



הלכה ומעשה בגידול בעלי חיים במשק החקלאי

עורך: אלישע גוטויין

כרך ג':

מבואות

גידול דגי מאכל ודגי נוי

גידול דבורים



© כל הזכויות שמורות (2005) לאלישע גוטויין ולמשרד החינוך
התרבות והספורט, המנהל לחינוך התיישבותי ועליית הנוער

אין להעתיק, לשכפל, לצלם, להקליט, לאחסן במאגר מידע או להפיץ
ספר זה או קטעים ממנו בשום צורה ובשום אמצעי, אלקטרוני,
אופטי, או מכני (לרבות צילום, הקלטה, אינטרנט, ודואר אלקטרוני)
ללא אישור בכתב מאלישע גוטויין או ממשרד החינוך התרבות
והספורט, המנהל לחינוך התיישבותי ועליית הנוער.

הספר יצא לאור בסיוע קרן בונה-טרה

מסת"ב: 1-027-518-965 ISBN

עיצוב העטיפה: דוד מאיר
עימוד ועיצוב: טוני נגל

הוצאת 'מערכת'  קיבוץ דליה

נדפס בישראל, תשס"ה 2005
לוחות והדפסה: סדר-צלם תל-אביב

תוכן העניינים

5	מפתח לקיצורי מידות	42	והגורמים המשפיעים עליהן
6	רשימת המחברים	43	גורמים המשפיעים על הפנוטיפ
7	הקדמת העורך	44	על עבודת הטיפוח ועל המטפחים
9	מבואות	44	תכונות איכותיות ותכונות כמותיות
10	גידול חיות משק בעולם ובישראל / אלישע גוטויין	48	שוונות בביצועי הפרטים באוכלוסייה – הבסיס לעבודת הטיפוח
10	גידול חיות משק בעולם	55	תורשתיות
13	גידול חיות משק בישראל	56	שיטות טיפוח
15	גידול חיות משק ואיכות הסביבה / פנחס פיין ודני פלודה	77	בריאות חיות משק / אמיר בור
15	סוגי הפסולת הנוצרים במשק החי	77	מבוא
17	טיפול בפסולת רפת החלב	78	ממשק וטרינרי
18	טיפול בפסולת לולים	80	סוגי מחלות
19	עיבוד זבלים	88	שליבים בהתפתחות מחלה מדבקת
22	מחזור פסולות	91	נזקי מחלות במשק החקלאי
24	השפעות סביבתיות של זבלים ומחזורם	92	מניעת מחלות
26	גידול בעלי חיים בהלכה היהודית / זאב וייטמן	99	רפואת עדר
26	מעמד בעלי החיים ביחס לאדם	100	טיפול תרופתי בחיות משק
29	איסור צער בעלי חיים	102	הליכים כירורגיים במשקי בעלי חיים
32	הגבלות על גידול בעלי חיים בארץ-ישראל	103	המערך הווטרינרי בישראל
33	רביית בעלי חיים	105	רווחת בעלי החיים במשק החקלאי
34	טיפולם וטרינריים בבעלי חיים	106	מחלות שכיחות ומונחים מתחום הווטרינריה
35	הזנת בעלי חיים	113	גידול בעלי חיים על פי כללי החקלאות האורגנית / שי רייכר
37	שמירת שבת וחג במשק בעלי חיים	113	חקלאות אורגנית מהי?
38	כשרות בשר בעלי החיים ותוצרתם המיועדת לאכילה	115	חקלאות אורגנית בישראל
41	טיפול בעלי חיים / אלישע גוטויין	117	גידול פטמים ומטילות על פי התפיסה האורגנית
41	תכונות בעלות חשיבות חקלאית	120	גידול בקר לחלב, בקר לבשר וצאן על פי התפיסה האורגנית
		122	דבש ומוצרי מכוורת אורגניים
		126	גידול דגים אורגניים

מחלות ומזיקים ודרכי מניעה	206	129 גידול חיות משק	
טיפול בהם			
טיפול דגים	208	גידול דגי מאכל ודגי נוי	
רשימת מקורות ספרות עזר בעברית	216		
גידול דבורים			
גידול דבורים / חיים אפרת, יוסף	219	הזנת דגים / שנאן הרפז	130
סלבצקי, ארנון דג, תמר קצב		הזנת פגיות (לריות) במדגרה	131
מינים וגזעים של דבורים	220	הזנת דגים לאחר שלב המדגרה	133
המבנה החיצוני של גוף הדבורה	224	מבנה מערכת העיכול של הדגים	135
המבנה הפנימי של גוף הדבורה	234	מזונות מלאכותיים ודרכי הכנתם	141
כתות בדבורית	240	הזנת דגים הלכה למעשה	147
התפתחות הדבורה מביצה לבוגר	242	רביית דגים / ברטה סיוון	152
הדבורה כחקר חברתי	245	השפעת גורמים חיצוניים על הרבייה	153
ויסות חום (תרמורגולציה) בדבורית	254	בדגים	
מחזור החיים השנתי של הדבורית	255	המערכת האנדוקרינית כגשר ביוכימי	154
בתנאי הארץ		בין הסביבה לבין הגונאדות	
מרעה דבורים ומחזור שנתי של	256	המכלול היפותלאמוס-היפופיזה	156
הכוורת		הפעילות הגונאדוטרופית בדגים	159
גידול דבורים הלכה למעשה	260	הגונאדות	160
מחזור העבודות במכוורת - ממשק	267	שינויים עונתיים בפעולות הגונאדות	170
ייצור הדבש		הטלה מאולצת בדגים	171
רדיית הדבש	278	רבייה בדגי נוי	174
גידול מלכות	281	גידול דגים / גדעון חולתא	177
מחלות, טפילים ומזיקים במכוורת	289	ושנאן הרפז	
שימוש בדבורי דבש להאבקת	296	דגי המאכל העיקריים בישראל	178
גידולים חקלאיים בישראל		דגי הנוי העיקריים בישראל	190
מוצרי המכוורת	301	שיטות ממשק גידול דגים	195
		מחזור הגידול במדגה	201

מפתח לקיצורי מידות

ג'	-	גרם
ל'	-	ליטר
מ'	-	מטר
מ"ק	-	מטר קוב
ק"ג	-	קילוגרם
מ"ר	-	מטר רבוע
ס"מ	-	סנטימטר
מ"מ	-	מילימטר
מק"ל	-	מגה-קלוריה
מ"צ	-	מעלות צלזיוס
מ"ג	-	מיליגרם
סמ"ק	-	סנטימטר קוב
קמ"ש	-	קילומטר לשעה
מ"ל	-	מיליליטר

בפרק 'גידול דבורים', תמונות 1, 2, 3, 8, 9, 12, 13, לקוחות מהספר:

The Hive and the Honey Bee, Detant Publication, Detant & Sons. Hamilton Illinois. Edited by Jow M. Graham. 1992 edition.

תמונות 4, 5, 6, 7, 10, 11 לקוחות מספר בצרפתית: *Le Trait Rustica de l'Apiculture*, Editions Rustica.

רשימת המחברים

ד"ר יואב אהרוני	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
מר חיים אפרת	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
ד"ר אמיר בור	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
ד"ר אורי בנדהיים	וטרינר, מומחה לגידול ציפורי שיר.
ד"ר אורי בריגיא	בית הספר לרפואה וטרינרית ע"ש קורט.
ד"ר אלישע גוטויין	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
ד"ר ארנון דג	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
מר דניאל הוכמן	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
פרופ' שמואל הורוביץ	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
ד"ר שנאן הרפז	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
פרופ' דוד וולפנזון	הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית.
הרב זאב ויטמן	רבה הראשי של חברת "תנובה".
מר דניאל ורנר	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
פרופ' גדעון חולתא	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
ד"ר שלמה יהב	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
ד"ר חיים לייבוביץ'	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
ד"ר רונן מלצר	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
ד"ר ברטה סיון	הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית.
מר יוסף סלבצקי	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
מר גבי עדין	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
ד"ר פנחס פיין	מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי, משרד החקלאות.
מר דניאל פלודה	יועץ סביבתי.
ד"ר בנימין פרלמן	וטרינר, מומחה למחלות עופות.
ד"ר עמוס קול	וטרינר, מומחה למחלות סוסים.
ד"ר תמר קצב	הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל-אביב.
ד"ר עופר קרול	"החקלאית".
ד"ר ישראל רוזנבוים	הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית.
מר שי רייכר	הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית.
ד"ר עזרא שושני	שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.
מר יעקב שרף	משרד החינוך, האגף לחינוך התיישבותי ועליית הנוער.
פרופ' חיים תגרי	הפקולטה לחקלאות, המזון ואיכות הסביבה, האוניברסיטה העברית.

הקדמת העורך

וַיֵּדְדוּ בְּדִגְתָּ הַיָּם וּבְעוֹף הַשָּׁמַיִם
וּבְכָל חַיָּה הָרֹמֶשֶׁת עַל הָאָרֶץ
(בראשית א' 28)

גידול בעלי חיים מלווה את האדם משחר ההיסטוריה תוך שעיסוק זה מספק לו מזון, סיבים ומוצרים אחרים למיניהם. כמו לענפים אחרים בחקלאות, גם לגידול בעלי חיים נודעת השפעה על התרבות החומרית והרוחנית של האדם. יעידו על כך חפצי האמנות הרבים המתארים חיות משק, וכן משלים, סיפורים וכתבי דת העוסקים בחיי המגדלים על רגעי השמחה והצער שבהם.

כיום, הצלחה בגידול בעלי חיים דורשת, לבד מניסיון מעשי רב, גם ידע מעמיק בתחומים התומכים בעשייה בענף זה וביניהם: הזנה, רבייה, השבחה, בריאות וכלכלה. הצרכן של המוצרים מן החי ער, כיום יותר מתמיד, לאיכות המוצר אותו הוא רוכש, להשפעת גידול בעלי חיים על הסביבה ולרווחת חיות המשק. כדי לעמוד בדרישות הצרכן ולהצליח בתחרות מול מגדלים אחרים חייב כיום המגדל לגלות בקיאות בכל אותם תחומי ידע שהוזכרו.

"הלכה ומעשה בגידול בעלי חיים במשק החקלאי" הנה סדרת ספרי לימוד אשר נכתבה ונערכה עבור תלמידי בתי הספר החקלאיים בישראל, תוך שהיא באה לענות על דרישות תכנית הלימודים בבתי ספר אלה. לכתיבת סדרת ספרים זו קובצו מיטב המומחים בתחומים השונים אשר כיוונו את כתיבתם לא רק לתלמידי בתי הספר אלא גם לסטודנטים במכללות ובאוניברסיטאות, לאנשי מקצוע ולחקלאים מתקדמים. הרצאת הנושאים בפרקי הספר השונים מתבססת על ידע כללי הקיים בעולם בתחום חקלאות בעלי חיים תוך שילוב "הניסיון הישראלי" בנושאים אלה. נוכח המגבלה באספקת מזונות לבעלי חיים מייצור ישראלי מקומי והכורח לייבא חלק גדול מהם, הלכה והתפתחה בארץ חקלאות בעלי חיים אינטנסיבית, בה הגורם המגביל לייצור אינם תנאי הסביבה ומצאי המזון, אלא היכולת הביולוגית של חיית המשק לייצר.

בצד משקים העוסקים בגידול חיות משק שעיקר התוצרת מהן מיועדת למאכל, קרי בקר, עופות, צאן ודגים, הולכים וקמים בארץ משקים העוסקים בגידול בעלי חיים למטרות תחביב. כך הדבר בגידול סוסים, גידול ציפורי נוי וגידול דגי נוי. סדרת ספרי הלימוד הנוכחית עוסקת גם באלה.

היזמה להוצאת "הלכה ומעשה בגידול בעלי חיים במשק החקלאי" היא של מר ישראל ויסנשטרן ושל מר יוסף אלימלך, אנשי המנהל לחינוך התיישבותי ועליית הנוער במשרד החינוך, התרבות והספורט, אשר ללא עידודם ותמיכתם לא הייתה סדרת ספרים זו יוצאת לאור, ועל כך שלוחה להם תודה. הוצאת הסדרה נתמכה על ידי קרן בונה-טרה.

תודה מיוחדת למר שי רייכר, על הערותיו המועילות ועל עזרתו בעריכת הסדרה.

מבואות

גידול חיות משק בעולם ובישראל

אלישע גוטויין 10

גידול חיות משק ואיכות הסביבה

פנחס פיין ודני פלודה 15

גידול בעלי חיים בהלכה היהודית

זאב וייטמן 26

טיפול בעלי חיים

אלישע גוטויין 41

בריאות חיות משק

אמיר בור 77

גידול בעלי חיים על פי כללי החקלאות האורגנית

שי רייכר 113

גידול חיות משק בעולם ובישראל

אלישע גוטוין

גידול חיות משק בעולם



גידול חיות משק בא בעיקר כדי לספק לאדם מזון כבשר, חלב, ביצים ודבש, וכן מוצרי לוואי כעור, שער, צמר ושעווה. בנוסף, חיות משק משמשות כבהמות עבודה, משא ורכיבה. גידול חיות משק בעולם נעשה תחת קשת רחבה של צורות ממשק. בקצה אחד של מגוון הממשקים נמצא ממשק אקסטנסיבי בו ההשקעות במבנים וכוח אדם הן מזעריות, וקיום בעלי החיים תלוי כמעט לחלוטין במצאי של מרעה טבעי, כפי שהדבר קיים בגידול כבשים באזורים שונים באוסטרליה. בקצה השני של מגוון הממשקים קיים הממשק האינטנסיבי, הנהוג למשל בגידול חזירים או תרנגולות בחלק מארצות אירופה. בממשק כזה בעלי החיים ניזונים ממזון מוגש ותנאי הסביבה כטמפרטורה, לחות ותנאים סניטריים המבוקרים על ידי המגדל. בעבר, גידול חיות המשק נעשה בעיקר תוך שימוש במקורות מזון שאין האדם יכול לנצל כמרעה עשבוני (בקר, צאן, סוסים), שיירים (חזירים) ובעלי חיים וצמחים זעירים הגדלים במקווי מים מתוקים ובימים (דגים). כיום, גידול חיות במשק מודרני מתבסס בצורה נרחבת על שימוש במקורות מזון אותם יכול גם האדם לנצל באופן ישיר. דוגמה למקורות מזון אלה הם גרעיני חיטה, שעורה, תירס וסורגום, המשמשים ליצירת מזון מרוכז, או מרכיבים של תחליפי חלב המשמשים להגמעת עגלים וטלאים.

ארגון המזון והחקלאות של האומות המאוחדות (FAO) עוקב אחר מספר חיות המשק בעולם ואחר היקף ייצור מזונות ומוצרים מן החי, וזאת, תוך שימוש בנתונים סטטיסטיים המפורסמים מדי שנה על ידי המדינות השונות. פרסומי הארגון מופיעים בדפוס וכן באתר האינטרנט: <http://www.fao.org>.

על פי נתוני ה-FAO, בשנת 2002 מנתה אוכלוסיית העולם כ-6.1 מיליארד בני אדם. בשנה זו, היקף ייצור טבחות (גופת החיה לאחר שחיטה ללא העור, הראש, הרגליים, הזנב והאיברים פנימיים) מחיות משק ודגים היה 282,061,591 טון; היקף ייצור החלב בעולם היה 597,682,149 טון; היקף ייצור הביצים למאכל היה 53,518,172 טון ואילו ייצור הדבש בעולם עמד על 1,266,616 טון. על פי נתונים אלו, הייצור מחיות משק סיפק מדי יום, בשנת 2002, בממוצע

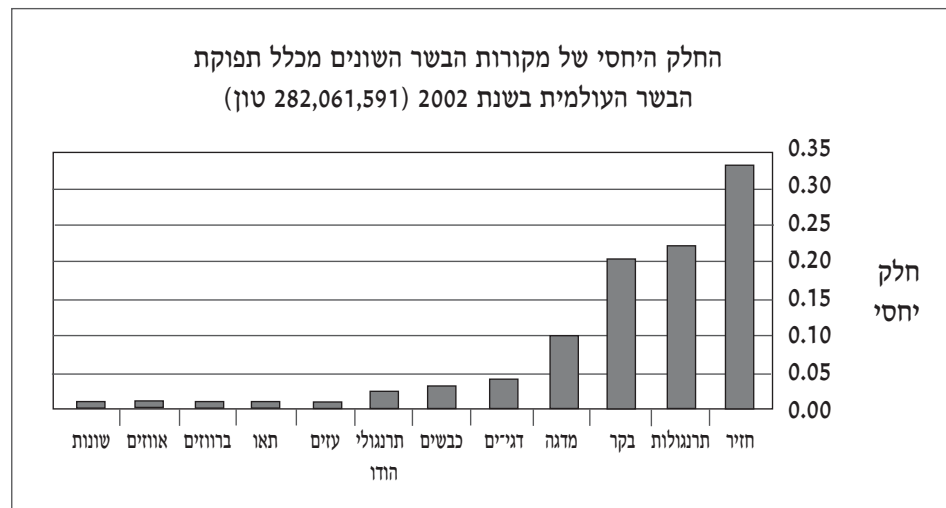
לכל אדם בעולם כ-130 ג' בשר טבחה (מספיק לייצור קציצת המבורגר אחת), כ-270 ג' חלב (כוס חלב), כ-0.4 ביצה וכחצי ג' דבש.

התפלגות הייצור מחיות משק אינה תואמת את החלוקה הדמוגרפית של אוכלוסיית העולם. כך למשל, על אף העובדה שבשנת 2002 כ-73% מאוכלוסיית העולם חייתה ביבשות אסיה ואפריקה, אזורים אלו ייצרו רק כ-36% מתפוקת החלב, כ-45% מתפוקת הבשר וכ-61% מתפוקת הביצים העולמית. לעומת זאת, אירופה ואמריקה הצפונית, אשר תושביהן מנו יחד רק כ-20% מאוכלוסיית העולם, ייצרו כ-52% מתפוקת החלב, כ-42% מתפוקת הבשר וכ-33% מתפוקת הביצים העולמית. גם אם תנועת הסחר העולמי תורמת למעבר מוצרים מאזור אחד למשנהו, הרי קיים פער גדול בין המדינות המפותחות לבין המדינות המתפתחות ברמת אספקת המוצרים מן החי לאוכלוסיות החיות בהן.

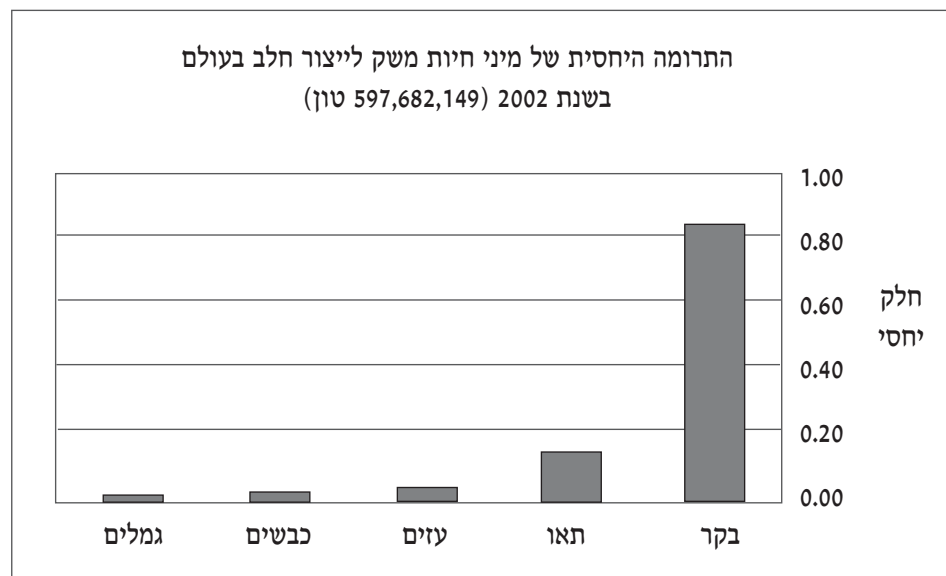
השוואה בין התפלגות האוכלוסייה בעולם בשנת 2002 לבין התפלגות הייצור מחיות משק

אזור	החלק היחסי מההיקף העולמי			
	אוכלוסייה	ייצור חלב	ייצור בשר	ייצור ביצים
אפריקה	0.13	0.05	0.05	0.04
אסיה	0.60	0.31	0.40	0.57
אירופה	0.12	0.36	0.21	0.18
אמריקה הצפונית	0.08	0.16	0.21	0.15
אמריקה הדרומית	0.06	0.08	0.11	0.05
אוקיאניה	0.01	0.04	0.02	0.01

קיימים הבדלים בתרומה היחסית של חיות המשק השונות לייצור הבשר בעולם. החזיר הוא מקור הבשר העיקרי בעולם ותרומתו היא כ-33% מכלל הייצור העולמי. עופות (22%) בקר (20%) ומדגה (10%) הם הבאים בתור מבחינת היקף תרומתם לייצור הבשר בעולם. דגת ים, צאן, תרנגולי הודו, עזים, תאו ועופות מים למיניהם תורמים כל אחד אחוזים בודדים לתפוקת הבשר העולמית. חיות משק נוספות כסוסים, חמורים, פרדים, גמלים, ארנבות, יונים, לאמות, אלפאקות וחיות בר המגודלות בשבייה (כאיילים) מהווים גם הם מקור לבשר, אולם כל אלה יחד תורמים רק כאחוז אחד מכלל הייצור בעולם.



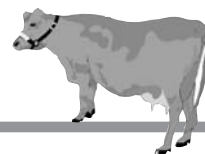
בעשר השנים שבין שנת 1991 לשנת 2000 גדלה אוכלוסיית העולם בכ-13%. בתקופה זו ייצור הבשר מחיות משק עלה בכ-27% ותפוקת דגי מים מתוקים עלתה בכ-87%. לעומת זאת, כמות הדגה שנתפסה בימים עלתה ב-10% בלבד, ערך הפחות משיעור גדילת האוכלוסייה העולמית. אם כאמור, קצב עליית ייצור הבשר היה גבוה בעשור האחרון של האלף השני מקצב הגידול של האוכלוסייה, הרי יש להבחין כי מגמת השינוי במינים השונים לא הייתה אחידה: חקלאות דגי מים מתוקים עלתה בחשיבותה וכן עלה ייצור בשר עזים. לעומת זאת, היקף ייצור בשר הכבש ירד באופן יחסי בתקופה האמורה בכ-10%.



רוב החלב בעולם (83% בשנת 2002) מיוצר על יד הבקר. שאר החלב נחלב מתאו, עזים, כבשים ומקצתו אף מגמלים. חלק מהחלב נצרך כנוזל אולם חלקו הגדול מופנה לתעשיית הגבינות ומוצרי החלב.

העלאת התפוקה ויעילות הייצור היו והנם היעדים העיקריים במחקר ובפיתוח של חקלאות מודרנית של חיות משק. בשנים האחרונות עלה בחשיבותו נושא אבטחת איכות המוצרים המופקים מן החי ומשמשים למאכל אדם. התפרצויות של מחלות הגורמות לניוון מערכת העצבים, כגון מחלת "הפרה המשווגעת" בבקר ומחלת הסְקְרִיפִּי (Scrapie) בצאן, הדגישו את חשיבותה של הבקרה המדוקדקת על בריאות חיות המשק. נושא חשוב נוסף אשר רמת העניין בו עלתה בשנים האחרונות בהקשר של גידול חיות משק הוא רווחת החיה. הולכת וגוברת המודעות לכך שגידול בעלי חיים בתנאי שבי צריך להיעשות בתנאים בהם הסבל הנגרם לחיות המוחזקות יהיה מועט ככל האפשר. התנגדות לכליאת תרנגולות מטיילות בסוללות הטלה או הצבת הגבלות על צפיפות ומרחקי נסיעה בעת הובלת בעלי חיים מהמשקים לבתי המטבחים הן רק חלק מהדוגמאות לשינוי בגישה לטובת רווחת בעלי החיים.

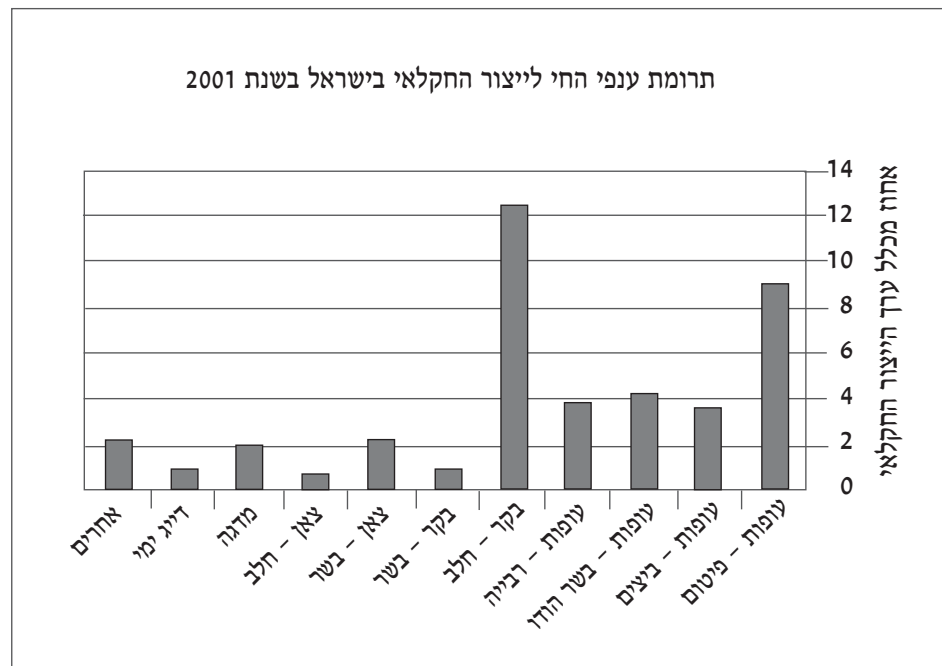
גידול חיות משק בישראל



חלקה של החקלאות בכלכלת ישראל

בניגוד לארצות מתפתחות שם העיסוק בייצור מזון לאוכלוסייה מהווה חלק נכבד מהכלכלה הלאומית, הרי בארצות מפותחות חלקה של החקלאות בכלכלת המדינה קטן. התעשייה, המסחר, התיירות והשירותים הם התחומים העיקריים התורמים לכלכלת המדינות המפותחות. מבחינה זו, אין ישראל שונה ממדינות מפותחות אחרות. כלל ערך הייצור החקלאי בישראל הסתכם בשנת 2001 בכ-13.9 מיליארד שקל, והוא היווה כ-1.6% בלבד מהתוצר הלאומי הגולמי. על אף ההכפלה בערך הייצור החקלאי והגדלת הפריון בעשור האחרון של האלף השני, הרי התרומה היחסית של החקלאות לכלכלת המדינה הייתה בתקופה זו במגמת ירידה, וזאת עקב עליית תרומתם היחסית של ענפי הייצור, המסחר והשירותים.

חלקם של ענפי בעלי החיים השונים בחקלאות ישראל: מסך הייצור החקלאי, ענפי הצומח (גידולי שדה, ירקות, מטעים ופרחים) תורמים כ-54% וענפי החי כ-46%. הבקר לחלב וענף הפטמים הן השלוחות המובילות בענפי החי.



חקלאות בעלי החיים בישראל כספק של הצריכה המקומית

מבין סוגי הבשר השונים, בשר עוף הוא הבשר הנצרך ביותר בישראל. במהלך שנת 1999 צרך כל אזרח בישראל בממוצע כ-57 ק"ג בשר עוף, זאת בהשוואה לצריכה של כ-16 ק"ג בשר בקר, כ-13 ק"ג דגים וכ-2 ק"ג בשר צאן באותה שנה. מבין שאר המוצרים מן החי, הצריכה הממוצעת לנפש באותה שנה הייתה כ-225 ביצים, כ-62 ל' חלב בקר וכ-2 ל' חלב צאן. הייצור בישראל מספק את כל הצריכה המקומית של חלב, ביצים ובשר עוף. לעומת זאת, רק כ-54% מצריכת בשר הבקר, כ-37% מצריכת הדגים וכ-90% מצריכת בשר הצאן מקורם בייצור מקומי. את החסר משלים המשק על ידי ייבוא מארצות העולם.

הזנת עופות מבוססת רובה ככולה על גרעינים. אצל מעלי הגירה בממשק האינטנסיבי הגרעינים מהווים כמחצית ממנת המזון. הדיון בסוגיה של אספקה מקומית של מזון מן החי בישראל לא יהיה שלם אם לא יילקח בחשבון כי כ-96% מהגרעינים המשמשים להזנת חיות משק, כגון שעורה, תירס, סורגום, חיטה, שעורה וכותנה, מקורם בייבוא, בעיקר מארצות הברית.

ייעודה העיקרי של חקלאות בעלי החיים בארץ הוא אספקת הצריכה המקומית למזון. יחד עם זאת, קיים גם ייצוא של תוצרת משק החי. בחלק מהמקרים מדובר במכירה של עודפי ייצור, כמו במקרה של ייצוא ביצי מאכל למשל. במקרים אחרים מדובר בתעשייה גדלה והולכת של מוצרים ייחודיים בעלי ערך כלכלי גבוה יחסית בשוקי העולם: גבינות ומוצרי חלב המיועדים לשוק הכשר, דגים יקרים, סרטנים ואפילו דגי נוי.

גידול חיות משק ואיכות הסביבה

פנחס פיין ודני פלודה

סוגי הפסולת הנוצרים במשק החי



ייצור פסולת במשק החי מהווה חלק בלתי נפרד משגרת גידול בעלי החיים. לעתים, כמות הפסולת הנוצרת היא כה גדולה עד כי הטיפול בה מהווה חלק משמעותי מהפעילות במשק. ניתן לסווג את סוגי הפסולת הנוצרים במשק החי לארבע קבוצות: זבלים, שפכים, פגרים ושאריות מזון.

זבלים

זבלים נוצרים מהצטברות ההפרשות המוצקות של בעלי חיים, והם מהווים את נפח הפסולת העיקרי המיוצר במשק החי. המושג "זבל" מתייחס בעיקר לפסולת מוצקה, אולם הזבל עשוי להיות גם במצב מוצק למחצה, בדומה לעיסה. על פי רוב מצטבר הזבל על רצפת בית הגידול – הרפת, הלול, הדיר – או בחצר המכלאה, ומשם הוא נאסף אחת לתקופה. אופן איסוף הזבל משתנה בהתאם לענף, לממשק ולסוג המבנה. כמויות ממוצעות של פרש המיוצר במשך שנה על ידי חיות המשק לסוגיהן מוצגות להלן:

בעל החיים	משקל הבוגר (בק"ג)	פרש גולמי (ק"ג/שנה)	פרש מוצק (ק"ג/שנה)
פרה	500	18,250	2,482
כבש	60	1,396	411
תרנגולת	2	53	20
חזיר	90	1,100	279

שפכים

אלה כוללים הפרשות נוזליות של בעלי החיים, את החלק הרטוב של הפרש המוצק, וכן מי שטיפה ומי גשמים הנאספים מחצר המשק. השפכים נאספים במערכת ניקוז ומוזרמים בצנרת לבריכות אגירה או למערכות ביוב. לאחר טיהור מתאים ניתן להשתמש במי השפכים כקולחים מטוהרים לחקלאות.

על פי רוב, סך כל כמות הזבל והשפכים המתאספת במשק קטנה מהכמות המופרשת בפועל על ידי בעלי החיים. ההבדל נובע מאובדן מים כתוצאה מהתאדות ומתהליכי התפרקות החלים בפרש כשהוא מצטבר. לכן, כאשר דנים בזבלים ושפכים של משק החי, אין מתייחסים לכמויות המיוצרות על ידי בעלי החיים אלא לכמויות המצטברות בפועל. האחרונות מבטאות בנפח ליחידת ייצור. להלן אומדנים לערכים מקובלים של כמויות זבל שנתיות המצטברות במשקי החי השונים והערכה של כמות הזבל המיוצרת בארץ בשנה:

הענף	יחידת הייצור	כמות הזבל/יחידה (מ"ק/שנה)	סך כל כמות הזבל בארץ (מ"ק/שנה)
רפת חלב	פרה חולבת	10	1,100,000
עגלים לפיטום	ראש בקר	1.5	380,000
לולי הטלה	2,000 מטילות	30	175,000
לולי פיטום	1,000 טון בשר/שנה	1,000	360,000
עופות (כולל הודים ואווזים)			765,000

פגרים

את פגרי בעלי החיים המתים במהלך הגידול כתוצאה ממחלות או תאונות (ולא בשחיטה בתום הגידול) יש להרחיק מתחום המשק. פגרי בהמות הם גדולים יחסית, והשיטה המומלצת לסילוקם היא באמצעות שרפה. פגרי בהמות מכל הארץ מסולקים כיום לאתר מרכזי הנמצא במפרץ חיפה, בו מופעלת משרפה שבה משמידים את הפגרים באופן מבוקר.

בענף העופות שיעורי התמותה גבוהים יחסית: בפטמים ממוצע התמותה הוא כ-5%, ומכאן, כמות הפגרים בכל משק גדולה יחסית. מחשש להפצת מחלות אין פגרי העופות מסולקים לאתר ארצי מרכזי, אלא מטופלים במתקן מקומי בסמוך לכל לול.

קיימות שלוש שיטות עיקריות לסילוק פגרי עופות:
א. הטמנה בבור רקב; ב. שרפה; ג. קומפוסטציה.

אם הפעולה מבוצעת כהלכה, כל שלוש השיטות מבטיחות סניטציה מלאה והשמדה של גורמי מחלה אפשריים.

שאריות מזון

במשק החי מצטברות שאריות של מזון מוגש הגולש מהאבוסים או מתאי ההאכלה. במקרים מסוימים מצטברות כמויות גדולות של מזון שנפסל או התקלקל ואינו מתאים עוד לשימוש. על פי רוב, שאריות המזון מתערבבות עם הזבל ומפונות יחד.

טיפול בפסולת רפת החלב



כמויות הזבל בענף הרפת הן המשמעותיות ביותר מבין ענפי החי בארץ. הצטברות זבל ושפכים בתוך מבנה הרפת מתרחשת באזורי הרפת השונים.

אזור המרבץ

ברוב הרפתות נמצאות הפרות במשך מרבית היום באזור המרבץ – תחת סככות או בחצרות פתוחות. בממשק המקובל במרבית הרפתות בארץ נהוג לרפד את אזור המרבץ בחומרי ריפוד מסוגים שונים, כגון קש או פסולת נייר. הריפוד מיועד לקלוט את הפרש, לספוג אותו ולזרז את ייבושו. בצורה זו מצטברת על רצפת אזור המרבץ שכבה של זבל, שהיא תערובת של חומר הריפוד והפרש. אחת לתקופה, בדרך כלל פעמיים בשנה, גורפים את הזבל מן הסככות ומן החצרות. ברפתות מסוימות ממעטים בהוספת חומרי ריפוד ומסתייעים במאווררים חשמליים כדי לייבש את שכבת הזבל. בעת הפינוי, הזבל מהסככות ומהחצרות הוא יבש יחסית ונוח מאוד לעיבוד.

אזור המדרכים

מרבית מבני הרפת בנויים כך שבעת האכילה הפרות עומדות על מדרכים יצוקים בטון. מאחר והפרות נוטות להפריש בעת האכילה, מצטברת שכבת זבל טרי על המדרכים. זהו זבל רטוב יחסית, במצב של עיסה. אחת ליום או יומיים גורפים את הזבל באמצעות טרקטור אל קצה המדרך, לצורך איגום או המשך טיפול. ברפתות משוכללות, המדרכים נשטפים במים מספר פעמים ביום והפרש מוזרם לצורך המשך הטיפול בו.

בכמה רפתות נבנו סככות בשיטה של תאי רביצה. בסככות אלו אין אזור מרבץ, ובמקומו יש שורת תאים שכל אחד מהם מתאים לרביצה של פרה בודדת. הפרה רובצת בתוך התא והפרשותיה בזמן הרביצה זורמות אל המדרך. לפיכך, ברפתות אלו כל הזבל מצטבר במדרכים. הזבל הנגרף (או הנשטף) מן המדרכים מטופל באחת משתי דרכים:

א. אגירה במעצרה או במשטח המיועדים למטרה זו;

ב. סחיטה של עודף הנוזלים מהזבל באמצעות מפרדה מכנית.

הזבל עצמו נאגר ומפונה מדי פעם, בדרך כלל למשטח קומפוסטציה. מפרדה היא מתקן לטיפול בזבל הרטוב. קיימים דגמים שונים של מפרדות מכניות, ומטרת כולן זהה: לקלוט זבל רטוב מאוד ואפילו נוזלי לחלוטין, ולהפריד אותו לזבל מוצק ולשפכים. מפרדות מכניות יכולות לפעול על בסיס סחיטה, סינון, צנטריפוגציה ועוד. המפרדה מוצבת בחצר הרפת והזבל מוזרם אליה בתעלות פתוחות. אם הזבל אינו נוזלי דיו, מוסיפים לו מים כדי שיזרום ביתר קלות בתעלות. מתחת למפרדה יש משטח קליטה לזבל המוצק. זבל המפרדה מבוקש במיוחד לייצור קומפוסט. השפכים היוצאים מהמפרדה מוזרמים למערכות טיפול מתאימות.

אזור המחלוב

שהיית הפרות בהמתנה לחליבה ושטיפת הפרות ומתקני החליבה מייצרים בעיקר שפכים נוזליים. ברפתות עם מפרדה השפכים מוזרמים אל המפרדה. ברפתות ללא מפרדה השפכים מוזרמים למערכת הביוב.



טיפול בפסולת לולים

בגידול עופות לפיטום מצטבר הפרש על רצפת הלול. בתחילת מחזור הגידול מפזרים רפד (בדרך כלל נסורת עץ) על הרצפה. בתום מחזור הגידול, כעבור כשישה שבועות, מנקים את רצפת הלול ומפנים את שכבת הזבל והרפד. הזבל מלולי הפטם יבש ומפורר, ועשיר מאוד בחנקן ובזרחן. חלקו משמש להזנת בקר וחלקו לזיבול. לולי ההודים אינם מרופדים ומשך מחזור הגידול שם הוא כשנה. הזבל נאסף מהקרקע עם סיום מחזור הגידול ונחשב לפחות איכותי מזבל הפטם. עיקר השימוש בו לזיבול.

בלולי ההטלה התרנגולות שוהות בכלובים הערוכים בסוללות. הלשלת נופלת מהכלובים ומצטברת בשכבה עבה על הרצפה מתחת לסוללות. הזבל מפונה פעם עד שלוש פעמים בשנה, על פי רוב בעבודת ידיים. בלולי ההטלה לא משתמשים ברפד, והזבל נותר רטוב למדי. השימוש בו הוא לזיבול בלבד.

עיבוד זבלים



השימוש בזבל ממשק החי היה מאז ומתמיד חלק מהתרבות החקלאית של האדם. זבל בהמות שימש לזיבול השדות והיה המרכיב המרכזי בהזנת גידולים. רק בתחילת המאה העשרים, עם פיתוח הדשנים הכימיים, פחת השימוש בזיבול לטובת הדישון הכימי שהוא קל יותר ליישום. בעת האחרונה עולה שוב החשיבות של שימוש בזבלים, וזאת הודות להתפתחות טכנולוגיות מתקדמות לעיבודם. כמו כן, הולכת ומתבררת התועלת הרבה שיש בזיבול בכל הקשור לפוריות הקרקע, בעיקר בהקשר לחקלאות אורגנית.

במקרים רבים מקובל לפזר בשדה זבל טרי, ללא כל טיפול. זבל מוצק ניתן לפיזור באמצעות מפזרות זבל או בעבודה ידנית. זבל נוזלי מפזרים באמצעות עגלות פיזור מיוחדות, המצוידות בממטרות או בפיות לפיזור הנוזל. במקרים אחרים מעדיפים לעבד את הזבלים לפני השימוש בהם. העיבוד משפר את איכות הזבל, מקל את פיזורו ומאפשר לאחסנו לתקופה ממושכת. על מספר שיטות לעיבוד זבלים, להלן.



ייבוש

זוהי השיטה הפשוטה והבסיסית ביותר לעיבוד זבלים. הייבוש אפשרי רק בקיץ. במהלך החורף יש לאגור את הזבל בערמות או במאגרים עד לבוא הקיץ. לצורך הייבוש פורשים את הזבל על משטחים וממתינים עד להתייבשותו במהלך מספר שבועות. להאצת הייבוש, חורשים את שכבת הזבל באמצעות קלטרת או הופכים אותה עם "שופל" מספר פעמים. הזבל היבש מפוזר לאחר מכן בשדה.

שיטת הייבוש לעיבוד זבלים נעשית פחות מקובלת במשק החי בארץ בגלל חסרונותיה הרבים: היא דורשת שטח רב, העיבוד מלווה במטרדי זבובים וריח, לא ניתן ליישמה בחורף והתהליך ממושך. הזבל המיובש אינו מעוקר מגורמי מחלה שונים ומזרעים של עשבי בר ולכן ערכו לחקלאות אינו גבוה.



כיפתות

הכיפתות הוא תהליך תעשייתי בו הזבל עובר תהליך עיבוד קצר המשפר את ערכו ואת התאמתו לשימוש חקלאי. מכונה לוחצת את הזבל בלחץ גבוה ובטמפרטורה גבוהה (כ-160°C) לתוך תבניות מיוחדות. הזבל מתהדק ויוצר גלילים דקים הנקראים כופתיות זבל. לייצור כופתיות משתמשים בתערובות מוגדרות של זבל רפת, זבל עופות ודשנים כימיים. כתוצאה מכך מתקבל מוצר תעשייתי בעל הרכב מוגדר וידוע מראש. לכופתיות ניתן להוסיף גם דשנים כימיים, ומקובל להעשיר אותן בזרחן. הזבל מעוקר בתהליך הייצור כתוצאה מהטמפרטורה הגבוהה

אליה הוא נחשף בתהליך. ניתן לפזר את כופתיות הזבל בשדה בקלות בעזרת ציוד דמוי מפזרת דשן. שילוב התכונות של מרקם נוח, הרכב מוגדר, היעדר גורמי מחלה, היעדר זרעים ופיזור נוח, מקנה לכופתיות הזבל ערך חקלאי רב.



תסיסה אל-אווירנית

תסיסה אל-אווירנית (אנאירובית) היא תהליך עיכול מיקרוביאלי של החומר האורגני בתנאים של היעדר חמצן. תוצר הפירוק הסופי העיקרי של התרכובות האורגניות הוא גז המתאן CH_4 . זהו גז דליק שניתן לנצל אותו לבעירה ולהפקת אנרגיה.

התסיסה האל-אווירנית חלה בסביבה מימית, בהיעדר חמצן ובטמפרטורה בתחום המזופילי (בין 20 ל-60 מ"צ). תהליך התסיסה מתרחש במשך מספר שבועות, כאשר הזבל מאוחסן במכל סגור או מאגר מתאים אחר. בתקופה זו משתחרר גז המתאן. לעתים, הגז המופק כתוצר לוואי מהתהליך נאסף לצורך הפקת אנרגיה. בתום תהליך התסיסה מתקבלת עיסה סמיכה (בוצה) שאינה מיוצבת דיה, בעיקר לא כאשר היא נחשפת לתנאים אווירניים. ייצוב נוסף של הבוצה מושג בייבוש או בקומפוסטציה. אזי היא נעשית נוחה לטיפול ויכולה לשמש לטיוב הקרקע. תהליך התסיסה מתאים במיוחד לטיפול בזבל נוזלי בתכולת רטיבות שמעל ל-85% אשר נוצר, לדוגמה, ברפתות הבנויות על טפחות או בחזירות. במשקים בהם קיימים מתקנים לתסיסה אל-אווירנית מוזרם הזבל אל המתקן בצנרת מתאימה. כדי לשפר את התהליך, המתקן כולל אמצעים לבחישת העיסה, מבערים לחימום המכל לטמפרטורה מיטבית לפעילות חיידקים (כ-36 מ"צ) ומערכות לאיסוף הגז. כאמור, גז המתאן הנפלט משמש בחלקו לחימום העיסה ובחלקו לשימושים אחרים, כמו ייצור קיטור להפקת חשמל על ידי טורבינה. מתקני תסיסה אל-אווירנית במשקי חי נפוצים במערב אירופה, הודו וסין. בשנות ה-80 נעשו בארץ ניסיונות להפקת אנרגיה באמצעות תסיסה אל-אווירנית של זבלי רפת אולם הפעלת המתקנים הופסקה מחוסר כדאיות כלכלית. כיום מוקמים בארץ מספר מתקנים חדשניים לתסיסה אל-אווירנית של זבלי רפת וחזירות (הפקת הגז נפוצה במתקנים לטיפול בבוצות שפכים).



קומפוסטציה

זו היא השיטה החשובה והמקובלת ביותר לעיבוד זבלים. קומפוסטציה היא תהליך אווירני ספונטני, שבו חומר אורגני מתפרק חלקית ומתייבש תוך כדי הפקת חום. לתהליך הקומפוסטציה משמשים חומרי גלם ממקור ביולוגי, כמו זבל של בעלי חיים, שאריות צמחים, שאריות מזון, אשפה אורגנית, בוצת שפכים ועוד. אלה מוערמים לערמות מוארכות. לתערובת מספקים תנאים נאותים של אוורור ורטיבות, המאפשרים פעילות מיקרוביאלית אווירנית נמרצת. התהליך נמשך מספר שבועות, במהלכם מתחממת הערמה עד 60 מ"צ ויותר. הדרישות הבסיסיות

לקיום תהליך הקומפוסטציה הן:

1. **רטיבות מספקת של חומרי הגלם.** התחום הרצוי הוא מ-55% ועד 65% רטיבות (על בסיס משקל טרי);
2. **אוורור תקין** הנדרש לצורך אספקת חמצן לפעילות המיקרואורגניזמים האווירניים;
3. **יחס נאות של פחמן:חנקן** בחומר הגלם, בין 1:15 ל-1:30, בהתאמה. היחס נדרש לצורך קבלת תנאים מיטביים לפעילות המיקרואורגניזמים ולהקטנה של אובדני החנקן בתהליך. כאשר היחס נמוך מהנדרש, חלק ניכר מהחנקן המצוי בזבלים אובד בנידוף כאמון גזי NH_3 ;
4. על החלקיקים של חומר הגלם להיות קטנים דיים כדי לחשוף שטחי פנים עליהם מתבצעת הפעילות המיקרוביאלית.

בתהליך הקומפוסטציה אפשר לאפיין שני שלבים עיקריים:

השלב התרמופילי – שלב המתחיל באופן ספונטני ונמשך שלושה עד שנים-עשר שבועות, בהתאם לסוג חומר הגלם, לתנאים ולטכנולוגיה. בתקופה זו מתחממת הערמה לטמפרטורות של 50 עד 70 מ"צ כתוצאה מהפעילות המיקרוביאלית הנמרצת. בשלב הזה חלים בזבל השינויים הכימיים והפיזיקליים העיקריים. כדי לקיים את התהליך יש צורך לעתים להפוך את הערמה באמצעות כלי היפוך ולשמור על רטיבות מתאימה תוך הוספת מים. התנאי לקיום התהליך (וזוהי המגבלה העיקרית של נפחים קטנים) הוא שימור החום הספונטני בערמה למשך זמן מספיק והתחממות חוזרת לאחר הרטבות והיפוכים חוזרים ונשנים.

שלב ההבשלה (curing) – הנמשך כארבעה עד עשרה שבועות נוספים. בתקופה זו החומר מתקרר ומתייצב.

קומפוסטציה ניתנת לביצוע באמצעים פשוטים כגון בערמות מוארכות (windrows), שאותן הופכים מספר פעמים באמצעים המצויים בכל משק חקלאי. בשיטה זו מערבים יחד את חומרי הגלם המיועדים לתהליך, ומציבים את התערובת בערמות מוארכות על גבי משטח סלול. גודל הערמות תלוי במתקן, והוא יכול להגיע לאורך של עשרות מטרים, לרוחב בסיס של שלושה-ארבעה מ', לגובה של שניים-שלושה מ' ולנפח כולל של 500 עד 1,000 מ"ק/ערמה. עם זאת, ניתן לבצע קומפוסטציה גם בערמות בנפח של עשר עד עשרים מ"ק ואף פחות.

מתקנים משוכללים לקומפוסטציה משלבים אמצעים לאוורור מאולץ (Forced aeration) ומתקני היפוך. ייעול וקיצור התהליך מושג באמצעות הזרמת אוויר (וחמצן) דרך הערמה. לצורך בקרה על ספיקת האוויר מותקנים חיישנים לחמצן ולטמפרטורה בתוך ערמת הקומפוסט באמצעותם מווסתים את ספיקת האוויר הנדרשת לפעילות מיקרוביאלית מיטבית בתוך הערמה. השיטות הללו מקובלות בעיקר במתקנים המטפלים בפסולת עירונית, כמו אשפה ביתית, ופחות במתקנים לטיפול בזבלים חקלאיים.

שיטת הקומפוסטציה המקובלת בארץ מבוססת על תערובות של זבל רפת, זבל עופות ופסולת

צמחית כגון קש או גזם מרוסק. היחסים הנפחיים בין המרכיבים השונים נקבעים על פי תכונות התערובת וגם לפי זמינותם. בתערובת מקובלת, זבל העופות תופס 10% עד 20% מהנפח, קש או גזם 20% עד 30% והיתר – זבל רפת. בפועל, קיים שוני רב בין קומפוסטים באשר ליחס בין המרכיבים השונים, וכן מוסיפים לקומפוסט מדי פעם גם סוגי פסולת נוספים. תהליך הקומפוסטציה בארץ נמשך כשלושה עד חמישה חודשים. במהלך העבודה הופכים את ערמת הקומפוסט פעם בשבוע עד פעם בשלושה שבועות באמצעות עגלה מזבלת או באמצעות מהפך מיוחד לקומפוסט. תוך כדי התהליך מרטיבים את הערמה לרמת הרטיבות הרצויה. חלק מהקומפוסטים עובר תהליך ניפוי לפני השיווק, דבר המשפר את איכות הקומפוסט ואת ניקיונו.

קומפוסט בשל, מוכן היטב הנו חומר אחיד, יציב, פריך, היגיני, צבעו כהה וריחו כריח אדמה פורייה. הטמפרטורה הגבוהה השורה במהלך התהליך מעקרת אותו מזרעי עשבים רעים ומגורמי מחלה אשר עלולים לפגוע בחי ובצומח. קומפוסט משמש כחומר מטייב קרקע בחקלאות ובגננות, ותועלתו היא באספקה של יסודות הזנה לצמחים, בשיפור האוויר של הקרקע, בשיפור רמת התלכוד של חלקיקיה ובדיכוי מחלות בקרקע ובמצעי גידול. הקומפוסט ניתן לאחסון לתקופה של מספר חודשים עד לשימוש.

מחזור פסולות



בנוסף לזבלי משק החי, החקלאות והתעשייה מייצרים גם פסולות נוספות כגון עודפי תוצרת, עלווה ונוף עצים הנגועים בגורמי מחלה, חלקים בלתי נאכלים של תוצרת חקלאית או כאלה שאינם נצרכים כמו עלווה של עגבנייה, מלון, תפוחי אדמה ועוד, פסולת פרחים, שלף כותנה, גזם מטעים, גזעי בונה, ענפים וסנסני תמרים, גפת ענבים וזיתים ועוד. סך כל כמויות הפסולת החקלאית בארץ נאמדות בכ־1.5 מיליון מ"ק/שנה. יערות הקק"ל מייצרים מדי שנה קרוב למיליון מ"ק של גזם, ואילו הגינון העירוני מייצר מדי שנה קרוב ל־10 מיליון מ"ק גזם. פסולות אלה מהוות איום אפשרי על איכות הסביבה. מחזור פסולות אלו לשימוש חקלאי מפחית את בעיות איכות הסביבה, ומהווה פתרון עדיף על פני הטיפול החלופיים כגון שרפה או הטמנה. התהליך המנצל בצורה המיטבית ביותר פסולות שונות ממקור אורגני הוא תהליך הקומפוסטציה. על סוגי הפסולת העיקריים הניתנים למחזור באמצעות קומפוסטציה, להלן.

אשפה ביתית

ניתן לייצר קומפוסט מאשפה ביתית גולמית. לשם כך, מנפים קודם את הפסולת הגסה. המקטע הדק, העובר בחורי הנפה, מכיל את רוב המרכיבים האורגניים – בעיקר שיירי מזון. מהמקטע הזה מייצרים את הקומפוסט. בארץ ישנם שני מפעלים המייצרים קומפוסט מאשפה

עירונית – בעפולה ובקרית־ביאליק. מאחר שהניפוי אינו מפריד לחלוטין את הפסולת לסוגיה, נותרים בקומפוסט שיירים זרים רבים, כגון זכוכית, מתכת, פלסטיק ועוד. באמצעות ניפוי נוסף ניתן לנקות את הקומפוסט לרמה המתאימה לשימוש חקלאי. במדינות המערב המפותחות אומצה השיטה של הפרדת האשפה בבתים. הפסולת האורגנית נצברת במכלים נפרדים, נאספת ומשמשת לייצור קומפוסט נקי ואיכותי. הפרדת האשפה במקור נמצאת בארץ עדיין בשלבי ניסיון.



שאריות מזון

הפסולת הנוצרת בשווקים, מסעדות, חדרי אוכל, מפעלי מזון, בתי אריזה וכד' היא חומר גלם מתאים לקומפוסטציה.



גזם ופסולת גינון

תקנות איכות הסביבה אוסרות על שרפה של גזם או על הטמנתו. הגזם מגנים בערים וביישובים מרוסק באמצעות מרסקות מיוחדות. לאחר הריסוק, הגזם הוא חומר גלם חשוב לקומפוסטציה. חשיבותו היא בעיקר ביכולתו לספוג רטיבות ולשמש כחומר מאוורר (Bulking agent). השימוש בגזם ובפסולת גינון בייצור קומפוסט הוא לצורך ערבובם עם פסולות רטובות, כגון זבל רטוב (מטילות) או בוצת שפכים. לתערובת יש תכונות משופרות של אוורור, המאיצות את תהליך הקומפוסטציה.



בוצות שפכים

זהו תוצר לוואי המתקבל בתהליך הטיפול בשפכים ביתיים. הבוצה היא חומר אורגני עשיר ביסודות הזנה ולכן היא מתאימה במיוחד ליישום בחקלאות. בוצה מכילה גורמי מחלה (פתוגנים) ממקור צואתי (וירוסים, חיידקים, חד־תאיים נוספים וטפילים) והיא מסווגת לשימושים חקלאיים בהתאם ליציבותה, לפירוק נוסף אפשרי, לניקיונה מגורמי מחלה, להיותה גורם למשיכת זבובים ובהתאם להרכבה הכימי (בעיקר תכולת חנקן וריכוזי מתכות כבדות). מרבית מתקני הטיפול בשפכים (מט"שים) פועלים כיום באמצעות מתקנים מכניים-ביולוגיים בהם פירוק החומר האורגני המגיע מהביוב (רמה ראשונית) נעשה על ידי מיקרואורגניזמים המתפתחים בביוב המטופל. אספקת החמצן לפעילות המיקרוביאלית ניתנת באמצעים מכניים.

בוצה שנוצרת בתהליך ביולוגי-אווירני היא למעשה מסה של חיידקים אשר נוצרה ברובה במתקן עצמו, והיא מכילה בחלקה הקטן גם מיקרואורגניזמים צואתיים. מהיותה תוצר התהליך הביולוגי השניוני, זוהי "בוצה שניונית". הבוצה מאוד בלתי יציבה, מסריחה מאוד, מושכת זבובים ומהווה מקור להתרבותם. כדי להתגבר על תופעות אלו, עוברת הבוצה עיכול אל-

אוורני (לעתים רחוקות יותר – עיכול אוורני), המפחית ביעילות את תכולת החומר האורגני הנדיף ואתו את הריחות המטרידים, את כמות הזבובים הנמשכים לבוצה ואת ריכוז החיידקים הצואתיים בה. הבוצה מוגדרת עתה כ"בוצה מעוכלת" או כ"בוצה סוג ב'", והיא מותרת לשימוש חקלאי מוגבל, בעיקר לגידולי מספוא, לתעשייה ולגידולים שאינם מיועדים למאכל ישיר על ידי האדם.

בוצות יכולות גם לעבור טיפול סניטרי מלא לסילוק פתוגנים לאדם ולחי ולהפחתה משמעותית של תכולת החומר האורגני הנדיף. במצב זה מוגדרות הבוצות כ"סוג א'", והן מותרות לשימוש בלתי מוגבל בחקלאות (אף על פי שנוטים במשרד הבריאות להגביל את השימוש בהן רק לגינון, ובעיקר בגינון ציבורי). התהליכים העיקריים לקבלת בוצה סוג א' הם: קומפוסטציה, כיפתות וטיפול בבוצה בסיד חי. הטמפרטורות הגבוהות הנוצרות בכל אחד מהתהליכים (בהתאמה: מהפעילות הביולוגית; מחום חיצוני ולחץ; מהמסת הסיד) גורמות לפסטור הבוצה. גורמי פסטור נוספים בבוצת הסיד הם ה-pH הבסיסי מאוד של התערובת (מעל 12) וריכוזי אמוניה גזית גבוהים הנוצרים בעת הערבוב. ייצור קומפוסט מבוצה מחייב ערבוב שלה עם גזם מרוסק ביחסים מתאימים כדי לאפשר חדירת אוויר לתוך הערמה. שאריות הגזם מסולקות בחלקן בסיום התהליך. יישום של בוצה המכילה סיד בקרקע יכול להעלות את ה-pH שלה לזמן קצר, שמשכו תלוי בכמות הבוצה ובתנאים (לחות, חום וכד'). במאמר מוסגר נציין כי ניתן לנצל את העלייה ב-pH של הקרקע ליישום דשן המכיל אמוניה לשם הדברה של מחלות שוכנות-קרקע.

השפעות סביבתיות של זבלים ומחזורם

ייצור תוצרי לוואי אורגניים בישראל עולה על חמישה מיליון טונות בשנה. מחזור תוצרי הלוואי ושימוש בהם בחקלאות הנם תהליכים התורמים לאיכות הסביבה. כל זאת, כאשר ננקטים אמצעי הזהירות הדרושים בשלבי הייצור (הפחתת מזהמים), בהכנה ובהסבה לשימוש (עיכול, ייצוב, קומפוסטציה וכד') וביישום מושכל בקרקע של הזבל כמטיב קרקע וכמחליף תשומות דשן.

החקלאות משפיעה על איכות הסביבה, לטובה ולרעה. מצד אחד, החקלאות תורמת לשימור הסביבה בכך שהקרקעות המעובדות הנן מקום בו ניתן לקלוט ולהשתמש בזבלים, באשפה, בבוצות שפכים, במי-קולחים ובמוצרי לוואי אחרים של פעילות אנושית. בכך נמנעת השפעה ישירה של מזהמים על הסביבה ונמנעת תנועה חופשית של מזהמים בחתך הקרקע. אולם, חלק מהמזהמים מקורם בחקלאות עצמה. כפי שתואר, החקלאות מייצרת פסולות

אורגניות הגורמות למטרדי ריח ומהוות מקור לגזי חממה. שימוש בזבלים נגועים בגורמי מחלה עלול להזיק לבעלי חיים ולאדם. מי־נקז משדות חקלאיים מחדירים למי־התהום שאריות של יסודות הזנה (בעיקר חנקות), חומר אורגני מומס ומלחים, ולכן יש להימנע מפיזור כמויות גדולות מדי של פסולת אורגנית עירונית ו/או ממשק החי על פני שטח מצומצם. פיזור זבלים בכמויות מעבר לכושר הנשיאה של הקרקע (המוגדר ככושרה של הקרקע לסתור שינויים ולחזור למצבה הקודם) עלול לפגוע באיכות הקרקע, באיכות המים ובאיכות האוויר.

החשש הגדול ביותר לזיהום מקורות מי־התהום עקב שימוש בפסולות בחקלאות הוא בקרקעות הקלות של מישור החוף, הנמצאות מעל אקוויפר פעיל. גורם הסיכון העיקרי כתוצאה מזיבול יתר הוא דליפה לא מבוקרת של חנקות ושל חומר אורגני מומס. חומר זה עלול גם לגרום לנזירות גדולה יותר של חומרי הדברה לעומק הקרקע. פתוגנים עלולים גם להגיע למי־התהום ביתר קלות כאשר העומק קטן וכשהזיבול משולב בהשקיה במי־קולחים.

זיבול בזבלי משק החי, בקומפוסט אשפת ערים ובבוצות שפכים מגדיל את ריכוזי המתכות הכבדות בקרקע הרבה מעבר למצבן הטבעי. מאחר וחלק מהמתכות הן יסודות קורט חיוניים לצמח, קיימת תועלת רבה בהגדלת ריכוז מתכות אלו בקרקעות, ובעיקר בקרקעות שוליות. אולם, שימוש ארוך טווח בזבלים עלול לגרום להצטברות עודפת בקרקע של זרחן זמין ומתכות כבדות. לפיכך, שימוש זה אינו רצוי, אלא אם הוא נעשה תוך הקפדה על מינון וממשק נכונים.



גידול בעלי חיים בהלכה היהודית

זאב וייטמן

בריאת בעלי החיים קדמה לבריאת האדם,⁽¹⁾ כך שההיסטוריה של יחסים בין האדם לבין בעלי החיים מתחילה עם הופעת האדם בעולם, וימות הקשר בין האדם לבעלי החיים הנם כימות תולדות האנושות.

בסיפורי המקרא ובמקורות היהודיים מתקופת המשנה והתלמוד⁽²⁾ ולאחריהם, נמצא חומר עשיר ומגוון על מקומם החשוב והמרכזי של בעלי החיים בחיי האדם. מטבע הדברים, ניתן למצוא במקורות אלו הלכות רבות הנוגעות הן ליחס הראוי ולטיפול הנאות הנדרש ממי שמחזיק בעלי חיים ברשותו, והן הלכות הנוגעות לשימוש בבעלי חיים ומוצריהם לצורכי האדם.

בפרק זה, נשתדל לדלות מעט מאוצר המקורות היהודיים, ונבחן מה יחס היהדות לבעלי החיים. כמו כן, יסקרו חוקי הכשרות וכללי הכשרות עליהם צריכים להקפיד מגדלי בעלי החיים גם כיום, כדי שניתן יהיה לשווק את תוצרתם בשוק הכשר.

מעמד בעלי החיים ביחס לאדם

חלק מבעלי החיים זוכים בימינו להגנת האדם במסגרת שמירת הטבע, אך חלק אחר מהם מנוצל על ידי האדם ומשמש אותו לצרכיו ולרווחתו: הוא אוכל את בשרם, שותה את חלבם,

1. בריאת הדגים והעופות הייתה ביום החמישי לששת ימי הבריאה, ובריאת בעלי החיים היבשתיים הייתה ביום השביעי, ורק בסיומה נברא האדם.

2. המקרא (התנ"ך) נחתם בתחילת ימי בית המקדש השני לפני קרוב ל-2,500 שנה. המשנה (ריכוז התורה שבעל פה – היא התורה והמסורת שנמסרו מאב לבנו ומרב לתלמידו כפירוש והרחבה לתורה הכתובה) נחתמה בערך בשנת 200 לספירת הנוצרים, והתלמוד (מפרש, משלים ומרחיב מאוד את המשנה ומהווה את הבסיס לכל חוקי היהדות לפרטיהם עד ימינו) נחתם בערך לפני כ-1,500 שנה.

לובש את צמרם, נועל ולובש את עורותיהם, משתמש בהם לעבודה בבית ובשדה, לתעבורה, למשא ולמלחמות, לשמירה ולביטחון, וכן עורך בהם ניסויים לקידום המדע והרפואה. בחלק מבעלי החיים משתמש האדם כחיות מחמד, כחיות מרוץ או אף לצורכי בידור בגני חיות ובקרקסים, ובמקומות מסוימים אפילו לתחרויות עקובות מדם כמלחמות שוורים וקרבות תרנגולים.

בפתח דברינו ננסה לברר האם שלטונו של האדם על בעלי החיים וניצולם לצרכיו, עומד בסתירה למצוות התורה ולמוסר היהודי העתיק, או שמא מאז ומקדם היה ייעודם וגורלם של בעלי החיים לשרת את האדם ולמלא את צרכיו ותאוותיו. והנה, עוד לפני בריאת האדם, כאשר נזכרת מטרת בריאתו, נאמר בתורה (בראשית א' 26):

וַיֹּאמֶר אֱלֹהִים, נַעֲשֶׂה אָדָם בְּצַלְמֵנוּ כְּדִמוֹתֵנוּ, וְיִרְדּוּ (=וְיִשְׁלְטוּ) בְּדִגְתַּי הַיָּם וּבְעוֹף הַשָּׁמַיִם וּבַבְּהֵמָה וּבְכָל הָאָרֶץ וּבְכָל הָרֶמֶשׂ הָרֶמֶשׂ עַל הָאָרֶץ.

וכאשר בירך אֱלֹהִים את האדם מיד לאחר בריאתו, נאמר:

וַיְבָרֶךְ אֹתָם אֱלֹהִים, וַיֹּאמֶר לָהֶם אֱלֹהִים, פְּרוּ וּרְבוּ וּמְלֵאוּ אֶת הָאָרֶץ וּכְבֹּשְׁתָּהּ, וְיִרְדּוּ (=שִׁלְטוּ) בְּדִגְתַּי הַיָּם וּבְעוֹף הַשָּׁמַיִם וּבְכָל חַיַּי הָרֶמֶשׂ עַל הָאָרֶץ.

מפסוקים אלו עולה, כי אֱלֹהִים נתן לאדם רשות לשלוט בבעלי החיים, ושלטון זה מקנה לו, כנראה, גם את הזכות להשתמש בבעלי החיים לצרכיו ולמילוי רצונותיו. עם זאת, קולעת ביותר הערתו של הרב ש"ר הירש,⁽³⁾ האומר שהזכות לרדות בבעלי חיים ניתנה לאדם, דהיינו, למי ששומר על דמות אדם ועל צלם אֱלֹהִים שהוטבע בו. השליטה על בעלי החיים צריכה להיעשות כיאה לנציגו של אֱלֹהִים, מי שברא את בעלי החיים וחפץ בקיומם, בטובתם ובהתפתחותם.

אכן, כאשר מדברים על שלטון ורדייה בבעלי חיים יש לסייג זאת בשניים:

1. מי שניתן לו שלטון חייב לדאוג לקיומו ולמחסורו של הנשלט, ועל אחת כמה וכמה, שנאסר עליו לפגוע בו שלא לצורך;
2. על אף שניתן לאדם השלטון על בעלי החיים, הרי שבתחילה לא ניתנה לו רשות להרוג אותם ולאוכלם. הרשות לאכול בעלי חיים ניתנה לאדם רק לאחר המבול, כשיצא נח עם בני משפחתו מהתיבה, כאלף שנים לאחר בריאת העולם, וגם אז תוך הגבלות רבות.

3. הרב שמשון רפאל הירש, מגדולי ישראל בעת החדשה, נולד בגרמניה בשנת 1808 ונפטר בשנת 1888. היה מנהיג היהדות האורתודוקסית בגרמניה ולחם כנגד התנועה הרפורמית, שהתפשטה מאוד בזמנו. ייסד את תנועת "תורה עם דרך ארץ", שביסודה עומדת התפיסה שיש לשלב את לימוד התורה עם לימודי המדעים. בין חיבוריו החשובים גם פירוש לתורה.

הרמב"ן⁽⁴⁾ בפירושו על התורה, מסביר שהאיסור לאכול בעלי חיים נבע מהעובדה כי לחיות יש נפש דומה לנפש האדם, והם מודעים לצער ולכאב. רק בעקבות המבול בו ניצלו בעלי החיים בזכות האדם, הותר לאכול בעלי חיים, אך גם אז הוגבל ההיתר לבשר בלבד, תוך זהירות מאכילת איבר שנתלש מהחי בעודו בחיים ותוך זהירות מאכילת הדם – המזוהה עם מקום משכנה של הנפש. מדברי הרמב"ן נראה שהתורה דוגלת בצמחונות ורואה בה את הדרך האידיאלית. אכילת הבשר איננה המצב הראוי והרצוי. גם לאחר שהמצב השתנה והותר לאכול בשר, הוגבל ההיתר על ידי איסורים רבים: חלק ניכר מבעלי החיים נאסרו לאכילה לחלוטין, וחלקם הגדול של אלו שלא נאסרו חייב בשחיטה כדי להתירם באכילה. לאחר השחיטה כהלכה יש להוציא את הדם בתהליך הכשרה מיוחד ויש לנקר (לחתוך ולהוציא), בעיקר בחיות ובבהמות, חלקים רבים שאסורים באכילה, וגם לאחר כל זאת אנו מנועים מלבשל בשר בחלב. כל זאת, בכדי לטעת בלב האדם את התחושה שאכילת הבשר איננה מצב אידיאלי. גם האיסור החרף על אכילת כל דם, בנימוק שהדם מסמל את נפשם וחיותם של בעלי החיים (שהרי ביציאת הדם יוצאת גם הנפש), מדגיש את עמדת התורה שלא ייתכן שאדם יאכל נפש בעל חיים כלשהו.

זאת הייתה גם עמדתו של הרב אברהם יצחק הכהן קוק⁽⁵⁾, שראה בצמחונות אידיאל המתאים להשקפת התורה, אך מצד שני, הוא ראה עיוות גדול בצמחונות כל עוד בני אדם פוגעים אחד בשני ללא רחם, ומוסריותם מתבטאת דווקא ביחסם לבעלי חיים. הרב קוק ראה את הצמחונות כמתאימה רק למציאות בה תכלה קודם לכן הרשעה מהעולם, לאחר שאנשים יבינו קודם שאין לשפוך דם בני אדם, ובשום אופן לא קודם לכן. וכך הוא מסכם את עמדתו בעניין אכילת בשר במאמרו "אפיקים בנגב": "אין ספק לכל איש משכיל שהרדייה האמורה בתורה איננה מכוונת לרדייה של מושל עריץ המתעמר בעמו ובעבדיו רק להפיק חפצו הפרטי ושרירות לבו. חלילה לחוק עבדות מכוער כזה שיהיה חתום בחותם נצחי בעולמו של ה' הטוב לכל, ורחמיו על כל מעשיו."



4. רבי משה בן נחמן נולד בספרד בשנת 1194 ונפטר בארץ-ישראל בשנת 1270. היה גדול התורה בדורו. בשנת 1267 נאלץ הרמב"ן לגלות מספרד בעקבות ויכוח פומבי עם משומד נוצרי, שנכפה עליו על ידי המלך והכמורה. בגיל 73 עלה הרמב"ן לארץ-ישראל על אף הסכנות, וחידש את היישוב היהודי בירושלים, אשר נחרב קודם לכן על ידי הטטרים. הרמב"ן, כגדולי ישראל אחרים בספרד, עסק גם ברפואה.

5. הרב קוק נולד בלטביה ב-1865 ונפטר בירושלים ב-1935. היה הרב הראשי האשכנזי הראשון של ארץ-ישראל והיווה דמות בעלת השפעה מרכזית בתולדות היישוב החדש. היה נערץ על ידי דתיים וחילוניים כאחד. אהבתו לחלוצים, אף לאלו שזנחו את קיום המצוות, ידועה ומפורסמת. עזבונו הספרותי רחב ביותר. ייסד בירושלים את ישיבת מרכז הרב, המשמשת עד היום מרכז גדול ללימוד התורה, ודרכה החינוכית המיוחדת מדגישה את אהבת עם ישראל וארץ-ישראל.

איסור צער בעלי חיים

ראינו בסעיף הקודם שלמרות שהתורה מתירה לאדם לשלוט בבעלי החיים ולהשתמש בהם לצרכיו, היא מזהירה אותו שלא לצערם ולא לפגוע בהם ללא צורך ותועלת. התלמוד במסכת בבא מציעא (דף לב עמוד ב) קובע, כי אדם שמצער בעל חיים, עובר על איסור מהתורה. איסור זה מקורו במספר מצוות, מהן ניתן ללמוד שהתורה הקפידה שלא לגרום סבל מיותר לבעלי החיים. נזכיר חלק מהן:

1. החובה לפרוק משא מעל בהמה שרובצת תחת משא (שמות כ"ג 5):
כִּי תִרְאֶה חֲמֹר שֹׁנֵאֵךְ רֹבֵץ תַּחַת מִשָּׂאוֹ, וְחִדַּלְתָּ מֵעֲזֹב לוֹ, עֲזֹב תַּעֲזֹב עִמּוֹ (כאשר רואים חמור רובץ תחת משא כבד, אין להעלות על הדעת להימנע מלסייע לפרוק את המשא מעליו, ואפילו כאשר בעל החמור הוא שונאך חייבים לסייעו בפריקת המשא מהחמור).
2. האיסור לחסום פי בהמה בשעה שהיא דשה תבואה (דברים כ"ה 4):
לֹא תִחְסֹם שׁוֹר בְּדִישׁוֹ (כדי לא להתאכזר ולענות את הבהמה שרואה את התבואה לפניו אך היא מנועה מלאוכלה).
3. האיסור לחרוש בשור וחמור יחדיו:
לֹא תִחְרֹשׁ בְּשׁוֹר וּבַחֲמֹר יַחַד. איסור זה מוסבר על ידי בעל "ספר החינוך"⁽⁶⁾ בכך, שחרישה בשור ובחמור יחדיו גורמת להם צער (כנראה בגלל שכוחותיהם שונים ולכן קצב עבודתם שונה).

בימינו מקובל מאוד שאין לגרום סבל וצער לבעלי החיים, והדבר אף מעוגן בחוק. עלינו לזכור שזהו רעיון חדש יחסית, שלא היה מקובל בעולם העתיק, ולא היה חלק מן המוסר שלו. גם רעיון זה, כמו רעיונות רבים שמקובלים בעולמנו המודרני, ניתן למצוא בתורה ובהלכה היהודית אלפי שנים קודם לעידן המודרני.

עם זאת, יש להדגיש שאסור לגרום צער לבעלי חיים, רק כאשר מדובר על מעשים שמגמתם לצער ולענות בעלי חיים ללא סיבה וללא תועלת, או מעבר לנדרש לצורכי האדם, ולא מדובר באיסור מוחלט, המעניק זכויות לבעלי החיים על חשבון האדם וצרכיו הקיומיים. אין ספק שדאגה לנזקק קודמת לדאגה לבעלי החיים, ומניעת צער וכאב מאדם קודמת למניעת צער וכאב מבעלי חיים.

איסור צער בעלי חיים וחובת האדם למנוע פגיעה בבעלי החיים מהווים את היסוד והבסיס למספר הלכות הנוגעות לגידול בעלי חיים:

6. ספר המונה ומסביר את כל מצוות התורה לפי סדר פרשות השבוע. חובר בספרד במאה השלוש-עשרה.

1. חליבה בשבת אסורה, והיא אחת מהמלאכות אליהן מתכוונת התורה בציווי: "לא תעשה כל מלאכה" (בשבת). למרות זאת, הותר לחלוב בהמה בשבת (בדרכים שמקטינות את האיסור), כדי לא לגרום סבל לבהמה. הדרכים המותרות בשבת הן או באמצעות פועל לא יהודי שמותר לבקש ממנו לחלוב את הבהמות הזקוקות לחליבה, או על ידי חליבה לאיבוד, כלומר, חליבה שבה החלב נחלב לביוב מתוך מגמה להקל על הבהמה ולא במגמה לייצר חלב. מכוונות החליבה החדישות של ימינו מאפשרות (באמצעות סידורים טכניים מיוחדים) להרכיב את הגביעים לעטיני הפרה כאשר זרימת החלב מכוונת לאיבוד (כמובן, לאחר שהמכונה עצמה הופעלה באופן אוטומטי בעזרת "שעון שבת" (timer), ובכך לבצע את פעולת החליבה באופן מותר, ורק בהמשך, כאשר המכונה כבר חולבת בעצמה באופן אוטומטי ללא התערבות אדם, מותר להסיט את זרימת החלב לשמירה למכל. מכוונות החליבה אפשרו גם לייצר מערכת שבת אחרת, שבה הצמדת הגביעים לעטיני הפרה נעשית על ידי החולב מבלי שתתבצע כל חליבה, ורק לאחר מכן, כאשר הגביעים כבר מוצמדים לפרה, תיעשה פעולה שתגרום להתחלת החליבה באופן לא ישיר ("בִּגְרָמָא" – גרימת פעולה באופן לא ישיר, שהותרה לצרכים מיוחדים והכרחיים בשבת). גם שיטה זו, שבוודאי אינה מותרת למטרות אחרות, הותרה במקרה שלנו, בעיקר משום צער בעלי חיים.

2. ההלכה התירה טיפולים שונים בבעלי חיים שסובלים בשבת, תוך ויתור על חלק מאיסורי שבת שמקורם בדברי חכמים (יודגש: הותרו רק חלק מהאיסורים שאינם מן התורה ולא כולם. זאת, מכיוון שבדרך כלל גם אדם שרגיש מאוד לצערם של בעלי חיים, מטפל בהם עד גבול מסוים, ובתנאי שטיפול כזה אינו גורם לו להפסד ניכר. ואם אדם חס על ממונו וזמנו גם במחיר סבל בעלי חיים, הרי שבאותה מידה לפחות, אין להתיר את כל איסורי השבת לצורך מניעת צער בעלי חיים). במסגרת היתר זה מותר לומר לגוי לעשות כל דבר, אפילו איסור שאסור מהתורה כדי למנוע צער בעלי חיים, וכן מותר ליהודי לעבור על חלק מאיסורי מוקצה בשבת, כולל טלטול בעלי חיים, כדי למנוע צער בעלי חיים. כמו כן, מותר להאכיל בעלי חיים או לשים עליהם משחות לתרופה, לתת זריקות, ועוד. מכיוון שהפעולות שהותרו ליהודי הן מוגבלות, לכן הדרך הפשוטה לטפל בבעל חיים שסובל בשבת היא לומר לנכרי לעשות את כל הנחוץ כדי למנוע סבל וצער מבעל החיים.

3. אדם שיש לו בעל חיים בביתו, מחויב לדאוג למזונותיו קודם שהוא דואג למזונות עצמו. כך עולה מעיון בפרשייה השנייה של קריאת שמע ("והיה אם שמע" – דברים י"א 14–15), בה נאמר:

וְנָתַתִּי מִטֶּר אֶרְצְכֶם בְּעֵתוֹ יוֹרֶה וּמִלְקוֹשׁ,
וְאֶסְפֹּתִי דָגְגָהּ וְתִירִשָׁהּ וַיִּצְהָרָהּ.
וְנָתַתִּי עֵשֶׂב בְּשָׂדֶךָ לִבְהֶמְתֶּךָ,
וְאָכְלָתָּ וּשְׂבַעְתָּ.

סדר הדברים מביא את רב יהודה, אמורא בבלי, למסקנה מעניינת (תלמוד בבלי, ברכות דף מ' ע"א):

אסור לאדם שיאכל קודם שייתן מאכל לבהמתו, שנאמר: "ונתתי עשב בשדך לבהמתך", והדר (=ואחר כך): "ואכלת ושבעת".

כמובן, אם אין לאדם די מזון לו ולבהמתו, הוא קודם לבהמתו, אלא שהחובה להקדים את נתינת המזון לבהמה קודם שאדם ניגש לסעוד את סעודתו, באה לחנך את האדם לחשיבות הדאגה לצורכי בעלי החיים שברשותו ולמזונם.

החובה להזין בעלי חיים ביתיים, שאחריות מזונותיהם מוטלת על בעליהם,⁽⁷⁾ חלה גם בשבת, אלא שכמובן הדבר צריך להיעשות ללא חילול שבת.

ושוב יודגש, כי האיסור לצער בעלי חיים הנו רק כאשר אין בכך כל תועלת לאדם. במקרים בהם הימנעות מצער בעלי חיים עלולה לגרום נזק והפסד לאדם אין בכך כל איסור, ויש לשקול כל דבר לגופו וכדלהלן: ברור שמותר לתת טיפול רפואי לבהמה גם כאשר מדובר בטיפול הכרוך בכאב, כפי שנעשה לגבי בני אדם, אך יש להתלבט בשאלה האם יש חובה להרדים את הבהמה לפני טיפול כזה, כדי למנוע ממנה כאב וסבל, גם במקרים בהם ההרדמה כרוכה בהוצאה כספית. יש להניח, כי כאשר מדובר בטיפול הכרוך בסבל רב, יוסכם על הכל שיש להשתדל למנוע את הסבל באמצעי הרדמה, גם במחיר של עלות כספית, אך אם מדובר בסבל קצר ולא רב במיוחד, יש מקום לדון האם מותר לחסוך את העלות הכספית הזו. יש לזכור שגם כלפי בני אדם, לא כל הטיפולים הנעשים היום בהרדמה נעשו כך גם בעבר.⁽⁸⁾

נראה גם שמותר, ואפילו ראוי, לקטום מקור של עופות כדי למנוע ניקור אכזרי של עופות אחרים. כמו כן, נראה שאין איסור בהורדת זנב טלאים, מכיוון שהדבר נועד לסייע בהרבעה ולשמור על היגיינה. לעומת זאת, יש לשים לב כי בעת פיטום אווזים יש לעשות זאת בדרכים ואמצעים שלא יגרמו לצער בעלי חיים.⁽⁹⁾

בחליבת פרות נתעוררה בעיה מעניינת: האם מותר מטעמים כלכליים להגדיל את מספר החליבות לארבע וחמש פעמים ביממה – דבר שכרוך במידה מסוימת של צער בעלי חיים (הן

7. מותר להזין גם חיית בר רעבה, אף על פי שמזונותיה אינם מוטלים על האדם, משום הפסוק האמור כלפי הקב"ה "ורחמיו על כל מעשיו" (תהילים קמ"ה ט), והאדם מצווה ללמוד ממעשי אלוהיו.

8. אגודות צער בעלי חיים מתריעות על פגיעות חמורות בבעלי חיים המשמשים לצורך ייצור מזון תעשייתי – פיטום אווזים, מיון אפרוחים, גידול תרנגולות בסוללות או בלולים צפופים ודחוסים, הובלת טלאים בתת-תנאים מאוסטרליה לישראל, קטיעת מקור ועוד. אף על פי שמבחינה הלכתית אולי לא מדובר בצער בעלי חיים האסור מהתורה, בוודאי שיש בכך אכזריות שאי אפשר להקל בה ראש.

9. פיטום אווזים על ידי תחיבת צינור מתכת לוושט גורם גם לבעיית כשרות מכיוון שנקב בוושט מטריף את האווזים.

בשלב תוספת החליבות והן בשלב בו מחליטים לחזור חזרה למספר חליבות קטן יותר). נראה, כי מכיוון שהדבר נועד לצורכי האדם הדבר מותר, אלא שהבעיה מתעוררת בשבת, שבה, למעשה, כל יסוד ההיתר לחלוב הוא מחמת שאי־החליבה גורמת לצער בעלי חיים, ולכן נראה שאין מקום להתיר לחלוב חליבה רביעית או חמישית בשבת כאשר היא אינה מונעת צער בעלי חיים, אלא רק גורמת לצער כזה. כמובן, אם הפרה התרגלה כבר למספר חליבות רב, הרי שמניעת חליבה כזו בשבת כן תגרום לצער בעלי חיים, ולכן הדבר יהיה מותר.

הגבלות על גידול בעלי חיים בארץ־ישראל

אנו מוצאים במקורות מספר איסורים והגבלות, הנוגעים לגידול בעלי חיים (תלמוד בבלי, מסכת בבא־קמא דף עט עמוד ב):

1. אין מגדלין בהמה דקה (=צאן) בארץ־ישראל... (מכיוון שהדבר פוגע בגידולי השדה ובמטעים);
 2. אין מגדלין תרנגולים בירושלים מפני הקודשים, ולא כוהנים בארץ־ישראל (לכוהנים נאסר לגדל תרנגולים גם מחוץ לירושלים) מפני הטהרות (מפני שחיטוטיהם באשפה ובמזון עולים להביא לטומאת קדשים וטהרות שיש להיזהר מלטמאם);
 3. אין מגדלין חזירים בכל מקום (מפני שאין לגדל בעלי חיים שאסור לאוכלם, אם גידולם מיועד למאכל);
 4. לא יגדל אדם את הכלב, אלא אם כן היה קשור בשלשלת (והוא הדין לכל בעל חיים שעלול לתקוף אחרים ולהזיק להם).
- חוקים אלה, מגבילים את חופש העיסוק ואת חופש הקניין של הפרט, אך הגבלה זו נובעת מתוך רצון למנוע פגיעה באחרים – בין בגופם (תקיפת כלב) ובין ברכושם (היזק בהמה דקה), וכדי למנוע פגיעה במצוות התורה ובחוקיה (תרנגולים בירושלים וחזירים בכל מקום). יש להדגיש כי איסור גידול בהמה דקה, למשל, איננו אמור כאשר הדבר נעשה בסביבה שאין בה שדות ומטעים שניתן להזיק להם, או כאשר הגידול נעשה בסביבה סגורה והכבשים והעזים אינם רועים באופן חופשי שיכול לגרום לנזקים.

*

רביית בעלי חיים

אנו מוצאים שתי הלכות חשובות, שקשורות לנושא רביית בעלי החיים:

1. **איסור הרבעת כלאיים** – כלומר, הרבעה של שני מינים שונים, בין אם הדבר נעשה על ידי בעל הבית היהודי, או על ידי שלוחו הגוי. אולם, אין איסור להכניס שני מינים שונים למקום אחד, גם אם הם רובעים זה את זה מעצמם. מצד שני, האיסור הורחב על ידי חכמינו לאיסור לעבוד עם שני מינים שונים ביחד, ולכן איסור לרתום סוס וחמור, או שור ותאו לעגלה, למחרשה או לאבן רחיים.⁽¹⁰⁾ יש לציין, כי אין כל איסור להשתמש וליהנות מוולד שנולד מהרבעת שני מינים שונים, גם אם הדבר נעשה באיסור על ידי יהודי. לכן אין כל איסור להשתמש בפרד, גם אם הוא נולד מהרבעה אסורה של סוס ואתון. עוד יש לציין, כי איסור הרבעת כלאיים מתייחס להרבעת שני מינים שונים בדרך טבעית של זיווג. ייצור מין כלאיים על ידי הזרעה מלאכותית – אין בו איסור.

