., Kuczera, C. and Schwarz, G.** (2008). Exploring farmers' cultural resistance to voluntary agri-environmental schemes. *Sociologia Ruralis* 48: 16-37.
- Byerlee, D.** (1996). Modern varieties, productivity, and sustainability: recent experience and emerging challenges. *World Development* 24: 697-718.
- Campbell, A., J., Wilby, A., Sutton, P. et al.** (2017). Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 239: 20-29.
- Cardinale, B.J., Harvey, C.T., Gross, K. et al.** (2003). Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecology Letters* 6: 857-865.
- Carpenter, S.R., Caraco, N. F., Correll, D. L. et al.** (1998). Nonpoint pollution of surface water with phosphorous and nitrogen. *Ecological Applications* 8: 559-568.
- Carrington, D.** (31.01.18). Stripes of wildflowers across farm fields could cut pesticide spraying. *The Guardian*. Retrieved from: <https://tinyurl.com/ycndbqq8>.
- Carrington, D.** (27.04.18). EU agrees total ban on bee-harming pesticides. *The Guardian*. Retrieved from: <https://tinyurl.com/ybrhge3b>.
- Carroll, C.R., Vandermeer, J.H. and Rosset, P.M.** (1990). *Agroecology*. New York: McGraw-Hill.
- Carson, R.L.**, 1964. *Silent Spring*. Boston, USA: Houghton Mifflin Company.
- Carvalho, L.G., Seymour, C.L., Nicolson, S.W. et al.** (2012). Creating patches of native flowers facilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. *Journal of Applied Ecology* 49: 1373-1383.
- Casida, J.E. and Bryant, R.J.** (2017). The ABCs of pesticide toxicology: amounts, biology, and chemistry. *Toxicology Research* 6: 755-763.
- Cassman, K.G.** (1999). Ecological intensification of cereal production systems: yield potential, soil quality, and precision agriculture. *PNAS* 96: 5952-5959.
- Cassman, K.G., Dobermann, A. and Walters, D.T.** (2002). Agroecosystems, nitrogen-use efficiency and nitrogen management. *Ambio* 31: 132-140.
- Cavagnaro, T.R., Bender, S.F., Asghari, H.R. et al.** (2015). The role of arbuscular mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. *Trends in Plant Science* 20: 283-290.
- Celette, F., Gaudin, R. and Gary, C.** (2008). Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy* 29: 153-162.
- Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E.A. et al.** (2015). Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. *Environmental Science and Pollution Research* 22: 119-134.
- Chalak, A., Irani, A., Chaaban, J. et al.** (2017). Farmers' willingness to adopt conservation agriculture: New evidence from Lebanon. *Environmental Management* 60: 693-704.
- Challinor, A.J., Koehler, A.K., Ramirez-Villegas, J. et al.** (2016). Current warming will reduce yields unless maize breeding and seed systems adapt immediately. *Nature Climate Change* 6: 954-958.
- Chamberlain, D.E., Fuller, R.J., Bunce, R.G.H. et al.** (2000). Changes in the abundance of farmland birds in relation to the timing of agricultural intensification in England and Wales. *Journal of Applied Ecology* 37: 771-788.
- Chapin-Kramer*, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J. et al.** (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14: 922-932.
- Chaparro, J.M., Sheflin, A.M., Manter, D.K. et al.** (2012). Manipulating the soil microbiome to increase soil health and plant fertility. *Biology and Fertility of Soils* 48: 489-499.
- Cheke, R.A.** (2018). New pests for old GMOs bring on substitute pests. *PNAS* 115: 8239-8240.
- Chellemi, D.O., Wu, T., Graham, J.H. et al.** (2012). Biological impact of divergent land management practices on tomato crop health. *Phytopathology* 102: 597-608.
- Chellemi, D. O., Gamliel, A., Katan, J., et al.** (2016). Development and deployment of systems-based approaches for the management of soilborne plant pathogens. *Phytopathology* 106: 216-225.
- Chiatante, G. and Meriggi, A.** (2016). The importance of rotational crops for biodiversity conservation in Mediterranean areas. *PLoS ONE* 11: e0149323.
- Claassen, R., Cattaneo, A. and Johansson, R.** (2008). Cost-effective design of agri-environmental payment programs: U.S. experience in theory and practice. *Ecological Economics* 65: 737-752.

- Cleveland, D.A.** (2013) Agroecology. In: D. Gibson (ed.). *Oxford Bibliographies Online: Ecology*. New York: Oxford University Press. Retrieved from: <https://www.oxfordbibliographies.com/page/161>
- Cock, M. J.W., Murphy, S.T., Kairo, M.T.K. et al.** (2016). Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCAT database. *BioControl* 61: 349-363.
- Cohen, Y.** (2017). The trophic niche of synanthropic insectivorous bats (*Pipistrellus kuhlii*) and their potential contribution to arthropod pest suppression. Master Thesis. Be'er Sheva: Ben Gurion University.
- Coll, M. and Wajnberg, E.** (2017). Environmental pest management: A call to shift from a pest-centric to a system-centric approach. In: Coll, M. and Wajnberg, E. (eds.), *Environmental Pest Management: Challenges for Agronomists, Ecologists, Economists and Policymakers*. Chichester, UK: John Wiley and Sons.
- Coll, M., Shakya, S., Shouster, I. et al.** (2007). Decision-making tools for *Frankliniella occidentalis* management in strawberry: consideration of target markets. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 122: 59-67.
- Collier, T. and Van Steenwyk, R.** (2004). A critical evaluation of augmentative biological control. *Biological Control* 31: 245-256.
- Comins, J.S., Sendra, J.B. and Sanz, F.M.** (1993). Crisis and permanence of the traditional Mediterranean landscape in the central region of Spain. *Landscape and Urban Planning* 23: 155-166.
- Connolly, J., Goma, H.C. and Rahim, K.** (2001). The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87: 191-207.
- Connor, D. J., Loomis, R. S. and Cassman, K. G.** (2011). *Crop ecology: Productivity and management in agricultural systems*. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press [first edition: 1992].
- Conway*, G.R.** (1987). The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Cook, S.M., Khan, Z.R. and Pickett, J.A.** (2007). The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology* 52: 375-400.
- Corbeels, M., de Graaff, J., Hycenth Ndah, T. et al.** (2014). Understanding the impact and adoption of conservation agriculture in Africa: A multi-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 187: 155-170.
- Cox, G.W. and Atkins, M.D.** (1979). *Agricultural Ecology: An Analysis of World Food Production Systems*. San Francisco: Freeman.
- Creamer, R.E., Hannula, S.E., Van Leeuwen, J.P. et al.** (2015). Ecological network analysis reveals the inter-connection between soil biodiversity and ecosystem function as affected by land use across Europe. *Applied Soil Ecology* 97: 112-124.
- Cytryn, E., Dror, B. and Kolton, M.** (2019). Tapping into the root microbiome. *Volcani Voice* 6: 5-8.
- Dahan, O., Babad, A., Lazarovitch, N. et al.** (2014). Nitrate leaching from intensive organic farms to groundwater. *Hydrology and Earth Systems Sciences* 18: 333-341.
- Daily*, G. C. and P. R. Ehrlich** (1992). Population, sustainability, and Earth's carrying capacity. *BioScience* 42: 761-771.
- Daily, G.** (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington DC: Island Press.
- Daily, G.** (2001). Ecological forecasts. *Nature* 411: 245.
- Dalgaard, T., Hutchings, N.J. and Porter, J.R.** (2003). Agroecology, scaling and interdisciplinarity. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 100: 39-51.
- Dangour, A.D., Doodia, S.K., Hayter, A. et al.** (2009). Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition* 90: 680-685.
- Darnhofer, I., Schneeberger, W. and Freyer, B.** (2005). Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. *Agriculture and human values* 22: 39-52.
- Darnhofer*, I., Bellon, S., Dedieu, B. et al.** (2010). Adaptiveness to enhance the sustainability of farming systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 545-555.
- Dauvergne, P. and Lister, J.** (2012). Big brand sustainability: governance prospects and environmental limits. *Global Environmental Change* 22: 36-45.
- Davoren, M.J. and Schiestl, R.H.** (2018). Glyphosate-based herbicides and cancer risk: a post-IARC decision review of potential mechanisms' policy and avenues of research. *Carcinogenesis* 39: 1207-1215.
- Davis, A.S., Hill, J.D., Chase, C.A. et al.** (2012) Increasing cropping system diversity balances productivity, profitability and environmental health. *PLoS ONE* 7: e47149.
- de Albuquerque*, M., Santos, R., Lima, L. et al.** (2011). Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 31: 379-395.
- De Boo, M.** (2017). Mixed cropping works better. *Wageningen World* 2: 34-39.
- DeBach, P. and Rosen, D.** (1991). *Biological Control of Natural Enemies*. Cambridge: Cambridge University Press.
- de la Peña, N.M., Butet, A., Delettre, Y. et al.** (2003). Landscape context and carabid beetles (*Coleoptera: Carabidae*) communities of hedgerows in western France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94: 59-72.
- De Clerrq, P., Mason, P.G. and Babendreier, D.** (2011). Benefits and risks of exotic biological control agents. *BioControl* 56: 681-698.
- de Snoo, G.R., Herzon, I., Staats, H. et al.** (2013). Toward effective nature conservation on farmland: making farmers matter. *Conservation Letters* 6: 66-72.

- DeFries, R.S., Foley, J.A. and Asner, G.A.** (2004). Land-use choices: balancing human needs and ecosystem function. *Frontiers in Ecology and Environment* 2: 249-257.
- Deuguine*, J.-P., Ferron, P. and Russell, D.** (2008). Sustainable pest management for cotton production. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 113-137.
- DeLonge, M.S., Miles, A. and Carlisle, L.** (2016). Investing in the transition to sustainable agriculture. *Environmental Science Policy* 55: 266-273.
- Delmas, Y. and Barriere, K.** (2017). Practical experience of participating in the French programme for pesticide reductions. A lecture presented at the ENPARD workshop, Bet Dagan, Israel (21.617).
- DeLuca, T.H.** (2009). Nutrient imbalances: follow the waste. *Science* 326: 665.
- D'Emden, F. H. and Llewellyn, R. S.** (2006). No-tillage adoption decisions in southern Australian cropping and the role of weed management. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 563-569.
- Denoth, M., Frid, L. and Myers, J.H.** (2002). Multiple agents in biological control: improving the odds? *Biological Control* 24: 20-30.
- Denys, C. and Tscharrntke, T.** (2002). Plant-insect communities and predator-prey in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia* 130: 315-324.
- Derpsch, R.** (2004). History of crop production, with and without tillage. *Leading Edge* 3: 150-154.
- Despommier D.** (2011). The vertical farm: controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit* 6: 233-236. Retrieved from <http://doi.org/10.1007/s00003-010-0654-3>.
- Di Falco, S. and Perrings, C.** (2005). Crop biodiversity, risk management and the implications of agricultural assistance. *Ecological Economics* 55: 459-466.
- Diamond*, J.** (2002). Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418: 700-707.
- Diamond, J.** (2015). *Collapse: How societies choose to fail or succeed*. New York: Viking Press.
- Dively, G.P., Venugopal, P.D., Bean, D. et al.** (2018). Regional pest suppression associated with widespread Bt maize adoption benefits vegetable growers. *PNAS* 115: 3320-3325.
- Dobbs, T.L. and Pretty, J.** (2007). Case study of agri-environmental payments: The United Kingdom. *Ecological Economics* 65: 765-775.
- Donald, P.F., Green, R.E. and Heath, M.F.** (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society of London, Biological Science* B 268: 25-29.
- Donald, P.F.** (2004). Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology* 18: 17-38.
- Donley, N.** (2019). The USA lags behind other agricultural nations in banning harmful pesticides. *Environmental Health* 18: 44-56.
- Drinkwater, L.E., Letourneau, D.K., Workneh, F. et al.** (1995). Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Application* 5: 1098-1112.
- Drinkwater, L.E. and Snapp, S.S.** (2007). Nutrients in agroecosystems: rethinking the management paradigm. *Advances in Agronomy* 92: 163-186.
- Duelli, P. and Obrist, M.K.** (2003). Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands. *Basic and Applied Ecology* 4: 129-138.
- Duke, S.O., F.E. Dayan, Rimando, A.M. et al.** (2002). Chemicals from nature for weed management. *Weed Science* 50: 138-151.
- Dury*, J., Schaller, N., Garcia, F. et al.** (2011). Models to support cropping plan and crop rotation decision. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 32: 567-580.
- Duso, C., Malagnini, V., Paganelli, A. et al.** (2004). Pollen availability and abundance of predatory phytoseid mites on natural and secondary hedgerows. *BioControl* 49: 397-415.
- Dyer, L.E. and Landis, D.A.** (1996). Effects of habitat, temperature, and sugar availability on longevity of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Environmental Entomology* 25: 1192-1201.
- Eadie, A.G., Swanton, C.J., Shaw, J.E. et al.** (1992). Banded herbicide applications and cultivation in a modified no-till corn (*Zea mays*) system. *Weed Technology* 6: 535- 542.
- Eanes, F.R., Singh, A.S., Bulla, B.R. et al.** (2017) Midwestern US farmers perceive crop advisers as conduits of information on agricultural conservation practices. *Environmental Management* 60: 974-988.
- Earth Policy Institute** (2012). Eco-economy indicators, grain harvest. Retrieved from: <http://www.earth-policy.org/indicators/C54>
- Edwards, D.P., Hodgson, J.A., Hamer, K.C. et al.** (2010). Wildlife-friendly oil palm plantation fail to protect biodiversity effectively. *Conservation Letters* 3: 236-242.
- EEA**, 2004. *High Nature Value Farmland: Characteristics, Trends and Policy Challenges*. Copenhagen: European Environment Agency.
- Ehrlich, P.R and Harte, J.** (2015a). Opinion: To feed the world in 2050 will require a global revolution. *PNAS* 112: 14743-14744.
- Ehrlich, P.R and Harte, J.** (2015b). Food security requires a new revolution. *International Journal Environmental Studies* 72: 908-920.
- Elad, Y.** (2000). Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection* 19: 709-714.