2. **איסור סירוס** – התורה אוסרת עלינו לפגוע בכושר הרבייה של אדם או של בעל חיים, טהור או טמא. יש איסור לסרס בעלי חיים אפילו באמצעות גוי, אך מותר לקנות מגוי בהמות שסורסו על ידו שלא בשליחות היהודי. ובעניין זה, אנו מוצאים במשנה (מסכת בכורות פרק ד משנה ד) עדות שמסר רופא ששמו היה תודוס, על כך שהמצרים מעולם לא הרשו להוציא מארצם פרה וחזירה מבלי שחתכו קודם לכן את רחמה, כדי למנוע מעמים אחרים לטפח את זן הפרות והחזירות המצרי.

איסור הסירוס מערים מספר קשיים על הטיפול בבעלי חיים, ופוסקי ההלכה דנו בשאלות של סירוס תרנגולים, סירוס עגלים וסירוס כלבים וחתולים. הדרך בה מתירים לסרס בעל חיים בשעת צורך היא רק באופן לא ישיר, כמו: קשירת פתח הנקבה כדי למנוע מהזכר מלעלות עליה, או הכנסת דיאפרגמה למניעת כניסת הזרע וההפריה. שיטה מקובלת ועתיקה שהותרה לצורך סירוס תרנגול הייתה לחתוך את כרבותו. הדבר הותר מכיוון שהסירוס בשיטה זו איננו גורם לפגיעה באיברי ההולדה, אלא רק לפגיעה בדחף וברצון של התרנגול לזיווג.⁽¹¹⁾



10. לעיל הובא האיסור מהתורה לחרוש בשור וחמור יחדיו, ואיסור זה כולל איסור לרתום לעבודה יחדיו בעל חיים טהור עם בעל חיים טמא. לעומת זאת, האיסור מדברי חכמים המוזכר כאן, מתייחס לעבודה עם כל שני מינים שונים, אפילו אם שניהם טהורים או שניהם טמאים (מכיוון שבמדובר בהרחבה של איסור כלאיים, נראה שהאיסור חל רק על זכר ונקבה, ולא על שני זכרים או על שתי נקבות).
11. אם כי יש שערערו על שיטה זו מטעם איסור צער בעלי חיים.

טיפולים וטרינריים בבעלי חיים

מגדלי בעלי חיים צריכים לשים לב גם שלא להפוך בהמה לטרפה, ובכך לאסור אותה (ובבהמות חולבות – גם את חלבה) באכילה.

מהי טרפה? טרפה היא בעל חיים שהותקף על ידי טורף או דורס, והוא נפגע פגיעה אנושה שתביא למותו. זה המקרה עליו מדברת התורה, אך לפי ההלכה, פגיעה של בעל חיים טורף היא רק דוגמה, ואין הבדל אם הפגיעה נעשתה על ידי בעל חיים, או שנעשתה בידי אדם או נגרמה כתוצאה מתאונה, מחלה וכד'. כל פגיעה שעתידה להביא למותו של בעל החיים הופכת אותו לטרפה, וגם אם לפני מותו ישחטו אותו, הוא אסור באכילה.

גם רופאים, שבוודאי לא מתכוונים לפגוע בטיפולים בבעלי החיים, עלולים להפוך בהמה לטרפה, מכיוון שההגדרה של טרפה איננה נתונה לחוות דעת רפואית בכל מקום ובכל זמן. בהלכה היהודית נמצאת רשימה ארוכה, מפורטת ומסודרת של כל הפגיעות שמטריפות את הבהמה (פגיעות שלדעת חכמי המשנה והגמרא, וכנראה גם לדעת חכמי הרופאים שבזמנם, אין מהן החלמה), ועל פי רשימה זאת קובעים את דין הבהמה. בעניין זה, בניגוד לדברים אחרים, הידע המתחדש לא משנה את ההלכה, וגם לא העובדה שהפעולה הרפואית נועדה להצלת הבהמה הנמצאת בסכנה. וסיכם את הדברים גדול פוסקי ההלכה, הרמב"ם⁽¹²⁾ בספרו "משנה תורה" (הלכות שחיטה פרק י הלכה יב-יג): אין להוסיף על טרפות אלו כלל, שכל שאירע לבהמה או לחיה או לעוף חוץ מאלו שמנו חכמי דורות הראשונים, אפשר שתחיה, ואפילו נודע לנו מדרך הרפואה שאין סופה לחיות. וכן אלו שמנו ואמרו שהן טרפה, אף על פי שיראה בדרכי הרפואה שבידינו, שמקצתן אינן ממיתין ואפשר שתחיה מהן, אין לך אלא מה שמנו חכמים.

לסיכום: הפגיעות שנמנו על ידי חכמינו כמטריפות את הבהמה, יטריפו אותה גם אם לדעת רופאי זמננו הבהמה תחלים לחלוטין מפגיעות אלו. ולעומת זאת, פגיעות שלא נמנו על ידי חכמים כמטריפות את הבהמה לא יטריפו אותה, גם אם רופאי זמננו יסכימו שהבהמה לעולם לא תחלים מהן. וכאמור לעיל, הפגיעות המטריפות אינן רק אלו הנגרמות מחמת תקיפת בעלי

12. רבי משה בן מימון נולד בשנת 1138 בספרד ונפטר בשנת 1204. עלה עם משפחתו לארץ-ישראל בשנת 1165, אך נאלץ לרדת למצרים. לחם כנגד הקראים ופעל למען האנוסים, וחיבר ספרים חשובים ומהפכניים ביותר בהלכה ובפילוסופיה. היה רופא גדול, ונתמנה לרופאו של השולטן, צאלח-א-דין ומשם הייתה פרנסתו. הוא לא רצה להתפרנס מלימוד תורה ומהוראתה, וגם לא מריפוי נזקים שהתדפקו על דלתות ביתו. מלבד שליטתו המדהימה בכל מקצועות התורה שלט הרמב"ם גם בכל שטחי המדע והפילוסופיה. בספרו "משנה תורה" סיכם את כל התורה שבעל פה, בסדר ובהיגיון מופתי. קהילות רבות קיבלו עליהן את כל פסקיו ללא עוררין. היה מנהיג לדורו ולדורות הבאים עד ימינו.

חיים אחרים, אלא גם כתוצאה ממחלה או כתוצאה מניקוב או חיתוך של אחד מאיבריה הפנימיים, או כתוצאה ממום מולד וכד'.

הלכות טרפות משפיעות על גידול בעלי החיים, מכיוון שמי שמגדל בעלי חיים לצורכי אכילת בשר מעוניין שבעלי החיים שנשלחים על ידו למשחטה או לבית מטבחיים לא ייחשבו כטרפה – דבר שגורם לו נזק כלכלי. להלן מספר דוגמאות של טרפות, שעל המגדל להימנע מגרימתם לבעלי החיים אותם הוא מגדל לבשר או לחלב:

1. נקב בוושט (לכן עדיף שלא להזריק זריקות בצוואר האפרוחים ולא לתחוב לוושט מכשירים שעלולים לפצוע את הוושט);
2. נקב בריאות או הידבקות (הקרויות בשפה ההלכתית – סירכות) שלא ניתן להפרידן ללא גרימת נקב לריאה (לכן יש לשמור על בריאות בעלי החיים, ובמיוחד לשמור שלא יחלו בדלקת ריאות);
3. גיד קרוע באזור צומת הגידים שברגל (לכן עדיפים זנים בהם הגידים חזקים);
4. נקב בקיבה (לכן מקפידים בנייתוחי היסט קיבה בפרות שלא לתפור את הקיבה למקומה באופן שינקב את הקיבה; כמו כן אין מנקבים את הקיבה כדי להוציא גזים);
5. נקב בכרס (לכן אין לטפל בבהמה שמתנפחת על ידי ניקוב כרסה בטרקור);
6. קרע של כעשרה ס"מ ומעלה בבשר בחלק התחתון של הבהמה (לכן פתיחת דופן הבהמה מהצד בעת ניתוח איננה מטריפה, אך פתיחה דומה בתחתית בהמה תאסור את הבהמה למאכל).

לעומת זאת יש טיפולים שאינם מטריפים את הבהמה, כגון:

1. ניתוח קיסרי;
2. ניתוח לעקירת עין במקרה של סרטן בעין;
3. חיתוך עטין פרה או חלק ממנו;
4. איחוי שברים.

הזנת בעלי חיים

אדם איננו מצווה להאכיל את בהמתו לפי חוקי הכשרות, ובתורה נכתב בפירוש לגבי בשר טרפה שאסור באכילה "לכלב תשליכון אותו" (שמות כ"ב ל), ולכן מותר לתת לדגים לאכול תולעים שאסורות באכילה לאדם, ומותר לתת לעופות ירק שנגוע בחרקים שאסורים באכילה לאדם, ומותר לתת לבעלי חיים בשר לא כשר (או לא מוכשר), ואפילו בשר חזיר. וכיוון שכך, אכילת איסורים גם איננה משפיעה, בדרך כלל, על כשרות הבשר של בעלי החיים או על כשרות תוצרתם (חלב, ביצים וכדומה).

שונים בעניין זה איסורים מסוימים שנאסרו עלינו לא רק באכילה אלא גם בכל הנאה ואסור להפיק מהם שום תועלת בכל צורה שהיא, ובכלל זה גם אסור יהיה להשתמש בהם להזנת בעלי חיים, כמו שאסור יהיה גם למוכרם, אפילו לגוי.

נביא שלוש דוגמאות:

חמץ בפסח – גרעינים או קמח מחמשת מיני דגן (חיטה, שעורה, שיפון, שיבולת שועל וכוסמת), שבאו במגע עם מים ולא נאפו מיד – נחשבים לחמץ, ואסור ליהנות מהם בפסח בשום דרך, ובכלל זה אין להזין בהם בעלי חיים.⁽¹³⁾ מכאן, שקש נקי שאין בו שיבולים עם גרעיני חיטה איננו חמץ גם אם הוא בא במגע עם מים, וכך גם לא גרעיני חיטה, שעורה או שאר מיני דגן שלא באו במגע עם מים. לו גרעינים כאלו היו ניתנים לבהמות תחת השגחה ושמירה שהם לא נרטבים ושלא נשארים באבוס שאריות שנרטבו ברוק הפרה – היה מותר להזין בהם בפסח, וכך אכן נהגו יהודים שהיו להם בחצרם שתיים-שלוש בהמות בלבד.

יש להדגיש, כי איסור הזנת הפרות בחמץ בפסח איננו נובע מחשש שהחלב יהפוך להיות "חלב חמץ", אלא מחמת העובדה שאין ליהנות מהחמץ בשום דרך, ואם החלב ייאסר, הרי זה רק מחמת העובדה שהפרה אכלה דבר שאסור בהנאה.⁽¹⁴⁾

בשר וחלב – בשר שנתבשל בחלב נאסר בהנאה, ואין להשתמש בו להזנת בעלי חיים. ולכן: חלב עגלים שעורב ובושל עם שומן מהחי, אסור לתת אותו לבעלי חיים.⁽¹⁵⁾

ערלה – פירות שלוש השנים הראשונות של העץ מאז נטיעתו אסורים באכילה ובהנאה, ואין להשתמש בהם לצורך הזנת בעלי חיים.



13. ואכן, אסור למכור חמץ לגוי בחג הפסח, לאחר שכבר נאסר בהנאה, אלא אך ורק לפני פסח, כאשר הוא עדיין מותר.

14. ההיערכות לפסח במשקי בעלי החיים נועדה לשתי מטרות: למנוע חשש שתערובות המזון החמץ יגיעו לאוכל הכשר לפסח (בעיקר בחלב – דרך מכוונות החליבה ששואבות גם שאריות מזון שעושות דרכן עם הפרה למכון החליבה, או בבשר – כתוצאה מפתיחת הזפק במשחתות וחדירת שאריות מזון למקומות מסתור בעוף), ומטרה שנייה, למנוע איסור כתוצאה מהזנת בעלי החיים במזון שאסור בפסח בכל הנאה. ההיערכות לפסח כוללת הכשרת מכוני התערובת ומרכזי המזון המספקים מזון לענפי בעלי החיים, מבעוד מועד, באופן שיאפשר את הייצור הכשר לפסח, ומתן הנחיות לרפתנים החולבים לעבוד באופן כזה שימנע חשש של עירוב גורמי חמץ בחלב או במזון הפרות בתקופת הפסח.

15. אם השומן הינו מחזיר או מבעל חיים אחר האסור באכילה – אין איסור הנאה, ויש אומרים שמותר להקל אפילו בשומן מבעל חיים טהור אך שלא נשחט על פי ההלכה.

שמירת שבת וחג במשק בעלי חיים

טיפול בבעלי חיים ללא חילול שבת נחשב לאחת מהמשימות הקשות של חקלאים שומרי מצוות, ובדרך כלל קשה מאוד לבצע את כל הנחוץ וההכרחי ללא הסתייעות ב"גוי של שבת", כלומר, באדם שאיננו יהודי ושאיןנו מחויב במצוות השבת. ההיתר להיעזר בגוי לצורך ביצוע מלאכות אסורות הוא רק במקרים בהם יש צורך גדול מאוד בביצוע העבודות הללו בשבת, או כדי למנוע צער בעלי חיים או כדי למנוע נזק והפסד גדולים. למרות זאת, המציאות של חקלאים שומרי מצוות, שנאלצו לטפל בבעלי החיים בשבתות גם ללא שהיה להם גוי לסיוע ולעזרה,⁽¹⁶⁾ הולידה פתרונות הלכתיים חלופיים, שבחלקם משתמשים עד היום בקיבוצים הדתיים.

נסקור כאן חלק מהפעולות שאסור ליהודי לעשות בשבת במשק בעלי החיים:

1. חליבה אסורה בשבת ובחג, והיא מותרת רק כדי למנוע צער בעלי חיים, ובתנאי שהיא נעשית באמצעות גוי, או על ידי יהודי החולב לאיבוד על הארץ (כלומר, לא לשמירה לצורך שימוש, אלא במגמה להקל על הבהמה ולא ליהנות מהחלב שנחלב). יש לציין כי החליבה בשבת אסורה גם אם מכון החליבה הופעל באופן אוטומטי על ידי "שעון שבת", ללא כל פעולה מצד האדם. זאת, מכיוון שהאיסור הוא לשאוב את החלב ולהוציאו מהבהמה, בין אם הדבר נעשה בידיים או בעזרת מכונה שהאדם מרכיב על עטיני הבהמה.
2. בדרך כלל, אסור לתקן בשבת ובחג חלקים שנתקלקלו במכון החליבה או להחליפם, מכיוון שפעולות אלו עלולות להיות כרוכות באיסורי שבת.
3. טיפול רפואי וסיוע להמלטה מותרים בשבת על ידי יהודי רק בהגבלות מרובות ורק במקרים מסוימים של חשש לחיי הפרה או העגל. לכן, אם יש טיפולים שלא ניתן לדחותם צריך להסתייע בגוי ולהימנע מפעולות שיש בהן משום חילול שבת.
4. איסוף ביצים בלול רבייה או בלול מטילות אסור בשבת, מכיוון שהביצים שהוטלו בשבת אסורות בטלטול על ידי האדם (הן נחשבות למוקצה האסור בטלטול בשבת), וגם כאן יש צורך בהסתייעות בגוי כדי להימנע מפעולות שיש בהן חילול שבת.
5. אסור לטלטל או לשאת בעלי חיים בשבת, וכן אסור לצוד אותם כאשר הם חופשיים. שני איסורים אלו מגבילים מאוד את הטיפול השוטף והשגרתי בבעלי חיים בשבת וחג.
6. כל הפעלה של מכשיר חשמלי או הבערת אש אסורים בשבת, ולכן מערכות הזנה, חימום, אוורור וכדומה שהפסיקו לפעול, אסור לתקן בשבת.

16. יש חקלאים שחיפשו פתרונות חלופיים ממניעים אידיאולוגיים של רצון להגשים חקלאות יהודית על פי ההלכה ובהתאם לתורה, גם ללא הסתמכות על גויים.

7. האכלת בעלי חיים מותרת בשבת רק ללא טרחה מיותרת, ורק כשלא ניתן לעשות זאת ביום שישי לפני כניסת השבת, ובתנאי שהיא נעשית ללא כל פעולה שיש בה משום חילול שבת.

בפרק זה עסקנו בשבת ובחג. לעומת זאת בשנת שמיטה החלה אחת לשבע שנים אין הגבלה הנוגעת לגידול בעלי חיים, אך יש הגבלות רבות מאוד על גידולים חקלאיים, בין אם הם מיועדים למזון, לתעשייה או להזנת בעלי חיים. האיסור המרכזי הוא לזרוע במהלך השנה, והפתרונות לשימוש בגידולים חד-שנתיים מקומיים הוא או על ידי מכירת הקרקע לגוי לפני שנת השמיטה וזריעה בשמיטה באמצעות גוי, או על ידי זריעה מוקדמת לפני ראש השנה.⁽¹⁷⁾

כשרות בשר בעלי החיים ותוצרתם המיועדת לאכילה

בשר בעלי חיים (חיה, בהמה או עוף) מותר באכילה רק אם התקיימו התנאים הבאים:

1. בעל החיים נמנה על המינים שהותרו באכילה: בחיה או בהמה סימני הטהרה הם פרסה שסועה והעלאת גִּירָה (שיניים חותכות בלסת התחתונה בלבד). רשימת בעלי החיים הטהורים נמנים בתורה בספר דברים: שור, כבש, עז, אֵיל (חיה שלא קיימת היום בארץ), צִבִּי, יַחְמוֹר, אֶקו (זוהה עם היעל), דִּישוֹן (יש שזיהו אותו עם הראם), תָּאו (אולי הכוונה לַבּוֹפֶלֶוּ) וְזָמֶר (יש המזהים בעל חיים זה עם הג'ירפה). מכיוון שהזיהויים אינו ודאי (והעובדה שחלק מהשמות משמשים בעברית בת זמננו להגדרת בעל חיים מסוים איננה מעידה בהכרח ששם זה שימש לאותו בעל חיים גם בתקופת מתן תורה), מותר לאכול, בדרך כלל, בעלי חיים רק אם יש לגביהם מסורת מדור לדור של אכילה וזיהוי. לחלק מבעלי החיים יש סימן טהרה אחד מתוך השניים והתורה אוסרת את אכילתם. בתורה מוזכרים במפורש הגמל, הארנבת והשפן שאסורים באכילה, למרות שהם מעלי גִּירָה, וזאת בגלל שאין להם פרסה שסועה, וכן מוזכר החזיר שאסור למרות שהוא מפרס פרסה, בגלל שהוא איננו מעלה גִּירָה. בדגים סימני הטהרה הם סנפיר וקשקשת וכל בעל חיים ימי שאין לו סנפיר וקשקשת אסור באכילה (כריש, צלופח, דיונון, שפמנון וכדומה). למעשה מספיק לזהות קשקשים על עור הדג מכיוון שלכל דג שיש קשקשים יש גם סנפירים.⁽¹⁸⁾

17. זריעה לפני ראש השנה כשלעצמה איננה מספיקה, אך היא התנאי החשוב והעיקרי כדי לאפשר שימוש בגידולים שגדלו ונקצרו בשנת השמיטה.

18. משגיח הכשרות בודק גם חשש להימצאות תולעים בדגים, ולכן יש להקפיד על טיפול הדברה נאות שיבטיח משלוח דגים שאינם נגועים בטפילים האסורים באכילה (כמובן, תוך הקפדה על תנאי משרד הבריאות כדי שלא ישווקו דגים מסוכנים לבריאות).

בעופות, הסימן שנקבע לסיוע בזיהוי המינים שהותרו הוא עוף שאיננו דורס ושיש לו אצבע יתרה, או זפק או שקורקבנו ניתן לקילוף ביד. בתורה יש רשימה ארוכה של עופות לא טהורים האסורים באכילה ובכללם: נשר, פרס, עזניה, עורב, בת יענה, נץ, ינשוף, תנשמת, חסידה, דוכיפת, עטלף (שלמעשה הוא יונק) ועוד. גם עופות כגון: תרנגול, שלו, אווז, ברווז ועוד נאכלים רק על פי מסורת ברורה שהם אינם נמנים על רשימות העופות האסורים.



2. מבחינת הזוחלים והשרצים כמעט כולם נאסרו באכילה, ובכללם אסורים הסרטנים למיניהם, רכיכות (צדפות), חסילונים, צפרדעים, צבים, לטאות ועוד. השרצים שהותרו הם הארבה, החגב והחרגול. החגבים שהותרו, וכמוהם הדגים, מותרים באכילה ללא כל הגבלה נוספת, כלומר, מותר לאכול את כל תכולתם (כולל את דמם) וללא צורך בדרך המתה מסוימת. לעומת זאת, העוף, החיה והבהמה הותרו רק אם הומתו באמצעות שחיטה כשרה (חיתוך הצוואר ללא שהייה, ללא לחיצה ובסכין חד וחלק וכו') שגם מנקזת חלק ניכר מדמם. כללית, יש הרבה הלכות הנוגעות לתהליך השחיטה הכשרה, ולכן השחיטה חייבת להיעשות רק על ידי שוחט יהודי הבקי היטב בהלכות שחיטה וקיבל רשות וסמכות מרב להיות שוחט.



3. עופות ובהמות שנשחטו כהלכה מותרים בבישול רק לאחר הכשרתם. תהליך ההכשרה נועד להוציא את הדם מבעל החיים, והוא כולל השריה במים למשך חצי שעה, מליחה במלח גס למשך שעה ושלוש שטיפות טובות לסילוק כל המלח. ההכשרה נחוצה רק כאשר רוצים לבשל את הבשר או העוף. אין צורך בתהליך הכשרה אם מתכוונים לצלות את הבשר על האש, או אם אוכלים בשר לא מבושל. את ההכשרה יש לבצע תוך 72 שעות לכל היותר מרגע השחיטה, אלא אם כן הבשר הוקפא בהקפאה עמוקה מיד לאחר השחיטה, שאז יש מתירים להכשיר את הבשר לאחר הפשרה מלאה, גם אם הבשר שהה בהקפאה עמוקה במשך חודשים ארוכים.



4. עופות ובהמות יכולים להימצא טרפה לאחר השחיטה, ואז הבשר ייאסר באכילה על אף העובדה שבעל החיים נשחט כדין. טרפות מצויות הוזכרו לעיל בסעיף החמישי. ההלכה מחייבת לבדוק לאחר השחיטה את האיברים הפנימיים רק כאשר יש חשש מצוי להימצאות הטרפה, אך אם החשש קטן, אין חובה לבדוק ולוודא שאכן בעל החיים שנשחט איננו טרפה. בבתי מטבחים לבהמות נהוג היום לבדוק ביסודיות את הריאות, שם יש חשש גדול להימצאות טרפה, ובמשחטות עופות נבדקים מלבד הריאות גם צומת הגידין, שגם שם יש חשש גדול יחסית להימצאות טרפות. בבהמות, יש לעתים הידבקות בריאות (סירכות) שניתן להפרידן במישוש מבלי ליצור נקב בריאה, ואז הבשר כשר לחלק מהדעות. בשר "חלק" הוא בשר שבו לא היו כל הידבקות בריאות, והוא כשר לכל הדעות, ונחשב לכשר גם למהדרין.

5. בחיות ובהמות יש תנאי נוסף של ניקור וסילוק חלקים רבים שנאסרו באכילה וחייבים לסלקם לפני השימוש. הכוונה לחלבים (שומנים) מסוימים, לגיד הנשה, לוורידים ועוד.



6. דבר נוסף שחייב להיבדק בבהמה וחיה הוא שבעל החיים הנשחט איננו בכור לאמו, מכיוון שבכור אסור באכילה ובשחיטה. כדי להתיר את הבכורות באכילה נוהגים לבצע מכירת בעלות חלקית של הפרות המבכירות לגוי, כדי שהבכור שייוולד יהיה שייך ליהודי בשותפות עם גוי, שהם גם הבעלים המשותפים של האם, ואז אין לו קדושת בכור והוא מותר בשחיטה ובאכילה. דין בכור נוהג רק בזכר ולא בנקבה, כך שבגידול עגלות בכורות בעדר הבקר לחלב אין כל חשש לאיסור בכור, והחשש הוא רק בעגלים הנשחטים לבשר. בתי המטבחיים דורשים כתנאי למתן הכשרות אישור על מכירת כל המבכירות של היצרנים בעלי העגלים. בעגלים מיובאים אין חשש איסור בכור, מכיוון שעגלים אלו נולדו למבכירות שבבעלות גוי ואין בהם קדושת בכור.



7. חלב וביצים מותרים באכילה אך ורק אם מקורם בבעל חיים המותר באכילה, לכן ביצי יענים אסורים באכילה, כמו גם חלב נאקות, סוסות וכו'. הכלל ההלכתי הוא שהיוצא מהטמא – טמא. יוצא דופן לעניין זה הוא הדבש שהותר באכילה, אפילו שמוצאו בדבורים האסורות באכילה. לגבי מזון מלכות נחלקו פוסקי ההלכה האם דינו כדבש שמותר או שהוא אסור, ויש שהתירו אותו רק לצורכי בריאות ורק על סמך היותו מעורב בהרבה מאוד דבש.

טיפוח בעלי חיים אלישע גוטוין

תכונות בעלות חשיבות חקלאית והגורמים המשפיעים עליהן

גידול חיות משק נעשה במטרה להפיק מהן מוצרים ושימושים לתועלתו של האדם. ביצים, בשר, חלב, שומן, דבש, עורות, צמר, נוצות ומזון מלכות הם רק חלק מרשימת המוצרים. מבין השימושים ניתן לציין את השימוש שנעשה בחיות משק לעבודה ולנשיאת משאות (סוס, חמור, שור, תאו, אלפקה), לשעשוע (סוסי מרוץ, ציפורי נוי, תרנגולי קרב) או להאבקת גידולי שדה ומטעים במקרה של דבורים.

התאמתם של מינים וגזעים שונים של בעלי חיים לשמש כחיות משק תלויה בתכונותיהם. תכונות אלה נחלקות לשלוש קבוצות:

תכונות ייצור כגון: קצב גדילה, משקל בוגר, מבנה גוף, ניצולת מזון, ייצור חלב, כמות צמר, טיב הצמר, צבע הפרווה, גודל הביצה.

תכונות רבייה כגון: גיל בגרות מינית, ולדנות, עונתיות וקצב הטלת ביצים אצל נקבות; איכות זרמה אצל זכרים.

תכונות ההתאמה כגון: עמידות למחלות, יכולת הישרדות בתנאי אקלים קשים, דפוס התנהגות המתאים לחיות ולייצר בסביבתו של האדם.

ככל עסק כלכלי, גם גידול חיות משק שואף להיות רווחי. מידת הרווחיות תלויה ביחס בין ההוצאות הנדרשות להחזקה וגידול בעלי החיים לבין התמורה המתקבלת, וזו האחרונה תלויה בשלושה מדדים של התוצרת: כמות, איכות ומחיר. מחיר התוצרת נקבע בדרך כלל על ידי כוחות ההיצע והביקוש של השוק, כאשר לחקלאי הבודד אין לרוב שליטה עליהם. לעומת זאת, החקלאי בהחלט יכול להשפיע על כמות התוצרת המופקת מחיות המשק אותן הוא מגדל ועל איכותה.

טבעי הדבר כי חקלאי המצפה למרב הרווחים מעיסוקו ישאף כי העדר או הלהקה יכללו רק פרטים מצטיינים בכמות תוצרתם ובאיכותה, יהיו אלה פרות המניבות הרבה חלב, כבשים המייצרות צמר רב ועדין, חורפנים בעלי פרווה בצבע נדיר או סוסי מרוץ מהירים. בפועל, המצב אינו כך ובעלי חיים נבדלים זה מזה בתכונותיהם ותפוקותיהם. בלהקת תרנגולות להטלה למשל, נמצא בצד תרנגולות מצטיינות המטילות למעלה מ-320 ביצים בשנה, תרנגולות המטילות פחות מ-270 ביצים בשנה. חלק מהתרנגולות יטילו ביצים גדולות וחלקן ביצים קטנות. באופן דומה, בעדרי הבקר לחלב בארץ נמצא פרות המניבות למעלה מ-15,000 ל' לשנה והרווח מהן רב, בצד כאלה שייצור החלב השנתי שלהן אינו עולה על 8,000 ל' וייתכן כי אחזקתן אף כרוכה בהפסד. מן הפן האיכותי, חלבן של חלק מהפרות יהיה מרוכז יותר ואילו אצל האחרות ריכוזי החלבון והשומן בחלב יהיו נמוכים.

גורמים המשפיעים על הפנוטיפ

הפנוטיפ (P) – המופע של פרט בתכונה מסוימת (קצב גדילה של 400 ג' ליום בטלאים, נשיאת קרניים בבקר לבשר, העדפת פרחי אבוקדו על פרחי שדה בדבורים) נקבע על ידי שני גורמים עיקריים: הגורם הגנטי – הגנוטיפ (G), שהוא מכלול הגנים של הפרט; הגורם הסביבתי (E), שהוא מכלול תנאי הסביבה להם חשוף הפרט. לעתים, גנוטיפ מסוים יתפקד באופן שונה בסביבות שונות. מצב זה של אינטראקציה גנוטיפ-סביבה, המסומן (GE), משפיע גם הוא על פנוטיפ הפרט.

הביטוי ליחס בין הפנוטיפ לבין הגורמים המשפיעים עליו מובע בנוסחה הבאה:

$$P = G + E + GE$$

יש תכונות בהן הפנוטיפ נקבע רק על ידי גורמים גנטיים. נשיאת קרניים או צבע הפרווה הן דוגמאות לתכונות כאלה. לעומת זאת, יש תכונות בהן פנוטיפ הפרט נקבע על ידי גורמים סביבתיים בלבד. עמידות למחלה התלויה בחיסון היא דוגמה לכך. אולם, ברוב המקרים פנוטיפ הפרט בתכונה מסוימת נקבע על ידי שילוב הגורמים הגנטיים והסביבתיים גם יחד. לדוגמה, הטלה מרובה של ביצים על ידי תרנגולות תתאפשר הודות לנשיאת תכונות גנטיות לייצור ביצים רב על ידי התרנגולות, הודות לתנאי סביבה מתאימים כגון שפע מזון, אקלים נוח והיעדר תחלואה המעודדים הטלה מוגברת, וכן הודות ליחסי גומלין בין תכונות הטלה וסביבה מתאימה, מצב המביא לכך שהתרנגולות יטילו ביצים במספר אשר יהיה מעבר לצפוי מסכום השפעות הגנוטיפ והסביבה.

בעוד תחומים כגון הזנה, וטרינריה או הנדסת מבנים עוסקים בגורמים הסביבתיים המשפיעים על הפנוטיפ של חיות המשק, עוסק תחום טיפוח בעלי חיים בגורם הגנטי. כשם שמטרתו של התזונאי להכין מנה משופרת המאפשרת ביצועים מרביים, כך מטרתו של המטפח היא לקבוע את המבנה הגנטי של העדר או הלהקה כך שיהיה המתאים ביותר לצורך מילוי ייעודם, ויהיה זה ייצור מזון או אספקת שירותים.

עיקרה של מלאכת הטיפוח היא בהעלאת השכיחות של הגנוטיפים הרצויים באוכלוסייה, אם בדרך של בחירת פרטים מצטיינים באוכלוסייה ושימוש בהם כהורים לדור הבא ואם בדרך של הבאת הגנוטיפים הרצויים ממקורות זרים ושילובם באוכלוסייה.



על עבודת הטיפוח ועל המטפחים

עבודת הטיפוח דורשת שילוב של ידע ממספר תחומים וביניהם:

- גנטיקה:** ידיעת חוקי התורשה דרושה כדי לאפיין את דרך ההורשה של תכונות רצויות.
- סטטיסטיקה:** איסוף נתונים על ביצועי חיות המשק ועיבודם הם ביסוד מלאכת הטיפוח.
- פיזיולוגיה:** הבנת הרקע הביולוגי של תכונה תורמת להגדרת דרכים לטיפוחה.
- אגרונומיה:** בקיאות במכלול תנאי גידול בעלי החיים חשובה להצלחת עבודת הטיפוח.
- כלכלה:** טיפוח בעלי חיים הוא תהליך כלכלי וככזה עליו להיבחן.

בתחומים כגון הזנה, וטרינריה או ממשק, שיפור התנאים יוביל בדרך כלל, תוך פרק זמן קצר, לשיפור ביצועי החיות. מתן הורמון הגדילה לבקר לחלב, למשל, כפי שמקובל בארצות-הברית, מעלה תוך מספר ימים את תנובת החלב היומית בכ-15%; חיסון להקת עופות חולה יביא תוך פרק זמן קצר להפסקת התמותה מהמחלה. לעומת זאת, דרוש בדרך כלל פרק זמן ארוך של שנים כדי להבחין בתרומת עבודת הטיפוח לביצועי העדר או הלהקה. לעומת חיסרון זה, יתרונו של השיפור הגנטי על שיפור ממשקי הוא כי לאחר שהושג, הוא תקף לתמיד. לא כך הדבר במקרה של שיפור ממשקי, אשר השפעתו ניכרת רק כל עוד הוא קיים. שתל של הורמון הגדילה יש להחדיר לפרה הנחלבת כל תחלובה מחדש. לעומת זאת, תכונות גנטיות לתנובת חלב גבוהה יורשו מפרה לבתה.

כאשר בוחנים מי הם העוסקים במלאכת הטיפוח ניתן לגלות כי אלה שונים ומגוונים. מטפח יכול להיות חקלאי בודד העוקב אחר ביצועי עדרו, בוחר/בורר את הפרטים הנשארים לתחלופה ומכוון את הזיווגים בעדר. במקרים רבים, אגודות חקלאים הן אלה המארגנות את מלאכת הטיפוח תוך שהן כוללות במערכת הטיפוח מספר רב של משקים. טיפוח הבקר לחלב המתבצע

בארץ על ידי התאחדות מגדלי בקר הוא דוגמה לפעילות כזו. חברות מסחריות גם הן עוסקות בטיפול בעלי חיים כאשר הן מתחרות זו בזו על שיווק חומר רבייה משובח למשקים. רוב טיפוח העופות בעולם נעשה בדרך זו. גופים ציבוריים כגון מכוני מחקר ממשלתיים או אוניברסיטאות גם הם עוסקים בטיפול, כאשר הגזעים החדשים הנוצרים מועברים בגמר העבודה לידי המגדלים. פיתוח גזעי צאן בארץ על ידי מרכז וולקני ופיתוח קו משובח של קרפיון על ידי חוקרי האוניברסיטה העברית ומרכז וולקני הן דוגמאות לעבודות טיפוח שנעשו ונעשות בארץ על ידי מוסדות מחקר והוראה.

מוצא חיות המשק הוא מאוכלוסיות של חיות בר. על ידי טיפוח ממושך במשך מאות ואלפי שנים הצליח האדם ליצור מגוון רחב מאוד של גזעים וזנים. צפוי כי גם בעתיד תהיה קיימת הדרישה להמשיך ולשפר את ביצועי הגזעים הקיימים, או לייצר גזעים חדשים בעלי מכלול תכונות חדש.

כאמור, בדרך כלל קיים פרק זמן ממושך מתחילת עבודת הטיפול ועד שהשיפור הגנטי מביא לשינוי ברמת הביצועים בתכונות השונות. פועל יוצא ממצב זה הוא כי שגיאה שתיעשה בעבודת הטיפול, כגון בחירה שגויה של פרטים כהורים, תורגש רק לאחר פרק זמן ארוך. משום כך, חובה על המטפחים לכלכל את צעדיהם בכל עת במשנה זהירות.

תכונות איכותיות ותכונות כמותיות

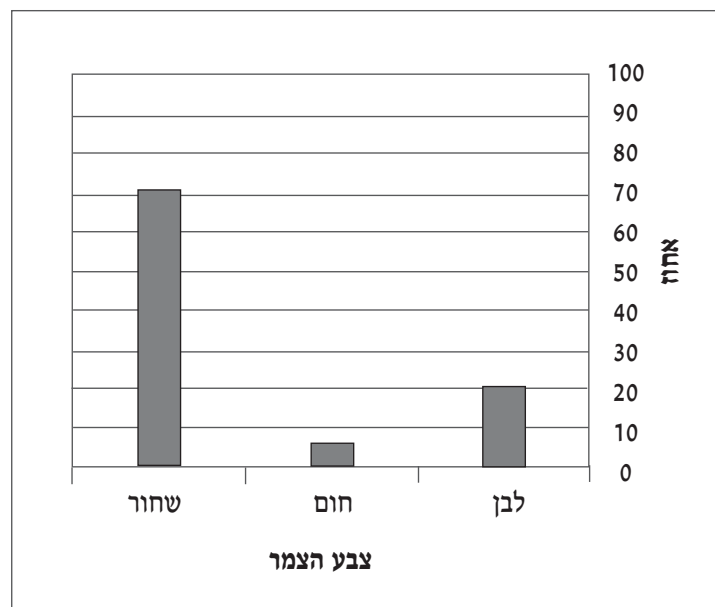


צעד ראשון בעבודת הטיפול הוא הערכת רמת הביצועים הקיימת באוכלוסייה. על סמך מידע זה יכול המטפח להחליט האם נחוץ שינוי והאם יש כלל צורך להתאמץ ולעסוק בטיפול האוכלוסייה. בבואנו לתאר את ביצועי העדר או הלהקה בתכונה מסוימת נלמד לדעת כי התכונות נחלקות לשתי קבוצות.

תכונות איכותיות (Qualitative traits)

בתכונות אלו ניתן למיין את הפרטים באוכלוסייה על פי הפנוטיפ שלהם למספר קטן של מחלקות מוגדרות. תכונות אלו יהיו, לדוגמה, תכונות מורפולוגיות כנשיאת קרניים (כן או לא), צבע פרווה (שחור, חום או לבן), גודל השגר בהמלטה מסוימת (יחיד, תאומים או שלישייה), אופי ההמלטה (הפלה או המלטה רגילה) או נגיעות בדלקת עטין (נגוע או לא נגוע). כדי לתאר את האוכלוסייה בתכונה בה המשתנה הנמדד אינו רציף אלא בעל ערכים מסוימים בלבד (שחור, לבן, לידת שלישייה) נציג את תדירות קבוצות הפנוטיפים באוכלוסייה. נוכל לציין למשל כי באוכלוסייה א' 80% מהפרטים חולים ו-20% בריאים, או שבאוכלוסייה ב' 70% מהפרטים נושאים צבע שחור, 5% צבע חום ו-20% צבע לבן.

התפלגות הפנוטיפים בעדר צאן לפי צבע הצמר



תכונות כמותיות (Quantitative traits)

דוגמאות לתכונות אלו הן מספר ביצים לשנה למטילה, כמות חלב בתחלובה בבקר לחלב, קצב גדילה יומי של פטמים, משקל גוף בשיווק של טלאים או מהירות ריצה של סוסים. במקרים אלו, מספר הפנוטיפים תלוי למעשה בדיוק המדידה, וככל שדיוק המדידה יעלה, מספר הפנוטיפים האפשריים ילך ויגדל. כך למשל, כאשר דיוק מדידת המשקל יהיה 100 ג' באוכלוסייה בה נע משקל הגוף של הפרטים בין 50 ל-55 ק"ג אפשר שיהיו 51 פנוטיפים: 50.0 ק"ג, 50.1 ק"ג, 50.2 ק"ג ... 55.0 ק"ג. אולם, אם דיוק המדידה יעלה ויגיע ל-10 ג', ייתכנו באותה אוכלוסייה 501 פנוטיפים.

מאחר ובמקרה של תכונה כמותית קיים מספר פנוטיפים רב, מתוארים ביצועי אוכלוסייה לא על ידי הצגת השכיחות של כל פנוטיפ, אלא תוך שימוש במדדים הסטטיסטיים של "ממוצע" ו"שונות". השונות היא מדד המתאר את פיזור הנתונים של האוכלוסייה.

חישוב הממוצע (Mean): ממוצע ביצועי האוכלוסייה בתכונה מסוימת מתקבל על ידי סכימת ערכי המשתנה הנדון (משקל גוף למשל) של כל הפרטים באוכלוסייה וחלוקת הסכום המתקבל במספר הפרטים באוכלוסייה.

הביטוי המתמטי של חישוב הממוצע הוא:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$$

כאשר: x_i הוא ערך המשתנה אצל פרט i , $\bar{X}$ הוא ממוצע האוכלוסייה ו- n מייצג את מספר הפרטים באוכלוסייה.

לדוגמה: להלן נתונים של משקל טלאים (ק"ג) לאחר חמישה חודשי פיטום אשר נתקבלו משני משקים:

משק א': 56, 50, 47, 51, 49. ממוצע משקל הטלאים במשק א' הוא 50 ק"ג.
משק ב': 44, 45, 42, 41, 45. ממוצע משקל הטלאים במשק ב' הוא 44 ק"ג.

חישוב השונות (Variance): כאשר ממוצע האוכלוסייה הוא נקודת הייחוס, ערך השונות מבטא את מידת פיזור הערכים השונים סביב הממוצע. ערך שונות גבוה ילמד על הבדל רב בין הפרטים באוכלוסייה, ולהפך.

הסטייה של ביצועי פרט i מממוצע האוכלוסייה מובעת על ידי הביטוי הבא:

$$x_i - \bar{x}$$

מאחר ומדרך הטבע ביצועי חלק מהפרטים גבוה מהממוצע וחלקם נמוך מהממוצע, חלק מערכי הסטיות של ביצועי הפרטים השונים יהיה חיובי וחלקם שלילי. מעצם הגדרת הממוצע, סכום הסטיות של ערכי ביצועי הפרטים מהממוצע יהיה אפס. אולם, הערך הריבועי של הסטיות לעולם יהיה חיובי:

$$(x_i - \bar{x})^2$$

מכאן, גם הערך של סכום ריבועי הסטיות מהממוצע יהיה לעולם חיובי. ערך השונות (σ^2) באוכלוסייה בתכונה מסוימת מתקבל תוך חישוב ממוצע ערכי ריבועי הסטיות: כאשר גם כאן, n מייצג את מספר הפרטים באוכלוסייה.

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

יחידת המידה של השונות היא ערך תכונת הייצור בחזקה שנייה – ק"ג בריבוע למשל. ערך זה קשה לעתים להבנה. מקובל, לכן, לתאר את מידת פיזור הערכים באוכלוסייה על ידי שימוש בממד אחר – **סטיית התקן** (S.D. - Standard Deviation), אשר יחידת המידה שלה זהה ליחידת המידה של הממוצע. סטיית התקן היא השורש הריבועי החיובי של השונות:

$$\text{S.D.} = \sqrt{\sigma^2}$$

בהתייחס לנתוני משקל הגוף של הטלאים בדוגמה למעלה הרי:

השונות של משקל הטלאים ממשק א' היא 11.2 ק"ג בריבוע, וסטיית התקן היא 3.3 ק"ג;
השונות של משקל הטלאים ממשק ב' היא 4.8 ק"ג בריבוע, וסטיית התקן היא 2.2 ק"ג.

מן הראוי להדגיש כי השונות והממוצע אינם תלויים זה בזה. נוכל לתאר מצב בו לשתי אוכלוסיות ממוצע שווה אך שונות שונה: באחת הערכים מתרכזים סביב הממוצע ובשנייה הם מאוד פזורים. מקרה אחר הוא בו שתי אוכלוסיות עם שונות שווה אך ממוצע שונה. לא ניתן לסיים דיון זה מבלי לציין כי סיווג תכונה מסוימת כאיכותית או כמותית אינו חקוק בסלע. ניתן לתאר תכונה כמותית כאיכותית, ולהפך. תנובת חלב היא כאמור תכונה כמותית, אך אם נגדיר עבור המשתנה הנמדד – כמות החלב היומית – שני תחומים: מעל 25 ליטר ומתחת ל-25 ליטר, תהפוך התכונה לתכונה המסווגת כאיכותית. מספר ביצים המוטלות בתקופת זמן היא למעשה תכונה איכותית היות והמשתנה – מספר הביצים – אינו רציף (תרנגולת אינה מטילה חלקי ביצה). אולם, עקב המספר הרב של הפנוטיפים המתקבל עבור להקה (נניח 100 מחלקות/פנוטיפים כאשר מספר הביצים המוטל בתקופה מסוימת נע בין 201 ל-300) לא נהוג לתאר את ביצועי ההטלה של להקת תרנגולות על ידי שכיחות הפנוטיפים השונים, אלא תוך שימוש בערכים של ממוצע וסטיית התקן.



שונות בביצועי הפרטים באוכלוסייה – הבסיס לעבודת הטיפוח

כאשר הפרטים באוכלוסייה שונים זה מזה בפנוטיפ שלהם, כלומר קיימת שונות (Variance) פנוטיפית, ניתן להציע לשפר את ביצועי האוכלוסייה על ידי עבודת טיפוח אשר תוביל להעלאת השכיחות של הפנוטיפים הרצויים.

להבדלים בין ביצועי פרטים באוכלוסייה, כלומר לשונות הפנוטיפית (V_p), תורמים שלושה מרכיבים: שונות גנטית (V_G) – הנובעת מהבדל בין פרטים במבנה הגנטי שלהם, שונות סביבתית (V_E) – שמקורה בהבדלים בתנאי סביבה להם חשופים הפרטים השונים, ושונות הנובעת מהבדלים ביחסי גומלין בין הגורמים הגנטיים לבין הגורמים הסביבתיים (V_{GE}). הביטוי המתמטי ליחס בין השונות הפנוטיפית למרכיביה יהיה:

$$V_p = V_G + V_E + V_{GE}$$

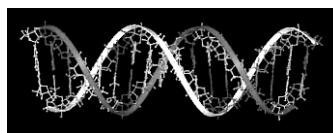
כמובן, לא בכל תכונה נמצא את שלושת מרכיבי השונות. כאשר נתבונן, למשל, בעדר בו יש כבשים בעלות צבע צמר שונה, השונות בצבע הצמר בעדר תהיה כולה גנטית. לעומת זאת, בעדרים בהם נוהגים לקצוץ את הזנב לחלק מהטלאים עם לידתם, השונות הפנוטיפית בתכונה של נשיאת הזנב תהיה כולה שונות סביבתית. במקרים אחרים, כגון תנובת חלב או הטלת ביצים, נמצא כי חלק מההבדל הפנוטיפי בין הפרטים נובע משוני במבנה הגנטי שלהם, חלק משוני בתנאי סביבה שונים המשפיעים עליהם וחלק מקורו ביחסי הגומלין בין הגורמים הגנטיים לבין הגורמים הסביבתיים.



שונות גנטית

השונות הגנטית היא למעשה כר הפעולה של המטפח. ממה נובעת שונות זו? כל תכונה, לרבות תכונות ייצור, רבייה או התאמה, מבוקרת על ידי מערכות גנים הטבועים בחומר התורשתי – ה-DNA. הערכות מלמדות כי ה-DNA ביונקים מכיל כ-35,000 גנים שונים. כידוע, ה-DNA מאורגן בכל תא במקטעים הנקראים כרומוזומים. בדרך כלל, הכרומוזומים מופיעים בזוגות כאשר כרומוזום אחד מורש מהאב והשני מהאם. הגנים הם מקטעים של הכרומוזומים אשר ה-DNA בהם מכיל מידע על מבנה של חלבון זה או אחר. התבטאות חלק מהגנים מובילה לייצור חלבונים מבניים – חלבונים המשתתפים בבניין רקמות הגוף, כחלבון האקטין הנמצא

בשריר. התבטאות חלק אחר של הגנים מובילה לייצור חלבוני בקרה כאנזימים או הורמונים. גן יכול להופיע באחת, שתיים או יותר צורות הנקראות **אללים**. אלה נבדלים זה מזה במבנה ה-DNA. מצב בו קיים יותר מאלל אחד של הגן נקרא **פולימורפיזם** (רב-גוניות) גנטי. לא כל שינוי במבנה ה-DNA המקודד לחלבון מסוים מביא לשוני במבנה החלבון הנוצר, ולא כל שינוי במבנה החלבון מביא לשינוי בתפקוד החלבון. אולם, בחלק מן המקרים השינוי במבנה בין האללים אכן מביא להבדלים במבנה חלבונים הנוצרים על פיהם. במידה וחלבונים אלה מעורבים בבקרת תכונה מסוימת, שינוי במבנה החלבון יכול להביא להבדלים בהתבטאות התכונה בין פרטים שונים ומכאן, להופעת שונות בביטוי התכונה באוכלוסייה.



דוגמה לתכונה בה הבדל במבנה האללים (שונות גנטית) מביא לשונות פנוטיפית היא תכונת העמידות של צאן למחלת הסקרייפי (Scrapie). מחלה זו היא מחלה ניוונית של רקמת העצב וקרובה למחלת ספגת המוח של הבקר. נשיאת המחלה מביאה לפגיעה בתכונות הייצור והרבייה של הכבשים ולבסוף למות בעל החיים. הגורם למחלה הוא כנראה שינוי בחלבון בשם פריון (PrP) בעל 256 חומצות אמינו הנמצא באופן רגיל בתאי רקמת העצב, שם הוא נוצר ושם הוא גם מתפרק. קיימים מספר אללים של הגן המקודד לחלבון הפריון. באלל *ARR*, המקנה עמידות למחלה, החומצה האמינית בעמדה 171 בחלבון היא ארגינין, בעוד שבאלל הגורם לרגישות, *ARQ*, נמצאת בעמדה 171 של החלבון PrP החומצה האמינית גלוטמין. ככל הנראה, כתוצאה משינוי זה במבנה חלבון ה-PrP, הוא אינו מתפרק בכבשים חולות ומולקולות החלבון מצטברות כמשקעים ברקמת המוח. הדבר גורם נזק לרקמה המוביל בסופו של דבר כאמור, לפגיעה בתפקוד ולמוות.

כאשר בגן מסוים קיים רק אלל אחד באוכלוסייה שסימנו לדוגמה *a*, כל הפרטים באוכלוסייה יהיו **הומוזיגוטים aa**. כאשר קיימים מספר אללים של גן מסוים באוכלוסייה יוביל הדבר לנוכחות מספר גנוטיפים שונים בגן זה. לדוגמה, עבור גן אשר לו שני אללים: *a* ו-*b*, נוכל לזהות באוכלוסייה פרטים **הומוזיגוטים** אצלם שני האללים זהים: *aa* או *bb* ופרטים **הטרוזיגוטים** הנושאים שני אללים שונים: *ab*.

ניתן לתאר אוכלוסייה על פי תדירות הגנוטיפים השונים בה. כך למשל, נאמר כי באוכלוסייה מסוימת תדירות ההומוזיגוטים *aa* היא 0.7, תדירות ההטרוזיגוטים *ab* היא 0.25 ותדירות ההומוזיגוטים *bb* היא 0.05. באוכלוסייה אחרת ייתכן ותדירות הגנוטיפים תהיה שונה. בכל מקרה, סכום תדירויות כל הגנוטיפים השונים יהיה תמיד 1.0.

תדירות אללים לסוגיהם גם היא מאפיין של אוכלוסייה. אם נמנה את כל האללים אשר הפרטים השונים באוכלוסייה נושאים (לכל פרט שני אללים), ניתן לחשב את תדירות האללים בה. כך למשל, ניתן לומר כי באוכלוסייה מסוימת תדירות האלל a היא 0.6 ותדירות האלל b היא 0.4 (גם כאן, סכום תדירות כל האללים באוכלוסייה יהיה שווה ל-1.0). כאשר קיימים שני אללים בלבד: a ו- b באוכלוסייה, הקשר בין תדירות שני אללים אלה ותדירות הגנוטיפים האפשריים: aa , ab ו- bb מבוסס על ידי חוק הרדייווינברג (Hardy-Weinberg) הנקרא על שם החוקרים אשר ניסחו אותו, אשר אומר:

כאשר:

p – תדירות האלל a ;

q – תדירות האלל b , (יש לזכור כי $p + q = 1$);

הרי:

תדירות הגנוטיפ aa תהיה p^2 ; תדירות הגנוטיפ bb תהיה q^2 ותדירות הגנוטיפ ab תהיה $2pq$.

חוק הרדייווינברג תקף כאשר מתקיימים תנאים המאפיינים אוכלוסייה אידיאלית: גודל האוכלוסייה הוא אין סופי, הזיווגים בין הפרטים נעשים באקראי ואין סלקציה כנגד האללים. תחת תנאים אלה, תדירות האללים נשמרת באוכלוסייה מדור לדור ושכיחות הגנוטיפים באוכלוסייה בכל דור תהא לפי חוק הרדייווינברג. על אף שידוע כי אוכלוסיות של חיות משק אינן עומדות בתנאים של אוכלוסייה אידיאלית, הרי השימוש בחוק הרדייווינברג נותן קירוב טוב בבואנו להעריך תדירות אללים וגנוטיפים באוכלוסייה.



דוגמה לשימוש בחוק הרדייווינברג: תדירות האלל ARR (האלל בגן PrP אשר מקנה עמידות כנגד מחלת הסקריפי) באוכלוסיית כבשים מגזע האסף בארץ נמוכה יחסית: 0.15. מגדל בעל עדר גדול של כבשי אסף מעוניין להרבות בעדרו את הכבשים העמידות לסקריפי. לשם כך, הוא מבקש לאתר מבין הטלאים שנולדו לאחרונה 10 טלאים הומוזיגוטים ARR/ARR במטרה לגדל אותם כאילים. זיהוי הגנוטיפים נעשה באמצעות בדיקות DNA , אך מאחר והבדיקות יקרות, בדעתו של המגדל לבדוק קבוצה של 200 טלאים זכרים בלבד מתוך 1,000 טלאים שנולדו בעדר.

אם תדירות האלל ARR דומה לתדירות הכללית באסף – 0.15, הרי לפי חוק הרדייווינברג, תדירות ההומוזיגוטים ARR/ARR באוכלוסיית הטלאים (p^2) תהיה $0.025 = (0.15)^2$. לפיכך, מתוך 200 טלאים צפוי כי יימצאו רק כ-5 טלאים בעלי הגנוטיפ הרצוי (200×0.025). במידה ובעל העדר רוצה לאתר 10 טלאים, עליו לבדוק מראש מספר רב יותר של טלאים. נכון הוא, שעדר הכבשים אינו מתנהג כאוכלוסייה הרדייווינברג מבחינת גודלו ואקראיות הזיווגים בו (מותר להניח כי עד כה לא התבצעה בעדר סלקציה בעד האלל ARR). אולם, השימוש בחוק הרדייווינברג כבקירוב ראשון לצורך קבלת החלטה בדבר מספר הטלאים אותם יש לבדוק הוא מוצדק.

עד כה דובר על שונות גנטית בגן בעל שני אללים. אולם, רוב תכונות הייצור, הרבייה וההתאמה הן תכונות רב-גניות (פוליגניות). תנובת החלב למשל, נשלטת על ידי גנים רבים המעורבים בין השאר בייצור חלבוני החלב, בייצור הורמונים המבקרים את התפתחות רקמת העטין ואת הפרשת החלב ובייצור חלבונים המבקרים את כניסתם של מים לחלל העטין. לכל גן כזה אפשר ויהיו מספר אללים. די אם נאמר כי עשרה גנים בלבד מבקרים את ייצור החלב ולכל גן רק שני אללים, הרי מספר הגנוטיפים השונים האפשריים באוכלוסייה מגיע ל- $2^{10}=1,024$. אפילו אם רק חלק מהגנוטיפים האפשריים יהיו באוכלוסייה, יביא הדבר לשונות גנטית ביכולת ייצור החלב של הפרות. שונות זו תתרום לשונות הפנוטיפית בתכונות ייצור החלב, בנוסף לשונות הסביבתית ולשונות הנגרמת מאינטראקציה בין הגורמים הגנטיים לגורמים הסביבתיים.

פירוק השונות הגנטית למרכיביה: בנוסף לעובדה כי גודל השונות הגנטית בתכונה מסוימת תלוי במספר הגנים הפולימורפים המעורבים בבקרה שלה, השונות הגנטית יכולה להיות מושפעת גם מהיחסים בין האללים בכל גן וגן, כפי שיוסבר להלן.

נתאר מצב בו קיימים בגן המשפיע על תנובת החלב של בקר שני אללים המסומנים כ- a ו- b . פרות הומוזיגוטיות aa מייצרות ביום 29 ליטר בעוד פרות הומוזיגוטיות bb מייצרות 41 ליטר ליום.

תנובת החלב של פרות הטרוזיגוטיות ab תהיה תלויה ביחס בין האללים a ו- b . אם היחס בין שני האללים הוא יחס תוספתי (additive) ותורמתם של שני האללים להבדל בין הגנוטיפים aa ו- bb שווה, הרי פרה הטרוזיגוטית תייצר 35 ליטר – ערך הביניים בין ערכי הייצור של הפרות ההומוזיגוטיות – כמתואר להלן:

aa	ab	bb	גנוטיפ
29	35	41	תנובת חלב יומית (ליטר)

אולם, ייתכן מצב בו אלל b דומיננטי (שליט) על האלל a המוגדר לכן כרצסיבי (נשלט). במקרה זה, תנובת החלב של פרה הטרוזיגוטית תהיה 41 ליטר, בדומה לתנובת החלב של פרה הומוזיגוטית aa , כמתואר בציור הבא:

aa	bb, ab	גנוטיפ
29	41	תנובת חלב יומית (ליטר)

לצורך הדוגמה נתאר עדר בן שלוש פרות בעלות הגנוטיפים aa, ab ו-bb. כאשר היחס בין האללים הוא תוספתי, תנובותיהן היומיות של שלוש הפרות יהיו כאמור 29, 35 ו-41 ליטר, בהתאמה. השונות הגנטית (מדובר כאן רק על הבדלים הנובעים מהבדלים גנטיים) של תנובת החלב בעדר קטן זה תהיה 24 ליטר בריבוע.

$$\sigma^2 = \frac{(29 - 35)^2 + (35 - 35)^2 + (41 - 35)^2}{3} = 24 \text{ ליטר}^2$$

אולם, אם בין האללים ישנן יחס של דומיננטיות-רצסיביות, הרי התנובות של שלושה פרטים בעלי הגנוטיפים aa, ab ו-bb יהיו 29, 41 ו-41 ליטר ליום, בהתאמה. השונות בתנובת החלב תהיה במקרה זה 36 ליטר בריבוע – גדולה יותר מהשונות במקרה הקודם.

$$\sigma^2 = \frac{(29 - 35)^2 + (41 - 35)^2 + (41 - 35)^2}{3} = 36 \text{ ליטר}^2$$

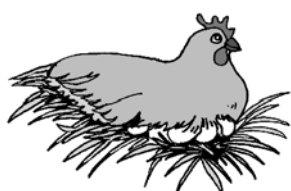
במקרה זה נאמר כי בנוסף לשונות גנטית המוגדרת כתוספתית (של 24 ליטר בריבוע), קיימת באפשרות השנייה גם **שונות גנטית דומיננטית** אשר ערכה הוא 12 ליטר בריבוע ($36 - 24 = 12$). במילים אחרות, ההבדלים בין הפרות בייצור חלב במקרה השני נובעים לא רק מהעובדה שהן בעלות גנוטיפים שונים, אלא גם מכך שהיחסים בין האללים הם יחסי דומיננטיות-רצסיביות ולא יחסים תוספתיים. כשם שניתן להבחין במרכיב תוספתי של השונות ובמרכיב דומיננטי כן ניתן למנות מרכיבים נוספים של השונות הגנטית. אולם, בדרך כלל עיקר עיסוקו של המטפח הוא בשונות הגנטית התוספתית.



שונות סביבתית

שונות סביבתית בביצועים בתכונה מסוימת נובעת מחשיפה של פרטים לתנאי סביבה שונים. הבדלים בתנאי סביבה יכולים להביא להבדלים בביצועי פרטים שונים, גם אם המבנה הגנטי שלהם זהה לחלוטין. כאשר בוחנים זוג פרות תאומות זהות, תביא הזנה ראויה לייצור חלב רב אצל אחת האחיות, בעוד הגבלת מזון תביא לצמצום מיידי בתנובת החלב אצל השנייה. גל חום הפוקד לול פטמים יביא לאובדן תיאבון ופגיעה בגדילת פטמים, בעוד גדילתם של אחיהם המשוכנים בלול ממוזג לא תיפגע. דוגמה נוספת לגורם סביבתי התורם לשונות הפנוטיפית היא נגיעות במחלות. פרה חולה במחלת הפה והטלפים תייצר פחות חלב מאחותה הבריאה,

גם אם הפרה נושאת את המטען הגנטי הטוב ביותר לייצור חלב. יש לציין, כי בניגוד לגורמים גנטיים אשר השפעתם מורשת מדור לדור, השפעתם של גורמים סביבתיים מוגבלת בעיקר לפרק הזמן בו חשופות אליו חיות המשק. כך למשל, העובדה כי גדילת עגל נפגמה כתוצאה מהזנה לקויה לא תפגע בקצב הגדילה של צאצאיו.



הבדלים בתנאי הסביבה המביאים להבדל בין ביצועי פרטים בעדר או בלהקה יכולים לנבוע לא רק מגורמים חיצוניים כגון מזון או טמפרטורה, אלא גם מהבדלים שמקורם בפרטים עצמם. גורם סביבתי חשוב אשר משפיע על ביצועי בעלי חיים בתכונות השונות הוא הגיל. תרנגולת צעירה לדוגמה, מטילה פחות מתרנגולת בוגרת והביצים אותן היא מייצרת

קטנות יותר. בדומה, פרה בתחלובה ראשונה תניב פחות חלב מאשר פרה בתחלובה שנייה ומלכת דבורים צעירה תטיל פחות ביצים ביחס למלכה בוגרת. ייתכן ושני פרטים באוכלוסייה, הזהים מבחינת המבנה הגנטי שלהם ייבדלו בביצועיהם רק משום שהאחד צעיר והשני מבוגר.

מקובל, כי האם קובעת (יחד עם האב) את תכונות הצאצאים בדרך ישירה של הורשת חומר גנטי המשפיע על תכונות הגדילה שלהם. אולם, במקרה של בקר וצאן לדוגמה, האם מהווה חלק מהסביבה בה גדלים הצאצאים, ומכאן היא יכולה להשפיע על תכונותיהם גם בדרך עקיפה. קצב הגדילה של עגל בקר לבשר יהיה נמוך יחסית כאשר לאמו תנובת חלב נמוכה, וגבוה יותר כאשר לאם תנובת חלב מספקת.

גורם סביבה נוסף אשר חשיפה שונה אליו תביא להבדלים בביצועי פרטים הוא עונת השנה, או ליתר דיוק, מספר שעות האור ביממה. ידוע, כי יום ארוך משפיע בצורה חיובית על תנובת החלב בבקר ובצאן ואילו יום קצר משפיע בצורה חיובית על ביצועי רבייה של כבשים. פרה הנחלבת בעונת החורף תייצר פחות חלב יחסית לכמות שהייתה מייצרת באותה תחלובה בקיץ עקב ההבדל באורך היום בין העונות. בדומה, תפוקת ביצים אצל מטילות תגדל עם התארכות היום, ותקטן עם התקצרות היום.

הערכת ביצועי פרטים בעדר בתכונות ייצור נעשית מעת לעת לצורך קביעת הכלכליות שבגידולם ולצורך בחירת הפרטים המצטיינים מהם יישמרו צאצאים לגידול. מאחר והפרטים השונים חשופים כל אחד להיסטוריה של תנאי סביבה שונים במהלך הגידול, רצוי בעת הצגת הנתונים "לתקן" את הנתונים ולהביאם למכנה משותף. ניתן לעשות זאת רק כאשר השפעת גורמי הסביבה ידועה ונחקרה בעבר. כך למשל, ידוע כי גיל הפרה או כבשה, ובהתאם לכך גם מספר התחלובה, משפיע על כמות החלב הנחלבת. בדרך כלל, פרות או כבשים בתחלובה ראשונה ייצרו באופן יחסי פחות חלב. בתחלובה שנייה כושר ייצור החלב מגיע בדרך כלל לשיאו, ולאחר מכן, למן החליבה השלישית ואילך, חלה ירידה בכושר ייצור החלב.

השפעת מספר התחלובה על כמות החלב בתחלובה ומשכה בכבשי אסף



תוך שימוש במקדמי תיקון שחושבו ניתן "לתקן" את נתוני תנובת החלב של כבשים שונות ולהשוות אותם, לדוגמה, לייצור חלב בתחלובה שנייה.

מספר כבשה	מספר תחלובה	תנובת חלב (ליטר)	מקדם תיקון לתחלובה שנייה	תנובת חלב מתוקנת (ליטר)
4344	1	350	1.2	420
2559	2	380	1.0	380
1467	3	370	1.1	407

ניתן לראות כי למרות שכבשה מספר 2559 ייצרה יותר חלב מהכבשים האחרות הרי היתרון שלה נבע רק מהעובדה שהיא הייתה בתחלובה שנייה. יתרון זה נעלם כאשר הנתונים תוקנו.



אינטראקציה גנוטיפ-סביבה

הסביבה בה גדלים בעלי חיים משתנה מעת לעת: תקופות השנה משתנות ואֶתן האקלים, גורמי מחלה חודרים למשק מעת לעת, טיב המזון אינו אחיד ועוד. קיימים מצבים בהם

גנוטיפים שונים מגיבים באופן שונה לשינויים. אם בתקופת הקיץ תנובת החלב יורדת בעדר הבקר לחלב עקב תנאי מזג האוויר הקשים, תהיינה פרות אשר כתוצאה ממבנה גנטי מסוים הירידה אצלן תהיה חזקה יותר מאשר אצל אחרות. התגובה השונה של גנוטיפים לתנאי סביבה שונים מגדילה את השונות הפנוטיפית ומכבידה על הערכה נכונה של ביצועי הפרטים במשק.



תורשתיות

כאשר השונות הפנוטיפית נקבעת בעיקר על ידי השונות הגנטית, כלומר הבדלים בביצועי הפרטים נובעים בעיקר מהבדלים במטען הגנטי שלהם, צפוי כי עבודת הטיפוח תצלח ובחירה של פרטים מצטיינים כהורים של הדור הבא תביא אכן לשינוי בביצועי האוכלוסייה. במקרה זה, הפרטים המצטיינים יורישו לצאצאיהם מטען גנטי המביא לביצועים גבוהים. אולם, כאשר השונות הפנוטיפית מקורה בעיקר בשונות סביבתית, לא יביא למעשה המהלך של בחירת הפרטים המצטיינים כהורים של הדור הבא לשינוי בביצועי האוכלוסייה.

היחס בין השונות הגנטית (V_G) באוכלוסייה בתכונה מסוימת, הנובעת מהמטען הגנטי השונה אותו נושאים הפרטים לכלל השונות הפנוטיפית (V_P) נקרא תורשתיות וסימונה h^2 . הביטוי המתמטי של התורשתיות יהיה:

$$h^2 = \frac{V_G}{V_P}$$

זוהי התורשתיות במובנה הרחב. ברוב המקרים אנו נעשה שימוש בתורשתיות במובן הצר, אשר בה נלקח בחשבון המרכיב התוספתי של השונות הגנטית בלבד (V_A). במקרה זה הביטוי המתמטי של התורשתיות יהיה:

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

ערכי התורשתיות של תכונות שונות נעים בין 0.0 ל-1.0. בטבלה הבאה מוצגים ערכי תורשתיות מייצגים של תכונות ייצור, רבייה והתאמה למיניהן.

חייית המשק	תכונה	ערכי תורשתיות h^2 מייצגים
בקר	משקל גוף בוגר	0.65
	תנובת חלב בתחלובה	0.35
	אחוז חלבון בחלב	0.40
עופות	משקל ביצה	0.50
	מספר ביצים מוטלות בשנה	0.10
כבשים	כמות צמר	0.30
	ולדנות	0.15
דבורים	יבול דבש אביבי	0.58
	יבול דבש שנתי	0.35
דגים	תכולת שומן בקרפיון	0.14
	משקל גוף בגיל 10 שבועות באמנון היאור	0.46

ערכי התורשתיות מחושבים תוך בדיקת הדמיון בביצועים בין קרובי משפחה. כך למשל, את ערך התורשתיות של תנובת החלב בעדר הבקר לחלב אפשר לחשב תוך השוואת תנובת החלב של בנות לזו של אמהותיהן או תוך השוואת נתוני תנובת חלב של בנות לפרים שונים. יש לזכור כי התורשתיות היא מדד של אוכלוסייה מסוימת המתפקדת בתנאים מסוימים. ייתכן ולאותה תכונה יחושבו ערכי תורשתיות שונים באוכלוסיות שונות. שינוי תנאי הסביבה או שינוי במבנה הגנטי של האוכלוסייה יכול להוביל לשינוי בערכי תורשתיות באותה אוכלוסייה.

שיטות טיפוח

כאמור, מטרת עבודת הטיפוח היא לשפר את ביצועי האוכלוסייה בתכונות מסוימות תוך שינוי המבנה הגנטי שלה. שינוי זה ייעשה על ידי הגדלת שכיחותם של אללים ה"מוסיפים" לתכונה ובמקביל, הקטנת השכיחות של אללים אשר נשיאתם פוגעת בתכונה. דרך נוספת של עבודת הטיפוח היא הכנסה דרך הכלאה של אללים חדשים שאינם קיימים באוכלוסייה המקורית.



להשגת מטרות הטיפול יכול המטפח לנקוט בכמה דרכים:

1. ייבוא והפצה של גזעים, זנים או גנוטיפים חדשים תוך דחיקת הזנים המקומיים;
2. לבירה (סלקציה) בתוך אוכלוסייה קיימת, תוך בחירת פרטים מצטיינים כהורים לדור הבא;
3. הכוונת זיווגים באוכלוסייה;
4. הכלאת הגזע/הזן הקיים בגזע/זן חדש ויצירת מכלוא המשלב את תכונות גזעי ההורים;
5. החדרת תכונות חדשות למין תוך שימוש בטכנולוגיות מתחום ההנדסה הגנטית;
6. שילוב של האמצעים שנמנו לעיל בתכנית טיפוח כוללת.

שלב ראשון בעבודת הטיפול הוא הגדרה מדויקת של מטרת עבודת הטיפול ותנאיה. תכניות טיפוח רבות נסתיימו בלא כלום משום שהמטפחים לא בחנו מלכתחילה את הנושאים הבאים:

האם לתכונה מרכיב גנטי (כלומר, האם התורשתיות שלה שונה מאפס)?

במשך שנים היה מקובל בקרב מגדלי הצאן לחלב בארץ לציין את "תנובת החלב המקסימלית" של הכבשה כתכונה על פיה מדרגים את הכבשים. הכוונה לתנובת החלב הגבוהה ביותר שהושגה על ידי הכבשה באחת מהתחלובות. במשך שנים טלאים וטליות לגידול נבחרו מאמהות עם נתונים גבוהים בתכונה זו. התברר בעבודת מחקר, כי התורשתיות של התכונה "תנובת חלב מקסימלית" קרובה לאפס. כיום, הערכת כושר ייצור החלב של הכבשה מסתמכת על נתוני כל התחלובות שלה.



מהות התכונה, ומי ייהנה מהשיגי עבודת הטיפול?

מקובל כי תנובת חלב גבוהה של פרות היא תכונה רצויה. אולם, יש לזכור כי החלב מורכב ממוצקים (סוכרים, חלבונים, שומנים) וממים. טיפוח לתנובת חלב גבוהה יכול להביא להגדלת כמות המים המופרשים על ידי הפרה במהלך התחלובה מבלי שכמות המוצקים תשתנה באותו יחס. כך אירע במשך שנים בטיפול הבקר לחלב בארץ. טיפוח לתנובת חלב גבוהה הביא להגדלת כמות החלב, אך גרם במקביל להקטנת ריכוז המוצקים בו. החקלאים אשר מכרו את החלב לפי נפחו נהנו מתוצאות עבודת טיפוח אך המחלבות המייצרות גבינה מהחלב ניזוקו מהתהליך, שכן תעשיית הגבינה עושה שימוש במוצקים שבחלב ולא במים. כיום, טיפוח תנובת החלב של הבקר בארץ, כמו ברוב ארצות העולם, לוקח בחשבון לא רק את כמות החלב אלא גם את ריכוז מרכיביו.



בכמה תכונות מדובר?

ייצור ביצים רב על ידי עופות להטלה הוא תכונה רצויה. יש לזכור כי התמורה המתקבלת עבור הביצים תלויה גם בגודלן. לכן, בטיפול להטלת הרבה ביצים יש להתייחס למעשה לשתי התכונות: מספר הביצים וגודלן.



מיהו קהל היעד (המגדל המסורתי)?

למסורת בענף גידול בעלי חיים נודעת חשיבות רבה. גזע האוסי בעל האליה הוא גזע הכבשים הנפוץ ביותר במזרח התיכון. על אף שהובאו לאזור גזעים רבים בעלי יתרון בולט על האוסי בגדילה, בוולדנות ובייצור חלב, מיאנו המגדלים המקומיים לגדל אותם, ולו מהסיבה שאינם נושאים אליה והם שונים במראם מהכבש המסורתי.



האם קיימת דרך נוחה למדידת התכונה?

שריר רב יותר וכמות שומן פחותה הן תכונות רצויות בצאן לבשר. במשך שנים, הדרך היחידה לברור מבנה גוף של טלאים הייתה לבחון זאת לאחר השחיטה. במצב זה, גם אם נמצא טלה מצטיין בתכונותיו לא ניתן היה לנצל את המידע מאחר והטלה כבר הומת. משום כך, כמעט ולא חלה התקדמות בטיפוח צאן בתכונה זו. כיום, ניתן להעריך את כמות השומן והשריר בגוף הטלאים תוך סריקה במכשיר אולטרא סאונד, הנעשית מבלי לפגוע בפרט. שיפור טכנולוגי זה עשה את טיפוח טיב טבחת הצאן באנגליה ליעיל מאוד.



האם קיימת השפעה על תכונות אחרות?

לעתים, שיפור תכונה אחת מביא לפגיעה בתכונה אחרת. למשל, הישגים בטיפוח תרנגולי הודו למשקל גוף גדול הביאו למצב בו הזכרים הם כה גדולים עד כי הם מתקשים להפרות את הנקבות. דוגמה ידועה נוספת היא טיפוח תכונת "השריר הכפול" בבקר הבלגי, שהביאה להגדלת כמות השריר בגוף הבקר, בעיקר בחלקו האחורי. הסתבר, כי התכונה באה לידי ביטוי כבר אצל העובר הגדל ברחם אמו, והעגלים הנולדים הם בעלי גוף גדול מהרגיל, דבר הגורם לקשיים בהמלטה ולתמותה רבה של עגלים. כדי להתגבר על מצב זה יש לקבל את עגלי הבקר הבלגי בניחוח קיסרי.



מהו מחיר הטיפוח?

ביצוע תכנית טיפוח כרוך בהוצאות רבות עבור כוח אדם נוסף הדרוש למדידת התכונות, מתקנים מיוחדים לאחזקת בעלי החיים הנבחרים, משאבים מיוחדים להבטחת זהות האבות בעונת ההרבעות ועוד. במידה ומחיר בעלי החיים מטופחים לא יהיה גבוה יותר מבעלי חיים אשר לא נכללו במערכת הטיפוח, המטפח לא רק שלא יראה רווח אלא אף לא יחזיר את השקעתו. אפשרות זו חייבת להילקח בחשבון עוד לפני שתכנית הטיפוח נכנסת לשלב המעשה.



האם מטפחים אחרים לא עוסקים כבר בנושא?

מכירת בעלי חיים מטופחים היא, בדרך כלל, עניין מסחרי לכל דבר. כאשר שוקלים ביצוע עבודת טיפוח יש לבחון את כושר התחרות מול מטפחים אחרים. משך שנים התבצעה על ידי מגדלי העופות בארץ תכנית טיפוח של פטמים, והמוצר המטופח נמכר תחת השם "ענק". ייבוא של חומר רבייה משובח מחו"ל במחירים נוחים גרם להפסקת עבודת הטיפוח של

הפטמים בארץ. בכל מקרה, אם מטפח אחר הצליח ויש בידו חומר גנטי טוב, יש לשקול מה הסיכוי להצליח טוב יותר ממנו.



האם קיימת דרך לשמור על הישגי הטיפוח מפני מתחרים?

לא אחת קורה כי בעלי חיים אשר טופחו על ידי מטפח מסוים נקנים על ידי אחרים, המרבים אותם ומוכרים אותם כפרי טיפוחם תוך תחרות במטפח המקורי. מובן שהדבר גורם לנזק כלכלי למטפח, ובהיעדר מנגנון למניעת "גנבה גנטית" זו או דרך לכפות על המפיצים לשלם תמלוגים, יש לשקול האם כדאי בכלל להיכנס להשקעות בטיפוח כעסק מסחרי.



טיפוח תוך החלפת הגזע הקיים בגזע חדש (אינטרודוקציה)

כאשר ברצוננו לשפר בצורה גנטית את ביצועי האוכלוסייה יש לשקול האם לפעול לשנות את המבנה הגנטי של האוכלוסייה הקיימת בדרך של לבירה, הכלאה או לפעול להחלפת האוכלוסייה הקיימת באוכלוסייה מגזע או גנוטיפ אחר. האפשרות האחרונה היא למעשה הדרך הקלה והמהירה להשגת התקדמות גנטית. קלה – משום שאין אנו משקיעים כל מאמץ, אלא מנצלים למעשה את הישגי עבודת הטיפוח של אחרים; מהירה – משום שבמהלך אחד אנו משפרים בצורה ניכרת את ביצועי העדר או הלהקה, שלא כמו בתהליך סלקציה, שם השיפור הוא איטי וממושך.



תהליך של החלפת גזע הנו בר ביצוע רק במידה ואכן קיים במקום אחר גזע או זן העולה בביצועיו על זה המקומי. היתרון של הגזע החדש צריך לבוא לידי ביטוי גם בתנאים המקומיים, אשר לעתים שונים בתכלית מהתנאים בהם גדל הגזע באזור מוצאו. קושי נוסף בהחלפת גזע הוא ההשקעה הגבוהה הנדרשת לעתים, כפי שנכון הדבר לגבי מעלי גירה, למשל. לעומת זאת בעופות, החלפת גזע היא תהליך פשוט יותר מאחר וממילא הלהקות מתחדשות אחת לתקופה. לעתים, המגבלות הווטרינריות החלות על העברת בעלי חיים מארץ אחת לשנייה מקשות על ייבוא החומר הגנטי הנדרש.

קיימות בארץ מספר דוגמאות לטיפוח בעלי חיים תוך כדי החלפת הגזע המקומי. הדבורה הסורית המקומית הוחלפה בגזע האיטלקי תוך ייבוא מתמשך, במשך שנים רבות, של מלכות מהגזע האיטלקי. כך הושגה אוכלוסיית דבורים שקטה ונוחה לעבודה אשר ניחנה בנטייה מועטה יחסית להתנחלות ובכושר רב יותר לייצור של דבש. דוגמה נוספת להחלפת גזע בארץ היא ענף העופות להטלה ולפיטום. את גזעי העופות המקומיים (באלאדי, עוף סיני) ניתן למצוא כיום בעיקר בפינות חי או בחצרות מגדלים זעירים. הלולים המסחריים של ימינו מאוכלסים כולם בעופות מגזעים מיובאים.

בצד הצלחות בייבוא של גזעים זרים ניתן למנות גם כישלונות ואף מקרים של גרימת נזקים לחקלאות. הבקר האפריקאי מגזע ה"נדמה" נחות בתכונות גדילה וייצור חלב אך עמיד למחלת הטריפנוזומה. גזעי בקר אירופיים שיובאו לארצות אפריקה לא שרדו בתנאים הקשים ורובם נכחדו. אינטרודוקציה של דגי נסיכת הנילוס לאגם ויקטוריה הביאה לגדילה בלתי מבוקרת של הדג באגם מאחר ולא היו לו אויבים טבעיים. הכנסת הדבורה האפריקאית הנודעת בתוקפנות שלה לדרום אמריקה הביאה לפגיעה חמורה בענף הדבורים ביבשת זו.

תהליך החלפת גזעים מקומיים של בעלי חיים בגזעים בעלי רמת ביצועים גבוהה יותר נעשה בארצות רבות, תוך שהוא מעמיד בסכנה את המשך קיומם של הגזעים המקומיים. אמנם, לחלק מגזעים מקומיים אלה כושר ייצור נמוך, אך הם בעלי תכונות חשובות, עמידות למשל, אשר איבדו מחשיבותן בהווה בתנאי הממשק המודרניים. יחד עם זאת, ייתכן מצב בו תכונות אלה יהיו חשובות בעתיד או במערכות גידול אורגניות השוללות שימוש בתרופות מסוימות. ארגון המזון והחקלאות של האו"ם הכיר בבעיה ובעזרתו נעשה כעת מאמץ עולמי לשמר את מגוון המינים של חיות המשק, אם בדרך של שימור גרעיני רבייה ואם בדרך של שימור בהקפאה של תאי זרע, ביציות, עוברים או דגימות DNA.



לבירה (סלקציה)



העיקרון בעבודת הסלקציה הוא בחירת הפרטים המצטיינים בביצועיהם ושימוש בהם, ורק בהם, כהורים של הדור הבא. בהנחה כי הצטיינותם של ההורים היא כולה או חלקה על בסיס גנטי והם נושאים את האללים המוסיפים בגנים המבקרים את התכונות הרצויות, צפוי כי הדור הבא יעלה בביצועיו על הדור הנוכחי. תהליך השבחה גנטית של אוכלוסייה בדרך של סלקציה יימשך כל עוד קיימת שונות גנטית תוספתית. מאחר ושיפור תנאי הסביבה גם הוא עשוי להביא לשיפור בביצועים, קשה לעתים לקבוע בדיעבד האם שיפור שהושג בביצועי אוכלוסייה תחת סלקציה

מקורו אכן בתהליך הטיפוח בלבד, בשיפור תנאי הסביבה בלבד או תוצאה של שילוב שני הגורמים יחד. מעקב אחר ביצועי הפרטים באוכלוסייה במהלך הדורות וניתוח נכון של הנתונים בשיטות סטטיסטיות מתקדמות, מאפשר לחלץ ולאמוד את תרומת הגורם הגנטי להתקדמות הפנוטיפית בביצועי האוכלוסייה.

כאמור, עבודת הסלקציה כרוכה בראש ובראשונה בזיהוי ובבחירת הפרטים המצטיינים באוכלוסייה. בחירה זו יכולה להיעשות בשתי שיטות:

א. **בחירה על סמך ביצועי הפרט.** בתהליך זה נמדדים ביצועי כל הפרטים באוכלוסייה ואלה בעלי הביצועים המצטיינים נבחרים ומשמשים כהורים לדור הבא. התהליך נקרא גם סלקציה המונית. סלקציה לקצב גדילה במינים שונים של חיות משק וחלק מהסלקציה לתנובת חלב אצל פרות נעשית בדרך זו. מקובל לבסס טיפוח בסלקציה על סמך ביצועי הפרט כאשר תורשתיות התכונה גבוהה יחסית – 0.3 ומעלה. יתרונה של שיטת הסלקציה הוא שאין צורך במידע על יחסי קרבת הדם בין הפרטים באוכלוסייה.

ב. **סלקציה על סמך ביצועי קרובים (הורים, אחים, צאצאים).** כאשר תורשתיות התכונה נמוכה, אין המידע המתקבל על הפרט מלמד רבות על ערכו הטיפוחי. זאת, משום שהצטיינותו עשויה לנבוע מהשפעות סביבתיות ולא מתכונותיו הגנטיות. במקרה זה, בחירת פרט מסוים כהורה לדור הבא תיעשה תוך התחשבות בביצועי קרוביו. אומדן הערך הטיפוחי של פרט גם על בסיס נתוני משפחתו יהיה טוב יותר מזה המבוסס רק על ביצועי הפרט עצמו.

מצב נוסף בו נהוגה סלקציה על סמך ביצועי קרובים הוא כאשר לא ניתן למדוד את התכונה בפרט עצמו. תנובת חלב למשל לא ניתנת למדידה בזכרים. לפיכך, בחירת פרי רבייה בעדר הבקר לחלב תיעשה על סמך תנובת החלב של אמהותיהם ושל בנותיהם. טיפוח דבורים הוא מקרה מיוחד בהקשר זה, כיוון שתנובת הדבש של הכוורת אינה תכונה של פרט בודד אלא של הדבורית כולה. זיהוי מלכה מצטיינת בייצור דבש נעשה על ידי בחינת כושר האגירה של בנותיה. בחירת זכרי דבורים לצורך הזרעות מלאכותיות נעשית על סמך נתוני אמהותיהם ואחיותיהם.



הערכת ההתקדמות הגנטית בתהליך הסלקציה: מידת השיפור הגנטי שיתקבל מדי שנה במהלך סלקציה ניתנת לחיזוי לפי הנוסחה:

$$R = \frac{S \times h^2}{L}$$

כאשר:

- R – שיעור ההתקדמות הגנטית לשנה מבוטא ביחידות התכונה (לדוגמה: ליטר חלב לשנה).
- S – הפרש הסלקציה (Selection differential). ההפרש בין ממוצע ביצועי הפרטים הנבחרים לממוצע האוכלוסייה, מבוטא ביחידות המידה של התכונה.
- h^2 – תורשתיות התכונה. מידע על משתנה זה מתקבל מניתוח ביצועי הפרטים באוכלוסייה תוך ידיעת קשרי המשפחה ביניהם.
- L – אורך הדור (שנים). ערך זה הוא הגיל הממוצע של ההורים בו נולדים צאצאים הנשארים כתחלופה.

ההתקדמות הגנטית היא בדרך כלל תוצאה של סלקציה הן של אבות הדור הבא והן של אמהות הדור הבא, כאשר שני המסלולים תורמים במידה שווה להתקדמות הגנטית. הדוגמה הבאה תמחיש את חישוב שיעור ההתקדמות הגנטית בעבודת הסלקציה:

נוקד בעל עדר המונה 1,000 כבשים ו-15 אילים מעוניין לבצע טיפוח על ידי סלקציה לשיפור משקל טלאים בגיל 150 יום. מדי שנה נולדים בעדר 1,000 טלאים, מחציתם זכרים ומחציתם נקבות. הגיל הממוצע של הכבשים בעדר הוא ארבע שנים ואילו הגיל הממוצע של האילים שנתיים. לכן, לצורך שמירה על גודל העדר על המגדל להשאיר בעדר מדי שנה מהשגר הנולד 250 טליות ו-5 טלאים. המשקל הממוצע של הטלאים בעדר בגיל 150 יום הוא 52 ק"ג, עם סטיית תקן של 5 ק"ג ואילו המשקל הממוצע של הטליות בגיל האמור הוא 46 ק"ג עם סטיית תקן של 4 ק"ג. ההערכה היא כי תורשתיות התכונה של משקל הטלאים והטליות בגיל מאה וחמישים יום בעדר הנדון היא 0.34.

בשנה הראשונה להפעלת תכנית הסלקציה, לאחר שהנוקד שקל את כל הטלאים והטליות שנולדו, נבחרו 5 טלאים מצטיינים אשר משקלם הממוצע היה 65 ק"ג ו-250 טליות אשר משקלן הממוצע היה 49 ק"ג. הפרש הסלקציה אצל הזכרים היה לכן 13 ק"ג ($65 - 52 = 13$), ואילו אצל הנקבות הוא היה 3 ק"ג ($49 - 46 = 3$).