- Elad, Y., Rav David, D. and Meller Harel, Y.** (2010). Induction of systemic resistance in plants by Biochar, a soil-applied carbon sequestering agent. *Phytopathology* 100: 913-921.
- Elad*, Y., Cytryn, E., Meller, H. et al.** (2011). The biochar effect: plant resistance to biotic stresses. *Phytopathologia Mediterranea* 50: 335-349.
- Elliott, J. and Andrews Tipper, W.** (2018). *Protecting standards in UK food and farming through Brexit*. London: Green Alliance.
- ENPARD Seminar** (2017). Agricultural Policy and Practices to Promote Sustainable Agricultural Production. A workshop document. Bet Dagan, 20-22 June 2017. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y4eprb22>
- Enserink, M., Hines, P.J., Vignieri, S.N. et al.** (2013). The pesticide paradox. *Science* 341: 729-731. Retrieved from: www.sciencemag.org/special/pesticides
- Erisman, J.W., Sutton, M.A., Galloway, J. et al.** (2008). How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1: 636-639.
- Eshel, G., Lifschitz, D., Bonfil, D.J. et al.** (2014). Carbon exchange in rainfed wheat fields: Effects of long-term tillage and fertilization under arid conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 195: 112-119.
- Eshel, G., Egozi, R., Goldwasser, Y. et al.** (2015). Benefits of growing potatoes under cover crops in a Mediterranean climate. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 211: 1-9.
- Estrada, A. and Coates-Estrada, R.** (1997). Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 6: 19-43.
- Evans, E.W.** (2016). Biodiversity, ecosystem functioning, and classical biological control. *Applied Entomology and Zoology* 51: 173-184.
- Evenson, R.E. and Gollin, D.** (2003). Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300: 758-763.
- Ewers, R.M., Scharlemann, J.P.W., Balmford, A. and Green, R.E.** (2009). Do increases in agricultural yield spare land for nature? *Global Change Biology* 15: 1716-1726.
- Fageria, N.K. and Baligar, V.C.** (2005). Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Advances in Agronomy* 88: 97-185.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L. et al.** (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14: 101-112.
- Fallik, E.** (13.03.19). How watermelon fruit quality can be affected by grafting? A lecture in a conference on "control of soil-borne disease and nematodes" held at the Volcani Center.
- FAO** (2005). *Statistical Yearbook of the Food and Agriculture Organization for the United Nations*. Rome. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i3107e.pdf>
- FAO** (2006). Conservation agriculture website. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y58mwqox>
- FAO** (2009). *How to Feed the World in 2050*. Retrieved from: <https://tinyurl.com/5ranufw>
- FAO** (2011). *Save and Grow, a policymaker's guide to sustainable intensification of smallholder crop production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/a-i2215e.pdf>
- FAO** (2014). What is Conservation Agriculture? FAO CA website. Retrieved from: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html>
- FAO** (2018). Transforming food and agriculture to achieve the sustainable development goals: 20 interconnected actions to guide decision-makers. Retrieved from: <http://www.fao.org/3/I9900EN/i9900en.pdf>
- Farwig, N., Bailey, D., Bochud, E. et al.** (2009). Isolation from forest reduces pollination, seed predation and insect scavenging in Swiss farmland. *Landscape Ecology* 24: 919-927.
- Fenner, K., Canonica, S., Wackett, L.P. and Elsner, M.** (2013). Evaluating pesticide degradation in the environment: Blind spots and emerging opportunities. *Science* 341: 752-758.
- Firbank, L.G., Snart, S.M., Crabb, J. et al.** (2003). Agronomic and ecological costs and benefits of set-aside in England. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 73-85.
- Firbank, L.G.** (2005). Striking a new balance between agricultural production and biodiversity. *Annals of Applied Biology* 146: 163-175.
- Fischer, J., Brosi, B., Daily, G.C., et al.** (2008). Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming? *Frontiers in Ecology and Environment* 6: 380-385.
- Fischer, J., Batary, P., Bawa, K.S. et al.** (2011). Conservation: Limits of land sparing. *Science* 334: 593-594.
- Fischer, J., Abson, D.J., Van Butsic, M. et al.** (2014). Land sparing versus land sharing: moving forward. *Ecology Letters* 7: 149-157.
- Fitzpatrick, C.R., Copeland, J., Wang, P.W. et al.** (2018). Assembly and ecological function of the root microbiome across angiosperm plant species. *PNAS* 115: E1157-E1165.
- Fitter, A. H., Gilligan, C. A., Hollingworth, K.** (2005). Biodiversity and ecosystem function in soil. *Functional Ecology* 19: 369-377.
- Flynn, D.F.B., Gogol-Prokurat, M., Nogeire, T. et al.** (2009). Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology Letters* 12: 22-33.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P. et al.** (2005). Global consequences of land use. *Science* 309: 570-574.
- Foley, J.A.** (2011). Can we feed the world and sustain the planet. *Scientific American* 305: 84-89.

- Fox, T.B., Landis, D.A., Cardoso, F.F. et al.** (2004). Predators suppress *Aphis glycines* Matsumura population growth in soybean. *Environmental Entomology* 33: 608-618.
- Francis*, C., Lieblein, G., Gliessman, S. et al.** (2003). Agroecology: the ecology of food systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22: 99-118.
- Fravel, D.R.** (2005). Commercialization and implementation of biocontrol. *Annual Review of Phytopathology* 43: 337-59.
- Fresco, L.O.** (2008). Agriculture as a producer of public goods - how to define and reward the different roles of agriculture from production to conservation. An invited lecture presented at the 6th Nekudat Chen annual conference. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y5e3p8vv>
- Fuller, R.J., Hinsley, S.A. and Swetnam, R.D.** (2004). The relevance of non-farmland habitats, uncropped areas and habitat diversity to the conservation of farmland birds. *Ibis* 146: 22-31.
- Gabriel, D., Sait, S.M., Hodgson, J.A. et al.** (2010). Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecology Letters* 13: 858-869.
- Gagic, V., Kleijn, D., Baldi, A. et al.** (2017). Combined effects of agrochemicals and ecosystem services on crop yield across Europe. *Ecology Letters* 20: 1427-1436.
- Gagic, V., Paull, C. and Schellhorn, N.A.** (2018). Ecosystem services of biological pest control in Australia: the role of non-crop habitats within landscapes. *Austral Entomology* 57: 194-206.
- Galloway, J.N., Townsend, A.R., Erisman, J.W. et al.** (2008). Transformation of the Nitrogen cycle: Recent trends, questions, and potential solutions. *Science* 320: 889-892.
- Gamliel, A. and van Bruggen, A.H.C.** (2016). Maintaining soil health for crop production in organic greenhouses. *Scientia Horticulturae* 208: 120-130.
- Garcia-Orenes, F., Cerda, A., Mataix-Solera, J. et al.** (2009). Effects of agricultural management on surface soil properties and soil-water losses in eastern Spain. *Soil & Tillage Research* 106: 117-123.
- Garcia-Orenes, F., Guerrero, C., Roldan, A. et al.** (2010). Soil microbial biomass and activity under different agricultural management systems in a semiarid Mediterranean agroecosystem. *Soil & Tillage Research* 109: 110-115.
- Garibaldi*, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R. et al.** (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honeybee abundance. *Science* 339: 1608-1611.
- Geldmann, J. and González-Varo, J.P.** (2018). Conserving honeybees does not help wildlife. *Science* 359: 392-393.
- Gianessi, L. P.** (1991). Reducing pesticide use with no loss in yields? A critique of a recent Cornell Report. Washington, DC: Resources for the Future Discussion Paper QE91-16.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M-A. et al.** (2010). Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20: 519-530.
- Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F. et al.** (2010). Tropical forests were the primary source of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *PNAS* 107: 16732-16737.
- Gibson, D.J., Young, B.G. and Wood, A.J.** (2017). Can weeds enhance profitability? Integrating ecological concepts to address crop-weed competition and yield quality. *Journal of Ecology* 105: 900-904.
- Gilbert, N.** (2009). The disappearing nutrient. *Nature* 461: 716-718.
- Gingery, T.M., Diefenbach, D.R., Wallingford, B.D. et al.** (2018). Landscape-level patterns in fawn survival across North America. *Journal of Wildlife Management* 82: 1003-1013.
- Glausiusz, J.** (2018). Owls for Peace: how conservation science is reaching across borders in the Middle East. *Nature* 554: 22-23.
- Gliessman, S.R.** (1990). *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Ecological Studies Series No. 78. New York: Springer.
- Gliessman, S.R.** (2007, 2015). *Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems*. New York: CRC Press, Taylor & Francis. 3rd Edition. Global Gap (2015) "Fruit and Vegetables". Retrieved from: <http://www2.globalgap.org/fruit/publications.html>
- Godfray, H.C.J. et al.** (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* 327: 812-818.
- Gomez, J.A., Gema Guzman, M. and Giraldez, J.V.** (2009). The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research* 106: 137-144.
- Gomiero, T., Pimentel, D. and Paoletti, M.G.** (2011). Environmental Impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 95-124.
- Gosling, P., Hodge, A., Goodlass, G. and Bending, G.D.** (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113: 17-35.
- Gould, F., Brown, S. and Kuzma, J.** (2018). Wicked evolution: Can we address the sociobiological dilemma of pesticide resistance? *Science* 360: 728-732.
- Govers, G.** (01.06.16). Conservation agriculture: from an end on itself to a means for a sustainable European agriculture. A lecture presented at the International Conference on Conservation Agriculture (Budapest, Hungary).
- Grau, H.R., Aide, T.M., Zimmerman, J.K., et al..** (2003). The Ecological consequences of socioeconomic and land-use changes in post agriculture Puerto Rico. *BioScience* 53: 1159-1168.
- Green, R.E., Cornell, S.J., Scharlemann, J.P.W. and Balmford, A.** (2005). Farming and the fate of wild nature. *Science* 307: 550-555.