ההתקדמות הגנטית (ק"ג לשנה) שהושגה בתהליך הסלקציה באוכלוסיית הזכרים הייתה:

$$R_I = \frac{13 \times 0.34}{2} = 2.21$$

בהתאמה, ההתקדמות הגנטית (ק"ג לשנה) שהושגה בתהליך הסלקציה בנקבות הייתה:

$$R_J = \frac{3 \times 0.34}{4} = 0.25$$

ההתקדמות הגנטית הכללית בעדר (ק"ג לשנה) שהושגה בתהליך הסלקציה הייתה הממוצע בין ההתקדמות הגנטית בזכרים להתקדמות בנקבות:

$$R_{I+J} = \frac{R_I + R_J}{2} = \frac{2.21 + 0.25}{2} = 1.23$$

ניתן אם כן לומר כי כתוצאה מעבודת הטיפוח שתוארה (בחירה לגידול רק של טלאים וטליות בעלי ביצועי גדילה גבוהים יחסית), הרמה הגנטית של הדור החדש בעדר עלתה והמשקל הממוצע של הטלאים בגיל 150 יום, שיוולדו לדור החדש, צפוי לעלות ב-1.23 ק"ג מעבר

לביצועי העדר הנוכחיים. עיקר ההתקדמות תבוא הודות לסלקציה בזכרים. זאת, מכיוון שהפרש הסלקציה בזכרים היה גדול יותר ואורך הדור קצר יותר מאשר בנקבות. אם המגדל היה בוחר לגידול פרטים באופן אקראי, ולא על סמך ביצועי הגדילה שלהם, לא הייתה מושגת ההתקדמות שתוארה.



חיזוי ההתקדמות הגנטית: בדרך כלל אין אנו יודעים מראש מה יהיה הפרש הסלקציה (S), שהרי ביצועי הפרטים באוכלוסייה ייבחנו רק בעתיד. ניתן לחזות את הפרש הסלקציה תוך ידיעת ערך השונות הפנוטיפית באוכלוסייה בתכונה בה מדובר וידיעת ערך עצמת הסלקציה (i). עצמת הסלקציה היא החלק מכלל האוכלוסייה אשר נקבע כי ייבחר לגידול. ניתן אם כך לרשום:

$$S = i \times \sigma_p$$

ושיעור ההתקדמות הגנטית לשנה יהיה:

$$R = \frac{h^2 \times i \times \sigma_p}{L}$$

כאשר:

R – שיעור ההתקדמות הגנטית לשנה מבוטא ביחידות התכונה (לדוגמה: ליטר חלב לשנה).

σ_p – סטיית התקן הפנוטיפית של התכונה.

h^2 – תורשתיות התכונה.

i – עצמת הסלקציה. ערך זה תלוי בחלק מאוכלוסיית ההורים אשר הכלולים בו ייבחרו כהורים של הדור הבא. קביעת ערך עצמת הסלקציה נעשה תוך חישוב, או במקרה בו התפלגות ערכי התכונה קרובה להתפלגות נורמלית, בעזרת טבלאות אשר חושבו עבור התפלגות נורמלית תיאורטית. מבחר ערכי i עבור מקרים בהם נבחרים חלקים שונים מאוכלוסייה המתפלגת התפלגות נורמלית מוצג בטבלה שלהלן כאשר לדוגמה, ערך i במקרה של בחירת אחוז אחד מהפרטים בעדר לגידול היא 2.66.

חלק האוכלוסייה (%) הנבחר לשמש כהורים לדור הבא	ערכי עֲצֻמַת הסלקציה (i)	חלק האוכלוסייה (%) הנבחר לשמש כהורים לדור הבא	ערכי עֲצֻמַת הסלקציה (i)
0.01	3.96	7.5	1.89
0.1	3.37	10.0	1.75
0.5	2.89	15.0	1.55
1.0	2.66	20.0	1.40
2.0	2.42	30.0	1.16
3.0	2.27	40.0	0.97
5.0	2.06	50.0	0.8

אם הנוקד בדוגמה שתוארה לעיל ימשיך לבחור מדי שנה את חמשת הטלאים המצטיינים (1% מאוכלוסיית הטלאים, $i=2.66$) ו-250 הטליות המצטיינות (50% מאוכלוסיית הטליות $i=0.8$) הרי צפוי כי ההתקדמות הגנטית השנתית הצפויה בזכרים (ק"ג משקל גוף) תהיה:

$$R_T = \frac{0.34 \times 2.66 \times 5}{2} = 2.26 \text{ ק"ג}$$

וההתקדמות הגנטית (ק"ג משקל גוף) הצפויה בנקבות בכל שנה תהיה:

$$R_J = \frac{0.34 \times 0.81 \times 4}{4} = 0.275 \text{ ק"ג}$$

ההתקדמות הגנטית הכללית באוכלוסייה תהיה כמקודם הממוצע בין ההתקדמות בזכרים לבין ההתקדמות בנקבות.

האם התגובה לסלקציה תימשך לאורך שנים והאם הנוקד ימצא את עצמו רועה בעתיד עדר כבשים בגודל של פרות? סביר להניח שלא כך יהיה הדבר. תוך כדי תהליך הסלקציה תקטן השונות הגנטית באוכלוסייה והתגובה לסלקציה תדעך עד שתיעלם בסופו של דבר.

במקרה שתואר נבחרו חמשת הטלאים בעלי משקל הגוף הגבוה ביותר באוכלוסייה. ברוב המקרים הסלקציה נעשית בו בזמן ליותר מתכונה אחת. במקרה זה, ההתקדמות הגנטית בכל תכונה אינה המרבית. כאשר נדרוש כי הטלאים הנבחרים לגידול יהיו לא רק כבדים ככל שניתן, אלא גם שצבע הצמר שלהם יהיה מתאים, שצורת הגוף תהיה רצויה ושלא ישאו קרניים למשל, ייבחרו טלאים אשר לא בהכרח יהיו הכבדים ביותר. הפרש הסלקציה למשקל גוף ייתכן וירד משלושה-עשר ק"ג לתשעה ק"ג בלבד.

עצמת הסלקציה האפשרית מכתיבה למעשה את קצב ההתקדמות הגנטית בסלקציה. ככל שהפרטים המצטיינים הנבחרים כהורים לדור הבא יצטיינו יותר, ובשל כך מספרם יהיה מועט יותר, כך ההתקדמות הגנטית תהיה מהירה יותר. מספר הפרטים הנבחרים מדי שנה כהורים לדור הבא מתוך כלל הפרטים באוכלוסייה תלוי בתכונות הרבייה של המין. בדגים, הנקבה מסוגלת להטיל אלפי ביצים וניתן לבסס להקה חדשה תוך שימוש בזוג הורים אחד. עצמת הסלקציה בתהליך טיפוח דגים יכולה להיות לכן גבוהה מאוד כאשר למעשה די לבחור כהורים לדור הבא זכר אחד ונקבה אחת מתוך אלפי דגים. בבקר, צאן וסוסים לעומת זאת, קצב הרבייה נמוך ולכן עצמת הסלקציה האפשרית נמוכה. בבקר לבשר, שם הפרים מרבים את הפרות בצורה טבעית, נהוג יחס של פר אחד לכל 40 פרות. מאחר ודרושים הרבה פרים, עצמת הסלקציה בבקר לבשר נמוכה יחסית. לעומת זאת, בבקר לחלב, שם נהוגה הזרעה מלאכותית וזרמת הפר נאגרת ונשמרת בתנאי הקפאה במשך שנים, ניתן מזרמת פר אחד להזריע עשרות אלפי פרות. מכיוון שמספר הפרים הנחוש קטן, ניתן להפעיל עצמת סלקציה רבה יותר בבחירת פרים בבקר לחלב, בניגוד למצב בבקר לבשר.

ההתקדמות הגנטית השנתית בתהליך הסלקציה תלויה גם באורך הדור וככל שזה קצר יותר, ההתקדמות מהירה יותר. מבחינה זו, התקדמות בסלקציה תהיה מהירה יותר בתרנגולות מאשר בסוסים. אורכי דור בחיות משק שונות מפורט בטבלה הבאה:

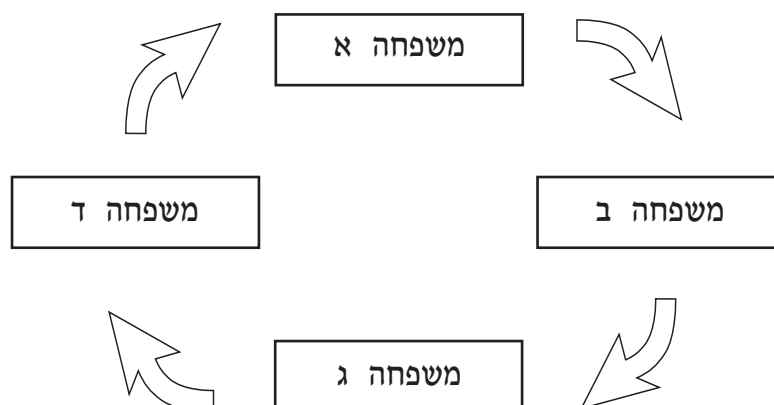
מין	אורך הדור (שנים)
סוסים	8-12
בקר לחלב	4-6
בקר לבשר	4-6
כבשים	3-5
חזירים	1.5-2.0
תרנגולות	1.0-1.5

גידול בשארות: אחת התוצאות של עבודת הסלקציה היא צמצום השונות הגנטית באוכלוסייה כאשר מדור לדור הקרבה המשפחתית בין הפרטים עולה. במוקדם או מאוחר, לא יהיה מנוס מזיווגי קרובים (אב עם בת, אח עם אחות וכו') ובאוכלוסייה יתרחש תהליך המכונה גידול בשארות (Inbreeding).

גידול בשארות אינו מצב רצוי בדרך כלל היות והניסיון מלמד כי ככל שעולה דרגת השארות באוכלוסייה, הביצועים בתכונות רבות נפגעים. הדבר נכון בעיקר לגבי תכונות אשר היחסים בן האללים בגנים המבקרים אותן הם יחסי דומיננטיות-רצסיביות. מקובל כי כל פרט באוכלוסייה נושא אללים רצסיביים פגומים במספר גנים. אללים רצסיביים המשפיעים לרעה על התכונה לא יבואו לידי ביטוי כאשר הם במצב הטרוזיגוטי. אולם, גידול בשארות מביא להקטנת שיעור הפרטים ההטרוזיגוטים באוכלוסייה ולעליית שיעור ההומוזיגוטים, וביניהם גם הומוזיגוטים לאללים הרצסיביים – הפגומים. ראוי להדגיש, כי זיווג קרובים לכשעצמו אינו הסיבה להופעת פרטים בעלי תכונות שאינן רצויות. הסיבה לתופעה זו היא נוכחות של אללים פגומים באוכלוסייה, כאשר תהליך הגידול בשארות רק מגביר את סיכוייהם של אללים אלה להופיע במצב הומוזיגוטי.

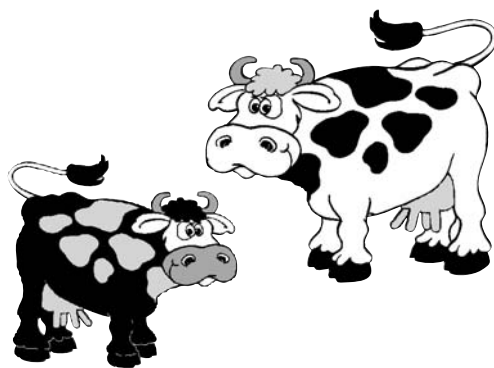
כדי להימנע מגידול בשארות מקובל להקפיד כי בעדר או בלהקה יפעלו זכרים ממספר ממשפחות שונות. באמצעות הכוונת ההרבעות או הזיווגים ניתן להימנע מזיווג קרובים ולהקטין בכך את הנזק מריבוי בשארות. דוגמה לביצוע תהליך כזה ניתנה על ידי מטפחי גזע הכבשים האנגלי **קמבריי'**. זכרים שנולדו במשפחה אחת עברו לפעול במשפחה אחרת לפי סבב קבוע. בצורה זו נמנעו זיווגים בין זכרים ונקבות מאותה משפחה.

תרשים זרימה של טיפוח כבשי קמבריי' המתאר מעבר זכרים לגידול ממשפחה למשפחה למניעת גידול בשארות



עזרים לסלקציה: רמת הביצוע של הפרט בחלק מתכונות הייצור החשובות ניתנת להערכה בצורה מהימנה רק כאשר הפרט מגיע לגיל מבוגר. במצב זה, גם אם הפרט ימצא כמצטיין ונרצה לגדל את צאצאיו, מספר הצאצאים שעוד ניתן יהיה לקבל ממנו מוגבל. לדוגמה: תמונה מהימנה יחסית בדבר כושר תנובת החלב של פרה מתקבלת רק לאחר תחלובה השנייה, כאשר הפרה כבר כבת שלוש שנים. משום כך, מחפשים המטפחים כלי עזר אשר יאפשרו לקבל הערכה כבר בגיל צעיר על ביצועיו העתידיים של הפרט.

עבודות רבות נעשו במטרה לקשור מדדים פיזיולוגיים הניתנים למדידה בגיל צעיר, כגון רמות הורמונים בדם או פעילות אנזימטית ברקמה זו או אחרת, עם תכונות ייצור ורבייה של חיות המשק. מציאת גורם כזה הייתה מאפשרת לבצע סלקציה עקיפה (Indirect Selection) לתכונת הייצור תוך סלקציה ישירה למדד שנתגלה. למרות המאמצים הרבים שהושקעו בנושא, אין כיום כמעט דוגמאות לסלקציה עקיפה בחיות משק. לעומת זאת, התהליך של חיפוש גנים המעורבים בבקרת תכונות הייצור, הרבייה וההתאמה וזיהוי האללים המועילים בכל גן כזה, הולך ותופס תאוצה. כיום, זוהו בחיות משק מספר גנים המבקרים תכונות משקיות ובדיקה גנטית של בעלי חיים הנעשית בגיל צעיר ביותר מאפשרת לזהות את הפרטים בעלי הגנוטיפ הרצוי בשלב מוקדם בחייהם.



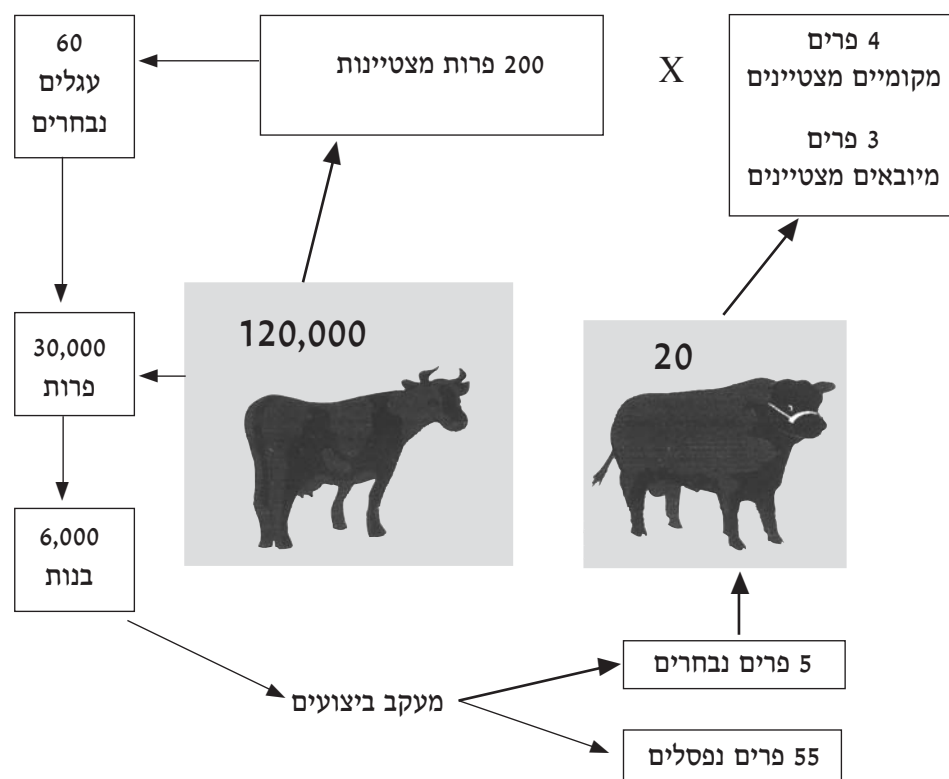
סלקציה על סמך ביצועי קרובים – המקרה של מבחן צאצאים: במקרים בהם תורשתיות התכונה נמוכה ופנוטיפ הפרט אינו מהווה מדד אמין לחיזוי הערך הגנטי של הפרט, או כאשר התכונה מתבטאת רק באחד הזוויגים (תנובת חלב, ולדנות, הטלת ביצים), ניתן לדרג את הפרטים בעדר על סמך ביצועי הצאצאים. בחינת הערך הטיפוחי של פרים בתנובת חלב בעדר הבקר לחלב היא דוגמה לתהליך כזה.

במבחן צאצאים בבקר לחלב בוחנים את תנובת החלב של בנות הפרים ומדרגים את האבות על סמך ממוצע תנובת החלב של בנותיהם. ככל שמספר הבנות בקבוצה גדול יותר, כך השפעת הגורמים הסביבתיים האקראיים על ממוצע ביצועי קבוצת הבנות פוחתת ואומדן ערכו הטיפוחי של האב מדויק יותר.

דוגמה לטיפוח דרך מבחן צאצאים היא טיפוח הבקר לחלב בישראל. אוכלוסיית הפרות בארץ מונה כ־120,000 פרות ולצדן כ־20 פרים מצטיינים המוצבים בתחנת הזרעה. מפרים אלה

נאספת במהלך השנה זרמה אשר לאחר טיפול מתאים מוקפאת. מדי שנה מוזרעות 200 פרות מצטיינות בזרמת ארבעת הפרים הטובים בעדר (מבין ה-20) ו-100 פרות מצטיינות נוספות מוזרעות בזרמת שלושה פרים מצטיינים מחו"ל. מבין העגלים הנולדים ל-300 הפרות המצטיינות נבחרים 60 עגלים הנכנסים למבחן. בזרמה שנאספת מ-60 עגלים אלו לאחר שגדלו, מוזרעות 30,000 פרות (500 פרות לפר נבחן). שאר 90,000 הפרות שבעדר הארצי מוזרעות בזרמת 20 הפרים המצטיינים שבתחנת ההזרעה. מ-30,000 הפרות שהוזרעו בזרמת 60 העגלים במבחן נבחרות לגידול בסופו של דבר 6,000 בנות ל-60 הפרים שבמבחן (100 בנות לפר). אלה מוזרעות עם הגיען לבגרות מינית, ולאחר ההמלטה נערך מעקב אחר תנובת החלב שלהן (כפי שנעשה לכל הפרות בעדר). על סמך ממוצע תנובת החלב של הבנות, נבחרים מבין 60 הפרים שבמבחן חמשת הפרים המצטיינים ואלה מצטרפים לקבוצת פרי ההרבעה של העדר. שאר 55 הפרים שהיו במבחן נמכרים. עם הצטרפות הפרים החדשים מוצאים מקבוצת פרי העדר הוותיקים חמשת הפרים שנדחקו לתחתית הרשימה.

תכנית טיפוח בקר לחלב בישראל



טעות תהיה לארגן מבחן בנות בו כל הבנות של פר אחד ישהו במשק אחד בעוד בנותיו של פר שני ישהו במשק אחר. במצב זה לא נוכל לדעת האם ההבדל בין ממוצעי ביצועי הבנות בתנובת החלב נובע מהבדל גנטי בין הפרים או שמקור ההבדל נעוץ ברמת הממשק השונה שבין המשקים השונים. גורם זה נלקח בחשבון על ידי המטפחים ובפועל, לצורך מבחן הבנות מזריעים מכל פר פרות במשקים שונים.

גיל הפרה ומספר התחלובה בה היא נמצאת משפיעים מאוד על כמות החלב. טעות תהיה לארגן מבחן בנות בו תפוקת החלב של בנות מבוגרות של פר אחד תיבחן מול תפוקת החלב של בנות צעירות של פר אחר. יש לשאוף כי בנות הפרים השונים תהיינה שוות בנתונין ככל האפשר. מצב בו נערכת השוואה בין בנות פרים שונים כאשר הבנות הן כולן באותו גיל, באותו משק וחשופות לאותם תנאי ממשק מכונה "השוואת עידניות" (Contemporary comparison). כאמור, ככל שמספר הבנות של אב מסוים גדול יותר, כך יגדל הדיוק של אומדן ערכו הטיפוחי. אולם, במצב בו גודל העדר קבוע, ככל שנקצה יותר פרות לצורך הזרעה או הרבעה מזכר מסוים, מספר הזכרים אותם ניתן לבחון במקביל יקטן. אחת הדרכים להתגבר על בעיה זו היא לבצע מבחן ראשון למספר רב של פרים, המבוסס על בחינת מספר קטן יחסית של בנות לכל אב. עם קבלת התוצאות הראשונות נפסלים רוב הפרים שבמבחן ואין מזריעים מהם. דירוג הפרים שנבחרו בסיבוב הראשון נעשה על בסיס נתונים המתקבלים במהלך הזמן מאלפי בנות לכל אב.



הכוונת זיווגים באוכלוסייה

בניגוד למצב בו הרבייה באוכלוסייה היא ללא הכוונה, הרי זיווג מכוון של פרטים המצטיינים בתכונותיהם מעלה את הסיכוי לייצר פרטים מצטיינים אשר הם בתורם ישמשו כהורים לדור הבא. יש והזיווג המכוון נעשה על ידי קיבוץ הפרטים המצטיינים ואחזקתם יחד בסמיכות מקום במהלך עונת הרבייה. במקרים רבים נעשית הכוונת הזיווגים באוכלוסייה בחיות משק שונות תוך שימוש בטכניקות רבייה מתקדמות הכוללות: השראת ייחום מבוקר בנקבות תוך שימוש בתכשירי הורמונים, השראת הטלה מכוונת כבמקרה של דגים, הזרעה מלאכותית בזרמת זכרים מצטיינים תוך שימוש בזרמה טרייה או מוקפאת וכן הגדלת מספר הצאצאים של פרטים מצטיינים תוך השראת ביוץ יתר בנקבות מצטיינות והעברת עובריהן לנקבות אומנות.



הכלאות

בעוד טיפוח על ידי סלקציה עוסק בהשבחת האוכלוסייה תוך ניצול השונות הגנטית הקיימת בה, הכלאות הן דרך לשינוי המבנה הגנטי של האוכלוסייה בעזרת מקורות גנטיים זרים. גזעים או קווים נבדלים זה מזה בתכונותיהם לא משום שהם נושאים גנים שונים. לכל הגזעים מערכת גנטית דומה. הגזעים נבדלים זה מזה בתדירות האללים בגנים המשפיעים על התכונות השונות. כך למשל, ייתכן כי בגזע המצטיין בגדילה מהירה האללים ה"מוסיפים" בקבוצת הגנים המבקרים את קצב גדילה מצויים בשכיחות גבוהה, בעוד שבגזע בעל התפתחות איטית אותם אללים בגנים המדוברים מצויים בשכיחות נמוכה באוכלוסייה.

בעקבות הכלאה בין שני גזעים נוצר דור מכלוא ראשון אשר בו שכיחות האללים בכל גן וגן שווה לממוצע של שכיחות אללים אלה באוכלוסיות ההורים. בדרך כלל, ביצועי המכלוא בתכונה מסוימת יהיו קרובים לממוצע הביצועים של גזעי ההורים. ניתן למיין את ההכלאות בבעלי חיים לפי המטרה הסופית אליהן הן מכוונות. נוכל להבחין ב:

- יצירת אוכלוסיית מכלוא (F1) אשר כל הזכרים והנקבות בה אינם משמשים לרבייה אלא לייצור בלבד;
- יצירת מכלוא (F1) בין שני גזעים כאשר בני המכלוא נשמרים לגידול ומשמשים כאבות או אמהות בהכלאה נוספת עם גזע שלישי. המכלוא השני מכונה מכלוא סופי (Terminal cross). בני מכלוא סופי זה אינם משמשים לרבייה אלא לייצור בלבד;
- הכלאות ליצירת דורות הכלאה מתקדמים כאשר זכרים ונקבות הנוצרים בכל דור הכלאה משמשים כהורים לדור המכלוא הבא. יצירת מכלואים מתקדמים היא דרך ליצירת גזעים חדשים;
- הכלאות דחיקה אשר מטרתן החלפת גזע א' בגזע ב';
- הכלאות דחיקה אשר מטרתן לדחוק לתוך גזע ב' רק תכונה מסוימת מגזע א'.



יצירת מכלוא F_1 אשר מיועד לייצור ולא לרבייה: הכלאה זו נעשית כאשר ברצוננו לשפר באופן גנטי את ביצועי הצאצאים מבלי לשנות את המבנה הגנטי של אוכלוסיות ההורים. דוגמה למצב זה הוא ייצור בשר מגזעי בקר או צאן בעלי עמידות אשר רועים בשטחים שוליים בהם המרעה דל. ברוב המקרים, לגזעים עמידים אלה תכונות גדילה נחותות ומבנה גוף שאינו בשרני. הכנסת זכרים מגזעים המצטיינים בתכונות גדילה ובמבנה גוף במהלך עונת ההרבעות, במקביל לזכרים מקומיים, תביא לכך כי חלק מהצאצאים יהיו בני מכלוא אשר להם תכונות גדילה ומבנה גוף משופרות יחסית לתכונות השגר טהור הגזע. בני המכלוא (זכרים ונקבות) יימכרו כולם עם סיום גדילתם, בעוד חלק מהנקבות ומהזכרים טהורי הגזע יישמרו לתחלופה. חידוש אוכלוסיית הזכרים מגזע האב המצטיין בגדילה יושג על ידי ייבוא מעדר אחר. בתהליך זה מושגת על ידי ההכלאה התקדמות גנטית בדור החדש, אך זו אינה תורמת לשיפור גנטי בר קיימא של האוכלוסייה מאחר ובני המכלואים אינם משמשים לרבייה.

כאשר נסמן את גזע האם כגזע A ואת גזע האב כגזע B ואת המכלוא ביניהם כ- F_1 , תיאור מהלך ההכלאה יהיה כדלקמן:

דור הכלאה	דמיון לגזע A ולגזע B	
1	50%	A x B ↓ F_1

ברוב המקרים, ביצועי דור F_1 בתכונות הייצור או תכונות הרבייה שווים לממוצע בין ביצועי גזעי ההורים. אולם, לעתים דור F_1 עולה בביצועיו על ממוצע ביצועי ההורים. מצב זה מכונה בשם **און-כלאיים** או **הטרוזיס**. עיקר ההסבר לתופעת ההטרוזיס נעוץ ביחסי דומיננטיות-רצסיביות של האללים בגנים המשפיעים על התכונות. בניגוד לצמחים כתירס, שם יבולי המכלואים עולים לעתים על היבולים של שני גזעי ההורים, תופעת ההטרוזיס במכלואי חיות משק אינה כה חזקה והסטייה של ביצועי דור F_1 מממוצע גזעי ההורים קטנה בדרך כלל. בצד היתרון שיש ליצירת מכלואים יש לזכור כי בכדי לקבל מכלוא בין נקבות מגזע מקומי (גזע אם) לבין זכרים מגזע זר (גזע אב) חייבים לייבא מדי פעם זכרים חדשים מגזע האב או לדאוג לריבוי מקומי של אוכלוסייה טהורה של גזע האב. לעתים, אחזקת אוכלוסייה כזו כרוכה בהשקעות רבות, בייחוד במצב בו גזע האב אינו מותאם לתנאי הסביבה הקיימים.



יצירת מכלוא משולש: במצב זה קיימים שלושה גזעים: גזע אם (A), גזע אב (B), וגזע אב נוסף (C). מערכת ההכלאות תהיה כדלקמן:

דור הכלאה	דמיון לגזע A ולגזע B	
1	50%	A x B ↓ F_1
2	25%	F_1 x C ↓ מכלוא משולש

במערכת הכלאות זו נוצר דור F_1 אשר לו תמהיל תכונות של הגזעים A ו-B. בדרך כלל מכלוא זה יצטיין בתכונות המאפיינות קו אמהי: בגרות מינית מוקדמת, ולדנות או תנובת חלב משופרת. נקבות F_1 אלה מוכלאות עם זכר מגזע כבד C ופעולה זו נקראת "הכלאה מסיימת"

(Terminal cross). בני הכלאה המסיימת מיועדים כולם לשוק הבשר ולא לרבייה. יש מקרים בהם גם הקו C הנו לכשעצמו תוצר מכלוא.

דוגמה מפורסמת למערכת כזו ניתן למצוא בגידול צאן באנגליה: כבשים מהגזעים הסקוטי והוולשי (A) מגודלות בהמוניהן על ההרים הגבוהים תוך קיום על מרעה דל. גזעים אלה נחותים בתכונות הגדילה והוולדנות, אולם הם מאוד עמידים לתנאי הסביבה הקשים שבהרים. הריבוי הטבעי בגזע מספק טלאים לשיווק ולתחלופה. כבשים מבוגרות מגזעים אלה, אשר כושר הרעייה שלהן פחת עם השנים, מובלות לאזור הגבעות הנמוכות יחסית שם המרעה משובח יותר. כאן, הן מוכלאות עם אילים מגזעים כגון הבורדר לייסטר (B), גזע אשר ניחן בוולדנות טובה יותר ובקצב גדילה מהיר יותר. נקבות דור F_1 הנהנות משילוב של תכונות עמידות, גדילה וולדנות מוכלאות עם אילים מגזעים כבדים (C), כדוגמת הספולק או ההמפשייר. טלאים מכבשים אלה מיועדים כולם לשחיטה, והם מגודלים ומפוטמים בכרי המרעה המשובחים שבאזור השפלות.



יצירת מכלוא כפול F_2 : מערכת הכלאות זו נדירה במערכת גידול בעלי חיים ופועלים לפיה כאשר יש עניין ליצור גזע חדש המשלב תכונות של שני גזעים. בדור F_2 נמצא שונות גנטית רבה. חלק קטן מהפרטים יפגינו מצוינות הן בתכונות האופייניות לגזע A והן בתכונות האופייניות לגזע B. פרטים אלה ייבחרו וישמשו כגרעין רבייה ליצירת גזע חדש המשלב את תכונות שני גזעי ההורים. לעתים, יש ומערכת הכלאות זו ממשיכה תוך יצירת דורות הכלאה מתקדמים כ- F_3 ו- F_4 . במקרה זה מהלך מערכת ההכלאות יהיה כדלקמן:

דור הכלאה		דמיון לגזע A ולגזע B	
A x ↓ F_1 B x ↓ F_2	F_1	50%	1
	F_2	50%	2

הכלאות דחיקה לצורך החלפת גזע: אחת משיטות הטיפוח היא החלפת הגזע המקומי בגזע חדש תוך סילוק האוכלוסייה הקיימת וייבוא של פרטים רבים מהגזע הנבחר. תהליך זה יקר מאוד בדרך כלל. לחלופין, ניתן להחליף את הגזע המקומי בגזע חדש תוך ביצוע מערכת הכלאות הנקראת "הכלאות דחיקה". בגישה זו, לאחר יצירת דור F_1 בין הגזע החדש המיובא

לבין הגזע הקיים, ממשיכים בהכלאות בין בני המכלוא לבני הגזע החדש. במהלך הזמן אוכלוסיית המכלואים נעשית דומה יותר ויותר לגזע החדש. התהליך אורך זמן, אך הוא זול יחסית ולכן מתאים לטיפול באוכלוסיות גדולות של בעלי חיים. לאחר כחמישה דורות של הכלאות דחיקה מתקבלת אוכלוסייה הדומה כמעט בכל לגזע המיובא החדש.

דוגמה לתהליך כזה של הכלאת דחיקה הייתה יצירת הבקר הפריזי-ישראלי, תוך הכלאה חוזרת ונשנית של פרות מקומיות עם זכרים פריזיים מיובאים. גם החלפת הדבורה הסורית בדבורה האיטלקית בארץ נעשתה בדרך של מערכת הכלאות דחיקה, אם כי כאן החומר הגנטי המיובא כלל נקבות – מלכות דבורים – ולא זכרים. תיאור מערכת הכלאות זו בין גזע מקומי המסומן ב-(A) לבין גזע חדש המסומן באות (B), כאשר בסיומה מתקבלת אוכלוסייה הדומה לגזע B מתוארת להלן:

דור הכלאה	דמיון לגזע B	
		$ \begin{array}{c} A \quad x \quad B \\ \downarrow \\ F_1 \quad x \quad B \\ \downarrow \\ BC_1 \quad x \quad B \\ \downarrow \\ BC_2 \quad x \quad B \\ \downarrow \\ BC_3 \quad x \quad B \\ \downarrow \\ BC_4 \end{array} $
1	50%	
2	75%	
3	87.5%	
4	94%	
5	97%	

הכלאות דחיקה לצורך החדרת תכונה חדשה: לעתים, יש עניין לשלב בגזע אחד תכונה מסוימת המצויה בגזע אחר. בדרך כלל מדובר בתכונה הנשלטת על ידי גן אחד או מספר קטן של גנים. דוגמה למקרה כזה היא העברת תכונת הוולדנות הגבוהה מגזע הכבשים מרינו-בורולה האוסטרלי לגזעי הצאן האווסי והאסף בישראל. הוולדנות הגבוהה במרינו האוסטרלי נובעת מנשיאת אלל

שסימונו B בגן *FecB*. אלל זה לא מצוי באוסי ובאסף כלל. קיים בגזעים אלה אלל אחר שסימונו +. לאחר יצירת דור F1, התבצעו הכלאות חוזרות לכוון הגזע המקומי, כאשר בכל דור נעשתה סלקציה בין בני המכלוא, ורק אלה אשר נושאים את האלל המוחדר נשמרים כחומר רבייה להמשך ההכלאות. בסיום התהליך מתבצעת הכלאת ביניים בין בני המכלוא ליצירת פרטים הומוזיגוטים לאלל המוחדר. השתלשלות מהלך האירועים במערכת הכלאות כזו בה אלל רצוי הנמצא בגזע B מועבר לגזע A מפורטת להלן:

דור הכלאה	דמיון לגזע A	
1	50%	$\begin{array}{c} A \times B^{**} \\ \downarrow \\ F1^* \times A \\ \downarrow \\ BC_1 + BC_1^* \times A \\ \downarrow \\ BC_2 + BC_2^* \times A \\ \downarrow \\ BC_3 + BC_3^* \times A \\ \downarrow \\ BC_4 + BC_4^* \times BC_4^* \\ \downarrow \\ (BC_4 + BC_4^*) + BC_4^{**} \end{array}$
2	75%	
3	87.5%	
4	94%	
5	97%	
6	97%	

* סימון לנשיאה של האלל המוחדר במצב הטרוזיגוטי.

** סימון לנשיאה של האלל המוחדר במצב הומוזיגוטי.



טכנולוגיות מתקדמות בטיפול בעלי חיים

פעולות כסלקציה והכלאות נחשבות לשיטות טיפוח מסורתיות. בסוף המאה העשרים פותחו שיטות חדישות לטיפול בעלי חיים. אחת מהן היא החדרת תכונות חדשות לחיות משק תוך העברת גנים ממנים אחרים (טרנסגנזה). הדבר נעשה על ידי בידוד מקטע DNA הנושא את הגן הרצוי, הזרקתו לביצית מופרית של חיות המשק והשתלת הביצית חזרה ברחם נקבה אומנת. בחלק מהמקרים הגן הזר המוחדר (טרנסגן) משתלב ב-DNA של חיות המשק ומתפקד ככל גן אחר. בדרך זו הצליחו, למשל, להעביר למגוון חיות משק גן זר של הורמון הגדילה. במקרה אחר, הוחדרו לכבשים גנים המבקרים יצירת חלבוני דם של אדם בעלי חשיבות ברפואה. מאחר ולגן שהוחדר נלוו רצפי בקרה אשר כיוונו את התבטאותו לרקמת העטין, המטרה הייתה לאסוף ולהפיק את החלבון האנושי היקר מחלב חיות המשק. אם כי חיות משק טרנסגניות הנושאות גנים שונים נוצרו כבר במספר מעבדות, עדיין לא נעשה בהן שימוש מסחרי. אחת הבעיות העומדות בפני גידול חיות טרנסגניות היא העובדה שהן עברו שינוי גנטי. עד שלא תיפתר השאלה כיצד שינוי זה עלול להשפיע על האדם הצורך מוצרים טרנסגניים יישאר פיתוח חיות המשק הטרנסגניות ברמת המחקר. פן נוסף לשימוש בבעלי חיים טרנסגניים העומד לדיון הוא ההשפעה האפשרית של חיות טרנסגניות על הסביבה. הנושא מוזכר בעיקר בהקשר לדגים טרנסגניים. מעבר של דגים כאלה מהשבי לבר והשתלבותם באוכלוסיות הטבעיות עלול להביא להפצה לא מבוקרת של הטרנסגן תוך השפעה שלילית אפשרית על אוכלוסיית דגי הבר.

טכנולוגיה נוספת הקשורה לטיפול בעלי חיים היא שיבוט – יצירת עותקים זהים מבחינה גנטית של פרט זה או אחר. הכבשה "דולי" הייתה חיות המשק הראשונה ששובטה. בעזרת טכנולוגיה זו ניתן לשכפל את הפרט המצטיין באוכלוסייה ובכך להביא ליצירת אוכלוסייה בעלת רמת ייצור גבוהה מאוד. השגת מצב זה בדרך של סלקציה למשל, הייתה נמשכת דורות רבים.

אם כי עד כה שובטו מינים רבים של חיות משק, וביניהם פרות, כבשים, חזירים וארנבות, לא נמצא עדיין שימוש מעשי רב לטכנולוגיה זו, מאחר ועדיין לא נפתרו כל הבעיות הטכניות הקשורות לשיבוט. הסתבר, כי גם אם התהליך אפשרי, הרי הוא יקר מאוד ובעל יעילות נמוכה. השיבוט מביא למעשה לצמצום השונות הגנטית באוכלוסייה עד להיעלמותה כליל (לכל הפרטים גנוטיפ זהה). בניגוד לאוכלוסיות של חיות משק רגילות בהן המגוון הגנטי מבטיח את עמידות האוכלוסייה כנגד פגעים שונים, האוכלוסייה המשובטת עלולה להיות רגישה כולה למפגע מסוים. שימור שונות גנטית באוכלוסייה טרנסגנית תוך שימוש בצאצאים של מספר פרטים משובטים הוא אחד הדרכים להתגבר על הקושי שתואר.



אמצעי עזר בטיפוח

בדיון בנושא טיפוח בעלי חיים יש לציין מספר טכנולוגיות מתחום הרבייה הקשורות לעבודת הטיפוח. שימוש בטכנולוגיות אלו מאפשר הפצה יעילה יותר של חומר גנטי משובח. אחת הטכנולוגיות היא ההזרעה מלאכותית הקיימת ברוב חיות המשק. בדרך זו ניתן להפיץ זרמה של זכרים מצטיינים. לטכנולוגיה של ההזרעה המלאכותית נלוות הטכנולוגיה של הקפאת הזרמה והפשרתה בדרך שתבטיח את חיוניות הזרמה. הקפאת זרמה מאפשרת לשמר זרמה לתקופות זמן ארוכות. אחד היתרונות בכך הוא האפשרות לעברת חומר גנטי מארץ אחת לאחרת בקלות יחסית.

השריית ביוץ יתר, העברת עוברים והקפאת עוברים הן טכנולוגיות המאפשרות את הגדלת התרומה הגנטית של נקבות מצטיינות בעדר. אם כי מספר העוברים אשר ניתן לקבל מנקבה תורמת מוגבל, הרי התהליך חשוב בייחוד כאשר יש עניין להעמיד מספר צאצאים רב יותר מנקבה מצטיינת.



שילוב שיטות טיפוח שונות בתכנית טיפוח כוללת

בדרך כלל, טיפוח אוכלוסיית חיות משק נעשית תוך שילוב של יותר משיטת טיפוח אחת. דוגמה לכך היא השבחת הבקר לחלב בארץ. התהליך החל באינטרודוקציה של גזעים אירופיים, המשיך בהכלאת גזעים אלה עם הבקר המקומי תוך יצירת גזע חדש הנקרא פריזי-ישראלי ונמשך, גם כיום, תוך סלקציה המתבצעת באוכלוסיית הבקר לחלב לתכונות ייצור חלב ולתכונות אחרות. הזרעת חלק מהפרות מדי שנה בזרמה של פרים מחו"ל ושילוב פרים אלה במבחן הצאצאים הוא נדבך נוסף בתכנית הטיפוח של הבקר לחלב בארץ.

בריאות חיות משק

אמיר בור

מבוא



ביות הפרה, החל לפני כ־10,000 שנה בלכידת פרטים של אורוך (Auroch), אוכל עשב גדול שחי בעדרים במסופותמיה, והחזקתם בקרבת נקודות יישוב אדם. פרות שימשו כבהמות עבודה, לפולחן דתי, וכמקור למזון. העדות הקדומה ביותר לחליבת פרות מצויה בתבליט שתוארך ל־3,000 לפנה"ס, בו נראים שני חולבים יושבים על שרפרפים לצדי פרה, ליד מכלאת בקר עשויה קני סוף.

בעבר היו העדרים המבויתים מובלים על ידי הרועים לשטחי רעייה מועדפים, וזוכים להגנה מפני טורפים. מאוחר יותר נהגו להחזיר את הבקר למכלאות לשעות החשכה. בממשק המודרני לעומת זאת, מוחזקות פרות במכלאות במשך כל שעות היממה, והמזון המתאים מיוצר ומובא אליהם. פרה בטבע מייצרת פחות מעשרה ליטר חלב ביום, וגם זאת, לתקופה קצרה לאחר ההמלטה. ברפת המודרנית נחלבת הפרה שלוש פעמים ביום ומניבה עשרות ליטר ליום, כאשר הדרישה היא לתחלובה ארוכה, המופסקת רק למספר שבועות בסוף כל היריון (ברפת הישראלית ישנן פרות שיאניות המייצרות 60–70 ליטר ליום, והממוצע השנתי לפרה ישראלית עומד על כ־11,000 ליטר חלב). רמת ייצור גבוהה שכזאת אינה יכולה להתקיים מאכילת עשב בלבד, ולכן מקבלות הפרות תוספת משמעותית של חלבון ועמילן, בדרך כלל בצורת תערובת מכופתתת.

השינויים בצורת הממשק ובאופן אחזקת בעלי החיים שחלו בתהליכי הביות והתיעוש, עודדו התפתחות מחלות ומצבים פתולוגיים חדשים. למשל, פרות המוחזקות במכלאה מפתחות קשיי הליכה (צליעות) הנובעים ממיעוט התנועה בהשוואה לבעלי חיים במרעה, מעמידה על רפד רטוב ומזוהם ומדלקת עלעלי הפרסה הנגרמת מרמת היסטמין גבוהה בדם כתוצאה מהזנה עשירה מדי. כמו כן, סובלות הפרות ברפת המודרנית מהתפשטות מהירה יותר של מחלות זיהומיות עקב הצפיפות והמגע ההדוק בין הפרטים, וממחלות מטאבוליות הנובעות מהדרישה המתגברת לייצר יותר חלב. אחת המחלות הנפוצות ביותר ברפת החלב היא דלקת עטין. זו נגרמת מהטיפוח לעטין גדול וכבד הרגיש לטראומה, עם פתיחה קלה של פי הפטמה (המאפשרת חליבה מהירה אך גם חדירה של גורמים זיהומיים לעטין) ומהחליבה המכנית העלולה להעביר גורמים זיהומיים מעטין פרה אחת לשנייה.

גם בשאר ענפי משק החי המודרני פוגשים בעלי החיים תנאי מחיה השונים מאוד מאלו שבטבע: עופות להטלה מוחזקים בכלובים עם רצפת רשת, המגבילים את התנועה וגורמים לפציעות של הרגליים; הטיפוח להטלה של 250 ביצים ויותר לשנה מכל מטילה גורם לעומס רב על הכבד המטפל באספקת חלבון ושומן לביצה, עם תוצאה של השתמנות ולאחר מכן אי-ספיקה כבדית; עומס על מקורות הסידן בשל ייצור הביצים המוגבר גורם לאוסטאופורוזיס (בריחת סידן מהעצמות) ולעיוותי גפיים.

חזירים גדלים בצפיפות גבוהה וכשהאוורור לקוי נגרמות מחלות נשימה, ונפוצות מחלות עצמות הגפיים והמפרקים הנגרמות מקצבי גדילה גבוהים, כאשר משקל הגוף עולה במהירות ואינו מלווה בהתחזקות תואמת של השלד.

עגלים לפיטום סובלים משלשול הנגרם מהאבסת עודף אנרגיה וחלבון במנת המזון במטרה לקבל קצבי גדילה גבוהים. כדי להגביר את ריכוזיות מנת המזון הנאכלת, מונעים מעגלים אלו מזון גס הדרוש לפעולה תקינה של מערכת העיכול בכלל והכרס בפרט, והתוצאה עלולה להיות עלייה בחומציות הקיבה עם דלקת של דופן הכרס, מעבר חיידקים דרכו למחזור הדם ויצירת מורסות בכבד.

תהיה זו טעות להסיק שביות בעלי החיים והחזקתם בתנאי משק מודרני גרמו למחלות ולתחלואה בלבד. גם עדרי חיות בר חשופים למגפות מגורמים זיהומיים, לאסונות טבע המשמידים שטחי מחיה ומרעה, ולפציעות שאינן מטופלות על ידי רופא וטרינר. הביות העניק לחיות המשק הגנה ודאגה למחסורן, אך הביא גם למצבי תחלואה מגוונים, שרובם קשורים לאינטנסיביות האחזקה והממשק.

ממשק וטרינרי



הרווח מגידול בעלי חיים תלוי בתכונות ייצור ובתפוקות, ולכל מגדל ברור כי בעל חיים חולה מייצר פחות. מכאן ברור כי שמירה על בריאות חיות המשק כדאית ורצויה גם מן הבחינה הכלכלית. כאשר בוחנים את התנאים התומכים בבריאות תקינה, עולה כי אין כמעט סתירה בינם לבין אותם תנאים הנדרשים לייצור אופטימלי. להפך: מסתבר כי קיים קשר הדוק בין תנאי הגידול התומכים בבריאות החיה וברווחתה לבין התנאים התומכים בתנובה. מחלה היא תוצר של חוסר איזון בין שלושה גורמים: הפונדקאי, גורם המחלה והסביבה. תפקיד הממשק הווטרינרי הוא לספק סביבה מתאימה ויציבה, תוך ניטור השינויים העלולים לגרום להפרת האיזון. הממשק המודרני מספק לבעל החיים את התנאים הפיזיקליים המתאימים כגון טמפרטורה, לחות, מחסה, מרבץ יבש ומרחב מחיה. בנוסף, יש לספק לבעל החיים מזון מתאים ומים לשתייה, חברה, שקט נפשי ככל הניתן וטיפול רפואי בעת הצורך.

השלב הראשון בהתאמת הממשק לבעל החיים הוא לימוד הדרישות הייחודיות של כל מין ומין. כבשים ופרות אינן רגישות לקור בתנאי הארץ, ומבחינה בריאותית הן עומדות יפה בחום.

למרות זאת, עומס חום גבוה פוגע בייצור וגורם לאי־התעברות של פרות בקיץ ולירידה בתיאבון ובייצור חלב בימים החמים מאוד של השנה. על כן, המבנים המיועדים לפרות ולכבשים בממשק האינטנסיבי מיועדים לספק מחסה מפני גשם ובעיקר מפני קרינת שמש ישירה. נקודה זאת מהווה את אחת הסתירות הבודדות בין רווחה לבריאות, מפני שלקרינת שמש (אולטרה סגולה) יש כושר חיטוי גבוה נגד גורמים חיידקיים ונגיפיים, והקמת גג מעל משכן הבהמות תורמת להתפתחות אוכלוסיית מיקרואורגניזמים העלולים לגרום למחלות.

בהשוואה למעלי גירה, לעופות יש רגישות לטמפרטורות קיצוניות וחובה להחזיקן בטמפרטורה אופטימלית כדי לתמוך בבריאותן. על כן הלולים בארץ הנם מבנים סגורים, הכוללים אמצעים לחימום ולקירור ומאפשרים את ויסות הטמפרטורה והלחות הנדרשים לבריאות העוף.

כל בעלי החיים המשקיים דורשים סביבה יבשה ואפילו חזירים, הנהנים מאמבט רטוב כדי לצנן את גופם, מעדיפים לרבוץ רוב הזמן על מצע יבש. מצע רטוב תומך בצמיחה חיידקית ובהצטברות מיקרואורגניזמים פתוגניים בסביבה. רטיבות מתמדת של חלקי הגוף (עור, טלף, כרית כף הרגל) מחלישה את המחסום הטבעי המגן מפני חדירת מזהמים וגורמת להתפתחות פצעים וצליעות. על כן, בתכנון מבנה לאחזקת בעלי חיים יש להקפיד על ניקוז טוב ועל אוורור.

מכיוון שהקצאת שטח אדמה והקמת מבנה מהווים מרכיב כבד בהוצאות המגדל, ישנה שאיפה לנצל כל יחידת שטח להחזקת מספר מרבי של בעלי חיים. מכאן, ההבדל המשמעותי ביותר בין תנאי אחזקה אינטנסיבית של בעלי חיים לבין תנאי המחיה שלהם בטבע הוא הצפיפות. צפיפות גורמת לבעיות בריאות מגוונות, כתוצאה מהצטברות גורמי מחלות, ממגע ישיר בין בעלי חיים רבים המאפשר הידבקות ומעלייה בלחות המעלה את הסיכון להתפתחות מחלות נשימה. כמו כן, הצפיפות גורמת לעלייה ברמת האמוניה באוויר, לפגיעה בריריות מערכת הנשימה ולעלייה באינטראקציה בין הפרטים, כולל סטרס, פציעות ותחרות על מקום מרביץ או על גישה לאבוס. הממשק הווטרינרי דואג למנוע בעיות הנובעות מצפיפות: הקצאת גודל שטח מחיה מתאים לכל בעל חיים, ניקוי וחיטוי תדירים, תוספת אוורור מלאכותי בהתאם לסוג המבנה כמו גם מניעת פציעות באמצעות הסרת קרניים בבקר וקיטום מקור בעופות.

התנאים הפיזיקליים הדרושים לכל מין של בעל חיים משקי מצויים בטבלאות העומדות לרשות המתכננים והמפעילים של בתי חיות: שטח מחיה מינימלי, טווח טמפרטורות מותר, לחות מומלצת, שעות אור ועצמות אור, אוורור ורמות רעש מותרות. בנוסף, קיימים נתונים המתאפשרים לסוג חומרי הבנייה התומך בשמירה על היגיינה ובריאות: המכלאות ובתי החיות חייבים להיות עשויים מחומרים בלתי סופגים הניתנים לרחיצה ולחיטוי; יש להימנע ממכשולים ומזיזים חדים העלולים לגרום לפציעות; בלולים ישנה חשיבות לסגירת המבנה כך שתמנע חדירת ציפורים מבחוץ, העלולות לשאת עמן גורמים פתוגניים; יש לגדר לולים או מכלאות כדי למנוע חדירת טורפים.

פרט לתכנון מבנה המכלאה והלול בהיבט בריאותי, עוסק הממשק הווטרנרי במניעת מחלות באמצעים גנטיים, תרופתיים וניהוליים. לדוגמה: פיתוח וגידול בעלי חיים עמידים למחלות, שימוש בתרכיבים לחיסון כלל בעלי החיים והנהגת שיטת מחזורי גידול נפרדים עם ניקוי וחיתוי המתקנים בין הקבוצות. דיון מפורט באמצעים והשיטות למניעת מחלות מופיע בהמשך.



סוגי מחלות

מחלות זיהומיות

מחלות זיהומיות נגרמות על ידי גורמים ביוטיים (מיקרואורגניזמים) כגון חיידקים, נגיפים ופטריית. בעלי חיים נולדים סטריילים, והם באים לראשונה במגע עם מיקרואורגניזמים רק בעת ההמלטה או לאחריה (למעט במקרים פתולוגיים בהם נגרמת הדבקה של העובר בעודו ברחם).

בעקבות המגע הראשוני עם בעל החיים מתפתחות על גופו או בתוכו אוכלוסיות קבועות של מיקרואורגניזמים שונים, שאינם גורמים למחלה. אוכלוסיות אלו נקראות "מיקרופלורה נורמלית". המיקרופלורה הנורמלית מגנה על הגוף מפני שגשוג מיקרואורגניזמים מחוללי מחלות. תופעה זו, של חיים יחדיו כאשר ישנו רווח לשני הצדדים, נקראת סימביוזה הדדית. מבחינים בעוד שני מצבי סימביוזה: קומנסליזם – בה המיקרופלורה משגשגת אך בעל החיים אינו מושפע, ופרזיטיזם – בה המיקרופלורה משגשגת אך הפונדקאי נפגע.

מחלה נגרמת כאשר מיקרואורגניזם פתוגני פולש לגוף הפונדקאי, מתרבה וגורם לנזק. מקורו של הפתוגן יכול להיות מבחוץ ויכול שהוא כבר נמצא בגוף הפונדקאי כחלק מהמיקרופלורה הפרזיטרית. מחלה יכולה להיגרם גם ממיקרואורגניזם אופורטוניסטי, שאינו מוגדר פתוגני אך יכול לנצל מצב של היחלשות הגוף ולחולל מחלה. גורם כזה יכול להימצא בסביבת הפונדקאי, ויכול שהוא כבר נמצא בגוף הפונדקאי כחלק מהמיקרופלורה הקומנסאלית. לא כל מפגש בין מיקרואורגניזם פתוגני לבין הפונדקאי מסתיים במחלה. גורמים שונים משפיעים על הסיכוי שבעל החיים יעבור ממצב של בריאות טובה למצב של חולי.

גורמים הקשורים למיקרואורגניזם: מינון (כמות המיקרואורגניזמים שמאלחת את הפונדקאי), עמידות המיקרואורגניזם למנגנוני ההגנה של הפונדקאי ורמת האלימות של המיקרואורגניזם. האלימות תלויה בקיום מספר מנגנונים המעניקים למיקרואורגניזם יכולת לפלוש לרקמת הפונדקאי. למשל, יכולת היצמדות לממברנות התא של הפונדקאי, יכולת תנועה באמצעות שוטון ויכולת הפרשת אנזימים שונים – כגון אלו המעכלים את הדבק הבינ-תאי (היאלורונידזה, קואגולזה) או מרכיבי רקמה אחרים.

גורמים הקשורים לפונדקאי: עמידות טבעית, מצב חיסוני פסיבי (נוגדנים שמקורם באם ועברו לוולד בעודו ברחם או בעת היניקה), מצב חיסוני אקטיבי (עקב חיסון בתרכיב, או עקב חשיפה קודמת) ותפקוד המערכת החיסונית. פעילות מערכת החיסון קשורה למשתנים כגון גיל, היריון, מצב ייצור, מצב גופני והתמודדות עם מחלות נוספות/אחרות בזמן.

גורמים הקשורים לסביבה: צפיפות, היגיינה, תנאי סביבה (טמפרטורה, לחות) והזנה. מחלה זיהומית יכולה לעבור מהאם דרך השיליה לעובר או דרך החלב ליונק. דרך הדבקה זו נקראת "הדבקה אנכית", בניגוד להדבקה בין פרטים שאינם מקיימים יחס אם-ולד המכונה "הדבקה אופקית". ההדבקה בין בעלי חיים שונים בעדר יכולה להתבצע באופן ישיר או בלתי ישיר:

מעבר ישיר: מעבר ישיר ומיידי של הגורם המדבק מבעל חיים נגוע לבעל חיים אחר עלול להתבצע תוך שאיפה של תרסיס מחיה משתעלת, במגע עם הפרשות של בעל חיים נגוע או תוך חיכוך אתו, בזמן מגע מיני או דרך נשיכות. כאן, הגורם המנגע אינו חייב לשרוד את תנאי הסביבה החיצונית.

מעבר עקיף: זה נעשה באמצעות המתווכים הבאים:

אוויר – כאשר הגורם נישא למרחק על גבי טיפות מים או גרגירי אבק;

עצמים – מי שתייה, מזון, כלי רכב, ביגוד, כלים רפואיים כגון מחטים להזרקה או כלים כירורגיים, וכן תכשירים ביולוגיים כגון תרכיבים ותרופות;

בעלי חיים – בעיקר חרקים, העלולים לשאת עליהם את הגורם המדבק ולהעביר אותו במגע או בעקיצה (וקטור מכני). יש שהפתוגן חייב להתפתח בגופם של החרקים ורק אז מתאפשרת העברתו לפונדקאי הסופי (וקטור ביולוגי).

כאשר גורם המחלה מועבר כמות שהוא, במישרין או בעקיפין, מבעל חיים נגוע לבעל חיים אחר מוגדרת המחלה כמחלה זיהומית מדבקת. כאשר גורם המחלה מעביר שלב התפתחות מחוץ לגוף הפונדקאי הסופי מוגדרת המחלה כמחלה זיהומית שאינה מדבקת (למשל, כזו המועברת באמצעות וקטור ביולוגי).

הרוב הגדול של המחלות הפוגעות במשק החי החקלאי הן מחלות זיהומיות. חלקן מאופיינות בהתפרצות המונית. למשל, מחלות מגפתיות נגיפיות כגון פה וטלפים בבקר ובצאן, דִּבְר בבקר ובצאן וניו־קאסל בעופות או מחלות חיידקיות כגון שלשול מאשריכיה קולי בעגלים. מחלות זיהומיות אחרות מופיעות בדרך כלל רק במספר קטן יחסית של פרטים רגישים באוכלוסייה. למשל מחלות נגיפיות כלאוקמיה בבקר, מחלות חיידקיות כגון דלקות עטין או טטנוס בצאן, או מחלות פטרייתיות כגון אספרגילוזיס בעופות.



מחלות הנגרמות מטפילים

חיות משק עלולות לסבול מטפילים פנימיים חד-תאיים (פרוטוזואה) או רב-תאיים (תולעים) הגורמים נזק ישיר למאכסן. טפילים חיצוניים (זבובים, פרעושים, כינים, קרציות) גורמים נזק ישיר, וכן נזק עקיף כאשר הם משמשים כווקטור להעברת מחלות.

הטפילים הפנימיים החד-תאיים פולשים לתאי גוף הפונדקאי ועוברים שם מחזור חיים, שתכליתו ריבוי, ותוצאותיו הן נזק ישיר לתאי הרקמה שאליה פלשו. כך למשל, טפיל הבבזיה חודר לכדוריות הדם האדומות של כבשים ופרות וגורם למחלה המתבטאת בחסר דם (אנמיה), חום גבוה, אובדן תיאבון ואף מוות. הטפיל מועבר מבעל חיים חולה לבעל חיים בריא על ידי קרציות, המשמשות כווקטור ביולוגי.

כל היונקים וגם העופות למיניהם רגישים למחלת הקוקסידיוזיס, הנגרמת מטפיל חד-תאי הנקרא אימריה. טפיל זה פולש לתאי המעי הדק בגוף הפונדקאי וגורם לדלקת מעיים עם שלשול המובילה לאובדן משקל ולעתים קרובות אף למוות, במיוחד בבעלי חיים צעירים. ההדבקה נעשית כאשר בעל החיים בולע את ביצי הטפיל המופרשות בצואה של בעל חיים נגוע. בממשק אינטנסיבי נוצר במהירות זיהום סביבתי הולך ומתגבר של ביצים ברפד, עם הדבקה של כל קבוצת בעלי החיים.

טפיל חד-תאי אחר, טוקסופלסמה, פולש לרקמות שונות בגוף ויוצר שם ציסטות. המחלה נפוצה למשל בכבשים, שם היא גורמת להפלות ולדלקת מוח.

מחזור החיים של **טפילים פנימיים רב-תאיים**, תולעים למיניהן, כולל בדרך כלל התפתחות גם מחוץ לגוף בעל החיים, בדרך כלל בתוך קליפת הביצה הדקה של התולעת. תנאי הסביבה המתאימים להתפתחות הביצה עד לשלב המדבק, כוללים טמפרטורה ממוזגת ולחות גבוהה. לכן, מוצאים תולעי מעיים בעיקר בבעלי חיים בצפון הארץ, היוצאים למרעה. שם, בתוך העשב, מוטלות הביצים בתוך צואת הפונדקאי הנגוע ועוברות גלגולי התפתחות עד לשלב המדבק. הזחל המדבק הנתון בביצה נבלע בזמן הרעייה על ידי בעל חיים אחר, בוקע וממשיך את התפתחותו בפונדקאי. תולעי מעיים, בהיותן אורגניזמים רב-תאיים, חיות בחלל המעי ולא בתוך תאי הרקמה. הן גורמות נזק לדופן המעי ופוגעות בתהליך הנורמלי של העיכול והספיגה. נגיעות בתולעים אינה גורמת בדרך כלל למחלה קשה, אך קשורה לעיכוב בהתפתחות אצל בעלי חיים צעירים ומביאה למצב גופני ירוד. תולעים עלולות גם לפגוע ברקמות אחרות, למשל בריאות. התולעת מולריוס פוגעת ברקמת הריאה בכבשים וגורמת לקשיי נשימה ובמקרים קשים גם למוות. שלבי הביניים של התולעת מתפתחים בשבלולים, והכבשה נדבקת בעקבות אכילת שבלול נגוע (וקטור ביולוגי). על כן, גם מחלה זו נצפית רק בעדרים היוצאים למרעה בעונה הגשומה.

מגוון רב של **טפילים חיצוניים** מהווה מטרד לחיות המשק וגורם נזק ישיר ועקיף לבעלי החיים. הנזק הישיר תלוי בסוג הטפיל: פרעושים וקרציות מוצצים דם, ונגיעות קשה בהם עלולה להסתיים במוות כתוצאה מאנמיה; זבוב הבורג משריץ רימות בפצעים או באזורים

לחים בגוף הבהמה וגורם לנזק קשה לרקמות הרכות; כינים וקרציונים גורמים לדלקות בעור ולגירוד מטריד. מספר טפילים חיצוניים נושאים עמם גם מחלות (נזק עקיף): קרציות מעבירות לכבשים ולפרות טפילים חד-תאיים כגון בבזיה ותילריה; זבובונים עוקצים מעבירים לכבשים מחלה נגיפית קשה הנקראת כחול הלשון; יתושים עלולים להעביר את קדחת הנילוס. ממשק אינטנסיבי עלול לזמן לפונדקאי עומס גדול של טפילים, בהשוואה למצב האקסטנסיבי בו צפיפות בעלי החיים קטנה בהרבה. עם זאת, קל יותר להתמודד עם מחלות אלו כשהעדר או הלהקה נמצאים במכלאה סגורה, וניתן לטפל בכל בעלי החיים באחד או יותר מחזורי טיפול וגם לערוך את השינויים הנדרשים בסביבת המחיה.



מחלות תזונתיות

חסר ייחודי של מרכיב מזון (נוטריאנט) עלול, לאורך זמן, לגרום למחלה בבעל החיים. חסר אנרגיה או חלבון במנה גורמים למחלה כללית, הכוללת עיכוב גדילה, רזון, פרווה ירודה וירידה בביצועים כגון פחיתה בייצור חלב, בהטלת ביצים או בגדילת צמר. חסר של מרכיבים אחרים, בעיקר ויטמינים ומינרלים, גורם בדרך כלל לסידרום ספציפי שקל יותר לאבחנו. בטבלה הבאה מפורטות מחלות החסר השכיחות:

הגורם החסר	בעל החיים	שם המחלה	פתולוגיה	סימנים עיקריים
ויטמין D	כל בעלי החיים	רככת	פגם בהסתיידות העצמות	גפיים עקומות, שברים בעצמות
ויטמין A	כל בעלי החיים	עיוורון לילה	פגיעה בתפקוד הרשתית בעין	ירידה בראייה באור חלש
נחשת	טלאים	אטקסיה אנזואוטית	פגיעה במעטפת העצבים בעמוד השדרה	שיתוק
נחשת	פרות	מחלת "נפילה"	אנמיה, ניוון שריר הלב	מוות פתאומי
ברזל	חזירונים	אנמיה היפוכרומית	אנמיה חריפה	חולשה ועיכוב גדילה
סלניום + ויטמין E	עגלים, טלאים	מחלת השריר הלבן	ניוון שרירים	קשיים בהליכה
תיאמין (ויטמין B ₁)	טלאים	CCN	רככת מוח	רביצה, מוות

האבחון של מחלות הנגרמות מחסר של מרכיב מזון מעמיד שלושה תנאים:

- הוכחה כי במזון חסר משמעותי של המרכיב;
- התאמה של סימני המחלה לסינדרום הספציפי של מחלת החסר;
- טיפול בנוטריאנט החסר יוביל להחלמה ולמניעת מקרים חדשים.

לא תמיד ניתן לאמת את שני התנאים הראשונים, בעיקר מפני שבדיקות המעבדה האנליטיות הן יקרות והסימפטומים לא תמיד מתאימים לסינדרום הקלאסי. על כן מסתפקים בתגובה לטיפול, ומכאן גוזרים את האבחנה: "דרמטוזיס המגיב לאבק", ולא בהכרח "חסר אבק". תופעות חסר מוכרות באזורים בהם האדמה ענייה במרכיבים מסוימים. מצב זה מביא לרמה נמוכה של מרכיבים אלה בצמחייה המשמשת להזנת בעלי החיים. נחושת או סלניום יכולים לשמש כדוגמה למרכיבים כאלה. בעלי חיים היוצאים למרעה יסבלו ממחסור, אלא אם החקלאי יוסיף את היסודות החסרים, בדרך כלל בהזרקה. בממשק אינטנסיבי מקובל להוסיף למזון המרוכז או לבליל תרכיז ויטמינים ומינרלים לכיסוי כל הצרכים. שם עלולות להיגרם מחלות חסר כתוצאה מטעות אנוש במכון התערובת או במרכז המזון.

מחלות חסר נגרמות לא רק מחסר של מרכיב במזון, אלא גם במקרים בהם המזון מלא ומאוזן, אך ישנו ליקוי בספיגת המזון במערכת העיכול של בעל החיים, או שהספיגה תקינה, אך הדרישה לגורם מזון מסוים גבוהה מהרגיל – כמו, למשל, אצל פטמים בעלי קצבי גדילה גבוהים במיוחד. כאן מדובר בחסר יחסי.



מחלות מטאבוליות

בשנת 1935 שיווק מגדל העופות פטמים במשקל ממוצע של 1.3 ק"ג בגיל 13 שבועות. כיום ניתן להגיע למשקל זהה בגיל 4.5 שבועות. ניצולת המזון (ק"ג מזון הדרוש לייצר ק"ג משקל גוף) ירדה בתקופה זו מ-5.5 ל-1.5 כיום. השגת קצבי גדילה גבוהים, ניצולת מזון משופרת או התפתחות מוגברת של רקמת שריר החזה למשל, לא לוותה בהתפתחות מתאימה של האיברים פנימיים כמו כבד או לב, של המערכת האנדוקרינית או של מערכת השלד. מחלה מטאבולית נגרמת מערעור היציבות של חילוף החומרים בגוף וכתוצאה מצריכה מוגזמת של של נוזלים, מלחים וחומרים אורגניים מסיסים על ידי מערכות הייצור. בפטמים בעלי קצבי גדילה גבוהים מתפתחים מצבים של כשל רגליים וכשל לב (מיימת). מטילות רגישות **להשתמנות כבד** עקב עומס מטאבולי, מאחר והכבד הוא האיבר היחיד ההופך פחמימות לשומן ומספק אותו לשחלה, שם הוא נטמע בחלמון הביצה. במצב של הטלה מוגברת, עם רקע של חסר ויטמינים מקבוצה B ובנוכחות רמות אסטרוגן גבוהות הנובעות מהפעילות השחלתית המתמדת, נפגם פינוי השומן מהכבד והוא מצטבר בהפטוציטים (תאי הכבד). כבד שומני הנו פריך יותר ורגיש

לקרעים ולדימומים. כמו כן, ההשתמנות פוגעת בתפקוד הכבד כאיבר וגורמת למחלה כללית. מחלות מטאבוליות נקראות גם מחלות ייצור: בחיות משק גדולות הן מופיעות רק בממשק האינטנסיבי, היכן שקיימת כל הזמן דרישה לייצור מוגבר. מחלות מטאבוליות באות לידי ביטוי בדרך כלל בתקופות הקריטיות של הייצור, כמו בסוף ההיריון בכבשים או אחרי ההמלטה ותחילת התחלובה בפרות.

חלב פרה מכיל כ-1.25 ג' סידן בליטר, ופרה מניבה עשויה לאבד 25 עד 50 ג' סידן ביום. **מחלת קדחת החלב** הנגרמת מירידה ברמות הסידן בדם פורצת, בדרך כלל, 48 שעות לאחר ההמלטה, כאשר הפרה עוברת בבת אחת למצב של חליבה וריקון העטין שלוש פעמים ביום. מחלה זו נפוצה מאוד (כ-8% מהממליטות) ומתבטאת בחולשת שרירים וברביצה. הטיפול אינו מסובך ואין כאן חשש ממוות. עם זאת, במשק האמריקאי למשל, גורמת המחלה לנזק המוערך בכ-150,000,000 דולר לשנה.

כבשים הנושאות יותר מעובר אחד (שלושה או ארבעה עוברים בהיריון אחד אינם אירוע נדיר בדיר המודרני) ישנה דרישה גבוהה לגלוקוזה. מאזן האנרגיה של הכבשה משתבש, ולקראת סוף ההיריון, כשהעוברים גדלים והדרישה לגלוקוזה עולה, יורדת רמת הסוכר בדם, עולה רמת גופי הקטון הנוצרים ממטאבוליזם של שומנים. מחלה זו הנקראת **מחלת תאומים** או **רעלת היריון**. הסימפטומים של המחלה זו הם חוסר תיאבון, רביצה ואף מוות.

מחלות מטאבוליות רבות אחרות מאיימות על חיות המשק ובעיקר על הפיתוחים הגנטיים החדשים של בעלי חיים שנוצרו כדי להשביע את הדרישה לייצור מוגבר ומתמשך. מחקר רב מלווה את הפיתוחים הללו, כדי להבטיח ששכרם לא יצא בהפסדם. התברר למשל, שהגבלת קצב הגדילה בפטמים בימים הראשונים (מהשלישי עד הארבעה-עשר) מונע חלק גדול מהבעיות הנגרמות מצמיחה מהירה; הוספת חומרים המגינים על הכבד (כולין, מתיונין, ויטמינים B ו-E) עוזרת במניעת השתמנות כבד במטילות; הפחתת סידן ובעיקר אשלגן במנת הפרה בסוף ההיריון הפחיתה בהרבה את שכחות קדחת החלב; זיהוי כבשים הנושאות שגר גדול (באמצעות אולטרסאונד) מאפשר הפרדתם כקבוצה תוך שימת דגש על הזנה נכונה בסוף ההיריון במטרה למנוע רעלת.



הרעלות

הרעלות בבעלי חיים משקיים נגרמות בדרך כלל על ידי בליעת חומרים רעילים הנמצאים במים ובמזון, אך קיימות גם דרכים נוספות להרעלה, כגון ספיגת הרעל דרך העור (למשל כתוצאה מריסוס חומרי הדברה נגד טפילים חיצוניים) או בעקבות הזרקה (הרעלת סלניום

בטלאים). החשד להרעלה נובע כאשר מספר בעלי חיים שהיו בריאים לגמרי, מפתחים כולם תסמונת מחלה דומה, עם שינויים פתולוגיים דומים בבדיקה שלאחר המוות. קל יותר לחשוד בהרעלה אם היא חריפה ונגרמת בסמוך לחשיפה לרעל, לעומת מצב של הרעלה כרונית שם ההרעלה כגורם עלולה להיות פחות בולטת. מלאכת האבחון אינה תמיד קלה מפני שעבודת זיהוי הרעלים בבדיקה מעבדתית חייבת להיות ממוקדת לכיוון מסוים. על כן, ישנה חשיבות לידע הווטרינרי לגבי מכלול הסימנים הקליניים והפתולוגיים של ההרעלה. הצורך בעבודת חקירה יסודית אינו קיים תמיד: לעתים, הרקע להרעלה הוא רשלנות, ואריזות הרעל מפוזרות במקום או שהחקלאי טעה במינון תרופה או חומר הדברה, וההשערה להרעלה מועלית כבר בראשית האירוע. ניתן לחלק את ההרעלות לפי סוג החומרים הרעילים:

✳ **יסודות תזונתיים:** חומרים המצויים באופן רגיל במזון וחלקם אף חיוניים, אך רמתם במזון גבוהה מהמותר. למשל: נחושת, אבץ, פלואור, מלח בישול וניטראטים. נחושת היא יסוד חשוב בהתפתחות הכדוריות האדומות ובהתפתחות מערכת העצבים. על כן, תערובת כבשים למשל, מכילה נחושת בריכוז הנדרש (עד שמונה חלקים למיליון בחומר היבש). כאשר קיים עודף נחושת במזון (למשל, במקרה בו משתמשים בזבל עופות להכנת בליל לכבשים או כאשר מוסיפים נחושת למנה ללא בקרה מתאימה), מצטברת הנחושת העודפת בכבד עד לשלב בו הוא רווי, ואז עולה רמת הנחושת בדם במהירות וגורמת לשבירת הכדוריות האדומות. הכבשה מפתחת אנמיה וצהבת ועלולה אף למות. כמו בכל מחלה, גם במקרה זה מניעה חשובה יותר מהטיפול, ועל הנוקד לציית להנחיה שלא להוסיף זבל עופות למנת המזון, לא להגיש תערובת שאינה מיועדת לצאן, ורצוי מדי פעם לבדוק את רמת הנחושת בדגימות כבד מבעלי החיים שנשחטו.

✳ **יסודות שאינם משמשים כחומרי מזון:** חומרים זרים המגיעים למזון כמזהמים, כגון עופרת או ארסן.

✳ **תכשירים ותרופות:** חומרי הדברה, קוטלי עשבים, תכשירים לטיפול בטפילים פנימיים או תרופות במינון גבוה מהמותר. חומרי הדברה כגון זרחנים אורגניים מעורבים לעתים קרובות במקרי הרעלה. בחלק מהמקרים החשיפה היא מכוונת אך רשלנית – כמו בהרעלה עקב טיפול נגד טפילים חיצוניים. במקרים אחרים, החשיפה היא מקרית, כגון זיהום בשוגג של מזון או מים בחומרי הדברה שיועדו לריסוס שטחים חקלאיים. זרחנים אורגניים מעכבים את האנזים כולין אסטרזאז, המפרק את חומר התמסורת אצטיל כולין. במקרה של הרעלת זרחן אורגני מצטבר האצטיל כולין בסינפסות העצביות של הבהמה המורעלת. ריכוז גבוה של אצטיל כולין גורם לפעילות בלתי מרוסנת של מערכת העצבים האוטונומית עם השפעות קשות על מערכת העיכול (שלשול, הקאות, ריור יתר) ומערכת השרירים (התכווצויות ועוויתות). סלניום מהווה יסוד חיוני להתפתחות שרירי השלד, ועל כן ניתן בהזרקה בכדי למנוע את

מחלת השריר הלבן בעגלים ובטלאים (ראו מחלות חסר). בגלל הבדלי מינון בין עגל לטלה, הנובעים בעיקר מהבדלי משקל גוף, קיימות בשוק שתי תרופות המכילות סלניום בריכוזים שונים. הרעלת סלניום עלולה להיגרם כאשר המגדל או הרופא הווטרינר טעה בתכשיר והזריק לטלה חומר מרוכז המיועד לעגלים.

✳ **רעלנים שמקורם בפטריות:** פטריות מסוימות מפרישות חומרים רעילים הנקראים מיקוטוקסינים. במזון גס מעופש (כגון חציר) או בגרעינים שנשמרו בתנאי לחות, עלולות הפטריות (הנפוצות כמעט בכל מקום) להתפתח ולהפריש כמויות של רעלנים המהווים סכנה לבעל החיים. הפטרייה אספרגילוס מייצרת את הרעלן אפלטוקסין הגורם לדיכוי התיאבון, לדעיכה ואף למוות ביונקים, ובעיקר בעופות. בשנת 1983 הגיעה לארץ אניית משא עמוסה בגרעינים למספוא שזוהמו ברעלן של פטרייה מסוג פוזריום. מאות פרות סבלו משלשול, מירידה בתיאבון ומתנובת חלב נמוכה, עד שמקור המחלה נתגלה וסולק.

✳ **רעלני חיידקים:** גם חיידקים עלולים להפריש טוקסינים ולזהם מזון לבעלי חיים. החיידק כלוסטרידיום בוטולינום מפריש רעלן מסוכן הפוגע במערכת העצבים וגורם לשיתוק ולמוות. הרעלן מופרש כאשר החיידק מתרבה בתנאים אנארוביים, בדרך כלל בגוויה של בעל חיים (למשל בעל כנף או מכרסם) או בחומר צמחי מרקיב. בעלי חיים עלולים לבלוע כמות קטנה של הרעלן אם גוויה כזאת מגיעה למי שתייה, לחבילת חציר או לבור תחמיץ. בשנת 2002 מתו בדרום הארץ מאות פרות מסיבה לא ברורה. העובדה שמספר גדול של פרות בריאות חלו ומתו תוך זמן קצר העלתה את החשד להרעלה. התעלומה נפתרה לאחר שמעבדות המכון הווטרינרי זיהו את רעלן הבוטוליזם ברקמות שנלקחו לבדיקה שלאחר המוות.

✳ **אכילת צמחים רעילים:** הרעלה מאכילת צמחים רעילים אינה נפוצה בממשק האינטנסיבי מכיוון ששם ניתן להגיש לבעלי החיים מזון בטוח. על כן, הרעלות כאלו מתרחשות בדרך כלל בבעלי חיים היוצאים למרעה וגם זאת, בתנאים של חוסר בעשב, כמו למשל לקראת סוף הקיץ. אז, בהיעדר תוספות מזון, נאלצים מעלי הגירה לאכול מה שיש, ולפעמים גם צמחים רעילים שבדרך כלל גם אינם טעימים. למשל: במצב של מרעה דל, יאכלו כבשים את צמח הכלך הנפוץ מאוד מרמת הגולן בצפון ועד לחבל לכיש בדרום. כבשים רגישות מאוד לחומר הפעיל שבצמח, הפוגע במנגנון קרישת הדם. בליעת חומר זה מביאה להתפתחות דימומים ספונטניים ומוות. ההרעלה הנפוצה בפרות בארץ היא מניטראטים המצויים בריכוז גבוה בעשבים מסוימים כגון גדילן, חלמית וירבוז. עשבים אלו נמצאים בשולי שטחי גידול חקלאיים ונאכלים ברצון על ידי פרות. גם פרות שאינן יוצאות למרעה עלולות לחלות אם אכלו חציר המכיל גם צמחי רעל שנקצרו ביחד עם עשב המספוא. ניטראטים קושרים את ההמוגלובין שבכדוריות האדומות ומונעים את החמצון שלו, ובכך גורמים למוות מהיר מחנק.

מחלות אחרות

מחלות נוספות נגרמות מגורמים שונים שאינם נופלים בקטגוריות של המחלות שנסקרו לעיל. חשיבותן פחותה בעיקר מכיוון שאינן מדבקות, ועל כן הופעתן נדירה (בבעל חיים בודד או במספר קטן של פרטים מתוך העדר). חיות משק עלולות לחלות בסרטן אך השכיחות של קבוצת מחלות זו נמוכה, בעיקר מפני שבמשק המודרני רוב בעלי החיים הנם צעירים. דוגמה לסרטן היא קרצינומה של העור המתפתחת בעפעף של פרות בעלות ראש לבן שנחשפו לקרינת שמש.

מחלות תורשתיות – מחלות שונות מופיעות מדי פעם, כגון חיך שסוע בטלאים ובעגלים המקשה על יניקת החלב.

מחלות מולדות שאינן תורשתיות – פרות, ולפעמים כבשים, מתגלות כעקרות אם גדלו כעוברים ברחם עם תאום זכר (פרימרטיניזם). המגע הישיר בין שני הזוויגים בשלב העוברי גורם להתפתחות לקויה של מערכת המין הנקבית ולעקרות.

מחלות ניווניות – גם הן שכיחות יותר בבעלי חיים זקנים. למרות זאת, ניתן למצוא אילים הסובלים למשל מבעיות גב או מניוון מפרקים.

אלרגיות – לעתים רחוקות סובלים בעלי החיים גם מאלרגיות שונות.

שלבים בהתפתחות מחלה מדבקת

לאחר ההדבקה מתחילה תקופת דגירה הנמשכת עד להופעה של הסימנים הראשוניים. השלב של הופעת הסימנים הקלים הראשונים של המחלה נקרא התקופה הפרודרומלית, ובעקבותיו באה תקופת המחלה בה מופיעים הסימנים במלואם. השלב הבא הוא שלב ההחלמה בו דועכים הסימנים הקליניים עד שבעל החיים חוזר לאיתנו.

תקופת הדגירה

תקופה הנמשכת מזמן ההדבקה ועד להופעת סימני המחלה הראשוניים. לא כל הדבקה מתפתחת למצב בו הגורם הפתוגני מתיישב ברקמות ומתרבה: כבר בשלב זה עשוי הגוף להדביר את הגורם, במיוחד אם אלימותו נמוכה, אם כמות הגורם המדבק (חיידקים, וירוסים) שחדרה לגוף קטנה ואם המערכת החיסונית של בעל החיים ערוכה להגנה. תקופת הדגירה מהווה חלק אינטגרלי של המחלה, וניתן להיעזר במאפיינים שלה כאשר ניגשים לאבחון, לטיפול ולמניעת

התפשטות המחלה. בנוסף, משמשת תקופת הדגירה לקביעת נהלים בין-לאומיים לאישורי מעבר של בעלי חיים כולל ייבוא וייצוא. למשל, עדר שנפגע ממחלה שתקופת הדגירה שלה נמדדת בשנים לא יכול להיחשב נקי מהמחלה גם זמן רב לאחר ההתפרצות. לעומת זאת, במקרה של מחלה שתקופת הדגירה שלה היא רק מספר ימים וגורם המחלה אינו שורד בגוף בעל החיים לאחר ההחלמה, לא צריכה להיות עילה להטלת סגר ממושך על העדר.

אורך תקופת הדגירה משתנה בין מחולל מחלה אחד למשנהו ומושפע מרגישות בעל החיים (גיל, זוויג, רגישות גנטית, מצב חיסוני, מצב גופני), מגודל המינזון האינפקטיבי (חשיפה לכמות גדולה של גורם המחלה עשויה לקצר את תקופת הדגירה) ומדרך ההדבקה (הידבקות בשאיפה גורמת למחלה מהר יותר בהשוואה להידבקות דרך הפה). מבחינים במחלות שתקופת הדגירה שלהם קצרה (נמדדת בשעות או בימים) ובמחלות שתקופת הדגירה שלהן ארוכה ונמדדת בחודשים או בשנים.

ברונכיטיס מדבקת בעופות היא מחלה נגיפית מדבקת המתפתחת לאחר 18 עד 36 שעות מההדבקה. תקופת הדגירה של מחלת הניורקסל בעופות נמשכת מעט יותר, ארבעה עד שישה ימים. אם מאבחנים התפרצות של אחת משתי המחלות במשק עופות ונוקטים בצעדים למניעת התפשטות הזיהום על ידי סגירת המשק לכניסה וליציאה, ניתן לבלום את התפשטות המחלה תוך שבוע.



מחלת ספגת המוח בבקר או סקרייפי בכבשים מאופיינות בתקופת דגירה של מספר שנים (שלוש עד חמש שנים בספגת המוח בבקר, שנתיים ויותר בסקרייפי). קבוצת מחלות אחרת הנקראת "מחלות נגיפיות איטיות" מאופיינת גם היא בדגירה ממושכת, כדוגמת מחלת המאדי-ויסנה בכבשים, שלה תקופת דגירה של שנה עד שנתיים. תקופות ממושכות כאלה מונעות את האפשרות להטיל הסגר על משק ומחייבות שיטות פעולה אחרות למניעת המחלה, מכיוון שהנחת העבודה היא שבהמות נגועות כבר הועברו מהמקום למשקים אחרים בטרם זוהתה המחלה לראשונה.

במקרים כאלה נשאלת השאלה: האם בעל חיים בתקופת הדגירה יכול להיות אינפקטיבי ולהדביק בעלי חיים אחרים? במקרים מסוימים התשובה היא כן: פרה בתקופת הדגירה של ספגת המוח יכולה להעביר את גורם המחלה לצאצאיה דרך השיליה; גם בעלי חיים החולים במחלה חיידקית או טפילית ונמצאים בשלב שהגורם נמצא בדם עלולים להעביר את המחלה, למשל באמצעות וקטורים עוד לפני הופעת הסימנים הקליניים; במחלת החצבת באדם, המצב המדבק הוא בעיקר האדם המדגיר את המחלה ולא החולה בשלב הקליני.

ישנן מחלות שבתקופת הדגירה ניתן למנוע את הופעתן. למשל, מחלת הכלבת יכולה לדגור מספר חודשים עד להתפרצות שסופה מוות. מתן חיסון לאחר חשיפה לאדם או לבעל חיים שנשנש על ידי חיה נגועה בכלבת יכול למנוע את הופעת המחלה ולהוביל להחלמה.

התקופה הפרודרומלית

זו תקופה קצרה בדרך כלל שבה מופיעים סימנים ראשוניים של המחלה. לא כל מחלה מתקדמת לשלב זה: ישנן מחלות אסימפטומטיות שלמרות דגירת גורם המחלה הן מסתיימות ללא סימנים קליניים. ניתן למצוא עדות למחלה אסימפטומטית על ידי גילוי נוגדנים למחלה בסרום בעל החיים שהחלים. סימני מחלה פרודרומלים הם על פי רוב בלתי ספציפיים וכוללים עלייה בחום הגוף, ירידה בתיאבון וחולשה. לפעמים התפתחות המחלה כל כך מהירה עד שהתקופה הפרודרומלית קצרה ואינה בולטת, או שהיא נבלעת בסימני המחלה המלאים.