- Greenaway, T.** (2017). Where corn is king, the stirrings of a renaissance in small grains. *Yale Environment* 360. Retrieved from: <https://tinyurl.com/yjyvw8hf>
- Greenleaf, S.S. and Kremen, C.** (2006). Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *PNAS* 103: 13890-13895.
- Grube, A., Donaldson, D., Kiely, T. et al.** (2011). *Pesticides Industry Sales and Usage 2006 and 2007 Market Estimates*. Washington, DC: EPA.
- Guerra*, B. and Steenwerth, K.** (2012). Influence of floor management technique on grapevine growth, disease pressure, and juice and wine composition: A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 63: 149-164.
- Guiry, E., Beglane, F., Szpak, P. et al.** (2018). Anthropogenic changes to the Holocene nitrogen cycle in Ireland. *Science Advances* 4, eaas9383.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D. and Luna, J.M.** (2003). Multi-function agricultural biodiversity: pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* 4: 107-116.
- Gurr, G.M., Wratten, S.D., Landis, D.A. et al.** (2017). Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects. *Annual Review of Entomology* 62: 91-109.
- Gurr, G.M., Lu, Z., Zheng, X et al.** (2016). Multi-country evidence that crop diversification promotes ecological intensification of agriculture. *Nature Plants* 2, Article number: 16014.
- Gustin, G., Banerjee, N. and Cushman Jr., J.H.** (24.11.18). How the Farm Bureau's climate agenda is failing its farmers. *InsideClimate News*. Retrieved from: <https://tinyurl.com/yd9rgzbt>.
- Guthman, J.** (2000). Raising organic: an agro-ecological assessment of grower practices in California. *Agriculture and Human Values* 17: 257-266.
- Haaland*, C., Naisbit, R.E. and Bersier, L-F.** (2011). Sown wildflower strips for insect conservation: a review. *Insect Conservation and Diversity* 4: 60-80.
- Hadas, A., Kautsky, L., Goek, M. et al.** (2004). Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 255-266.
- Haenke, S., Scheid, B. and Schaefer, M.** (2009). Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46: 1106-1114.
- Halewood, M., Chiurugwi, T. and Hamilton, R.** (2018). Plant genetic resources for food and agriculture: opportunities and challenges emerging from the science and information technology revolution. *New Phytologist* 217: 1407-1419.
- Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E. et al.** (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PlosOne* 12(10): e0185809.
- Hamza, M.A. and W.K. Anderson** (2005). Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil & Tillage Research* 82: 121-145.
- Hajek, A.E., Hurlley, B.P., Kenis, M. et al.** (2016). Exotic biological control agents: A solution or contribution to arthropod invasions? *Biological Invasions* 18: 953-969.
- Hasan, S. and Ayres, P.G.** (1990). The control of weeds through fungi principles and prospects. *New Phytologist* 115: 201-222.
- Hass, A.L., Kormann, U.G. and Tschardtke, T.** (2018) Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society Series B* 285: 20172242.
- Haynes, K.J., Dilleuth, F.P., Anderson, B.J. et al.** (2007). Landscape context outweighs local habitat quality in its effects on herbivore dispersal and distribution. *Oecologia* 151: 431-441.
- Heap I.** (2014) Herbicide resistant weeds. In: Pimentel D. and Peshin R. (eds) *Integrated Pest Management*. Dordrecht: Springer.
- Hecht, S.B.** (1995). The evolution of agroecological thought. In: Altieri, M.A. (ed.) *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder, CO: Westview Press.
- Heimlich, R. and Claassen, R.** (1986). Agricultural conservation policy at a crossroad. *Agricultural and Resource Economics Review* 27: 95-107.
- Henle*, K., Alard, D., Clitherow, J. et al.** (2008). Identifying and managing the conflicts between agriculture and biodiversity conservation in Europe – A review. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 124: 60-71.
- Hermans, F., Favilli, E. Home, R. et al.** (2013). WP4 Analytical Characteristics Report: Perspectives of Sustainable Agriculture. The SOLINSA (Support of Learning Innovation Networks for Sustainable Agriculture) Project Deliverable N°4.2c. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y59zzkpm/>.
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J-L. et al.** (2014). Towards a more sustainable fertilization: Combined use of compost and inorganic fertilization for tomato cultivation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 196: 178-184.
- Herzog, F., Dreier, S., Hofer, G. et al** (2005). Effect of ecological compensation areas on floristic and breeding bird diversity in Swiss agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108: 189-204.
- Herzog, F.** (2009). Agri-environmental policies and measures in Europe. An invited lecture presented at the 7th Nekudat Chen annual conference. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y674sgvp>.
- Herzon, I. and Mikk, M.** (2007). Farmers' perceptions of biodiversity and their willingness to enhance it through agri-environment schemes: a comparative study from Estonia and Finland. *Journal for Nature Conservation* 15: 10-25.

- Hill, S.** (1985). Redesigning the food system for sustainability. *Alternatives* 12: 32-36.
- Hill, S.B.** (2004). Redesigning pest management: A social ecology approach. *Journal of Crop Improvement* 12: 491-510.
- Hill, S.B. and MacRae, R.J.** (1996). Conceptual framework for the transition from conventional to sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture* 7: 81-87.
- Hiron, M., Berg, A. and Eggers, S.** (2015). The relationship of bird diversity to crop and non-crop heterogeneity in agricultural landscapes. *Landscape Ecology* 30: 2001-2013.
- Hobbs, P.R.** (2007). Conservation agriculture: what is it and why is it important for future sustainable food production? *The Journal of Agricultural Science* 145: 127-137.
- Hobbs, P.R., Sayre, K. and Gupta, R.** (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transaction of the Royal Society Series B* 363: 543-555.
- Hoitink, H.A.J., Stone, A.G. and Han, D.Y.** (1997). Suppression of plant diseases by compost. *HortScience* 32: 184-187.
- Hole*, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D. et al.** (2005). Does organic farming benefits biodiversity? *Biological Conservation* 122: 113-130.
- Holland*, J.M.** (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103: 1-25.
- Holland, J.M., Thomas, C.F.G., Birkett, T. et al.** (2005). Farm-scale spatiotemporal dynamics of predatory beetles in arable crops. *Journal of Applied Ecology* 42: 1140-1152.
- Hollander, N.G., den Bastiaans, L. and Kropff, M.J.** (2007). Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species *European Journal of Agronomy* 26: 92-103.
- Holt, A.R., Alix, A., Thompson, A. et al.** (2016). Food production, ecosystem services and biodiversity: We can't have it all everywhere. *Science of the Total Environment* 573: 1422-1429.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D. et al.** (2007). Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* 44: 41-49.
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I. and Tschardtke, T.** (2009). Grass strip corridors in agricultural landscapes enhance nest-site colonization by solitary wasps. *Ecological Applications* 19: 123-132.
- Home, R., Balmer, O., Jahrl, I. et al.** (2014). Motivations for implementation of ecological compensation areas on Swiss lowland farmers. *Journal of Rural Studies* 34: 26-36.
- Hooftman, D.A.P. and Bullock, J.M.** (2012) Mapping to inform conservation: a case study of changes in semi-natural habitats and their connectivity over 70 years. *Biological Conservation* 145: 30-38.
- Horticulture Innovation Australia Limited** (2014). Horticulture natural resource management strategy. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y3bgyxvn>.
- Houghton, R.A.** (1994). The worldwide extent of land-use change. *BioScience* 44: 305-313.
- Howard, A.** (1940). *An Agricultural Testament*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Huggins, D.R. and Reganold, J.P.** (2008). No-till: the quiet revolution. *Scientific American* 299: 70-77.
- ISAAA – The International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications** (2015). Annual Report 20th Anniversary (1996 to 2015) of the Global Commercialization of Biotech Crops and Biotech Crop Highlights in 2015. Retrieved from: <https://isaaa.org/resources/publications/briefs/51/default.asp>
- Isaac, E., Isakson, S.R., Dale, B. et al.** (2018). Agroecology in Canada: Towards an integration of agroecological practice, movement, and science. *Sustainability* 10: 3299.
- Isman, M.B.** (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology* 51: 45-66.
- Jacas, J-A., Urbaneja, A. and Vinuela, E.** (2006). History and future of introduction of exotic arthropod biological control agents in Spain: a dilemma? *BioControl* 51: 1-30.
- Jackson, L.E., Ramirez, I., Yokota, R., et al.** (2004) On-farm assessment of organic matter and tillage management on vegetable yield, soil, weeds, pests, and economics in California. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103: 443-463.
- Jackson, L.E., Pascual, U. and Hodgkin, T.** (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 121: 196-210.
- Jackson, L.E., Pulleman, M.M. and Brussaard, L.** (2012). Social-ecological and regional adaptation of agrobiodiversity management across a global set of research regions. *Global Environmental Change* 22: 623-639.
- Janzen, D.H.** (1973). Tropical agroecosystems. *Science* 182: 1212-1219.
- Jensen, E.S., Peoples, M.B. and Hauggaard-Nielsen, H.** (2010). Faba bean in cropping systems. *Field Crop Research* 115: 203-216.
- Jiang, M., Bullock, J.M. and Hooftman, D.P.A.** (2013). Mapping ecosystem service and biodiversity changes over 70 years in a rural English county. *Journal of Applied Ecology* 50: 841-850.
- Johnson, N.** (2018). California is turning farms into carbon-sucking factories. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y8awakor>.
- Jordan, N., Schut, M. and Graham, S.** (2016). Transdisciplinary weed research: new leverage on challenging, weed problems? *Weed Research* 56: 345-358.

- Joshi, R., Singh, J. and Pal Vig, A.** (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 14: 137-159.
- Kahnonitch, I., Lubin, Yael and Korine, C.** (2018). Insectivorous bats in semi-arid agroecosystems – effects on foraging activity and implications for insect pest control. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 261: 80-92.
- Kalka, M.B., Smith, A.R. and Kalko, E.K.** (2008). Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science* 320: 71-72.
- Kamp, J., Urazaliev, R., Balmford, A. et al.** (2015). Agricultural development and the conservation of avian biodiversity on the Eurasian steppes: a comparison of land-sparing and land-sharing approaches. *Journal of Applied Ecology* 52: 1578-1587.
- Kan, I., Motro, Y. Horvitz, N. et al.** (2013). Agricultural rodent control using Barn Owls: Is it profitable? *American Journal of Agricultural Economics* 96: 733-752.
- Kareiva, P. and Wennergren, U.** (1995). Connecting landscape pattern to ecosystem and population processes. *Nature* 373: 299-302.
- Karp*, D.S., Chaplin-Kramer, R., Meehan T.D. et al. (146 co-authors)** (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *PNAS* 115: E7863-E7870.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. et al.** (2012). Conservation agriculture in the dry Mediterranean climate. *Field Crops Research* 132: 7-17.
- Kassam, A. and Brammer, H.** (2013). Combining sustainable agricultural production with economic and environmental benefits. *The Geographical Journal* 179: 11-18.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R. et al.** (2015). Overview of the worldwide spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports* [Online], Vol. 8. Retrieved from: <http://journals.openedition.org/factsreports/3966>
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., & Kienzle, J.** (2015). Overview of the worldwide spread of conservation agriculture. *Field Actions Science Reports. Journal Field Actions* 8: 1-10.
- Katan, J., Greenberger, A., Alon, H. et al.** (1976). Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopathology* 66: 683-688.
- Katan, J., Shtienberg, D. and Gamliel, A.** (2012). The integrated management concept in the context of soilborne pathogens and soil disinfection. In: Gamliel, A. and Katan J. (eds.), *Soil Solarization: Theory and Practice*. St. Paul, MN: The American Phytopathology Society. pp 91-97.
- Kates, R.W.** (2011). What kind of a science is sustainability science? *PNAS* 108: 19449-19450.
- Kennedy*, C.M., Lonsdorf, E., Neel, M.C. et al** (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16: 584-599.
- Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Pittchar, J.O.** (2014). Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push – pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society Series B* 369: 20120284.
- Khanh*, T. D., Chung, M. I., Xuan, T. D. et al** (2005). The exploitation of crop allelopathy in sustainable agricultural production. *Journal of Agronomy & Crop Science* 191: 172-184.
- Khoshbakht, K. and Hammer, K.** (2008). How many plant species are cultivated? *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 925-928.
- Kibblewhite, M.G., Ritz, K. and Swift, M.J.** (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society, series B* 363: 685-701.
- Kimberling, D.N.** (2004). Lessons from history: predicting successes and risks of intentional introductions for arthropod biological control. *Biological Invasions* 6: 301-318.
- Kishinevsky, M., Keasar, T., Harari, A.R. et al.** (2017). A comparison of naturally growing vegetation vs. border-planted companion plants for sustaining parasitoids in pomegranate orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 246: 117-123.
- Klein*, A-M., Vaissière, B.E. and Cane, J.H.** (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society, Biological Science B* 274: 303-313.
- Klein, E., Katan, J. and Gamliel, A.** (2011). Combining residues of herb crops with soil heating for control of soilborne pathogens in a controlled laboratory system. *Crop Protection* 30: 368-374.
- Klein, J.D., Mufradi, I., Cohen, S. et al.** (2002). Establishment of wheat seedlings after early sowing and germination in an arid Mediterranean environment. *Agronomy Journal* 94: 585-593.
- Kleijn, D. and Sutherland, W.J.** (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology* 40: 947-969.
- Kleijn, D., Berendes, F., Smit, R. et al.** (2004). Ecological effectiveness of agri-environmental schemes in different agricultural landscapes in The Netherlands. *Conservation Biology* 18: 775-786.
- Kleijn, D., Baquero, R. A., Clough, Y. et al.** (2006). Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9: 243-254.
- Kleijn, D., Rundlof, M., Scheper, J. et al.** (2011). Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology and Evolution* 26: 474-481.
- Kleijn, D., Winfree, R. and Bartomeus, I.** (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature Communications* 6, 7414.

- Klümper, W. and Qaim, M.** (2014). A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops. *PLoS One* 9 (11): e111629.
- Knickel, K., Ashkenazy, T., Calvao-Chebach et al.** (2017). Agricultural modernization and sustainable agriculture: contradictions and complementarities. *International Journal of Agricultural Sustainability* 5: 575-592.
- Knop, E., Kleijn, D., Herog, F. et al.** (2006) Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *Journal of Applied Ecology* 43: 120-127.
- Knowler*, D. and Bradshaw, B.** (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: a review and synthesis of recent research. *Food Policy* 32: 25-48.
- Knowler*, D.** (2015). Farmer Adoption of Conservation Agriculture: A Review and Update. In: Farooq, M. and Siddique, K.H.M. (eds.). *Conservation Agriculture*. Cham: Springer. 621-642. Retrieved from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-11620-4_23#page-1
- Kogan, M.** (1998). Integrated Pest Management: historical perspective and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
- Kovacs-Hostyanszki, A. and Baldi, A.** (2012). Set-aside fields in agri-environment schemes can replace the market-driven abolishment of fallows. *Biological Conservation* 152: 196-203.
- Krasnov, H., Cohen, Y., Goldshtien, E. et al.** (2019). The effect of local and landscape variables on Mediterranean fruit fly dynamics in citrus orchards utilizing the ecoinformatics approach. *Journal of Pest Science* 92: 453-463.
- Krebs, J.R., Wilson, J.D., Bardbury, R.B. et al.** (1999). The second Silent Spring? *Nature* 400: 611-612.
- Kremen, C., Williams, N.M. and Thorp, R.W.** (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* 99: 16812-16816.
- Kremen, C. and Miles, A.** (2012). Ecosystem services in biologically diversified versus conventional farming systems: Benefits, externalities, and trade-offs. *Ecology and Society* 17: 40-66.
- Kupferschmidt, K.** (2013). A lethal dose of RNA. *Science* 341: 732-733.
- Kuris, A.M.** (2003). Did biological control cause extinction of the coconut moth, *Levuana iridescens*, in Fiji? *Biological Invasions* 5: 133-141.
- Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J. et al.** (2005). Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. *Advances in Agronomy* 87: 85-155.
- Lal, R.** (2013). Food security in a changing climate. *Ecohydrology and Hydrobiology* 13: 8-21.
- Lamarque, P., Meyfroidt, P., Nettier, B. et al.** (2014). How ecosystem services knowledge and values influence farmers' decision-making. *PLoS ONE* 9: 1-16.
- Lamb, D., Erskine P.D. and Parotta, J.A.** (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science* 310: 1628-1632.
- Lamberth, C., Jeanmart, S., Luksch, T. et al.** (2013). Current challenges and trends in the discovery of agrochemicals. *Science* 341: 742-746.
- Lambin, E.F. and Meyfroidt, P.** (2011). Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. *PNAS* 3465-3472.
- Landau S., Yonatan R., Devash L., et al.** (2004). A system analysis of the interaction between wheat crop management and sheep grazing in aftermath stubble. *Options Méditerranéennes: Série A* 61: 153-160.
- Landis, D.A., Menalled, F.D., Costamagna, A.C. et al.** (2005). Manipulating plant resources to enhance beneficial arthropods in agricultural landscapes. *Weed Science* 53: 902-908.
- Lange, A., Siebert, R. and Barkmann, T.** (2015). Sustainability in land management: an analysis of stakeholder perceptions in rural northern Germany. *Sustainability* 7: 683-704.
- Lankoski, J.** (2016). *Alternative payment approaches for biodiversity conservation in agriculture*. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No. 93. Paris: OECD Publishing.
- Larsen, A.E. and F. Noack** (2017). Identifying the landscape drivers of agricultural insecticide use leveraging evidence from 100,000 fields. *PNAS* 114: 5473-5478.
- Le Roux, X.** (2010). The French scientific synthesis of Agriculture & Biodiversity (2008). A lecture presented at the 8th Nekudat Chen annual conference.
- Le Roux, J.J., Morgenthal, T.L., Malherbe, J. et al.** (2008). Water erosion prediction at a national scale for South Africa. *Water SA* 34: 305-314.
- Lechenet, M., Dessaint, F., Py, G. et al.** (2017). Reducing pesticide use while preserving crop productivity and profitability on arable farms. *Nature Plants* 3: 17008.
- Leifeld, J.** (2012). How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 150: 121-122.
- Lekberg*, Y. and Koide, R.T.** (2005). Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. *New Phytologist* 168: 189-204.
- Letourneau*, D., Armbrrecht, I., Rivera, B.S. et al.** (2011). Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications* 21: 9-21.
- Levidow, L., Pimbert, M. and Vanloqueren, G.** (2014). Agroecological research: Conforming – or transforming the dominant agro-food regime? *Agroecology and Sustainable Food Systems* 38: 1127-1155.
- Lewis, W.J., van Lenteren, J.C., Phatak, S.C. et al.** (1997). A total system approach to sustainable pest management. *PNAS* 94: 12243-12248.

- Li, L., Li, S.-M., Sun, J.-H. et al.** (2007). Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils. *PNAS* 104: 11192-11196.
- Lieblein, G., Ostergaard, E. and Francis, C.** (2004). Becoming an agroecologist through action education. *International Journal of Agricultural Sustainability* 2: 147-153.
- Liebman, M. and Gallandt, E.R.** (1997) Many little hammers: ecological management of crop-weed interactions. In: Jackson, L.E. (ed.). *Ecology in Agriculture*. San Diego: CA. Academic Press.
- Liebman, M., Baraibar, B., Buckley, Y. et al.** (2016). Ecologically sustainable management: How do we get from proof-of concept to adoption. *Ecological Applications* 26: 1352-1369.
- Liiri, M., Setälä, H., Haimi, J. et al.** (2002). Soil processes are not influenced by the functional complexity of soil decomposer food webs under disturbance. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 1009-1020.
- Lithourgidis, A. S., Matsi, T., Barbayiannis, N. et al.** (2007). Effect of liquid cattle manure on corn yield, composition, and soil properties. *Agronomy Journal* 99: 1041-1047.
- Livne-Luzon, S., Ovidia, O. and Weber, G.** (2017). Small-scale spatial variability in the distribution of ectomycorrhizal fungi affects plant performance and fungal diversity. *Ecology Letters* 20: 1192-1202.
- Lohr, L. and Salomonsson, L.** (2000). Conversion subsidies for organic production: Results from Sweden and lessons for the United States. *Agricultural Economy* 22: 133-146.
- Long, R.F., Garbach, K. and Morandin, L.A.** (2017). Hedgerow benefits align with food production and sustainability goals. *California Agriculture* 71: 117-119.
- Loos, J. and von Wehrden, H.** (2018). Beyond biodiversity conservation: Land sharing constitutes sustainable agriculture in European cultural landscapes. *Sustainability* 10: 1395-1405.
- López-Garrido, R., Díaz-Espejo, A., Madejón, E. et al.** (2009). Carbon losses by tillage under semi-arid Mediterranean rainfed agriculture (SW Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 706-716.
- Loreau, M., Mouquet, N. and Gonzalez, A.** (2003). Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes. *PNAS* 100: 12765-12770.
- Loosey, J.E. and Vaughan, M.** (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311-323.
- Lowe, P.D., Ward, N. and Potter, C.** (1999). Attitudinal and institutional indicators for sustainable agriculture. In: F. Brouwer and B. Crabtree (eds.) *Environmental Indicators and Agricultural Policy*. Wallingford: CAB. pp. 263-278.
- Lu, Y.-C., Teasdale, J.R. and Huang, W.-Y.** (2003). An economic and environmental analysis of sustainable agriculture cropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22: 25-41.
- Lu, Y., Wu, K., Jinag, Y. et al.** (2010). Mirid bugs outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science* 328: 1151-1154.
- Lugato, E., Bampa, F., Panagos, P. et al.** (2015). Potential Carbon sequestration of European soils estimated by modeling a comprehensive set of management practices. *Global Change Biology* 20: 3557-3567.
- Macdonald, D.W. and Johnson, P.J.** (2000) Farmers and the custody of the countryside: trends in loss and conservation of non-productive habitats 1981-1998. *Biological Conservation* 94: 221-234.
- Machado, A.A.S., Valyi, K. and Rillig, M.C.** (2017). Potential environmental impacts of an "underground Revolution": A response to Bender et al. *Trends in Ecology and Evolution* 32: 8-10.
- Maine, J.J. and Boyles, J.G.** (2015). Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *PNAS* 112: 12438-12443.
- Malezieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C. et al.** (2009). Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 43-62.
- Mandelik, Y. and Roll, U.** (2009). Diversity patterns of wild bees in almond orchards and their surrounding landscape. *Israel Journal of Plant Science* 57: 185-191.
- Maoz, Y., Gal, S., Argov, Y. et al.** (2011). Biocontrol of perseae mite, *Oligonychus perseae*, with an exotic spider mite predator and an indigenous pollen feeder. *Biological Control* 59: 147-157.
- Marino, P.C., Landis, D.A. and Hawkins, B.A.** (2006). Conserving parasitoid assemblages of North American pest Lepidoptera: Does biological control by native parasitoids depend on landscape complexity? *Biological Control* 37: 173-185.
- Martin, A. and Isaac, M.E.** (2018). Functional traits in agroecology: advancing description and prediction in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology* 55: 5-11.
- Mas, M.T. and Verdú, A.M.C.** (2003). Tillage system effects on weed communities in a 4-year crop rotation under Mediterranean dryland conditions. *Soil and Tillage Research* 74: 15-24.
- Matson, P.A., Naylor, R. and Ortiz-Monasterio, I.** (1998). Integration of environmental, agronomic, and economic aspects of fertilizer management. *Science* 280: 112-116.
- Matson, P.A. and Vitousek, P.M.** (2006). Agricultural intensification: will land spared from farming be land spared for nature? *Conservation Biology* 20: 709-710.
- McDaniel*, M.D., Tiemann, T.L., and Grandy, A. S.** (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecological Applications* 24: 560-570.
- McGinlay, J., Gowing, D. J. G. and Budds, J.** (2017). The threat of abandonment in socio-ecological landscapes: farmers' motivations and perspectives on high nature value grassland conservation. *Environmental Science & Policy* 69: 39-49.