תקופת המחלה – התקופה הקלינית

בתקופה זו בעל החיים חולה ומראה את הסימנים הקליניים האופייניים למחלה. במחלות קטלניות עלולה תקופה זו להסתיים במוות. לא בכל מקרה מופיעה כל רשימת הסימנים האופייניים למחלה. נפוץ שבקבוצת בעלי חיים החולים באותה מחלה ישנם כאלה המראים סימנים קשים יותר וכאלה המראים סימנים קלים בלבד. חלק אחר עשוי אפילו לעצור בשלב הפרודרומלי. במחלות חריפות השלב הקליני קצר יחסית. מחלות עלולות גם להתאפיין בתקופות ממושכות של סימנים קליניים ואז הן תוגדרנה ככרוניות.

תקופת ההחלמה

בתקופה זו בעלי החיים ששרדו את שיא המחלה מתחילים להרגיש טוב יותר, הגורם הפתוגני מודבר והסימנים הקליניים דועכים. הריפוי יכול להיות שלם, ויכול להיות שנשארים נזקים קבועים לרקמות כדוגמת ניוון סחוס – מפרקים בגפיים של טלאים ועגלים שהחלימו ממחלה כללית שנגרמה מהחידק א. קולי.

לעתים, בתום תקופת ההחלמה עדיין נותר הגורם האינפקטיבי בגוף, והוא עלול להתפרץ שוב ולגרום להתחדשות המחלה. מצב כזה נקרא זיהום לטנטי והוא נפוץ בהדבקה של נגיף ההרפס. לפעמים, בעל החיים מפתח עמידות להתפרצות מחודשת של המחלה, אך הגורם הפתוגני משתכן ברקמות ועלול להדביק בעל חיים רגיש אחר. בעל חיים הנושא גורם פתוגני מדבק אך הוא עצמו מחוסן בפני המחלה נקרא נשא.



נזקי מחלות במשק החקלאי

מחלות קטלניות

מחלה קטלנית היא מחלה המסתיימת במוות. ישנן מחלות ששיעור התמותה בהן מגיע ל-100%, כגון כלבת וגחלת (אנתרקס). מחלות אחרות אינן מסתיימות במוות וההחלמה מהן עשויה להגיע ל-100%. למשל, קדחת שלושת הימים בבקר. בתווך נמצא מגוון של מחלות ששיעור התמותה מהן עלול להיות גבוה או נמוך בהתאם לאופי המחלה, לגיל בעל החיים, למצבו הגופני, להימצאות מחלה אחרת בו־זמנית, לרמת הטיפול התומך ולאופי הטיפול הווטרינרי שניתן. הנזק הישיר הנגרם ממחלה קטלנית הוא כמובן אובדן הערך של בעל החיים, אך ישנם גם נזקים נוספים.

מחלות הפוגעות בייצור

כל מחלה פוגעת בתפוקת בעל החיים המשקי: בפטמים נגרמת האטה בקצב הגדילה, במטילות ירידה בכמות ההטלה, בפרות חולבות נפגעת תנובת החלב ותפוקת העגלים ובכבשים נפגע גידול הצמר, תנובת החלב ותפוקת הטלאים. לעתים, הנזק שנגרם מתמשך מעבר לתקופת המחלה: פרה שנפגעה ממחלה שגרמה לפגיעה בתיאבון ולירידה בתנובת החלב בשיא התחלובה, לא תשוב לייצור חלב אופטימלי אלא רק בתחלובה הבאה (לאחר ההמלטה); פטם שקצב הגדילה שלו נפגע ישווק ביחד עם הפטמים האחרים בגיל השיווק המתוכנן, כשהוא במשקל נמוך; כבשה שהפילה תצטרך לחכות לפעמים מספר חודשים עד שתוכל להרות שוב, מכיוון שלכבשים בארץ עונת רבייה מוגדרת (קיץ וסתיו) ומחויץ לעונה ההתעברות נמוכה. הנזק הכספי גדול אף יותר כאשר נגרם נזק קבוע לבעל החיים עם אובדן ייצור מתמשך ופגיעה מתמדת ברווחיות. למשל, פרה שעקב דלקת עטין איבדה לחלוטין את כושר ייצור החלב באותה בלוטה (רבע עטין), או כבשה שבאירוע הפלה פיתחה פתולוגיה של דופן הרחם והיא מתקשה להתעבר. לפעמים יחליט החקלאי להוציא מהעדר בעל חיים שניזוק ממחלה ולהחליפו באחר, אך מהלך כזה מחייב השקעה כספית נוספת.

נזקי מחלות נוספים

בחשוב נזקי מחלה יש לקחת בחשבון, בצד גורמים ישירים, גם גורמים נוספים, ביניהם: השקעת שעות עבודה, תשלום לוטרינר, תשלום עבור תכשירים ותרופות, פדיון נמוך על תוצרת פגומה, אובדן חוזי מכירה וייצוא ונזקי הסגר רפואי.

מחלות זואונוטיות

אלו מחלות המועברות מבעלי חיים לאדם. חלקן מסוכנות, כגון כלבת שהיא קטלנית תמיד גם באדם, וחלקן קלות, כגון קמפילובקטר העלולה לגרום באדם לשלשול. כל מקרה של גילוי

מחלה בעלת אופי זואונוטי בבעל החיים מדווח למגדל, ועליו לנקוט באמצעים הדרושים למניעת הידבקות וליידע בדבר המחלה את כל צוות העובדים ואת ציבור המבקרים במשק.

מניעת מחלות

פיקוח וממשק

הבסיס למניעת מחלות הוא מעקב ופיקוח וטרינרי שוטף, חקר ובדיקה קליניים (כולל נתיחה שלאחר המוות) ובדיקה אפידמיולוגית במקרה של אירוע תחלואה. רק כך ידע המגדל אלו מחלות פגעו בבעלי החיים שברשותו, ויוכל להתגונן מפניהן ומפני מחלות אחרות (ידועות או חדשות) המאיימות לחדור לעדר.

מניעת מחלות חדשות



ברמה הלאומית: ברמה הלאומית יש לפקח על הייבוא של בעלי חיים, מוצרי מזון מן החי (כגון בשר, גבינות) ומוצרים אחרים מן החי (כגון זבל לדישון ותרכיבים המיוצרים בתרבויות רקמה). האחריות לפיקוח על הייבוא מוטלת על השירותים הווטרינריים של משרד החקלאות. כל ייבוא של בעל חיים או מוצר מבעלי חיים חייב באישור, הניתן רק לאחר שנבדקו הסיכונים להחדרת מחלות חדשות למשק הישראלי. דוגמה לפיקוח כזה אפשר לקחת מהאמצעים שנקטו למניעת מחלת ספגת המוח בבקר (מחלת "הפרה המשוגעת"). המחלה הופיעה לראשונה (כמחלה חדשה) באנגליה באמצע שנות ה-80, והעדויות הצביעו על הדבקה מאכילת מזון המכיל קמח בשר וקמח עצמות שמקורם בפרות ואולי בכבשים. ב-1988 אסרו השירותים הווטרינריים

הישראליים על ייבוא של קמחי יונקים מאנגליה. ב-1989 נאסר ייבוא בשר בקר מאנגליה (בקר חי יובא מאנגליה בפעם האחרונה בשנת 1974). באותה שנה נאסר גם הייבוא של קמחי יונקים מכל אירופה. ב-1996 נאסר בארץ, על פי חוק, להכליל קמחי יונקים במזון פרות, אך הותרו קמחי עופות וקמחי דגים. בשנת 2001 נאסר גם לייבא קמחי עופות מאנגליה, והוטלו הגבלות על ייבוא של קמחי עופות, בקר מבוגר ואיברים בסיכון גבוה (כגון מוח) ממדינות שבהן לא נתגלתה המחלה. למרות הצעדים הכבדים שנקטו למניעת המחלה, נתגלה המקרה הראשון של ספגת המוח בבקר בארץ באמצע שנת 2002.

כיצד נתגלה המקרה? במסגרת ההיערכות כנגד חדירת מחלת ספגת המוח בבקר, הפעילו השירותים הווטרינריים בארץ גם מערך שכלל בדיקה מדגמית של פרות שמתו. בנוסף, נערך גם מסע הסברה בקרב המגדלים והרופאים הווטרינרים, שמטרתו הייתה לשמור על כוונות

גבוהה לקראת התפרצות אפשרית. כל שנה נבדקו מאות מוחות של פרות שמתו (הבדיקה הטובה ביותר לגילוי ספגת המוח), וביניהם גם זה של הפרה שנמצאה נגועה. להערכת אנשי המקצוע גילוי המקרה הראשון היה מוקדם, ובכך ניתן היה להפעיל ביעילות תכנית כוללת לאיתור המחלה ולהדברתה.

אחד האויבים הגדולים של הפיקוח על הייבוא הוא הברחות. השירותים הווטרינריים בשיתוף פעולה עם הסיירת הירוקה, שלטונות המכס ואנשי הנמלים, משתדלים לסכל ניסיונות הברחה. במדינת ישראל, שלה גבול יבשתי עם מדינות שכנות, חשוב גם שיתוף פעולה אזורי, מכיוון שבעלי חיים עלולים לחצות את הגבול ולהחדיר מחלות חדשות. הדבר מסובך הרבה יותר כאשר המחלה נישאת בחיות בר ולפעמים אפילו על ידי בעלי כנף או חרקים.

ברמה המקומית: ברמה המקומית ישנם משקים הנקיים ממחלות מסוימות הקיימות כבר בארץ. כאן, המניעה מתבססת על שמירה על משק סגור ורכישה בעת הצורך של בעלי חיים רק ממשקים סגורים ונקיים מהמחלה. חשוב להקיף את המשק בגדר למניעת חדירת חיות בר, ובמשקי עופות כדאי גם להקים רשת נגד חדירת ציפורים. אם המחלה היא אנדמית (קיימת באזור מוגדר בלבד) ומדבקת, כדאי לשקול לחסן את כלל העדר או הלהקה (אם קיים תרכיב יעיל), במיוחד במחלות מדבקות העלולות להגיע עם הרוח (כגון פה וטלפים).

מניעת מחלות קיימות: מחלות שכבר הופיעו במשק עלולות להופיע שוב, ועל המגדל לדאוג למניעתן או לכל הפחות לצמצם את היקפן עד למינימום. ישנן מחלות זיהומיות שניתן לצפות שיחזרו בחלקן, מכיוון שהגורם נותר בבעלי החיים במשק (בתקופת הדגירה או המחלה), למשל מחלות בעלות תקופת דגירה ארוכה (מאדייויסנה בכבשים) או מחלות כרוניות (בת-שחפת וקוקסידיוזיס). מחלות אחרות עלולות לחדור מבחוץ, בגלל האופי המאוד מדבק שלהן (דבר הצאן או ניוקסל בעופות). מניעת התפרצות חדשה נסמכת על זיהוי בעלי חיים חולים במחלות כרוניות וסילוקם, שמירה על היגיינה בבתי הגידול ושיפור תנאי האחזקה (מרחב מחיה, אוורור, הזנה), כך שתפחת העקה המדכאת את המערכת החיסונית. במשקי פיטום לעופות, לחזירים ולטלאים נהוגה שיטת המחזוריים (All in - all out) כך שהפיטום נעשה בקבוצות הומוגניות של גיל ומשקל, ולאחר השיווק מתפנה כל אתר הגידול וניתן לנקות ולחטא אותו לקראת גידול חדש. שיטה זו תורמת רבות לשמירת ההיגיינה וקוטעת את המשכיות הגורם הפתוגני. כאשר קיים חיסון יעיל נגד מחלה העלולה להתפרץ יש לשקול את חיסון כל בעלי החיים הרגישים כך שכל האוכלוסייה תהיה עמידה למחלה.



חיסון

בעל חיים הרגיש למחלה מגורם זיהומי יכול לפתח עמידות באמצעות חיסון. מבחינים בשני סוגי חיסון: סביל ופעיל.

חיסון סביל: חיסון זה מתקבל כשלבעל החיים מועברים נוגדנים ספציפיים ממקור חיצוני כנגד מחלה מסוימת. הנוגדנים שהם חלבונים (גאמגלובולינים) נשמרים בסרום של בעל החיים לתקופה קצרה יחסית (שבועות עד חודשים). נוגדנים שמקורם בחלב הראשוני (קולוסטרום) של האם נספגים דרך מערכת העיכול של הוולד ב-24 עד 48 השעות הראשונות לחייו ומגיעים למחזור הדם. ביונקים המשקיים כגון פרה, כבשה ועז אין מעבר של נוגדנים אמהיים לעובר במהלך ההיריון, ועל כן הסיכוי היחיד שלהם להתחסן בשבועות הראשונים הקריטיים הוא באמצעות יניקת קולוסטרום ביום הראשון לחייהם. אם האם אינה יכולה להניק יש לספק לוולד קולוסטרום מאם אחרת. דרך נוספת לקבלת חיסון סביל היא בהזרקה של סרום היפראימוני, שמקורו בבעל חיים אחר שרמת הנוגדנים בדמו גבוהה. החסרונות של חיסון סביל הם משך הפעילות המוגבלת שלו, העובדה שההגנה מתבססת רק על פעילות נוגדנים והעובדה שבעל החיים אינו מפתח זיכרון לגורם הפתוגני, כך שכאשר רמת הנוגדנים בדם יורדת, חוזר בעל החיים להיות רגיש למחלה.



חיסון פעיל: חיסון זה נוצר מפעילות של המערכת החיסונית של בעל החיים עצמו בתגובה לחשיפה לגורם הפתוגני. יתרונותיו הם בכך שההתחסנות נשמרת לאורך זמן, החיסון מתבסס על רמות נוגדנים בסרום, אך גם על מרכיב תאי (תאים "מחסלים" שלמדו להכיר את הגורם הפתוגני הספציפי ולפעול נגדו). פרטי הפתוגן נשמרים בזיכרון המערכת ("זיכרון חיסוני"), והיא יכולה לייצר הגנה ספציפית תוך זמן קצר ביותר מחשיפה מחודשת לגורם הפתוגני. חיסון פעיל מתפתח כתוצאה מחשיפה טבעית או מחשיפה לתרכיב. בשני המקרים התגובה החיסונית דומה, רק שבחשיפה טבעית בעל החיים עלול לחלות וההתחסנות נוצרת למעשה רק לאחר ההחלמה מהמחלה. השימוש בתרכיבים נפוץ מאוד בענפי בעלי החיים (יונקים ועופות). קיימים תרכיבים כנגד נגיפים, חיידקים, פטריות וטפילים חד-תאיים, כאשר החיסון נגד מחלות נגיפיות הוא היעיל ביותר.



קיימות שלוש קטגוריות של תרכיבים:

א. תרכיב מומת או בלתי חיוני, המכיל מיקרואורגניזמים שלמים מתים או יחידות אנטיגניות שלהם. בתרכיבים אלו אין סיכון לסביבה, וככל שהמרכיב ספציפי יותר ומזוקק יותר, כך קטנים הסיכויים לתגובה בלתי רצויה אצל בעל החיים. מכיוון שהאנטיגן אינו מתרבה לאחר ההזרקה, יש לתת בדרך כלל שני טיפולים כדי לקבל רמת תגודת מספקת.

ב. תרכיב חי המכיל מיקרואורגניזמים שלמים מוחלשים (תרכיב ממויר). רוב התרכיבים למחלות נגיפיות בחיות משק הם מסוג זה. הגורם הפתוגני המוחלש מתרבה בגוף בעל החיים אך לא גורם למחלה, למעט במקרים של כשל חיסוני או מצב גופני ירוד. לאחרונה הוחל בפיתוח תרכיבים המבוססים על מיקרואורגניזמים שעברו שינוי (הוספה או הסרה) של גן אחד או יותר. הוספת גן נעשית בדרך כלל להגברת האנטיגניות ומכאן, לגירוי מוגבר של המערכת החיסונית. הסרת גן מכוונת על פי רוב לפגיעה בפתוגניות של הגורם. חשוב לוודא שהמניפולציה הגנטית לא תיצור זנים אלימים חדשים של הגורם.

ג. מוצר המשתמש בווקטור חי הנושא מטען גנטי רקומביננטי של הגורם הפתוגני. אלו הם תרכיבים חדשניים שמטרתם להחדיר לגוף בעל החיים את האנטיגנים של הגורם הפתוגני בתוך מעביר בלתי אלים. האנטיגן יכול לקודד למשל למרכיב מבני של מעטפת החיידק או הנגיף, או לתוצר של הפתוגן, כגון אנזים או רעלן.

דוגמאות לסוגי תרכיבים נפוצים מובאות בטבלה הבאה:

דוגמאות לסוגי תרכיבים נפוצים

סוג התרכיב	המחלה	אופי המוצר	סוג בעל החיים המחוּסן
סרום היפראימוני	טטנוס	אנטיטוקסין. ניתן לאחר חשיפה בהזרקה	כל היונקים
תרכיב נגיפי מומת	פה וטלפים	ניתן בהזרקה. ספציפי לזן ולתת־זן של הנגיף	בקר, צאן, חזירים
תרכיב חיידקי מומת	לפטוספירוזיס	בקטריין. ניתן בהזרקה	בקר
תרכיב נגיפי מוחלש	ניורקסל	ניתן במי שתייה, בטפטוף לעין, בתרסיס או בהזרקה	עופות
תרכיב חיידקי מוחלש	ברוצלוזיס	חיידקים שלמים, ניתן בהזרקה	צאן (רק לנקבות)
תרכיב רקומביננטי	כלבת	אנטיגן של נגיף הכלבת בתוך נגיף וקסיניה. ניתן בתוך פיתיון אורלי	שועלים

טיפול תרופתי

מחלות חיידקיות וטפיליות ניתן למנוע באמצעות טיפול תרופתי. אפשרות זו מנוצלת במקרים בהם לא קיים תרכיב יעיל נגד מחלה המאיימת לגרום לנזקים במשק. מכיוון שהטיפול הוא בדרך כלל יומי והזרקה לכל פרט ופרט קשה לביצוע, מוחדרות התרופות למי השתייה או למזון.

להקות פטמים מקבלות באופן שגרתי תרופות קוקסידיוסטטיות (מעכבות התפתחות הטפיל אימריה) למשך כל הגידול, כך שהמחלה אינה מתפתחת. בטלאים נהוג להשתמש בתרופות קוקסידיוסטטיות כדי לדכא את המחלה, וברזמנית לאפשר לטלה להתחסן כנגדה, על כן הטיפול בהם ניתן למספר שבועות בלבד.

במשקי עופות, חזירים וגם צאן, נהוג להכליל באופן קבוע במזון תכשירים אנטיביוטיים כדי למנוע מחלות חיידקיות שונות. למשל, אנטיביוטיקה במזון לטלאים ולחזירים למניעת מחלות דרכי הנשימה, או אנטיביוטיקה בתערובת של עגלים כשיש חשש למחלות מעיים.

טיפול תרופתי מוגש לא רק למניעת מחלות זיהומיות, אלא גם למניעת מחלות חסר ומחלות מטאבוליות. בהקשר זה, הזכרנו כבר את הנוהג של הזרקת ויטמין E וסלניום למניעת מחלת השריר הלבן בטלאים ובעגלים. בכבשים הרות מרובות עוברים נהוג לתת תוספות מזון למניעת רעלת היריון, שהיא מחלה מטאבולית. מטרת תוספות אלו היא להגדיל את כמות הגלוקוזה הזמינה בדם ולשמור על הכבד מפני השתמנות. בפרות לקראת המלטה שיש אצלן חשש להימצאות קדחת חלב ניתן לטפל בזריקת אנלוג של ויטמין D, כדי למנוע ירידה דרסטית ברמות הסיידן בדם.



טיפול גנטי

מניעת מחלות תוך כדי טיפול תרופתי או חיסון דורשת משאבים וכרוכה בעלות גבוהה. בנוסף, פעולות אלו אינן מעניקות הגנה לאורך זמן עקב האפשרות להופעת זנים פתוגניים חדשים שאינם מוכרים למערכת החיסונית או כאלה שעמידים לתכשירים אנטיביוטיים. גידול בעלי חיים עמידים מראש למחלות היה יכול להביא לחיסכון בתפעול המשק והיה מצמצם את הפגיעה באיכות הסביבה.

כבר לפני שנים רבות למדו המגדלים כי בעלי חיים מגזעים מסוימים עמידים יותר מאחרים למחלות קשות. כך למשל, מגדלים באפריקה דווקא בקר מהגזע זֶבו (פרות גדולות עם גבנון על השכמות), מכיוון שהוא עמיד לקדחות הנגרמות מטפילי דם. בקר מגזעים אירופיים אינו שורד

באזורים אלו בגלל הקדחת. בעופות נתגלו זנים עמידים למחלות כגון סלמונלוזיס או קוקסידיוזיס. בחזירים נמצא קו גנטי שאינו רגיש לדלקת מעיים הנגרמת מהחיידק א. קולי. מסתבר, כי פיתוח גזעים או קווים עמידים למחלה זו או אחרת היא פעילות שנמשכת זמן ודורשת השקעות כבדות במחקר. הקושי הוא שכדי לזהות בעלי חיים עמידים יש צורך להוקיע בגורם המחלה את כל הפרטים באוכלוסייה ולבחור כהורים לדור הבא את אלה העמידים למחלה. פעולה כזו עלולה להביא לפגיעה ברוב החיות ולנזק כלכלי רב. בעיה נוספת היא הניגוד שיש לכאורה בין ה"קידום" בחקלאות לבין רגישות למחלות. בפרות נמצא, כי הרגישות הגנטית להתפתחות דלקת עטין עולה ככל שתנובת החלב של הפרה עולה. לכן, סלקציה לעמידות לדלקות עטין נוגדת למעשה את הסלקציה לתנובת חלב גבוהה.

תהליכי הברירה הטבעית הם שהביאו גזעים מקומיים באזורים מסוימים לפתח עמידות למחלות. פעולת טיפוח הכוללת הבאת גזעים חדשים (אינטרודוקציה) ויצרניים יותר, לאזורים גיאוגרפיים שאינם סביבתם הטבעית, עלולה להיתקל בקשיים. דוגמה לכך היא הרגישות למחלה הנגיפית כחול הלשון בכבשים. גזע האוסי התפתח במזרח התיכון ואינו רגיש למחלה זו. בארץ מאבחנו את המחלה רק בכבשים מגזעים אירופיים שהובאו לכאן. בשנת 1956 חדרו זבובונים (הווקטור של מחלת כחול הלשון) לספרד ופורטוגל, שם מגדלים גזעים אירופיים הרגישים למחלת כחול הלשון, וכ-180,000 כבשים מתו במגפה.

למרות הקשיים שהוזכרו הרי טיפוח לעמידות למחלות הוא עניין העומד על הפרק ולצורך כך ניתן לנקוט בשלוש דרכים:

1. בחירה של פרטים באוכלוסייה שנמצאו עמידים למחלה מסוימת כהורים לדור הבא. לעתים, האוכלוסייה היא מכלוא שנוצר מהכלאה בין גזע רגיש לגזע בעל עמידות מוכחת. בתכנית הטיפוח יש לשמר את תכונות הייצור החיוביות של גזע היעד;
2. זיהוי הגנים המעורבים בעמידות לתכונה מסוימת ובחירה כהורים לדור הבא תוך שימוש בשיטות אבחון מולקולריות של הפרטים באוכלוסייה הנושאים את האללים התורמים לעמידות. דוגמה לתכנית טיפוח רחבת היקף מסוג זה היא הטיפוח לעמידות למחלת הסקריפי בכבשים;
3. ייצור בעלי חיים טרנסגניים, שלגנום שלהם הוחדר הגן הספציפי המקודד לעמידות. גן זה יכול שיילקח מבעל חיים עמיד מאותו מין או ממין אחר של בעל חיים או אפילו מצמחים. טכניקות כאלה נבחנות כיום במכוני המחקר.



ביעור מחלות

ביעור הוא מהלך שנועד לסלק כל פרט הנגוע במחלה כדי למנוע את חזרתה לאוכלוסייה. הביעור קל יותר במחלות זיהומיות שניתן לאבחן בקלות ושנמצאות רק בסוג בעל החיים אחד. ביעור יכול להיות אזורי או ארצי, והוא מורכב משני שלבים: האחד, בדיקה וחיפוש מוקדי מחלה שאולי קיימים, עד לנקודת ההכרזה כי העדר/האזור/המדינה חופשיים מהמחלה. השני, נקיטת כל האמצעים הדרושים למניעת הדבקה חדשה, וניטור מתמיד להופעה מחודשת של המחלה.

דרכי הפעולה בתכנית ביעור תלויים באופי המחלה אך לכולם עקרונות דומים:

סילוק בעלי חיים נגועים או חשודים כנגועים: בהתאם לאופי המחלה נדרש לפעמים להמית את כל בעלי החיים באזור הנגוע ולשרוף או לקבור את הגופות. לעתים, ניתן לסמן את בעלי החיים, לשלוח אותם לשחיטה ולאשר את בשרם למאכל אדם. במחלות מסוימות (כגון פה וטלפים) מטפלים באופן דומה בחיות נגועות וגם באלו שבאו אִתן במגע או ששהו במשק שכן. במחלות אחרות פחות מדבקות (כגון שחפת או ברוצלה) ניתן לסלק מהעדר רק את בעלי החיים שנבדקו ונמצאו נושאים את המחלה.

ניקוי וחיטוי המשק: מבצע כזה כולל סילוק חומר אורגני (זבל, מזונות) יחד עם רחיצה וחיטוי של המבנים. בהתאם ליכולת ההישרדות של גורם המחלה, מומלץ לפעמים להשאיר את האזור ריק מבעלי חיים רגישים לתקופה מסוימת.

מניעת חדירת המחלה לעדר הנקי: תהליך זה כולל פיקוח על האיכות הביולוגית של המזון של בעלי החיים ופיקוח על תנועה של בעלי חיים (כולל חיות בר), בני אדם וכלי רכב אל תוך האזור בו מצויים העדר או הלהקה. מניעת כניסת וקטורים נושאי גורם המחלה על ידי ריסוס אזורי מחיה ומוקדי רבייה של קרציות, יתושים או זבובונים בחומרי הדברה, או טיפול בבעלי החיים בחומרי הדברה או בתכשירים דוחי חרקים.

הפחתת מספר בעלי החיים הרגישים: הדבר נעשה בעזרת חיסון, אך מכיוון שחיסון אינו מונע בדרך כלל הדבקה אלא רק את הופעת המחלה, תכנית ביעור נכונה אסור שתסתמך עליו. מותר שבשלב מסוים יבוצעו חיסונים, ובלבד שלא יינתנו באופן רציף ושגרתי.

ניטור הדוק ומתמשך: תכניות ביעור רבות נכשלות מכיוון שישנה ירידה בערנות לאחר תקופה שקטה ללא הופעת מקרים חדשים. תכנית ביעור אינה יעילה אלא אם מעמידים מנגנוני התרעה מתאימים כגון סקרים סרולוגיים, מעקב קליני-וטרinari ומודיעין מקומי ובין-לאומי.

רפואת עדר



הממשק האינטנסיבי המודרני מתבסס על השקעה רבה בתשתיות ובייצור תוך ציפייה לתפוקה מרבית. בהשוואה למשק בעלי החיים המסורתי, ניתן לראות בעת המודרנית מגמה של הגדלת העדרים והלהקות, שאיפה לאחידות בעלי החיים מבחינת גזע, תכונות ייצור וגיל, והסתכלות על המשק כעל יחידה יצרנית עסקית. ניתן כיום לזהות כל פרט בעדר או בלהקה בעזרת מספר המוטבע על גופם או נישא על תווית המוצמדת לאוזן או לרגל. סימון זה מוחלף כיום במקרים רבים בסימון אלקטרוני, תוך שתילת משדר זעיר מתחת לעור או בתוך הקיבה.

עם שינוי הדגש בחקלאות בעלי חיים לכיוון של גידול עדרים או להקות ולא בעלי חיים יחידים, משתנות גם ההגדרות של מחלה וטיפול. מחלה בעדר תיחשב כזיהוי של פרה אחת חולה במחלה מדבקת מאוד אשר לה משקל כלכלי, כגון פה וטלפים, אך העדר ייחשב נקי ממחלה גם אם זו הופיעה אצל מספר פרטים, כאשר למחלה אין חשיבות כלכלית גדולה. עדר נקי ממחלה ייחשב גם עדר בו ארעו חמישה מקרים של דלקת ריאות בקבוצה של 250 טלאים, במשך כל תקופת הגידול. כאשר דלקת הריאות הייתה מופיעה במספר גדול של פרטים, הייתה מקבלת התייחסות אחרת.

אבחון המחלות השתנה במעבר מרפואת פרט לרפואת עדר: ברפואה מסורתית, השאלות הן לגבי הסימנים הקליניים של המחלה (כגון חום גוף, תיאבון, שלשול). תהליך האבחון מתחיל בסקירת רשימה ארוכה של מחלות אפשריות וצמצום האפשרויות למספר מחלות אפשריות. כלומר, כיוון האבחנה הוא מן הכלל אל הפרט. ברפואת עדר השאלות מתכוונות למקומו של הפרט בקבוצה: מהם מאפייני החולה? האם הוא צעיר או בוגר? האם הוא נמצא בקבוצת ייצור גבוהה או בינונית? האם יש קשר לעונת השנה? האם לפעילות קבוצתית כגון הרבעה, גז או גמילה יש קשר להופעת המחלה? תהליך האבחון מתקדם מן הפרט אל הכלל כאשר המטרה היא לזהות בעיקר את קבוצת הסיכון בעדר ולהעריך את הנזק שעלול להיגרם לתפוקה הכללית.

הגשת הטיפול אף היא שונה בין שתי הגישות. הגישה האינדיווידואלית דוגלת בהשקעה בפרט החולה עד להבראתו או עד ליציאתו מהמשק (מכירה או מוות). ההשקעה הכספית בטיפול מתקזזת מהרווח הצפוי מאותו פרט, ומהר מאוד מגיעים למצב בו המאזן הכלכלי של טיפול בפרט חולה הופך לשלילי, כך שלא כדאי לטפל בו. ברפואת עדר ניתן הטיפול לכלל הקבוצה, או לפחות לחלק הנמצא בסיכון גבוה. ההוצאה מתחלקת בין מספר גדול של פרטים, ועל כן המאזן הכלכלי נשאר לרוב חיובי. מטרת הטיפול אינה מצטמצמת בשאלה האם הפרט יחלים, אלא האם הקבוצה לא תחלה או האם תמשיך לייצר ברמה הגבוהה, או לפחות תחזור לרמה זו תוך זמן קצר.

רפואת עדר הפכה מחויבת המציאות במשקים גדולים. בענפי העופות, החזירים והדגים היא

מיושמת באופן מוחלט. בעדרי הבקר והצאן קיים שילוב של רפואת עדר ורפואת פרט. רופאים וטרינרים שינו את אורח עבודתם בעקבות הדרישה להפעלת תכנית לבריאות העדר. אם פעם היה הווטרינר מגיע למשק על פי קריאה לטפל בפרה עם דלקת עטין, או בכבשה המתקשה להמליט, כיום מתבצעת עיקר עבודתו על פי תכנית הכוללת ביקורים תקופתיים, פיתוח ממשק מתאים יחד עם המגדל, איסוף נתונים לגבי תפוקות ייצור, איכויות ייצור ותחלואה, טיפולים רפואיים מניעתיים, ניתוח הנתונים וייעוץ בהתאם. אט־אט מפנה הסטטוסקופ, ידידו הטוב של הווטרינר, את מקומו לטובת המחשב.

טיפול תרופתי בחיות משק



בגידול בעלי חיים קיים שימוש רב בתכשירים רפואיים ובתוספי מזון. מטרות הטיפול באמצעים אלו הן לעזור להחלמה של בעל חיים חולה, לנסות למנוע מחלה בבעל חיים בסיכון ולשפר את התפוקה. בטיפול רפואי של בעל חיים חולה משתמשים במגוון תרופות, המשתייכות למספר סוגים: תרופות אנטיביוטיות, תרופות נוגדות דלקת, תרופות אנטהלמינטיות (קוטלות תולעים), תרופות משככות כאב, הורמונים, ויטמינים ומינרלים. תרופות ניתנות בהזרקה או דרך הפה (בבליעה, בהגמעה, במי השתייה או במזון). ניתן גם לתת טיפול מקומי במריחה (של משחה המכילה את התרופה) או בהחדרה מקומית של התרופה (כגון טיפול ברבע עטין של פרה). בדרך כלל ניתן טיפול רפואי לבעל חיים בודד או למספר פרטים, אך לפעמים יש לטפל בקבוצות גדולות. במקרים כאלה יעדיף המגדל לתת את התרופה במזון או במי השתייה, ולא בהזרקה.

למתן תרופות מספר חסרונות:

עלות: מחיר התרופות מתווסף להוצאות הגידול ולפעמים אין ההוצאה מוצדקת מבחינה כלכלית. חישוב הכדאיות נעשה בעיקר במקרים בהם ניתן טיפול מניעתי, שהמאפיינים שלו הם תקופת טיפול ממושכת למספר גדול של פרטים. למחיר התרופות יש להוסיף גם את עלות העבודה הכרוכה בטיפול. לפעמים, מבוצע הטיפול על ידי רופא וטרינר ששכרו גבוה יחסית, אך גם אם העבודה מבוצעת על ידי עובדי המשק מחירה לא מבוטל. בנוסף, טיפול בחיות חולות פוגע בשגרת העבודה היומית.

זמן המתנה: זו התקופה שבין מתן הטיפול התרופתי (או הטיפול האחרון בסדרת טיפולים) לבין הזמן בו מותרת שחיטת בעל החיים למאכל. תקופה זו נקבעה כדי למנוע החדרת תרופות

לשרשרת המזון. לגבי חלב, ההנחיות קובעות כי יש לשפוך את החלב כל עוד נמשך הטיפול ועד לתום זמן ההמתנה. ברפת החלב המשמעות היא אובדן נוסף של הכנסות.

שאריות: שאריות מתייחסות לכמויות תרופות, ואפילו מזעריות, שהגיעו לשרשרת המזון (חלב, בשר, ביצים). הסיבות לשאריות הן חוסר הקפדה על ההנחיות לגבי זמן ההמתנה, או שזמן ההמתנה המומלץ לא הספיק ליציאת התרופה מגוף בעל החיים עקב שימוש במינונים גבוהים לטווח ארוך. בריאות הציבור דורשת שמזון מן החי ישווק לצרכן ללא שאריות. למרות זאת, קורה לעתים שחומרים אנטיביוטיים או הורמונליים מגיעים למזון שאנו אוכלים. שאריות של תרופות במזון מן החי עלולות לגרום לאלרגיה בבני אדם רגישים. קיים גם חשש שהורמונים המצויים בבשר או בביצים עלולים לפגוע בתהליכים פיזיולוגיים אצל הצרכן, ואפילו להתפתחות מחלת הסרטן. נזק נוסף, כלכלי בלבד, הוא לתעשיית הגבינות הנפגעת משימוש בחלב המכיל שאריות אנטיביוטיקה, מכיוון שזו מפריעה לתהליכי הייצור הנשענים על פעילות חיידקים "טובים".

התפתחות חיידקים עמידים: שימוש רב באנטיביוטיקה עלול לעודד התרבות חיידקים מוטנטיים בעלי עמידות לתרופה, עד כי השימוש בה יהפוך לבלתי יעיל. העמידות של חיידק מסוים עלולה לעבור גם לחיידקים אחרים, אלימים יותר ופתוגנים לבעל החיים. לפעמים עלול להיווצר "סופר-חיידק" בעל עמידות לכל סוגי האנטיביוטיקה הידועים. במחלות הנגרמות מחיידקים כאלה קשה מאוד לטפל. הבעיה קשה אף יותר כאשר חיידקים שהם גם פתוגנים לאדם מסגלים עמידות לתכשירים אנטיביוטיים, ומשום כך דואג משרד הבריאות שלא לאשר טיפול בבעלי חיים בתכשירים חדישים שפותחו עבור בני אדם. למשל, בשנות ה-80 נאסר השימוש בתכשיר כלורמפניקול בבעלי חיים, מכיוון שבזמנו היה זה התכשיר היעיל ביותר נגד חיידק הסלמונלה באדם, והיה חשש שבבעלי חיים יתפתחו חיידקי סלמונלה עמידים שלא ניתן יהיה לחסלם.

פגיעה במיקרופלורה הנורמלית: לעתים, טיפול אנטימיקרוביאלי הורג "חיידקים טובים" של המיקרופלורה הנורמלית: תהליכי עיכול למשל, הנשענים על מיקרופלורה חיידקית במעיין עלולים להשתבש, עם סימנים קליניים של שלשול ואיבוד משקל. תופעה זו בולטת בעיקר במעלי גירה שם העיכול הוא ברובו מיקרוביאלי. לפעמים חיידקים קומנסלים (חיידקים שאינם פתוגניים בדרך כלל וחיים בסביבת בעלי חיים) משתתפים בוויסות התרבות החיידקים הפתוגנים ומגינים מפניהם. למשל, בפרות שקיבלו טיפול אנטיביוטי מניעתי נגד דלקת ריאות הפורצת בזמן הובלה (Shipping fever), נמצאה תמותה גבוהה יותר בגלל פגיעה בפלורה נורמלית, בהשוואה לפרות שלא קיבלו טיפול.



הליכים כירורגיים במשקי בעלי חיים



הליכים ניתוחיים ופעולות פולשניות אחרות עונים על צורכי הטיפול האינדיווידואלי בפרט החולה, אך משמשים גם למניעת מחלות במסגרת תכנית בריאות עדר. הממשק המודרני משתדל להימנע מהצורך לנתח בעלי חיים למטרות ריפוי, מהטעם שפעילות כזו היא בדרך כלל יקרה, דורשת השגחה נוספת, גורמת סבל לבעל החיים וקשורה בסיבוכים. על כן, המגמה היא לשפר את הממשק ולהתאים את גזע בעלי החיים כך שהשכיחות של מצבים הדורשים טיפול ניתוחי תהיה נמוכה ככל האפשר.

במשקי העופות לא מבצעים ניתוחים למטרות ריפוי עקב עלותו הזניחה של הפרט. במשקי הבקר והצאן נדרש הרופא הווטרינר לנתח מדי פעם: ניתוח קיסרי להוצאת הוולדות מהרחם אם ההמלטה אינה מתקדמת באופן תקין, קיבוע קיבה בפרות לאחר המלטה הסובלת מהיסט קיבה, סילוק גוף זר שנתקע בקדמת קיבת הכוסות בפרות, ניתוח לניקוז ריקבון בטלף או אפילו כריתת טלף בבקר ובצאן וכן טיפול כירורגי בפציעות.

השאלה במשק המסחרי היא תמיד: מה עלות הטיפול, מהם סיכויי ההצלחה של הטיפול, מה תהיה רמת הייצור של בעל החיים לאחר ההחלמה ומה ערך המכירה של בעל החיים ללא טיפול. ככל שרפואת העדר מתקדמת יותר, נעלמים המצבים שבעבר היו מעסיקים את הרופאים הווטרינרים המנתחים. לימוד הנושא של היסט קיבה והקשר שלו להזנה הפחית מאוד את אירוע המחלה. הקפדה על התכונות התורשתיות של הפר לגבי גודל הוולדות צמצמה מאוד את המקרים בהם יש לבצע ניתוח קיסרי בגלל עובר גדול מדי. שיפור בהיגיינה ולפעמים גם שימוש בתרכיב הפך את ריקבון הטלף לאירוע בלתי שכיח. גידול בקר וצאן ללא קרניים, טיפוח גנטי לגזעים רגועים והקפדה על מכלאות וכלובים נאותים הורידו מסדר היום את הנושא של פציעות כתוצאה מאגרסיביות ומתאונות. השימוש במגנטים בפרות חיסל כמעט לחלוטין את תופעת הגופים הזרים בקיבה (הפרה בולעת מגנט הנתון במעטה עשוי פלסטיק, וזה נשאר בקיבה לכל חייה ומונע את הנזק ממסמרים ומחוטי ברזל שנבלעו במקרה יחד עם המזון).

הליכים אחרים מבוצעים כחלק מממשק נכון וכדי לקדם את בריאות העדר:

סימון מתבצע על ידי קיבוע של תג לאוזן (בכבשים, בפרות, בעזים ובחזירים) על ידי קעקוע של מספר בחלק הפנימי של האוזן (בכבשים), או על ידי צריבת מספר (כוויית קור) על העור של פרות. מקובלות **מספר פעולות למניעת פציעה** מתוקפנות בין פרטים: קיטום מקור בעופות למניעת ניקור, הסרת הציפורן הפנימית ברגל של תרנגולי הרבעה, הסרת קרניים בבקר ובצאן וגידום זנב בחזירונים. בנוסף, מתבצעות מספר **פעולות לשיפור ההיגיינה**: גידום ותספורת לזנב פרות חולבות, גידום זנב בכבשים כדי להקל על ההרבעות ולמנוע התקפת זבובים באזור

החם והלח של שורש הזנב, טילוף בפרות ובכבשים שאינן יוצאות למרעה וגז בכבשים. בעבר היה נהוג לסרס עגלים וטלאים לפיטום, אך נוהג זה הופסק בעיקר מפני שעגלים וטלאים לפיטום נשחטים בגיל צעיר יחסית, בטרם סיגלו את התוקפנות האופיינית לפרים ולאילים. כיום נהוג לסרס רק בענף החזירים, שם מתבצע ההליך בחזירונים בני שלושה-ארבעה ימים, ומטרתו שיפור קצבי הגדילה ואיכות הבשר.

כיום מתעניין הצרכן יותר ויותר ברווחת בעלי החיים בחקלאות. כתוצאה מכך נחקקו חוקים ותוקנו תקנות המסדירים את הפעילות הכירורגית בחיות משק, תוך דאגה לצמצום הסבל הנגרם בתהליך הגידול. הורדת קרניים בבקר בוגר מותרת רק בהרדמה, וגידום זנב בצאן מותר רק בטלאים בני מספר ימים ובאמצעות טבעת גומי המולבשת על הזנב. ישנן מדינות שמטעמי צער בעלי חיים הגבילו בחוק הליכים אחרים כגון הזרעות תוך-רחמיות בצאן (הזרעה הנעשית בדיקור ישיר לרחם, דרך נקב קטן בדופן הבטן). בארץ ההליך מותר ובלבד שהוא נעשה בהתאם לחוק צער בעלי חיים, אך אינו נהוג מסיבות משקיות. במקביל ישנו ניסיון לפתח טכניקות שימנעו את הצורך בהליכים פולשניים, כמו למשל סימון באמצעות עניבה על הצוואר או תג על הרגל.

המערך הווטרינרי בישראל



היסטוריה

בתקופת השלטון העות'מני בארץ היה הפיקוח והטיפול הווטרינרי נתון בידי רופאים וטרינרים ועובדים שנשלחו מטורקיה. השירות המוצע היה דל, והתדרדר עוד יותר בתקופת מלחמת העולם הראשונה. בשנת 1917 נכבשה ארץ-ישראל על ידי הבריטים, שהזדעזעו ממצב הבהמות בארץ והחליטו להקים בה שירות וטרינרי ממשלתי מסודר. אחת הפעולות הראשונות הייתה פרסום הצו למניעת צער בעלי חיים ב-1919. בתחילה היה השירות הווטרינרי חלק מהממשל הצבאי וב-1920 "התאזרח" כחלק משירותי החקלאות של ממשלת המנדט. הבריטים שאפו לספק שירותי רפואה ופרזול לכל הבהמות השייכות לממשלה, לפקח על שחיטה ומוצרי בשר ולמנוע חדירת מחלות באמצעות פיקוח על הייבוא בשלוש תחנות הסגר שהקימו בגבולות. ב-1924 הקימו את המעבדה הווטרינרית ביפו, שבעקבות המאורעות והמצב הביטחוני עברה ב-1938 לתל-אביב, שם פעלה עד 1957, עת הועברה לבית-דגן.

השירותים הווטרינריים

ב-1948 הפכו השירותים הווטרינריים המנדטוריים לשירותים הווטרינריים של מדינת ישראל. לגוף זה תפקידים רבים:

מניעה, פיקוח והדברה של מחלות בעלי חיים: פעילות זו מתבצעת באמצעות הלשכות הווטרינריות האזוריות (שש במספר בעת כתיבת פרק זה) המעסיקות רופאים וטרינרים ופקחי מקנה. תפקידם כולל הדרכה, חקירת אירועי תחלואה וביצוע חיסונים. במכון הווטרינרי בבית דגן הוקמה יחידה העוסקת בפיתוח תרכיבים ובבדיקה של תרכיבים מיובאים. יחידה נוספת העוסקת במניעת מחלות היא היחידה להסגרים ונמלים העוסקת בפיקוח על הייבוא ועל הייצוא.

אבחון ומחקר מחלות בעלי חיים: פעילות זו מתבצעת בעיקר במעבדות של המכון הווטרינרי על ידי רופאים וטרינרים שעיסוקם במחקר מדעי, תוך שיתוף פעולה עם הלשכות ועם המשקים.

פיקוח על מוצרים מן החי: מטרת פעילות זו היא לדאוג לבריאות הציבור ולמנוע העברת מחלות לאדם באמצעות מזון. הפיקוח נעשה ברובו בבתי מטבחיים ובמשחטות על ידי רופאים וטרינרים מומחים ועל ידי המחלקות הווטרינריות שברשויות המקומיות (בערים ובמועצות). אלו מפקחים מדי יום על בתי המטבחיים, המשחטות, השווקים והחנויות לממכר מוצרי מזון מן החי. במכון הווטרינרי פועלת מחלקה לבדיקת טיב המזון מבחינה בקטרילוגית וכימית.

תחיקה וטרינרית: ב־1945 חוקקו הבריטים את "פקודת מחלות בעלי חיים", שקיבלה תוקף חוקי ישראלי ב־1948. בפקודה זו מוגדרת "מחלה" כזו המצויה ברשימה בחוק. על כן, סמכות השירותים הווטרינריים חלה רק על המחלות שברשימה, הנקראות גם "מחלות רשומות". מחלות רשומות הן אותן מחלות בעלות היבט כלכלי־משקי או היבט זואונוטי (מחלות המועברות מבעלי חיים לאדם). רשימת המחלות מתעדכנת מדי פעם. בנוסף לפקודה זו, פועלים השירותים הווטרינריים על פי סדרה ארוכה של חוקים שנועדו לטפל בבעיות מגוונות. לאחרונה חוקקה הכנסת את חוק צער בעלי חיים. השירותים הווטרינריים פועלים רבות להתקנת תקנות במסגרת חוק זה, שיגנו על רווחת בעלי החיים המשקיים.

רפואת עופות

במכון הווטרינרי פועלת מעבדה רפרנטית לעופות המציעה שירותי אבחון לכל הארץ. בנוסף קיימות חמש מעבדות אזוריות המעניקות שירותי אבחון, ייעוץ והדרכה. במעבדות אלו מועסקים גם רופאים מטפלים (רופאי מועצת הלול), ובנוסף להם קיים מספר לא מבוטל של רופאים פרטיים המגישים טיפול וטרינרי למשקים.

רפואת חיות משק גדולות

רוב רופאי הבקר והצאן מאוגדים באגודה הנקראת "החקלאית". האגודה מפעילה שירות ביטוח רפואי לחבריה ומספקת למשקים שירותי ייעוץ, אבחון, טיפול ומכירת תרופות. האגודה מעסיקה

כ־70 רופאים וטרינרים. במקביל התפתח ענף לא גדול של רופאים וטרינרים המציעים שירותים לחיות משק באופן פרטי.

בית הספר לרפואה וטרינרית

בית ספר זה הוקם בשנת 1985 על ידי האוניברסיטה העברית, והוא פועל משני אתרים: רחובות – שם מרוכזים לימודי היסוד, ובית־דגן – שם משתלמים הסטודנטים במקצועות הקליניים. כיום מסיימים את בית הספר, מדי שנה, כ־40 בוגרים כרופאים וטרינרים. בנוסף להוראה ולהעמדת רופאים וטרינרים חדשים, משמש בית הספר מרכז וטרינרי ארצי בו נערכות פעילות מחקרית בנושאים וטרינריים בעלי חשיבות ישראלית, וגם הדרכה מקצועית והשתלמויות שוטפות לרופאים וטרינרים מכל הארץ.

רווחת בעלי החיים במשק החקלאי



גידול בעלי חיים התפתח בעיקר במאה השנים האחרונות, ועבר מהפכה שכללה התייעלות ותיעוש. אכן, בחו"ל יש המכנים את הגידול בחוות הגדולות לעופות, חזירים או בקר בשם "Factory farming". במהלך התמורות שחלו בענפי החי השונים, שאת חלקם הזכרנו בסעיף הממשק ובסעיף רפואת העדר, מתקבל הרושם כי היחס המיוחד שהיה קיים בין המגדל לבעל החיים השתנה לבלי הכר. נכון שמדובר רק בהערכה: איננו יודעים אם האיכר שהחזיק בחצרו פרה אחת ועשר תרנגולות אכן אהב אותן יותר או דאג יותר לצורכיהן. סביר שזיהה אותן בשם וחש אליהן קרבה, מכיוון שמגורי המשפחה וחצר המשק היו סמוכים. סביר גם שהמזון ותנאי התברואה של בעלי החיים המשקיים כיום עולים בהרבה על מה שהוצע להם לפני 50 שנה. לא ניכנס לפולמוס של נוסטלגיה מול חדשנות. עובדה אחת קיימת: כיום מתעניין ציבור הצרכנים לא רק באיכות המזון שמקורו בבעלי חיים ובמחירו, אלא גם באופן בו יוצר ובמיוחד בהקשר של רווחת בעלי החיים. ישנה אוכלוסייה המוכנה לשלם מחיר גבוה עבור "ביצי חופש" גם אם הן קטנות יותר. מחירו של חלב אורגני גבוה פי שלושה מחלב המשווק על ידי מחלבה גדולה. ישנו גם פלח אוכלוסייה הנמנע מרכישת כבד אווז או בשר עגל חלב בגלל אופי הגידול הנתפס אכזרי בעיניו.

התחזקות ההתעניינות הציבורית ברווחת בעלי החיים גרמה לשינוי באחזקת חיות המשק. ישנם מגדלים שפנו לספק את פלח השוק ההולך וגדל של מזון אורגני וטבעי יותר, וחדלו מ"לדחוף" את בעלי החיים לייצור מרבי. מטילות הורדו מכלובי סוללות אל הקרקע, טלאים אינם נלקחים מהאם למינקת מלאכותית אלא מושארים לינוק מהאמהות עד גיל שיווק (כחמישה חודשים) ועגלים אינם גדלים בכלובים פרטניים בעלי רצפת רשת אלא בקבוצה על הקרקע. בינתיים מדובר בתופעה בעלת היקף מצומצם.

חוק צער בעלי חיים (הגנה על בעלי חיים) התשמ"ד - 1994: בשנת 1994 העבירה הכנסת חוק שבא להסדיר את נושא רווחת בעלי החיים בארץ. החוק קובע איסורים כלליים ואינו ייחודי לחיות משק. אחד הסעיפים בחוק אוסר על התעללות בבעלי חיים בכל דרך, כולל איסור העבדת בעלי חיים חולים או עייפים. איסור ההתעללות אינו מפורט ונתון לפרשנות ולוויכוח. האם פיתום אווזים באמצעות האכלה כפויה הוא התעללות? הכנסת שדנה בנושא זה החליטה שאין מדובר בהתעללות, אולם בג"צ פסק כי יש לאסור את הפיתום. האם קטימת מקור, הליך המבוצע ללא הרדמה בעופות כצעד למניעת פציעה בכלובים, הנו מותר? בינתיים, גם הליך זה לא נאסר על פי חוק.

החוק הטיל על שר החקלאות להתקין תקנות לשם שיפור רווחת בעלי החיים (סעיף 19 לחוק). חלק מתקנות אלה כבר הותקן – למשל, תנאי הובלה של בעלי חיים. ההובלה מותרת רק בכלי רכב שנבדק ונמצא "ניתן לחיטוי בנקל ומתאים להובלת בעלי חיים". על הרכב יופיע שילוט המציין כי זהו רכב מאושר להובלת בעלי חיים. אין התקנות מפרטות את תנאי ההובלה: התאמת סוג הרכב לסוג בעל החיים, המתקון הנדרש (כלובים, מחיצות), הצפיפות המותרת בכלי הרכב, האמצעים הנדרשים למניעת פציעה, עקה או תמותה בזמן ההובלה, או משך הזמן המרבי שמותר להשאיר בעלי חיים על הרכב ללא מזון ומים. בסעיף 19 נדרשת גם התקנת תקנות חשובות ביותר לענף חיות המשק בנושא של "תנאי ההחזקה של בעלי חיים". תקנות אלה עדיין לא הותקנו, אך יש לצפות כי כאשר תותקנה הן תפרטנה את אופי המתקן שבו מותר להחזיק בעלי חיים משקיים (כיצד יש לבנות מכלאה או לול שיספקו לבעל החיים את כל צרכיו), את שטח המחיה המזערי אותו יש להקצות לכל פרט, את שיטות הממשק שיתמכו בבריאות בעלי החיים וימנעו עקה ומחלות, את הצורך באספקת הזנה, אפשרות תנועה, טיפול רפואי וטרינרי וכו'. נושאים אלו יעסיקו רבות את הצוות במשרד החקלאות האמור להכין את התקנות וגם את נציגי הציבור ואת אנשי העמותות השונות להגנה על בעלי החיים בישראל, הרואים חובה לשפר את מצבן של חיות המשק בארץ.

מחלות שכיחות ומונחים מתחום הווטרינריה

אמוניה היא חומר רעיל, שמקורו בפסולת החנקנית של מטאבוליזם החלבון בגוף. האמוניה הרעילה לגוף מנוטרלת בכבד ומופרשת בשתן כאוראה (שתנן). ברפד רטוב בשתן מתפרקת המולקולה של האוראה לשתי מולקולות אמוניה, המתנדפות לאוויר. בעל חיים הנושם אוויר ובו רמות אמוניה גבוהות עלול לסבול מפגיעה בתאי האפיתל של רירית מערכת

אמוניה ומחלות דרכי הנשימה

הנשימה. תאי אפיתל אלה הם חלק ממנגנוני ההגנה של מערכת הנשימה, בכך שהם מצוידים בריסים קטנים המטאטאים החוצה חיידקים או גרגירי אבק שחדרו לקנה הנשימה. בנוסף לפעולה מכנית זו מפרישים תאים אלו חומרים קוטלי חיידקים. בעלי חיים הנמצאים בממשק אינטנסיבי בו אין הקפדה על צפיפות ואוורור עלולים לפתח מחלות נשימה בשכיחות גבוהה. הדבר נכון גם לגבי עובדים הנחשפים לרמות אמוניה גבוהות בלולים, בדירים וברפתות. רמות האמוניה המותרות לחשיפה ממושכת הן 25 חלקים למיליון ובחשיפה קצרה (של עד 15 דקות), 35 חלקים למיליון.

אספרגילוזיס

מחלה בעופות הנגרמת מפטרייה. הנבגים נמצאים ברפד או במזון מעופש וההדבקה נעשית בשאיפה. הסימנים הקליניים הם דלקות של העפעפיים, נשימה שטוחה ומהירה ומוות. מחלה אחרת נגרמת מבליעת אפלטוקסין, שהוא מיקוטוקסין המיוצר על ידי אותה פטרייה ועלול לזהם גרעיני דגנים המואבסים לעופות.

ברונוכיטיס מדבקת בעופות

מחלה נגיפית מדבקת מאוד המועברת גם באמצעות הרוח. הסימנים הקליניים הם קוצר נשימה, שיעול, נזלת ועיטוש. במטילות נגרמת ירידה בהטלה ולפעמים מוטלות ביצים מעוותות. התמותה באפרוחים מגיעה ל-25%. אין טיפול טוב אך קיים חיסון יעיל למניעה.

ברוצלוזיס

מחלה חיידקית הפוגעת בחיות משק (פרות, כבשים, עזים) וגורמת לחום גבוה ולהפלות. החשיבות הרבה של המחלה היא מההיבט הזואונוטי: המחלה גורמת לקדחת מלטה באדם, שהיא מחלה קשה העלולה לגרום לעקרות. מכיוון שהחיידק עובר בחלב, אסור לשתות חלב כבשים או עזים לא מפוסטר או לצרוך גבינות צאן ממקור לא מהימן. בארץ מתנהלת תכנית לביעור המחלה, על ידי מדיניות "בדוק ושחט" ושמירה על עדרים נקיים מחדירת הגורם המזהם.

בת שחפת

מחלה חיידקית כרונית הנגרמת ממיקרובקטריום יוני. המחלה גורמת לשלשול כרוני ולאובדן משקל בפרות. בכבשים אין בדרך כלל שלשול אך הן מרזות ועלולות למות. למחלה אין טיפול, ומכל מקום כדאי להוציא את החיה הנגועה מהעדר מכיוון שהיא מהווה מוקד להדבקה.

גוף זר בקיבת הכוסות

קיבת הכוסות היא הקיבה הראשונה של מעלה הגירה (נקראת גם רטיקולום). לקיבה זו מגיע כל המזון הכבד שבעל החיים אוכל, ומשם הוא מוסע אל הכרס. החלקיקים הכבדים יישארו בקיבת הכוסות ולא יעברו הלאה, או שיעברו לקיבות האחרות אך תמיד יחזרו למדור זה. אם פרה בלעה בשוגג גוף מתכתי כגון מסמר או חוט תיל, הוא עלול לדקור

את הדופן הקדמי של הקיבה ולפצוע את הכבד, או אפילו לחדור את הסרעפת ולדקור את הלב. הטיפול הוא במתן מסיבי של אנטיביוטיקה, עם או בלי כירורגיה להוצאת הגוף הזר. השימוש במגנטים המוחדרים לקיבת הפרה ומנטרלים גופים מתכתיים העלים כמעט לגמרי את התופעה.

גחלת (אנתרקס)

מחלה הנגרמת מחיידק יציב קרקע (כנבג) הנקרא בצילוס אנתרציס. כל היונקים (כולל אדם) רגישים למחלה, אך בעלי החיים הרגישים ביותר הם פרות, כבשים ועזים, שם המופע הוא חריף עד חריף מאוד. לפעמים מוצאים בעל חיים מת ללא סימנים מקדימים. במקרים פחות חריפים מופיעים דיכאון, חוסר תיאבון, תעוקה נשימתית עם בצקות באזור הראש, הצוואר ובית החזה. שיעור התמותה גבוה ביותר. ההדבקה היא בבליעת נבגים ולא במגע בין בעלי חיים. הנבגים מחוללי האנתרקס שורדים בקרקע עשרות שנים, ובארץ נהוג לחסן עדר שנפגע מגחלת מדי שנה, במשך עשר שנים.

היסט קיבה

מצב פתולוגי שבו הקיבה האמיתית של מעלה הגירה (הקיבה הרביעית, אבאומזום) מסתובבת על צירה ומוסטת לצד ימין או נשארת בשמאל. הקיבה המסובבת מתמלאת גז ונוזלים ומתרחבת. בעל החיים סובל מכאבים ומפסיק לאכול. הטיפול הוא בדרך כלל כירורגי. מכיוון שמחלה זו מופיעה מיד לאחר ההמלטה, בזמן שהפרה מתחילה לייצר הרבה חלב, נגרם נזק כלכלי לרפתן. המחלה נדירה בצאן.

השתמנות כבד בעופות

הכבד הוא האיבר העיקרי בגוף המטפל במטאבוליזם של האנרגיה. בכבד מתרחשים תהליכים לייצור גלוקוזה, לייצור רב-סוכר המשמש מאגר אנרגיה (גליקוגן) ולייצור שומן (טריגליצרידים) מעודפי חומצות שומן חופשיות ומעודפי פחמימות. עודפי השומן משוחררים מהכבד ושוקעים ברקמת שומן (מתחת לעור, בחלל הבטן). לצורך תהליך זה מייצר הכבד ליפופורטאינים בעלי דחיסות נמוכה, המלווים את מולקולות הטריגליצרידים החוצה. במטיליות, שם המטאבוליזם של שומן וחלבון נמרץ ביותר, נוצר עומס על הכבד וזה אינו מצליח לייצא את כל התוצרת השומנית שלו לשחלה, וכתוצאה מכך שוקע השומן בתאי הכבד אשר מתנפחים ותפקודם נפגע. מכיוון שהכבד הוא גם האיבר בו מתבצע ניטרול רעלים שונים בגוף, גורמת ההשתמנות למחלת כבד ולפגיעה בכל מערכות הגוף האחרות (כליות, לב, דם ומוח). את המצב הקיצוני ביותר של השתמנות כבד בעופות מוצאים באווזים מפותמים – שם הכבד עלול לתפוח משקיעת שומן ולהגיע למשקל של ק"ג אחד (כבד בריא שוקל כ-100 ג'). כמובן, שהאווזים הללו חולים מאוד ועלולים למות. גם ביונקים מופיעה השתמנות כבד במצבים של עומס מטאבולי, כגון שיא התחלובה בפרות או סוף ההיריון בכבשים הנושאות שגר גדול. גם בפרות ובכבשים מתבטאת ההשתמנות בתחלואה העלולה להסתיים במוות.

חיך שסוע

פגם תורשתי המתגלה לעתים רחוקות בטלה או בעגל. השסע נגרם מחוסר איחוי בזמן ההתפתחות העוברית של החיך הקשה שבחלל הפה. התוצאה באה לביטוי כבר לאחר ההמלטה: הילוד הפגוע מתקשה לייצר ואקום בחלל הפה בעת היניקה (מכיוון שיש פתח בחיך המוביל לנחיריים הפתוחים), ועל כן היניקה אינה יעילה והחלב שמגיע לחלל הפה עלול לעלות לחלל האף ולצאת דרך הנחיריים. הטיפול הוא כירורגי. רצוי לזהות את ההורים ולמנוע זיווג חוזר ביניהם.

טטנוס

מחלה בלתי מדבקת הפוגעת בכל בעלי החיים. גורם המחלה הוא החיידק כלוסטרידיום טטני, הנשמר כנבג עמיד ונמצא בקרקע בשכיחות גבוהה. הנבגים חודרים לגוף בעקבות פציעה, ואם נוצרים תנאים אנארוביים (סביבה דלת חמצן) נובטים הנבגים והחיידק מתחיל להפריש רעלן הפוגע במערכת העצבים. המחלה מתבטאת בשיתוק ובמקרים רבים מסתיימת במוות. ברוב המשקים מחסנים פרות וכבשים נגד המחלה.

פחול הלשון

מחלה נגיפית של צאן המועברת על ידי וקטור (זבובונים עוקצים). המחלה היא עונתית (בחודשי הסתיו – החל מחודש ספטמבר) בגלל העונתיות של המעביר. זו מחלה קשה המלווה בחום גבוה, בהתנפחות של הראש והצוואר, בהפרשות מהעיניים ומהנחיריים, בקשיי נשימה ובדלקת של האזור הקורונרי של הפרסה. הטיפול הוא תומך בלבד (ניקוי ההפרשות, תכשירים להפחתת הבצקת בראש והצוואר, האכלה והשקיה). קיים חיסון יעיל.

כלבת

מחלה נגיפית קטלנית המועברת מבעל חיים אחד לשני באמצעות נשיכה. חיות משק נדבקות בדרך כלל מכלבים משוטטים או מחיות בר כמו שועלים ומכרסמים נגועים. למחלה תקופת דגירה ארוכה יחסית, אך מזמן הופעת הסימנים הראשונים (שינוי התנהגות, ריור, שיתוק), ישנה הדרדרות מהירה עד למוות. קיים חיסון יעיל.

כרס

המדור הגדול ביותר מבין ארבע המדורות של קיבת מעלה הגירה. בפרה גדולה עשוי נפח הכרס להגיע ל-200 ליטר. הכרס משמשת כמכל לתסיסת המזון, ולשם כך מצויים בה חיידקים וחד-תאיים המתסיסים את הפחמימות, החלבונים והשומנים הנאכלים על ידי החיה. המזון שווה בכרס יומיים-שלושה ובמהלך התסיסה מתרבים החיידקים ונוצרות חומצות שומן קצרות וגז. הגז נפלט דרך הפה בגיהוק, חומצות השומן הקצרות נספגות דרך דופן הכרס ומשמשות לייצור אנרגיה ועודף החיידקים הנשטף למעי נעכל ונספג בחזרה למחזור הדם של מעלה הגירה. האיזון העדין שבין סוגי החיידקים השונים והחד-תאיים עלול להיות מופר אם מטפלים בתרופות אנטיביוטיות, או אם משנים באופן חד את סוג המזון.

לאוקוזיס הבקר

מחלה נגיפית הנפוצה ברפת החלב בארץ. הווירוס גורם להתרבות בלתי מבוקרת של תאי דם לבנים (לימפוציטים) נאופלסטיים (סרטן דם) ואלו מתנחלים בכל האיברים בגוף. אופי המחלה נקבע לפי האיברים שנפגעים – ריאות, כבד, עטין, מערכת העצבים וכו'. למחלה זמן דגירה ארוך, ובבקר מבוגר יכולה תקופת הדגירה להימשך מספר שנים. בעגלים שנדבקו ברחם אמם מתגלית המחלה בערך בגיל שישה חודשים. למחלה אין טיפול, והאמצעי הממשקי היחיד הוא לזהות את החיות הנגועות ולסלק אותן מהעדר.

מיימת

מחלה מטאבולית בפטמים המתבטאת בהצטברות נוזלים (פלסמה ולימפה) בחלל הבטן של העוף. בגלל שעופות נשענים על שקי אוויר בחלל הבטן לצורך נשימה, גורמת הצטברות הנוזלים לקשיי נשימה, לכיחלון של הכרבולת, לחולשה ולמוות. הגורם למיימת הוא קצבי הגדילה הגבוהים והעובדה שהלב והריאות אינם מצליחים לספק חמצן למסת הרקמות. בניסיון לעמוד בדרישה המתגברת פועל הלב בקצב רב, כנגד לחץ גבוה מדי של מערכת הדם ושל הריאות, דבר המוביל להתרחבות החדר הימני של הלב ולכשל לב. הנוזלים מצטברים בחלל הבטן מכיוון שהזרימה של מחזור הדם נחלשת, איברי הבטן (כבד, מעיים) הופכים להיות גדושים בדם והפלסמה דולפת לחלל הבטן.

נוגדנים אמהיים – מעבר דרך השלייה

השיליה היא רקמה המתפתחת בתוך הרחם בנקבה מעוברת, ובה מתבצע חילוף חומרים בין האם לעובר, ולהפך. בחיות משק כגון פרות, כבשים ועזים בנויה השיליה מחמש שכבות המאפשרות מעבר חמצן ונוטריאנטים מדם האם לעובר, ומנגד עוברים חומרי פסולת כגון דו-תחמוצת הפחמן מדם העובר לדם האם. חלבונים גדולים (אימונוגלובולינים) אינם עוברים את השיליה בבעלי חיים אלה, ועל כן הוולד נולד ללא נוגדנים שמקורם באם. הדרך היחידה של הוולד להתחסן בצורה פסיבית היא על ידי ספיגת אימונוגלובולינים מהמעי, לאחר ששתה קולוסטרון (חלב ראשוני של האם) בשעות הראשונות שלאחר ההמלטה. בבעלי חיים אחרים (בכלבים ובחתולים) ישנו מעבר בדרגה בינונית של נוגדנים דרך השיליה. מעבר הנוגדנים דרך השיליה בבבני אדם ובקופים הוא טוב ביותר.

ניו-קאסל בעופות

מחלה נגיפית מדבקת מאוד ובעלת היבט כלכלי חשוב. המחלה מתאפיינת בסימנים כגון שלשול ירוק, עיוות של הצוואר והחזקת הראש כשהוא מוטה הצידה, עוויתות ושיתוק. כל העופות בארץ מחוסנים בגיל יום נגד המחלה.

נצילות מזון

היעילות של הפיכת המזון למרכיבים המופנים על ידי בעל החיים לייצור. בפטמים שמהות הייצור אצלם היא גדילה, נקבעת נצילות

המזון כיחס שבין כמות המזון (בק"ג) שנאכלה על ידי הפטם לבין התוספת למשקל גופו (בק"ג). אפרוח שאכל שני ק"ג מזון ועלה בק"ג אחד משקל גוף, הראה נצילות מזון של 2.

ספגת המוח בבקר ("הפרה המשוגעת")

מחלה ניוונית כרונית הגורמת להיווצרות חללים ברקמת המוח (מכאן שם המחלה – מוח דמוי ספוג). הסימנים הקליניים הם בעיקר עצביים כגון רעידות, חוסר קואורדינציה, איבוד משקל ומוות. המחלה נתגלתה לראשונה באנגליה בשנת 1984, וחוללה סערה ציבורית מכיוון שהתברר שהיא גם מדבקת לבני אדם. מאז נתגלתה המחלה במדינות רבות בעולם ובשנת 2002, למרות מאמצי מניעה ראויים לציון נתגלתה המחלה גם בישראל. גורם המחלה הוא חלבון (פריון) הגורם לפגיעה מוחית בכך שהוא מצטבר במוח ומונע סירקולציה תקינה. אופן ההדבקה הטבעית אינו ברור, על אף שהוכח כי האירועים הראשונים נגרמו משימוש במזונות לפרות שהכילו קמחים מבשר ומעצמות כבשים.

סקרייפי

מחלה כרונית בכבשים המתבטאת בספגת מוח. המחלה ידועה כבר למעלה מ-200 שנה, וכנראה שאינה זואונוטית. ידוע כי הפריון עובר מהאם לוולד (הדבקה אנכית) אך לא ברור כיצד מתבצעת הדבקה אופקית. לאחר תקופת דגירה של כשנתיים מופיעים סימנים קליניים של עצבנות, רעד שרירים, גירוד עז בעור, אובדן משקל, שיתוק ומוות. למחלה אין טיפול, וכיום מתמקדים בגידול פרטים בעלי עמידות גנטית למחלה.

עלעלי הפרסה – דלקת

הפרסה של בעלי חיים כגון סוס, פרה או כבשה היא אנלוגית לציפורן של האצבע באדם. בתהליך האבולוציה שהעניק יתרון לבעלי חיים מהירים, הצטמצם מספר האצבעות (אחת בסוס, שתיים בפרה ובכבשה) והציפורן התקשתה ועטפה את כל הפרק השלישי של האצבע (הקצה המרוחק). הפרסה היא רקמה חיה המכילה גם שכבה יוצרת שבה קיימת פעילות גדילה בלתי פוסקת. המבנה של הפרסה הוא שכבתי (דמוי עלעלים) ויש בה כלי דם ועצבים. רק החלק החיצוני הוא קרני ועמיד לשחיקה, ובו אין כלי דם ועצבים, ועל כן ניתן לקצרו (כמו קיצוץ ציפורניים) ללא גרימת כאב לחיה. בעלי חיים שאצלם השחיקה הטבעית אינה מדביקה את קצב הצמיחה המתמדת של הפרסה, כמו אלו שאינם הולכים הרבה (בגלל הממשק האינטנסיבי), זקוקים לטילוף מדי פעם. הפרסה היא קופסה קשיחה והיא רגישה ללחץ פנימי: אם כלי הדם שבתוכה מתרחבים, מתגברת זרימת הדם ומעלה את הלחץ הפנימי עד לשלב בו עלול להיווצר נמק של רקמת העלעלים המלווה בכאב רב. מצב זה נקרא דלקת עלעלי הפרסה (למיניטיס) והוא גורם לצליעה, לרביצה ולחוסר תיאבון. בפרה או בכבשה שהחלימו מהמחלה מופיעה טבעת מעובה של החומר הקרני על גבי הפרסה, עדות לאירוע הדלקתי חריף. טבעת זו מופיעה בחלק המקורב של הפרסה ועם הצמיחה היא מתרחקת כלפי מטה עד להיעלמותה. הסיבה להתרחבות הפתאומית בקוטר כלי הדם בפרסה היא רמה גבוהה

של היסטמין, חומצה אמינית הפעילה על כלי הדם, שרמתה בדם עולה במקרים שבעל החיים
אכל בבת אחת כמות גדולה של חלבון.

פה וטלפים

מחלה נגיפית הפוגעת בכל מפריסי הפרסה (פרות, כבשים, עזים, חזירים, אך גם צבאים, יעלים וכו'). המחלה מדבקת מאוד לכל הגילאים. עגלים צעירים עלולים למות כתוצאה מפגיעה בשריר הלב. בבוגרים מופיעה המחלה בצורת שלפוחיות ופצעים על הלשון, בחלל הפה ובין הטלפים. רוב החולים מחלימים, אך נגרמת פגיעה בייצור ומכאן החשיבות הכלכלית העצומה של המחלה. בישראל מחוסנים כל בעלי החיים הרגישים לפי המלצות השירותים הווטרינריים. בארצות נקיות מהמחלה אין מחסנים. בבריטניה, שהיא חופשית מהמחלה, אירעה בשנת 2001 התפרצות גדולה של פה וטלפים ובמסגרתה, תוך ניסיון לעצור את המחלה, נשחטו למעלה מארבעה מיליון בעלי חיים. הנזק מהמגפה הוערך בלמעלה משישה מיליארד דולר.

גידול בעלי חיים על פי כללי החקלאות האורגנית שי רייכר

חקלאות אורגנית מהי?



חקלאות אורגנית היא חקלאות הדוגלת בעיקרון לפיו גידול בעלי חיים וצמחים ייעשה תוך שמירה על איכות הסביבה, איכות המוצר והקפדה על רווחת בעלי החיים. הלכה למעשה, מהווה החקלאות האורגנית תפיסת חיים אשר גורסת כי חובה לשלב בין צורכי האדם בייצור ובאספקת מזון לעצמו ולבעלי החיים המשמשים אותו לבין הטבע והסביבה. המינוח "אורגני" מתייחס לתהליך הגידול ולקבלת התוצרת ולא למוצר המוגמר.

מהלך גידול בעלי חיים וצמחים נעשה בעבר הרחוק תוך חיקוי תהליכים אשר נצפו בטבע, כאשר המעשה החקלאי לא פגע בסביבה. עם הזמן, נעלמה החקלאות מסורתית זו, תוך שהיא מפנה את מקומה לטובת החקלאות ה"מודרנית". הכוח המניע את החקלאות המודרנית הוא ניצול מיטבי של קרקעות ובעלי חיים תוך ייעול תהליכי הייצור, וקבלת תפוקת מזון גבוהה ככל האפשר ליחידת שטח נתונה או ליחידת ייצור. הדחף העומד בדרך כלל לנגד עיניהם של החקלאים המודרנים הוא לספק כמות מזון רבה ואיכותית ככל האפשר ללא התייחסות לדרך בה מושג יעד זה.

לפני כ־40 שנה החלה התעוררות חברתית אשר דרשה להביא למודעות ציבורית את ההשלכות הסביבתיות והרסניות ארוכות הטווח אשר החקלאות המודרנית טומנת בחובה. יש לציין כי אכן הושגה התקדמות מרשימה הן בכמות התוצרת החקלאית והן באיכותה, אך זו באה בין השאר על חשבון ניצול לא מבוקר של משאבי טבע, הפרת האיזון האקולוגי ופגיעה בשרשראות מזון טבעיות. החקלאות האורגנית מכירה בכך שלזכות החקלאות המודרנית נזקפות הצלחות רבות, המחלוקת היא לגבי האופן בו הושגה ההתקדמות הזו.

החקלאות האורגנית לא מציעה לשוב לחקלאות ימי קדם, אלא שואפת להציע חלופה אמיתית לחקלאות המודרנית הן מן הפן האיכותי והן מן הפן הכמותי. חקלאי אורגני אשר רוצה להתפרנס אינו יכול להרשות לעצמו תפוקה דלה או תפוקה שאינה איכותית. מכאן, שעליו

לפעול ליצירת מערכת מאוזנת מבחינה אקולוגית שתהיה גם רווחית. החקלאות האורגנית פתוחה לקבל שינויים ובלבד שאלו יעמדו בקנה אחד עם הרעיון האקולוגי. כך לדוגמה, ישנה פתיחות ליישום שיטות הדברה ביולוגית של מזיקים, כמו גם לפיתוח גזעים יצרניים יותר בדרכי טיפוח מסורתיות, כדוגמת סלקציה והכלאות מכוונות.

המעבר ממשק אורגני אוטרקי למשק אורגני מתמחה

בתחילה שאף המשק האורגני להיות משק אוטרקי אשר מספק את כל תצרוכתו תוך ניצול שרשרת המזון אדמה-צמח-בעל חיים, וחוזר חלילה. במשקים אורגניים מסוג זה גידלו תבואה ומזון אורגני לתצרוכת עצמית וכמזון לבעלי החיים. התוצרת האורגנית של בעלי החיים נצרכה על ידי המגדלים וחלקה נמכר לצרכנים חיצוניים. הפרשותיהם של בעלי החיים שימשו כדשן וכמטייב קרקע טבעי ואורגני לגידולי השדה. במשקים האורגניים הראשונים גידלו בחלקות קטנות תבואה מסוגים שונים, וכמו כן, במשק יחיד היה בנמצא מגוון של בעלי חיים כמו בקר, כבשים ותרנגולות. עקב הדרישה ליצרנות כלכלית ולמשק אורגני יעיל, הפך המשק האורגני כיום למשק המתמחה בענף חקלאי אחד או בענפים חקלאיים ספורים.

שוק החקלאות האורגנית

ישנה מגמה של עלייה מתמדת בצריכת תוצרת חקלאית אורגנית בארץ ובעולם. למגמה זו תורמים בעיקר העלייה במודעות האוכלוסייה למזון האורגני, חלחול המסר לפיו מזון אורגני בריא ועשיר יותר לתודעתו של הצרכן, וכן העלייה בזמינותה של התוצרת האורגנית לצרכן. אירועים כמו התפרצות מחלת "הפרה המשווגעת" וכן אישור השימוש בהורמוני גדילה רקומביננטים בבקר במדינות מסוימות הביאו לסחף בתודעת הצרכנים, והעלו באופן משמעותי את הדרישה לתוצרת אורגנית מן החי. הצפי לעתיד הוא שתצרוכת המזון האורגני בארץ ובעולם תמשיך במגמת העלייה, ותהווה בעתיד פלח שוק רחב בהרבה מזה שהיא מהווה כיום.

ברובם המכריע של המקרים התוצרת האורגנית יקרה מתוצרת חקלאית רגילה מקבילה, וזאת משני טעמים: היבולים המתקבלים בחקלאות אורגנית נמוכים בדרך כלל ביחס לאלו המתקבלים בממשק רגיל ובנוסף, החקלאי האורגני משקיע משאבים יקרים כדי לעמוד בתקני החקלאות האורגנית. דוגמאות להשקעות אלו הן: אספקת מזון אורגני לבעלי החיים וגידול בעלי חיים בצפיפות נמוכה ליחידת שטח. המחיר הגבוה יחסית שהצרכן מוכן לשלם עבור התוצרת האורגנית מוכתב בעיקר על פי סוג התוצרת, זמינותה לצרכן ודבקות הצרכן בתפיסה האידיאולוגית האורגנית. לעתים, בהיעדר ביקוש, תימכר תוצרת אורגנית כתוצרת חקלאית רגילה. מצב מעין זה עלול להביא את החקלאי האורגני לידי הפסד.

חקלאות אורגנית בישראל



ראשיתה של החקלאות האורגנית בעולם בתחילת המאה העשרים. בשנת 1972 נוסד ה-IFOAM (International Federation of Organic Movements), ארגון הגג העולמי של התנועה לחקלאות אורגנית. ה"ארגון לחקלאות ביולוגית אורגנית בישראל" נוסד בשנת 1980, ובשנת 1992 אושר כחבר מן המניין בתנועה העולמית לחקלאות אורגנית. הארגון הישראלי הנו אגודה חקלאית שיתופית המונה נכון לשנת 2004 כ-380 חברים, שכ-35 מהם עוסקים בחקלאות אורגנית של משקי חי. הארגון פועל להגברת מודעות החקלאי לתפקידו החשוב כיצור מזון לאדם ולחי, וכן להגברת מודעותו של הצרכן לאיכותו של המזון האורגני ביחס למזון רגיל. הארגון עוסק גם בחינוך, הסברה והדרכה באשר לתפיסת החיים עליה מבוססת החקלאות האורגנית.

הארגון העולמי של החקלאות האורגנית פרסם בשנת 1980 כללים לחקלאות אורגנית. במקביל לכללים אלה נחקקו במספר מדינות, כמו גם באיחוד האירופי, חוקים הנוגעים לייצור ולשיווק תוצרת אורגנית. בישראל, החקיקה בנושא החקלאות האורגנית עברה בכנסת עד כה בקריאה ראשונה בלבד.

כדי להבטיח לצרכנים כי מוצרי חקלאות אורגנית, המיוצרים באופן מקומי או המיובאים מארצות חוץ אכן מיוצרים לפי הכללים שנקבעו, הוקמו במדינות שונות גופי פיקוח. אלה יכולים להיות גופים ממשלתיים, ציבוריים או פרטיים. תוצרת אורגנית צמחית מיוצאת מישראל לאירופה ועליה לעמוד בתקנים לתוצרת אורגנית המקובלים באיחוד האירופי. הפיקוח על איכות התוצרת הצמחית המיוצאת נעשה על ידי "השירותים להגנת הצומח ולביקורת" שליד משרד החקלאות, אשר הוסמכו לכך על ידי רשויות האיחוד האירופי.

פיקוח על איכות תוצרת אורגנית המשווקת בארץ נעשה על ידי הארגון לחקלאות ביולוגית אורגנית בישראל, עבור חברי הארגון. במידה וחבר הארגון מקיים את כל התקנות הנדרשות, מקבלת תוצרתו את תו התקן הישראלי לחקלאות אורגנית – "טוב השדה". יש לזכור כי בהיעדר חוק המגדיר בארץ חקלאות אורגנית מהי, הרי תו התקן שמעניק הארגון הישראלי לחקלאות אורגנית לחבריו הנו בגדר המלצה צרכנית בלבד.

בנוסף לפיקוח הממשלתי על תוצרת חקלאית אורגנית, הפועל בעיקר לאבטחת איכות תוצרת אורגנית צמחית מיוצאת, פועלים בארץ כמה גופי פיקוח פרטיים. אחד מאלה היא חברת "אגריאור", המנוהלת על ידי מועצת מנהלים עצמאית ואינה תלויה בארגון לחקלאות אורגנית. פקחי "אגריאור" מפקחים על תוצרת אורגנית הן מן החי והן מן הצומח ומבצעים לצורך כך ביקורת שגרתית בכל משק אורגני פעמיים בשנה. כדי לשמור על האינטרס הצרכני הוקמה

בישראל עמותה בשם "העמותה לצרכנות אורגנית". עמותה זו קוראת לכלל צרכני התוצרת האורגנית שלא להסתפק בתו התקן של ארגון המגדלים הביולוגיים אורגניים בישראל, אלא לוודא שהתוצרת עברה פיקוח נוסף מטעם "אגריאור".

תו התקן הישראלי לתוצרת אורגנית
(הארגון לחקלאות ביו-אורגנית בישראל – "טוב השדה")



תו התקן של האיחוד האירופי
לתוצרת אורגנית



תו התקן של משרד החקלאות
האמריקאי לתוצרת אורגנית



כללי יסוד בגידול בעלי חיים על פי התפיסה האורגנית

באופן כללי, התפיסה האורגנית דוגלת בהקפדה על מצב פיזיולוגי ומצב נפשי טוב של בעל החיים, וכפועל יוצא מכך, רווחת בעלי החיים היא בעלת חשיבות מרכזית בחקלאות האורגנית. יש להתאים את הממשק לאופי הטבעי של בעל החיים ולספק את כל דרישותיו במטרה למנוע מצבי עקה. במחקרים שונים נמצא קשר ישיר בין מצבי עקה בהם היו נתונים בעלי החיים לבין כשלים חיסוניים אשר מביאים לתחלואה. בחקלאות האורגנית היצרנות תהיה בקצב טבעי, ומכאן חל איסור על שימוש בהורמונים ובכימיקלים המזרזים קצבי גדילה או משפרים תכונת ייצור.

מבחינה וטרינרית יש לספק לבעל החיים תנאים כאלה שיבטיחו את בריאותו הטבעית. בחקלאות אורגנית של משק חי נודעת חשיבות רבה לטיפול מניעתי, והוא תמיד מועדף על פני טיפול

לאחר תחלואה. שימוש באנטיביוטיקה אסור מאחר והוא מחליש את המערכת החיסונית ויוצר תלות בתרופות ממקור חיצוני. טיפול וטרינרי חייב להיות בהתאם לכללים הנהוגים על פי התפיסה האורגנית ופרטני ככל האפשר. לעתים, כדי לשמור על רווחת החיה נעשה שימוש וטרינרי בחומרים שאסורים לשימוש על פי התפיסה האורגנית, במקרה זה התוצרת תופרד ולא תשווק תחת המיתוג "אורגני".

כמו בכל ענפי הגידול האורגני, גם בענפי משק החי חל איסור על שימוש בסוגים ובגזעים של בעלי חיים שהם תוצר של הנדסה גנטית. עם זאת, מותרת פעילות טיפוחית הכוללת סלקציה וזיווגים מכוונים במטרה לשפר תכונות ייצור.

גידול פטמים וגידול מטילות על פי התפיסה האורגנית



תקנות רבות מבדילות בין גידול פטמים וגידול מטילות בשיטה האורגנית לבין השיטה המסחרית הרגילה. הסבת לול רגיל ללול אורגני תתבצע על סמך תכנית הסבה שתוכנן עם מדריך מוסמך ותקבל את אישור הגוף המפקח. תו התקן האורגני יינתן אך ורק לאחר שיוכח כי כל הדרישות לגידול עופות בשיטה האורגנית מיושמות במשק.

מקור בעלי החיים

בהתאם להנחיה הכללית חל איסור על שימוש בגזעי עופות ממקור מהונדס גנטית. ההמלצה היא להשתמש בזנים חזקים בעלי כושר הישרדות גבוה. מקור האפרוחים לפטמים יכול להיות במשק רגיל, ובלבד שאלו יגודלו בממשק אורגני מרגע בקיעתם. במטילות מותרת גם קנייה של פרגיות בתנאי שאלו גודלו מרגע בקיעתן בלול אורגני מתמחה.