- Millennium Ecosystem Assessment (MEA)** (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC, USA: World Resources Institute.
- Mediene*, S., Valantin-Morison, M., Sarthou, J.P. et al.** (2011). Agroecosystems management and biotic interactions: a review. *Agronomy and Sustainable Development* 31: 491-514.
- Meller Harel, Y., Elad, Y., Rav-David, D. et al.** (2012). Biochar mediates systemic response of strawberry to foliar fungal pathogens. *Plant Soil* 357: 245-257.
- Menalled, F.D., Gross, K.L. and Hammond, M.** (2001). Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Ecological Applications* 11: 1586-1601.
- Mendenhall, C.D., Karp, D.S., Meyer, C.F.J. et al.** (2014). Predicting biodiversity change and averting collapse in agricultural landscapes. *Nature* 509: 213-217.
- Mendes, R., Kruijt, M., de Bruijnen, I. et al.** (2011). Deciphering the rhizosphere microbiome for disease suppressive bacteria. *Science* 332: 1097-1100.
- Messéan, A. Sausse, C., Gasquez, J. et al.** (2007). Occurrence of genetically modified oilseed rape seeds in the harvest of subsequent conventional oilseed rape over time. *European Journal of Agronomy* 27: 115-122.
- Meyrom K., Motro Y., Leshem Y. et al.** (2009). Nest-box use by the Barn Owl *Tyto alba* in a biological pest control program in the Beit She'an valley, Israel. *Ardea* 97(4): 463-467.
- Milburn, L.S., Mulley, S.J., Kline, C.** (2010). The end of the beginning and the beginning of the end: The decline of public agricultural extension in Ontario. *Journal of Extension* 48: 1-11.
- Milder, J.C., Arbuthnot, M., Blackman, A. et al.** (2015). An agenda for assessing and improving conservation impacts of sustainability standards in tropical agriculture. *Conservation Biology* 29: 309-320.
- Miles, A. DeLonge, M.S. and Carlisle, L.** (2017). Triggering a positive research and policy feedback cycle to support a transition to agroecology and sustainable food systems. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 41: 855-879.
- Milestad, R. and Darnhofer, I.** (2003). Building farm resilience: The prospects and challenges of organic farming. *Journal of Sustainable Agriculture* 22: 81-97.
- Mills, N.J.** (2017). Rapid evolution of resistance to parasitism in biological control. *PNAS* 114: 3792-3794.
- Mishra, B., Gyawali, B.R., Paudel, K.P. et al.** (2018). Adoption of sustainable agriculture practices among farmers in Kentucky, USA. *Environmental Management* 62: 1060-1072.
- Mitchell, J.P., Shrestha, A., Horwath, W.R. et al.** (2015). Tillage and cover cropping affect crop yields and soil carbon in the San Joaquin valley, California. *Agronomy Journal* 107: 1-9.
- Moeller, N. and Pimbert, M.** (26.03.18). We know how food production needs to change if crisis is to be avoided – so why isn't this happening? *The Conversation*.
- Mols, C.M. and Visser M.E.** (2002). Great Tits can reduce caterpillar damage in apple orchards. *Journal of Applied Ecology* 39: 888-899.
- Mont, O.** (2002) Clarifying the concept of product-service system. *Journal of Cleaner Production* 10: 237-245.
- Montgomery, D.R.** (2007). Soil erosion and agricultural sustainability. *PNAS* 104: 13268-13272.
- Moonen, A.C. and Bàrberi, P.** (2004). Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover-crop-maize management systems. *Weed Research* 44: 163-177.
- Moonen, A.C. and Barberi, P.** (2008). Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 7-21.
- Mooney, H.A., Cooper, A. and Reid, W.** (2005). Confronting the human dilemma. *Science* 434: 561-562.
- Morandin, L.A., Long, R.F. and Kremen, C.** (2016). Pest control and pollination cost benefit analysis of hedgerows restoration in a simplified agricultural landscape. *Ecological Entomology* 109: 1020-1027.
- Mori, R., Franks, D.M. and Saleem H.A.** (2016). Sustainability certification schemes: evaluating their effectiveness and adaptability. *Corporate Governance* 16: 579-592.
- Moss, D. and Bittman, M.** (2018). Bringing Farming Back to Nature. The New York Times, June 26, 2018. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y5st4k>.
- Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J. et al.** (2012). A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems of Uganda. *Agriculture, Ecosystems, Environment* 157: 70-86.
- Muller, U.G. and Sachs, J.L.** (2015). Engineering microbiomes to improve plant and animal health. *Trends in Microbiology* 23: 606-617.
- Murphy, S.D., Clements, D.R., Belaoussoff, S. et al.** (2006). Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science* 54: 69-77.
- Myers, J. P., Antoniou, M. N., Blumberg, B., et al.** (2016). Concerns over use of glyphosate-based herbicides and risks associated with exposures: a consensus statement. *Environmental Health* 15: 19-32.
- Nagendra, H., Munroe, D.K. and Southworth, J.** (2004). From pattern to process: landscape fragmentation and the analysis of land use/land cover change. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 101: 111-115.

- Naranjo, S.E.** (2018). Retrospective analysis of a classical biological control programme. *Journal of Applied Ecology* 55: 2439-2450.
- National Center for Appropriate Technology (NACT)** (2018). <https://www.ncat.org/training>
- Navarro L. and Pereira H.** (2015). Rewilding abandoned landscapes in Europe. In: Pereira H. and Navarro L. (eds.), *Rewilding European Landscapes*. Cham: Springer.
- Nelson, E., Mendoza, G., Regetz, J. et al** (2009). Modeling multiple ecosystem services, biodiversity, and tradeoffs at landscape scales. *Frontiers in Ecology and Environment* 7: 4-11.
- Nicholis, C.I. and Altieri, M.A.** (2004). Designing species-rich, pest-suppressive agroecosystems through habitat management. In: Rickerl, D. and Francis, C. (eds.), *Agroecosystems Analysis*. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Nicholls, C.I., Parrella, M.P. and Altieri, M.A.** (2000). Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agricultural and Forest Entomology* 2: 107-113.
- Norris, R.F. and Kogan, M.** (2005). Ecology of interactions between weeds and Arthropods. *Annual Review of Entomology* 50: 479-503.
- Novara, A., Gristina, L., Saladino, S.S. et al.** (2011). Soil erosion assessment on tillage and alternative soil managements in a Sicilian vineyard. *Soil & Tillage Research* 117: 140-147.
- Odum, E.P.** (1969). The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- OECD** (2001). *Agricultural policies in OECD countries: Monitoring and evaluation*. Paris: OECD Publishing.
- OECD** (2013). Providing agri-environmental public goods through collective action. Paris: OECD Publishing. Retrieved from: [dx.doi.org/10.1787/9789264197213-en](https://doi.org/10.1787/9789264197213-en)
- OECD** (2015). *Fostering Green Growth in Agriculture: The Role of Training, Advisory Services and Extension Initiatives*. Paris: OECD Publishing. Retrieved from: [dx.doi.org/10.1787/9789264232198-en](https://doi.org/10.1787/9789264232198-en)
- Oenema, O.** (2004). Governmental policies and measures regulating nitrogen and phosphorus from animal manure in European agriculture. *Journal of Animal Science* 82: E196-E206.
- Oerke, E.C. and Dehne, H.W.** (2004). Safeguarding production: losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection* 23: 275-285.
- Oerke, E.C.** (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science* 144: 31-43.
- Ophir, A., Karakis, I., Richtel, E.D. et al.** (2014). An uncommon pattern of polyneuropathy induced by lifetime exposures to drift containing organophosphate pesticides. *NeuroToxicology* 45: 338-346.
- O'Rourke, M.E., Liebman, M. and Rice, M.E.** (2008). Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in conventional and diversified crop rotation systems. *Environmental Entomology* 37: 121-130.
- Ouma*, G. and Jeruto, P.** (2010). Sustainable horticultural crop production through intercropping – the case of fruits and vegetable crops: a review. *Agriculture and Biology Journal of North America* 1: 1098-1105.
- Owen, M.D.** (2016). Diverse approaches to herbicide-resistant weed management. *Weed Science* 64: 570-584.
- Paarlberg, R.** (24.05.18). Would Rachel Carson eat organic? *The Conversation*. Retrieved from: <https://theconversation.com/would-rachel-carson-eat-organic-94967>
- Pala, M., Harris, H., Ryan, J. et al** (2000). Tillage systems and stubble management in a Mediterranean-Type environment in relation to crop yield and soil moisture. *Experimental Agriculture* 36: 223-242.
- Palm*, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F. et al.** (2014). Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 187: 87-105.
- Palumbi, S.R.** (2001). Humans as the world's greatest evolutionary force. *Science* 293: 1786-1790.
- Park, J.R.** (1988). *Environmental Management in Agriculture: European Perspectives*, London: Belhaven Press.
- Parolin, P., Bresch, C., Desneux, N. et al.** (2012). Secondary plants used in biological control: A review. *International Journal of Pest Management* 58: 91-100.
- Pascual, U. and Perrings, C.P.** (2007). The economics of biodiversity loss in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121: 256-268.
- Pe'er, G., Dicks, L.V., Visconti, P. et al.** (2014). EU agricultural reform fails on biodiversity. *Science* 344: 1090-1092.
- Pe'er, G., Zinngrebe, Y., Hauck, J. et al.** (2017). Adding some green to the greening: improving the EU's ecological focus areas for biodiversity and farmers. *Conservation Letters* 10: 517-530.
- Peerce, C., Livarda, A., Christin, P-A. et al.** (2017). How did domestication of Fertile Crescent grain crops increase their yields? *Functional Ecology* 31: 387-397.
- Pellegrini*, P. and Fernández, R.J.** (2018). Crop intensification, land use, and on-farm energy-use efficiency during the worldwide spread of the green revolution. *PNAS* 115: 2335-2340.
- Pelosi, C., Bertrand, M. and Roger-Estrade, J.** (2009). Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 287-295.
- Perfecto, I., Vandermeer, J., Masa, A. and Pinto, L.S.** (2005). Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics* 54: 435-446.