מזון, מים ומרחב מחיה

יש לספק לעופות כמות מספקת של מזון ומים וכן לדאוג לכך שלכל העופות בלול תהיה גישה חופשית אליהם. מדצמבר 2001 חובה להזין את העופות במזון שלפחות 80% ממנו בא ממקור אורגני. 20% הנותרים לא חייבים להיות מקור אורגני, אך אסור שיהיו ממקור מהונדס גנטית. משך אחסונו של המזון בטרם הגשתו לא יעלה על שלושה שבועות. אספקה של ויטמינים, מינרלים ושומנים צמחיים מותרת. עם זאת, אין להשתמש בזרזי גדילה שאינם ממקור טבעי או באנזימים סינתטיים. בשנים האחרונות נעשה שימוש בחיידקים פרו־ביוטיים, ואלה מותרים בשימוש גם בחקלאות אורגנית של בעלי חיים. הכללים לגידול אורגני מגדירים גם את מידת הצפיפות המותרת בלול ובחצר הסמוכה לו. כך

לדוגמה, על הלולן לוודא כי בלולי הטלה יוקצה לכל מטילה שטח של 0.2 מ"ר בתוך מבנה הלול ושטח של 1 מ"ר בחצר. בלולי פטמים יוקצה לכל עוף שטח של כ-0.15 מ"ר במבנה הלול ו-0.5 מ"ר בחצר. הגישה של העופות לחצר הלול תהיה חופשית ובלתי מוגבלת. את חצר הלול יש לחלק לחלקות מרעה כדי למנוע רעיית יתר, וחובה להקפיד שהצמחייה בחצר תגדל לפי השיטה האורגנית, בין אם הצמחייה טבעית ובין אם היא זרועה.

הטלת מומים, בעיות התנהגותיות ורווחת בעלי החיים

כיום נהוג לקטום את המקור של האפרוחים מיד עם בקיעתם כדי למנוע תופעות של קניבליזם בשלבי הגידול המאוחרים. החקלאות האורגנית אוסרת על הטלת מומים בבעלי החיים, ובכלל זה אסורה קטימת מקור או קיצוץ כנפיים.

כידוע, במשך תקופת ההטלה הולך ויורד קצב הטלת הביצים של המטילות. בחלק ממשקי המטילות מקובל לבצע לאחר שנה של גידול טיפול הנקרא "הנשרה". זאת, במטרה לחדש את קצב ההטלה של העופות. במהלך טיפול זה נמנעים מהמטילות במשך מספר ימים מזון ומים. החקלאות האורגנית אוסרת מניעת מים ומזון מהעופות, ובכך למעשה לא מתאפשר ביצוע של תהליך ההנשרה תחת ממשק אורגני.

בלולי מטילות קיימת תופעה התנהגותית המכונה "דוגרנות", במהלכה התרנגולות מתחילה לדגור על ביצים. מאחר והדוגרנות היא תכונה לא רצויה בממשק מטילות, ננקטות דרכי פעולה שונות למניעת התופעה. כדי למנוע את תופעת הדוגרנות מתירה החקלאות האורגנית הפרדה של תרנגולות דוגרניות לסוללה או למכלאה נפרדת.

החקלאות האורגנית שואפת להתאים את תנאי הממשק לצרכים הנובעים מההתנהגות הטבעית של בעלי החיים. ידוע כי תרנגולות בר נוהגות ללון על ענפי עצים. על כן, במטרה לדמות את תנאי הממשק לאלה הטבעיים, קיימת תקנה המחייבת לספק לעופות מוטות לינה.

תקנה נוספת היא תולדה של ממצאים שהתקבלו בניסויים התנהגותיים, בהם נמצא כי למטילות העדפה טבעית להטלת ביצים בקני הטלה בעלי צבע וריח של עץ. על כן, החקלאות האורגנית מחייבת אספקת קני הטלה עשויים עץ המרופדים בשבבי עץ.

עצמת התאורה המותרת בלולים אורגניים דומה לזו שבלולים רגילים. בלולי פטמים רגילים נהוג להאריך את משך שעות האור ביממה במטרה לעודד את העופות לצרוך יותר מזון, ועל ידי כך להאיץ את קצב הגדילה שלהם. בלול אורגני חל איסור על הארה למשך למעלה משש-עשרה שעות ביממה. כמו כן, בלולים מסחריים רגילים מקובל להפריע את שנתם של הפטמים באמצעות הארה מקוטעת במטרה לעודד אכילה מוגברת. נוהג זה אסור בגידול אורגני, וזאת במטרה לאפשר לעופות שינה רציפה.

תחלואה ווטרינרית בגידול עופות

החקלאות האורגנית, בדומה לחקלאות רגילה, מחויבת בשמירה על כללי "ביו-סקיוריטי". עופות הגדלים בממשק אורגני עלולים להיות רגישים יותר למחלות שונות ביחס לעופות הגדלים בממשק רגיל. מאחר והגבלת השימוש בתרופות במשק האורגני עלולה להקשות עד מאוד את מיגורה של מחלה כלשהי בלול, נעשים מאמצים בחקלאות האורגנית למזער ככל האפשר את הסיכון לתחלואה. לדוגמה: באמצעות איסור גידול להקות מגילאים שונים בסמיכות אחת לשנייה. חיסונים בגידול עופות אורגני ניתנים על פי חוק ועל פי דרישת השירותים הווטרינריים, ובלבד שאינם ממקור מהונדס גנטית. באם קיימת חלופה לחיסון בזריקה, כמו במקרה של מתן חיסון במזון או במים, אזי יש להעדיף חלופות אלו. כאשר פרטים בלהקה מגלים סימני תחלואה קיימת חובה להפרידם מכלל הלהקה כדי למנוע הדבקה בין פרטים. העופות החולים יועברו לאזור מוגדר בלול ושם יזכו לטיפול פרטני עד להחלתם.

כאשר מדובר במחלה אשר מחייבת טיפול תרופתי, שימוש בתרופות שאינן מאושרות לשימוש מטעם ארגון המגדלים האורגניים, מחויב במרשם רופא ובתיעוד. עוף אשר טופל בתרופה שאינה מקובלת בממשק האורגני לא ייחשב עוד כ"עוף אורגני". עוף כזה יוכל להיות מוגדר מחדש כאורגני רק באישור מדריך חקלאי מוסמך לעניין ובתנאי שחלף פרק זמן הכפול ממשך השפעת התרופה, כפי שהוא מצוין על תווית התרופה. במקרה של תמותת עופות, פגריהם ייאספו ויסולקו מהלול לפחות פעם ביום וישמשו לקומפוסטציה – יצירת דשן. משך הובלת העופות לשחיטה יהיה קצר ככל האפשר ובמהלך ההובלה יושם דגש על מזעור העקה לבעל החיים.

ייצור ביצים אורגניות

הביצים תוטלנה בקני הטלה שמאפשרים את גלגול הביצה עם הטלה, כך שהיא לא תתחמם ולא תתלכלך. את הביצים יש לאסוף באוסף אוטומטי או ידני ובתכיפות גבוהה (שלוש-ארבע פעמים ביום). לאחר האיסוף יועברו הביצים לחדר אחסון לאחר ששהו בחוץ פרק זמן קצר ככל האפשר. את הביצים המלוכלכות אסור לשטוף, ומותר לנקות אותן רק בניקוי יבש. ביצים שלא ניתן לנקות בניקוי יבש ייאספו בנפרד. ההתמודדות עם תופעת הדוגרנות (כפי שצוין לעיל) ותופעת "ביצי רצפה" (ביצים המוטלות על הקרקע ולא בתאי ההטלה) תהיה באמצעים ממשקיים מקובלים, ובלבד שתימנע פגיעה בעופות. בכל מקרה, ביצים אשר הוטלו על הרצפה לא ישווקו כביצים אורגניות.



חשוב לציין, כי קיימות בישראל המשווקות תחת המותג "ביצי חופש". ביצים אלו מוטלות על ידי מטילות אשר לא גדלות בסוללות, אלא חיות תחת ממשק אשר מאפשר להן גישה חופשית לאזור רעייה. עם זאת, מטילות אלה מוזנות במזון רגיל, שאינו אורגני, מטופלות בתרופות אשר השימוש בהן נאסר על פי העקרונות האורגניים וכו'. מכאן, מטילות אלה אינן מקיימות את עקרונות הממשק האורגני, ולכן "ביצי חופש" אינן "ביצים אורגניות".

גידול בקר לחלב, בקר לבשר וצאן על פי התפיסה האורגנית



פרק הזמן הדרוש להסבת משק רגיל של בקר או של צאן למשק אורגני הוא 90 יום, במהלכם יגודלו בעלי החיים על פי התפיסה האורגנית ויקיימו את כל עקרונותיה. בישראל, מרבית עדרי הצאן האורגניים הם של עזים ולא של כבשים.

מקור בעלי החיים

לגידול אורגני ייבחרו גזעים בעלי עמידות למחלות וכושר ייצור טוב, ובלבד שהם אינם תוצר של הנדסה גנטית. את עדרי הצאן ניתן להגדיל באמצעות רכישה של גדיים או טלאים ממשקים רגילים, כאשר ההעדפה היא לרכוש פרטים צעירים ככל האפשר. לא קיימת דרישה לרכוש גדיים וטלאים ממשקים אורגניים מאחר והיצע של פרטים כאלה בישראל הוא נמוך. הגדלת עדרי בקר תתבצע באמצעות גידול עצמי של עגלות או על ידי רכישה של פרות מבכירות ב-180 ימי היריון. באם תתבצע רכישה של בעלי חיים למטרות הגדלת העדר, היקפה לא יעלה על 10% מכלל הפרטים בעדר.

מזון, מים ומרחב מחיה

החל מחודש ינואר 2002 קיימת חובה לפיה לפחות 90% מהמזון המוגש לבעלי החיים המגודלים בממשק אורגני יהיה ממקור אורגני (החשוב נעשה על בסיס חומר יבש). למזון מותר להוסיף מינרלים ממקור טבעי וכן אבני מלח. עם זאת, אסור שימוש בתוספי מזון סינתטיים כגון צבעי מאכל, חומרים משמרים וויטמינים ממקור סינתטי. כללי החקלאות האורגנית אוסרים על שימוש בקמחי בשר ודגים, כמו גם על השימוש בזבל עופות כמקור לחנקן. המזון הגס יהיה ממקור טבעי ולא מהונדס גנטית. קיימת עדיפות לאפשר לבעלי החיים הזנה על מרעה טבעי או זרוע, ובלבד שזה יהיה מאושר מטעם ארגון המגדלים האורגניים בהתאם להנחיות המקובלות. לבעלי החיים תהיה גישה חופשית למזון במשך רוב שעות היום. כמו כן, יש להקפיד על

אספקה קבועה של מי שתייה נקיים ועל ניקוי תכוף של מתקני השתייה.

המבנים בהם ישונו הפרות והצאן יהיו רחבים, יאפשרו תנועה חופשית של בעלי החיים ויאפשרו לבעלי החיים לבחור את תנאי האקלים הנוחים להם (צל, שמש, רוח וכו'). לפרה יוקצה שטח של שנים-עשר מ"ר בתוך המבנה ושטח חצר של שלושה מ"ר. לצאן (עזים וכבשים) יוקצה שטח של כשלושה מ"ר לכל פרט. ההמלצה הכללית היא לאפשר לבעלי החיים לצאת למרעה, אלא ששטחי המרעה בישראל מצומצמים. על כן, התקן האורגני הישראלי, בדומה לתקנים במדינות אחרות שבהן שורר אקלים חם, אינו מחייב את הוצאת בעלי החיים לשטחי מרעה.

ממשק רבייה

רביית חיות המשק תתבצע באופן טבעי או בדרך של הזרעה מלאכותית. שיטות של העברת ביציות בין פרטים ושימוש בהורמונים לסנכרון ביוצים בעדר אסורות. על פי עקרונות החקלאות האורגנית ישנה העדפה לגידול הוולדות בקבוצות גידול. באם לא ניתן לגדל את היונקים בקבוצה, יוקצה לכל יונק תא ששטחו יהיה לכל הפחות שני מ"ר. הזנתם של היונקים תהיה על חלב אורגני ויסופק להם מזון אורגני. השימוש בתחליפי חלב על בסיס צמחי או חלבי יאושרו אך ורק על ידי מדריך מוסמך ובאופן פרטני. בשלושת הימים הראשונים יוזנו הוולדות על קולוסטרום ובהמשך יורשו להשלים את תקופת ההנקה עד ל-50 יום. עם הגמילה יש להקפיד שלא לספק לעגלים מנת מזון מרוכז ברמה גבוהה מדי, וזאת בכדי למנוע האצה מוגזמת בגדילתם.

חליבה

בעת החליבה יושם דגש על מניעת עקה מיותרת מבעלי החיים. מכון החליבה, כמו גם החלב האורגני, יעמדו בתקנים הישראליים לחלב. חובה לשמור על תנאי היגיינה מרביים במכון החליבה, אך ההמלצה היא להימנע ככל האפשר משימוש בסבונים. לחיטוי העטינים מותר להשתמש במגבוני נייר. השימוש בפולידין לחיטוי אסור לפני החליבה, אך מותר בשימוש לאחריה. עקב העלות הגבוהה של הקמת מכון חליבה, קיים היתר להשתמש באותו מכשור חליבה במשקים מעורבים (רגיל ואורגני), ובלבד שהציוד ינוקה באופן יסודי לאחר חליבת הפרטים המגודלים בשיטה הרגילה.

הטלת מומים, תחלואה ווטרינריה

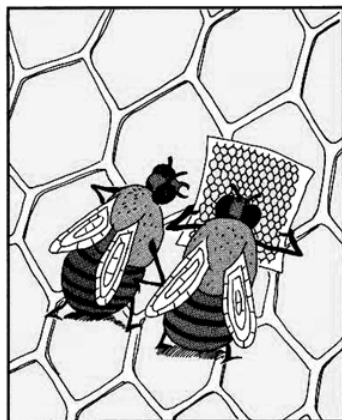
חל איסור לסרס או להוריד קרניים של בקר או צאן, אלא במקרים חריגים ובהמלצת איש מקצוע. העדר יחוסן בהתאם לדרישות החוק בחיסונים שאינם מהונדסים גנטית. במקרה של תחלואת פרטים בעדר הם יטופלו בתרופות אשר מותרות לשימוש בחקלאות האורגנית. באם מצב התחלואה יחייב מתן תרופה שאינה מאושרת על פי התקן האורגני תופרד תוצרת בעל החיים המטופל לתקופה שאורכה כפול ממשך השפעת התרופה וינהל רישום ומעקב פרטני.

באופן כללי, חל איסור על שימוש בהורמונים, אך באם מתעורר צורך בכך ניתן לעשות כן על סמך המלצת רופא. שימוש בהורמונים ממקור אקסוגני (חיצוני) לא יאפשר את המשך שיווק התוצרת כאורגנית למשך זמן שייקבע בהתאם למשך השפעתו של ההורמון על בעלי החיים. פגרי בעלי חיים קטנים (יונקים, עזים וכבשים) ישמשו לקומפוסטציה, בעוד פגרי בהמות יושמדו באתרי סילוק מאושרים. ההובלה לשחיטה תהיה בתנאים כאלה אשר ימזערו את מידת העקה של בעלי החיים.

איכות הסביבה

כפי שצוין בראשית הפרק, ההקפדה על איכות הסביבה היא בין עקרונותיה המרכזיים של החקלאות האורגנית. במשקים האורגניים, כמו גם במשקים רגילים, קיימת הקפדה על ניקיון סביבת הרפת או הדיר. במשק האורגני יושם דגש על מניעת זיהום סביבתי שמקורו בבעלי החיים. כך למשל, תוקם מערכת ניקוז טובה אשר תמנע שטפי מים וחלחול של תשטיפי פסולת למי התהום, וכן יוקפד על ניקיון סדיר ותכוף של מצע המרבץ, אבוסי המזון והשקתות. הרחקת חרקים המהווים מטרד לבהמות וכן הרחקת מכרסמים מאזור הגידול יבוצעו בתכשירים ובאמצעים המותרים לשימוש על פי התקן האורגני.

דבש ומוצרי מכוורת אורגניים



הדבש נתפס בעיני צרכנים רבים כמוצר בריא ו"אורגני", אלא שקיים הבדל ממשקי מהותי בין הפקת דבש רגיל לבין זה המופק על פי עקרונות החקלאות האורגנית. חשוב לציין כי קיומו של "דבש אורגני" אינו מפחית מערכו של הדבש הרגיל הנמכר בשווקים. דבש אורגני מהווה חלופה צרכנית בעיקרה, וזו מונעת מטעמים אידיאולוגיים ולא דווקא מהבדלים בהרכב הדבש או בטיבו.

קיימת בעייתיות מסוימת בהגדרת הדבורים כ"משק חי", מאחר והן נבדלות מיתר בעלי החיים המשמשים בחקלאות (פרות, כבשים, עזים דגים ועופות). אמנם, הדבורים הן בעלי חיים שתוצריהן משמשים את האדם,

אך בניגוד לבעלי חיים המוגדרים כ"משק חי" הן אינן בעלות דם חם, אינן מבויתות, לא ניתן לשלוט על תנועתן, הן אינן פוגעות במקור מזונן (בצמח) ולא ניתן לגדלן כפרטים אלא רק

כיחידה המורכבת מאלפי פרטים. בנוסף, ייצור הדבש מבוסס על רעייה של הדבורים ולא ניתן להגיש להן צוף באופן מלאכותי. כל אלה מחייבים תקנות אורגניות ייחודיות לחקלאות הדבורים לעומת התקנות האורגניות הנהוגות לגבי חיות משק אחרות. התקן הישראלי לגידול אורגני של דבורים טרם אושר סופית עד ראשית שנת 2004, עם זאת, מכורות אורגניות בישראל פועלות לפי הצעת התקן המונחת לדיון. הצעת התקן אמורה לקבל תוקף רשמי מטעם ה-IFOAM.

ציוד המכוורת

התקן לגבי ציוד הכוורת מחייב שקומת הקן, המסגרות, המאכלות ורצפת קומת הקן תהיינה עשויות עץ. מותר השימוש במסמרים ובסיכות בהרכבת מסגרות הגידול, וכן מותר למתוח על מסגרות הגידול חוטי מתכת במטרה לתמוך בשעווית (השעווית היא משטח דונג המהווה בסיס לבניית תאי החלה). עם זאת, חלה חובה שכל רכיבי המתכת שהובאו לעיל יהיו מגלוונים (עשויים מתכת שאינה מחלידה). את הכוורת נהוג לצבוע מצדה החיצוני בצבע לבן, כדי שלא תתחמם יתר על המידה מקרני השמש. התקן האורגני מתיר צביעה בצבעים סינתטיים ובתנאי שאינם מכילים עופרת. השימוש בצבעים ממקור צמחי מותר לצביעת ציוד ללא הגבלה.

תחלואה ווטרינרית

באשר להתמודדות עם מחלות הדבורית החקלאות האורגנית אינה מציעה פתרונות של ממש, למעט שמירה על היגיינה, הרחקת דבוריות חולות מדבוריות בריאות, הפחתת מצבי עקה למינימום אפשרי וההמלצה להשתמש בגזעים עמידים למחלות אשר מתאימים לתנאי הגידול בארץ. התקן האירופי מאפשר שימוש ברפואה הומאופטית או בחומרים צמחיים בעלי פעילות רפואית. מאחר וחל איסור חמור על שימוש בתרופות אנטיביוטיקות למיגור מחלות בחקלאות האורגנית, אסור להשתמש בסטרפטומיצין ואוקסיטטרציקלין, שמשמשות בגידול הרגיל למיגור ריקבון ולד אירופי וריקבון ולד אמריקאי, בהתאמה. כנגד אקריית הטרכיאות מותר שימוש במנטול, חומר המופק מצמחי מנטה חריפה (Peppermint) אך חל איסור על עישון באמיטרוז.

אקריית הוורואה היא אחת מהבעיות המרכזיות אשר הדבוריות נאלצות להתמודד מולן. על פי העקרונות האורגניים מותר השימוש ברשת שממוקמת בתחתית הכוורת במהלך הטיפול נגד האקריית. רשת זאת מונעת מגע בין אקריות וורואה שנופלות על רצפת הקן לבין אוכלוסיית הדבורים. כמו כן, מותר השימוש בחלות זכרים המוצאות מהכוורת לאחר שהאקריות חדרו לתאי הזכרים. בנוסף, מותר השימוש בתכשירי תימול המופקים מצמחי בת קורנית וצמחי אורגנו. תכשירים כימיים כמו פלוולינט, אמיטרוז וקומפוס אסורים כנגד האקריית. מאמצים רבים מושקעים במציאת טיפולים חלופיים למיגור אקריית הוורואה תחת תנאי ממשק אורגני, וייתכן כי כבר בעתיד הקרוב יאושרו לשימוש מספר חלופות. במחלת הנוזימה מותר לטפל באמצעות חומצת חומץ.

טיפול תרופתי בתחלואה של דבוריות אורגניות מחייב התייעצות עם וטרינר. נדרש כי כוורות המטופלות בתרופות יורחקו מהכוורות האורגניות. חזרה של דבורית שטופלה בטיפול תרופתי למעמד של דבורית אורגנית מחייב את אישור הגורמים המוסמכים.

התפיסה האורגנית דוגלת במניעת סבל מבעלי החיים, ולכן מותרת השמדת כוורות נגועות במחלות או במזיקים כדי למזער את סבלן של הדבורים החולות וכדי למנוע הדבקה של דבוריות נוספות. ההרשאה להשמדת הכוורות מצומצמת רק למקרי תחלואה והתקן האירופי אף אוסר במפורש הרס של כוורות בריאות עקב יצרנות נמוכה.

מקורות מזון

נקודות המרעה הן הגורם המגביל את חקלאות הדבורים בישראל. התקן האורגני מכתוב תנאים קפדניים לנקודות מרעה, תנאים אשר קשה ליישם בתנאי הארץ. נדרש כי נקודות המרעה תהיינה מרוחקות ממקורות זיהום סביבתי כמו ערים, דרכים ראשיות ואזורי תעשייה. חובה לוודא כי לא קיימים מקורות צוף ומקורות אבקה מזוהמים במרחק הקטן מ-1.5 ק"מ מהכוורות. עקב הבעייתיות במציאת אתרים להעמדת כוורות, כנדרש על פי התקנות האורגניות הבינלאומיות, התקן הישראלי מגדיר אזור מרעה לדבורים במרחק מינימלי קטן יחסית לזה שמכתיבים התקן האירופי והתקן האמריקאי (על פי האחרונים נדרש רדיוס של שלושה ק"מ מהמכוורת). רעייה באזור המוגדר כאורגני תחייב אישור של מועצת הדבש וכן של גוף הפיקוח על הגידול האורגני. טווח הרעייה של הדבורים יכלול אזורי צמחייה שאינם מטופלים בתכשירים כימיים ושהצמחייה בהם אינה מהונדסת גנטית.

במחקרים הוכח כי כאשר אתרי המרעה של הדבורים מזוהמים, נמצאו חומרים מזוהמים גם בגוף הדבורים, בשעווה, בפרופוליס ובצמידות האבקה. עם זאת, נמצא כי הדבש הוא הגורם האחרון שמזדהם, וגם אז ברמות נמוכות מאוד. באופן כללי, נמצא כי גם אם הדבש מכיל שאריות של חומרים רעילים, אזי מקורם ברעלים מהאוויר ולא ברעלים שמקורם בצוף הצמחייה המזוהמת.

בדומה לכללים הנהוגים במכוורות רגילות, קיים גם בחקלאות הדבורים האורגנית איסור חמור על האכלת הדבורית במהלך תקופת האגירה. השאיפה היא להימנע ככל האפשר מהאכלה מלאכותית של הדבורית. כדי לקיים עיקרון זה צריך הכוורן האורגני להשאיר לאחר הרדייה שלוש חלות דבש וכמות אבקה אשר תאפשר לדבורית לשרוד את עונות השפל. באם מתעורר הצורך לספק מקורות מזון לדבורית בעונות השפל, קיימת עדיפות לאספקה של תמיסת דבש אורגני מהול במים. שימוש בתמיסת מי סוכר אורגני או במולסה אורגנית אפשרי גם כן, אך שימוש בהאכלה כזו מחייב תיעוד.

תחזוקה שוטפת של הדבורית

באופן עקרוני יועדפו תמיד קווי דבורים בעלי רמת אלימות נמוכה. גם בטיפול בדבוריות מעין אלה נדרש על פי רוב שימוש במדף העשן כדי להביא להפחתת התוקפנות של הדבורים. שימוש במדף עשן מותר לפי כללי החקלאות האורגנית ובלבד שלא ייעשה שימוש בדלקים ובחומרי בערה שאינם ממקור טבעי. כחומרי בערה ישמשו חומרים טבעיים בלבד כמו עלים יבשים, קש, או שבבי עץ טבעי.

שימור החלות במחסן לאחר הרדייה יתבצע באמצעות פחמן דו-חמצני או באמצעים פיזיקליים כמו אוורור וקירור. חל איסור על שימוש בחומרי הדברה כמו אתילן דו-ברומיד, פוספין ונפתלין. מותר השימוש באש, בקיטור ובסודה קאוסטית לחיטוי הציוד.

ממשק רבייה

כדי להגדיל את מספר הדבוריות במכוורת האורגנית ניתן להשתמש כמעט בכל השיטות המקובלות בחקלאות הרגילה. כך לדוגמה, מותר לגדל מלכות בכל השיטות הנהוגות במשקים שאינם אורגניים, מותר לבצע במלכה הזרעה מלאכותית ואף מותר להרוג מלכה זקנה לשם ביצוע החלפת מלכות. עם זאת, חל איסור להשתמש במלכות שעברו הנדסה גנטית, וכן אסור להטיל במלכה מום באמצעות קטימת כנף. מותרת העברה של מלכות, מלכונים וחלות ולד בין כוורות אורגניות, וכן נהוגה שיטת פיצול נחילים ממכוורות אורגניות למטרות ייסוד דבוריות חדשות. החקלאות האורגנית מתירה גם לכידת נחילים מן הבר, אך אלו חייבים להיות מופרדים מהדבוריות האורגניות והדבש שלהם לא ייחשב כאורגני אלא לאחר שנה מיום אכלוסם בכוורת.

דבש ומוצרי מכוורת נוספים

הרחקת הדבורים מחלות הדבש טרם הרדייה תעשה באמצעים מכניים כמו משיבי רוח, ניעור החלה או הברשת הדבורים ממנה. אסור לגרד את חתימות תאי חלת הדבש בעזרים טכניים, אלא להוציא מתוכם את הדבש אך ורק בכוח צנטרפוגלי בעת הרדייה. אסור לחמם את הדבש לאחר רדייתו ויש לאחסנו במכלי מתכת-אלחלד נקיים ויבשים. לאחר הרדייה יארז הדבש האורגני במכון אריזה מורשה מטעם גוף הפיקוח. באופן כללי, יוקפד על כל כללי ההיגיינה הנהוגים במקרה של דבש שאינו אורגני, אלא שאת הדבש האורגני אסור לאחסן בצנצנות פלסטיק כי אם בצנצנות זכוכית או כלי חרס העומדים בדרישות תקני המזון.



באשר למוצרי מכוורת אורגניים אחרים יש לציין את הדונג האורגני אשר אותו ניתן להפיק מהתכת חלות אורגניות או מחתימות תאים שנותרו לאחר רדיית הדבש מחלות

אורגניות. הפקת פרופוליס, מזון מלכות וארס דבורים יתבצעו על פי הכללים שנקבעו למוצרים שאינם ממקור אורגני. אבקת פרחים תיאסף בדרכים המקובלות בגידול רגיל (מלכודות אבקה), אלא שהאבקה האורגנית תיובש בטמפרטורת החדר במתקן ייעודי. חל איסור על ייבוש האבקה באמצעות תנור או באמצעות חשיפה לשמש.



גידול דגים אורגניים

גידול דגים בישראל על פי עקרונות החקלאות האורגנית הוא ענף חדש יחסית, ומספר העוסקים בו אינו רב. כיום, רק דגי אמנון גדלים בארץ תחת ממשק אורגני. באירופה מגדלים על פי עקרונות החקלאות האורגנית גם סוגים נוספים של דגים כדוגמת הפורל, הקרפיון והסלמון. הדגים חיים בתווך נוזלי, ועובדה זו מחייבת התייחסות שונה לדגים ביחס לשאר חיות המשק אשר מגודלות בשיטה האורגנית. לאחרונה הוגשה הצעה לתקן ישראלי לגידול דגים, אך זה טרם אושר סופית ולא מן הנמנע שהצעת התקן תעבור עוד מספר שינויים בטרם תהפוך לתקן של ממש. הצעת התקן מתייחסת לכל צורות גידול הדגים אשר בהם ניתן לפקח ולבקר על תנאי הגידול.

מקור בעלי החיים

אכלוס בריכה, לאחר שנוקתה ואושר כי אין בה שאריות של חומרים כימיים, יהיה בדגיגים בני יום אשר בקעו או הושרצו בחוות רבייה אורגנית או בחוות רבייה רגילה. קיימת המלצה לאכלס את הבריכות בדגיגים שבקעו או הושרצו באופן טבעי, אך גוף הפיקוח הוא בעל סמכות לאשר גם גידול דגיגים שמקורם בהדגרה מלאכותית. דגים בוגרים אשר החלו את חייהם בממשק רגיל לא יוכלו לעבור הסבה ולהיחשב כאורגניים. הצעת התקן מתירה שימוש בחימום או בלחץ במטרה ליצור בחוות הרבייה דגים טריפולואידים (בעלי שלוש מערכות כרומוזומים). בדומה להנחיה גורפת בחקלאות האורגנית חל גם כאן איסור על רכישה או גידול של דגים שהם תוצר של הנדסה גנטית.

מזון ומרחב מחיה

בדומה לממשק רגיל של גידול דגים קיימת דרישה להזנה מאוזנת ומספקת של הדגים, אלא שהצעת התקן לגידול אורגני מונה מספר סייגים. כך למשל, חל איסור להזין את הדגים במזון מהונדס גנטית או במזון המתאים להזנת בני אדם. אין לספק לדגים כמות מזון רבה מדי, וזאת, כדי לחסוך במשאבים וכדי למנוע זיהום סביבתי. קיימת עדיפות להזנה על מנה שאחוז החומרים הממוחזרים בה גבוה. בשלב זה, בכפוף לאישור גוף הפיקוח, יאושר שיעור של עד 10% חומר יבש שאינו אורגני במנת ההזנה. החלבון הוא גורם חשוב ביותר במנת ההזנה של הדגים ויש

להקפיד ש-50% ממנו לכל הפחות יהיה ממוצרי לוואי שאינם ראויים למאכל אדם. להעשרת המים ניתן להוסיף מינרלים וויטמינים ממקור טבעי, וכן מותר השימוש בזבל עופות אורגני למטרות דישון והזנה. עם זאת, חל איסור על הוספה של זרזי גדילה סינתטיים וחומרי צבע מלאכותיים. נכון למועד כתיבת שורות אלו, אין בנמצא קמחי דגים אורגניים המשמשים כמזון לדגים טורפים, ועל כן ההמלצה היא לא לגדל דגים טורפים אורגניים בשלב זה.

צפיפות הדגים תהיה כזו שתתחשב ברווחת בעלי החיים ותפחית את הסבירות להתפרצות מחלות. באופן כללי, הצפיפות המרבית המותרת בחקלאות האורגנית היא בשיעור של 60% מזו המותרת בחקלאות הרגילה.

תחלואה ווטרינרית

על פי הגישה האורגנית יש לפעול על פי עיקרון של מניעת תחלואה באמצעים של התאמת ממשק הגידול לסוג הדג, מניעת מצבי עקה והסתמכות על מערכת החיסון הטבעית של הדגים. השימוש בתרופות לא יהווה מניעה כי אם טיפול לאחר תחלואה, ובמקרה של תחלואה קיימת המלצה לאמץ שיטות ריפוי טבעיות. במצבים קיצוניים יאושר טיפול תרופתי, אך במקרה זה הדגים לא ייחשבו כאורגניים למשך כפל זמן השפעת התרופה. מותר לחסן דגים על פי דרישת גופי האכיפה וכן במטרה למנוע תחלואה שסבירותה גבוהה, אך עם זאת אסור להשתמש בחיסונים מהונדסים גנטית.

איכות הסביבה ורווחת בעלי החיים



ההשלכות הסביבתיות של פסולת ענף המדגה הן רבות, בעיקר עקב הנפח הגדול של המים המשמשים בעת הגידול. השמירה על איכות המים תתבצע במגוון השיטות המקובלות במדגה הרגיל, כדוגמת פילטרים ביולוגיים, שיקוע מוצקים וגידול צמחייה. חל איסור על הוספה של חומרים כימיים למים, כמו חומרים מונעי חמצון, אוריאה או ממיסים אורגניים. העיקרון המנחה הוא מניעת בזבז מיותר של מים ומחזורם לטובת גידול מחזור דגים נוסף או לטובת השקיית גידולי שדה. חל איסור על שימוש במי קולחין מושבים במדגה האורגני.

הדאגה לרווחת בעלי החיים תתבטא בהתאמת תנאי הממשק וההזנה לסוג הדג, הן מהבחינה הפיזיולוגית והן מהבחינה ההתנהגותית. כמו כן, תהיה הקפדה על תנאי תאורה נאותים ועל שימוש בציוד שלא יגרום נזק לדגים. יינקטו אמצעים למניעת טריפת הדגים או לפגיעה בהם. בעת איסוף הדגים יש לצמצם את העקה הנגרמת למינימום האפשרי, ובעת הובלתם לשווקים יש לספק להם מים נקיים, בטמפרטורה מתאימה, שיהיו רוויי חמצן במידה נאותה. אסור להשתמש בכימיקלים כדי להפחית את פעילות הדגים בעת המשלוח, עם זאת, השימוש

בתכשירים טבעיים בעלי השפעה דומה מותר. בטרם קטילת הדגים תורד טמפרטורת המים במכלים, כך שהם ישותקו ויגרם להם סבל מזערי.

סוף דבר

על אף העובדה שהיקף החקלאות האורגנית בראשיתה היה קטן ושולי, כיום היא מהווה דרך חקלאית מקובלת לאספקת תוצרת מן החי ומן הצומח. התפתחות החקלאות האורגנית תואמת את הלך הרוח בקרב ציבור הצרכנים, אשר מעוניינים בתוצרת איכותית יותר תוך התחשבות בהשלכות ארוכות הטווח של ייצור המזון על הסביבה. שוק התוצרת החקלאית הנו שוק תחרותי ביותר, ויתרונה של החקלאות האורגנית הוא בכך שהיא פונה לנישה צרכנית המצויה במגמת עלייה מתמדת.

המגמה הכללית בעולם ובישראל מצביעה על דרישה הולכת וגוברת לתוצרת החקלאית האורגנית. שוק התוצרת האורגנית הצמחית בישראל גדול, באופן יחסי, והוא התפתח בעיקר הודות לביקוש הרב באירופה לתוצרת הישראלית. שוק התוצרת האורגנית מן החי עדיין מצומצם, אולם על פי התחזיות הוא עתיד להתרחב בשנים הקרובות, במטרה לספק את התצרוכת המקומית של מוצרים אורגניים נוספים, כמו בשר, חלב, ביצים, דגים ודבש.

אתרי אינטרנט

אתר ארגון החקלאות הביולוגית אורגנית בישראל:
IBOAA - <http://www.organic-israel.org.il>

אתר ארגון הגג העולמי לחקלאות ביולוגית אורגנית:
IFOAM - <http://www.ifoam.org>

אתר משרד החקלאות האמריקאי:
USDA - <http://www.ams.usda.gov/nop/indexIE.htm>

אתר האיחוד האירופי (לבצע חיפוש תחת: "organic farming")
http://www.europa.eu.int/comm/agriculture/undex_en.htm

האגודה לשימור הקרקע:
<http://www.soilassociation.org>

גידול חיות משק

גידול דגי מאכל ודגי נוי

הזנת דגים

שנאן הרפז 130

רביית דגים

ברטה סיוון 152

גידול דגים

גדעון חולתא ושנאן הרפז 177

גידול דבורים

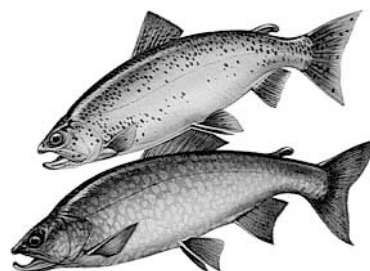
גידול דבורים

חיים אפרת, יוסף סלבצקי,

ארנון דג, תמר קצב 219

הזנת דגים

שנאן הרפז



גידול חקלאי של דגים בבִּרְכוֹת נעשה במצרים העתיקה כבר לפני כ־4,000 שנים, והוא שוכלל על ידי הסינים לפני כ־2,500 שנים. ידוע כי בארץ־ישראל גידלו דגים כבר בתקופת המקרא. בשנות ה־30 של המאה העשרים החלו שוב לגדל דגים בבִּרְכוֹת בארץ, תוך שימוש במזון שהיה מבוסס על גרעינים כגון סורגום. עם קום המדינה כבר היו בארץ כ־16,000 דונם של בִּרְכוֹת דגים.

גידול דגי מים מתוקים בארץ נעשה כיום הן בבִּרְכוֹת עפר בהן צפיפות הדגים איננה גבוהה (בדרך כלל פרט אחד למ"ק של מים) והן במתקנים מתועשים בהם צפיפות הדגים יכולה להגיע ל־100 פרטים ויותר למ"ק. המעבר לגידול דגים במערכות סגורות, בצפיפויות שהן גבוהות בהרבה מאלה הנהוגות בבִּרְכוֹת העפר נעשה עקב המחסור הגובר במים שפירים זמינים לגידול דגים. מערכות הגידול האינטנסיביות מתבססות על אחזקת דגים בצפיפות גבוהה ביותר – כמה עשרות ק"ג לכל מ"ק של מים. בצפיפות כזו אין למזון הטבעי במים כל יכולת לספק את הצרכים התזונתיים של הדגים, ועל המגדלים לספק את כל המזון הדרוש לקיום הדגים ולגדילתם.

במערכות גידול דגים המתבססות על בִּרְכוֹת עפר בצפיפויות אחזקה נמוכות יחסית, עיקר מזון הדגים הוא מזון טבעי אותו אוספים הדגים בבית גידולם. המזון הניתן על ידי המגדל משמש אך כתוספת. מארג המזון הטבעי העומד לרשות הדגים בבִּרְכָה מגוון, וכולל בעלי חיים זעירים (זואופלַנקטון) ואצות (פִּיטופלַנקטון) הגדלים בגוף המים, בעלי חיים זעירים המתקיימים באזור הקרקעית (זואובֶּנטוס), צמחי מים (מַקרופִּיטה) וכן יצורים חד־תאיים (פְּרוֹטוֹזוֹאָה וחִידָקִים). מִכְלול המזון הטבעי מכונה "הבסיס התזונתי" (הֶטְרוֹפִּי), ומתוכו דגים שונים בוחרים את התפריט המתאים להם. בשלבים מוקדמים של חייהם רוב הדגים מתנהגים כטורפים. רק בשלב מאוחר יותר, בהגיעם למשקל של מספר גרמים, מתמקדים הדגים בהזנה שתייחד

אותם בהמשך חייהם: צמחוניות, הזנה בסינון אצות ויצורים זעירים מגוף המים, אכילת רקבובית או טריפת זואופלנקטון.

הזנת פגיות (לרבות) במדגרה



התפתחות של דגי מדגה מתחילה במדגרה. בארץ מצויות מספר מדגרות גדולות, כגון אלו שבמשקי המדגה של הקיבוצים מעגן-מיכאל, ניר-דוד, המעפיל ושדה-אליהו. בכל מדגרה כזו "מייצרים" מדי שנה כמה מיליוני דגיגים, בעיקר אמנונים וקרפיונים. לאחר בקיעת הפגיות (כינוי לדגיגים בני יומם) במדגרה הן מועברות למכלי גידול ומוזנות במזונות "חיים". שלב גידול הפגיות במכלים נמשך מספר ימים עד שבועות בודדים, ובסיומו הפגיות הופכות לדגיגים אותם ניתן להזין במזונות מלאכותיים.

עם בקיעתן ניזונות הפגיות משק החלמון שלהן. בתוך תקופה קצרה (הנעה בין יום למספר ימים, תלוי במין הדג ובטמפרטורה) נגמר מאגר המזון שבשק החלמון והפגיות זקוקות למזון ממקור חיצוני. בטבע הן ניזונות מפלנקטון ויצורים חד-תאיים שונים. במדגרות מחקים את דרך ההזנה הטבעית של הפגיות תוך שימוש כמזון בבעלי חיים זעירים שגודלם קטן ממפתח הפה של הפגית, דבר המאפשר לפגיות לבלוע אותם. מטעמי נוחות משתמשים כמזון לפגיות בביציקיימא של סרטן המלחות (*Artemia salina*). סרטן זה חי במלחות בהן התנאים קשים ביותר. אחת הדרכים שלו להתגבר על תנאי הסביבה הקשים בעונת היובש – קרי, טמפרטורה וריכוז מלח גבוהים – הנה יצירת ביציקיימא בעלות מעטפת קשיחה המגנה על הביצה. ביצי הקיימא יכולות לבקוע גם לאחר מספר שנים של תרדמה, בעת שהתנאים החיצוניים מאפשרים זאת. תכונה זו של סרטן המלחות לבקוע גם אחרי תקופת יובש ארוכה מנוצלת לטובת מגדלי פגיות הדגים. ביצי הקיימא נאספות בטבע ונארזות באופן הרמטי בקופסאות מתכת. מגדלי הפגיות יוצרים תנאים מתאימים לבקיעת ביצי הקיימא (מיים מאווררים היטב בטמפרטורה של 28 מ"צ) עם בקיעת הסרטנים הקטנים מהביצים הם מועברים מיד למכלי הגידול של הפגיות ומשמשים מזון עבורן.

חלק מהפגיות, בעיקר אלה של דגים ימיים, הן בעלות מפתח פה קטן ביותר, ועל כן אינן מסוגלות לבלוע אפילו את סרטן המלחות. פגיות אלה מוזנות בתולעת זעירה – גלגילית (רֹטִיפֶרָה). הגלגיליות מגודלות באופן מלאכותי במכלי גידול להם מוסיפים אצות חד-תאיות המשמשות מזון לגלגיליות.

מאחר וגידול סרטנים או גלגיליות לצורכי הזנת הפגיות הנו עיסוק מורכב, מחפשים המגדלים תחליפים מלאכותיים למזונות החיים. הזנה במזון מלאכותי שאיננו חי גרמה בעבר לתמותה רבה של פגיות ולגדילה מזערית בלבד של אלה שנותרו בחיים. ניסויים שונים נערכו במגמה להקנות למזון המלאכותי תכונות של מזון חי, כגון גודל, תנועה במים וצבע. השימוש במזון מלאכותי בעל מאפיינים של מזון חי הביא לשיפור בביצועי הגדילה של הפגיות, אך התוצאה שנתקבלה הייתה עדיין נחותה ביותר בהשוואה לביצועי גדילת פגיות הניזונות ממזון חי. אחת התיאוריות הבאה להסביר את נחיתות המזון המלאכותי לעומת המזון החי מצביעה על כך שבשלבי ההתפתחות הראשונים אין לפגיות מערכת עיכול מושלמת. זו מתפתחת רק תוך כדי מהלך הגדילה ובחלק מהפגיות מופיעה מערכת העיכול בשלמותה רק אחרי מספר שבועות. על כן, חשיבות המזון החי איננה רק בעצם היותו מקור לאבות מזון אלא כנראה בכך שהפגיות, החסרות אנזימים פרוטאוליטיים (מפרקי חלבון), עושות שימוש באנזימים שמקורם במערכת העיכול של המזון החי.



ניסויים שונים נערכו כדי לאשש תיאוריה זו. ניסוי אחד כלל האכלת פגיות במזון חי (ביקורת) לעומת אותו מזון חי שהומת בשני אופנים: בהקפאה או בחימום במים רותחים. התוצאות הראו שהגדילה והשרידות הטובים ביותר התקבלו (כמצופה) בקבוצה שהוזנה במזון החי שלא עבר כל טיפול. תוצאות פחות טובות התקבלו בקבוצה שהוזנה במזון החי אשר הומת בהקפאה, ואילו תוצאות גרועות התקבלו בקבוצה שהוזנה במזון חי שהומת באמצעות מים רותחים.

אשר הטמפרטורה שלהם היא 100 מ"צ. ההסבר לכך נעוץ בעובדה שכלל, בעת החימום בטמפרטורה שהיא מעבר ל-70 מ"צ, חל שינוי מהותי במבנה החלבונים (דהנטורציה), תהליך הפוגע בפעילות ביולוגית של מולקולות חלבון כדוגמת אנזימים. ניסוי נוסף נערך עם מזון מלאכותי, שבתהליך ייצורו הוספו לו אנזימי עיכול חלבוניים. כמות האנזימים שהוספה הייתה מזערית ולא עלתה על 0.1% מכלל מרכיבי המזון. התוצאות הראו באופן חד-משמעי שתוספת זו שיפרה את הגדילה ואת השרידות של הפגיות בהשוואה לאותו המזון ללא תוספת של אנזימים. כיום נעשה שימוש גובר והולך בשיטה זו בהזנה של פגיות במדגרות מסחריות.

למרות הנוחיות הרבה שיש בשימוש בביציקיימא של סרטן המלחות, קיימת בעיה בשימוש בהן, הנובעת מן העובדה שביצים אלה נאספות בטבע ואין למגדלי הפגיות כל שליטה על ערכן התזונתי. שוני באיכות הביצים ממקורות שונים גורם להבדל באחוזי הבקיעה של הסרטנים מהן, וכן להבדל בערך התזונתי של הסרטנים, שהוא פועל יוצא מהמזון שנאכל על ידם (מיני אצות חד-תאיות שונות). כדי להגדיל את אחוזי הבקיעה מטפלים בביצי הקיימא בטיפול מוקדם בחומר מעכל כהיפּוֹכְלוֹרִיד אשר מסיר את הקליפה הקשה של ביצי הקיימא. השפעה על הערך התזונתי של הסרטנים יכולה להיעשות על ידי הזנתם מיד לאחר הבקיעה באצות מתאימות או בחומרי מזון אחרים, הנאספים על ידי הסרטנים בתהליך סינון המים. העשרת

הסרטנים בדרך זו יכולה להעלות את ערכם התזונתי, אך מאידך היא יכולה לגרום להם לאבד חלק מחומרי התשמורת בגופם. כן עלול הדבר לגרום לגדילה מואצת שלאחריה גודלם של הסרטנים עלול להיות רב מדי עבור מפתח הפה של הפגיות הזעירות. לפיכך, מקובל לבצע העשרה קצרת מועד של מזון הסרטנים הנמשכת בין מספר שעות עד יום.

במקומות שונים בעולם נעשו ונעשים ניסיונות לגדל עבור הפגיות מזונות חיים שונים מסרטנים או גליליות, כדוגמת תולעים זעירות אחרות או חד־תאיים. היתרון בכך טמון כמובן ביכולת לשלוט בערכו התזונתי של המזון, וביכולת להטעינו במרכיבי מזון ייחודיים (ויטמינים, מינרלים וכו'). בדרך זו ניתן להשתמש במזון החי גם כאמצעי להעברת תרופות או הורמונים לפגיות.

תולעים זעירות – נמטודות: רוב הנמטודות הן טפילות וידועות כמזיקי חקלאות קשים. נמטודות חופשיות החיות בקרקע, מהמין *Panagrellus redivivus*, אותרו כבעלות פוטנציאל לשמש כמזון חי לדגים בשלבי חייהם הראשונים. חובבי דגי נוי מגדלים את הנמטודות (המכונות "תולעי מיקרו") בכלים קטנים על מצע של שעורה מעובדת (קוואקר). ניתן לאסוף את התולעים בעזרת מכחול כאשר הן עולות על דפנות כלי הגידול. לחלופין, הכנסה של נייר סופג לכלי הגידול גורמת לנמטודות לטפס על הנייר ומאפשרת שליפתן ממצע הגידול והגשתן לפגיות. אחד היתרונות לשימוש בנמטודות הוא קוטרן הקטן, המאפשר את אכילתן אפילו על ידי פגיות בעלות מפתח פה הקטן מחמישים מיקרון.

חד־תאיים: חובבי דגי הנוי מגדלים גם יצורים חד־תאיים כמזון לפגיות זעירות – הכוונה בעיקר לריסניות אותן מגדלים על מצע של רקבובית עלים. מלאכת ההפרדה של המזונות החיים ממצע הגידול שלהם קשה ביותר, ולכן מהווה אבן נגף בהתפתחות שלוחות גידול זו. לפיכך, למרות היעילות הרבה של המזונות החיים אין עושים בהם שימוש במדגרות מסחריות של דגים.

הזנת דגים לאחר שלב המדגרה



תהליך צריכת המזון על ידי הדגים כולל מספר שלבים: איתור המזון, זיהוי, תפיסתו, בליעתו ועיכולו. גורמים רבים משפיעים על הזנת דגים ויש להתחשב בהם בעת הכנת מזונות מלאכותיים. בעיקר יש להתחשב בטמפרטורת המים, ברמת החמצן המומס במים, בשלב ההתפתחותי של הדגים, בהתנהגות התזונתית שלהם (ניזונים מגוף המים או מהקרקעית), בהיותם טורפים, צמחוניים או אומניבורים (אוכלי-כל) וכן בגודל מפתח הפה של הדג אותו יש לקחת בחשבון בעת קביעת גודל הכופתות.

טמפרטורת המים

בהיותם בעלי "דם קר", מטבוליזם הגוף של הדגים מושפע רבות מהטמפרטורה החיצונית. לפיכך, בעת שהטמפרטורות נמוכות מאלה האופטימליות לגדילת הדגים, חלה ירידה חדה בפעילות הדגים ובצריכת המזון. על מגדל הדגים להיות ער לנקודה זו ולהקטין את כמות המזון המוגשת לדגים בעת ירידה חדה בטמפרטורת המים. העובדה שהדגים אינם מווסתים את חום גופם (כמו יונקים לדוגמה) חוסכת אנרגיה ומתבטאת בצריכת מזון קטנה יותר.

רמת החמצן

רמת החמצן המומס במים משפיעה על מטבוליזם הדגים, ובדרך זו משפיעה גם על צריכת המזון וניצולו. ככל שרמת החמצן המומס במים גבוהה יותר, כך תתקבל ניצולת מזון גבוהה יותר. על כן, שמירה על רמת חמצן מומס במים הקרובה לרוויה יכולה לתרום לניצולת מזון גבוהה יותר ולחיסכון בעלות המזון, כמו גם להקטנת הזיהום במי הגידול. ברמות רוויה של חמצן 80% ומעלה ניצולת המזון היא מיטבית. רמת רוויה של 50% גורמת לירידה של כ-15%-20% בניצולת המזון.

שלב התפתחותי

לדגים בשלבים התפתחותיים שונים יש דרישות תזונתיות שונות. טרם הגעה לבגרות, יש לדגים הקטנים, הנמצאים בשלב של גדילה מואצת, דרישה מוגברת לחלבון לצורך יצירת רקמות הגוף. לעומת זאת, דגים המצויים בשלבי רבייה זקוקים למזון עשיר באנרגיה כדי להכין את חומרי התשמורת הדרושים לצאצאים. אצל נקבות בשלב הרבייה יכולות השחלות להגיע עד 30% ממשקל הגוף ולהכיל שומן ברמות גבוהות.

זיהוי המזון

בעת הכנת מזון מלאכותי יש לקחת בחשבון כי דגים מזהים את מזונם בעיקר תוך שימוש במנגנון חישה כימית המפותח אצלם. הראייה, לעומת זאת, איננה כה יעילה, שכן לעתים קרובות חיים הדגים במים עכורים בהם טווח הראייה מוגבל ביותר. כמות תאי החישה הכימית על גוף הדג רבה, והם מפוזרים על פני כל הגוף עם ריכוז גבוה ביותר באזור הראש, סביב הפה וכמובן באף. הדגים יכולים לפתוח ולסגור את פתחי האף (במקביל לפתיחת וסגירת מכסה הזימים בעת פעולת הנשימה), ופעולה זו דומה לפעולת הרחבת הנחיריים המבוצעת על ידי חיות יבשה. ביצוע הפעולה מאפשר לדגים לדגום טוב יותר את גוף המים ולאתר חומרים מושכים. באמצעות תאי החישה הכימית, שרגישותם גבוהה, מסוגלים הדגים לזהות את מזונם במים גם ממרחק של מאות מטרים. לעתים, מספיקה כמות של מולקולות בודדות של חומר כימי כדי לעורר את הדגים לחפש מזון. החומרים המעוררים דגים לחפש מזון הנם בדרך כלל חומרים בעלי משקל

מולקולארי נמוך שקצב תנועתם במים מהיר, כמו חומצות אמינו, אמינים או אֶדְנוֹזִיִּדִים. חומרים אלה נפלטים מן הטרף בין אם הוא יצור חי ונושם (הפרשות מכילות אותם) או במקרה של חומרים נרקבים, עת יש שחרור מוגבר של אמינים למים.

בעת שהדג מזהה (על פי הריח) מזון הוא מתחיל לנוע לעבר מקור הריח כאשר מסלול תנועתו מוכתב על פי מפל ריכוזים עולה. תאי החישה הכימיים מעבירים מידע למוח בהתאם לעלייה בריכוז מולקולות החומר המושך, והם מאפשרים לדג לנוע במהירות לעבר מקור המזון. מוכרת היכולת של כרישים לאתר טרף במים ממרחק של מספר קילומטרים על פי חוש הריח. יכולת זו קיימת בהרבה מיני דגים, היכולים אף הם לאתר את טרפם ממרחק רב באמצעות שימוש בחוש ריח מפותח. עם הגעתו אל המזון ותפיסתו מפעיל הדג את איברי החישה המצויים סביב הפה ובחלל הפה. אלה הם איברי חוש הטעם העוזרים לזהות באופן סופי את אופי המזון ולמנוע מן הדגים בליעה של חומר שעלול להזיק להם.

מבנה מערכת העיכול של הדגים



הפה והשיניים

לדגים שלושה סוגי שיניים: שיני לסת (Mandibular), שיני חלל הפה (Buccal) ושיני לוע (Pharyngeal). בדגים טורפים כגון הטרופה והסלמון מוצאים בדרך כלל שיני לסת חזקות וחדות המאפשרות את תפיסת הטרף או קריעה של חלקים ממנו. בחלל הפה מצויות שיניים הפונות פנימה אל תוך הלוע, ובאופן זה מונעות מן הטרף להשתחרר מהפה לאחר שנלכד, שכן, על פי רוב נאכל הטרף בעודו חי. לעתים קרובות, צורת הפה מאפשרת שליפה של הלסתות והגדלת הפה באופן משמעותי. מנגנון זה מותאם לתפיסה של טרף גדול.

שיני לסת מצויות גם אצל דגים שאינם טורפים והן יכולות לשמש לגירוד המזון מסלעים או תפיסת חסרי חוליות קטנים, כפי שניתן למצוא אצל דגי האמנון המצוידים בשיני לסת קטנות המשמשות לגירוד המזון. דגי הקרפיון, לדוגמה, חסרי שיניים על גבי הלסתות אך מצוידים בשיני לוע שהנן שיניים טוחנות הכוללות משטחי גריסה. שיניים אלה נוצרו כתוצאה משינוי שחל בקשת הזימים החמישית אשר איננה נושאת זימים. שיני הלוע יכולות להיות חדות ביותר ולשמש לחיתוך מזון, כמו שמוצאים בקרפיון העשב, או כהות, ולשמש כמשטח גריסה בגג הלוע אליו נדחס המזון, כפי שמוצאים בדג־הזהב ובקרפיון. בדגים אלה יש אף בליטה נוספת הדוחסת את המזון לעבר משטח גריסה בתחתית הגולגולת, דבר המאפשר גריסה טובה

יותר של חלקיקי המזון. היתרון של שיני הלוע נובע מהעובדה שהן מצויות עמוק בלוע, אחרי אזור הזימים, ודרך פעולתן מונעת "ברחה" של חלקיקי המזון אל עבר הזימים. "ברחת מזון" עלולה לגרום לבזבז מזון או במקרים חמורים לסתום את אזור הזימים ולהביא לחנק הדג. מערכת שיני לסת ולוע מפותחות גם בדגי אמנון ומדגימות התאמה לסוג המזון הטבעי המועדף על ידי מינים שונים.

אצל חלק מהדגים הניזונים ממזון מסונן מהמים התפתח מנגנון מיוחד לביצוע פעולת הסינון. מנגנון זה ממוקם בקשתות הזימים ומורכב מזיזים הבולטים מבסיס קשת הזימים. המרחק בין הזיזים ומספרם קובע את גודל החלקיקים שיילכדו ויועברו פנימה אל הלוע במעין תעלות אליהן מתנקזים החלקיקים שנלכדו. בדגים טורפים יש מעט מאוד זיזי זימים ולעומת זאת בדגים המסננים אצות מן המים, כגון דג הכסיף, יש מספר רב של זיזי זימים והמרחק ביניהם מאפשר לדג לסנן מן המים חלקיקים שגודלם 25 מיקרון בלבד. מיקום מנגנון זיזי הזימים גורם לכך שכדי להיזון על הדג להימצא בתנועה המאפשרת זרימת מים דרך הזימים (דבר הדרוש גם לצורך נשימה).

בפה הדגים מתרחשת הפרשת ריר (רוק) אשר מצוי בכמויות גדולות דווקא אצל דגים צמחוניים. תפקידו העיקרי של הרוק הוא ללכד את חלקיקי המזון כדי למנוע את בריחתם אל המים בעת פעולת הנשימה והבליעה. ריר זה איננו מכיל כל אנזימי עיכול, בניגוד לרוק של בעלי חיים יבשתיים בהם מצויים אנזימים אלה.



הוושט

הוושט בדרך כלל קצר. אצל דגים טורפים קיימים בו שרירים בעלי יכולת התארכות רבה. בפתח הוושט מצוי שריר שער חזק שתפקידו למנוע חדירה של מים אל תוך מערכת הנשימה בעת בליעת המזון.

הקיבה

לדגי הריאה ולחלק ניכר מן הקרפיונאים אין קיבה ומערכת העיכול שלהם בעלת pH בסיסי לכל אורכה. לעובדה זו יש חשיבות רבה בעת הכנת מזונות מלאכותיים לדגים אלה. לכל הדגים האחרים קיבה שרירית חזקה בעלת סביבה חומצית שבה מתבצע עיכול ראשוני של המזון. עיכול זה נעשה תוך שילוב של מעיכה באמצעות השרירים ופירוק על ידי חומצה ואנזימים הפעילים בסביבה חומצית כדוגמת פפסין. יצירת החומצה בקיבה (הגורמת לירידת ה-pH) מתבצעת, כמו אצל בעלי חיים עילאיים אחרים, על ידי תגובה בין חומצה קרבונית (H_2CO_3)

ומלח (NaCl), המופרשים על ידי תאי הקיבה. התגובה הכימית בין שני חומרים אלו יוצרת מונו סודיום קרבונט (Na HCO_3) וחומצה מלחית (HCl). בדגים, בשונה מיונקים, אותם התאים מפרישים גם חומצה וגם אנזימי עיכול. הפרשת החומצה מוגברת באופן ניכר מיד לאחר אכילה, אך היא יכולה להימשך בדגים (אם כי בצורה מוגבלת) גם ללא מזון בקיבה או לאחר תקופת רעב. בעת שאין הפרשת חומצה יכולה הקיבה להיות בעלת pH ניטרלי. מיד לאחר כניסת המזון מתרחשת בקיבה ירידה חדה ב-pH עד לערכים הנעים סביב 1.5, ערכים הנמוכים מהמצוי בקיבות יונקים. החומציות הגבוהה המצויה אצל דגים הניזונים מאצות כחוליות, כגון בדג אמנון היאור, מוסברת בכך שרק בדרגת חומציות זו יכול להתבצע תהליך העיכול והפירוק של דופן התא הקשיח של אצות אלו.

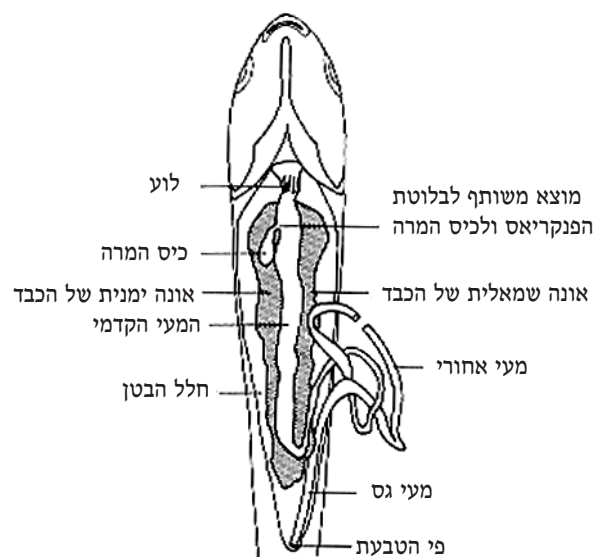


המעיי הקדמי

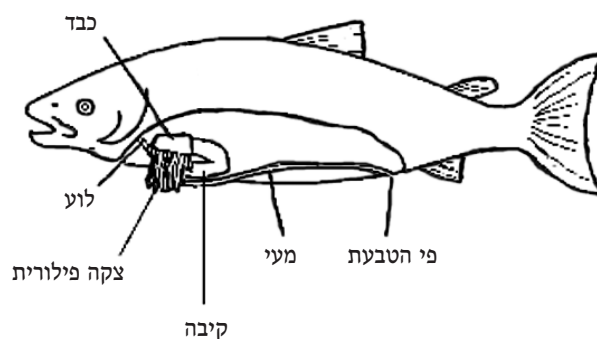
לאחר המעבר בקיבה ותחילת פעילות העיכול ממשיך המזון למעי הקדמי. בנקודת החיבור של הקיבה עם המעי הקדמי יש תוספות מבניות שצורתן כאצבעות ארוכות ואטומות העוטפות כעטרה את נקודת החיבור. אלה נקראות פילוריק צקה (Pyloric caeca). הרקמה ממנה מורכבות תוספות אלו דומה מאוד לרקמת הקיבה, אלא שכאן אין הרקמה מכילה אנזימי עיכול חומציים. כמות התוספות המבניות קטנה בדגים צמחוניים ורבה בדגים טורפים שם מספרן נע בין כמה עשרות, כמו אצל דג הסלמון לבין כמה מאות, כבמקרה של דג הטונה. בחלק ממיני הדגים (כגון הקיפונים, הידועים בארץ כדגי בורי) משמש מספר התוספות כאמצעי לזיהוי המינים השונים של דג זה.

קיימות מספר סברות בדבר נחיצותן של התוספות ופעילותן המדויקת. נזכיר כאן כמה מהן: בהסתמך על העובדה שמספרן של התוספות רב יותר בדגים טורפים, מקובל לחשוב שיש להן חלק בעיכול הראשוני של הטרף. תיאוריה זו נסמכת על העובדה שבחלק מהדגים הטורפים בהם נבדקה תכולת התוספות הפילוריות נמצאו קולגנאזות. הקולגנאזות הן האנזימים המעורבים בפירוק רקמות חיבור. בנוסף, נמצאה בדגים טורפים בתוספות הפילוריות פעילות מוגברת של טריפסין (אנזים המעכל חלבונים). בניסוי שבו הרעיבו דגים לתקופה של 25 ימים נמצא שהתוספות הצטמקו באופן ניכר, ודבר זה גרם לירידה של עד 50% בנעילות המזון. כמו כן, נמצאו עדויות לכך שפעילות הספיגה של שומנים ופחמימות מבוצעת בתוספות הפילוריות, במקביל לספיגת נוזלים ותמיסות יוניות. תיאוריה נוספת מציעה כי תפקידן של תוספות אלה בהגדלת נפח הקיבה (או המעי) והן משמשות כעין מחסנים. בדגים טורפים הקיבה מתמלאת בטרף, וכדי לייעל את תהליך העיכול יש מעבר של חלק מהטרף אל התוספות הפילוריות לאגירה ולעיכול, תוך פינוי הקיבה לקליטת טרף חדש. נמצא, שמזון יכול לשהות בתוספות אלה תקופות ארוכות בניגוד לשהייה קצרה (בת מספר שעות עד יומיים) בחלקים אחרים של מערכת העיכול של הדג.

המעיי מהווה את המקטע הארוך ביותר של מערכת העיכול, באזור הקרוב לקיבה דרגת החומציות בו ניטרלית, ובהמשך הדרך הופך ה-pH בו לבסיסי. ערכי ה-pH האופייניים למעיי נעים בין 7 (בקרב הקיבה) ועד 9 באזור המעיי האחורי. עיקר פעולת העיכול והספיגה של המזון נעשית במעיי על ידי שורה של אנזימי עיכול שונים. הספיגה אל הדם מתבצעת דרך סיסעי המעיי, לאחר פעולת אנזימים נוספים האחראים לפירוק הסופי של חלקיקי המזון.



תמונה מס' 1: מערכת העיכול בדג הקרפיון (חסר קיבה)



תמונה מס' 2: מערכת העיכול בדג טורף

קביעת ההרגלים התזונתיים של הדגים

היחס בין אורך מערכת העיכול לאורך הגוף מלמד על היות הדג טורף, צמחוני או אוכל-כל. אצל דגים טורפים אורך מערכת העיכול דומה או קצר מאורך הגוף. אצל דגים צמחוניים, לעומת זאת, אורך מערכת העיכול גדול מאורך הגוף והיחס יכול להגיע בהתאמה ל-6:1 ואף ל-8:1 במקרה של דגים אוכלי אצות. ליחס בין אורך מערכת העיכול ואורך הגוף אצל דגים אוכלי-כל ערך ביניים (טבלה מס' 1).

טבלה מס' 1: יחס בין אורך מערכת העיכול ואורך הגוף בדגים כפי שנמצא במחקרים שונים

קבוצת הדגים	היחס בין אורך מערכת העיכול ואורך הגוף
מיני דגים טורפים	
טרוטה	0.80
סלמון	0.72
צלופח	0.45
מיני דגים אוכלי-כל	
אמנון ירדן	2.10
קרפיון מצוי	2.04
מיני דגים צמחוניים	
קרפיון העשב	2.16
כסיף (אוכל אצות)	5.28
אמנון מוזמביק (אוכל אצות)	6.29

עיכול המזון בדגים

עיכול המזון בדגים מבוצע תוך שילוב של פעילות מכנית של מערכת העיכול (כתישת המזון באמצעות השיניים או שרירי הקיבה החזקים) ופעילות כימית של אנזימי עיכול שונים. חלק מפעולות העיכול מבוצע על ידי חיידקים החיים בשיתוף פעולה (סימביוזה) עם הדגים במערכת העיכול שלהם. חלק ממרכיבי המזון, בעיקר תאית, אינו נעכל בקלות. לפיכך, בדגים צמחוניים יש חשיבות למערכת עיכול ארוכה. חיידקים המצויים במערכת העיכול אחראים גם ליצירת ויטמינים מקבוצת ויטמין B, כגון ויטמין B6 וויטמין B12.

עיכול המזון הוא תהליך שבו מזון מפורק לתרכובות פשוטות וקטנות יותר, המסוגלות לחדור את דפנות המעי ולהיספג דרכן אל זרם הדם בגוף הדג. חלבונים עוברים תהליך הידרוליזה

לחומצות אמינו חופשיות או פפטידים (שרשראות המכילות מספר חומצות אמיניות). פחמימות מפורקות לסוכרים פשוטים, ושומנים מפורקים לחומצות שומניות ולגליצרול. בדגים נמצא שיש מעט מאוד הפרשות של אנזימי עיכול באזור הוושט ועיקר ההפרשות הן בקיבה ובמעיים.



אנזימי עיכול

פעילות אנזימי העיכול וכמותם משתנה בדגים בהתאם לעונת השנה, למצבם הפיזיולוגי ולגילם של הדגים. בדגי הטרוטה (פורל), שהנם דגים טורפים, תוארה בגיל צעיר ועד למשקל של כ-100 ג' פעילות מוגברת של עמילאזות, שהנם אנזימים המפרקים עמילנים המצויים בצמחים. בשלבי החיים הבוגרים יותר של דגים טורפים אלו, יורדת פעילות זו לערכים נמוכים ביותר, אם כי לא נעלמת לחלוטין. אצל חלק מהדגים הטורפים נמצאה פעילות מוגברת של עמילאזות בעת ההכנה לרבייה, דבר אשר אפשר ומלמד על שימוש מוגבר בפחמימות בתקופה זו. מחקרים שונים הראו שרמות הפעילות של אנזימי העיכול עולות במקביל לפעילות האכילה המוגברת של הדגים. כלומר, נמצא מתאם גבוה בין עונות בהן הדגים ניזונים יותר לבין פעילות מוגברת של אנזימים (גם אם בפועל לא נמצא מזון רב יותר במערכת העיכול). הטמפרטורה המיטבית לפעילותם של אנזימי העיכול השונים בדגים נעה בין 38 עד 45 מ"צ. יש לזכור, שטווח טמפרטורות זה קטלני לדגים. יחד עם זאת, ככל שטמפרטורת המים בהם מצויים הדגים תהיה גבוהה יותר, הם יהיו קרובים יותר לאופטימום הפעילות של אנזימי העיכול ותתקבל נעילות טובה יותר של המזון. מצב זה שונה מהמצב בחיות משק יבשתיות, מאחר ולהן חום גוף קבוע, ולטמפרטורה החיצונית יש השפעה מועטת ביותר על יעילות עיכול המזון.

פרוטאינוזות - אנזימים האחראים לפירוק חלבונים

פפסין הוא האנזים הפרוטאוליטי העיקרי בקיבת הדגים ועצמת פעילותו חזקה יותר מאשר אצל יונקים. בדיקה שהשוותה את פעילות עיכול חלבון על ידי פפסין שמקורו בדג הטונה לעומת פפסין שהופק מחזיר הראתה שהזיקה הכימית לחלבון של הפפסין שמקורו בדג הייתה גבוהה פי 150 מזו של פפסין שמקורו בחזיר. עצמת הפעילות של הפפסין בדגים טורפים חזקה פי עשר לערך מזו של פפסין בדגים צמחוניים. איבר ההפרשה העיקרי של אנזימי העיכול הפרוטאוליטים של המעי הנו הלבלב. בניגוד ליונקים, אין הלבלב בדגים מצוי כאיבר מוגדר ומופרד, אלא הוא מופיע במעין אצבעות רקמה צמודות ומשולבות בכבד. האנזימים העיקריים האחראים לפירוק חלבונים במעי הם טריפסין, כמוטריפסין, קרובוקסיפפטידאז A, קרובוקסיפפטידאז B ואֶלֶסְטָאז. רוב־רובה של הפעילות האנזימטית מבוצעת על ידי הטריפסין והכמוטריפסין. חלקו היחסי של כל אנזים בפעילות הפרוטאוליטית הכללית שונה במיני דגים שונים. האנזים הפעיל אצל הקרפיון, למשל, הוא הכמוטריפסין, בעוד שאצל השפמנון האירופי נמצאה פעילות גבוהה יותר של טריפסין (פי ארבע מזו של הכמוטריפסין).

**ליפאזות – אנזימים
האחראים לפירוק
שומנים**

הליפאזות מפרקות טריגליצרידים של חומצות שומניות ארוכות שרשרת בפעולת פירוק הידרוליטית (פירוק באמצעות מים). פעילות הליפאזות גבוהה יותר בדגים (עד פי 40) בהשוואה לזו המצויה ביונקים. בדגים טורפים מוצאים פעילות מוגברת של ליפאזות לעומת הפעילות בדגים אוכלי-כל או בדגים צמחוניים. אצל אלה

האחרונים, לעתים קשה מאוד למצוא פעילות של ליפאזות. איבר נוסף הפעיל בעיכול שומנים הוא כיס המרה, המפריש מלחי מרה וכן את החומצה הכולית. הפעילות העיקרית של מלחי המרה וחומצות המרה נועדה לגרום לשומנים לעבור למצב של תחליב (אמולסיה) ובכך לעזור לפעילות הפירוק על ידי הליפאזות.

**קרבוהידראזות –
אנזימים האחראים
לפירוק פחמימות**

העמילאזות הנן האנזימים האחראים לפירוק פחמימות מורכבות (עמילנים למשל) לחד-סוכרים כגלוקוז. פעולת פירוק הפחמימות מבוצעת על ידי העמילאזות בדרך של הידרוליזה. עמילאזות נמצאו בדגים צמחוניים וברוב הדגים אוכלי-כל. לעומת זאת, כמעט ולא נמצאו עמילאזות בדגים טורפים (למעט בשלבי חייהם הראשונים),

ובמידה שנמצאו שם פעילותם הייתה מועטה.

מזונות מלאכותיים ודרכי הכנתם



הכנת המזון

בעת הכנת מזונות מלאכותיים לדגים משתמשים בקמחים ממקורות שונים, כגון קמח דגים, קמח בשר או קמחים ממקורות צמחיים, כגון סויה, תירס, חיטה, חמניות, לפתית ושעורה. מאחר והרכבם התזונתי של הקמחים, (חלבון, פחמימות שומן) ידוע, ניתן לערבבם באופן שהתערובת תענה על הדרישות התזונתיות של הדג אותו יש להאכיל. לתערובת מוסיפים ויטמינים ומינרלים. לאחר יצירת תערובת מהמרכיבים השונים וערבובה בצורה הטובה ביותר מוסיפים מים ויוצרים עיסה, שאותה ניתן להעביר דרך מכונה מכפתתת. במכונה נדחסת העיסה דרך פתחים בקוטר קטן. עם יציאת החומר דרך הפתחים ניתן לחתוך את ה"מקרונים" היוצא לאורכים קבועים מראש. בתעשיית המזון לדגים האורך המקובל של כופתית הוא כס"מ אחד וקוטר נע בין 1.5 מ"מ ל-8 מ"מ. במהלך ההזנה יש להתאים את גודל (קוטר) הכופתית למפתח הפה של הדגים המוזנים. מכאן, במהלך הגידול יש לשנות את גודל הכופתיות בהן מזינים את הדגים.

הכנת כופתיות עבור הדגים נעשית, בשנים האחרונות, בשיטת האקסטרוזיה. בשיטה זו נדחסת העיסה בלחץ רב, תוך שימוש בקיטור בטמפרטורה גבוהה. כתוצאה מתהליך ייצור זה, מתרחש בישול חלקי של מרכיבי המזון, דבר המשפר את זמינותם לדגים. בנוסף לכך, נכלא אוויר בתוך הכופתיות עם צאתן ממכשיר הכפתות. כליאת האוויר מורידה את המשקל הסגולי של הכופתיות ומביאה לציפתן על פני המים. שימוש בכופתיות הללו תורם לשיפור נעילות של המזון, וכן מאפשר למגדלים שליטה טובה יותר בכמות המזון הניתן, שכן הם יכולים לראות את כמות המזון שנצרכה בפועל על ידי הדגים (שאריות המזון שלא נאכל צפות על פני המים). החיסרון של כופתיות המוכנות בשיטת האקסטרוזיה הוא שהמזון הצף תופס נפח רב יותר, דבר המשפיע על עלויות הובלתו ואחסונו.



מרכיבי המזון

החלבון הוא מרכיב בסיסי ברקמות הדגים, ומהווה בדרך כלל בין חצי לשלושה רבעים ממשקלן היבש של הרקמות. לפיכך, מהווה החלבון מרכיב חיוני במנת המזון המיועדת לספק את צורכי הקיום והגדילה של הדג. יש לזכור כי הדגים כמעט ואינם מסוגלים ליצור חלבון ממרכיבי הבסיס שלהם, חומצות האמינו, ועל כן הם זקוקים לקבלו ממקור חיצוני. לצורכי קיום נדרש חלבון לחידוש רקמות, למילוי צרכים אנרגטיים וכן לייצור אנזימים והורמונים. לגדילה נדרש החלבון לייצור של רקמות חדשות, כאמור. אבני הבניין של החלבון הן חומצות אמיניות, שהשילוב שלהן ברמות ובהרכבים שונים קובע את טיב החלבון. בין 20 החומצות האמיניות יש 11 שהדג (כמו גם בעלי חיים אחרים) אינו מסוגל לייצר בעצמו. החומצות הללו נקראות חומצות חיוניות, שכן בהיעדר אספקה שלהן ממקורות חיצוניים אין הדג מסוגל להתקיים. שתיים מבין חומצות האמינו החיוניות, ליזין ומתיונין, חשובות ביותר, ומחסור בהן יגרום בדרך כלל לפגיעה מיידית בגדילת הדגים. אחת הדרכים המהירות לבחינת טיב חלבון ממקור חדש עבור הזנת דגים הוא בחינת המגוון והכמות היחסית של חומצות האמינו החיוניות המצויות בו, ובעיקר הליזין והמתיונין. במידה ויש מחסור בחומצות אלה ניתן להוסיף אותן באופן מלאכותי לדיאטת המזון או לחלופין, לעשות שימוש במרכיב אחר העשיר בהן ועל ידי כך למלא את החסר.

החלבון

ריכוז החלבון במזון דגים (בין 25% ל-60%) גבוה בהשוואה לריכוזו במזון חיות משק אחרות. רמת החלבון המינימלית הדרושה במזון מוכן לדגים (25%) גבוהה יותר מהרמה הגבוהה ביותר הניתנת לעופות, לכבשים או לפרות. בשלבי חייהם הראשונים זקוקים בעלי חיים לרמת חלבון גבוהה יחסית במנת המזון, והדגים אינם יוצאי דופן בכך. הריכוז המינימלי של חלבון במזונות לדגים צעירים הוא כ-45%, ובחלק מהמזונות אף מגיע אחוז החלבון ל-60% ויותר! רמות החלבון הגבוהות הדרושות נובעות מהעובדה שהדגים מנצלים חלבון למטרות אנרגיה במקום לנצל שומנים למטרה זו. עלות החלבון גבוהה מאוד, יחסית למרכיבי המזון האחרים, והדבר מייקר את המזון המשמש להזנת הדגים.

אחד ממקורות החלבון הטובים ביותר לדגים הנו קמח דגים. אכן, קמח דגים מהווה מרכיב חשוב במנת המזון של דגים ובעיקר של דגים טורפים כגון הטרטות. מחירו היקר של החלבון, כמו גם הירידה בזמינותו, הביאו לחיפוש אחר חלופות זולות וזמינות יותר להזנה חלבנית. המקור העיקרי של קמח הדגים הנו מלהקות דגים קטנים הנתפסות על ידי ספינות מיוחדות,



המשמשות כמפעל צף לייצור קמח דגים. הדגים הנתפסים מיובשים בתנורים ונגרסים לקמח על גבי סיפון הספינות. בעת הגעת הספינות לנמל הן פורקות קמח דגים מוכן. מקור אחר לקמח דגים הוא שאריות מעיבוד דגים תעשייתי. רמת החלבון בקמח הדגים שמקורו מתעשיית עיבוד דגים, בדרך כלל נמוכה יותר, והוא נחשב לנחות יותר, שכן אין משתמשים לייצורו בכל הדג אלא רק בחלקים בלתי נדרשים כגון המעי, העור והסנפירים.

אחד התחליפים המקובלים כיום לחלבון מן החי הוא חלבון מהצומח, כשהמוצר הנפוץ הוא קמח סויה. מחיר קמחים אלה אמנם זול יותר מקמח הדגים, אך ערכם התזונתי נמוך יחסית. כך, למשל, רמת החלבון בקמחים צמחיים נמוכה מזו שבקמח דגים (30% עד 40% לעומת 60% עד 70%, בהתאמה). הרכב חומצות האמינו של הקמחים הצמחיים אינו אחיד, ובחלקם חסרות חומצות האמינו החיוניות. בנוסף, לא רק שרמת הזרחן בקמחים הצמחיים נמוכה מזו הדרושה לגדילה נאותה של דגים אלא שהזרחן המצוי בקמח צמחי ברובו אינו זמין.

בקמחים צמחיים יש לעתים קרובות חומרים מעכבי פעילות של אנזימי עיכול חלבוניים, וכן רמות גבוהות של חומרים מרים אשר גורמים לדחיית המזון או לירידה חזקה בכמות הנאכלת ממנו. קיימות מספר דרכים להתגבר על המגרעות של הקמחים הצמחיים והן: הגדלת הכמות הניתנת במנה כדי לפצות על הרמה הנמוכה של החלבון ליחידת משקל; שימוש במיצי חלבון שמקורו בקמח הצמחי ושרמת החלבון בו קרובה יותר לזו המצויה בקמח הדגים; הוספת חומצות אמיניות חיוניות באופן מלאכותי, כך שרמתן במזון תהא זו הדרושה לדגים ותוספת של זרחן זמין ברמה הנאותה בעיקר על ידי הוספת זרחן דו-סידני (Di Calcium DCP) (Phosphate). קליית הקמחים הצמחיים תורמת להרס חלקי של החומרים המעכבים פעילות אנזימי העיכול וכן חלק מהחומרים המרים. כמובן, כל הפעולות הללו מייקרות את השימוש בקמחים הצמחיים כמקור חלופי לקמח הדגים, אך עדיין, כדאי להשתמש בהם, שכן כמות הקמחים הצמחיים בשוק גבוהה בהרבה מזו של קמח דגים אשר כמותו ויכולת האגירה שלו מוגבלים. בדגים צמחוניים או אוכלי-כל (אומניבורים) ניתן בקלות רבה יותר להחליף את מלוא תכולת קמח הדגים היקר בקמחים ממקור צמחי (בתנאי שמוסיפים DCP ומאזנים את תכולת החומצות האמיניות החיוניות). לדגים טורפים יש לתת קמח דגים בלבד, והחלפתו בקמח צמחי תפגע בקצב גדילתם.

בעבודת מחקר שנערכה בארץ נמצא שניתן להפחית את רמת החלבון שניתנה לדגים אוכלי-כל ב-5% (הקטנה מ-30% ל-25% חלבון במזון) על ידי תוספת 1% של החומצה האמינית החיונית לזין. ממצאים אלה מראים שניתן על ידי בחינה מדוקדקת של צריכת החלבון לחסוך בכמות החלבון הניתנת, ולייעל בכך את תהליך ההזנה. כדי לבצע תהליך זה ביעילות יש צורך לברר קודם מהן הדרישות הייחודיות של הדג אותו אנו מבקשים לגדל, וכן לבדוק את השינויים הדרושים ברמת ההזנה שלו תוך כדי תהליך הגדילה. כך לדוגמה, בשלבים הצעירים, בהם יש בנייה מהירה של רקמות גוף, הצורך בחומצות אמיניות (כולל אלה החיוניות) רב יותר. מלאכת בדיקת הדרישות התזונתיות המדוקדקות של חומצות האמינו של כל מין דגים אינה קלה, שכן היא דורשת הרכבת מזונות בהם חסרה בכל פעם חומצה אחרת וביצוע מבחני הזנה וגדילה. לאחר מכן, יש צורך לקבוע את המינון המדויק הנחוץ לדג בכל שלב גידול. כלומר, להכין ולבחון מזונות בהם רמת החומצה הנבדקת משתנה בכל פעם במעט עד שמוצאים את הרמה המיטבית הדרושה לכל שלב. עקב מורכבות התהליך והמשאבים הנדרשים לביצועו יש רק מעט דגים, כגון הסלמון והטרוטה, בהם ידועות הדרישות התזונתיות המדויקות לגידולם. ביתר הדגים נעשה שימוש בערכים מקורבים.

רמת החלבון הגבוהה במנות המזון של הדגים תורמת ליצירה במים של כמות גדולה של אמוניה (NH_3) ניטריט (NO_2) וחנקות (תרכובות של חומצת חנקן עם בסיס כלשהו, כגון חנקת הנתרן NaNO_3). האחרונות מקורן בשילוב של מזון שלא נאכל ותוצרי עיכול (חומרי פסולת ושתן).

מזון אשר לא נאכל על ידי הדגים או לחלופין, עבר עיכול חלקי בלבד, נשאר במי הגידול ומעלה את ריכוז האמוניה והחנקות במים. שינוי זה בהרכב המים מהווה גורם המפריע לגדילת הדגים. האמוניה, לדוגמה, רעילה ביותר ומעל לרמה של חלקיק אחד למיליון היא עלולה לגרום לתמותת הדגים. לפיכך, יש לעשות מאמץ מרבי להביא לידי כך שהמזון ינוצל בצורה היעילה ביותר, כך שרובו ישמש לבניית רקמתם.

האמוניה הרעילה מצויה בשיווי משקל עם יון האמון (NH_4^+), שאף הוא רעיל (אך במידה פחותה). מערכת שיווי משקל זו נשלטת על ידי רמת החומציות או הבסיסיות של המים (רמת ה-pH). ככל שהמים בסיסיים יותר (pH גבוה) יש נטייה להיווצרות יותר אמוניה, ואילו במים חומציים יותר תהיה נטייה להיווצרות אמון, שהוא, כאמור, פחות רעיל.

חומצות שומניות מהוות חלק מהחומרים החיוניים בגוף הדגים. הפוספוליפידים, למשל, משמשים כמאגר אנרגיה ותורמים לבידוד הגוף. הדגים מסוגלים לייצר את רוב חומצות השומן בעצמם על ידי שימוש באצטט כשלד ראשוני. החומצות המיוצרות בדרך זו הנן רוויות. כמו בעלי חיים עילאיים אחרים, הדגים זקוקים במזונם לחומצות שומניות חיוניות (כאלה שגופם איננו מסוגל) לייצר. החומצות השומניות החיוניות העיקריות הן: החומצה הלינולאית 18:2 ω 6, שהנה חיונית בכל בעלי החיים, כולל דגים, ובמידה פחותה החומצה הלינולנית 18:3 ω 3, החיונית בעיקר

חומצות שומניות

בדגי ים ודגי מים קרים.

יש להזכיר כי סימון החומצות השומניות נעשה בדרך הבא (לדוגמה חומצה לינולאית):



Linoleic acid = octadecadienoic acid = 18:2 ω 6

18 = מספר הפחמנים במולקולה.

2: = מספר הקשרים הבלתי רוויים במולקולה.

6 ω = מציין את מקום הקשר הבלתי רווי הראשון בשרשרת

כאשר סופרים מהקצה המכיל את הקבוצה המתילית (CH_3).

חשיבות החומצה הלינולנית (18:3 ω 3) עבור דגי ים ודגי מים קרים בכך שהיא משנה את צמיגות הממברנות, ובכך שומרת על תפקוד ממברנות הזימים גם בתנאי מים קרים ביותר. בטבע החומצה מצויה באצות והדגים מקבלים אותה על ידי אכילת האצות או במקרה של דגים טורפים – טריפת דגים צמחונים שניזונו מהאצות.



הדגים מסוגלים להאריך את שרשראות החומצות השומניות על ידי הוספת קשרים בלתי רוויים, וליצור מהחומצה הלינולנית חומצות רב בלתי רוויות כגון 22:6 ω 3. נמצא, כי החומצות השומניות הרב בלתי רוויות (Polyunsaturated fatty acids = PUFA) חשובות לבריאות האדם. זו אחת הסיבות שתזונאים

ממליצים לנו להרבות באכילת דגים. בדגים ימיים הנתפסים בטבע יש רמה גבוהה של חומצות שומניות רב בלתי רוויות. בדגים המגודלים במערכות גידול מלאכותיות מידת ה-PUFA תלויה בסוג החומצות השומניות המסופקות להם במזונם (שכן כאמור הם אינם מסוגלים לייצר חומצות אלה). על כן, במערכות גידול מלאכותיות ניתן לשנות את הרכב החומצות השומניות במנת ההזנה של הדגים ולהפוך אותם ליותר "בריאים" עבור הצרכן. פעולה זו כרוכה בעלות גבוהה יותר של המזון, שכן מקור החומצות השומניות הרב בלתי רוויות המוספות למזון הדגים (כגון שמן דגים) יקר.

המינרלים מהווים מרכיב חיוני לדגים בהיותם חשובים למטבוליזם ולגדילה. בניגוד לחיות יבשה התלויות תלות מוחלטת באספקה של מינרלים דרך המזון – הדגים יכולים לקלוט מינרלים ישירות

מינרלים

מן המים דרך הזימים ולעתים דרך העור. קליטת מינרלים מן המים חיונית ביותר לדגי מים מתוקים מאחר והיא מאפשרת ביצוע אוסמורגולציה (שמירה על מאזן מים ומלחים). מחסור במינרלים חיוניים יתבטא בשורה של תופעות הכוללות חוסר תיאבון, תנועה איטית, אנמיה, עקמת, גדילה לקויה ובמקרים של מחסור קיצוני אף תמותה. נמצא, כי תערובת של מינרלים המוספת למנת המזון ברמה של 1% עד 2% מספיקה כדי להשלים את החסר. המינרלים

החשובים ביותר בסדר חשיבות יורד (כאשר המספר בסוגריים מציין את הכמות בגרמים הנדרשת בכל ק"ג מזון) הם: זרחן (7), סידן (5), גופרית (3 עד 5), כלור (1 עד 5), נתרן (1 עד 3) ואשלגן (1 עד 3). מבין המתכות יש לציין בסדר יורד את הנחושת, המגנזיום, הברזל והאבץ, כשכל אחת מהן נדרשת ברמה של עד כמה מאות מ"ג לכל ק"ג של מזון. הכמות הגדולה ביותר של מינרלים בגוף הדגים היא של זרחן וסידן, החשובים ליצירת עצמות הדגים. אכן מרבית הכמות של הסידן והזרחן בגוף נאגרת בעצמות (99% מהסידן ו-80% מהזרחן). בנוסף לתפקיד החיוני בעצמות, משולב הזרחן גם במולקולות הפוספוליפידים של הממברנות וממלא תפקיד חשוב במעברי אנרגיה בתאים.

למרות העובדה שהם נדרשים בכמויות קטנות, לוויטמינים חשיבות רבה עבור הדגים. במערכות גידול אינטנסיביות של דגים יש חשיבות ניכרת לאספקת הוויטמינים במינון הנכון, שכן לדגים אין אפשרות לקבלם ממקור אחר. חלק מהוויטמינים ניתנים לספיגה ישירות מן המים ואין צורך להוסיפם במזון, אך מרב כמות הוויטמינים מסופקת במזון. מבין הוויטמינים השונים (המצוינים באותיות הא"ב האנגלי) יוזכרו שניים שחשיבותם רבה:

ויטמינים

ויטמין B – לוויטמין זה חשיבות בתהליכי הנשימה והובלת החמצן בדם הדגים. מקור חשוב לוויטמין זה הנם חיידקים המצויים בסימביוזה במערכת העיכול. אלה אחראים על יצירת ויטמינים מקבוצת ויטמין B, כגון ויטמין B6 וויטמין B12. נקודה חשובה שיש להזכיר בהקשר זה – כאשר מטפלים בדגים באנטיביוטיקה כנגד זיהומים בקטריאליים יש לזכור כי במהלך הטיפול נקטלים גם חיידקים מועילים במערכת העיכול, ודבר זה יכול להשפיע על יכולת עיכול התאית וכן להביא למחסור בוויטמיני B. על כן, טיפול באנטיביוטיקה צריך להיות מלווה בשינוי דיאטת המזון לאיזון החסרים, בד בבד עם הקפדה על תוספת ויטמינים למנה, בעיקר מקבוצת ויטמין B. מחסור בוויטמין זה יגרום ללאות הדגים, חוסר תיאבון ובמקרים של מחסור מתמשך יגרום לפגיעה בעיניים ואף יביא למוות.

ויטמין C (חומצה אסקורבית) – ויטמין זה ידוע כבעל חשיבות רבה בתזונה ובבריאות דגים. מחקרים רבים הראו שמחסור בוויטמין בשלבי הגדילה הראשונים מוביל ליצירת עקמת, המתבטאת בעיוות חמור של חוט השדרה של הדגים. מאידך, ידועה השפעה חיובית של הוויטמין בהגנה על דגים מפגעים שונים, כולל רעלים, ובתהליכי ריפוי של פצעים. המינון הדרוש גבוה יחסית, ומקובל להוסיף כמה מאות מ"ג של ויטמין C לכל ק"ג של מזון. מאחר ויש לוויטמין תכונות של אנטי-אוקסידנט (מונע חמצון), הוספתו למזון הדגים משמשת גם כאמצעי להארכת חיי המדף של המזון. נמצא, שבעת המגע עם מים, ויטמין C המוסף לכופתיות "בורח" אל המים בקצב מהיר ביותר עקב משקלו המולקולרי הנמוך. ההערכה היא שכ-80% מהוויטמין בכופתיות "בורח" בפרק זמן של עד מחצית הדקה מרגע המגע עם המים. כדי להתגבר על בעיה זו משתמשים בוויטמין שמכיל קבוצות זרחן, ועל כן בעל משקל מולקולרי גבוה יותר ומבנה מרחבי יציב יותר. שמו המסחרי של המוצר המכיל את הוויטמין זה הוא Stay-C.

הזנת דגים הלכה למעשה



רמת הזנה בדגים כתלות בגודלם

כמות המזון הניתנת ביום לדגים מחושבת על פי אחוז ממשקל גופם. בשלבי החיים הראשונים יכולה כמות המזון הניתנת מדי יום להגיע עד כדי 50% ממשקל הגוף. אחוז המזון הניתן בהשוואה למשקל הגוף הולך ופוחת עם גדילת הדגים. בשלבים הסופיים של תהליך הגידול, כשהדגים מגיעים למשקל של כק"ג, כמות המזון הניתנת ביום יורדת ומגיעה לסביבות 1% ממשקל גופם, שכן קצב בניית הרקמות בהם יורד. טבלת ההזנה (טבלה מס' 2) מתארת את השתנות כמות המזון המוגשת לדג טורף (פורל) בגידול במערכת אינטנסיבית, כתלות במשקל הדג ובטמפרטורת המים. המזון מכיל לפחות 40% חלבון כללי.

טבלה מס' 2: הקשר בין משקל גוף הדג למשקל מנת המזון היומית הנדרשת, כתלות בטמפרטורת המים

משקל הדגים בגרמים											טמפרטורה מ"צ
167 ומעלה	125- 166	90.9- 124	62.5- 90.8	38.5- 62.4	23.2- 38.4	12.0- 23.1	5.26- 11.9	1.50- 5.25	0.18- 1.49	0.18 ומטה	
כמות המזון המוגש ביום כ-% ממשקל הדג											
0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.9	2.5	3.0	3.6	6.0
0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.3	4.0	7.0
0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.7	2.3	3.0	3.6	4.3	8.0
0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8	2.4	3.0	3.8	4.5	9.0
0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.7	2.0	2.7	3.4	4.3	5.2	10.0
0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	2.1	2.8	3.6	4.5	5.4	11.0
1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.9	2.3	3.0	3.9	4.9	5.8	12.0
1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	2.0	2.4	3.2	4.2	5.1	6.1	13.0
1.1	1.2	1.4	1.5	1.8	2.1	2.6	3.5	4.5	5.5	6.7	14.0
1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.3	2.8	3.7	5.0	6.0	7.3	15.0

כאמור, יש לזכור שמזון שאינו נאכל על ידי הדגים, או לחלופין מעוכל חלקית בלבד, תורם לעלייה ברמת החנקות במים. אלה מזהמות את מי הגידול ועלולות לגרום לעיכוב גדילה ובמקרים קיצוניים לגרום לתמותת הדגים. לפיכך, חשוב להקפיד להזין על פי טבלאות ההזנה כדי לייעל את תהליך ההזנה.

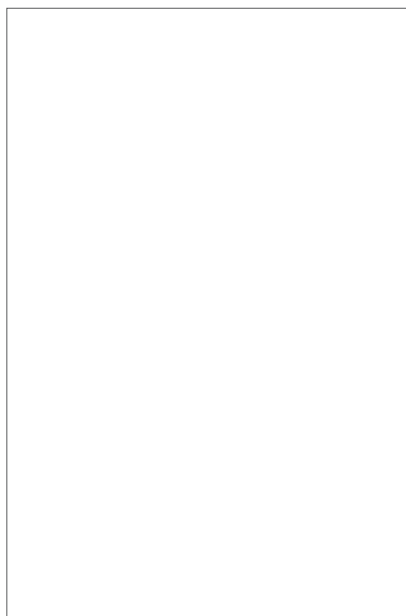


מועדי ההזנה

נתינת מנת המזון היומית כולה פעם אחת ביום איננה יעילה, שכן יש סכנה שמנה זו גדולה בהרבה מהכמות שהדגים יכולים (או מעוניינים) לצרוך בפרק הזמן המוגבל שבו מוגש המזון. מצב זה עלול להוביל לבזבז, שכן מרגע מגע כופתיות המזון במים מתחילים בהן תהליכי פירוק, דבר העלול להפוך אותן לבלתי זמינות לדגים. בעיה נוספת העלולה להיגרם על ידי נתינת המזון פעם ביום נובעת מהעובדה שדגים דומיננטיים בלהקה עלולים להשתלט על אזור חלוקת המזון ולגרש או למנוע מדגים אחרים להזין. תופעה זו תגרום לשונות רבה בקצבי הגדילה של הדגים ולטווח משקלי גוף רחב מאוד בעת השיווק. מסיבות אלה, לא נהוג להזין את הדגים פעם אחת בלבד ביום, אלא לחלק את מנת המזון היומית למספר ארוחות. כאשר הדגים קטנים, נוהגים לעשות שימוש במאביס סרט שעל גביו מפוזר המזון. הסרט מחובר למנגנון המניע אותו באיטיות וגורם לטפטוף מנת המזון למים באופן רציף כך שבכל רגע נתון יהיה מזון זמין לדגים. מספר הארוחות שיש לתת במשך היום תלוי בגודל הדגים ובצפיפות אחזקתם בבִּרְכַּת הגידול. ככל שהצפיפות גבוהה יותר רצוי להאכיל במספר רב יותר של ארוחות. המעבר לשיטת ההזנה במספר ארוחות או להזנה רציפה (בעיקר לדגים הקטנים) הביאה לתוצאות גדילה טובות יותר וליעילות הזנה רבה יותר. מאחר והמזון מהווה לכל הפחות 50% מההוצאות השוטפות בגידול דגים (כמו גם בבעלי חיים אחרים) כל שיפור ביעילות ההזנה מביא לחיסכון בהוצאות הגידול.

שיטה אחרת לוויסות חלוקת האוכל הנהוגה בגידול דגים הנה שימוש במאביס צריכה. מאביס זה בנוי מדוד מזון בעל מבנה קוני שפתחו הצר הפונה אל המים סגור באמצעות דיסקית או כדור המחוברים למוט ארוך הטבול במים. בעת שדג נוגע במוט ומזיזו הדבר גורם לפתח להיפתח וכמות מזון נשפכת לברִכָּה. כל עוד הדגים מפעילים את המאביס על ידי נענועו ישפך מזון למים. לאחר שייסימו את אכילתם יפסיקו הדגים לגעת במוט ועם חזרתו למצב האנכי נחסם הפתח ומזון נוסף לא ישפך לברִכָּה. מנגנון הזנה זה יעיל ביותר, אך יחד עם זאת נמצא שיש מעט בזבז (המוערך ב־5% לערך) הנובע מהמשך שפיכת מזון לברִכָּה כתוצאה ממשחק של הדגים במוט, משחק שאינו קשור לצריכת מזון. שימוש במאביס צריכה ומעקב אחר שעות ההזנה הראה שהדגים צורכים את מִרְב המזון (עד 40% מסך כל הצריכה היומית) בשעות הבוקר, בשעתיים הראשונות לאחר הזריחה. כן נמצא, שהדגים ניזונים גם בשעות החשכה, אם כי ברמה נמוכה ביותר (הניסוי נערך עם דגים שידועים כפעילים בשעות היום בלבד). הממצאים

מאפשרים תכנון הזנת הדגים על פני כל שעות היממה והשגת יעילות הזנה טובה יותר. במשקים מסחריים נהוג להזין את הדגים בשלב הפיטום באמצעות מאביסי צריכה, אך להגביל את כמות המזון במאביס או לחלופין להגביל (באמצעות מנגנון נעילה) את השעות בהן המאביס מספק מזון בתגובה להפעלתו על ידי הדגים.



תמונה מס' 3: מאביס צריכה

יחס היפוך המזון (Food Conversion Ratio; FCR)

מונח זה מבטא את היחס שבין משקל המזון הניתן לבין העלייה במשקל הדגים הנובעת מצריכת המזון. ערכו של יחס היפוך המזון מבטא את יעילות ההזנה: ככל שמנת המזון מותאמת יותר לגדילת הדגים, כך נדרשת כמות קטנה יותר של מזון לייצור ק"ג דג ומכאן, יתקבל יחס קטן יותר. בדרך כלל, יחס היפוך המזון המקובל הוא כ-1:2, כלומר 2 ק"ג מזון נדרשים לקבלת ק"ג אחד של דג. בחלק ממיני הדגים, באם הם גדלים במערכות אינטנסיביות ומוזנים במנה איכותית, ניתן להגיע ליחס המתקרב ל-1:1. לכאורה, יחס זה בלתי אפשרי שכן פירוש הדבר שכל המזון הניתן הופך לבשר דג ואין כל בזבז הנובע מתנועה, איבוד חום, או תהליכים מטבוליים. הפתרון לקושיה זו טמון בעובדה שאנו נותנים מזון יבש שאחוז הלחות בו אינו עולה על 12%, בעוד הדגים נשקלים במשקל "רטוב" ואחוז המים (לחות) בגופם עולה על 80%.

יחס אחר חשוב בהזנה הוא היחס שבין כמות החלבון הניתן במזון לבין זה המופיע ברקמות הדגים. החלקים העיקריים הנאכלים בדגים הנם השרירים, שברובם מורכבים מחלבון. לפיכך, חשוב לדעת כמה חלבון נאצר בגוף הדג מתוך הכמות שניתנה במזון. ערך חשוב זה מצוין בלעז כ- PER (Protein Efficiency Rate). יחס אצירת החלבון בדגים בדרך כלל אינו גבוה, עקב העובדה שדגים משתמשים בחלבון לצרכים אנרגטיים. בניגוד ליונקים המשתמשים בשומן לצרכים אנרגטיים, בדגים ניתן למצוא שומן אגור אפילו אם לא ניזונו תקופה ארוכה.



היבטים ייחודיים בהזנת דגי נוי

בד בבד עם עלייה בכמות הזמן הפנוי של האדם הולך ומתפתח בעולם גידול דגי הנוי הן במשקי הבית והן בחוות לגידול דגי נוי המספקות את הביקוש של הצרכנים הביתיים. עקרונות ההזנה של דגי נוי אינם שונים מעקרונות ההזנה של דגי המאכל. יחד עם זאת, יש לזכור כי יש הבדל בין גידול הדגים בחוות בהן מגדלים את הדגים משלבי חייהם הצעירים ביותר ועד לגודל השיווק (בדרך כלל דגים בוגרים קרובים למשקלם המקסימלי) לבין גידול דגי נוי במשקי הבית שם מחזיקים בדגים הבוגרים שאינם זקוקים לרמת הזנה גבוהה (רמה מקסימלית של 1% - 1.5% ממשקל גופם של הדגים).

הזנת דגי נוי ברמת משק הבית: על פי רוב מוזנים דגי הנוי בבתיים בכמויות מוגזמות של מזון, דבר הגורם לבזבז של מזון אך חמור מכך, לזיהום מי האקווריום בשאריות מזון או במזון מעוכל חלקית. זיהום זה מחליש את הדגים ובמקרים רבים הוא מהווה גורם ישיר לתמותה. תופעה נוספת שעלולה להביא לתמותת דגי הנוי במשק הביתי מתרחשת כאשר המשפחה יוצאת לחופשה ואז מזינים את הדגים "מראש" במנת המזון עבור הימים בהם לא יקבלו מזון. כמובן שדבר זה רק מזיק, שכן הדגים אינם מסוגלים לאכול את כל המזון העודף והוא מתפרק ומזהם את מי הגידול. דגים מסוגלים לעבור פרקי הרעבה ארוכים יחסית, ועל כן אי-נתינת מזון במקרה זה עדיפה על פני נתינת מזון עודף. בנוסף לכך יש לזכור שפעילות הדגים, צריכת המזון ויכולת עיכולו תלויים בטמפרטורת האחזקה. לפיכך, הפחתת הטמפרטורה תגרום לירידה בצריכת המזון ויכולה לעזור בעת שרוצים להקטין את פעילות הדגים וזיהום המים.

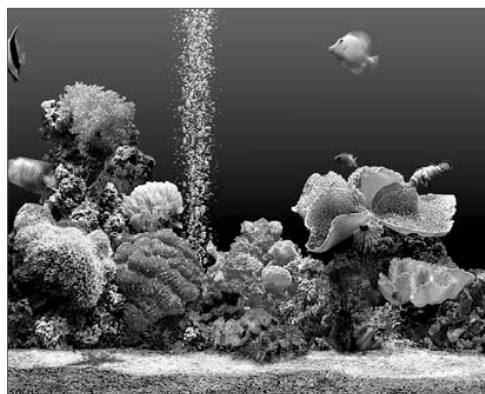
הזנת דגי נוי בחוות גידול מסחריות: כאמור, הזנת דגי נוי דומה במהותה להזנת דגי מאכל ואותם עקרונות מתקיימים גם כאן. עם זאת, עלות המזון במערכת גידול דגי נוי מהווה אחוז קטן יחסית מסך כל הוצאות הגידול, בניגוד לדגי המאכל אצלם מהווה ההוצאה על המזון אחוז ניכר מההוצאות השוטפות. על כן, יכול המגדל להשקיע מעט יותר במזון ולהעניק לדגים מזון משופר ומגוון שיבטיח ביצועי גדילה טובים.

חשוב להקפיד על הזנה נכונה של דגי נוי כדי למנוע עיוותי גוף (כתוצאה ממחסור בוויטמינים לדוגמה) וכן כדי לקבל דגמי צבע יפים ומרהיבים. הצבעים בדגים מתקבלים מפיגמנטים (צבענים) והקבוצה העיקרית של פיגמנטים המעניקים צבעים, הנעים מאדום דרך כתום ועד לזהוב, הנה קבוצת הקרוטנואידים. פיגמנטים אלה מצויים בעיקר באצות וצמחים. הדגים (ובעלי חיים עילאיים) אינם מסוגלים ליצור בגופם פיגמנטים אלה, אלא רק לאגור אותם או לבצע התמרות בין קרוטנואידים שונים. בטבע מקבלים דגי נוי את הקרוטנואידים הדרושים להם מאכילת אצות או בעל חיים ירודים אשר ניזונו על אצות וצברו קרוטנואידים בגופם. בתנאי גידול מלאכותיים מוחזקים הדגים בצפיפות רבה ביותר ואינם ניזונים מאצות. על כן, לעתים קרובות דגי נוי המגודלים במערכות גידול מלאכותיות נראים חיוורים יחסית לדגים שניצודו בטבע. הדרך להתגבר על בעיה זו היא שימוש במרכיבי מזון המכילים קרוטנואידים ברמה גבוהה, כגון סרטנים, צמחים (עלי תרד או אספסת טריים) ואצות טריות או מיובשות (כגון אצת הספירולינה). לחלופין, ניתן להוסיף לתערובת המזון מיצוי פיגמנטים או פיגמנטים מלאכותיים (כגון מוצר תעשייתי הנקרא קארופיל פינק). שימוש בתוספים אלה למשך תקופה של מספר שבועות יעניק לדגים מופע צבעים מרהיב. הפסקת השימוש בתוספים תגרום לדעיכה איטית של עוצמת הצבע בדגים. מהירות הדעיכה תלויה בגודל הדגים ובטמפרטורת האחזקה שלהם. חשוב לזכור שאין ביכולתנו ליצור דגמי צבע בדגים החסרים דגמי צבע, אלא רק לחזק דגמי (או כתמי) צבע קיימים.



מקורות בעברית

בונדי, א' (1982), **הזנת בעלי חיים**. הוצאת מגנס, ירושלים, תשמ"ב.
 ויאולא, ש' (1995), הזנת הקרפיון, עמ' 139–158, בתוך: **ספר הקרפיון**. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.



רביית דגים

ברטה סיוון



המגמה הכללית בשוק הדגים בעולם היא העברת הדגש מדיג לגידול מסחרי בחוות חקלאיות. האפשרות לגדל דגים באופן מסחרי מותנית ביכולתו של החקלאי לשלוט בצורה יעילה בכל שלבי הגידול: רבייה, הדגרה, גידול פגיות (לרבות), אָמון ופיטום. השלב הראשון, לרוב הבעייתי ביותר, של התאמת דגים לגידול במערכת חקלאית הוא ביסוס טכנולוגיה של רבייה בתנאי שבי. תהליך הרבייה בדגים מווסת על ידי מכלול של תנאי סביבה. המנגנון הפיזיולוגי המקשר בין תנאי הסביבה החיצוניים לבין תהליך הרבייה הוא הציר האנדוקריני של היפותלמוס-היפופיזה-גונדה. כדי להבין את התנאים ההכרחיים לרביית דגים, ובהמשך ליישם תהליך זה בשבי, צריך בראש ובראשונה להבין את המנגנונים ההורמונליים הפועלים בציר זה.

דגי-הגרם, בהם יעסוק פרק זה, הנם הקבוצה בעלת מספר המינים הגדול ביותר (24,000 מינים) מבין כל החולייתנים. אחת הסיבות למספר מינים מרשים זה היא יכולתם של דגי-הגרם לנצל גומחות אקולוגיות שונות למחיה. בהתאם לכך, ניתן למצוא גם מגוון רחב מאוד של אסטרטגיות רבייה שונות של הדגים: דגים אשר מכילים שחלה "סינכרונית" יטילו כמות גדולה של ביצים בדרך כלל פעם בשנה כמו הקרפיון, הקיפון או הבאס, או אפילו רק פעם אחת בחיים כמו הסלמון. לעומתם, דגים אשר שחלתם אינה סינכרונית יטילו בעונה המתאימה כמות קטנה של ביצים במחזוריות מסוימת: אחת ל-18 עד 21 יום כמו האמנון או כל יום כמו הספרוס (דניס).

קיים מגוון גדול גם בשיטות השונות לשמירה על התטולה. בצד דגים אשר אינם שומרים כלל על התטולה, קיימים דגים האומנים את הצאצאים. קבוצת הדגים אשר אינם שומרים כלל על התטולה שלהם נחלקת לשתי קבוצות:

מטילים פְּלָגִים – דגים המטילים בים הפתוח. בדרך כלל בקבוצה זו יהיה מספר הזכרים רב ממספר הנקבות, לא יתקיים חיזור בין המינים והדגים ינועו בלהקה. הביצים, העוברים והפגיות

יצופו על פני המים כאשר אחוז ההישרדות שלהם נמוך יחסית. דוגמאות נפוצות לקבוצה זו הם דגי הטונה והסרדינים.

מטילים בנטיים – בדרך כלל דגי מים מתוקים, בהם בזמן ההטלה תשהה נקבה אחת עם מספר זכרים, אולם ללא חיזור. הביצים והעוברים של קבוצה זו דביקים. דוגמאות נפוצות לקבוצה זו הם קרפיון ודג־זהב.

מבין הדגים השומרים על התטולה מן הראוי לציין את מיני האמנונים השונים הנפוצים בארצנו, אשר אצלם ניתן לראות חיזור מונוגמי (זכר אחד מחזר אחר נקבה אחת). האמנונים, לא רק מטילים את הביצים בקן אלא גם "אומנים" את הצאצאים על ידי כך שאחד ההורים נושא את הצאצאים בפיו עד גיל שבועיים.

השפעת גורמים חיצוניים על הרבייה בדגים



למרבית בעלי החיים, ודגים בכלל זה, יש עונת רבייה מוגבלת בזמן. הגורמים אשר פעלו במהלך האבולוציה הביאו לכך שדג מסוים יעמיד דור חדש של צאצאים בעונה בה קיימים תנאים מתאימים להתפתחות הפגיות, כגון טמפרטורה נאותה ומצאי מזון מתאים. גורמים אלה נקראים גורמים אולטימטיביים (Ultimate Factors). גורמים אלה אשר הביאו במהלך האבולוציה לעיצוב תכונות הרבייה של הדג כפי שאנו עדים להן היום – אינם נהירים לנו וספק אם נוכל לבררם. לעומת זאת, אנו יכולים לברר על ידי ניסויים מהם הגורמים החיצוניים המעודדים את התפתחות הגונאדות, את הטלת הביצים ואת ייצור ואיכות הזרע. מכלול גורמים אלה, הניתנים לבדיקה בדרך של ניסוי, קרויים גורמים פרוקסימטיביים (Proximate Factors). את האחרונים ניתן לחלק לשתי קבוצות:

גורמים אביוטיים: אלה הם גורמי סביבה פיסקליים כמו טמפרטורה ועונתיות (פוטופריוד) – השתנות מספר שעות האור ביממה במהלך השנה, גורמים מטאורולוגיים כגון גשמים, הצפות, זרמי מים, גאות ושפל וכן גורמים כימיים המצויים במים.

גורמים ביוטיים: אלה גורמים הנובעים מפעילותם של יצורים חיים אחרים כמו בקטריות ואצות, היכולים להשפיע על הטיב הכימי של המים. גם לנוכחות של דגים מאותו המין (Species), מזוויג דומה או מזוויג שונה, נודעת משמעות בעיתוי תהליך הרבייה.

מחקרים רבים נעשו במטרה לברר את השפעת הטמפרטורה והפוטופריודה על רביית דגים בשבי. דוגמה לדג אשר רבייתו מושפעת מטמפרטורה היא הקרפיון. חוקרים חישובו ומצאו כי בתנאים טבעיים, דרושה לנקבת הקרפיון המצוי מנת טמפרטורה של 8,000 עד 12,000 ימ"מעלה (מכפלת מעלות החום במספר הימים בהם הטמפרטורה גבוהה מ־15 מ"צ) כדי להביאה לבגרות מינית. מנה זו מושגת במשך שנה או פחות בארצות טרופיות וגם בישראל. במרכז אירופה נפרש התהליך על פני ארבע שנים ויותר. גם להתפתחות העונתית של השחלה דרושה, מדי שנה, מנת טמפרטורה של כ־700 עד 1,200 ימ"מעלה (המחושבת מאז חודש ינואר) כדי להביא את השחלות למצב קרוב להבשלה. חישוב זה מבהיר כי הטמפרטורה היא הגורם המכריע בהתפתחות השחלה בקרפיון. עם זאת, אין נקבת הקרפיון מטילה גם כאשר הושגה מנת הטמפרטורה מתאימה, אם לא מתמלאים תנאים נוספים המשמשים כאיתות (Trigger) לביצוע ההטלה בפועל. גיאות הנהרות והגברת הזרימה בהם, וכן הצפת שטחים מכוסים עשב בתחום חיותו הטבעית של הקרפיון מהווים גורם המגרה את נקבות הקרפיון להטיל, זאת כמובן בתנאי ששחלותיהן נמצאות כבר במצב מתאים. לעומת זאת, בדגים אחרים כמו הסלמונים, הקיפונים, או הספרוס (דניס), השפעת משך שעות האור ביממה הוא הגורם הקובע את מועד ההטלה. על כן, קיצור שעות ההארה, אפילו בקיץ, יביא דגים אלה להטיל גם מחוץ לעונה הטבעית.

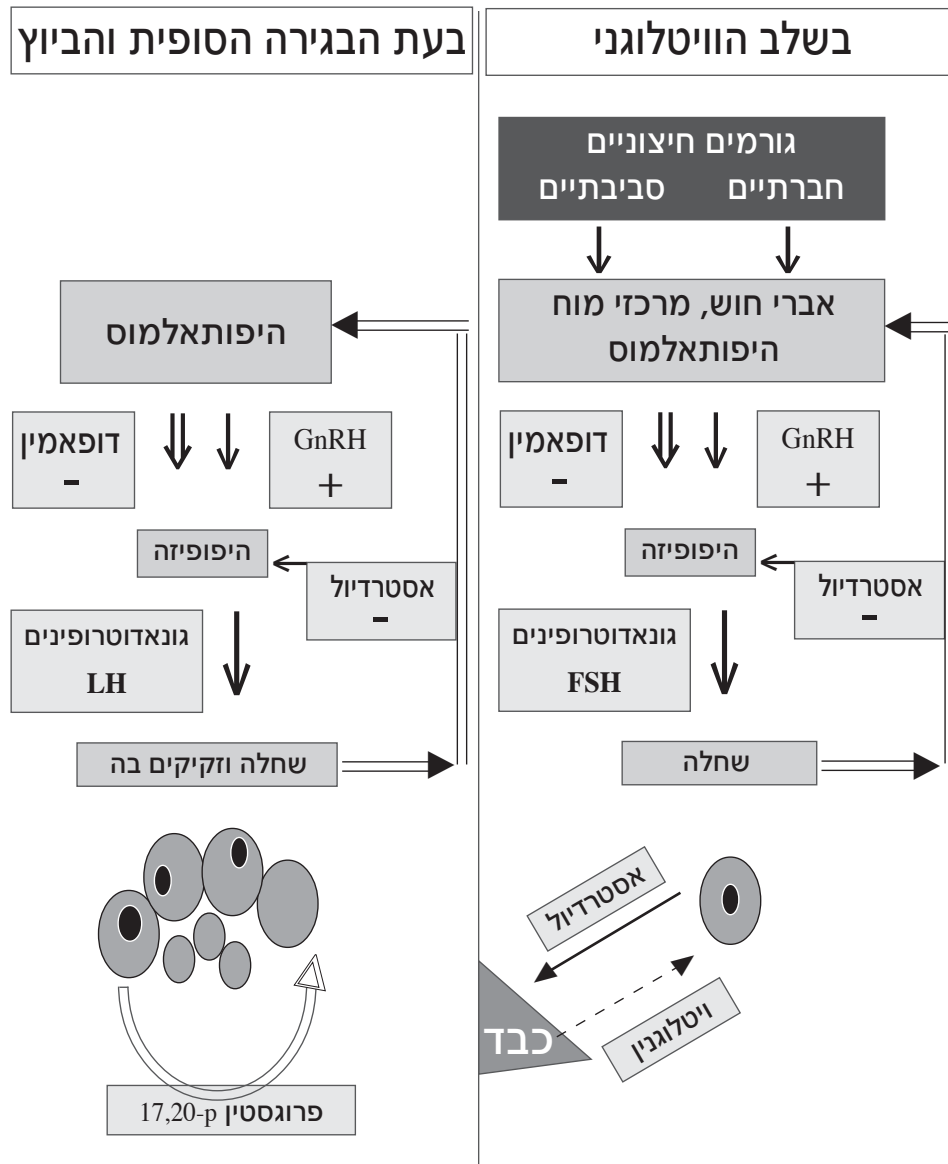
המערכה האנדוקרינית כגשר ביוכימי בין הסביבה לבין הגונאדות



טמפרטורה, יכולה להשפיע ישירות על תהליכים מטבוליים באיברי גוף הדג ובתאיו. כדי שגורמים סביבתיים אחרים כמו משך ההארה, נוכחות עשבים במצע או נוכחות של בן הזוג השני המפריש פרומונים יוכלו להשפיע על תהליכים פיזיולוגיים בשחלה או באשך, הם חייבים להיקלט על ידי איברי החושים ולהיות מתורגמים למסרים פיזיולוגיים. מסרים אלה הם ההורמונים. כך למשל, שינויים במשך ההארה ייקלטו באמצעות העיניים או הגוף הפינאלי, ונוכחות פרומונים תיקלט על ידי איברי ההרחה. תחושות עצביות שיתעוררו עקב קליטת מסרים חיצוניים תעובדנה במוח, ובסופו של דבר תתורגמנה להפרשת צירוף מסוים של הורמונים מההיפופיזיס, אלה יעוררו הפרשת הורמונים אחרים הערוכים בציר ביוכימי המקשר בין המוח לבין פעילות הגונאדות (תמונה מס' 1).

תחילתו של ציר זה היא בשני ההורמונים ההיפותרלמיים: Gonadotropin Releasing Hormone (GnRH) המעורר הפרשת גונאדוטרופינים מההיפופיזיס, ודופאמין המעכב הפרשה זו.

המערכת האנדוקרינית כגשר ביוכימי בין הסביבה לבין הגונאדות



תמונה מס' 1: המערכת האנדוקרינית כגשר ביוכימי בין הסביבה לבין השחלה.
מימין - בשלב הוויטלוגני. משמאל - בעת ביוץ והטלה.
+ = השפעה חיובית, חץ רגיל. - = השפעה שלילית, חץ כפול. הפרשה - חץ מקווקו.

הגונאדוטרופינים מעוררים את פעילות השחלה או האשך ומעודדים את הפרשתם של הורמוני המין הסטרואידיים: אסטרוגן בנקבות ואנדרוגן בזכרים. הורמונים אלה מבקרים את התפתחות תאי המין בנקבות ובזכרים בהתאמה. בהתפתחות תאי המין בנקבות (אואציטים) ניתן להבחין בשני שלבים: שלב ויטלוגני (תמונה מס' 1, ימין) והבגירה הסופית והביוץ (תמונה מס' 1, שמאל).

האסטרדיול מעורר בנקבות את הייצור (סינתזה) בכבד של חומר בשם ויטלוגנין. הויטלוגנין הוא קומפלקס חלבוני-שומני המופרש לדם ונקלט כחלמון באואציטים בהשפעת גונאדוטרופינים. כאשר מגיעים האואציטים בשחלה לגמר גידולם, מופרש מתוך השחלה סטרואיד אחר – פרוגסטין. האחרון מעורר את ההבגירה הסופית של האואציטים ואת תהליך הביוץ (תמונה מס' 1).

האנדרוגנים מעוררים בזכר את התפתחות תאי המין באשך, והפרוגסטין מפקח על פעילותם של תאי הזרע. כפי שנראה בהמשך הפרק, ישנה גם השפעה מעכבת של ההורמונים הסטרואידיים על הפרשת GnRH מההיפותלאמוס ועל הפרשת גונאדוטרופינים מההיפופיזה. מנגנון מעכב כזה מכונה "משוב שלילי" (Negative Feedback).

המכלול היפותלאמוס-היפופיזה



מבנה ההיפותלאמוס

ההיפותלאמוס ממוקם ברצפת החדר השלישי במוח-הביניים של הדג, וכולל בתוכו מספר גרעיני מוח. גרעין מוח (Brain Nucleus) הוא צבר של גופי תאי עצב בעלי תפקוד מסוים. המחקרים הראשונים בנושא זה נערכו בדגי זהב. החוקר הקנדי ריצ'רד פִּיטֶר (Richard Peter) ושותפיו הרסו על ידי צריבה מקומית מדויקת אזורים שונים בהיפותלאמוס של דגים ובדקו את רמת הגונאדוטרופין בדמם. הם מצאו כי הרס הגרעין הפרה-אופטי התחתון (NPP - Nucleus Preopticus Paraventricularis) או הרס הגרעין הנמצא בצד הגחוני-לטרלי של החדר השלישי (NLT - Nucleus Lateralis Tuberis) הביא להפסקת התנודות היומיות ברמת הגונאדוטרופין בדם ולניווון השחלות. החוקרים הניחו כי בגרעינים היפותלאמיים אלה נוצר חלבון (פפטיד) המעורר את הפרשת הגונאדוטרופין מההיפופיזה של הדג.

ההורמונים ההיפותלאמיים המעורבים ברבייה:

GnRH, הורמון המשחרר גונאדוטרופין: ה-GnRH הנו חלבון (פפטיד) בעל 10 חומצות אמינו אשר בודד תחילה מיונקים. בדגים הוא בודד לראשונה מהיפותלאמוס של סלמון. כיום ידועות

כ-16 צורות שונות של הורמון זה. שמן של הצורות נקבע על פי היצור הראשון בו זוהתה הצורה. רצפי חומצות האמינו בצורות GnRH העיקריות מובאים בטבלאות מס' 1 ו-2.

טבלה מס' 1: רצף חומצות אמינו במולקולות GnRH שונות בחולייתנים

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mammal	pGlu	His	Trp	Ser	Tyr	Gly	Leu	Arg	Pro	Gly-NH ₂
Guinea Pig	pGlu	Tyr	Trp	Ser	Tyr	Gly	Val	Arg	Pro	Gly-NH ₂
Chicken-I	pGlu	His	Trp	Ser	Tyr	Gly	Leu	Gln	Pro	Gly-NH ₂
Chicken-II	pGlu	His	Trp	His	Tyr	Gly	Trp	Tyr	Pro	Gly-NH ₂
Sea bream	pGlu	His	Trp	Ser	Tyr	Gly	Leu	Ser	Pro	Gly-NH ₂
Salmon	pGlu	His	Trp	Ser	Tyr	Gly	Trp	Leu	Pro	Gly-NH ₂
Catfish	pGlu	His	Trp	Ser	His	Gly	Leu	Asn	Pro	Gly-NH ₂
Dogfish	pGlu	His	Trp	Ser	His	Gly	Trp	Leu	Pro	Gly-NH ₂
Lamprey-III	pGlu	His	Trp	Ser	His	Asp	Trp	Lys	Pro	Gly-NH ₂
Lamprey-I	pGlu	His	Tyr	Ser	Leu	Glu	Trp	Lys	Pro	Gly-NH ₂
Herring	pGlu	His	Trp	Ser	His	Gly	Leu	Ser	Pro	Gly-NH ₂

טבלה מס' 2: רצף חומצות אמינו במולקולות GnRH בחסרי חוליות

Tunicate-I	pGlu	His	Trp	Ser	Asp	Tyr	Phe	Lys	Pro	Gly-NH ₂
Tunicate-II	pGlu	His	Trp	Ser	Leu	Cys	His	Ala	Pro	Gly-NH ₂

Ala = אלאנין	Gln = גלוטמין	Lys = ליזין	Tyr = טירוזין
Arg = ארגינין	Glu = חומצה גלוטמית	Phe = פניל אלאנין	Val = ואלין
Asn = אספרגין	Gly = גליצין	Pro = פרולין	
Asp = חומצה אספרטית	His = היסטידין	Ser = סרין	
Cys = ציסטין	Leu = לאוצין	Trp = טריפטופן	

ניתן לראות כי מתוך 10 חומצות האמינו שבמולקולת ה-GnRH, עיקר ההבדל בין מולקולות ההורמון ממקורות שונים נמצא בעמדות מס' 7 ו-8. הודות לדמיון הרב במבנה בין מולקולות ה-GnRH ממקורות שונים, אין זה מפתיע כי GnRH שמקורו ביונקים מעודד הפרשת גונאדוטרופינים גם כאשר הוא מוזרק לדגים.

לאחרונה התברר כי בדגים ובדו-חיים קיימות במקביל במוח ובהיפופיזה שלוש צורות של GnRH. בדג הספרוס (Sea Bream) למשל, הצורה הראשונה היא זו האופיינית למין (Sea bream GnRH). הצורה השנייה היא זו המכונה עוף. צורה המופיעה כמעט בכל בעלי החוליות. הצורה השלישית תהיה במקרה של הספרוס זו המכונה סלמון (Salmon GnRH). מבין שלוש צורות אלה, Sea bream GnRH נמצא בהיפופיזה בכמות רבה פי 400 ביחס לשתי הצורות האחרות. על כן, מקובל לחשוב כי זו הצורה הגורמת להפרשת הגונאדוטרופינים. בהיפופיזה של זוחלים, עופות ויונקים קיימים שני סוגי GnRH: GnRH: Sea bream GnRH ו-Chicken GnRH II. בהתאם, נמצא כי בקבוצות שונות קיימים גם יותר מסוג אחד של קולטנים להורמון זה.

בהיפופיזה של דג הספרוס נמצאו אנזימים הקוטעים את מולקולת ה-GnRH בין החומצה האמינית החמישית לשישית ובין התשיעית לעשירית. קטעי מולקולות אלה הנם חסרי פעילות ביולוגית כלשהי. בדרך זו מבטל הגוף את פעילותו של ה-GnRH זמן קצר לאחר הופעתו בתאי ההיפופיזה או בדם. יש להניח כי מצב כזה מתקיים גם במיני דגים אחרים. ניתן לייצר תרכובות דומות ל-GnRH בהן הותמרה החומצה האמינית גליצין (בעמדה 6) באיזומרים מטיפוס D של ארגינין או של אלאנין. שינוי נוסף במולקולה היה התמרת הגליצין בעמדה 10 ב-N-אֶתִּילֶאָמִיד. התמרות אלה הקנו לאנלוגים אלה של GnRH פעילות ביולוגית מוגברת עקב פירוקם האיטי בגוף הדג לו הם מוזרקים. השיטות המתקדמות לאילוף הטלה בדגים מבוססות על שימוש באנלוגים חדשים כאלה.

העיכוב הדופאמינרגי על הפרשת הגונאדוטרופינים בדגים

למרבה הפלא, כאשר המשיכו החוקרים וערכו צריבות נרחבות יותר במוח הדג, אשר פגעו גם בגבעול העצבי המקשר בין ההיפותלמוס להיפופיזה חלה תופעה הפוכה: רמת הגונאדוטרופינים עלתה וחלק מהדגים אף שחררו ביצים. מכך הסיקו כי בהיפותלמוס קיים גם אזור המפריש הורמון המעכב הפרשת גונאדוטרופין מההיפופיזה. הריסתו של אזור זה יכולה להגביר את הפרשת הגונאדוטרופינים. חומר זה נקרא GRIF - Gonadotropin Release Inhibiting Factor. במחקרים נוספים התברר כי חומר זה הוא הדופאמין. ניתן לחלק את הדגים לשתי קבוצות: לדגים בעלי עיכוב דופאמינרגי חזק כגון הקרפיון, דג-הזהב, אמנונים, שפמנון, טרוטה וחדקן, ולדגים בעלי עיכוב דופאמינרגי חלש, עמם נימנים בעיקר דגי ים כמו הספרוס והלברק. קיימים סמים המסוגלים לעכב את פעולת הדופאמין: הפימוזיד או המיטוקלופראמיד, פועלים

בדרך ספציפית, כאשר הם מתחרים עם הדופאמין על אתרי הקישור שלו ומונעים בכך את הפעלת הקולטנים (חומרים המבטלים פעילות של חומר אחר תוך שהם מתקשרים לקולטן שלו ומונעים את פעולתו נקראים אַנְטַגוֹניסְטִים). לפיכך, כאשר מעוניינים להביא לעידוד הפרשת גונאדוטרופינים במיני דגים בעלי עיכוב דופאמינרגי חזק על ידי הזרקת GnRH או אנלוג שלו, בעל פעילות יתר, רצוי לבטל גם את פעילותו של הדופאמין האנדוגני על ידי אחד מאנטגוניסטים אלה.

מבנה ההיפופיזה

ההיפופיזה של דגי־גרם מורכבת ממספר אונות, כאשר בכל אחת מהן קבוצות אחדות של תאים המפרישות, כל אחת, הורמון היפופיזיאלי אחר. Pars Neurointermedia עשויה בעיקרה מסילות עצבים המגיעות מגרעיני המוח: Nucleus Paraventricularis ו־Nucleus Preopticus. קצות העצבים ממסילות אלה מפרישים את ההורמונים Mesotocin ו־Vasotocin. הראשון משפיע על לחץ הדם, על זרימת הדם בזימים, על הפרשת השתן ועוד, והשני מסוגל להביא להתכווצות השרירים החלקים בדופן השחלה ולגרום לפליטת הביצים מחלל השחלה לאחר הביצ. מלבד מסילות העצבים הנורוהיפופיזיאליות ונימי דם רבים, נכללים באונה זו גם תאים אפיליאליים, המפרישים את ההורמון (MSH) Melanophore Stimulating Hormone. הורמון זה מביא לפיזור גרגירי מלאנין בתאים המכילים פיגמנט שחור, דבר הגורם להתכהות צבע העור.

האונה Pars Distalis נחלקת לשתי תת־אונות. אחת האונות היא ה־Rostral Pars Distalis, אשר בה מרוכזים כל התאים המפרישים את ההורמון פְּרוֹלַאקְטִין (Prolactin), האחראי לוויסות משק המים והמלחים של דגים המצויים במים מתוקים. כמו כן, מצויים באונה זו התאים המפרישים את ההורמון (ACTH) Adrenocorticotrophic Hormone, המפקח על הפרשת הורמונים הנקראים קוֹרְטִיקוֹסְטֵרוֹאִידִים מהרקמה הפנימית המצויה בכליית הראש של הדג (כליית הראש היא שריד של הכליה העוברית, שאינה פעילה בדג הבוגר).

הפעילות הגונאדוטרופית בדגים



הגונאדוטרופינים הנם הורמונים המפקחים על מרבית הפעילויות של האשך והשחלה. התפתחות האשך והשחלה, או החידוש העונתי בגדילתם, תלויים בנוכחות גונאדוטרופינים. פעילות הגונאדוטרופינים על תאי המין יכולה להיות ישירה או עקיפה על ידי עידוד של יצירת הורמוני המין בגונאדות.

באשך, מעודדים הגונאדוטרופינים את החלוקה ואת ההתמיינות של תאי המין. עידוד זה אינו ישיר, אלא מתווך באמצעות העלייה בייצור האנדרוגנים באשך. סמוך למועד שחרור תאי הזרע, מביאה גיאותרם ברמת הגונאדוטרופין ליצירת הפרוגסטרין $17\alpha-20\beta$ dihydroxy-4-pregnen-3-one (17,20-P). האחרון מביא להעלאה ברמת יוני אשלגן בנוזל הזרע, וייתכן גם לתופעת ההידרציה (ספיחת מים) של האשך המתחוללת בזמן זה, ומתבטאת בדילול הזרמה.

בנקבות הנמצאות בשלב הוויטלוגני (תמונה מס' 1 בצד ימין), מעודדים הגונאדוטרופינים הפרשת אסטרדיול מהשחלה, ובעקבות זאת את הסינתזה של ויטלוגנין בכבד. הגונאדוטרופינים מעוררים גם את הקליטה של הוויטלוגנין באווציטים והפיכתו לחומר התשמורת (חלמון) של הביצה. החלמון משמש לבניית גוף העובר ומספק את האנרגיה הדרושה עד שהפגית תחל להיזון באופן עצמאי. עם תום השלב הוויטלוגני, ובמידה ומתקיימים תנאים סביבתיים מתאימים, חלה גיאותרם דרמטית ברמה הגונאדוטרופינים בדם ובעקבותיה עולה רמת הפרוגסטרין, המלווה לעתים בירידה ברמת האסטרדיול. כל אלה מביאים לסיום תהליך הבגירה של האווציט ומאפשרים את ביוצו (תמונה מס' 1 בצד שמאל).

הגונאדוטרופינים של דגים, כמו אלה של חולייתניים אחרים, הנם גליקופרוטאינים, דהיינו חלבונים אליהם קשורות קבוצות סוכר. בדומה למרבית החולייתניים, גם בדגים ישנם שני הורמונים גונאדוטרופיים (FSH - Folticle Stimulating Hormone, LH - Luteinizing Hormone). כל אחד משני אלה בנוי משתי תתייחידות, α ו- β , כמו בחולייתניים אחרים, תתייחידה α של שני הגונאדוטרופינים זהה, בעוד תתייחידה β שונה והיא הקובעת את הפעילות הביולוגית של ההורמון. לפי מודל אשר מבוסס בעיקר על מחקרים בדגים ממשפחת הסלמונידיים, FSH מופיע בדגים צעירים או בראשית תקופת ההתחדשות העונתית של הגונאדות, בעוד ש-LH מופיע רק בדגים בוגרים, סמוך לעונת ההטלה. FSH מעודד הפרשת אסטרדיול מהשחלה, בעוד LH יעיל יותר מ-FSH בעירור הפרשת הפרוגסטרין. כמו כן, נמצא כי FSH מעורר את קליטת הוויטלוגנין בשחלה בעוד LH חסר פעילות כזו (תמונה מס' 1). בדיקות הראו כי אצל היפופיזות דגים, בניגוד לנעשה בהיפופיזות יונקים, כל אחד מההורמונים האלה מופרש מסוג תאים מיוחד לו.

הגונאדות



ההתפתחות העוברית של הגונאדות

הגונאדות בדגים, כמו ביתר החולייתניים, מתפתחות מרכזים מזודרמאליים הנמשכים בעובר משני צדי עמוד השדרה ובולטים לתוך חלל הבטן. אל רכסים אלה, הבנויים מאפיתל הצפק

ומרקמת חיבור תחוחה, נודדים תאי המין הראשוניים שמקורם ברקמת האנדודרם העוברי. תאי המין הראשוניים מתרבים בחלוקה מיטוטית והופכים את הרכסים הגניטאליים לגושים אורכיים המאוכלסים בתאים משני מקורות: התאים המְזוֹדְרָמָלִים של הרכס הגניטאלי ותאי המין שמקורם אֶנְדוֹדְרָמָלִי. הרכסים הגניטאליים מתחילים את התפתחותם בצד הקדמי של חלל הבטן וממשיכים כלפי הזנב. תחילה הם צומחים כלפי הצד הגחוני ואחר כך חוזרים כלפי הצד הגבי ומתאחדים עם בסיס הרכס הגניטאלי. כך נוצרת גונאדה חלולה. המשך החלל הוא צינור המין. בשלב זה לא ניתן לזהות אם הגונאדה הנה זכרית או נקבית. גונדה בשלב זה – טרם ההתמיינות – נקראת גונאדה אֵינְדִּיפֶרֶנְטִית (Indifferent gonad). אורכו של שלב זה שונה ממין דג אחד למשנהו ומושפע מהטמפרטורה בה שוהים הדגים. זהו השלב המתאים ביותר להיפוך הזוויג (שינוי מנקבות לזכרים או להפך) על ידי טיפול הורמונלי. חשיפת דגים בעלי גונדה אינדיפרנטית לסטרואידים סינתטיים יכולה להטות את זוויג הדג: חשיפה לאסטרוגנים סינתטיים כמו אֶתִינִיל-אסטרוידיל תגרום ליצירת קבוצה דגים בעלת אחוז גבוה של נקבות, בעוד חשיפת הדגים לאֶתִינִיל-טסטוסטרון או לִמְתִינִיל-טסטוסטרון תגרום לקבוצת הדגים המטופלים להתפתח לאוכלוסייה חד-זוויגית של זכרים.

ההורמונים הסטרואידים בגונאדות

הסטרואידים הם קבוצה של תרכובות המסיסות בשומן או במיסים אורגניים. כל הסטרואידים בנויים משלד של שלוש טבעות משושות ואחת מחומשת. הדג מייצר הורמונים סטרואידיים רבים למדי, הניתנים לחלוקה הן על פי המבנה הכימי שלהם והן על פי פעילותם הפיזיולוגית. אנו נעסוק בסטרואידים הקשורים לרבייה.

האֶסְטְרוֹגֶנִים מפקחים על תהליכי הרבייה בנקבת הדג, ואילו ה**אֶנְדְרוֹגֶנִים** מפקחים על תהליכי הרבייה בזכר ומסוגלים גם לעודד את גדילת הגוף. ה**פְּרוֹגֶסְטִינִים** מעורבים בתהליך הבגירה של האווציטים בנקבה, וכן בשלבים הסופיים של ייצור הזרע בזכר. ריכוזם של הסטרואידים בדם משתנה בשלבים השונים של הרבייה. ריכוז הסטרואידים בפלסמה הנו תוצאה של קצב ייצורם, פיזורם במדורי הגוף השונים וקצב פירוקם המטבולי, בעיקר בכבד. משך מחצית חייו של הורמון סטרואיד הוא קצר יחסית, ויכול להימשך מדקות אחדות עד כמה עשרות דקות.

תיאור מפורט של סינטזת סטרואידים (ראו תמונה מס' 2)

מקורם של ההורמונים הסטרואידים הוא במולקולת הכולסטרול: על ידי ניתוק השרשרת הצדדית מתקבל פְּרֶגְנֵנֹלִין. זה האחרון יכול להפוך לפרוגסטרון על ידי חמצון בקבוצה ההידרוקסילית הצמודה לפחמן 3, ועל ידי מעבר הקשר הכפול בין פחמנים 5-6 לפחמנים 3-4. הידרוקסילציה של פחמן 17 בעמדה α יוצר סטרואיד אחר 17α hydroxyprogesterone אשר נגזרותיו מהוות קבוצות שונות של הורמונים פעילים בדגים.

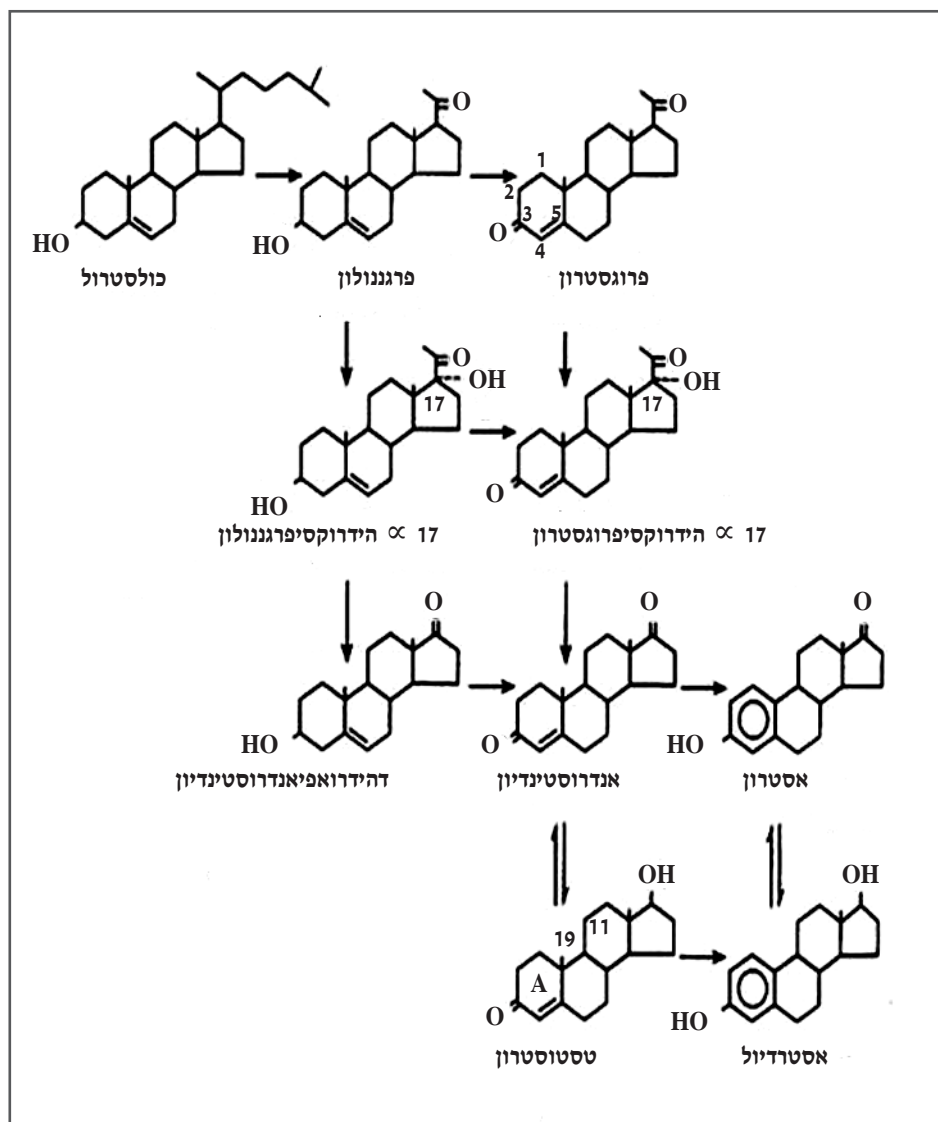
הידרוקסילציה בפחמן 20 יוצרת את הפְּרֶגְנֵנֹן-3-one-4-dihydroxy- $17\alpha,20\beta$ (הקרוי גם 17,20-P). הורמון זה מביא לבגירה הסופית של האואוציטים ולביוצם, וכן מעורב בעיכוב התנועה של תאי הזרע המאוחסנים באשך. סטרואיד זה משמש גם כפרומון בקרפיונים. ניתוק פחמנים 20-21 וחמצון פחמן 17 יוצר אַנְדְרוֹסְטֵנְדִין שהוא אנדרוגן בעל פעילות בינונית, אך חשיבותו בכך שהוא מהווה חומר מוצא לאנדרוגנים פעילים יותר.

חיזור (תוספת מימן) של פחמן מס' 17 באַנְדְרוֹסְטֵנְדִין מביא ליצירת טסטוסטרון, ואילו הידרוקסילציה בפחמן 11 של הטסטוסטרון וחמצונו של ההידרוקסיל יוצרים את האנדרוגן הפעיל של הדגים – הוא 11-קֶטוֹטסטוסטרון. הפיכת טבעת A (הטבעת השמאלית) בטסטוסטרון לטבעת ארומטית וסילוק הקבוצה המתילית (פחמן 18) יוצרת את האסטרדיול (17β Estradiol) שהוא ההורמון הנקבי העיקרי בדגים.

היווצרות האשך והתפתחותו

התארגנות האשך מן הגונאדה הראשונית הבלתי ממוינת (אינדיפרנטי) חלה בקרפיונים השרויים במים בטמפרטורה של 23 מ"צ בין השבוע ה-21 לבין השבוע ה-25 לאחר ההפריה. התארגנות האשך מתרחשת בגיל מאוחר יותר מאשר התארגנות השחלה. במהלך ההתארגנות תאי המין הראשוניים מתרבים בחלוקה מיטוטית והופכים לְסֶפְרֶמְטוֹגוֹנִיָה שהם תאים גדולים בעלי גרעין גדול. הספרמטוגוניה, יחד עם תאים ממוצא הרכס הגניטאלי, מתארגנים באוניות (Lobuli) חלולות המתנקזות לחלל האשך. חלל האשך מתקשר לצינור מוליך-הזרע (Sperm duct) הנפתח החוצה על גבי פטמית מחודדת (Genital papilla).

כל אחת מהאוניות מוגבלת בצדה החיצוני בממברנה בסיסית דקה, המצופה בצדה הפנימי באפיתל הֶגְרְמִינָאטִיבִי (germinative epithelium) שהוא אפיתל רב-שכבתי. מצדה החיצוני של הממברנה הבסיסית מצויים תאים מיואידים (Myoid cell). תאים אלה מקנים לאונית כושר התכווצות. באפיתל הגרמינאטיבי מצויים תאי המין בשלבי התפתחותם השונים וביניהם תאים גדולים המגיעים עד לחלל של האונית, אלה הם תאי סֶרְטוֹלִי (Sertoli cells).



תמונה מס' 2: סינטזת סטרואידים

תאי סרטולי: תאים גדולים אלה ערוכים כך שדופנותיהם הצדדיות נוגעות זו בזו, פרט לרווחים בהם נמצאים תאי המין בשלבי התפתחותם השונים. בנקודות המגע בין תאי סרטולי סמוכים קיימים צמתים חוסמים (Tight junctions), היוצרים שני מדורים בתוך האונית: מדור בסיסי (הקרוב לממברנה הבסיסית) בו נמצאים הספרמטוגוניה והספּרמטוֹצִיטִים הראשוניים, ומדור פנימי (הקרוב לחלל האונית) בו שרויים הספרמטוציטים השניוניים, הספּרמטוֹצִיטִים ותאי הזרע (ספּרמטוֹזוֹאָה). הנוזל הבין-תאי במדור הבסיסי מצוי בשווי משקל עם נוזל הדם, והוא שונה מזה של המדור הפנימי. המחסום בין שני המדורים, שהוא אנטומי ופיזיולוגי כאחד, קרוי Blood-testis barrier ומתייחס בעיקר לחדירות של חלבונים. ייתכן, כי מחסום זה נועד למנוע חדירה של אנטיגנים המיוצרים על ידי תאי המין ההפלואידיים אל מדורי הגוף. יצירת נוגדנים בגוף הדג כנגד אנטיגנים אלה תביא להרס תאי המין על ידי הנוגדנים.

תאי סרטולי מייצרים ומפרישים חומרים רבים החיוניים להתפתחות תאי הזרע הסמוכים אליהם. בין החומרים המיוצרים על ידי תאי סרטולי ראוי לציין את החלבון הקושר אנדרוגנים (ABP = Androgen Binding Protein) הקושר אליו את האנדרוגן 11-קטוטסטוסטרון (11-ketotestosterone) המופרש מתאי לִידִיג (ראה להלן), ומעלה בכך את רמת האנדרוגן בתא. האנדרוגן הקשור ל-ABP חיוני להתפתחותם של תאי המין. ביונקים, מפרישים תאי סרטולי הורמונים חלבוניים (Activin, Inhibin) המווסתים את הפרשת הגונאדוטורופינים מההיפופיזה. חומר דמוי Inhibin נמצא גם בדגים. מסתבר, כי הן ה-Inhibin והן ה-Activin של היונקים מעוררים ביעילות רבה את הפרשת הגונאדוטורופינים של דג-הזהב. תאים גרמינאטיביים, הדבוקים לתאי סרטולי מסוגלים לשמור על חיוניותם בתרבות רקמה למשך זמן רב יותר מאשר אלה המנותקים מתאי סרטולי. עובדה זו מצביעה על חשיבותם של תאי סרטולי לחיוניותם של תאי המין הזכריים במהלך התפתחותם. תפקיד נוסף אשר נהוג לייחס לתאי סרטולי הוא בליעה וסילוק (פגוציטוזה) של שיירי הציטופלסמה של תאי המין ושל תאי הזרע הפגומים.



תאי לִידִיג: ברווחים הנוצרים בפינות שבין אוניות אשך סמוכות ניתן למצוא נימי דם, צינורות לימפה, פיברובלסטים וכן תאים גדולים בעלי מיטוכונדריה מפותחות וטיפות שומן רבות. אלה הם תאי לִידִיג (Leydig cells) או התאים האֵינְטֶרְסְטִיצִיאִליים, המהווים את המקור להורמון האנדרוגני 11-קטוטסטוסטרון, שהוא האנדרוגן של דג-הגרם. החוקר מִיּוּרָה (Miura) וחובריו הצליחו לגדל קטעי אשך של הצלופח היפני בתרבות, והראו כי תוספת גונאדוטורופינים לתרבות הביאה תוך 24 יום להתפתחות מלאה ותקינה של תאי זרע. התפתחות זו הייתה מלווה בהפרשה מוגברת של 11-קטוטסטוסטרון מתאי לִידִיג ובשגשוג של תאי סרטולי. זאת ועוד, בניסוי אחר, תוספת של 11-קטוטסטוסטרון בלבד, הביאה גם היא להתפתחות תקינה של תאי זרע ולשגשוג של תאי סרטולי. מכאן, ניתן להסיק כי העידוד הגונאדוטורופי של יצירת תאי זרע באשך הדג נעשה באמצעות האנדרוגן המופרש מתאי לִידִיג.

הפרייה: לרוב הדגים יש אשכים מאוד גדולים, היכולים להגיע עד לכדי 10% עד 15% ממשקל גופם, והם מסוגלים להפריש, בשעת הצורך כמויות גדולות מאוד של תאי זרע. ברוב מיני הדגים ייצור תאי זרע אצל הזכר נעשה מהר יותר ובכמות רבה יותר מאשר ייצור ביציות אצל הנקבה. על כן, בדרך כלל תקבע הנקבה את עיתוי ההפריה. ברוב דגי־הגרם ההפריה היא חיצונית. על כן, יעילות הפריה אצל דגים המטילים ביים הפתוח נמוכה יחסית ליעילות ההפריה אצל דגים אשר יטילו במקווי מים קטנים יותר, בהם זרימת המים איטית. כדי לשפר את יעילות ההפריה רצוי לתאם ככל האפשר את שפיכת תאי הזרע על ידי הזכר עם הטלת הביציות על ידי הנקבה. לצורך כך פיתחו דגים שונים שיטות חיזור שונות. אנו נביא כאן את הדוגמה של דג האמנון.

פירושה של המילה נון היא דג. והשם אמנון היא צירוף של אם (אמא) ודג – צירוף הבא ללמד שהדג מטפל בצאצאים שלו. דגי האמנון מתרבים במעין "משפחה" המורכבת מזכר דומיננטי וממספר נקבות. זמן רב לפני ההפריה מקימים הדגים "קן" בתחתית האקווריום או הבריכה, והדגים מתקשטים בצבעי חיזור אופייניים. לפני ההפריה מקיימים הזכר והנקבה טקס חיזור הנמשך מספר דקות וכולל רדיפת הזכר אחרי הנקבה, הגבלתה לאזור הקן והרעדה מהירה של הסנפירים. הנקבה מצדה מרעידה גם היא את הסנפירים והפִּילָה (פתח המין) שלה מתחילה לבלוט ולהאדים, ושני בני הזוג שוחים שחיית ראווה לאורכו של האקווריום וזו מסתיימת בהטלת כ־200 ביצים על ידי הנקבה בקרבת הקן. מיד לאחר מכן הזכר שופך את תאי הזרע. הנקבה תשא את הפגיות או לאחר מכן את הדגיגים הצעירים במשך כשבועיים בפייה. במשך תקופה זו היא לא תאכל ולא תתחיל את עונת הרבייה הבאה. בדגי סחוס, כמו הכרישים למיניהם, קיימת הפריה פנימית המתאפשרת הודות לכך שסנפיר השת של דגים אלה עבר שינוי והוא משמש להחדרת הזרע אל מערכת המין הנקבית. תיאור הרבייה בדגים משריצי חיים יובא בהמשך בחלק על דגי הנוי.



היווצרות השחלה והתפתחותה

בקרפיונים השוהים בטמפרטורה של 23 מ"צ מתחילה השחלה של נקבות צעירות לקבל את צורתה האופיינית 17 עד 21 שבועות לאחר ההפריה. תאי המין גדלים בנפחם והופכים לאואוגוֹנִיָּה (Oogonia). האואוגוניה מתרבים בחלוקות מיטוטיות מספר פעמים, ואז חלקם מתחיל את חלוקת ההפחתה (מיזזה). אולם, תהליך המיזזה נעצר באמצע הפרופאזה של החלוקה הראשונה; תא מין נקבי בשלב זה קרוי אואוציט ראשוני. כבר בראשית התפתחותו מתעטף האואוציט במעטפה (פוליקל או זקיק) העשויה שתי שכבות של תאים־מְלֹיִים שמקורם במזודרם של הרכס הגניטאלי. השכבה הפנימית, הבאה במגע ישיר עם האואוציט, הנה אפיתל חד־שכבתי והיא נקראת שכבת הגְרַנּוּלוֹזָה (Granulosa). לשכבה זו מייחסים תפקידים אחדים כמו העברת חומר הגלם לבניית החלמון, ספיגת החלמון מאואוציטים מתנוונים וגם ייצור הורמונים סטרואידיים. השכבה החיצונית, הקרויה שכבת התקה (Theca) ועשויה תאי רקמת חיבור,

מכילה כלי דם ותאים בעלי כושר ייצור סטרואידים. בשחלה הצעירה ניתן להבחין בזקיקים אשר במרכזו של כל אחד מהם אואוציט גדול בעל גרעין בולט.

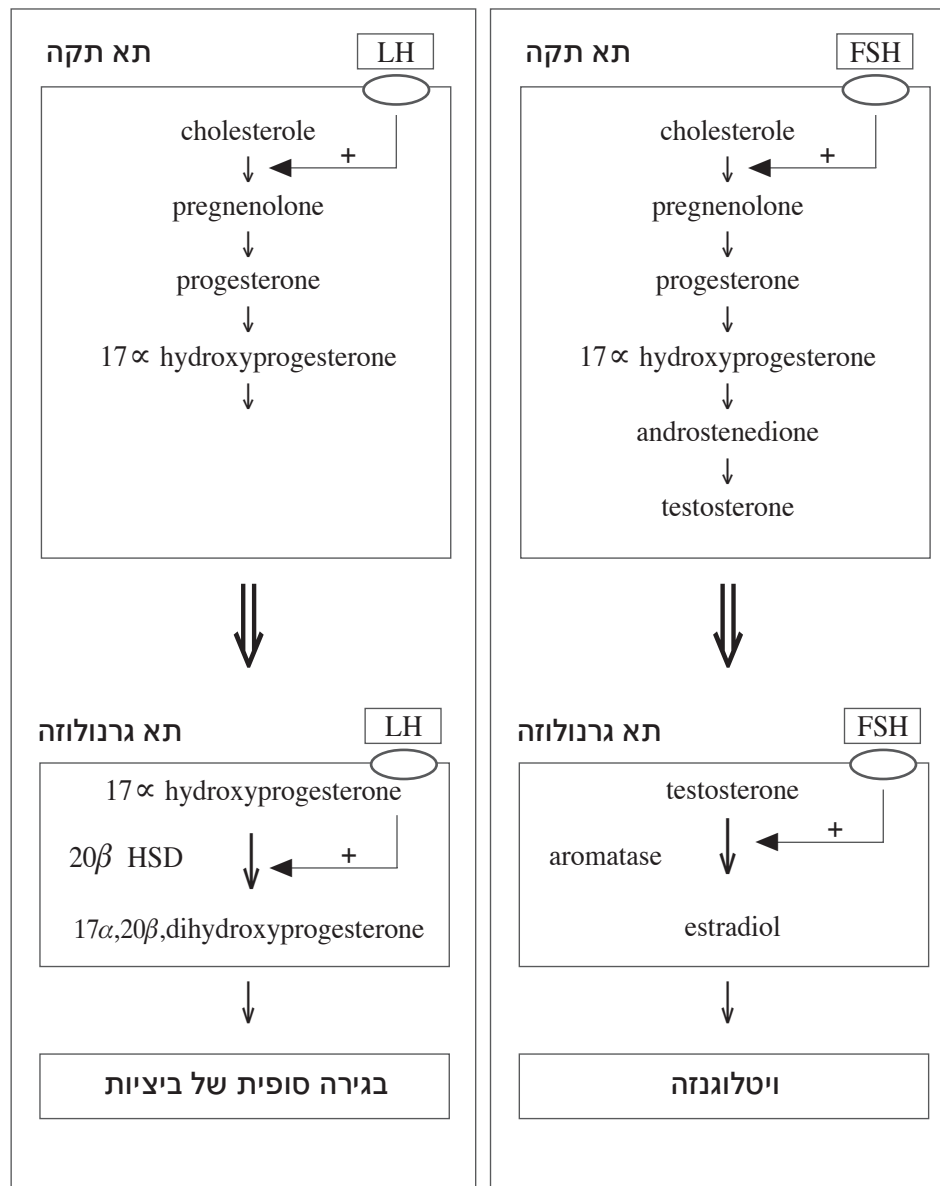
שחלות הדג הן זוג של שקים חלולים המונחים משני צדי שלפוחית השחיה, ומתנקזים כל אחד בצינור קרומי דק (צינור הביצים) אל הפתח הגניטלי המצוי על פני פטמית קטומה (פפילה גניטאלית) בגחונה של נקבת הדג, סמוך לקדמת הזנב. כל שק כזה בנוי משכבה של רקמת חיבור שבה מפוזרים כלי דם וסיבי שרירים – חלקים המקנים לשחלה כושר התכווצות מסוים. מבחוץ, עטוף כל שק באפיתל של הצפק. צדו הפנימי של שק השחלה עשוי מהאפיתל הגרמינאטיבי המקופל בקפלים מרובים וצפופים (Ovigerous lamellae) המאוכלסים באואוציטים בדרגות התפתחות שונות.

עם התפתחותו יוצר האואוציט בהיקפו קרום עבה, שיהווה בעתיד את קליפת הביצה (Chorion) ואשר במגעו עם המים לאחר ההטלה יתפח וייצור את הדבק המצמיד את הביצים המוטלות אל המצע. החומר ליצירת הכוריון מיוצר בכבד בהשראת אסטרדיול, ומועבר אל השחלה במחזור הדם, בדומה לוויטלוגנין (ראה למעלה). קרום עבה זה חצוי לרוחבו על ידי תעלות מיקרוסקופיות בהן מתחבר האואוציט על ידי שלוחות דקיקות (Microvilli) אל תאי הגרנולוזה. במקום בו עתיד להתפתח הקוטב האנימלי של הביצה, גדל אחד מתאי הגרנולוזה בצורה בולטת ומעכל נקב צר לכל רוחבו של הכוריון. הנקב קרוי מיקרופילה (Micropyle), ודרכו חודרים תאי זרע אל הביצה העטופה סביב בקליפת הכוריון.

המרכיבים האנדוקריניים בשחלה

מעטפת תאי הגרנולוזה: השכבה הפנימית הצמודה אל קרום תא הביצית היא אפיתל חד-שכבתי של תאי הגרנולוזה. לאואופלזמה (הציטופלזמה של האואוציט) יש מספר רב של שלוחות רדיאליות הצמודות לשלוחות ציטופלסמטיות מקבילות של תאי הגרנולוזה. קרוב לוודאי, שתאי הגרנולוזה ממלאים תפקיד בהעברה של הוויטלוגנין המגיע לשחלה עם זרם הדם ועובר ברווחים הצרים בין השלוחות הרדיאליות הללו בדרכו אל האואוציט.

במשך התפתחותו, מפריש האואוציט את מעטפת הכוריון מסביב לשלוחות הציטופלסמטיות האלה. בחתך מיקרוסקופי, ניתן להבחין בשלוחות האלה כפספוס רדיאלי עדין, מכאן הכינוי הנוסף לכוריון – Zona radiata. אם האואוציט מפסיק מסיבה כלשהי את התפתחותו או איננו מגיע לכלל ביוץ, הוא עובר תהליך של ניוון הקרוי אטרזיה (Atresia). בתהליך זה, הופכים תאי הגרנולוזה לתאים פגוציטיים הסופגים את החלמון ומעכלים אותו: תאי הגרנולוזה גדלים אז במידה מוגזמת ויוצרים גופיף זמני בשחלה הקרוי Corpus atreticum. בנוסף לשני תפקידים אלה, הקשורים במעבר חומרים חלמוניים, משמשים תאי הגרנולוזה מקור להורמוני השחלה: אסטרדיול ופרוגסטרין.



תמונה מס' 33: התהליכים הסטרואידוגניים הנפרדים בתאי התקה ובתאי הגרנולוזה המביאים במשותף ליצירת פרוגסטיין הביוץ (17,20-P) בשחלה בשלב הבגירה.

תמונה מס' 34: התהליכים הסטרואידוגניים הנפרדים בתאי התקה ובתאי הגרנולוזה המביאים במשותף ליצירת אסטרדיול בשחלה בשלב הויטלוגני.

מעטפת תאי התקה (Theca): בהיקפה של שכבת תאי הגרנולוזה מצויה שכבה דקה של רקמת חיבור, זוהי מעטפת התקה (theca). בשכבה זו מצויים נימי דם וסיבי רקמת חיבור. חלק מתאי התקה גדולים יותר מתאי תקה אחרים והם בעלי רטיקולום אנדופלסמטי חלק ומפותח ומיטוכונדריות בעלות רכסים. כל אלה מעידים על יכולתם של תאי התקה לייצר סטרואידים.

בסלמונים נערכו ניסויים בהם הצליחו להפריד בדרך מכנית בין שכבת התקה לבין שכבת הגרנולוזה. בניסויים אלה נמצא כי יצירת ההורמונים הפעילים של השחלה (אסטרדיול ופרוגסטין) נעשית בשני שלבים. בתקופה הוויטלוגנית מוצרים תאי התקה טסטוסטרון, וזה עובר בדיפוזיה (פעפוע) לתאי הגרנולוזה בהם מתקיימת הארומטיזציה שלו ליצירת אסטרדיול (תמונה מס' 3). סמוך למועד הביוץ, חל שינוי בתוצר הסטרואידוגנזה הסופי: ישנו צמצום ביצירת אסטרדיול ועלייה בייצור הפרוגסטין 17,20-P. גם סטרואיד זה מיוצר בשיתוף בין שתי השכבות של הזקיק: תאי התקה מסנתזים 17α -hydroxprogesterone וזה מפעפע לתאי הגרנולוזה בהם חלה הידרוקסילציה בפחמן 20 ליצירת הפרוגסטין 17,20-P.

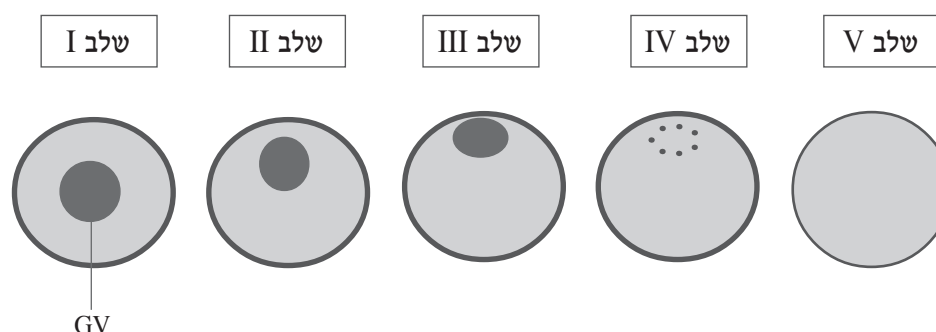


בגירת האוואציטים והביוץ

עם תום השלב הוויטלוגני, מגיע האוואציט לקוטרו המרבי, והאוואפלסמה דחוסה אז בגרידי חלמון. גרידי חלמון אלה יהיו את החומר ממנו יוצר גופו של העובר, והם שיספקו לעובר את האנרגיה הדרושה להתפתחותו עד לשלב בו הפגית מתחילה בתזונה עצמאית. אולם, מבחינה כרומוזומלית, האוואציט עדיין איננו בוגר מכיוון שטרם השלים את החלוקות המיטוטיות. במשך כל התקופה הוויטלוגנית, בה גדל האוואציט הראשוני בנפחו אלפי מונים, נשאר גרעין האוואציט בשלב הפרופאזה של המיוזה הראשונה. הכרומוזומים, שבתחילת הפרופאזה החלו להתקצר ולהתעבות, מתרווחים והופכים לצורה של כרומטין מפוזר המתארגן בגרעין גדול. במצב מיוחד כזה נקרא הגרעין בשם שלפוחית גרמינאלית (GV = Germinal vesicle). בשלב זה יכולה השחלה להישאר במשך חודשים אחדים עד אשר יבשילו התנאים להמשך ההתפתחות. חלק מהתנאים האלה ניתן לעקוף על ידי טיפול בהורמונים משרי הטלה (גונאדוטרופינים או GnRH).

בתהליך הבגירה עובר האוואציט הראשוני שינויים שאת חלקם ניתן לראות מבעד למיקרוסקופ (תמונה מס' 4). ראשית, השלפוחית הגרמינאלית, שנמצאה עד כה במרכז האוואציט, מתחילה לנדוד כלפי ההיקף למקום העתיד להפוך לקוטב האנימלי של הביצה, אשר נמצא ממש מתחת ל-Micropyle. משהגיעה השלפוחית לאותו מקום, משתנה המבנה שלה והיא איננה ניתנת יותר להבחנה במיקרוסקופ. למצב כזה קוראים "היעלמות השלפוחית הגרמינאלית"

(Germinal Vesicle Breakdown). בשלב זה מתחדשת החלוקה המיוטית הראשונה של האואוציט, וכתוצאה ממנה נפלט הגופיף הקוטבי הראשון, והאואוציט הראשוני הופך להיות אואוציט שניוני.



תמונה מס' 4:

דרגות הבגירה של הפוליקלים כפי שניתן לזהותן בביופסיה של שחלת הקרפיון לאחר שיקוף:

- I - השלפוחית הגרמינאלית (הגרעין = GV) בעמדה מרכזית.
- II - הגרעין החל בנדידתו לעבר הקוטב האנימלי (גרעין אקסצנטרי).
- III - הגרעין סיים את נדידתו והוא צמוד אל הכוריון בקוטב האנימלי.
- IV - היעלמות השלפוחית הגרמינאלית (GVBD).
- V - ביצה לאחר ביוץ הנמצאת בחלל השחלה ללא מעטפות הפוליקל.

האואוציט השניוני גם הוא איננו בשל לחלוטין מהבחינה הכרומוזומאלית כפי שנראה להלן, אולם זהו השלב שבו הוא חורג מתוך מעטפות הזקיק ונפלט לחלל השחלה. במצב זה ניתן לסחוט מחלל השחלה את הביצים שביוצו, על ידי לחיצה קלה על בטן הנקבה. רק בעקבות חדירת תא הזרע נשלמת החלוקה המיוטית השנייה והגופיף הקוטבי השני נפלט.

כמו שצוין קודם לכן, ההפריה ברוב מיני הדגים היא חיצונית, כאשר ברוב המקרים מתרחשת הטלת הביצים סמוך לשפיכת תאי הזרע. נקבת קרפיון, למשל, יכולה להטיל ביצים במשקל המגיע עד 20% ממשקל גופה. נקבות בוגרות מטילות יותר ביצים מנקבות צעירות. כך, נקבה במשקל 1 ק"ג מסוגלת להטיל בכל הטלה כ-200 ג' ביצים שהם 140,000 עד 160,000 ביצים. כ-90% מהביצים בוקעות והופכות לפגיות. כאשר מדובר בהטלה מאולצת במדגה, כ-50% עד 60% ממספר זה של פגיות אכן יגיעו אל השוק כדגים בוגרים. אחוזי ההישרדות בטבע נמוכים בהרבה.

שינויים עונתיים בפעולות הגונאדות



שינויים עונתיים במבנה השחלה ובפרופיל ההורמונלי בנקבות הדגים

רמת ההורמונים בדם נקבת הדג משתנה במהלך השנה. בקרפיון למשל, רמת גונאדוטרופין בינונית קיימת בתקופת התפתחות האוואציטים (סוף הקיץ, הסתיו וראשית החורף). זו מביאה להפרשת אסטרדיול, ומעודדת את הייצור של ויטלוגנין בכבד. הוויטלוגנין נקלט באוואציטים והופך שם לגרגירי חלמון. האוואציטים גדלים בנפחם ומגיעים לקוטרם המקסימלי בחודש פברואר. באביב, סמוך למועד ההטלה, חלה גיאות ברמת ה-LH. בעקבות ההטלה מתחולל שינוי במסלול יצירת הסטרואידים: רמת האסטרדיול יורדת ובמקומו נוצר פרוגסטין אשר נקלט על ידי האוואציטים, שם הוא גורם לחידוש התהליך המיוטי והביוץ. בנוסף לפעילותו המקומית עובר הפרוגסטין מחלל השחלה ומופרש בשתן אל המים, שם הוא פועל כפרומון מפעיל (Primer pheromone) אצל זכרים הקולטים אותו דרך הנחיריים. רמת ה-LH בדמם של אלה עולה וקצב יצירת תאי הזרע מתגבר. פרוסטגלנדינים המופרשים ממעטפות הזקיקים, משתחררים למים ומהווים Releaser pheromone. פרומונים אלה גורמים בזכרים להתנהגות האופיינית בעת ההטלה ובעת הפריית הביצים.



שינויים עונתיים באשך ובפרופיל ההורמונלי של הזכר

על השינויים העונתיים באשכי דגים בתנאי הארץ חסר ידע מהימן. כל שאנו יודעים הוא שניתן להפיק זרע מזכרים של רוב מיני הדגים במשך רוב עונות השנה. פירוש של דבר, כי בתנאי הארץ, תהליך יצירת הזרע בדגים הנו מתמשך, ופעילותו המינית של הזכר איננה מוגבלת לעונת ההטלה כמו בנקבות. מחקרים הראו כי הסטרואיד העיקרי בדמם של זכרים הוא 11-קטוטסטוסטרון: רמתו של האנדרוגן הייתה בהתאמה לערך האינדקס הגונאדו-סומאטי (GSI - Gonado-Somatic Index) מחושב כאחוז משקל הגונאדה מכלל משקל גוף הדג. ככל שהאינדקס גבוה יותר כן הגונאדה של הדג מפותחת יותר). הפרוגסטין 17,20-P נמצא רק בזכרים שופעי זרע בחודשי הקיץ. רמת הסטרואיד הזה בדם הייתה בהתאמה לגודלן של אוניות האשך שהכילו תאי זרע בשלים. לאחר עונת ההטלה ירדה רמתם של סטרואידים אלה לערכים נמוכים ביותר.

לפרוגסטין הביוץ בזכר מייחסים מספר תפקידים. בצורתו המסיסה במים (בצימוד לסולפטים או לחומצה גלוקורונית) הוא פעיל כפרומון מפעיל (Primer pheromone). נוכחות זכר המפריש פרומון כזה, או תוספת פרומון סינתטי כזה למים, מביאה בנקבות הנחשפות אליו לערור עצבי

באפיתל ההרחה בנחיריים, ובעקבות זאת לעלייה בריכוז ה-GTH בפלסמה. עלייה כזו ברמת 17,20-P עשויה להביא בזכר גם לעלייה בריכוז יוני האשלגן בנוזל הזרע. נוכחות ריכוז גבוה של יוני האשלגן מונעת את התנועה של תאי הזרע, ובכך נמנע "בזבוז" של המאגר המועט של ה-ATP בתאי הזרע המאוחסנים באשך. ככלל, תנועת תאי הזרע הנה מצומצמת בסביבה בעלת לחץ אוסמוטי גבוה, אך יון האשלגן הוא בעל פעולה מעכבת מובהקת. לעומת זאת, יונים דו-ערכיים, במיוחד יוני סידן, פועלים בדרך הפוכה, דהיינו, הם מעודדים את תנועת תאי הזרע. כאשר מוטלת הזרמה למים, נוזל הזרע מידלל, ריכוז האשלגן יורד ותאי הזרע מתעוררים לתנועה.