- Perfecto, I. and Vandermeer, J.** (2010). The agroecological matrix as alternative to the land sparing/agricultural intensification model. *PNAS* 107: 5786-5791.
- Perrings, C.** (2009). Making Payments for Ecosystem Services (PES) Work. An invited lecture presented at the 7th Nekudat Chen annual conference.
- Pfaff, A.S.P.** (2000). From deforestation to reforestation in New England, United States. In: Palo, M. and Vanhanen (eds.). *World Forests from Deforestation to Transition?* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Phalan, B., Onial, M., Balmford, A. et al.** (2011a). Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science* 333: 1289-1291.
- Phalan, B. et al.** (2011b). Minimising the harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy* 36: s62-s71.
- Phatak, S.C.** (1992). An integrated sustainable vegetable production system. *HortScience* 27: 738-741.
- Philipott, L., Raaijmakers, J.M., Lemanceau, P. et al.** (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nature Reviews in Microbiology* 11: 789-799.
- Pickett, S. T. A. and Cadenasso, M. L.** (1995). Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. *Science* 269: 331-334.
- Pimbert, M.P. and Moeller, N.I.** (2018). Absent agroecology aid: On UK agricultural development assistance since 2010. *Sustainability* 10: 505-515.
- Pittelkow, C.M., Liang, X., Linquis, B.A. et al.** (2014). Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517: 365-368.
- Pluess, T., Opatovsky, I., Gavish-Regev et al.** (2010). Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: 68-74.
- Polasky, S. et al.** (2005). Conserving species in a working landscape: Land use with biological and economic objectives. *Ecological Applications* 15: 1387-1401.
- Pollock, C.** (2007). Back to the Future: Can We Reconcile the Multiple Challenges of 21st Century Multifunctional Agriculture. An invited lecture presented at the 5th Nekudat Chen annual conference.
- Ponisio, L.C. and Ehrlich, P.R.** (2016). Diversification, yield and a new agricultural revolution: problems and prospects. *Sustainability* 8: 1118-1132.
- Porrás, I., Barton, D.N., Chacon-Cascante, A.** (2013). Learning from 20 years of payments for ecosystem services in Costa Rica. London: International Institute for Environment and Development.
- Poudel, D.D., Ferris, H., Klonsky, K. et al.** (2001). The sustainable agriculture farming system project in California's Sacramento Valley. *Outlook on Agriculture* 30: 109-116.
- Prescott-Allen, R. and Prescott-Allen, C.** (1990). How many plants feed the world? *Conservation Biology* 4: 365-374.
- Pretty, J.** (1997). The sustainable intensification of agriculture. *Natural Resources Forum* 21: 247-256.
- Pretty, J.** (1998). Supportive policies and practice for scaling up sustainable agriculture. In: Röling, N.G. and Wagemakers, M.A.E. (eds.), *Facilitating Sustainable Agriculture – Participatory learning and adaptive management in times of environmental uncertainty*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Pretty, J., Brett, C., Gee, D. et al.** (2000). An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural Systems* 65: 113-136.
- Pretty, J.** (2002). *Agri-culture: Reconnecting People, Land and Nature*. London: Earthscan.
- Pretty, J.** (2003). Social capital and the collective management of resources. *Science* 302: 1912-1914.
- Pretty, J.** (2002). An invited lecture presented at the 2nd Nekudat Chen annual conference.
- Pretty*, J.** (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 363: 447-465.
- Pretty, J. and Bharucha, Z.P.** (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects* 6: 152-182.
- Pretty, J., Sutherland, W.J., Ashby, J. et al.** (2010). The top 100 questions of importance to the future of global agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability* 8: 219-236.
- Pretty, J.** (2018a). Intensification for redesigned and sustainable agricultural systems. *Science* 362: 898-904.
- Pretty, J., Benton, T.G., Bharucha, Z.P. et al.** (2018b). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability* 1: 441-446.
- Prosdocimi, M., Jordan, A., Tarolli, P. et al.** (2016a). The effects of mulching on soil erosion by water. A review based on published data. *Geophysical Research Abstracts* 18: 1359.
- Prosdocimi, M., Jordan, A., Tarolli, P. et al.** (2016b). The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards. *Science of the Total Environment* 547: 323-330.
- Pullaro, T.C., Marino, P.C. D. and Jackson, M.D.** (2006). Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 97-104.
- Pywell, R.F., Heard, M.S., Bradbury, R.B. et al.** (2012). Wildlife-friendly benefits rare birds, bees and plants. *Biology Letters* 8: 772-775.

- Pywell, R.F., Heard, M.S., Woodcock, B.A. et al.** (2015). Wildlife-friendly farming increases crop yield: evidence for ecological intensification. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B Biological Sciences* 282: 20151740.
- Qualset, C.O., McGuire, P.E. and Warburton, M.L.** (1995). "Agrobiodiversity" key to agricultural productivity. *California Agriculture* 49: 45-49.
- Rabbinge, R. and van Diepen, C.A.** (2000). Changes in agriculture and land use in Europe. *European Journal of Agronomy* 13: 85-100.
- Rader, R., Bartomeus, I. and Garibaldi, L.A.** (2015). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *PNAS* 113: 146-151.
- Radice, E., Mancinelli, R. and Campiglia, E.** (2013). Influence of winter cover crop residue management on weeds and yield in pepper (*Capsicum annuum* L.) in a Mediterranean environment. *Crop Protection* 52: 64-71.
- Rand, T.A., Tylianakis, J.A. and Tscharntke, T.** (2006). Spillover edge effects: the dispersal of agriculturally subsidized insect natural enemies into adjacent natural habitats. *Ecology Letters* 9: 603-614.
- Rand, T.A. and Tscharntke, T.** (2007). Contrasting effects of natural habitat loss on generalist and specialist aphid natural enemies. *Oikos* 116: 1353-1362.
- Rasmann, S., Kollner, T.G., Degenhard, J. et al.** (2005). Recruitment of entomopathogenic nematodes by insect-damaged maize roots. *Nature* 434: 732-737.
- Ratnadass*, A., Fernandes, P., Avelino, J. et al.** (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and disease in agroecosystems: a review. *Agronomy and Sustainable Development* 32: 273-303.
- Rayn, J., Pala, M., Masri, M. et al.** (2008). Rainfed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequence, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. *European Journal of Agronomy* 28: 112-118.
- Redlich, S., Martin, E.A. and Steffan-Dewenter, I.** (2018). Landscape-level crop diversity benefits biological pest control. *Journal of Applied Ecology* 55: 2419-2428.
- Reganold, J.P., Glover, J.D., Andrews, P.K. and Hinman, H.R.** (2001). Sustainability of three apple production systems. *Nature* 410: 926-930.
- Regev, R., Gan-Mor, S., Weisblum, A. et al.** (2013). Developing a unit for vacuuming insects and increasing aerodynamic: Experimental models for insect vacuuming, inside greenhouses and in the open field. *Israelagri*. Retrieved from: <http://www.israelagri.com/?CategoryID=397&ArticleID=620&print=1>
- Reimer, A.P., Denny, R.C.H. and Stuart, D.** (2018). The impact of federal and state conservation programs on farmer nitrogen management. *Environmental Management* 62: 694-708.
- Reiskin, E.D., White, A.L., Johnson, J.K. et al.** (2000). Servicing the chemical supply chain. *Journal of Industrial Ecology* 3: 19-31.
- Reynolds, C., Fletcher Jr., R.J., Carneiro, C.M. et al.** (2018). Inconsistent effects of landscape heterogeneity and land-use on animal diversity in an agricultural mosaic: a multi-scale and multi-taxon investigation. *Landscape Ecology* 33: 241-255.
- Rieger, M.A., Lamond, M., Preston, C. et al.** (2002). Pollen-mediated movement of herbicide resistance between commercial Canola fields. *Science* 296: 2386-2388.
- Riley, H., Pommeresche, R., Eltun, R. et al.** (2008). Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 275-284.
- Risch, S.J.** (1983). Intercropping as cultural pest control: Prospects and limitations. *Environmental Management* 7: 9-14.
- Robertson, P.G., Broome, J.C., Chornesky, E.A. et al.** (2004). Rethinking the vision for environmental research in US agriculture. *BioScience* 54: 61-65.
- Robertson, P.G. and Swinton, S.M.** (2005). Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Frontiers in Ecology and Environment* 3: 38-46.
- Robertson, P.G., Allen, V.G., Boody, G. et al.** (2008). Long-term agricultural research: A research, education and extension imperative. *BioScience* 58: 640-645.
- Robertson, G.P. and Vitousek, P.M.** (2009). Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resources. *Annual Review of Environmental Resources* 34: 97-125.
- Robinson, R.A. and Sutherland, W.J.** (2002). Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
- Rodale Institute** (2011). 30-Year Farming Systems Trial Report. Retrieved from: <https://rodaleinstitute.org/wp-content/uploads/fst-30-year-report.pdf>
- Root, R.B.** (1973). Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- Rosenzweig, M.L.** (2003) *Win-Win Ecology: How Earth's Species Can Survive in the Midst of Human Enterprise*. New York: Oxford University Press.
- Rosset, P.M. and Altieri, M.A.** (1997). Agroecology versus input substitution: A fundamental contradiction of sustainable agriculture. *Journal of Society and Natural Resources* 10: 283-295.
- Rotem, G., Ziv, Y., Giladi, I. et al.** (2013). Wheat fields as an ecological trap for reptiles in a semiarid agroecosystem. *Biological Conservation* 167: 349-353.

- Rotem, G. and Ziv, Y.** (2016). Crop diversity and rotation may increase dispersal opportunities of reptiles in a heterogeneous agroecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 235: 32-37.
- Roulin, A., Abu Rashid, M., Spiegel, B. et al.** (2017). 'Nature knows no boundaries': The role of nature conservation in peacebuilding. *Trends in Ecology and Evolution* 32: 305-310.
- Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M. et al.** (2009). Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970-2005. *PNAS* 106: 20675-20680.
- Ruf, A., Beck L., Dreher P. et al.** (2003). A biological classification concept for the assessment of soil quality: "biological soil classification scheme" (BBSK). *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 263-271.
- Rundlof, M. and Smith, H.G.** (2006). The effect of organic farming on butterfly diversity depends on landscape context. *Journal of Applied Ecology* 43: 1121-1127.
- Ruttan, V.W.** (1999). The transition to agricultural sustainability. *PNAS* 96: 5960-5967.
- Ryan, M.H. and Graham, J. H.** (2018). Little evidence that farmers should consider abundance or diversity of arbuscular mycorrhizal fungi when managing crops. *New Phytologist* 220: 1092-1107.
- San Miguel1, M., Johnson, J.H. and Kertesz, J.** (2012). Challenges in complex systems science. *The European Physical Journal-Special Topics* 214: 245-271.
- Sarkar, S., Pressey, R.L., Faith, D.P. et al.** (2006). Biodiversity conservation planning tools: present status and challenges for the future. *Annual Review of Environment and Resources* 31: 123-15.
- Saunders, M.E., Peisley, R.K., Rader, R. et al.** (2016). Pollinators, pests, and predators: Recognizing ecological trade-offs in agroecosystems. *Ambio* 45: 4-14.
- Schackermann, J., Pufal, G., Mandelik, Y. et al.** (2015a). Agro-ecosystem services and dis-services in almond orchards are differently influenced by the surrounding landscape. *Ecological Entomology* 40 (Suppl. 1): 12-21.
- Schackermann, J., Mandelik, Y., Weiss, N. et al.** (2015b). Natural habitats does not mediate vertebrate seed predation as an ecosystem dis-service to agriculture. *Journal of Applied Ecology* 52: 291-299.
- Schenk, A., Hunziker, M. and Kienast, F.** (2007). Factors influencing the acceptance of nature conservation measures – a qualitative study in Switzerland. *Journal of Environmental Management* 83: 66-79.
- Scherr, S.J. and McNeely, J.A.** (2008). Biodiversity conservation and agricultural sustainability: towards a new paradigm of "ecoagriculture" landscapes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363: 477-494.
- Scheu*, S.** (2003). Effects of earthworms on plant growth :patterns and perspectives: The 7th international symposium on earthworm ecology. *Pedobiologia* 47: 846-856.
- Schmidt, M.H., Thewes, U., Thies, C., and Tschardtke, T.** (2004). Aphid suppression by natural enemies in mulched cereals. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 113: 87-93.
- Schmidt, M.H. and Tschardtke, T.** (2005). Landscape context of Sheetweb Spider (*Araneae: Linyphiidae*) abundance in cereal fields. *Journal of Biogeography* 32: 467-473.
- Schmidt, M.H., Thies, C., Nentwig, W. and Tschardtke, T.** (2008). Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *Journal of Biogeography* 34: 1-10.
- Schmidt, O., Clements, R.O. and Donaldson, G.** (2003). Why do cereal-legume intercrop support large earthworm populations. *Applied Soil Ecology* 22: 181-190.
- Schmitzberger, I., Wrba Th., Steurer, B. et al.** (2005). How farming styles influence biodiversity maintenance in Austrian agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108: 274-290.
- Schneider, F., Steiger, D., Ledermann, T. et al.** (2012). No-tillage farming: co-creation of innovation through network building. *Land Degradation and Development* 23: 242-255.
- Schroeder, J., Thomas, S.H. and Murray, L.W.** (2005). Impacts of crop pests on weeds and weed-crop interactions. *Weed Science* 53: 918-922.
- Schulz, N., Breustedt, G. and Latacz-Lohmann, U.** (2014). Assessing Farmers' Willingness to Accept "Greening": Insights from a Discrete Choice Experiment in Germany. *Journal of Agricultural Economics* 65: 26-48.
- Schwagerl, C.** (2019). In conservative Bavaria, citizens force bold action on protecting nature. *Yale Environmnet* 360, 250419.
- Schwartz, P.** (21.06.17). The agroecology project in France. A lecture presented at the ENPARD workshop in Agricultural Policy and Practices to Promote Sustainable Agricultural Production, Bet Dagan.
- Semmens, B.X., Semmens, D.J., Thogmartin, W.E. et al.** (2016). Quasi-extinction risk and population targets for the Eastern, migratory population of monarch butterflies (*Danaus plexippus*). *Scientific Report* 6: 23265.
- Seufert, V., Ramankutty, N. and Foley, J.A.** (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485: 229-232.
- Shackelford, G. E., Kelsey, R., Robertson, R. J. et al.** (2017). *Sustainable Agriculture in California and Mediterranean Climates: Evidence for the effects of selected interventions*. Synopses of Conservation Evidence Series. Cambridge, UK: University of Cambridge.
- Shaltiel, L. and Coll, M.** (2004). Reduction of pear Psylla damage by the predatory bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The importance of orchard colonization time and neighboring vegetation. *Biocontrol Science and Technology* 14: 811-821.