הטלה מאולצת בדגים



בנוכחותו של זכר, חשיפה של נקבות קרפיון בעלות שחלות בשלות (לאחר השלב הוויטלוגני) למים זורמים טריים, למצע הטלה או להעלאת הטמפרטורה יכולה להביא לביוץ ולהטלה ללא כל טיפול הורמונלי. ניתן להביא להטלה מבוקרת של דגים בכלל, וקרפיונים בפרט, כבר בראשית עונת ההטלה על ידי טיפול הורמונלי. אילוף הטלה צריך להביא לגיאות ברמת הגונאדוטרופין בדג, גיאות זו ניתנת להשגה בשתי דרכים: האחת, המכונה "הגישה ההיפופיזואלית", כוללת התערבות בציר היפופיזה-גונאדה על ידי הזרקת הגונאדוטרופין עצמו או חומר המכיל גונאדוטרופין (כמו מיצוי היפופיזה). הדרך השנייה, המכונה "הגישה ההיפותלאמית" כוללת התערבות בציר היפותלאמוס-היפופיזה על ידי זרוז ההפרשה של הגונאדוטרופין מההיפופיזה של הדג המטופל באמצעות הזרקת ההורמון ההיפותלאמי GnRH.



הגישה ההיפופיזואלית

כמקור לגונאדוטרופינים הדרושים לטיפול בדגים, ניתן להשתמש בתכשיר המכיל היפופיזות שנאספו מדגים ועברו כתישה. אולם, מאחר וריכוז הגונאדוטרופין בהיפופיזה של הקרפיון אינו אחיד לאורך השנה, שימוש בתכשיר שנוצר מהיפופיזות שנאספו במועדים שונים איננו מבטיח מינון אחיד של הגונאדוטרופין. בנוסף, הזרקת היפופיזות כתושות במים מחדירה לגוף הדג המטופל חלקיקי תאים וממברנות של דג אחר, העלולים לגרום לתגובות חיסוניות. מאידך, יש למיצוי ההיפופיזה גם כמה יתרונות. התכשיר זול יחסית כאשר ההיפופיזות מהן הוא מופק זמינות ממקור עצמי. זאת ועוד, מיצוי ההיפופיזה מכיל, בנוסף לגונאדוטרופין, גם הורמונים היפופיזואליים אחרים העשויים לסייע לביוץ תקין ולחיוניות הפגיות הבוקעות מהביצים. אחד

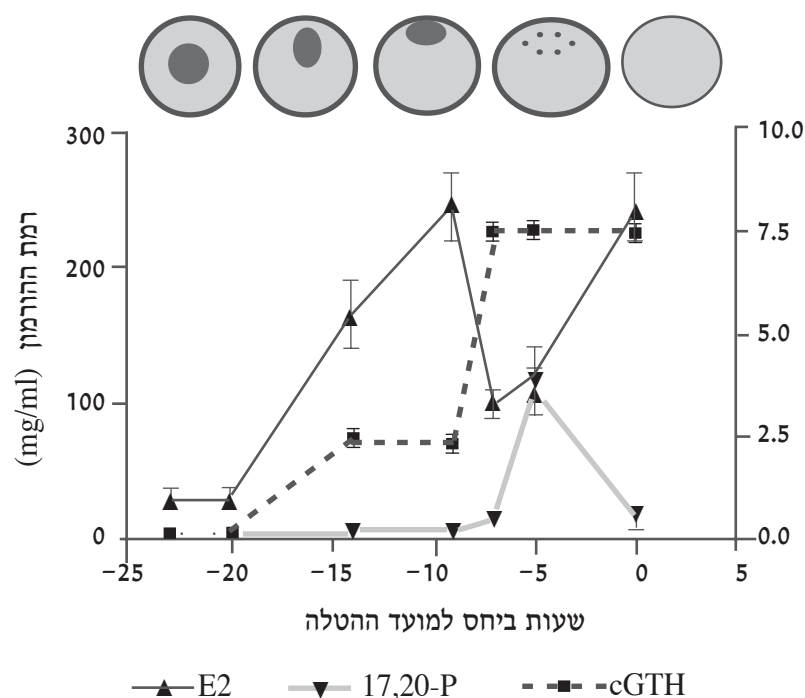
מאלה הוא ההורמון המעורר את בלוטת התירואיד. הורמוני התירואיד ובמיוחד tri-iodothyronine (T3) מסייעים להתפתחות התקינה של הפגיות.

כדי להתגבר על חוסר האחידות במהלך השנה בריכוז הגונאדוטרופין המתקבל לאחר מיצוי ההיפופיזות, וכדי להקטין את הנזק האפשרי הכרוך בהזרקת חלקיקי תאים לנקבת דג העוברת טיפול הורמונלי, פותח בארץ מוצר היפופיזיאלי מתאים יותר. לצורך הכנת המוצר ההיפופיזות עוברות עיבוד הכולל מיצוי כל החומרים המסיסים במים, סילוק חלקיקי התאים על ידי סרכוז, ייבוש בהקפאה ותוספת סוכר אינרטי בצורה אשר תשמור את הפעילות הביולוגית של המוצר למשך שנים. בנוסף לכך, תכולת הגונאדוטרופין בכל אצווה (סדרת ייצור) נמדדת במספר שיטות מעבדתיות כדי לקבוע את המינון בו יטופלו הדגים. לבסוף, מבוצעת גם הטלה מאולצת במינונים שונים של האצווה כדי לוודא כי כיוול מנת הגונאדוטרופין בשיטות המעבדתיות מתאים.

השינויים בפרופיל ההורמונלי ובבגירת האוואוציטים בעקבות הזרקת תמצית היפופיזות: ניסוי הטלה מאולצת נערך בשיטה ההיפופיזיאלית בנקבות קרפיון מהקו "דור 70" אשר הוזרק להן מיצוי מכויל של היפופיזות קרפיון בשתי מנות. המנה הראשונה (Priming – טיפול ראשון) הכילה כ-1/5 מיצוי היפופיזה אחת לק"ג משקל דג מוזרק, בעוד המנה השנייה (Induction – זריקה עיקרית) אשר ניתנה 11 שעות מאוחר יותר, הכילה מיצוי מהיפופיזה אחת לכל ק"ג משקל דג מוזרק. לניסוי זה נלקחו נקבות אשר בביופסיה של השחלה שלהן נמצאו למעלה מ-65% מהאוואוציטים בשלב שלפוחית גרמינאלית בלתי מרכזית (שלב II, תמונה מס' 4). טמפרטורת המים במהלך הניסוי נעה בין 22 ל-23 מ"צ. דגימות דם וביופסיה של השחלה נלקחו לפני ההזרקה ובפרקי זמן לאחריה. רמת הגונאדוטרופין, האסטרדיול ופרוגסטין הביון (17,20-P) נמדדו בדגימות הדם. דגימות השחלה שוקפו בתמיסת שיקוף, ונבחנו במיקרוסקופ כדי לברר את מהלך השינויים החלים בדרגות הבגירה של האוואוציטים כתוצאה מהטיפולים.

בנקבות שטופלו במיצוי המכויל החלה התקדמות בבגירת האוואוציטים כבר לאחר הטיפול הראשון כאשר שיעור האוואוציטים בעלי שלפוחית גרמינאלית היקפית עלה מ-4% ל-60%. אולם, היעלמות השלפוחית הגרמינאלית חלה רק לאחר מתן המנה העיקרית, 11 שעות מאוחר יותר, והביון המלא חל לאחר מכן (תמונה מס' 5). רמות ה-GTH והאסטרדיול עלו במקצת עם מתן הזריקה הראשונה והראו עלייה תלולה במיוחד לאחר הזריקה העיקרית, בעוד שפרוגסטין הביון עלה רק לאחר מתן המנה העיקרית, במקביל לירידה ברמת האסטרדיול. ראוי לציין כי פרוגסטין זה הופיע בפלסמה רק לזמן קצר של שעות אחדות.





תמונה מס' 5: בגירת האוואוציטים והפרופיל ההורמונלי בנקבות קרפיון שאולצו להטיל על ידי מיצוי היפופיזה מכויל. ציר ה-X מבטא זמן בשעות יחסית להטלה. דרגות הבגירה של האוואוציטים הן לפי המתואר בתמונה מס' 4.

הגישה ההיפותלאמית

בשנות ה-80 של המאה העשרים פותחה שיטה נוספת לאילוף הטלה, המבוססת על הגברת שחרור של הגונאדוטרופין האנדוגני של הדג המטופל מההיפופיזה על ידי התערבות בציר היפותלאמוס-היפופיזה. בשיטה זו, מטופלות נקבות הדגים בהורמון ההיפותלאמי GnRH (Gonadotropin Releasing Hormone) או אנאלוגים סופראקטיביים שלו (GnRHa), בשילוב עם מעכבים של הרצפטורים לדופאמין (ראה תמונה מס' 1). אכן, מוצר בשם "דגין" אשר פותח בארץ והמכיל אנאלוג סופראקטיבי של GnRH יחד עם מעכב פעיל של דופאמין נמצא בשימוש במדגה הישראלי. לגישה ההיפותלאמית מספר יתרונות: בהיות ה-GnRH פפטיד קצר, הוא איננו גורם לתגובה חיסונית, מה גם שהוא ניתן במנות זעירות ($10-15 \mu\text{g/kg}$) מכיוון שפפטידים אלה דומים בכל הדגים, ניתן להשתמש בהם לאילוף הטלה במינים שונים ללא חשש של החדרת חלבונים זרים. בנוסף, טיפול כזה זול יותר מטיפול במיצוי היפופיזה,

מאחר והמנות הנדרשות הן קטנות, ומכיוון שהחומר הניתן להפקה במעבדות זמין תמיד. שתלים אשר משחררים GnRH באופן ממושך: בנוסף להזרקה, ניתן לתת את ה-GnRH גם בצורת שתל, אשר ישחרר את הפפטיד בקצב קבוע או משתנה לאורך זמן. שתלים כאלה, שפותחו בארץ, הוכיחו את יעילותם באילוף הטלה בדג הספרוס, שלו עונת הטלה מתמשכת.

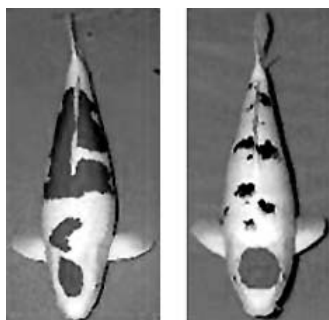
רבייה בדגי נוי



בעשור האחרון התפתח בארץ גידול דגי נוי כענף חקלאי חשוב. רוב הדגים מיוצאים לארצות חוץ ומיעוטם נמכר בארץ. להלן סקירה קצרה על דגי הנוי הנפוצים בארץ ודרכי רבייתם. ניתן לחלק את דגי הנוי של מים מתוקים הגדלים בארץ לשתי קטגוריות מרכזיות:

דגי נוי של מים קרים

דגי נוי אלה הם הראשונים בהם החל תחביב דגי הנוי, לאחר שהסינים והיפנים פיתחו זנים אשר ניחנו בצורת גוף, בסנפירים ובצבעים מיוחדים. דגי נוי אלה כוללים בעיקר את הקוי (תמונה מס' 7) את דג-הזהב ואת הקוֹמֵט, אשר שייכים למשפחת הקרפיונאים, והרבייה של דגים אלה דומה מאוד לזו של הקרפיון המצוי, כפי שתוארה בפרק זה. מספר משקים בארץ מרבים ומייצאים דגים יפים אלה לשוק האירופי, כאשר דגי הקוי הישראלים מצליחים להתחרות בשווקים באירופה אפילו עם הדגים היפנים. מחירי הדגים מושפעים בעיקר מצבעי הדגים, כאשר מחירה של נקבת קוי בעלת כתמים כחולים, שחורים ואדומים יכול להגיע לאלפי שקלים.



תמונה מס' 6: דגי קוי

דגי נוי טרופיים

קבוצה זו הנה גדולה מאוד ומורכבת ממאות מינים, רוב דגי הנוי המגודלים בארץ שייכים למשפחת הציקלידים.

דיסקוס (*Symphysodon aequifasciatus*)

מקורו בנהר האמזונס בדרום אמריקה, מתרבה כאשר ה-pH של המים נמוך יחסית (pH=5.6) והטמפרטורה גבוהה יחסית (28 עד 31 מ"צ). כאשר זוג דגים מתחיל בחיזור, צבעי הגוף שלהם הופכים בהירים יותר וצבע הראש כהה יותר. הם מתחילים לשחות אחד ליד השני, ואחד מול השני תוך כדי ריקוד החיזור. לפני ההטלה מופיע בשני המינים צינור הרבייה, וצבע גוף הדגים נעשה כהה יותר. הביצים מוטלות על אבנים נקיות או עלים רחבים, והן נשמרות על ידי שני ההורים. תוך שלושה ימים בוקעים הדגים. בשלב הראשון להתפתחותם הדגים ניזונים מהפרשה הרירית שעוטפת את ההורים, ורק כשהם מגיעים לגודל של 1.5 ס"מ, הם מתחילים לצרוך מזון המוגש להם באופן מלאכותי.

סקלר (*Pterophyllum scalare*)

מקורו בנהר האמזונס בדרום אמריקה. דג הסקלר מגיע לבגרות מינית ומוכן להטיל בגיל חצי שנה עד שנה. משבחרו בני הזוג זה בזה, הם יישארו כזוג עד למותו של אחד מהם. סמוך להטלת הביצים מופיע אצלם צינור המין, שהוא דק ומחודד בזכר ומעוגל ועבה יותר בנקבה. בני הזוג נמצאים, לרוב, זה ליד זה ושואפים להתבודד משאר הדגים. הם נראים כנאבקים זה עם זה בקביעות, אך אם דג אחד מנסה לתקוף אחד מבני הזוג השני יחוש לעזרתו. משהגיעה תקופת ההטלה מחזרים בני הזוג האחד את השני, תוך שהם שטים זה ליד זה, או אחד מול השני כאשר השחייה נעשית קדימה ואחורה. לאחר מספר ימים בני הזוג מחפשים פינה באקווריום שתשמש מקום להטלה (שמשת האקווריום או עלים רחבים). לפני ההטלה מנקים בני הזוג את השטח שנבחר להטלה. כשהכול מוכן לרבייה, עולה הנקבה על הקצה התחתון של העלה, נוגעת בו בקלות בצינור ההטלה ומטילה עליו ביצה אחת או אחדות. הזכר מלווה את הנקבה ומפרה את הביצים בתאי הזרע שלו. הנקבה מתקדמת על העלה כלפי מעלה והזכר בעקבותיה. התהליך נשנה פעמים רבות ונמשך כשעה ויותר. מספר הביצים המוטלות הוא 500 עד 1,000.

אוסקר (*Astronotus ocellatus*)

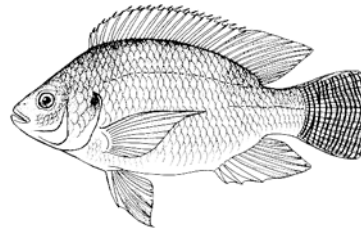
מקורו בנהר האמזונס בדרום אמריקה, מתרבה כאשר הוא מגיע לאורך של 15 ס"מ לפחות. נקבת האוסקר תטיל באקווריום על אבן חלקה כ-1,000 ביצים אותן יפרה הזכר. ישנם הורים אשר אינם פוגעים בביצים, אך אחרים אוכלים אותן.

משריצי חיים

על קבוצה זו נמנים הגופי (*Poecilia reticulata*) והסייפן (*Xiphophorus hellerii*), שמקורם במרכז אמריקה ובדרומה. ישנו דימורפיזם מיני ברור בין המינים השונים. סנפיר השת של הזכר עבר שינוי והותאם להחדרת הזרע אל גוף הנקבה, כך שההפריה היא פנימית. הנקבה עוברת מעין תהליך "הריון" כאשר היא נושאת את הדגיגים הצעירים בתוך מערכת המין שלה. הנקבה יכולה להשריץ 6 מקבצים של דגיגים מהפריה אחת, בהפרש של 35 עד 40 ימים אחד מהשני. במהלך ה"הריון" הנקבה ההרה תתפח ויופיע כתם שחור באזור פי הטבעת (הכתם השחור הוא בעצם עיני הדגיגים הנראים מבעד לגופה).



גידול דגים



גדעון חולתא ושנאן הרפז

גידול דגים הנו ענף חקלאי עתיק יומין. בין השאר מעידים על כך ציור קדום של ברכות דגים שנמצא בקבר מצרי מלפני כ-4,000 שנים, ספר על גידול דגים שנכתב בידי מנדרין סיני לפני יותר מ-2,500 שנה וכתבים רומיים משנת 150 לפנה"ס. גם במשנה מוזכרות ברכות לגידול דגים בארץ-ישראל.

מדגה הוא ענף חקלאי העוסק בגידול דגים. זאת, בניגוד לדיג, העוסק באיסוף דגים מאוכלוסיות בר הנמצאות בנהרות ובאגמים (דיג במים פנימיים) או בימים ובאוקיינוסים (דיג ימי). המדגה והדיג מתייחסים זה לזה כמו גידול חיות משק וציד חיות בר. מגדל הדגים מתכנן וקובע איזה מינים יגודלו ואת מספרם וגודלם של הדגים המגודלים. יש באפשרותו של המגדל להשפיע על היבול שיתקבל באמצעות יישום שיטות גידול שונות ובאמצעות קביעת תנאי הגידול הכוללים, בין השאר, את כמות המזון המוגש, איכותו, איכות המים ורמת החמצן המומס במים. הדיג, לעומתו, נתון במידה רבה לחסדי הטבע, ויכולתו להשפיע על הכמות ועל ההרכב של השלל מוגבלת, ותלויה בעיקר בציד הדיג ובמאמץ המושקע בדיג.

ענף המדגה, המכונה גם חקלאות מים (Aquaculture), נחלק לגידול דגים וחסרי חוליות במים מתוקים או במים מליחים בדרגה נמוכה (Fresh water aquaculture), ולגידול דגים, חסרי חוליות (פירות-ים) ואצות במי-ים (חקלאות ימית, Mariculture). הייצור של ענף המדגה מכון ברובו למאכל האדם, כמוצרים טריים, מקוררים, קפואים או משומרים, ומקצתו לנוי (דגי נוי לאקווריומים ולברכות נוי בחצר הבית).

בשנת 2002 ייצר המדגה העולמי כ-39,800,000 טון דגים וחסרי חוליות, מתוך שלל עולמי כולל של כ-133,000,000 טון דגים ויצורי מים אחרים (ארגון המזון והחקלאות של האו"ם,

(FAO). המדגה הישראלי ייצר בשנת 2003 כ־21,000 טון דגים, מהם כ־18,000 טון דגי מים מתוקים וכ־3,000 טון דגי ים. שלל הדיג בחופי ארצנו ובכִנרת הסתכם בכ־4,000 טון דגים.

ראשיתו של המדגה הישראלי בשנות ה־30 של המאה הקודמת, עם הבאתם ארצה של דגי קרפיון מצוי מיוגוסלביה והעתקת שיטות הגידול המקובלות במרכז אירופה. הברכות הראשונות לגידול דגים בארץ הותקנו באמצע שנות ה־30 בביצות פורדני שבמפרץ חיפה. המשק המסחרי הראשון לגידול דגים הוקם בשנות ה־30 המאוחרות על ידי חברי קיבוץ תל־עמל (ניר־דוד) שבעמק בית שאן. משם התפשט הגידול לאזורים נוספים בארץ – לעמק יזרעאל, לעמק הירדן ולעמק החולה ולשפלת החוף מאזור עכו בצפון ועד דרומית לחדרה. בשנים האחרונות מתפתחים משקי מדגה גם בדרום הארץ – בנגב ובערבה. כיום מגדלים במדגה המים המתוקים הישראלי, בנוסף לקרפיון, מינים אחדים ממשפחת הקרפיוניים שמוצאם בסין, מיני אמנונים, קיפון גדול־ראש (בורי), טרוטת עין־הקשת (פורל) ובאס הסלע. בחקלאות הימית מגדלים בעיקר את ספארוס הזהב (דניס) ואת הלבדק החלק. בנוסף לדגי מאכל, מגדלים בארץ גם דגי נוי ממינים שונים, חלקם דגי מים קרים וחלקם דגים ממוצא טרופי. החשובים שבהם הם קרפיון הנוי ודגי הזהב השייכים לדגי המים הקרים, ואמנוניים (בעיקר דגי מלאך) ומשריצי חיים כגון גופי, פלאטי, סייפן ומולי השייכים לקבוצת הדגים הטרופיים.

דגי המאכל העיקריים בישראל

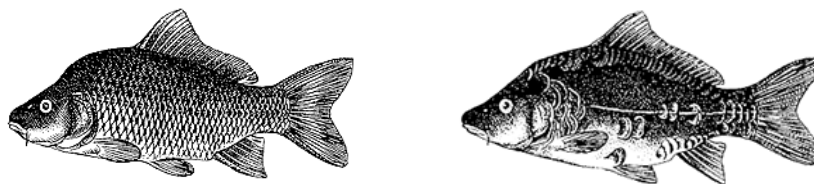


הקרפיון המצוי (*Cyprinus carpio*)

דג זה הוא ממשפחת הקרפיוניים. מוצאו מאסיה המרכזית, ממנה הוא התפשט מזרחה לסין, מערבה למזרח אירופה ולמרכזה וכן לארצות דרום מזרח אסיה. קיימות עדויות מהמאה החמישית לפנה"ס לביתו הקרפיון בסין, וכן לביתו באגן הדנובה שבמרכז אירופה בתקופת האימפריה הרומית, במאות האחרונות לפנה"ס.

כנזכר לעיל, הקרפיון אינו נמנה עם בעלי החיים שארץ ישראל היא בית גידולם הטבעי. הקרפיון המצוי הובא ארצה לראשונה מיוגוסלביה בשנות ה־30. זנים נוספים של קרפיון הובאו במשך הזמן למטרות טיפוח. דג הקרפיון הוא דג גדול, אורכו יכול להגיע עד ל־80 ס"מ ואף יותר. גופו הגבוה של קרפיון הבר מכוסה בקשקשים גדולים, והוא ניכר בסנפיר גב ארוך ובשני זוגות פִּינים סביב הפה. מזונו הטבעי העיקרי הוא חסרי חוליות קטנים החיים בקרקעית הברכה בה הוא נובר לחיפוש טרפו. בפעולה זו הקרפיון גורם להרחפת הטין שבקרקעית ולהערכת המים. בברכות הדגים הקרפיון הוא הנהנה העיקרי מהמזון המוגש – גרעיני דגנים או כופתיות מזון מלאכותי. קרפיון מקושקש מגודל בדרום־מזרח אסיה ובחלקים אחדים של

רוסיה. בישראל ובמרבית ארצות אירופה בהן מגדלים קרפיון מקובל טיפוס חסר קשקשים המכונה "קרפיון ראי". דגם הקשקוש בקרפיון הנו תכונה בעלת הורשה פשוטה יחסית, המבוקרת על ידי שני גנים שאינם אחוזים לזוויג. לאלל הדומיננטי באחד מהם השפעה שלילית חזקה על חיוניות, על פוריות ועל קצב גדילה.



תמונה מס' 1: קרפיון מצוי. מימין – קרפיון בעל דגם קשקוש "ראי"; משמאל – קרפיון בעל קשקוש מלא (תמונה 18 בספר: V.S. Kirpichnikov/Springer Verlag 1981) (Genetic Bases of Fish Selection)

הקרפיון הוא דג של מים מתוקים. הוא מצטיין בהתאמה לטווח רחב של טמפרטורות: מחד הוא מסוגל לשרוד בברכות המכוסות בשכבת קרח, ומאידך הוא מסוגל לשרוד גם במים בטמפרטורות שמעל 50 מ"צ. הטמפרטורה המיטבית לרבייה ולגדילה של הקרפיון היא בין 20 ל-28 מ"צ. הוא גם עמיד לשינויים קיצוניים בחומציות המים (pH) ולמים מליחים עד לריכוז של 3,000 מ"ג כלורידים לליטר.

קצב גדילתו והתבגרותו המינית של הקרפיון תלויים בתנאים אקלימיים. באזורים טרופיים ובתנאי הארץ הוא מגיע לבגרות מינית בשנת החיים הראשונה. נקבת הקרפיון מסוגלת, בתנאים אלה, להטיל כבר בגיל חצי שנה כשמשקל גופה כ-100 ג'. לעומת זאת, באקלים הקר שבארצות אירופה וברוסיה, מגיע הקרפיון לבגרות מינית רק בגיל שלוש שנים ואף יותר. עונת ההטלה הטבעית של הקרפיון בארץ מתחילה באביב ונמשכת עד הסתיו. להטלות הסתיו חשיבות ממשקית מרובה, משום שדגיגים שבקעו בסתיו אינם מגיעים לבגרות מינית באביב שלאחריו. בכך נמנעת מהם האפשרות להתרבות באופן בלתי מבוקר בברכות הפיטום.

בטבע מטילים הקרפיונים במים צלולים ורדודים אשר בהם צמחי מים. ההטלה נעשית בלהקות וקודם לה תהליך חיזור בו הלהקות שוחות בתחילה באיטיות במעגלים ובהמשך עוברות לשחייה נמרצת המלווה בחבטת זנבות על פני המים. בשיאו של התהליך משחררות הנקבות ביצים למים. אלה מופרות מיד בזרע המופרש למים על ידי הזכרים השוחים בעקבותיהן. לאחר ההפריה הופכות הביצים לדביקות ונצמדות לצמחייה שבברכה. משך התפתחות הביצים

תלוי בטמפרטורת המים: בקיעת פגיות בעלות שק חלמון מתרחשת כעבור כעשרה ימים במים קרים (15 מ"צ) ובתוך כ-40 שעות במים בטמפרטורה של 30 מ"צ.

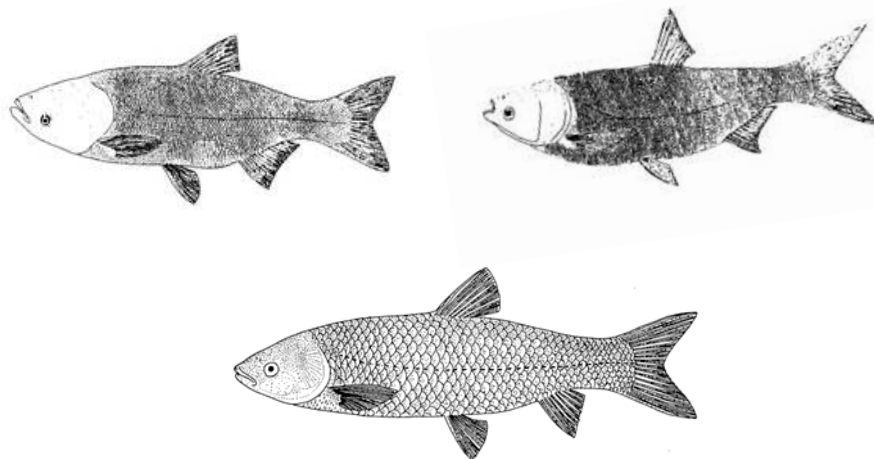
במשקי המדגה מתבצעות הטלות מסודרות בבריכות עפר, בתנאים דומים לאלה של הטלות בטבע. דגי הרבייה מוכנסים לבריכה שמולאה במים טריים ובקרעיתה מותקן מצע להצמדת הביצים (ענפים טריים של עצי מחט או מצע מלאכותי דומה). הדגים מטילים לרוב בבוקר שלאחר הכנסתם לבריכה. ימים אחדים לאחר הבקיעה מוצאים דגי הרבייה מהבריכה ברשת, והבריכה משמשת לאמון הדגים. ניתן גם להעביר את המצע והביצים הדבוקות אליו לבריכה אחרת להמשך התפתחותן. לחלופין, ניתן לבצע את ההטלות באופן מאולץ במכון הטלה. שיטה זו יעילה יותר, חוסכת עבודה ומים, מגדילה את תפוקת הדגים ומאפשרת גם בקרה טובה יותר על תהליך ייצורם. דגי הרבייה מאולצים להטיל באמצעות הזרקת הורמונים סינתטיים או מיצוי של בלוטת יותרת המוח (היפופיזה). כעבור זמן מתוכנן מראש "חולבים" את הביצים מהנקבות לקערות יבשות ומוסיפים זרמה שנאספה מזכרים. על ידי הוספת מים וערבוב זהיר מסייעים להפריה. לאחר מכן, מעבירים את הביצים המופרות למכלי הדגרה מיוחדים בצורת חרוט, תוך טיפול להסרת דביקותן. הדגים הבוקעים נאספים למכלים ומוזנים במזון מלאכותי במשך מספר ימים, בטרם שחרורם לבריכות עפר לאמון.

עד שנות ה-60 של המאה העשרים גודל הקרפיון בארץ כדג יחיד בבריכות הדגים. בהמשך עבר ענף המדגה לגידול משולב של מספר מיני דגים יחד, תוך הוספת אמנונים, קרפיוניים נוספים וקיפון (בורי) לבריכות הדגים. בשנת 2002 היוו הקרפיונים כ-40% מכלל דגי הבריכות שיוצרו ושווקו בישראל (כ-7,750 טון). בארץ משווקים קרפיונים בני שנה, במשקל ממוצע של ק"ג אחד כאשר בדרך כלל הקרפיונים מובאים חיים לשוק. קרפיונים קטנים יותר משווקים לעיבוד תעשייתי.



קרפיונים סיניים

הקרפיונים הסיניים, ממשפחת הקרפיוניים, מהווים קבוצת דגים חשובה מאוד בארץ מולדתם. מוצאם ותפוצתם הטבעית בנהרות הגדולים של סין (אָמור, הואנגהו וִינגְטְסֶה). במאה העשרים הועברו הקרפיונים הסיניים ליתר חלקי העולם למטרות גידול. בקבוצה זו נכללים המינים הבאים, אותם מגדלים בארץ בשילוב עם דגים אחרים: כְּסִיף שפֶּל-עֵין (*Hypophthalmichthys molitrix*), נֶמְרוֹן (קרפיון גדול-ראש, *Aristichthys nobilis*), אָמור (קרפיון עשב, *Ctenopharyngodon idella*) וקרפיון שחור (*Mylopharyngodon piceus*).



תמונה מס' 2: קרפיונים סיניים. למעלה מימין: כסיף; משמאל: נמרון; למטה: אמור

הכסיף והנמרון דומים במראם החיצוני. גופם מוארך ופחוס בצדדים ומכוסה בקשקשים קטנים וכסופים. גופו של הנמרון מנומר בכתמים כהים, ומכאן שמו. ראשו של הנמרון גדול בהרבה מזה של הכסיף. הפה עילי וחסר בינים. לאמור ולקרפיון השחור גוף ארוך וגלילי המכוסה בקשקשים גדולים ועגולים. צבעו של האמור כסוף נוטה לחום, ושל הקרפיון השחור אפור כהה עד שחור. אורכם של דגים אלה עד מטר אחד. ככל הקרפיוניים משופעים גם אלה בעצמות תוך-שריריות (אדרות) מפוצלות, אשר מקשות על האדם לאכול אותם.

כל ארבעת המינים שהוזכרו יוצרים מערכת ביולוגית המתאימה לבקרה על איכות המים בבריכות ובמאגרים. שלושת המינים הראשונים הובאו לארץ לראשונה על ידי חוקרי משרד החקלאות בשנת 1966, במטרה לאמץ ולפתח את שיטת הגידול המשולב הנהוגה בסין מימים ימימה (ראה "שיטות גידול" בהמשך). הקרפיון השחור הובא לארץ על ידי חברת "מקורות"; הוא ניזון על רכיכות ומשמש להדברתן במאגרי המוביל הארצי. הכסיף והנמרון מסננים פלנקטון הגדל בגוף המים, באמצעות מערכת סינון מיוחדת הנמצאת בחלל הלוע שלהם. לכסיף מסננת עדינה ביותר, והוא ניזון בעיקר על פלנקטון זעיר (אצות חד-תאיות), בעוד לנמרון מסננת גסה יותר באמצעותה הוא מסנן אצות רב-תאיות וזואופלנקטון. האמור (קרפיון העשב) אוכל צמחייה גסה הטבולה במקווי מים. בסין נוהגים להוסיף לבריכות בו הוא גדל צמחייה הנקצרת ביבשה. בהתאם לסוג המזון הטבעי מצויד כל מין במערכת לסתות, זימים וצינור עיכול המתאימים למזון המיוחד אותו.

בתנאי הארץ מגיעים הקרפיונים הסיניים לבגרות מינית בגיל שנתיים עד שלוש שנים, פרט לקרפיון השחור אשר מתבגר בגיל שש שנים. לעומת זאת, בסין, ארץ מוצאם, ובארצות אחרות בעלות אקלים ממוזג עד קר גיל הבגרות המינית של קרפיונים אלה כפול מזה שבארץ. למרות התפתחות תקינה של איברי הרבייה הפנימיים אין הקרפיונים הסיניים מטילים בשביה בברכות, זאת עקב היעדר תנאי הסביבה המאפיינים את הנהרות הגדולים בארץ מוצאם. הדרך היחידה לקבלת דגיגים של מינים אלה היא על ידי אילוף הנקבות להטיל באמצעות הורמונים גונאדוטרופינים, כפי שנהוג גם לגבי הקרפיון המצוי. עונת הרבייה של הכסיף והנמרון באביב ושל האמור והקרפיון השחור בקיץ. הביצים של מינים אלה אינן דביקות ותהליך קבלת הדגיגים פשוט יותר, בהשוואה לקרפיון. לעומת זאת, ביצי מינים אלה תופחות במהלך ההתפתחות העוברית במידה ניכרת, ונפחן מגיע עד פי שמונה מנפחן לפני ההפריה. עובדה זו מקנה להם כושר ציפה טוב. תכונה זו חיונית לדגי נהרות אשר, בתנאי טבע, ביציהם המופרות נישאות למרחקים בזרמם האטי של הנהרות. ההתפתחות עוברי הקרפיונים הסיניים מהירה בהשוואה לזו של עוברי קרפיון מצוי, ובטמפרטורה של 24 מ"צ בוקעות הביצים אחרי כ-26 שעות. הדגיגים הצעירים ניזונים על פלנקטון זעיר ביותר. עם גידולם הם מפתחים את התמחויות ההזנה המיוחדות לכל מין.

חשיבותם החקלאית של הקרפיונים הסיניים נובעת מקצב גדילה מהיר, ומהזנה על השלבים הראשוניים של מארג המזון הטבעי בבריכה (היחיד שמנצל גם מזון מלאכותי הוא האמור). עקב כך הם תורמים לייצוב המערכת האקולוגית של הבריכה. במיוחד נכון הדבר לגבי הכסיף, אשר לרוע המזל בשרו רזה מאוד וטעמו אינו מצטיין. בשנות ה-70 של המאה ה-20 גידלו בברכות הארץ כמויות גדולות של כסיף (בשיא הגיעו לכ-2,500 טון בשנה, שהיוו 15% עד 20% משלל הברכות בשנים הללו). דגים אלה יוצאו ברובם הגדול לאירן, שם קיים ביקוש ניכר לדג זה. מאז ניתוק הקשרים המדיניים והמסחריים עם מדינה זו, בעקבות חילופי המשטר שם, נחסם שוק ייצוא זה. היקף הגידול של קרפיונים סיניים בארץ, בשנים האחרונות, מגיע למאות טונות בודדות (2% עד 4% מסך כל שלל הברכות). הדג העיקרי אותו מגדלים הוא מכלוא בין כסיף לנמרון המכונה נְמֶסִיף. קרפיונים סיניים במשקל של שניים-שלושה ק"ג משווקים כשהם מצוננים או קפואים, בניגוד לקרפיון המשווק כדג חי.

* * *

אמנונים

דגים ממשפחת האמנוניים (ציקלידים), הם דגים טרופיים במוצאם. תפוצתם הטבעית של רוב מיני האמנונים ביבשת אפריקה, בעיקר בחגורה הטרופית שבין חוג הסרטן לבין חוג הגדי. מינים ממשפחה זו נמצאים באופן טבעי גם בתת-היבשת ההודית, במרכז אמריקה ובצפון אמריקה הדרומית. דגם התפוצה הטבעית של האמנונים מעיד על הגיל האבולוציוני המוקדם של המשפחה, וקיומה על פני כדור הארץ טרם נדידת היבשות והתרחקות תת-היבשת ההודית

ואמריקה הדרומית מאפריקה. ישראל נמצאת בגבול הצפוני של התפוצה הטבעית של האמנוניים, והמינים הנמצאים בה באופן טבעי נחשבים כעמידים לטמפרטורות נמוכות.

השם אמנון (אם+נון; נון הוא דג בארמית) מציין את התכונה של דאגה הורית לצאצאים האופיינית וייחודית למשפחה זו. על פי התנהגותם ברבייה ובטיפול בצאצאים נחלקים האמנוניים לדוגריפה ולדוגרימצע. הראשונים מחולקים חלוקת משנה לדוגריפה נקביים (הנקבה אוספת הביצים לפה לאחר ההטלה ומדגירה אותם) ולדוגריפה דו-הוריים שבהם שני ההורים מדגירים ביצים בפה או שהזכר בלבד עושה זאת. בארץ מצויים מספר מינים ממשפחת האמנוניים, וביניהם שלושה מיני אמנונים: אמנון הירדן (*Oreochromis aureus*) שהוא דוגריפה נקבי, אמנון הגליל (*Sarotherodon galilaeus*) שהוא דוגריפה דו-הורי ואמנון מצוי (*Tilapia zillii*) שהוא דוגרימצע. בנוסף הוכנסו לארץ לצורכי גידול אמנון היאור (*Oreochromis niloticus*) וכן זנים שונים של אמנונים אדומים (המכונים "אדמונית") שגם הם דוגריפה נקביים. גופם של האמנונים מכוסה בקשקשים גדולים וסדורים. לאמנוניים מגוון רחב של צבעים, וצבע הגוף הנראה הוא תוצאה של תערובת של תאי צבענים מסוגים שונים הממוקמים בשכבות השונות של העור. מבין מיני האמנונים בישראל מצטיין אמנון הגליל בצבע גוף כסוף בהיר. אמנון היאור מאופיין בפסים אנכיים שחורים בסנפיר הזנב, ובכתמים אפורים-שחורים בצדי הגוף. אמנון הירדן מאופיין בתערובת גוונים בה שולטים אפור וירוק-כחול (ומכאן מקור השם "האמנון הכחול" שהיה מקובל בעבר) וכן שוליים אדומים בסנפירי הגב והזנב. צבע הגוף של אמנונים אדומים נובע מפגם גנטי (מוטציה) בייצור צבענים שחורים, אשר בהיעדרם מתבטאים הצבענים האדומים-צהובים. האמנון המצוי מצטיין בפסים כהים בצדי הגוף על גבי רקע צהוב-חום ובטן אדמונית. צבע ה"כלולות" של הזכר שחור.

האמנון המצוי נפוץ בנחלי הארץ ובשמורת החולה והוא חסר ערך כלכלי בשל גודלו הקטן (10 עד 25 ס"מ). כאשר הוא חודר לבריכות הגידול הוא מתחרה בדגים האחרים ומפריע לגידולם עקב כושר הרבייה הגבוה שלו המביא למילוי הבריכה בדגיגים חסרי ערך. אמנון הגליל מהווה מרכיב חשוב בשלל הדיג בקנרת והוא מבוקש בגלל צבעו הבהיר וטעמו המשובח. בגלל גידולו האיטי אין מגדלים אותו בבריכות בהיקף ניכר. אמנון הירדן נמצא בשימוש במדגה הישראלי, בעיקר כחורה זכרי להכלאה עם נקבות אמנון יאור ליצירת מכלוא כל-זכרי. קבלת מכלוא כזה, בתחילת שנות ה-60 של המאה העשרים, סללה את הדרך לגידול של אמנונים בבריכות הקרפיונים. עד אז היוו האמנונים, אשר חדרו לבריכות והתרבו בהן באופן בלתי מבוקר, מטרד למגדלי הדגים. אמנונים אדומים מגודלים בהיקף קטן יחסית. יתרונם העיקרי במראה, שהוא בדרך כלל מושך יותר את העין בהשוואה לאמנונים בצבע-הבר הנוטים להשחיר כשאינם חיים. אמנוני המאכל מגיעים לאורך של 30 עד 40 ס"מ.

מבחינת הרגלי התזונה בטבע, ניזונים האמנונים על אצות (בעיקר רב-תאיות) וזואופלקטון. לאמנונים שינון מפותח על גבי הלסתות וכן שיני לוע על גבי איבר לגריסת מזון הנמצא בעמקי



תמונה מס' 3: אמנון

הלוע. ראוי לציין כי במשפחת האמנוניים מינים רבים הניזונים מכל קשת מרכיבי מארג המזון הטבעי. מבנה פה ולסתות, וכן שינון במינים השונים מותאם למזונות האופייניים לכל מין. התמחות זו היא אחד הגורמים העיקריים להצלחה האבולוציונית של המשפחה (הכוללת כאלף מינים) והתבססותה באגמים של מזרח אפריקה.

בגידול בברכות ניזונים אמנונים על המזון הטבעי המתפתח בגוף המים, וכן הם נהנים ממזון מלאכותי המוסף לברכות. מזה כעשרים שנה מגדלים אמנונים במערכות לגידול אינטנסיבי, הן כדג עיקרי יחד עם דגים אחרים והן כדג יחיד (ראה בהמשך "שיטות גידול").

בשל מוצאם הטרופי רגישים האמנונים לטמפרטורות נמוכות. ב-18 מ"צ הם חדלים לאכול ולגדול. טמפרטורה נמוכה מעשר מ"צ היא קטלנית עבורם. הטמפרטורה המיטבית לרבייה ולגדילה של אמנונים היא בין 25 ל-28 מ"צ. הטלות ראשונות מתקבלות בתנאי הארץ באביב (אפריל-מאי, ובמשקים הנהנים ממים חמים, כמו בעמק בית שאן, אפילו בפברואר-מרץ). ייצור דגי אמנונים במשקי המדגה נעשה בברכות מסוגים שונים, אליהן מכניסים את להקות הרבייה ומהן אוספים את הדגיגים לאימון. ההטלה מתבצעת בזוגות, לאחר תהליך חיזור אופייני הכרוך בין השאר גם בשינויי צבע, ולכן אינה סינכרונית. לא מקובל ייצור של דגיג אמנונים בהטלות מלאכותיות מאולצות. מספר הדגיגים לנקבה בהטלה אחת נע בין מאות אחדות לאלפים אחדים, בהתאם לגודל הנקבה. אלו מספרים קטנים יחסית, בהשוואה למאות אלפים של דגיגים המתקבלים מנקבה בהטלות של קרפיוניים. לכן, להקות הרבייה של אמנונים מורכבות מאלפי זכרים ונקבות.

במשקי המדגה נהוג לגדל אוכלוסיות אמנונים כל-זכריות או קרובות לכך. אוכלוסיות כאלה מועדפות על ידי המגדלים משום שהשיעור הגבוה של זכרים בהן (או היעדר מוחלט של נקבות) מקטין את האפשרות להטלה בלתי מבוקרת ("הטלה פראית") בברכות הפיטום. הטלה זו גורמת לגדילה בלתי מבוקרת של האוכלוסייה ולעלייה בצפיפות הבריכה, מצב המביא

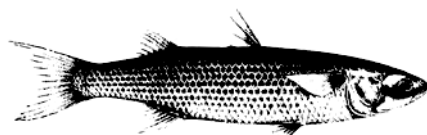
להאטה בקצב הגדילה של הדגים. טעם נוסף להעדפה של אוכלוסיות כל-זכריות הוא שזכרי האמנונים גדלים מהר יותר מהנקבות. אוכלוסיות כל-זכריות מתקבלות במספר דרכים, בהן הכלאות בין מינים מסוימים של אמנונים (כדוגמת המכלוא בין זכרי אמנון ירדן לבין נקבות אמנון יאור הנהוג בארץ); היפוך-זוויג על ידי שימוש בהורמונים זכריים להפיכת אוכלוסיות של דגים צעירים לזכרים, בטרם התמיינו באופן טבעי לזכרים ונקבות או שימוש בדגי רבייה בעלי גנוטיפ מתאים, שהתקבלו על ידי היפוך-זוויג (ראה בהמשך בפרק "טיפוח").

אמנונים משווקים מצוננים או קפואים, בגודל של כ-250 ג' (צעירי השנה המשווקים בחודשי הסתיו והחורף), או בגודל של 500 ג' ומעלה (ילידי שנה קודמת, שנשמרו בחורף בברכות מיוחדות וגידולם נמשך באביב המשווקים החל מראשית הקיץ). בשנת 2002 שווקו בארץ כ-7,800 טון אמנונים (40% מסך כל שלל הברכות), כולל כ-300 טון משלל הדיג בכנרת (בעיקר אמנון גליל). לראשונה מאז קיום ענף המדגה בארץ שווקו בשנה זו יותר אמנונים מקרפיונים.



קיפון גדול-ראש (בורי) (*Mugil cephalus*)

דגים ממשפחת הקיפוניים. למשפחת הקיפוניים תפוצה עולמית רחבה, בין קווי הרוחב 35° משני צדי קו המשווה. בטבע מסוגלים קיפונים לגדול במים מליחים או מתוקים, ולחזור לים בהגיעם לבגרות מינית. הקיפונים מסתגלים למים בטווח מליחויות רחב וניתן לאקלם אותם אף למים מתוקים, תוך המתקה הדרגתית של המים. מבין מיני הקיפונים בחופי ארצנו, הבורי הוא המין העיקרי אותו מגדלים, במשולב עם מיני דגים אחרים. כן מגדלים בארץ את הקיפון המצוי (קיפון טבר) (*Liza ramada*), אשר כונה בעבר (*Mugil capito*). גידולו של זה איטי יחסית.



תמונה מס' 4: קיפון גדול-ראש

לקיפונים גוף גלילי מאוד (עד כ-40 ס"מ), המכוסה בקשקשים עגולים וכסופים. על גב הדג שני סנפירים; בקדמי שבהם קוצים קשים בלבד. הקיפונים ניזונים מרקבובית המצוייה בקרקעות מקווה המים, מחלקיקים אורגניים, מיצורים חיים זעירים אותם הם מגרדים מהסלעים בעזרת

בליטה בשפתם העליונה ומפלנקטון אותו הם מסננים מהמים. בזכות יכולתו הטובה של הקיפון לנצל מזון טבעי ובזכות טעמו המשובח, מהווה דג זה מרכיב חשוב במערכת הגידול המשולב בארץ. בעולם הוא אינו נחשב לדג מאיכות גבוהה.

הקיפונים מתרבים בים הפתוח. מהביצים הצפות, שמספרן מגיע למיליון ויותר לנקבה, בוקעים דגיגים אשר חודרים לשפכי הנחלים הנשפכים לים התיכון, תוך חיפוש אחר מזון. דגיגי קיפון גדול בני כחודשים, באורך של כ-30 מ"מ, נקבצים בפתחי הנחלים בנובמבר-דצמבר וניתן לאוספם ברשתות, במיוחד בלילות סערה. מראשית ינואר מופיעים גם דגיגי קיפון מצוי וניתן ללכוד אותם כשהם מעורבים אלה באלה עד חודש מרץ. שיטה זו של קבלת דגיגי קיפון הייתה מקובלת בעבר, אך בעשורים האחרונים של המאה העשרים קטנו מאוד אוכלוסיות דגיגי הקיפון בחופי הארץ. תופעה זו נגרמה כנראה משילוב של מספר גורמים, ביניהם זיהום הים התיכון המזרחי ושינויים אקולוגיים בו שנגרמו עקב סכירת נהר הנילוס והקטנת כמות החומר האורגני המגיעה עם מי הנילוס אל הים התיכון. בשנים האחרונות מייבאים לארץ דגיגי קיפון הנאספים בחופי ספרד. התלות בטבע בהספקת דגיגים מהווה מגבלה לקיום גידול חקלאי מסודר של דג זה בבריכות. במחקרים שנערכו בהוואי, טיוואן וישראל פותחה שיטה להטלה מאולצת של קיפונים בעזרת הורמונים גונאדוטרופינים, אך יישומה המסחרי מוגבל בשל שיעורי ההישרדות הנמוכים של הדגיגים הנוצרים בתנאים מלאכותיים. מזה שנים רבות מהווה ייצור הקיפון בארץ כ-6% עד 10% משלל הבריכות. בשנת 2002 שווקו בארץ למעלה מ-1,800 טון דגי בורי.

* * *

טרוטת עין-הקשת (פורל, *Oncorhynchus mykiss*, בעבר: *Salmo gairdneri*)

דג ממשפחת הסלמוניים. מין אמריקאי השכיח שם בנהרות ובאגמים, אשר תורבת לגידול חקלאי ונפוץ באזורים הממוזגים והקרים על פני כדור הארץ, וכן במקומות בהם נובעים מעיינות של מים קרים כתוצאה מהפשרת שלגים. הדג הובא מאמריקה לאירופה וממנה עבר לישראל הודות לערכו המסחרי.



תמונה מס' 5: טרוטת עין-הקשת

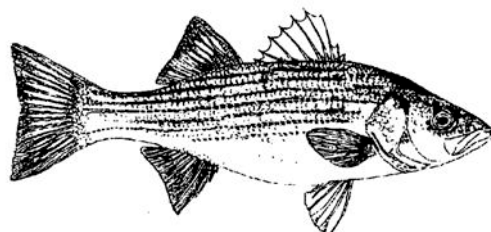
הטרוטה (הנקרא גם "דג השמך") הוא דג מאורך (עד 30 ס"מ) אשר גופו מכוסה בקשקשים זעירים. פיו גדול ושיניו חדות, כיאה לדג טורף הניזון בטבע מדגים קטנים וחסרי חוליות שונים. סימן היכר, המבדיל אותו משאר הדגים בישראל, הוא סנפיר גב שני, שומני וחסר קרניים, באחורי הגב. צבעו כסוף-אפור, מנומר בנקודות שחורות רבות.

הדג מגודל במספר קטן של משקים, בבריכות מים זורמים המוזנות במי נחל דן הקרים. הברכות בנויות מבטון או חפורות ומדופנות ביריעות פלסטיק. ידוע כי הפורל נמלט מהשבי לצפון מערכת הירדן, אך לא ידוע על רבייתו בארץ בטבע. גם המשקים בצפון הארץ אינם עוסקים ברבייתו, והגידול מבוסס על ייבוא ביצים מופרות ממדגרות מסחריות באירופה, הבקעתן וגידול הדגיגים עד לשיווק. הייצור השנתי נע בעבר בין 600 ל-800 טון בשנה (3% עד 4% מסך כל שלל הברכות), אך ירד בשנת 2002 אל מתחת ל-400 טון.



באס הסלע (באס מפוספס, *Morone saxatilis*)

דג ממשפחת המורוניים. הבאס הוא דג ימי שתפוצתו לאורך החוף המזרחי של אמריקה הצפונית, מקנדה ועד מפרץ מקסיקו. נפוץ במי חופים ובמפרצים, וחודר לנהרות להטיל. קיימות גם אוכלוסיות במקווי מים יבשתיים המנותקים מהים. הדגיגים ניזונים מזואופלנקטון, והדג הטורף ניזון בטבע מדגים קטנים וחסרי חוליות שונים, במיוחד סרטנים. דג גדול (יכול להגיע באוכלוסיות טבעיות בים לאורך של 200 ס"מ ולמשקל של מעל 50 ק"ג), גופו מכוסה קשקשים עגולים והוא מאופיין בפספוס כהה לאורך הגוף (ומכאן שמו). בדומה לקיפון, גם לבאס שני סנפירי גב, הקדמי שבהם קוצני.



תמונה מס' 6: באס הסלע

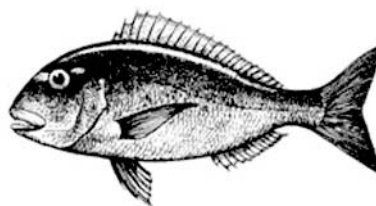
במשקי מדגה במזרח ארצות-הברית מגודל באופן מסחרי מכלוא בין הבאס המפוספס ומין אחר מאותה משפחה (באס לבן, *M. chrysops*). הבאס הלבן הוא דג של מים מתוקים, נפוץ

בנהרות ובאגמים ברחבי צפון אמריקה. אורכו מגיע עד 45 ס"מ ומשקלו עד 3 ק"ג. מכלוא זה שהוא בעל ביצועי גדילה מועדפים, הובא ארצה מארצות-הברית באמצע שנות ה-90, ומגודל במספר משקי מדגה במערכות גידול אינטנסיביות במים מתוקים ובמי-ים. בשנים האחרונות מיוצרים דגי מכלוא בארץ מלהקות רבייה של שני המינים המוחזקות בשביה. היקף הייצור נע בין 100 ל-500 טון בשנה (כ-2% מסך כל הייצור במדגה).



ספארוס זהוב (דניס, *Sparus aurata*)

דג ימי ממשפחת הספרוסיים, הנפוץ בים התיכון, בים השחור ובמזרח האוקיינוס האטלנטי. זהו הדג החשוב ביותר בחקלאות ימית בארץ, והוא נחשב לאחד הדגים המשובחים ביותר בארצות אגן הים התיכון. בטבע הוא חי בעיקר בלגונות ובמפרצים וניזון מרכיכות ובמידה פחותה גם מסרטנים. גופו גבוה ופחוס-צד, מכוסה בקשקשים גדולים ועגולים. גבו בצבע אפור-כחול ושאר הגוף בצבע כסף. מצחו שחור עם פס זהב בין עיניו, ומכאן שמו. לדניס לסתות בעלות שינון מפותח, ארבעה ניבים בלסת העליונה ושש בתחתונה, ושתי שורות של שיניים טוחנות באחורי הלסתות. אורכו של הספארוס בדרך כלל 20 עד 30 ס"מ והוא יכול להגיע עד לאורך של 50 ס"מ ולמשקל של 2 ק"ג.



תמונה מס' 7: ספרוס זהוב

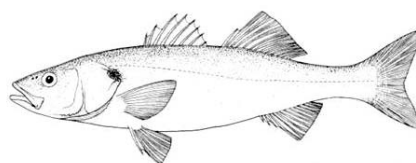
הדניס מגיע לבגרות מינית בגיל שנה ובשלב זה כל הדגים זכרים. בעונות הרבייה הבאות מחליפים מקצת מהזכרים את הזוויג שלהם לנקבות, ובתוך שלוש שנים הופכים כל הדגים בהדרגה לנקבות. בתנאי שבייה קצב היפוך הזוויג באוכלוסייה איטי יותר. בַּיְמַת בְּרִדְוִיל בצפון סיני, שם הדניס נפוץ מאוד, עוזבים הדגים הבוגרים את הימה בחודש נובמבר לצורך רבייה בים, וחוזרים אליה עם הדגיגים בחודשים מרס-אפריל. בשנות ה-70 הוחל לגדל את הספרוס הזהוב בארץ בתנאי שבייה. הדגים נלקחו מימת ברדוויל והותאמו לחיים בכלובים צפים במפרץ אילת. תהליך הביות הביא לאפשרות של קבלת רבייה במשך כל השנה, הזנה במזון מלאכותי וביצוע השבחה גנטית. כיום מיוצרים דגי הדניס בשתי מדגרות מסחריות בישראל. כן מייבאים

לעתים דגיגים מארצות מזרח אגן הים התיכון. בשנות ה-90 התרחב הגידול בכלובים גם לים התיכון ובשנת 2002 הגיע היבול לכ-2,500 טונות בשנה (86% מתפוקת החקלאות הימית ו-12% מכלל תפוקת המדגה בארץ). במקביל להתפתחות הגידול בשביה בישראל חל גידול מואץ גם ברוב ארצות הים התיכון, והשלל הכללי מגיע לכמה מאות אלפי טונות בשנה.

* * *

הלברק החלק (*Dicentrarchus labrax*)

דג ממשפחת הברקיים, אף הוא דג ימי הנפוץ בים התיכון, בים השחור ובמזרח האוקיינוס האטלנטי. הברק חי בטווח מליחיות רחב מאוד, מנהרות מתוקים ועד לגונות בהן המליחות היא מעל למליחות מים. ניתן לאקלמו למים מתוקים בתנאי שבייה, על ידי המתקה הדרגתית של המים. הברק הוא דג טורף וניזון מדגים, מסרטנים ומרכיכות.



תמונה מס' 8: לברק חלק

אורכו של הברק כ-30 ס"מ בדרך כלל, והוא יכול להגיע עד לאורך של 50 ס"מ. גופו מכוסה קשקשים גדולים וצבע הבוגרים כסוף. לברק שני סנפירי גב, הראשון מהם קוצני.

עונת הרבייה של הברק בחורף, מחודש נובמבר עד חודש פברואר. באוכלוסיות טבעיות מספר הנקבות גדול פי עשרה ממספר הזכרים. הביצים והפגיות (לרבות) פלנקטוניות. הדגים בימת ברדוויל בצפון סיני, שם הוא מהווה מרכיב חשוב בשלל הדיג, יוצאים מהימה ומתרבים בים הפתוח. שיטות לרבייה מלאכותית של הברק בשבייה פותחו לצורכי חקלאות ימית. בשנת 2002 גודלו בארץ כ-350 טון לברק (כ-11% מתפוקת החקלאות הימית).

דגי הנוי העיקריים בישראל

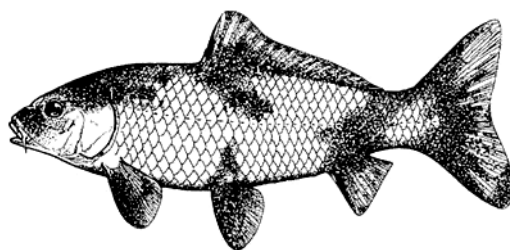


בנוסף לדגי המאכל, אשר העיקריים שבהם תוארו לעיל, מגדלים בארץ גם דגי נוי. אלה נחלקים לשתי קבוצות: דגי מים קרים – קרפיון הנוי ודגי זהב – ודגים טרופיים אשר החשובים שבהם הם אמנוניים – בעיקר דגי מלאך – ומשריצי-חיים ממשפחת הפואצילידיים כגון גופי, מולי, פֶּלֶאטִי וְסִיפֶן. אלה מאופיינים בהפריה פנימית ובשחרור דגיגים חיים מחלל השחלה של הנקבה. לקבוצה זו משתייך גם דג הגמבוזיה, אשר הובא ארצה ממרכז אמריקה לפני עשרות שנים לשם הדברת יתושים במקווי מים עומדים.

דגי נוי של מים קרים

קרפיון הנוי (קוי, *Cyprinus carpio carpio*)

מבחינה ביולוגית דג זה הוא קרפיון מצוי לכל דבר. גופו של קרפיון הקוי מאורך (מגיע בדגים בוגרים עד 80 ס"מ) ופחות גבוה מגופו של קרפיון המאכל. מוצאו של הקוי מקרפיון בר בעל קשקוש המלא, וראשית התפתחותו בסין, כ־500 שנה לפנה"ס. הסינים הביאו את הקרפיונים ליפן, כנראה במאות הראשונות לספירה, ושם היו הדגים בעיקר רכושם של קיסרים ושליטים אחרים אשר פיארו בהם את בריכות הנוי שבגניהם. בראשית המאה התשע-עשרה החלו להופיע קרפיונים מקושקשים צבעוניים (אדום, צהוב, לבן וכדומה) באחד ממחוזות יפן שהתפרסם בגידול קרפיוניים. במשך הזמן הופיעו דגים בעלי דגמי צבע נוספים ובכלל זה דגים בעלי שני גוונים (כדוגמת האדום-לבן, צבעי הדגל היפני, המכונה קוֹהֶקוֹ, שהוא מהטיפוסים המועדפים על מגדלי הקוי) ואף דגים בעלי שלושה גוונים. במאה העשרים הובאו ליפן מגרמניה קרפיונים בעלי קשקוש ראי, ובמהרה פותחו גם טיפוסים קוי בעלי קשקשים מועטים. יפן היא היצרנית העיקרית של דגי קוי ובה מיוצרים דגי הקוי היפים ביותר. דגים מצטיינים שזוכים בתחרויות



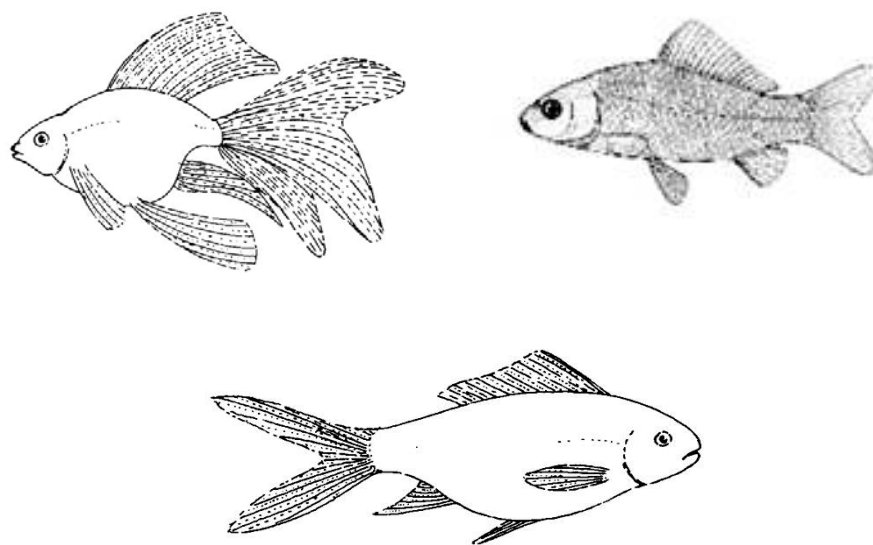
תמונה מס' 9: קרפיון נוי (קוי) מקושקש, בעל שני גוונים

המאורגנות על ידי אגודות מגדלי הקוי ביפן נמכרים במחירי שיא של אלפי דולרים. דגי הקוי מהווים חלק בלתי נפרד מברכת הנוי בגנים יפניים. בזכות יופיים וצבעוניותם הם מכוונים לעתים "הפרחים החיים של הגן". הביקוש לדגים אלה בארצות המערב, ובמיוחד באנגליה, נמצא במגמת עלייה, כנראה כתוצאה מעליית רמת החיים ומהתפתחות תרבות הפנאי.

דגי קוי הובאו ארצה מאנגליה לראשונה בשנת 1978 (שיתוף פעולה בין קיבוץ גן-שמואל וחברת "אסיא מעברות") ומגודלים בברכות בשישה משקים קיבוציים שהתמחו בכך, המאוגדים בחברת שיווק בשם "מג-נוי". הדגים משווקים במבחר גדלים מ-4 ועד 65 ס"מ. איכות הדגים המיוצרים בארץ גבוהה, וישראל מספקת חלק ניכר מהביקוש באירופה.

דג־זהב (*Carassius auratus auratus*; goldfish)

דג ממשפחת הקרפיוניים, מקורב מבחינה אבולוציונית לקרפיון המצוי, עד כי ניתן להכליא ביניהם. מקצת מהגנים האחראים לדגמי הצבע והקשקוש משותפים לשני המינים. דגי זהב הם דגי מים מתוקים (תעלות, ברכות, אגמים עם מים עומדים או זורמים באיטיות) אשר מסוגלים לחיות גם במים מליחים. הם עמידים לטווח רחב של טמפרטורה (עד 41 מ"צ, אך מעדיפים מים קרים).



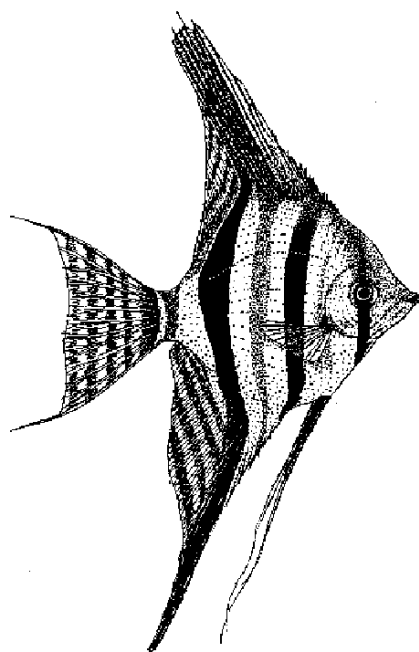
תמונה מס' 10: דגי זהב מטיפוסים שונים

דגי הזהב בוייתו בסין על ידי בידוד טיפוסים צבעוניים או לבקנים מהקרפיון הכסוף (Crucian carp; *Carassius carassius*). במאה השש־עשרה כבר הובאו ליפן ובהמשך לאירופה. הצבע הזהב מתפתח בחודשים הראשונים לחיי הדגים, והוא כנראה תוצאה של הרס הדרגתי של מלנופּוֹרִים (תאים המכילים צבען שחור) או של היעלמות הצבען השחור בהם. במאות האחרונות פותחו גם זנים בעלי מגוון של צורת הגוף וצורת הסנפירים. כיום קיימים כמאתיים זנים שונים של דגי זהב הנבדלים במבנה ובדגמי הצבע.

דגי זהב הם דגי נוי מבוקשים, לברכות־גן ולאקווריומים. הם ניזונים ממזון מגוון הכולל צמחי מים, רקבובית, חרקים וסרטנים ירודים החיים בקרקעית הברכות. עונת ההטלה היא אביב-קיץ. הם מטילים ביצים הנדבקות לצמחייה הטבולה במים, בדומה לקרפיון המצוי. הנקבות מטילות במחזורים, מדי שמונה עד עשרה ימים. ההפריה חיצונית ואין דאגת הורים לצאצאים.

הייצוא מישראל (בעיקר לאירופה) של דגי נוי של מים קרים מסתכם בערך כספי של שישה־שבעה מיליון דולר בשנה. היקף הייצוא ירד במשך מספר שנים עקב נזקי מחלת וירוס הקרפיון (ראה בהמשך "מחלות") שפגעה בענף, אך בשנת 2003 נרשמה התאוששות בייצוא.

דגי נוי טרופיים



תמונה מס' 11: דג מלאך (סקאלר)

דג מלאך (סקאלר, *Pterophyllum scalare*; angelfish)

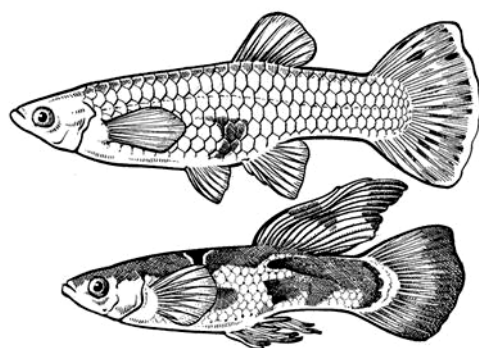
דג ממשפחת האמנוניים, אשר מוצאו מאגן נהר האמזונס בדרום אמריקה. ניזונים בטבע על יצורי מים זעירים, כגון סרטנים ירודים וזחלים של חרקים. הם מאופיינים במראה דמוי משולש, הנובע ממבנה הסנפירים. הגוף עצמו מעוגל, מכוסה קשקשים ולו כל המאפיינים של דג ממשפחת האמנוניים.

דגי מלאך הם דגי הנוי המבוקשים ביותר מבין מיני האמנוניים. הרבייה נעשית בזוגות הנשארים יחד לאורך זמן. במחזוריות של כשנים־עשר יום מטילות הנקבות ביצים המודבקות למצע (דוגרי־מצע) כגון צמחייה טבולה, אבנים וכו'. הזכר שוחה עם הנקבה ומפרה את הביצים כשהן צמודות למצע. הטמפרטורה המיטבית לרבייה

היא 25 עד 27 מ"צ. קיימים זנים רבים שטופחו לדגמי צבע מגוונים. מספר קטן של משקים בארץ עוסקים בגידולם לייצוא.

גופי (*Poecilia reticulata*; guppy)

הגופי הוא אחד מהנפוצים ביותר שבדגי הנוי הטרופיים. מוצאו ממרכז אמריקה ומצפון אמריקה הדרומית. דג קטן, אורך הנקבות מגיע עד שישה ס"מ והזכרים אף קטנים יותר הן בגוף והן באורך הכללי. לזכרים סנפירים גדולים ומגוונים בצורתם, במיוחד סנפיר הזנב, והם מצטיינים במגוון רחב של דגמי צבע. מרבית הגנים המקדדים לתכונות אלה הם בתאחיזה לזוויג. הגופי הופץ בכל העולם כדג נוי וקיימים עשרות רבות של זנים שטופחו על ידי חובבים ומגדלים מקצועיים.



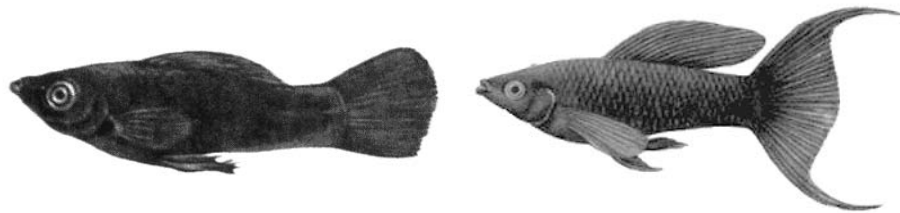
תמונה מס' 12: גופי (למעלה נקבה, למטה זכר)

בית הגידול הטבעי של הגופים הוא ברכות ונחלים בעלי מים עומדים או זורמים באיטיות רבה, שחום המים בהם עולה על 23 מ"צ. גופים ניזונים מיצורי מים זעירים, מזחלי חרקים ומסרטנים ירודים כמו גם מרקבובית. דגי הגופי חיים כארבעה-חמישה חודשים בסך הכל, ומגיעים לבגרות מינית בגיל חודשיים לערך. הזכר מפתח צינור הזדווגות (גונופודיום) שהוא גלגול של סנפיר השת. הזכרים מחזרים בהתמדה אחרי נקבות בלהקה, ועוזבים אותן לאחר ההזדווגות. הנקבות מאחסנות את תאי הזרע בשק מיוחד בגופן, המאפשר להן להשריץ מספר מחזוריים גם ללא הזדווגות נוספת עם זכר. ה"הריון" נמשך כארבעה שבועות. בסופו מושרצים 20 עד 40 דגיגים והנקבה נכנסת ל"הריון" נוסף. הטלות מתקבלות כל השנה. אין דאגה הורית לצאצאים ובתנאים מלאכותיים וצפיפות גבוהה ייטרפו רוב הצעירים על ידי הבוגרים.

מולי (*Poecilia (Molienesia) sphenops; molly*)

המולי הוא דג של מים מתוקים ומוצאו במרכז אמריקה ובצפון אמריקה הדרומית (מקסיקו עד קולומביה). הביולוגיה והאקולוגיה שלו דומים לאלו של הגופי, אם כי הוא מגיע לגודל רב יותר (נקבות עד אורך של 12 ס"מ). המולי פחות מגוון מהגופי מבחינת דגמי הצבע והצורה, אף כי גם בו קיימים זנים בעלי זנבות מאורכים במיוחד. הנפוץ ביותר בין חובבי דגי הנוי הטרופיים הוא המולי השחור. הרבייה דומה לזו של הגופי, אך מספר הדגים בהשרצה מגיע עד כ-150.

קיימים מספר מינים. המרשים שבהם הוא מולי מפרש (*Poecilia latipinna*) המצטיין בסנפיר גב גבוה, הנראה כמפרש כשהוא פרוש בעת חיזור.



תמונה מס' 13: מולי שחור (טיפוסים שונים)

פלאטי (*Xiphophorus maculatus; platy*)

הפלאטי הוא מין קרוב לגופי, מוצאו ממרכז אמריקה. הביולוגיה והאקולוגיה של הפלאטי דומים לאלו של הגופי, אף כי מגוון טיפוסים הצבע והצורה קטנים בהרבה. אורך הנקבות מגיע עד שישה ס"מ והזכרים קטנים יותר. מזונו בטבע מגוון (אוכל-כל). קיימים זנים ומכלואים מסחריים שטופחו על ידי חובבים. הפלאטי משמש כדג מודל במחקרים רבים.

קרובים לפלאטי מספר מינים להם סנפיר זנב דמוי סִיף או חרב, בו החלק התחתון מאורך ואורכו מגיע למספר ס"מ. הנפוץ שבהם הוא הסיפן (*Xiphophorus helleri*, swordtail). מוצאו של זה גם כן ממרכז אמריקה, אך בית הגידול הטבעי שלו בנהרות עשירים בצמחייה, בעלי זרימת מים חזקה יחסית. גם בסיפן פותחו זנים ומכלואים מסחריים על ידי מגדלים וחובבים.

גידול מסחרי של דגי נוי של מים קרים נעשה בבריכות עפר ומרוכז במספר משקי מדגה קיבוציים שהתמחו בענף חדש זה. לעומת זאת, הגידול החקלאי של דגי נוי טרופיים נעשה במבנים סגורים ובחממות, במערכות של מכלים ובאקווריומים במעגל מים סגור. ענף זה התפתח במיוחד במשק המושבי והפרטי, בזכות נפחי המים הקטנים יחסית הנחוצים לו. כיום פועלות בארץ כעשרים חוות לגידול דגי נוי טרופיים, רובן בהיקף ייצור קטן יחסית. הערך הכספי של ייצוא דגי נוי טרופיים מישראל התקרב לשני מיליון דולר בשנת 2004.

שיטות ממשק גידול דגים



באופן מסורתי מתבצע גידול דגים בבריכות, ולעתים רחוקות יותר בכלובים צפים בים או באגם. קיים מגוון רחב של טיפוסי בריכות, הנבדלות זו מזו במבנה, בעומק ובאופי הקרקעית.

בריכת דגים טיפוסית (בריכת עפר): זו חפורה באדמה וקרקעיתה עפר. בדרך כלל חופרים בריכות בקרקע כבדה (חרסיתית) המקנה לקרקעית אטימה טבעית נגד חלחול. כאשר חופרים בריכות בקרקע חולית, נוהגים לכסות את הקרקעית לאחר החפירה באדמה חרסיתית המובאת למקום, בכדי להשיג אטימות. גודל הבריכות בארץ נע מ-100 מ"ר ועד 100 דונם. בריכות קטנות משמשות לרבייה, לאימון דגים, לאחזקה לפני שיווק ולעתים גם לפיטום. העומק של בריכת עפר נע בין מטר אחד לבין שלושה מטרים. קרקעיתה בדרך כלל משופעת מהקצה הרדוד, שהוא בעומק של כמטר אחד, אל הקצה העמוק בו מותקן מראש בור הדיג, או אזור השלייה של הדגים, אליו הם מתרכזים בעת ריקון הבריכה ממים. בעת חפירת הבריכה, יש הנוהגים להדק אזור זה או לצפותו בכורכר או בבטון, בכדי שקרקעיתו לא תהיה בוצית וטובענית, ובכך להקל על פעולת השלייה. במקום העמוק ביותר בבריכה מותקנת יציאת המים מהבריכה אל תעלת הניקוז. זהו בדרך כלל צינור בטון העובר מתחת לסוללת העפר המהווה את דופן הבריכה. בתוך הבריכה, בקצה הצינור, מותקן מבנה בטון מלבני (המכונה בפי הדייגים "נזיר") שראשו מגיע עד מעל גובה המים המרבי המתוכנן. בדפנותיו של הנזיר מגרעות המאפשרות לסכור את פתח הנזיר בלוחות עץ ובצורה זו לקבוע את גובה המים בבריכה. לריקון הבריכה מוציאים את הלוחות בהדרגה ומציבים במקומם רשתות המותקנות על מסגרות. מי הבריכה גולשים מעל הלוח העליון ומסתננים דרך הרשת, ועל ידי כך נמנעת בריחת הדגים מהבריכה. שליית הדגים נעשית על ידי תפיסתם ברשת, ולהוצאתם מהבריכה נעזרים במיכון מתאים. תפוקת הדגים מבריכות עפר בארץ 500 עד 1,000 ק"ג לדונם לשנה.

מאגר: ההבדל העיקרי בין בריכת עפר לבין מאגר הוא עומק המים. עומקו של מאגר הוא מארבעה מ' עד חמישה-עשר מ', ושטחו מ-50 דונם ועד קרוב ל-200 דונם. במכלול המאגרים

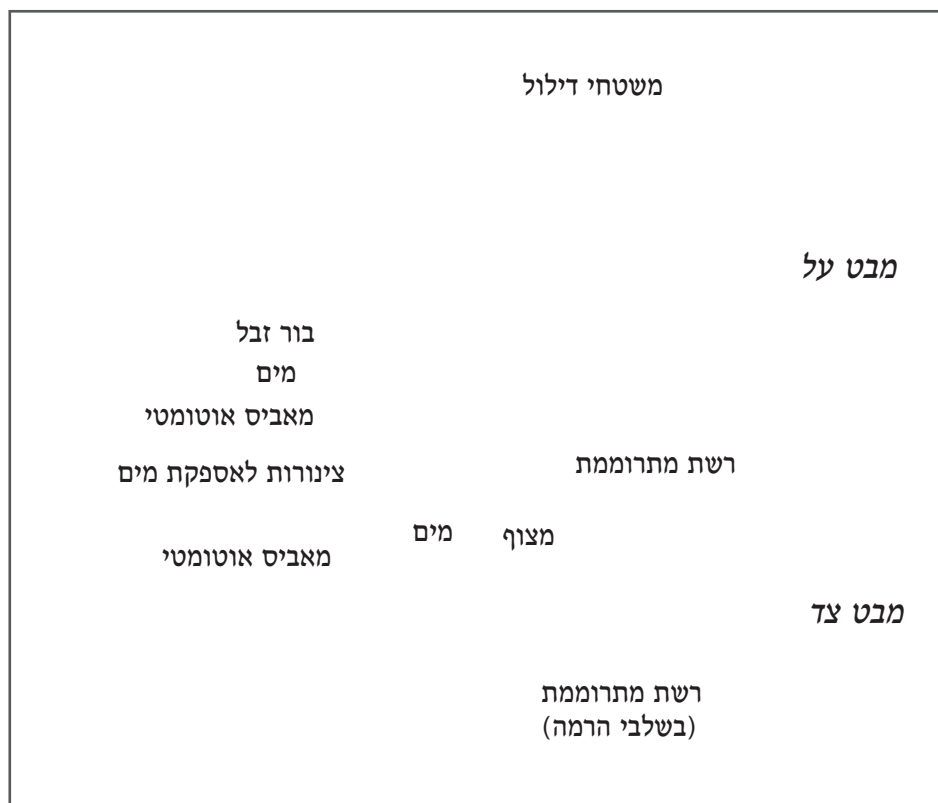
מבחינים בכמה סוגים: מאגרי השקיה, מאגרי מדגה ומאגרים משולבים. במאגר השקיה נאגרים מי גשמים ומי שטפונות בחורף, אלה משמשים להשקיית גידולים חקלאיים בקיץ. למאגרים כאלה מוכנסים דגים המשמשים לשמירה על איכות המים בלבד, ואין השקעה באמצעי ייצור בגידול הדגים. מאגרים כאלה מופעלים ברובם על ידי חברת "מקורות" כחלק ממערכת המים הארצית.

מאגר מדגה הוא בִּרְכָה שעומקה הממוצע ארבעה-חמישה מ'. מאגר כזה מתמלא בחורף במים עד קצה יכולת הקיבול שלו, אך אידוי וחלחול יגרמו לירידת פני המים במשך הקיץ בכשני מטרים. המים הנותרים מספיקים לגידול הדגים במשך כל עונת הגידול, ואין מוסיפים למאגר מים במשך הקיץ. המים במאגר משמשים לגידול הדגים בלבד, והמאגר מצויד בכל הציוד והאמצעים הנחוצים לגידול הדגים ולשלייתם.

מאגר משולב הוא מאגר בו נאגרים מים להשקיה והדגים גדלים בהם כ"טרמפיסטים". תכנית גידול הדגים משולבת בתכנית השימוש במים להשקיה, ומכאן שמו. השימוש במאגרים משולבים מוזיל את עלויות המים הדרושות לגידול הדגים, שכן מקצת מהעלויות נזקפות לחובת הגידול החקלאי המושקה במים. עומקם של מאגרים כאלה עולה בדרך כלל על חמישה מ', בכדי לאפשר השקיה במשך הקיץ ולהשאיר מספיק מים להשלמת עונת גידול הדגים בסתיו. במאגרים כאלה מושקעים כספים רבים בהתקנת אמצעים ומתקנים הדרושים לטיפול בדגים ולשלייתם בסוף העונה (תמונה מס' 14).

כמו בבִּרְכָה, גם במאגר מותקן "נזיר" לריקון המים. בשל הנפח הגדול של המאגרים, תפוקת הדגים בהם גדולה בהרבה מזו של בִּרְכָת עפר רגילה ומגיעה ל-1,000 עד 2,000 ק"ג לדונם לשנה. מאחר וכמות זו גדולה מְדִי לשלייה בפעם אחת מבור הדיג בסוף העונה, ומכיוון שעם ירידת גובה המים במאגר במשך הקיץ עלולה צפיפות הדגים להגיע לרמה מסוכנת, נוהגים מגדלי הדגים לשלוח מקצת מהדגים שהגיעו לגודל שיווק במהלך העונה ובכך לדלל את האוכלוסייה. לשם כך מצוידים המאגרים במתקני שלייה – משטחי דילול לשלייה ברשת, או ברשתות מתרוממות התלויות על עמודים אותן ניתן להרים עם שלל הדגים באמצעות מנועים חשמליים המותקנים בראש העמודים. הדגים מתרכזים במעין שרוול, אותו ניתן לנתק ולגרור אל גדת המאגר לשם הוצאתם.

במקצת מהמאגרים הותקנו בשלב בנייתם בורות בטון בקצה צינור היציאה של המים מהמאגר. מתקנים אלה מאפשרים שלייה נוחה ויעילה של הדגים מחוץ למאגר, וטיפול בהם לאחר יציאתם ממנו דרך הצינור. בבורות אלה מותקנים מסננים להפרדה בין הדגים לבין המים אֲתֵם הם יוצאים מהמאגר.

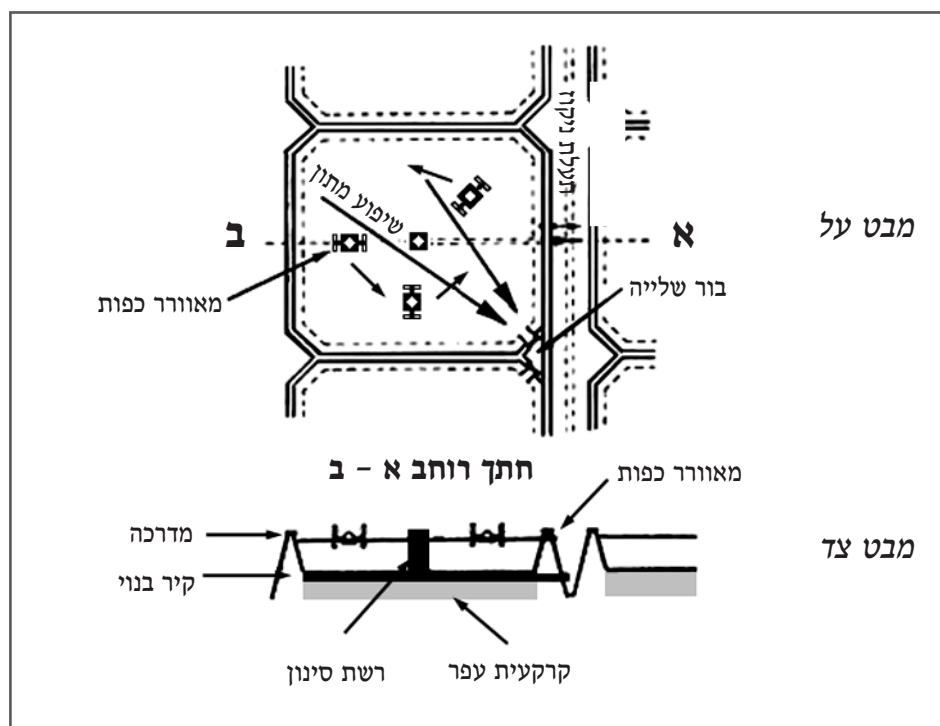


תמונה מס' 14: סכמה של מאגר משולב להשקיה ולמדגה, ומתקניו להזנה ולשליית הדגים (מתוך **ספר הקרפיון**, בפרק "ייצור קרפיונים הלכה למעשה")

ברכות לגידול אינטנסיבי: בסוג שלישי של ברכות הדפנות ובדרך כלל גם הקרקעית עשויות מחומר קשיח ולא מעפר. ברכות אלה משמשות לגידול דגים בצפיפויות שהן גבוהות בהרבה מהמקובל בברכות ובמאגרים ("גידול אינטנסיבי"). גידול דגים בצפיפויות גבוהה מצריך סחרור המים בתוך הברכה באופן שירכז את ההפרשות ועודפי המזון לשם הרחקתם מהברכה. ברכות אלה יכולות להיות חפורות בעפר ומצופות ביריעות פלסטיק לאיטום ולקבלת דפנות וקרקעית חלקות. לחילופין הן יכולות להיות בעלות קירות זקופים בנויים מבלוקים וקרקעית עפר כאשר אלה מצופות ביריעות פלסטיק, או יכולות להיות בנויות מבטון מזוין (קירות וקרקעית). ההבדל העיקרי מבחינה הנדסית בין צורות הבניה השונות הוא במידת החלקות של פני השטח, שכן גם מתיחה טובה של יריעות הפלסטיק תשאיר פה ושם קמטים. ככל שדפנות הברכה חלקות יותר, סחרור המים וריכוז המוצקים לאזור סילוקם טוב יותר. ברכות לגידול אינטנסיבי

יכולות להיות עגולות, מצולעות, מאורכות בצורת מלבן בעל פינות או קצוות מעוגלים. למבנה ההנדסי השפעה על יעילות סחרור המים, אך גם על עלויות הבנייה (בִּרְכָה עגולה יקרה יותר לבנייה מאשר בִּרְכָה מצולעת). סחרור המים בתוך בִּרְכָה הגידול נעשה בדרך כלל על ידי מאווררי כפות ("חֲמָצְיוֹת") אשר בנוסף להחדרת אוויר (ועל ידי כך חמצן) למים גם גורמים לזרימת המים בבִּרְכָה (תמונה מס' 15).

בִּרְכּוֹת לגידול אינטנסיבי של דגים יכולות להיות בשטח פתוח או בתוך מבנה חממה. בִּרְכּוֹת אינטנסיביות בשטח פתוח ממוקמות כך שהן צמודות לבִּרְכָה גדולה או למאגר בהם גדלים דגים בממשק רגיל. הברכה האינטנסיבית והברכה הרגילה או המאגר קשורים במעגל מים באופן שמי בִּרְכּוֹת הגידול האינטנסיבי, על ההפרשות שבהם, מוזרמים לבִּרְכָה הגדולה או למאגר ובמקומם מוזרמים חזרה מים באיכות גבוהה. הברכה הגדולה או המאגר משמשים לכן כפילטר ביולוגי. כאשר הבִּרְכּוֹת לגידול אינטנסיבי ממוקמות במבנה חממה, מותקן מערך מסננים בצמוד אל המבנה או בתוכו, ומי בִּרְכּוֹת הגידול ממוחזרים דרכו. מערך המסננים כולל



תמונה מס' 15: סכמה של בִּרְכּוֹת לגידול אינטנסיבי של דגים ומתקניהן

מסנן פיזי להרחקת מוצקים ומסנן ביולוגי לפירוק חומרי ההפרשה המומסים במים. לעתים, מוסיפים למעגל הטיפול במים גם מתקן להמסת חמצן כדי לשמור על ריכוז חמצן מיטבי בהתאם לעומס הדגים. בחוות לגידול טרוטות (פורלים) מקובלות ברכות תעלה, בהן נכנסים המים מקצה אחד ויוצאים מהקצה האחר. חומרי ההפרשה המוצקים והמומסים מורחקים מהברכה על ידי זרם המים. תפוקות הדגים בברכות אינטנסיביות בארץ מגיעות עד כ־40 ק"ג למ"ק לשנה.