- Shaltiel-Harpaz, L., Gerling, D., Graph, S. et al** (2016). Control of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), in open-field tomatoes by indigenous natural enemies occurring in Israel. *Journal of Economic Entomology* 109: 120-131.
- Shapira, I., Rosenfeld, A., Rothschild, A. et al.** (2017). Herbaceous vegetation enhancement increases biodiversity in a wine-producing vineyard in Israel, promoting shifts in agricultural practices in other vineyards. *Conservation Evidence* 14: 10-15.
- Shave, M.E., Shwiff, S.A., Elser, J.L. et al.** (2018). Falcons using orchard nest boxes reduce fruit-eating bird abundance and provide economic benefits for the fruit-growing region. *Journal of Applied Ecology* 55: 2451-2460.
- Shennan, C.** (2008). Biotic interactions, ecological knowledge and agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 363: 717-739.
- Shennan, G., Bgoldman, L. and Gzalom, B.** (2001). Profiles of California farmers by degree of IPM use as indicated by self-descriptions in a phone survey. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 84: 267-275.
- Shwartz, A., Turbe, A., Julliard, R. et al.** (2014). Outstanding challenges for urban conservation research and action. *Global Environmental Change* 28: 39-49.
- Skinner, J. A., Lewis, K. A., Bardon, K. S. et al.** (1997). An overview of the environmental impact of agriculture in the U.K. *Journal of Environmental Management* 50: 111-128.
- Smith, R.F. and Allen, W.W.** (1954). Insect control and the balance of nature. *Scientific American* 190: 38-42.
- Sokos, C.K., Mamolos, A., Kalburtji, K.L. et al.** (2013). Farming and wildlife in Mediterranean agroecosystems. *Journal for Nature Conservation* 21: 81-92.
- Sosnoskie, L.M., Herms N.P. and Cardina, J.** (2006). Weed seedbank community composition in a 35-yr-old-tillage and rotation experiment. *Weed Science* 54: 263-273.
- Sotherton, N.W.** (1998). Land use changes and the decline of farmland wildlife: an appraisal of the set-aside approach. *Biological Conservation* 83: 259-268.
- Stassart, P., M., P. Baret, V., J.-C. Grégoire, et al.** (2012). Trajectoire et potentiel de l'agroécologie, pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In: Vandam, D., Streith, M., Nizet, J. and Stassart, P. M., (Eds.). *Agroécologie*, entre pratiques et sciences sociales. Dijon: Educagri. 25-51 pp. Retrieved from: <https://tinyurl.com/yyn5octn>.
- Stahlschmidt, P., Hahn, M. and Brühl, C.A.** (2017). Nocturnal Risks-High Bat activity in the agricultural landscape indicates potential pesticide exposure. *Frontiers in Environmental Science* 5: 62-71.
- Stavi, I. and Lal, R.** (2015). Achieving zero net land degradation: challenges and opportunities. *Journal of Arid Environments* 112: 44-51.
- Steffan-Dewenter, I. and Tscharnkte, T.** (2000). Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecology Letters* 3: 449-456.
- Sterly, S., Jongeneel, R., Pabst, H. et al.** (2018). A comparative analysis of global agricultural policies: lessons for the future CAP. A policy document submitted to the AGRI Committee - European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Stevenson, J. R., Serraj, R. and Cassman, K. G.** (2014). Evaluating conservation agriculture for small-scale farmers in sub-Saharan Africa and South Asia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 187: 1-10.
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J. et al.** (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365.
- Stoate*, C., Báldi, A. and Beja, P.** (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *Journal of Environmental Management* 91: 22-46.
- Stokstad, E.** (2013). The war against weeds down under. *Science* 341: 734-736.
- Strange, R.N. and Scott, P.R.** (2005). Plant disease: A threat to global food security. *Annual Review of Phytopathology* 43: 83-116.
- Struik*, P.C. and Kuyper, T.W.** (2017). Sustainable intensification in agriculture: the richer shade of green. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37: 39-54.
- Sulemana, I. and James, H.S.** (2014). Farmer identity, ethical attitudes and environmental practices. *Ecological Economics* 98: 49-61.
- Sulima, K.** (21.06.17). Overview of agro-environmental policy in the European Union and future plans. A lecture presented at the ENPARD workshop, Bet Dagan.
- Sutherland, L.A., Gabriel, D., Hathaway-Jenkins, L. et al.** (2012). The 'Neighborhood Effect': A multidisciplinary assessment of the case for farmer co-ordination in agri-environmental programmes. *Land Use Policy* 29: 502-512.
- Swift, M.J., Izac, A.M.N., van Noordwijk, M.** (2004). Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes –are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113-124.
- Szöcs, E., Brinke, M., Karaoglan, B. et al.** (2017). Large scale risks from agricultural pesticides in small streams. *Environmental Science & Technology* 51: 7378-7385.
- Tabaglio, V., Gavazzi, C., Schulz, M. and Marocco, A.** (2008). Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 397-401.
- Tanner, S., Katra, I., Haim, A. et al.** (2016). Short-term soil loss by eolian erosion in response to different rain-fed agricultural practices. *Soil & Tillage Research* 155: 149-156.

- Tayleur, C., Balmford, A. Buchanan, G.M. et al** (2017). Global coverage of agricultural sustainability standards, and their role in conserving biodiversity. *Conservation Letters* 10: 610-618.
- Teasdale, J.R., Brandsæter, L.O., Calegari, A. and Skora Neto, F.** (2007). Cover Crops and Weed Management. In: Upadhyaya, M. K. and Blackshaw, R.E. (eds.), *Non-chemical Weed Management Principles, Concepts and Technology*. Wallingford: CABI.
- Tepper, Y., Rosen, B., Haber, A. et al.** (2017). Signs of soil fertigation in the desert: A pigeon tower structure near Byzantine Shivta, Israel. *Journal of Arid Environments* 145: 81-89.
- Thies, C. and Tschardtke, T.** (1999). Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* 285: 893-895.
- Thirkell, T.J., Charters, M.D., Elliott, A.J. et al.** (2017). Are mycorrhizal fungi our sustainable saviours? Considerations for achieving food security. *Journal of Ecology* 105: 921-929.
- Thomas, M.B.** (1999). Ecological approaches and the development of "truly integrated" pest management. *PNAS* 96: 5944-5951.
- Thomas, G.A., Titmarsh, G.W., Freebairn, D.M. et al.** (2007). No-tillage and conservation farming practices in grain growing areas of Queensland – a review of 40 years of development. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47: 887-898.
- Thoyer, S.** (21.06.17). Agri-environmental measures in the EU common agricultural policy and their impact. A lecture presented at the ENPARD workshop, Bet Dagan.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., et al.** (2001). Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Tilman*, D., Cassman, K.G., Matson, P.A et al.** (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Timmermans, B. and Achten, W.** (2018). From value-added tax to a damage and value-added tax partially based on life cycle assessment: principles and feasibility. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23: 2217-2247.
- Tittonell, P., Klerkx, L., Baudron, F. et al.** (2016). Ecological intensification: local innovation to address global challenges. *Sustainable Agricultural Review* 19: 1-34.
- Tomasetto, F., Tylianakis, J.M., Reale, M. et al.** (2017). Intensified agriculture favors evolved resistance to biological control. *PNAS* 144: 3885-3890.
- Tomich*, T.P., Brodt, S., Ferris, H. et al.** (2011). Agroecology: a review from global-change perspective. *Annual Review of Environment and Resources* 36: 193-222.
- Topaz, T., Egozi, R., Eshel, G. et al.** (2018). Pesticide load dynamics during storm water flow events in Mediterranean coastal streams: Alexander stream case study. *Science of the Total Environment* 625: 168-177.
- Treves, A., Jurewicz, R.L., Naughton-Treves, L. et al.** (2009). The price of tolerance: wolf damage payments after recovery. *Biodiversity and Conservation* 18: 4003-4021.
- Trewavas*, A.** (2001). Urban myths of organic farming. *Nature* 410: 409-410.
- Trewavas, A.** (2004). A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection* 23: 757-781.
- Trimble, S.W. and Crosson, P.** (2000). U.S. soil erosion rates – myth or reality. *Science* 289: 248-250.
- Triplett, G.B. and Dick, W.A.** (2008). No-tillage crop production: A revolution in agriculture! *Agronomy Journal* 100: S153-S165.
- Troupin, D. and Carmel, Y.** (2014). Can agro-ecosystems efficiently complement protected area networks? *Biological Conservation* 169: 158-166.
- Tschardtke, T., Klein, A.M., Kruess, A. et al.** (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857-874.
- Tschardtke, T., Bommarco, R., Clough, Y. et al.** (2007). Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale. *Biological Control* 43: 294-309.
- Tschardtke, T., Clough, Y., Wagner, T.C. et al.** (2012). Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation* 151: 53-59.
- Tschardtke, T.** (2011). Landscape: moderation of biodiversity patterns and process. An invited lecture presented at the 9th Nekudat Chen annual conference.
- Tschardtke, T.** (2011a). Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 143: 37-44.
- Tschardtke, T., Milder, J.C., Schroth, G. et al.** (2015). Conserving biodiversity through certification of tropical agroforestry crops at local and landscape scales. *Conservation Letters* 8: 14-23.
- Tschumi, M., Albrecht, M., Entling, M.H. et al.** (2015). High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. *Proceedings of the Royal Society series B* 282: 1-8.
- Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K. et al.** (2017). Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Science* 356: 1395-1397.
- Tuck*, S.L., Winqvist, C., Mota, F. et al.** (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 51: 746-755.
- Tuomisto, H.L., Hodge, I.D., Riordan, P. et al.** (2012). Does organic farming reduce environmental impacts? – A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* 112: 309-320. UC Davis Agricultural Sustainability Institute — ASI. Retrieved from: <https://asi.ucdavis.edu/>.

- UNEP**, 2014. Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. US Congress. Food, Agriculture, Conservation, and Trade Act, *Public law* (1990) Title XVI, Subtitle A, Section 1603. Government Printing Office, Washington DC, 101-624. Retrieved from: <https://tinyurl.com/y5u5o993>.
- US Congress** (1996). Federal agriculture improvement and reform act. *Public Law* 104-127.
- US-EPA** (2010). Defining Life Cycle Assessment (LCA). US Environmental Protection Agency. 171010. Retrieved from: <http://www.gdrc.org/uem/lca/lca-define.html>
- USDA (U.S. Department of Agriculture)** (2014). Adoption of Genetically Engineered Crops in the U.S. – Economic Research Service.
- van Bruggen, A.H.C., Sharma, K., Kaku, E. et al.** (2015). Soil health indicators and Fusarium wilt suppression in organically and conventionally managed greenhouse soils. *Applied Soil Ecology* 86: 192-201.
- van Bruggen, A.H.C. and Semenov, A.M.** (2000). In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology* 15: 13-24
- van Bruggen, A.H.C., Gamliel, A. and Finckh, M.R.** (2016). Plant disease management in organic farming systems. *Pest Management Science* 72: 30-44.
- Van Buskirk, J. and Willi, Y.** (2004). Enhancement of Farmland Biodiversity within Set-Aside Land. *Conservation Biology* 18: 987-994.
- Van den Berg*, J., Hilbeck, A. and Bøhn, T.** (2013). Pest resistance to Cry1Ab Bt maize: Field resistance, contributing factors and lessons from South Africa. *Crop Protection* 54: 154-160.
- Van Doren, D.M., Moldenhauer, W.C. and Triplett, G.B.** (1984). Influence of long-term tillage and crop rotation on water erosion. *Soil Science Society of America Journal* 48: 636-640.
- van Gils, S., van der Putten, W.H. and Kleijn, D.** (2016). Can above-ground ecosystem services compensate for reduced fertilizer input and soil organic matter in annual crops? *Journal of Applied Ecology* 53: 1186-1194.
- van Groenigen, J.W., Lubbers, I.M., and Vos, H.M.** (2014). Earthworms increase plant production: a meta-analysis. *Scientific Reports* 4 (6365): 1-7.
- van Lenteren, J.C., Bolckmans, K., Köhl, J., et al.** (2017). Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl*: 1-21.
- Vandermeer*, J. and Perfecto, I.** (2005). The future of farming and conservation. *Science* 308: 1257.
- Vandermeer, J.** (2009). *The Ecology of Agroecosystems*. Sudbury, MA: Jones & Bartlett.
- Vanloqueren, G. and Baret, P.V.** (2008). Why are ecological, low-input, multi-resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural 'lock-in' case study. *Ecological Economics* 66: 436-446.
- Vanloqueren, G. and Baret, P.V.** (2009). How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy* 38: 971-983.
- Vasileiadis, V.P.** (2017). Less pesticide rarely causes loss. *Nature Plants* 3: 1-2.
- Vatovec, C., Jordan, N. and S., Huerd** (2005). Responsiveness of certain agronomic weed species to arbuscular mycorrhizal fungi. *Renewable Agriculture and Food Systems* 20: 181-189.
- Verbruggen, E., Rölting, W.F., Gamper, H.A. et al.** (2010). Positive effects of organic farming on below-ground mutualists: large-scale comparison of mycorrhizal fungal communities in agricultural soils. *New Phytologist* 186: 968-979.
- Vessey, J.H.** (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 225: 571-586.
- Vickery, J.A., Feber, R.E. and Fuller, R.J.** (2009). Arable field margins managed for biodiversity conservation: A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 1-13.
- Vitousek, P.M., Naylor, R., Crews, T. et al.** (2009). Nutrient imbalances in agricultural development. *Science* 324: 1519-1520.
- Vogel, G.** (2017). Where have all the insects gone? *Science* 356: 576-579.
- von Caemmerer, S., Quick, W.P. and Furbank, R.T.** (2012). The development of C₄ rice: current progress and future challenges. *Science* 336: 1671-1672.
- Waggoner, P.E.** (1996). How much land can ten billion peoples spare for nature? *Daedalus* 125: 73-93.
- Walter, A., Finger, R., Huber, R. et al.** (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *PNAS* 114: 6148-6150.
- Ward, S. M., Cousens, R.D. and Bagavathiannan, M.V.** (2014). Agricultural weed research: A critique and two Proposals. *Weed Science* 62: 672-678.
- Warner, K.D.** (2005). Extending agroecology: Grower participation in partnership is key to social learning. *Renewable Agriculture and Food Systems* 21: 84-94.
- Warner, K.D.** (2007a). *Agroecology in Action: Extending Alternative Agriculture through Social Networks*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Warner, K.D.** (2007b). The quality of sustainability: Agroecological partnerships and the geographic branding of California winegrapes. *Journal of Rural Studies* 23: 142-155.

- Weiner, J.** (2003). Ecology – the science of agriculture in the 21st century. *Journal of Agricultural Science* 141: 371-377.
- Weiner, J.** (2017). Applying plant ecological knowledge to increase agricultural sustainability. *Journal of Ecology* 105: 865-870.
- Welbaum, G.E., Sturz, A.V., Dong, Z. et al.** (2004). Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 175-193.
- Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., McSpadden Gardener, B.B. and Thomashow, L.S.** (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 40: 309-48.
- Westerman, P.R., Liebman, M., Menalled, F.D.** (2005). Are many little hammers effective? Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) population dynamics in two and four year crop rotation systems. *Weed Science* 53: 382-392.
- Weston, L.A. and Duke, S.O.** (2003). Weed and crop allelopathy. *Critical Review in Plant Science* 22: 367-389.
- Weston, L.A.** (2005). History and current trends in the use of allelopathy for weed management. *HorTechnology* 15: 529-534.
- Wezel*, A., Bellon, S., Dore, T. et al.** (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 503-515.
- Wezel*, A. and Soldat, V.** (2009a). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7: 3-18.
- Wezel*, A., Casagrande, M., Celette, F. et al.** (2014). Agroecological practices for sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 34: 1-20.
- Wilby, A. and Thomas, M.B.** (2002). Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters* 5: 353-360.
- Whittingham, M.** (2011). The future of agri-environment schemes: Biodiversity gains and ecosystem service delivery? *Journal of Applied Ecology* 48: 509-513.
- Williams, N.M., Ward, K.L., Pope, N. et al.** (2015). Native wildflower planting support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. *Ecological Applications* 25: 2119-2131.
- Williams, M.M. and Boydston, R.A.** (2013). Crop seeding level: Implications for weed management in sweet corn. *Weed Science* 61: 437-442.
- Williams-Guillén, K., Perfecto, I. and Vandermeer, J.** (2008). Bats Limit Insects in a Neotropical Agroforestry System. *Science* 320: 70-71.
- Wilson*, A.** (2012). Water, power and culture in the Roman and Byzantine worlds: an introduction. *Water History* 4: 1-9.
- Winingar, S., Gadkar, V., Gamliel, A. et al.** (2003). Response of Chive (*Allium tuberosum*) to AM fungal application following soil solarization under field conditions. *Symbiosis* 35: 117-128.
- Winiwarter, V.** (2006). Soil scientists in ancient Rome. In: Warkentin, B.P. (Ed.). *Footprints in the soil: People and ideas in soil history*. The Netherlands: Elsevier.
- Wisler, G.C. and Norris, R.F.** (2005). Interactions between weeds and cultivated plants as related to management of plant pathogens. *Weed Science* 53: 914-917.
- Wolters, V.** (2001). Biodiversity of soil animals and its function. *European Journal of Soil Biology* 37: 221-227.
- Wood, D.** (1998). Ecological principles in agricultural policy: but which principles? *Food Policy* 23: 371-381.
- Wood, D. and Lenne, J.M.** (2005). 'Received Wisdom' in agricultural land use policy: 10 years on from Rio. *Land Use Policy* 22: 75-93.
- Woodcock, B. A., Bullock, J. M., Shore, R. F. et al.** (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science* 356: 1393-1395.
- World Bank** (2005). *Sustainable Pest Management: Achievements and Challenges*. Report No. 32714-GBI. Washington, DC: World Bank.
- Wu, Y., Xi, X., Tang, X. et al.** (2018). Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China. *PNAS* 115: 7010-7015.
- Wyse, D.L.** (1994). New technologies and approaches for weed management in sustainable agriculture systems. *Weed Technology* 8: 403-407.
- Xu, X.-M., Jeffries, P., Pautasso, M. et al.** (2011). Combined use of biocontrol agents to manage plant diseases in theory and practice. *Phytopathology* 101: 1024-1031.
- Yau, S.K., Bounejmate, M., Ryan, J. et al.** (2003). Barley-legumes rotations for semi-arid areas of Lebanon. *European Journal of Agronomy* 19: 599-610.
- Yitshak-Sade, M., Zlotnik, Y., Kloog, I. et al.** (2015). Parkinson's disease prevalence and proximity to agricultural cultivated fields. *Parkinson's Disease* 576564.
- Zaady, E., Katra, I., Shuker, S. et al.** (2018). Tree belts for decreasing aeolian dust-carried pesticides from cultivated areas. *Geosciences* 8: 286-300.
- Zeder, M.A.** (2008). Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. *PNAS* 105: 11597-11604.
- Zinngrebe, Y., Pe'er, G., Schueler, S. et al.** (2017). The EU's focus areas – How experts explain farmers' choice in Germany. *Land Use Policy* 65: 93-108.

Zhang, W., Lu, Y., van der Werf, W. et al. (2018). Multidecadal, county-level analysis of the effects of land use, Bt cotton, and weather on cotton pests in China. *PNAS* 115: E7700-E7709.

Zhu, Y., Chen, H. and Fan, H. (2000). Genetic diversity and disease control in rice. *Nature* 406: 718-722.

Zolti, A., Usyskin-Tonne, A., Hadar, Y. and Minz, D. (2019). Understanding the root microbiome for the benefit of agriculture. *Volcani Voice* 6: 9-12.

המהפכה הירוקה בחקלאות עזרה באספקת מזון לאוכלוסיית העולם שהלכה וגדלה בקצב מואץ ב-70 השנים האחרונות. מחיר ההצלחה היה, לא אחת, פגיעות שונות בסביבה ובטבע. מזה כ-20 שנה מתנהל דיון במסגרות שונות, אקדמיות ואחרות, כיצד ניתן להמשיך לייצר תוצרת חקלאית בכמות ובאיכות הנדרשות על-ידי אוכלוסיית העולם תוך הקטנת הבעיות הסביבתיות. זו למעשה מטרתה של האגרו-אקולוגיה. לרצון הזה שותפים חקלאים רבים, אנשי מחקר והדרכה, גורמי ממשל שונים והציבור הרחב. ועדיין שינוי חשוב זה לא קורה. ספר זה דן באפשרויות המעשיות להחליף פעולות של החקלאות השגורה (קונבנציונלית) בפרקטיקות אגרו-אקולוגיות; מביא ממצאים מהעולם ומישראל; משלב מבט מקצועי-מחקרי עם ממדים נוספים - נקודת המבט של החקלאי ושל המערכת האדמיניסטרטיבית-אסדרתית המלווה את החקלאות.

הספר נשען על עשרות מיזמים של תוכנית נקודת ח"ן, מיסודה של יד הנדיב שפועלת בישראל מזה 20 שנה, ועל הניסיון המצטבר של האגף לאגרו-אקולוגיה של משרד החקלאות.

פרופ' אבי פרבולוצקי הוא חוקר במחלקה למשאבי טבע במנהל המחקר החקלאי - מכון וולקני. מהחלוצים של המחקר היישומי האגרו-אקולוגי בישראל. ספר בעריכתו - "על צומח, בעלי חיים ואנשים: תורת ניהול המרעה בישראל" - יצא גם הוא בתמיכת תוכנית נקודת ח"ן.