כלובים: כלובי דגים יכולים להיות צפים (מנותקים מהקרקעית) בים הפתוח, במפרצים מוגנים, או באגמי מים פנימיים, או בנויים כמכלאות בהן הרשת המקיפה מגיעה עד לקרקעית. כלובים צפים יכולים להיות בודדים, עם מדרכה היקפית לצורכי תפעול, או מאורגנים בקבוצות באופן שהמדרכות ההיקפיות יוצרות מבנה של רפסודה. חוות הכלובים מעוגנות בכבלים למתקני עגינה בקרקעית הים או האגם. כלובים המוצבים בים הפתוח עלולים להיפגע מגלים חזקים בעת סערה. כלובים אלה ניתן לשקע לתוך המים עד חלוף הסערה. ממשק הגידול בכלובים ובמכלאות מבוסס על הרחקת חומרי ההפרשה מתוך יחידת הגידול על ידי זרמי המים. בכך נשמרת אמנם איכות מים טובה בכלובים, אך פועל יוצא הוא כי שיטת הגידול בכלובים מהווה מטרד אקולוגי. במקומות רבים בארץ ובעולם פועלים ארגוני שמירת הטבע וההגנה על איכות הסביבה לביטול שיטת גידול זו, והחלפתה בגידול בברכות ביבשה, בהן ניתן לאכוף את כללי טיהור המים בטרם החזרתם לגופי המים הטבעיים.

הגידול בכלובים הוא בדרך כלל בצפיפות גבוהה, דומה לזו של ברכות לגידול אינטנסיבי. הטיפול השוטף בדגים והשלייה נעשים מהמדרכה או מהרפסודה המקיפה את הכלובים, ושינוע המזון והדגים הנאספים מתבצע באמצעות סירות. בעולם נפוצה שיטת גידול דגים בכלובים בעיקר במדינות השוכנות לחופי ימים מפורצים, כדוגמת יפן, יוון, נורבגיה, האיים הבריטיים, צפון מערב ארצות־הברית ומערב קנדה, אך גם במדינות אחרות בהן החופים פחות מוגנים. גידול דגים בכלובים במים פנימיים נפוץ באינדונזיה ובפיליפינים. בארץ פועלות מספר חוות לגידול דגי ים בכלובים במפרץ אילת ובנמל אשדוד שלחוף הים התיכון. ניסיונות לגידול דגים בכלובים צפים במאגרים עמוקים לא הפכו לשיטה מסחרית, למרות היתרונות הגלומים בשיטה זו.

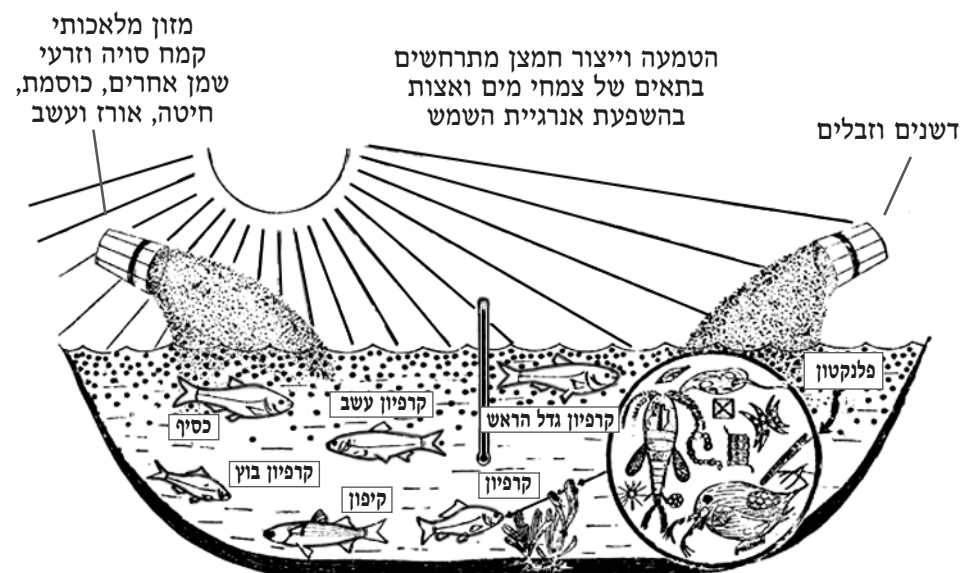
* * *

מונוקולטורה ופוליקולטורה. ממשק גידול הדגים בברכות נחלק לשתי שיטות: גידול מין יחיד (מונוקולטורה) וגידול משולב של מספר מינים באותה ברכה (פוליקולטורה). גידול מין יחיד מאפשר התאמת תנאי הממשק לצרכים הייחודיים של כל מין וחוסך בצורך למיין את הדגים בעת האסוף. מאידך, בשל ההבדלים בהרגלי התזונה בין מיני הדגים, מנוצל בגידול מין יחיד רק מקטע מסוים של מארג המזון הטבעי בברכה והמאזן האקולוגי בה עלול להיות מופר. למשל,

במונולטורה של קרפיון, הניזון בעיקר מבעלי חיים בקרקעית, מתפתחות בקיץ בברכות אצות בכמויות גדולות הגורמות לעתים קרובות להתמוטטות אוכלוסיית הדגים עקב חוסר חמצן חריף בבריכה. שיטת הגידול המשולב של מיני דגים בעלי הרגלי תזונה שונים ביחסים מספריים התואמים פחות או יותר את מבנה מארג המזון הטבעי בבריכה פותחה בסין לפני מאות שנים (תמונה מס' 16).

בשיטה זו מושג ניצול מרבי של המזון הטבעי להזנת הדגים, ובנוסף נשמרת היציבות האקולוגית של הבריכה. שיטת גידול זו הועתקה לארץ בראשית שנות ה-70 לאחר שהובאו ארצה מיני קרפיוניים סיניים בעלי הרגלי תזונה טבעית מגוונת. שיטה זו נפוצה בארץ בברכות עפר ובמאגרים. חסרונה העיקרי הוא בצורך למיין את הדגים בעת האסיף, כיוון שאינם גדלים בקצב זהה ולכן גם אינם משווקים בריזומנית. במערכות לגידול אינטנסיבי, בהן למזון הטבעי תפקיד שולי בהזנת הדגים, אם בכלל, מגדלים מין יחיד בלבד.

דגים משמשים לטיפול ביולוגי במי מערכת המים הארצית. מי הפנרת, הנשאבים למוביל הארצי ומובלים למאגרי אגירה למי שתייה ברחבי הארץ, עשירים באצות ובזואופלנקטון. מי התהום המעורבבים עם מים אלה עשירים במלחים. עקב כך מתפתחים במי המאגרים מגוון של ייצורי מים (אצות, זואופלנקטון ובעלי חיים בקרקעית) הגורמים לעלייה בעכירותם ולירידה באיכותם כמי שתייה. בעולם נהוג לפקח על גדילת האצות באמצעות חומרים כימיים הממיתים



תמונה מס' 16: תיאור סכמתי של המערכת האקולוגית בברכות דגים בדרום סין

את האצות, וכך נהגו גם בארץ בראשית ימי תפעול מערכת המים הארצית. שיטה זו אינה יעילה וגם מסוכנת לאוכלוסיית האדם, שכן מקצת מחומרים אלה רעילים גם לבני אדם. מדעני חברת המים "מקורות" בחנו את האפשרות להשתמש במיני דגים לפתרון הבעיה בדרך ידידותית יותר לסביבה ולאדם, המבוססת על שיטת הפוליקולטורה הסינית. מזה כ-25 שנה נהוגה שיטה זו בישראל בהצלחה רבה. מרבית מיני הדגים, המשתייכים לקבוצת הקרפיוניים הסיניים (שהוזכרו לעיל), אינם מתרבים במי המאגרים ורבייתם מבוצעת במספר מכוני רבייה מסחריים. לכן הם גם אינם מהווים סיכון לסביבה. הכסיף ניזון על אצות הפלנקטון, ובכך מגביל את התפתחות שאר מרכיבי מארג המזון הטבעי; קרפיון העשב משמש להכחדת הצמחייה במאגרים; הקרפיון גדול הראש מקטין את אוכלוסיית הזואופלנקטון; והקרפיון השחור מקטין את אוכלוסיית צדפות המים. בנוסף, משתמשים באמנון הגליל, הדומה בהרגלי תזונתו לכסיף, וכן באמנון הירדן ובקיפון הניזונים מהרקבובית על גבי הקרקעית. כן משתמשים בלברק, המסתגל גם למים מתוקים, שהוא טורף ומסייע בהקטנת אוכלוסיית הדגים של המינים המתרבים במאגר (קרפיון ואמנונים). מיני הדגים מוכנסים למאגרי מערכת המים הארצית ביחסים התואמים פחות או יותר את מצאי המזון הטבעי האופייני להם. בדרך זו נשמרים המים באיכות ראויה. לעתים מזומנות מרוקנים לחלוטין את המים מהמאגרים, אוספים את הדגים ומחדשים את אוכלוסיית דגי הניקוי לאחר מילוי המאגר במים מחדש.

מחזור הגידול במדגה



מחזור גידול במשק מדגה כולל את השלבים הבאים: רבייה וייצור דגיגים, אימון ראשוני ושניוני, שמירה חורפית, פיטום ושיווק. דרכי ייצור הדגיגים של מיני הדגים במדגה הישראלי הוזכרו לעיל, וכן מוקדש לנושא פרק נפרד (פרק רביית דגים). לאחר הבקיעה מתחיל שלב האימון הראשוני של הפגיות (לרבות) בו הן הופכות במהרה לדגיגים צעירים. בשלב זה מזינים את הפגיות במזון מתאים במטרה להביא לשיעורי הישרדות גבוהים. בניגוד לרבייה בטבע, בה שיעורי ההישרדות של הדגיגים הצעירים נמוכים ביותר, לעתים פחות מ-1% (בין השאר עקב טריפה), שיעורי ההישרדות בתנאי משק נעים בין 20% ל-30% בדגי ים ועד 50% ויותר בדגי המים המתוקים. בתנאי משק שיעור הטריפה נמוך, כתוצאה מטיפול להשמדת הטורפים בבִּרְכוֹת מים מתוקים או היעדרם המוחלט של טורפים (כמו במקרה של דגי ים).

מגדל הדגים מספק לדגיגים מזון מתאים ובכמות מספקת. במינים בהם נהוג ייצור דגיגים בבִּרְכוֹת (קרפיון ואמנונים) מעודדים את התפתחות מארג המזון הטבעי באמצעות דישון וזיבול בִּרְכוֹת הדגיגים ועל ידי כך מבטיחים את הימצאותם של יצורי מים זעירים (פיטופלנקטון-

וזאופלנקטון) המהווים מזון מעולה לדגים. במינים בהם נהוג ייצור הדגים בהטלות מלאכותיות במדגרה, מזינים את הדגים בימים הראשונים לאחר הבקיעה בפגיות של סרטנים זעירים אותם מבקיעים מביציקיימא מיובאות מחו"ל. דוגמה לסרטן זעיר כזה היא האַרְטְמֶה – הגדלה ומתרבה במלחות. בתנאים קשים, כגון עליית טמפרטורת המים או התייבשות המלחה, יוצר הסרטן ביציקיימא אשר, כאמור, נאספות ומשמשות להזנת הפגיות. לאחר מספר ימים מתאריך הבקיעה מעבירים את הדגים לבִּרְכוֹת עשירות במזון טבעי, או ממשיכים בגידול מלאכותי תוך שימוש במזונות יבשים בגודל מתאים ("סטרטר"). יוצאים מהכלל הם דגי הים; לפגיות הבוקעות מביציהם מִפְתַּח פה זעיר ביותר ובימים הראשונים הן מסוגלות להיזון על גִּלְגִּילִיּוֹת (רוטיפרים) בלבד. בתוך ימים אחדים גדל מִפְתַּח הפה וניתן להזין בסרטנים ירודים וזעירים, וכך בהדרגה עוברות פגיות דגי הים מסוג מזון אחד למשנהו עד הגיען לגודל בו ניתן להזין אותן בפגיות של ארטמיה. הצורך בקיום "שרשרת מזון טבעי" מלאכותית מהווה את אחד מצווארי הבקבוק בייצור דגים של דגי ים.

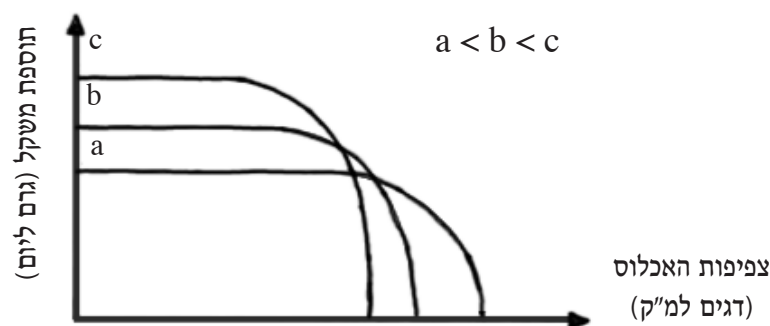
בהגיע הדגים לגודל המאפשר הזנתם במזונות יבשים מתחיל שלב האימון השניוני, שמטרתו להכין את הדגים לשלב הפיטום. האימון מתבצע בצפיפות גבוהות (עשרות עד מאות אחדות של דגים למ"ק, בהתאם למין הדג) שכן בשלב זה אין הצפיפות מהווה גורם מגביל לגדילה (ראה בהמשך). אכלוס בִּרְכוֹת הפיטום בדגים במשקל של עשרות גרמים מאפשר ניצול יעיל יותר של אמצעי הייצור במשק. בגודל כזה ניתן ל"אחסן" אותם (בצפיפות גבוהה ובהגבלת מזון) ולהחזיקם כמעט ללא גדילה עד להעברתם לבִּרְכוֹת פיטום פנויות בהתאם לתכנית העבודה של המשק.

שלב הפיטום מתבצע בבִּרְכוֹת, במאגרים או בכלובים, כמתואר לעיל, ומטרתו להביא את הדגים לגודל שיווק במהירות וביעילות המרבית. קצב הגדילה של דגים מושפע מגורמים התלויים בדג (מין הדג, גורמים גנטיים) ובמידת התאמתו לתנאי הגידול (טמפרטורה, מליחות וכו') ומגורמים התלויים בצפיפות האכלוס כגון איכות המים, רמת החמצן וזמינות מזון טבעי. בכל הקשור לפיטום נבדלים הדגים משאר בעלי החיים במשק החקלאי במספר מאפיינים: ראשית, אין הם מסוגלים לווסת את חום גופם, וזה נקבע על ידי טמפרטורת הסביבה. לכן, קצב הגדילה תלוי במידה רבה בחום המים. שנית, ולא פחות חשוב, הדגים חיים במים בהם הם ניזונים ונושמים, ולתוכם הם גם מפרישים את הפרשותיהם. לכן, מגדל הדגים חייב לדאוג לאיזון עדין בין כמות הדגים והמזון הניתן להם לבין ריכוז חומרי ההפרשה המצטברים בבית הגידול (כלומר איכות המים). בִּרְכַת העפר היא מערכת אקולוגית המסוגלת לטפל בחומרי ההפרשה – פירוק המוצקים על ידי חיידקים ויצורים אחרים בקרקעית, וקליטה של המומסים על ידי האצות לצורך גדילתן. תהליכי פירוק וקליטה אלה תלויים בטמפרטורה (דרך השפעתה על קצב התהליכים הביולוגיים), ברמת החמצן המומס במים, במידת חדירת האור (התלויה בצפיפות אוכלוסיית האצות ועכירות המים בכלל) ובזמינות חומרי ההזנה (מינרלים) החיוניים להתפתחות האצות. לכן, יכולת הִבְרָכָה לטפל בהפרשות היא מוגבלת, והן עלולות להצטבר

ולהוות "גורם מגביל" לגדילה אם כמות הדגים בבִּרְכָה והמזון הניתן להם עולים על כושר הטיפול של הבִּרְכָה. העומס (ביוֹמָסָה) המרבי של דגים שבו הגדילה נפסקת לחלוטין מכונה "כושר הנשיאה" של הבִּרְכָה.

תנאי הגידול ויבול המדגה

דגים גדלים בקצב המרבי האופייני למין או לזן כל זמן שהגורמים התלויים בצפיפות אינם מגבילים אותם. הגדילה נעצרת ברגע שעומס הדגים בבִּרְכָה מגיע לרמה בה אחד הגורמים הופך לגורם מגביל (למשל, מחסור במזון, ירידת רמת החמצן, הצטברות חומרי הפרשה המעכבים את הגדילה וכו'). במצב כזה, ניתן להביא להמשך הגדילה על ידי הסרת הגורם המגביל, למשל הוספת מזון או שיפור איכותו (אם המזון הוא הגורם המגביל) או הקטנת עומס הדגים על ידי דילול האוכלוסייה. הגדילה תמשיך בקצב המרבי עד להיווצרות גורם מגביל אחר. הקשר בין צפיפות אכלוס הדגים לבין תוספת המשקל בדגים בגדלים שונים מוצג בתמונה מס' 17. ניתן לראות כי ככל שהדג גדול יותר מגיעים בצפיפות אכלוס נמוכה יותר לעומס בו נפגעת הגדילה עד שהיא לבסוף נעצרת.



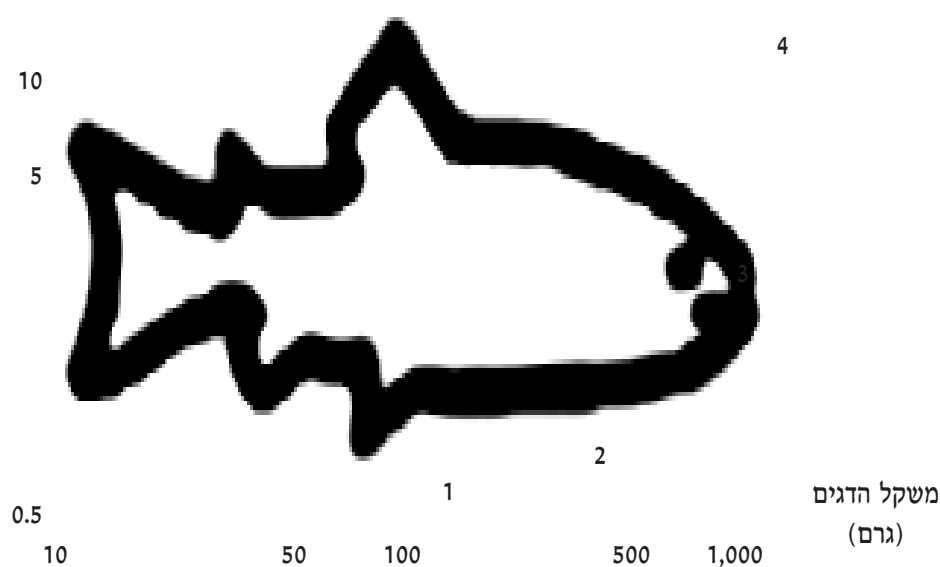
תמונה מס' 17: תיאור סכמתי של הקשר בין תוספת המשקל לבין צפיפות אכלוס הדגים בבִּרְכָה, בדגים בגדלים שונים (משקל הדג $a < b < c$)

על פי: Hephner, B. 1978. Ecological aspects of warm water fishpond management. pp. 447-468.
In: S.D. Gerking/Ecology of freshwater fish production. Blackwell Sci. Publ., Oxford.

על השפעת הצפיפות על קצב הגדילה של הדגים ניתן ללמוד, מתוצאות שנאספו במשך שנים רבות של ניסויים שנערכו בתחנת הניסיונות "דור" אשר בחוף הכרמל (תמונה מס' 18). בגידול קרפיון בבִּרְכוֹת בתנאים אֶקְסְטֶנְסִיבִּיִּים, כלומר ללא השקעת תשומות על ידי המגדל, מוגבל יבול הדגים שניתן להפיק מבִּרְכָה **לעשרות בודדות של ק"ג לשנה**. הגודל המרבי של הדגים

מוכתב על ידי הצפיפות. זאת משום שעם גדילת הדגים מגיע העומס בבריכה לרמה כזו שהמזון הטבעי שבבריכה מספיק לכל היותר לקיום דגים אך לא לגדילתם. ראוי לשים לב כי כל עוד כמות המזון הטבעי מספיקה, יגדלו הדגים בקצב המרבי לו הם מסוגלים. ניתן להגדיל את היבול מהבריכה על ידי עידוד ייצור המזון הטבעי בבריכה על ידי דישון, שכן ייצור האצות (הנמצאות בבסיס מארג המזון) מוגבל על ידי זמינות המינרלים המשמשים להן כחומרי הזנה. דישון הבריכה, החל משלב האכלוס יביא לכך כי הדגים ימשיכו לגדול בקצב הגדילה המרבי האופייני להם זמן רב יותר. בהתאם לכך יעלה יבול הבריכה. אולם, בעומס מסוים, גבוה מזה

תוספת משקל
(גרם ליום)



תמונה מס' 18: הקשר בין תוספת המשקל הממוצעת (בפרקי זמן של שבוע-שבועיים) לבין משקל הקרפיונים בבריכה, בניסויים שונים שנבדלו בכמות המזון שהוסף לבריכות. הקו האלכסוני הישר מייצג את קצב הגדילה המרבי שהתקבל בכל הטיפולים בטרם הופיע גורם מגביל משולשים מלאים (1): בריכות ללא טיפול; משולשים פתוחים (2): בריכות שקיבלו דישון בלבד; עיגולים מלאים (3): בריכות שקיבלו דישון ותוספת הזנה בגרעיני סורגום; עיגולים פתוחים (4): בריכות שקיבלו דישון ותוספת הזנה בכופתיות עשירות בחלבון

על פי: Hephher, B. 1978. Ecological aspects of warm water fishpond management. pp. 447-468
In: S.D. Gerking/Ecology of freshwater fish production. Blackwell Sci. Publ., Oxford.

שבבִּרְכָה ללא כל טיפול, שוב תיעצר הגדילה עקב מחסור במזון. עם הוספת מזון פשוט (כגון גרעיני דגנים, כמקובל באירופה) יוכלו הדגים לגדול בקצב המרבי עד לעומס רב עוד יותר, **והיבול יוכל להגיע ל-100 עד 200 ק"ג לדונם לשנה.**

שימוש בכופתיות מזון עשירות בחלבון מאפשר השגת יבולים של **200 עד 300 ק"ג לדונם לשנה.** ניתן להגדיל עוד יותר את היבול על ידי הוספת מינים נוספים של דגים לִבְרָכָה, בעלי הרגלי תזונה שונים משל הקרפיון. יישום שיטה זו בארץ הביא להשגת יבולים של **500 ק"ג ויותר לדונם לשנה.** בעומסים כאלה הופך ריכוז החמצן המומס במי הִבְרָכָה לגורם המגביל, ובכדי להסירו מפעילים המגדלים חמצניות להעשרת המים בחמצן. גם כושר הטיפול של הִבְרָכָה בהפרשות הדגים מהווה גורם המגביל את העלייה ביבולים. המעבר לשימוש בבִּרְכּוֹת עמוקות ובמאגרים, בהם היחס בין נפח המים לשטח הִבְרָכָה גדול יותר מאשר בבִּרְכּוֹת רדודות, אפשר הגדלת הצפיפות ואתה גם עלייה ביבולים לרמות של **1,000 ק"ג לדונם לשנה,** ומעלה. בבִּרְכּוֹת אלה נמהלות ההפרשות בנפח גדול יותר של מים והופכות לגורם המגביל את הגדילה בעומס יותר גבוה מאשר בבִּרְכּוֹת רדודות.

עליית מדרגה נוספת ברמות היבולים התאפשרה עם הכנסת שיטות הגידול האינטנסיבי. כאמור, בבִּרְכּוֹת אלה מאוכלסים הדגים בצפיפות גבוהה ביותר. המזון הטבעי במים מועט ביותר או שאינו קיים כלל והגידול מבוסס על הזנה מלאה במזון מלאכותי באיכות גבוהה. חומרי ההפרשה מסולקים מהִבְרָכָה על ידי מחזור המים, או מטופלים באמצעות מערכת מסננים במערכות גידול במעגל מים סגור. רמת החמצן במים הדרושה לקיום ולגדילת הדגים מושגת על ידי אוורור המים או באמצעות המסת חמצן טהור במים. במחיר גבוה של השקעה בתשתיות, במתקנים ובאנרגיה יוצר המגדל תנאי גידול מיטביים, בהם באה לידי ביטוי מלוא יכולת הגדילה של הדגים. אכן, יבול הדגים בבִּרְכּוֹת אינטנסיביות מגיע **לעשרות טונות לדונם לשנה.** יש להדגיש כי רק גידול דגי איכות, הנמכרים בשווקים במחירים גבוהים, מסוגל להיות רווחי במערכות גידול אינטנסיביות. כיום משמשות מערכות כאלה בארץ בעיקר לגידול אמנונים ורווחיותן גבולית.

דגי הִבְרָכּוֹת משווקים בארץ במספר אופנים: חיים, מצוננים, קפואים, משומרים ומעובדים. באופן מסורתי משווק הקרפיון בעיקר כדג חי. שיווק דגים חיים הייתה הדרך היחידה להבטיח טריות בטרם התפתחו אמצעי הקירור המקובלים כיום. כך נוהגים במרכז אירופה במשך מאות בשנים, ונוהג זה הועתק גם לארץ. הדגים מובלים ממשקי המדגה למחסני המשווקים במכלים המותקנים על משאיות כאשר המכלים מצוידים באמצעים לאוורור המים. הדגים מפוזרים לחנויות הדגים כשהם חיים ומוחזקים בהן בבִּרְכּוֹת בטון מיוחדות או במכלים. סוחר הדגים ממית את הדג בעת המכירה. שאר סוגי הדגים, וכן מקצת מהקרפיונים, מומתים על ידי טבילה במי קרח בבתי האריזה, ונשלחים לשווקים כשהם שלמים ומצוננים (בקרר) או קפואים. מקצת מדגי הִבְרָכּוֹת עוברים עיבוד תעשייתי ונמכרים בצורות שונות – החל מפִּלָּה ועד מנות מוכנות לבישול.

מחלות ומזיקים ודרכי מניעה וטיפול בהם



בריאות הדגים תלויה בגורמים סביבתיים שונים וביניהם: טמפרטורה, מליחות, רמת חמצן וריכוז המטבוליטים במים, עומס אורגני בברכה, תזונה נכונה ועוד. כל עוד תנאי הממשק טובים, נשמר בדרך כלל האיזון העדין בין הדגים לבין מחוללי המחלות החיים במים, ועל ידי כך נשמרת גם בריאות הדגים. אולם, מאחר וקשה לשמור באופן קבוע על תנאי ממשק מיטביים במתקני גידול הדגים, מופר לעתים שיווי המשקל הזה, ואז מתפרצת מחלה. גורמים עיקריים להפרת שיווי המשקל הם צפיפות אכלוס גבוהה, טיפולים ידניים ומכניים בדגים (העברות, שקילות וכו'), טמפרטורה חריגה של המים, מזון בלתי מתאים ואיכות מים ירודה (רמת חמצן נמוכה, הצטברות מטבוליטים שמקורם בהפרשות הדגים). כל אלה משרים על הדגים עקה (Stress) וזו גורמת לפגיעה ביעילות פעולת המערכת החיסונית של הדגים, ומאפשרת התפרצות מחלות. במצבי עקה מתקשים מנגנוני ההגנה של הדגים למנוע חדירת מחוללי מחלה לגוף הדגים או למנוע את התיישבותם על גבי המעטה החיצוני של הדגים. דגים שנחלשו עקב תנאי סביבה גרועים נדבקים בנקל בטפילים חיצוניים ופנימיים. הידבקות בחיידקים ובנגיפים מתפתחת במהרה לזיהום ולהופעת מאפייני מחלה טיפוסיים: שטפי דם בעור, בשרירים, בסנפירים וסביב העיניים והצטברות נוזלים בחלל הבטן הגורמת להתנפחות ולעיניים בולטות.

כיום מוכרים מרבית גורמי המחלה הפוגעים במדגה בארץ. גורמים אלה עלולים בתנאי ממשק גרועים להוביל להתפרצות של מגפות קשות המסתיימות בתמותה המונית של דגים. ברוב המקרים ניתן להתאים טיפול מונע או טיפול הולם לדגים חולים, אם המחלה מזוהה בשלב מוקדם. אולם, יש מחלות אחדות להן לא נמצא עדיין טיפול. כאמור, ממשק נכון הוא המפתח לשמירה על בריאות הדגים ולמניעת התפרצות מחלות.

ניתן למיין את מחוללי מחלות דגים הנפוצות בארץ למספר קבוצות: טפילים חיצוניים, טפילים פנימיים, חיידקים, נגיפים (וירוסים) ורעלים.

אלה הם יצורים החיים במים, ובתנאי ממשק נאותים אינם גורמים לנזקים משמעותיים לדגים. בין אלה נכללים פטריות (כגון ספּוּלִינְה), חד־תאיים ורב־תאיים (אֵיקְטִיּוֹפְטִירִיוס, ריסניות ושוטוניות), סרטנים ירודים (כגון לֶרְנָה, אֶרְגוּלוּס) ותולעים שטוחות. לרובם נמצאו חומרי הדברה יעילים בהם ניתן לטפל בדגים במערכות הגידול. טפילים אלה נצמדים לעור ולזימים, גורמים לפצעים בעור (המאפשרים חדירה משנית של מחוללי מחלה אחרים), לפגיעה בתפקוד הזימים בנשימה, ולירידה בתיאבון בהדבקות כבדות. הטיפול מכוון בדרך כלל לפגיעה בשלב השוחה באופן חופשי של הטפיל. לעתים נדרש לחזור על הטיפול מספר פעמים. יצוין כי

טפילים חיצוניים

נגיעות בטפילים חיצוניים, גם אם אינם גורמים נזק לדגים, מהווה בעיה שיווקית הן בשל דרישות הכשרות והן בשל מראה הדגים. לכן, מגדלי הדגים נוהגים לטפל בדגים ולהסיר מהם טפילים חיצוניים טרם שליחתם לשווקים.

טפילים פנימיים

מקצתם חד-תאיים (במיוחד בדגי ים) ומרביתם תולעים שטוחות ועגולות וכן תולעי סרט (במיוחד בדגי מים מתוקים). החד-תאיים מתרבים במעי או ברקמות הדג וגורמים לזיהומים ולפגיעה בבשר הדגים. התולעים הטפיליות מאופיינות במחזור חיים הכולל מספר פונדקאים, בהם בדרך כלל גם עופות הניזונים מדגים (פונדקאי סופי) ולעתים גם חלזונות כפונדקאי ביניים נוסף על הדגים. מניעת ההדבקה מושגת על ידי הרחקת העופות, השמדת החלזונות וכמובן הדברת השלב השוחה חופשי במים של הטפיל.

חיידקים

קיימות מספר מחלות הנגרמות על ידי חיידקים. לאחר ההדבקה מתפתחת בדרך כלל מחלה סמויה עד הופעת הסימנים הקליניים הראשונים (עיניים בולטות, כיבים בעור, טחול מוגדל וכו'). החמורות שבמחלות נגרמות עקב הדבקה בחיידק מקבוצת הסֶטֶרֶפְטוֹקוֹקוס באמנונים ובטרטות, חיידק הפֶּסְטוֹרְלָה מקבוצת הִיֶּפְרִיֹּדגִי ים ודגי מים מליחים וחיידק המִיקוֹבְּטֶרִיֹּס הגורם למחלת "שחפת דגים" בדגי ים ודגי מים מתוקים. חלק ממחלות אלו ניתן לטיפול באמצעות תרופות אנטיביוטיות הניתנות במזון, אך יעילותן לא תמיד מלאה. קיים חיסון יעיל כנגד הסטרפטוקוקוס בטרטות, אך לא באמנונים. הדרך הטובה יותר למניעה, באותן מחלות בהן ההדבקה מותנית בהיחלשות הדג היא להבטיח איכות מים מיטבית, ולמנוע פגיעות ידניות ומכניות בדגים, בייחוד בתנאים של טמפרטורות קיצוניות בהן הדג נפגע בנקל.

נגיפים

מבין הנגיפים מחוללי המחלות בדגים ראוי לציין את הווירוס של הקרפיון KHV (Koi Herpes Virus), מקבוצת ההרפס, שהתפרץ בארץ לראשונה בשנת 1998 ומאז הוא גורם לנזקים ניכרים למגדלי קרפיוני המאכל וקרפיוני הנוי. לאחרונה פותח חיסון נגד נגיף זה. נעשים מאמצים לעורר חסינות של הדגים על ידי חשיפתם לנגיף בתנאים מבוקרים. שתי מחלות נגיפיות פוגעות בדגי ים – לימפוציסטיס, שבה חודר הנגיף לתאי אפיתל העור ומתרבה שם (התאים הנגועים תופחים ומתקבלים גידולים דמויי אשכולות בעור), ומחלה הפוגעת במערכת העצבים ונגרמת על ידי נגיף ה-VNN (Viral Nervous Necrosis). הלימפוציסטיס אינו קטלני והדגים מחלימים ועם הזמן עורם נרפא. דגים שהחלימו נהנים מחסינות כנגד הנגיף לשארית חייהם. מחלת ה-VNN קטלנית ביותר וסופנית ואין כיום טיפול יעיל נגדה.

רעלנים

הנפוץ והחמור מבין הרעלנים מופרש על ידי אצה בעלת שוטונים בשם פְּרִימְנִיּוֹם. זהו רעלן קטלני ביותר היכול לגרום לנזקים כבדים. לכן, נוהגים מגדלי הדגים לנטר את הימצאותו באופן קבוע. הניטור נעשה על ידי בדיקה מיקרוסקופית לנוכחות האצה במים, או על ידי בדיקה ביולוגית לנוכחות הרעלן במים באמצעות דגים רגישים ביותר כגון דגי הגמבוזיה. במהלך הבדיקה מוהלים את מי הברכה החשודה כמורעלת ובודקים רעילותם לדג הגמבוזיה. על פי שיעור תמותת דגי הגמבוזיה ניתן לחשב את ריכוז הרעלן בברכה. ניתן להדביר את האצה בחומרי הדברה מתאימים או להקטין את סכנת ההרעלה על ידי הזרמת מים טריים לברכה ומיהול הרעלן.

טיפול דגים



שיטות הטיפול הנהוגות בענף חקלאות המים זהות בחלקן לאלה המקובלות בחיות המשק האחרות (ראה פרק טיפוח בעלי חיים). מקצת מהשיטות ייחודי לדגים ולבעלי חיים במים, עקב מאפיינים ביולוגיים מסוימים המבדילים אותם מחיות המשק. בין מאפיינים אלה נציין: הפריה חיצונית, עמידות הביצים לטיפולים כימיים ופיזיקליים, מספר הצאצאים הגבוה לנקבה בהטלה, התמיינות איברי הרבייה לאחר הבקיעה מהביצה ורגישותם של הדגים להשפעת הורמונים חיצוניים וכן חיוניות של מכלואים בין-מיניים.

מידת השימוש בדגים המטופחים במדגה נמוכה מאוד בהשוואה לשימוש בבעלי חיים המטופחים במשק החקלאי. טיפוח עופות, בקר וחזירים, תפס תאוצה במהלך אמצע המאה העשרים. טיפוח דגים מסודר ובהיקף משמעותי החל כ־20 עד 30 שנה מאוחר יותר. הסיבה העיקרית לכך היא שעד שנות השמונים של המאה העשרים, מעל 95% משלל הדגים העולמי בא מהטבע מדיג בימים ובאגמים וגידול הדגים (מדגה) היה זניח בכמותו. כיום, מהווה גידול הדגים העולמי כשליש מסך כל שלל הדגים העולמי, העומד על כ־130 מיליון טון בשנה. מעריכים כי רק 5% עד 10% מהדגים המגודלים במדגה בעולם הם תוצאה של טיפוח גנטי לצורותיו השונות.

סלקציה. טיפוח הקרפיון לקצב גדילה מהיר באמצעות סלקציה נבחן בארץ במחצית השנייה של שנות ה־60 של המאה העשרים. חמישה דורות של סלקציה על בסיס ביצועי הפרט לא הביאו להתקדמות. נהפוך הוא, קו הטיפוח ירד בביצועיו לעומת ביצועי אוכלוסיית המוצא. הסיבות שהביאו לכך היו היעדר שונות גנטית באוכלוסיית המוצא עקב רמת שארות גבוהה,

שימוש בשיטת סלקציה שאינה יעילה והצטברות נוספת של שארות במהלך תכנית הטיפוח. עקב הכישלון בטיפוח על ידי סלקציה נבחנה האפשרות לשיפור ביצועי הקרפיונים על ידי הכלאות בין קווים שונים. אכן, נמצא מכלוא מצטיין בין זן שהובא מיוגוסלביה לבין הקרפיון הישראלי. מכלוא זה הפך לחומר הריבוי המקובל במדגה הישראלי. גם בארצות אחרות, כגון הונגריה ורוסיה, משתמשים במכלואים דומים בגידול הקרפיון. ברוסיה הצליחו לטפח קרפיון בעל עמידות למחלה נפוצה שם באמצעות שילוב של סלקציה והכלאות.

במספר מינים בעלי חשיבות במדגה העולמי הצליחו לטפח דגים באמצעות סלקציה, תוך שימוש בשיטות סלקציה יעילות (על בסיס משפחות) ובניית אוכלוסיית מוצא בעלת שונות גנטית רחבה. כך הצליחו מטפחים נורבגיים לשפר במידה ניכרת את הביצועים של הסלמון האטלנטי ושל טרוטת עין־הקשת וכן של אמנון היאור. בשנים האחרונות מתרבות תכניות הטיפוח המופעלות במדינות רבות בעולם ובמינים רבים של דגים וחסרי חוליות, ויש להניח כי שיעור השימוש בזנים מטופחים במדגה העולמי יעלה בהדרגה.

אוכלוסיות חד־זוויגיות. כמו בחיות המשק האחרות, יש לעתים קרובות גם בדגים יתרון לגידול של אוכלוסיות חד־זוויגיות (להבדיל מאוכלוסיות המכילות את שני הזוויגים יחד). יתרון כזה מתקיים כאשר אחד משני הזוויגים גדל בקצב רב מהאחר, עד כי לכל אחד מהזוויגים יש להתאים ממשק גידול נפרד, או כאשר רק זוויג אחד מייצר תוצרת בעלת ערך מסחרי כגון חלב או ביצים. במקרה של דגים, בשל מנהגי הרבייה שלהם והגעת מקצת מהם לבגרות מינית בטרם הגיעם לגודל המתאים לשיווק, קיימת סיבה נוספת לגידול אוכלוסיות חד־זוויגיות והיא מניעת רבייה במערכות הפיטום. לכן, הוקדשו מאמצים ניכרים לפיתוח שיטות ליצירת אוכלוסיות חד־זוויגיות במיני דגים שונים. הדרך הראשונה שהתגלתה באמנונים, בשנות ה־60 של המאה העשרים היא כי במכלואים מסוימים בין מיני אמנונים מתקבלים צאצאים זכרים בלבד. ממצא זה התגלה לראשונה על ידי חוקר שעבד באחת ממושבותיה של בריטניה במזרח הרחוק. דוגמה לכך הוא המכלוא בין נקבות אמנון יאור לבין זכרים של אמנון ירדן. מכלוא זה מגודל תקופה ארוכה בארץ באופן מסחרי, אך ידועים מספר צירופים נוספים. הבסיס להתפתחותם של זכרים בלבד קשור במנגנון הגנטי המבקר את ההתמיינות לזוויג במינים השונים. האמנונים נחלקים לשתי קבוצות מבחינה זו: מינים בהם לזכר שני כרומוזומים "זכריים" (הנושאים את הגן או הגנים המכתיבים התמיינות איבר הרבייה הבלתי ממין לאשכים) ולנקבה כרומוזום "זכרי" וכרומוזום "נקבי" (כדוגמת אמנון הירדן; מנגנון WZ:ZZ), ומינים בהם לנקבה שני כרומוזומים "נקביים" ולזכר כרומוזום אחד "זכרי" ואחד "נקבי" (כדוגמת אמנון היאור; מנגנון XX:XY). זיווג בין זכרים מהקבוצה הראשונה לנקבות מהקבוצה השנייה מעמיד צאצאים זכרים בלבד.

דרך אחרת, גם היא באמנונים, פותחה לראשונה בארצות־הברית תוך ניצול העובדה שצוינה לעיל, כי בדגיגים הבוקעים מהביצים טרם התמיינו איברי הרבייה לשחלות בנקבות ולאשכים

בזכרים. נמצא כי חשיפת הדגיגים בשלב זה להורמוני מין סינתטיים המוספים למזון מסוגלת לגרום להתמיינות לנקבות של הדגיגים המיועדים להתמין לזכרים, או להפך, בהתאם להורמון בו משתמשים. אנדרוגנים (כגון מתיל-טסטוסטרון) יגרמו לקבלת זכרים, ואסטרונים יגרמו לקבלת נקבות. תהליך זה, שהפך מסחרי ויושם גם בארץ, מכונה "היפוך-זוויג". ראוי לציין כי הצלחת הטיפול מותנית בהחלתו על הדגיגים סמוך ככל האפשר לשלב גמר ספיגת שק החלמון, ובחשיפה להורמון במינון מתאים למשך שלושה עד ארבעה שבועות. בתנאים מיטביים מתקבלות אוכלוסיות חד-זוויגיות (למשל 100% זכרים) או קרוב מאוד לכך. עוד ראוי לציין כי דגים המתקבלים בדרך של היפוך זוויג פוריים לחלוטין, אינם נבדלים במראם מפרטים שהתמיינו באופן נורמלי וגם מתכונתם הגנטית אינה משתנה. היפוך-זוויג מושרה על ידי טיפול הורמונלי ניתן לביצוע גם במיני דגים אחרים, לבד מאמנונים, אך יישום של טיפול זה בהיקף מסחרי נעשה באמנונים בלבד. לאחרונה הוכנסו מקצת מההורמונים הללו לרשימת החומרים האסורים בשימוש ויש צורך למצוא חלופות מתאימות לקבלת היפוך זוויג.

דרך שלישית לקבלת אוכלוסיות חד-זוויגיות מבוססת על העובדה כי, כאמור, פרטים הפוכי זוויג הנם פוריים ושומרים על מתכונתם הגנטית. ניתן להפוך זכרים בלתי ממוינים של אמנון ירדן (בעלי מתכונת ZZ) לנקבות. הטיפול באסטרונים באוכלוסיית דגיגים נותן תערובת של נקבות נורמליות ונקבות "הפוכות זוויג". את האחרונות ניתן לזהות בעזרת "מבחן צאצאים", על ידי זיווג עם זכרים רגילים. זיווג נקבות "הפוכות זוויג" שכאלה (אותן נוהגים לסמן בסימן Δ בכדי לציין כי המופע שלהן הפוך מהזוויג הגנטי שלהן) עם זכרים רגילים יביא לקבלת אוכלוסיות של צאצאים זכרים בלבד.

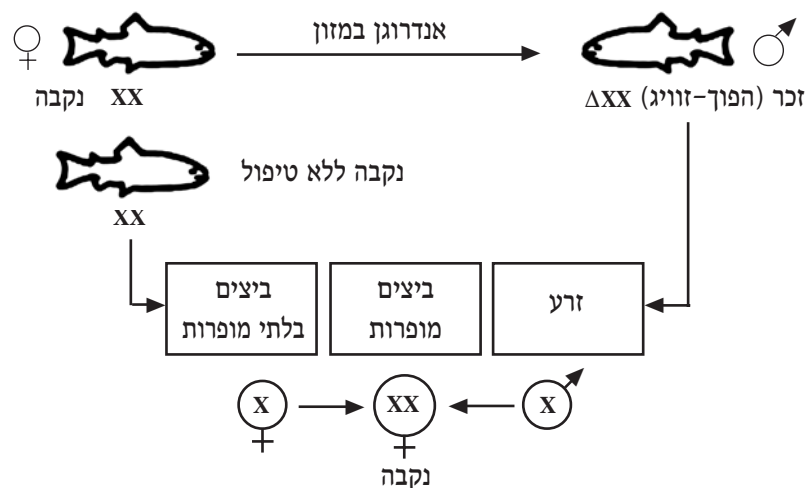
$$(\text{♀}\Delta\text{ZZ} \times \text{♂ZZ} \rightarrow \text{ZZ})$$

בדומה, יצירת זכרים "הפוכי זוויג" (ΔYY) באמנון יאור וזיווגם עם נקבות רגילות מאפשר קבלת אוכלוסיות כל-זכריות של אמנון יאור.

$$(\text{♀XX} \times \text{♂}\Delta\text{YY} \rightarrow \text{XY})$$

כדי לקבל זכרים ΔYY מטפלים תחילה באוכלוסיית דגיגים באסטרון ומקבלים נקבות ΔXY . נקבות אלה מזווגות עם זכרים (XY). רבע מהצאצאים שייתקבלו יהיו זכרים YY אותם ניתן לזהות במבחן צאצאים. תמונה מס' 19 מתארת תהליך בו על ידי היפוך מין של נקבה XX ניתן לקבל אוכלוסיות של צאצאים שכולן נקבות.

מניפולציות כרומוזומליות. גישה טיפוחית אחרת, ייחודית לדגים ולבעלי חיים אחרים במים, מכוונת לקבלת דור צאצאים שכל הגנים בו מקורם באחד ההורים בלבד, או לקבלת דור צאצאים בעלי יותר משתי מערכות כרומוזומים (פוליפלואידים). מדובר בהתערבות במהלך הרגיל של הרבייה.

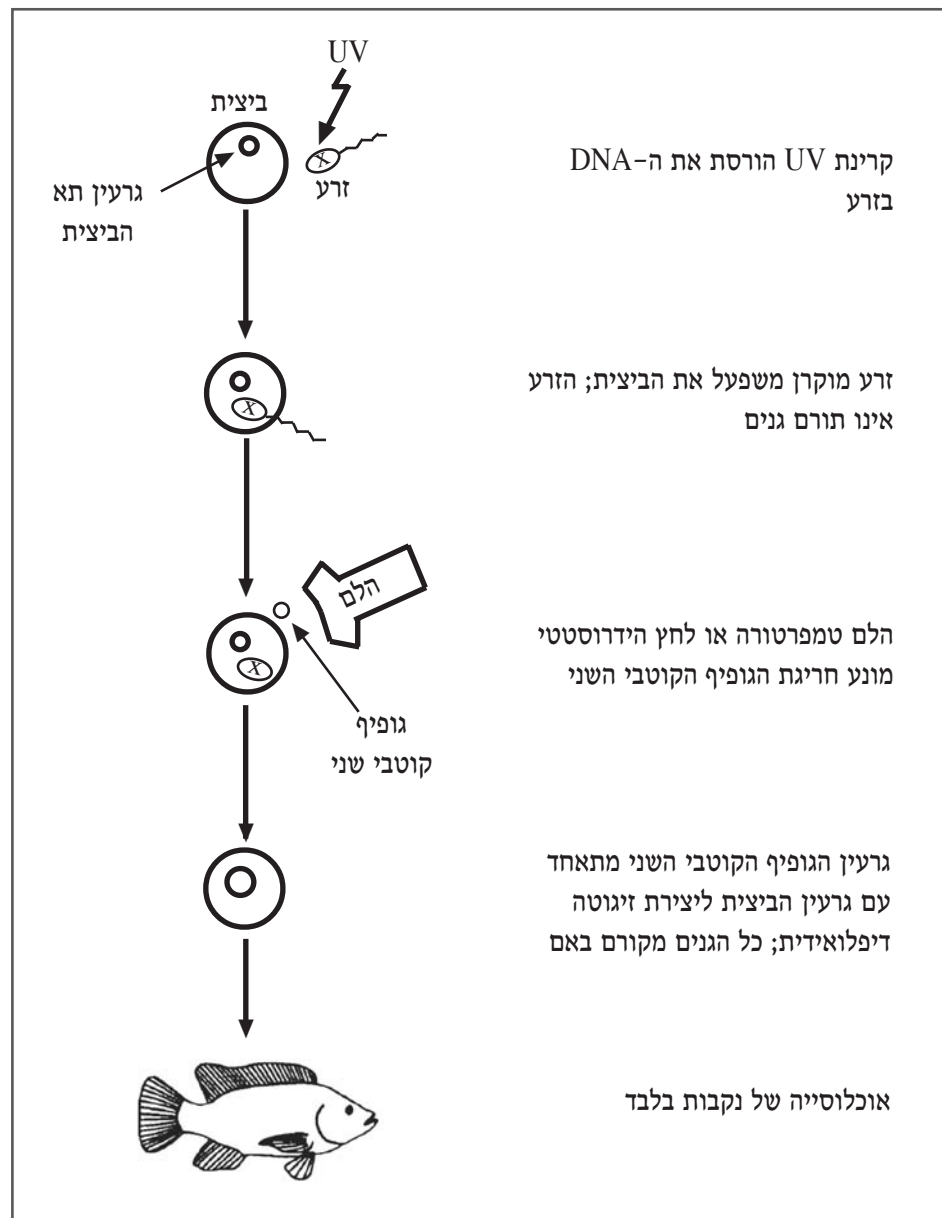


תמונה מס' 19: סכמה המתארת קבלת אוכלוסיות חד-זוויגיות (כל-נקביות) על ידי שימוש בזכרים הפוכי-זוויג בעלי גנוטיפ נקבי

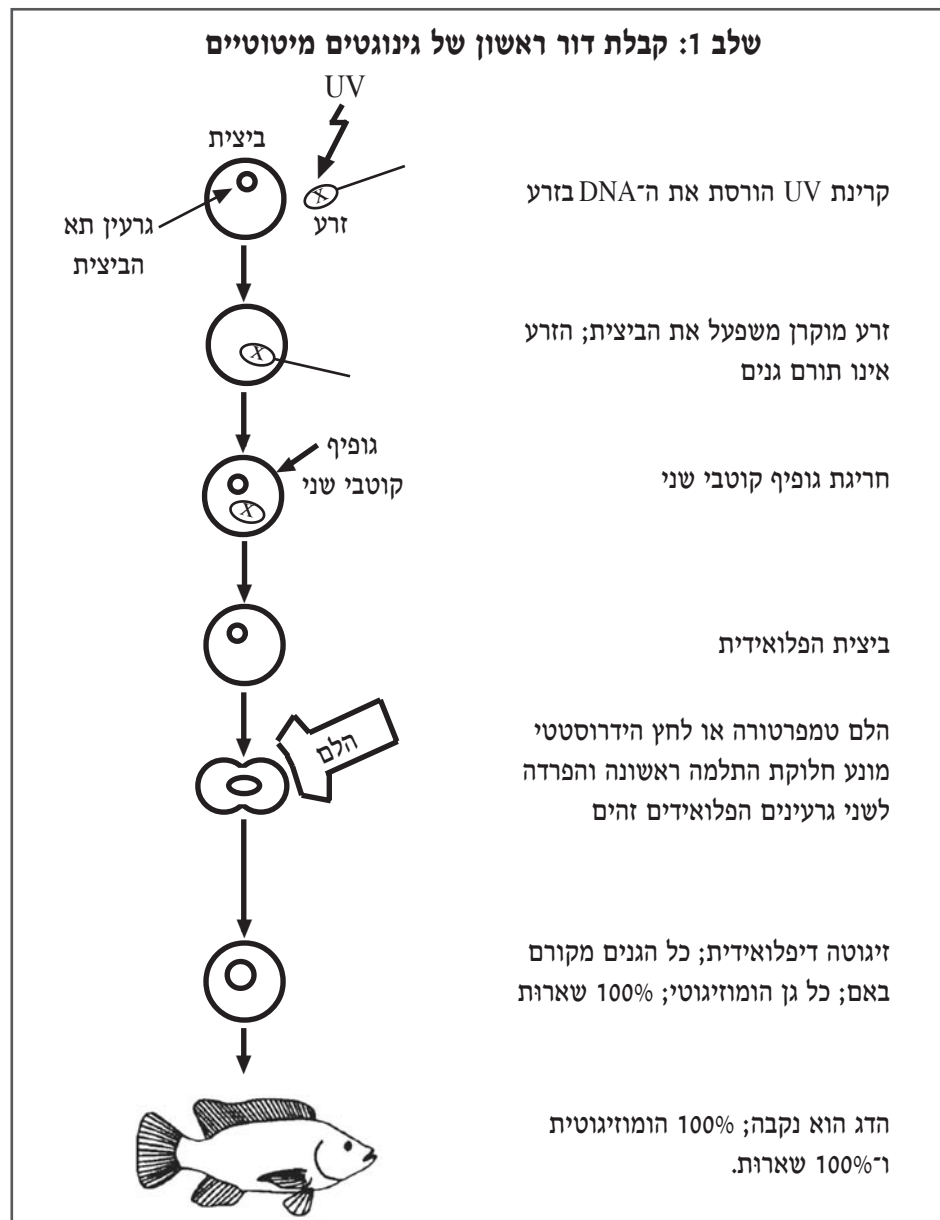
זוהי מניפולציה רבייתית המביאה להורשה אמהית בלבד. השריית גִינוֹגֶנְזָה כרוכה בשפעול הביצים להתחלק באמצעות תאי זרע שהגנום שלהם נפגם על ידי הקרנה. תאי הזרע נשארים בעלי כושר

גִינוֹגֶנְזָה
(Gynogenesis)

תנועה וחדירה לביצית, אך אינם מסוגלים לתרום את הכרומוזומים שלהם לקבלת עובר דיפלואידי. מביצים ששופעלו בדרך זו יבקעו דגיגים הפלואידיים אשר לא ישרדו. החזרת מצב דיפלואידי ואיתו חיוניות הדגים נעשית על ידי התערבות נוספת של מניעת חריגת הגופיף הקוטבי השני בעת השלמת חלוקת המיזזה בגרעין תא הביצה (גינוגנזה מיטוטית; תמונה מס' 20) או מניעת חלוקת הֶתֶלְמָה (מיטוזה) הראשונה של העובר (גינוגנזה מיטוטית; תמונה מס' 21). תמונות 20 ו-21 לקוחות מתוך: **חולתא, ג' (2001)**. "שארות וניהול להקות רבייה". שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית-דגן, עמ' 123. תרגום לעברית של פרסום טכני בדיג מספר 392, ארגון המזון והחקלאות של האו"ם, רומא, 1999). מניעת חלוקות תא הביצה מושגת על ידי הלם טמפרטורה (העברה מהירה של הביצים, בעיתוי המתאים, למים בטמפרטורה גבוהה או נמוכה מזו בה נעשתה ההזרעה) או על ידי לחץ הידרוסטטי (המושג על ידי מִכְבֵּשׁ בוכנה). מניפולציה זו גורמת לשארות מואצת ולקבלת צאצאים ברמת אחידות גנטית (הומוזיגוטיות) גבוהה במקרה הראשון, ומלאה במקרה השני. במינים בהם לנקבות גנוטיפ XX יתקבל דור צאצאים המכיל נקבות בלבד, וזו דרך נוספת ליצירת אוכלוסיות כל-נקביות.

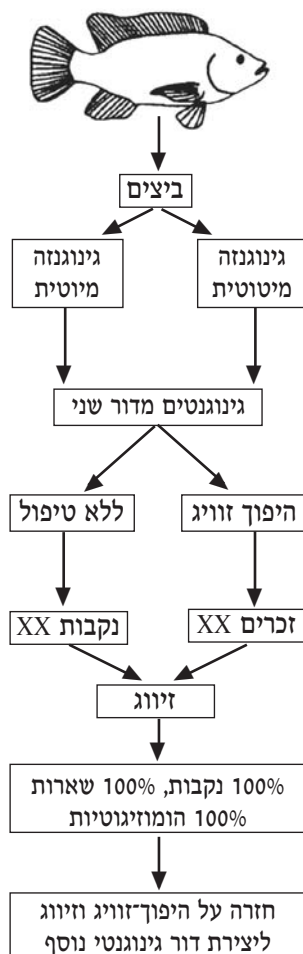


תמונה מס' 20: תרשים זרימה סכמתי של גיוגנוזה מיוטית. צורה זו של גיוגנוזה נבדלת מהגיוגנוזה המיטוטית בכך שהביצית "מפרה" את עצמה כאשר הלם מונע את חריגת הגופיף הקוטבי השני ההפלואידי מגרעין הביצית המשופעלת לאחר החלוקה המיטוטית המשווה (מיזזה II). הגופיף הקוטבי השני ההפלואידי מתאחד עם גרעין הביצית ההפלואידי ליצירת זיגוטה גיוגנטית דיפלואידית מיוטית. השארות הנוצרת בכל דור תהיה שונה לכל מין דג ולכל אוכלוסייה בגלל הבדלים בשיעורי השיחלופים.



תמונה מס' 21: תרשים זרימה של יצירת קורשאר של דגים זהים מבחינה גנטית, 100% הומוזיגוטים ו-100% דגים קורשאר באמצעות גינוגזיה מיטוטית (כל הגנים מקורם באם) במינים בעלי מערכת קביעת זויג מסוג XY. בשלב ראשון, דור ראשון של גינוגטים מיטוטיים מתקבלים על ידי מניעת חלוקת ההתלמה הראשונה (חלוקת תא מיטוטית) בזיגוטה הפלואידית. התוצאה הסופית היא נקבות שהן 100% הומוזיגוטיות בשאריות של 100%, אך כל נקבה גינוגטית כזו היא ייחודית ושונה מאחותיה מבחינה גנטית ומהווה קורשאר ובו פרט בודד, עקב אירועי שחלוף (שלב 2 בעמוד הבא).

שלב 2: יצירת קו־שאר



גינוגנטים מיטוטים משלב 1

חליבת ביצים

ייצור דור שני של גינוגנטים על ידי גינוגנזה מיטוטית או מיוטית

כל הצאצאים זהים; כולם 100% שארים ו-100% הומוזיגוטים

היפוך-זווּיג למחצית הצאצאים מכל משפחה גינוגנטית מדור שני ליצירת זכרים הפיכי-זווּיג

זיווג דגים בתוך כל משפחה לקבלת קו־שאר שהם 100% הומוזיגוטים ו-100% שארים

תמונה מס' 21 (המשך): נחוץ שלב שני בתכנית טיפוח זו לקבלת משפחה של דגים אחידים מבחינה גנטית, 100% הומוזיגוטיים ובשורות של 100% אשר מסוגלים להתרבות ולקיים את קו־השאר. דור שני של גינוגנטים יכול להתקבל ממחזור נוסף של גינוגנזה מיטוטית או מגינוגנזה מיוטית. את הדור השני של גינוגנטים המתקבל מכל נקבה גינוגנטית מדור ראשון מחלקים לשנים ומבצעים היפוך-זווּיג בקבוצה אחת לקבלת זכרים גינוגנטיים הפוכי-זווּיג. בתוך כל משפחה, זכרים גינוגנטיים הפוכי-זווּיג מזווגים עם אחיותיהם הזהות להם מבחינה גנטית לקבלת קו־שאר המכיל נקבות אחידות מבחינה גנטית, 100% הומוזיגוטיות ובשורות ל-100%. האנדרוגנזה מאפשרת קבלת צאצאים מזרע משומר בהקפאה עמוקה, שנאסף מזכרים מצטיינים או מזכרים באוכלוסיות הנמצאות בסכנת הכחדה.

אנדוגנזה (Androgenesis)

זוהי מניפולציה רבייתית המביאה להורשה אבהית בלבד. היא כרוכה בפגיעה בגנום תא הביצה, הפריית הביצים בזרע תקין והחזרת המצב הדיפלואידי על ידי מניעת חלוקת ההתלמה הראשונה בעובר. בדומה לגינוגנזה, גם מניפולציה זו גורמת לשארות גבוהה. במינים בהם הזכרים בעלי גנוטיפ ZZ יתקבל דור צאצאים זכרים בלבד.

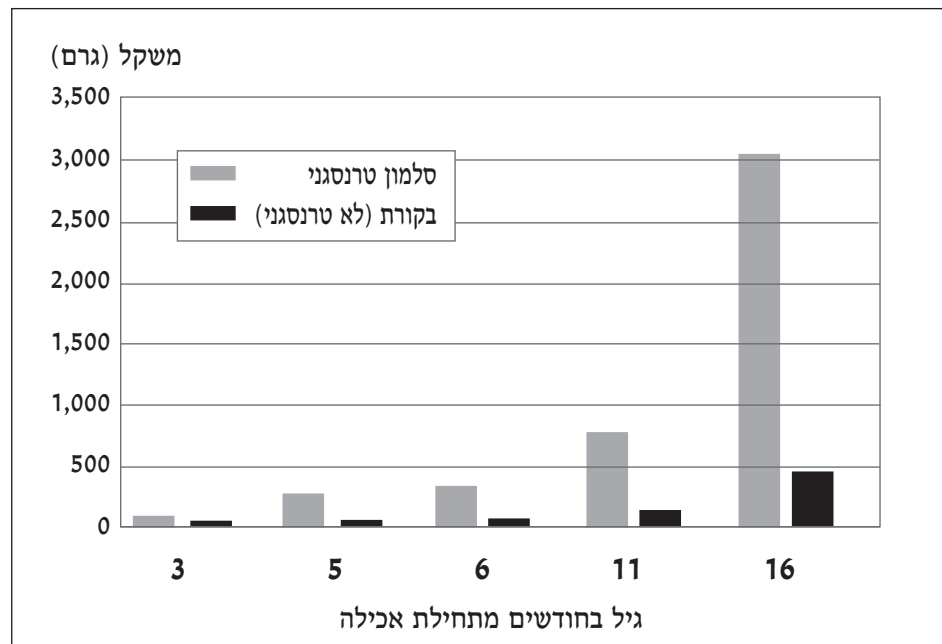
פוליפלואידיה

פוליפלואידיה היא מצב בו לבעלי חיים או לצמחים יש מערכות כרומוזומים עודפות (באופן רגיל קיימות בתאי הגוף שתי מערכות כרומוזומים). פוליפלואידיה מושגת על ידי מניפולציה שבה נמנעת חלוקת הביצית לאחר הפריה בזרע תקין. מניעת חריגת הגופיף הקוטבי השני במיזוג תגרום לקבלת טריפלואידים (בעלי שלוש מערכות כרומוזומים) ומניעת חלוקת ההתלמה תגרום לקבלת טטראפלואידים (בעלי ארבע מערכות כרומוזומים). טריפלואידים הם בדרך כלל עקרים, ויתרונם של אלה במניעת האפשרות לרבייה בלתי מבוקרת במערכות הפיטום. במקרים מסוימים יש להם גם יתרון בגדילה בהשוואה לדיפלואידים רגילים. יתרוןם של הטטראפלואידים בפוריותם, המאפשרת ייצור המוני של טריפלואידים עקרים על ידי זיווג נקבות טטרפלואידיות עם זכרים דיפלואידים רגילים. שיטה זו יושמה בגידול טרטות בצרפת, בבריטניה, בקנדה ובארצות הברית.

טרנסגנזה

הישגים מרשימים הושגו בטיפול דגים באמצעות הנדסה גנטית. חברות מסחריות בקנדה, בארצות הברית ובניו־זילנד פיתחו זני סלמון בעלי גדילה מואצת, על ידי החדרת גן נוסף להורמון הגדילה, לגנום הדג (תמונה מס' 22). במקרה אחר, פיתחה חברה בקנדה זן של דגים בעלי יכולת גדילה במים קרים במיוחד, על ידי החדרה לגנום הדג של גן המקודד לחלבון מונע קפיאה שמקורו באחד ממיני הדגים בים הצפוני.

בשיטות דומות פותחו גם אמנונים, שפמנונים וקרפיונים בעלי גדילה מואצת. הפיתוח בקרפיון נעשה בחלקו בארץ על ידי קבוצת מחקר מאוניברסיטת תל־אביב. למרות הביצועים המרשימים של זני דגים טרנסגניים אין הם מגודלים באופן מסחרי. הסיבה לכך היא התנגדות ציבורית רחבה לשיווק מזון שיוצר בשיטות של הנדסה גנטית (אורגניזמים מהונדסים מבחינה גנטית Genetically Modified Organisms; GMOs). מצטרפת לכך גם התנגדות חריפה מצד גורמי הגנת הטבע ושימור הסביבה בעולם. זאת, משום שבאופן מעשי בלתי אפשרי למנוע לחלוטין בריחת דגים מהונדסים מחוות גידול לטבע, וקיים חשש מהשפעה שלילית של דגים מהונדסים על המבנה הגנטי של אוכלוסיות הבר. בשל היעדר הרשאה לשיווק של בעלי חיים טרנסגניים על ידי מנהל המזון והתרופות של ארצות הברית וכן של רשויות דומות במדינות רבות נוספות, בחרו ארגוני המגדלים להימנע מגידול דגים טרנסגניים, למרות יתרונותיהם המוכחים.



תמונה מס' 22: עקום גדילה של סלמון טרנסגני להורמון הגדילה לעומת עקום גדילה של דגים מקבוצת ביקורת

על פי: Entis, E., 1997. Aquabiotech: a blue revolution? World Aquaculture, 28(1): 12-15

רשימת מקורות ספרות עזר בעברית

ארנון, י', רוטברד, ש' (1988). **דגי בריכות**. צמחים ובעלי חיים בשירות האדם. כרך 12, החי והצומח של ארץ-ישראל. עמ' 263-268. משרד הביטחון - ההוצאה לאור והחברה להגנת הטבע, תל-אביב.

גולני, ד', דרום, ד' (1997). **מדריך הדגים של ישראל**. עמ' 269. כתר הוצאה לאור, ירושלים.

גולני, ד', דרום, ד' (2002). **האנציקלופדיה לבעלי חיים - הדגים בישראל**. תקליטור, בהוצאת סי.די מדיה ו"טבע הדברים".

וולפרט, ג', חולתא, ג' (1995). **ספר הקרפיון**. עמ' 200. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.

זוהר, ג' (1989). **גידול דגים אינטנסיבי**. סרט וידאו (3601) בהוצאת שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר. (<http://www.shaham.moag.gov.il>).

חולתא, ג' (1999). **תכניות טיפוח על ידי סלקציה למשקי מדגה בגודל בינוני**. 102 עמ'. שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית-דגן. תרגום לעברית של פרסום טכני בדיג מספר 352, ארגון המזון והחקלאות של האו"ם, רומא, 1995.

חולתא, ג' (2001). **שארות וניהול להקות רבייה**. 123 עמ'. שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית-דגן. תרגום לעברית של פרסום טכני בדיג מספר 392, ארגון המזון והחקלאות של האו"ם, רומא, 1999.

חולתא, ג', וולפרט, ג' (1981). דגים. **אנציקלופדיה לחקלאות**, כרך רביעי – בעלי חיים (חלק שני) עמ' 889–916. הוצאת האנציקלופדיה לחקלאות, תל-אביב.

חפר, ב' (1974). **הלימנולוגיה של ברכת הדגים**. 87 עמ'. שה"מ, משרד החקלאות וארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.

לויה, א' (2004). ברנקו זיצר ומפעל הדגים בקורדני, 1934–1947. **קתדרה**, 111, עמ' 75–94.

מילס, ד' (1996). **האקווריום, המדריך השלם לטיפול בדגים וגידולם**. כתר הוצאה לאור.

סנובסקי, צ', שפירו, ג' (2004). **הדיג וחקלאות המים בישראל בשנת 2003 במספרים**. דו"ח שנתי היוצא לאור על ידי האגף לדיג וחקלאות מים במשרד החקלאות ופיתוח הכפר. 30 עמ' + תקציר באנגלית.

פישלזון, ל' (1983). החיים במים. **החי והצומח של ארץ-ישראל**, כרך 4. 342 עמ'. משרד הביטחון – ההוצאה לאור והחברה להגנת הטבע, תל-אביב.

פישר, א' (1980). **הזואופלנקטון בבריכות הדגים בארץ**. 29 עמ' + איורים. מהדורה שנייה. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.

רייס, ט' (1975). **על האצות בבריכות הדגים**. 43 עמ' + איורים. הוצאה מחודשת על פי תדפיס משנת 1945. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.

שריג, ש' (1976). **מחלות דגים**. 50 עמ' + ציורים. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה. תרגום לעברית של ספר שפורסם בהוצאת TFH, ארצות-הברית, 1971.

דייג ומדגה בישראל, רבעון בעברית, יוצא לאור על ידי ארגון מגדלי דגים בישראל, שה"מ ואגף הדיג וחקלאות המים במשרד החקלאות ופיתוח הכפר.

חוברת מקצועית (פרסום פנימי – לא למכירה). 118 עמ'. ארגון מגדלי דגים בישראל, חיפה.

כתובות אינטרנט

1. מרכז המידע של שה"מ, בתוך "מאגרי מידע" באתר משרד החקלאות ופיתוח הכפר <http://www.shaham.moag.gov.il/>
2. מאגר מידע באנגלית הכולל תיאור ביולוגי, תפוצה וכו' בליווי תמונות של מעל 25,000 מיני דגים בעולם <http://www.fishbase.org/>

3. אתר בעברית של מועדון מגדלי דגי אקווריום, מידע ותמונות
http://geocities.com/blue_ram_2000/

4. אתר בעברית הכולל מתכוני דגים
<http://chagit73.tripod.com/m5.htm>

5. אתר בעברית המוקדש לגידול דגי דיסקוס
<http://www.discus-israel.com>

6. רשת הדיג – אתר בעברית בנושאי דיג
<http://www.fishnet.co.il/>

7. אתר בעברית המתאר גידול דגים בחוות כלובים באילת
<http://www.ardag.co.il/>

8. אתר באנגלית של האגודה האמריקאית לאמנונים, הכולל מידע רב לגבי ביולוגיה וגידול אמנונים וכן אוסף תמונות
<http://ag.arizona.edu/azaqua/ata.html>

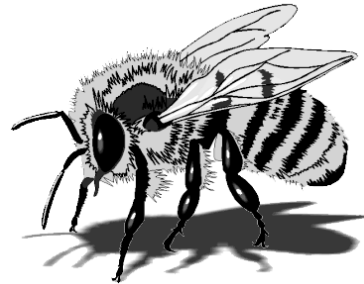
9. אתר באנגלית של המחלקה לדיג בארגון המזון והחקלאות של האו"ם (FAO) הכולל מידע רב ונתונים סטטיסטיים על הדיג והמדגה בעולם
<http://www.fao.org/fi/stat/summary/default/html>
וכן דו"ח לשנת 2002 על מצב הדיג והמדגה בעולם
http://www.fao.org/sof/sofia/index_en.htm

10. אתר באנגלית של חברה ישראלית לשיווק קרפיוני נוי
<http://www.magnoy.com/>

11. אתר באנגלית, עשיר בתמונות, על אמנוניים באגם מלאווי באפריקה
<http://malawicichlids.com/index.htm>

גידול דבורים

חיים אפרת, יוסף סלבצקי,
ארנון דג, תמר קצב



ממצאים ארכיאולוגיים מלמדים כי גידול דבורים הוא ענף חקלאי עתיק יומין. כך למשל, נמצא כי כדי חרס שימשו באזורנו ככוורות כבר לפני כ-7,000 שנה. עדות נוספת היא ציורי קיר מלוקסור שבמצרים אשר צוירו לפני כ-3,450 שנים. אלה מתארים בין השאר רדיית דבש מתוך כוורות דבורים עשויות חומר. עד תחילת המאה השבע-עשרה גידול דבורים היה נחלת העולם ה"ישן" בלבד. תוך כדי גילוי ה"עולם החדש": אמריקה הצפונית והדרומית, המזרח הרחוק ואוסטרליה, התפשט גידול דבורים גם לאזורים אלה.

במהלך ההיסטוריה עבר גידול הדבורים שינויים מרחיקי לכת. בתחילה, היה מקובל ליקוט חלות מנחילי בר וסחיטת הדבש מהן, ככתוב: "ויניקוהו דבש מסלע" (דברים לב, 13). דרך זו של איסוף דבש, הכרוכה בהריסת חלות הדבש ובפגיעה בדבוריות, קיימת עד היום במקומות שונים בעולם. התפתחות בגידול דבורים באה עם העתקת קן הדבורים מהטבע אל כוורות בנויות מחומרים כגון חימר, קש וקני סוף מעורבים בבוע, גללי בעלי חיים או גזעי עץ חלולים. מכוורות מסורתיות אלה ניתן לרדות דבש ולהפיק מוצרים נוספים תוך הוצאת החלות בדרך שלא תביא לפגיעה משמעותית בדבוריות.

מהפך בעולם הכוורות ארע בשנת 1851, עת גילה הכומר האמריקאי לנגסטרוט, כי דבורים בונות באופן טבעי את החלות בכוורת תוך שמירה על רווח קבוע ביניהן, המכונה "רווח הדבורים" (Bee space). רווח הדבורים גדול מספיק כדי לאפשר לדבורים לנוע בחופשיות בין החלות אך צר דיו כדי למנוע מהן בניית חלה נוספת. הכוורת המודרנית המתפרקת שתוכננה על בסיס ממצא זה נקראת כוורת "לנגסטרוט". בכוורת זו מכוונים את הדבורים לבנות את החלה במסגרות עץ הניתנות להוצאה ולהחזרה לכוורת. בדרך זו נעשה שימוש חוזר בחלות ורדיית הדבש מהן מתבצעת מבלי לפגוע במבנה הכוורת. דומות לכוורת לנגסטרוט באופן עקרוני במבנה הן כוורת "דדנט" מצרפת וכוורת "זנדר" מגרמניה.

ייצור הדבש בעולם (בשנת 2004) עמד על כ-1,260,000 טון דבש בשנה. הארצות המובילות בעולם בייצור דבש הן סין, רוסיה, ארצות-הברית, ארצות דרום אמריקה, אוסטרליה, קנדה, טורקיה, ספרד ומדינות מזרח אירופה. בישראל, כ-80,000 כוורות דבורים המטופלות בידי כ-450 מגדלים. התנובה הממוצעת השנתית לכוורת בישראל היא כ-35 ק"ג דבש, כאשר קיים הבדל רב בתפוקת הדבש בין מכוורות שונות. יכול שנתי גבוה יחסית מתקבל במכוורות הנודדות במהלך השנה בעקבות הפריחה, בעוד במכוורות שאינן נודדות, היבול פחות. דבש ההדרים היה בעבר המוצר המוביל בין סוגי הדבש בארץ, אולם עם הצטמצמות שטחי הפרדסים במרכז הארץ פחת חלקו היחסי של דבש ההדרים ועלה חלקם של סוגי דבש אחרים, כגון דבש האיקליפטוס, דבש "זעתר" (דבש מחברת צמחים ממשפחת השפתניים הפורחים במהלך הקיץ) או דבש מעורב המיוצר על ידי הדבורים מפרחי בר שונים.

מינים וגזעים של דבורים



"דבורת הדבש המערבית" (*Apis mellifera*)

המין "דבורת הדבש המערבית" (*Apis mellifera*) הוא אחד מארבעה מיני דבורים הכלולים בסוג *Apis* אשר במשפחת ה-Apidae, והוא מין הדבורים העיקרי המשמש בעולם לייצור דבש. במין זה מספר גזעים כאשר מבחינת התפוצה הגזעים האיטלקי, הקרניולי, הקווקזי והאירופי הם ארבעת הגזעים העיקריים.

צבען של הדבורים האיטלקיות צהוב. מקור הגזע בצפון איטליה, משם הוא הופץ ונתקבל בכל רחבי העולם הודות לכושר התאמתה של הדבורה האיטלקית לתנאי אקלים שונים, הודות להיותה נוחה, שקטה וקלה מאוד לטיפול וכן הודות להיותה בעלת נטייה מועטה להתנחלות. זאת ועוד, אוכלוסיות של הדבורה האיטלקית מתפתחות במהירות במהלך האביב והן מניבות דבש רב. הגזע האיטלקי הוא כיום הגזע השליט במכוורות בארץ לאחר שהחליף את הגזע הסורי המקומי. חסרונותיה של הדבורה האיטלקית הם ברגישותה למחלות ולמזיקים ובחוסר יכולתה להתאים את קצב הטלת המלכה לתנאי היובש בקיץ. חוסר היכולת לווסת את קצב ההטלה עלול להביא לכך שלעתים, בסוף הקיץ, נותרות הדבוריות האיטלקיות בארץ ריקות לחלוטין מדבש, מצב המסכן את קיומן.

הגזע האיטלקי
A.m. ligustica



הגזע הקרניולי
A.m. carnica

הדבורה הקרניולית שנייה לדבורה האיטלקית מבחינת תפוצתה. מקור גזע זה במרכז אירופה – ביוגוסלביה, בבולגריה, ברומניה ובאוסטריה. גוף הדבורה הקרניולית כהה ביחס לצבע הגוף של הגזע האיטלקי ולו כתמים חומים על הפרקים השני והשלישי של

הבטן. התכונות הבולטות של הדבורה הקרניולית הן ההתנהגות השקטה ותנובת הדבש הגבוהה. החדק של הדבורה הקרניולית ארוך באופן יחסי – 6.4 עד 6.8 מ"מ. התפתחות נחילי הדבורה הקרניאולית באביב, בתנאי הארץ, איטית יחסית להתפתחות נחילי הדבורה האיטלקית, אולם קצב ההתפתחות זה מספיק, בסופו של דבר, כדי לייצר במהלך השנה דבורות חזקות המייצרות שפע של דבש. הדבורה הקרניולית נוטה מעט מאוד להתנחלות ואוספת הרבה פרופוליס. היות וצבעה כהה, קשה לאתר את המלכה בדבורית כאשר היא ללא סימון. בגזע הקרניולי מספר רב של זנים.



הגזע הקווקזי
A.m. caucasica

הדבורה הקווקזית כהה ודומה במראה לדבורה הקרניולית. ההבדל ביניהן הוא בכך שבעוד לדבורה הקרניולית יש, כאמור, כתמים חומים על הפרקים השני והשלישי של הבטן, הרי לדבורה הקווקזית כתם חום אחד בלבד, המופיע על הפרק הראשון של הבטן. אחת

התכונות המשותפות לדבורים הקווקזיות והקרניוליות היא שהן חותמות את הדבש בחתימה לבנה "יבשה". בדרך זו של חתימת תאי דבש נוצרת שכבת אוויר דקה בין הדבש לבין שכבת הדוגג החותמת את התאים. חתימה זו מקנה לחלת הדבש מראה נאה יותר ממראה של חלת דבש אשר נחתמה על ידי הדבורה האיטלקית. ככלל, לשוני בצורת החתימה אין חשיבות כלכלית, שהרי חתימות הדבש מוסרות מהחלה בעת הרדייה, אלא רק לגבי מכירת חלות דבש קטנות (סקציות) שהן נאות יותר למראה. חדק הדבורה הקווקזית הוא הארוך ביותר בין הדבורים ומגיע בממוצע ל-7.1 מ"מ. עובדה זו מאפשרת לדבורים הקווקזיות לאסוף צוף מפרחים בעלי צינור צוף עמוק כדוגמת התלתן. באזור הקווקז, ברוסיה וברומניה נפוצים מספר זנים של הדבורה הקווקזית. הדבורה הקווקזית אינה זרה בישראל ושימשה בעבר להכלאות עם הדבורה האיטלקית. הניסיון לימד כי בנות הדור הראשון של המכלואים (F1) נחנו בכושר משופר של אגירת דבש, אולם תכונה זו נעלמה בדורות מכלוא מתקדמים (F2 ואילך).



הגזע של הדבורה הכהה האירופית
A.m. mellifera

מוצאה של הדבורה הכהה האירופית ממספר מקומות, וביניהם צרפת, אנגליה, אירלנד, צפון פולין וצפון ברית המועצות לשעבר. צבעה של דבורה זו כהה ולעתים מבחינים בה בכתמים צהובים קטנים על פרקי הבטן השני והשלישי. לדבורה הכהה האירופית כושר הישרדות טוב יותר במזג האוויר הצפוני הקר.



גזע זה הוא הגזע המקומי של ארץ־ישראל. התאמתו לתנאי הארץ באה לידי ביטוי ביכולתו לשרוד בתנאי הקיץ הקשים ולעמוד כנגד התקפות הצרעה המזרחית. החסרונות של הדבורה הסורית הם הרגזנות והעוקצנות הרבה שלה, המקשים על עבודת הכוורן. חסרונות נוספים הם הנטייה הגבוהה להתנחלות ותנובת דבש דלה. הגזע הסורי נדחק כמעט לחלוטין משטח הארץ.

הגזע הסורי
A.m. syriaca



באפריקה נוהגים לגדל גזעי דבורים שונים מאלה שהוזכרו. בהשוואה לגזעי דבורים אחרים, הגזעים האפריקאים מאופיינים ביכולת ההתגוננות טובה יותר מפני אויבים, אלא שתכונה זו כרוכה ברגזנות רבה. מסיבה זו, במקומות רבים בהם מגדלים דבורים אפריקאיות ניגשים לטפל בדבורים אלה, בדרך כלל, רק בלילה. תכונות נוספות אשר מאפיינות את הגזעים האפריקאים הן כושר נטישת מקום המחיה ונדידה ממקום למקום בהתאם לשינויים במצאי הצמחייה הצופנית, עמידות רבה יחסית למזיקים כוורואה או אקרית הטרכיאות ועמידות למחלות ולד מהן סובלות הדבורים האירופיות. מבין רשימת גזעים האפריקאים יש לציין את הגזע *A. m. scutellata*, שהוא הגזע העיקרי של דבורי דבש בארצות מזרח אפריקה ודרומה, כגון קניה, אתיופיה, טנזניה ודרום אפריקה. גזע זה משמש הן בגידול דבורים מסורתיות והן בגידול מודרני. דבורים מהגזע *A. m. scutellata* הן הגדולות מבין הדבורים האפריקאיות. במערב אפריקה, בארצות כמו חוף השנהב, ניגריה, גאנה ועוד, נפוצה הדבורה מהגזע *A. m. adansonii*. לדבורה זו כושר התגוננות רב, הניכר בהתנהגות הרגזנית הבולטת שלה. דבורים משני הגזעים האפריקאים שהוזכרו קטנות בגופן מהדבורים האירופיות והמשפחות כוללות אוכלוסיות דבורים גדולות מאוד.

הגזעים האפריקאים
African bees



הדבורה האפרו־אמריקאית היא דבורה שמקורה באפריקה. כיום היא נפוצה בדרום אמריקה ובצפונה. בשנת 1956 יובאו מלכות דבורים מדרום אפריקה לברזיל לשם טיפוח הדבורה המקומית. המלכות המיובאות הוקלטו בדבוריות ולאחר זמן מה התנחלו, והמטפחים איבדו בדרך זו את השליטה על תפוצת הזן המיובא.

הדבורה
האפרו־אמריקאית
Africanized bees



בשל כושר התאמת הדבורה אפריקאית לאקלים הטרופי ונטייתה להתנחל, נפוצה הדבורה האפריקאית בברזיל במהירות. קצב ההתפשטות שלה נאמד בכ-300 ק"מ בשנה כאשר תוך כדי תהליך ההתפשטות היא דוחקת את הדבורה המקומית. תפוצת הדבורה האפריקאית מגיעה כיום צפונה עד אריזונה וטקסס אשר בארצות הברית. התפשטות המהירה של הדבורה האפריקאית ביבשת אמריקה נעשתה על ידי התנחלות, וכן על ידי הפריה טבעית של מלכות מקומיות בזכרים מהגזע האפריקאי שמספרם היחסי הלך וגדל עם הזמן. מאחר ולדבורה האפריקנית אופי רגזני, עקצו הדבורים במהלך התפשטותן כל מי שנקרא בדרכן תוך שהן גורמות גם לאובדן חיים. בשל כך מכונה הדבורה האפריקנית בשם "הדבורה הקטלנית" (Killer bee).



דבורי הבקפסט

דבורת הבקפסט היא תוצר טיפוח של האח אדם, כומר אשר חי במנזר Buckfast אשר באנגליה. זן חדש זה נוצר בדרך של הכלאות, אשר מטרתן הייתה לצרף תכונות מועדפות ממספר גזעים לזן אחד.

האח אדם נדד באגן הים התיכון ובמזרח אפריקה יחד עם קבוצת מגדלי דבורים. במהלך מסעותיהם הם איתרו דבוריות מצטיינות ולקחו מהן מלכות. את מקבץ החומר הגנטי שאסף הכליא האח אדם עם הדבורה האנגלית ויצר זן חדש בשם בקפסט. בעולם ובארץ ישנם חסידים מושבעים של דבורים אלה, מאחר ולדעתם זן זה הוא המצטיין. האח אדם נפטר בשנת 1996 בגיל 99, ואת מערכת הטיפוח של דבורת הבקפסט ממשיכה כיום קבוצת מגדלי דבורים מצפון אירופה. משפחות של הבקפסט נוטות להתפתח בחודשי האביב לאט יותר ממשפחות של הדבורה האיטלקית, ובמידה ותחילת הפריחה אינה מוקדמת, הן אכן מניבות יבולי דבש נאים. דבורת הבקפסט כהה יותר מהדבורה האיטלקית ונוטה פחות להתנחל. לדבורי הבקפסט עמידות מסוימת לאקרית הטרכיאות, לעומת רגישות לאקרית זו אצל הדבורה האיטלקית. החלפה עצמית של המלכה על ידי הדבורית במקרה של דבורי הבקפסט, מביאה בדרך כלל לעלייה ברוגזנות המכוורת ולפגיעה בתנובת הדבש. לכן, מגדלי בקפסט צריכים להחליף את המלכה בצורה מבוקרת כל שנה.



מינים נוספים של דבורים

בנוסף למין דבורת הדבש, *Apis mellifera*, ראוי לציין מין נוסף של דבורים, *Apis cerana*, הדבורה המקומית בדרום מזרח אסיה. תפוצתו של מין זה היא בעיקר ביפן, בתאילנד, בהודו, בנפאל, בסין ובפיליפינים. מגדלים דבורה זו בכורות ובחלות מעט יותר קטנות מאלו של ה-*Apis mellifera*.

לשני המינים, ה-*Apis mellifera* וה-*Apis cerana*, חשיבות מבחינת גידול דבורים, בשל תכונתם לבנות מספר חלות בחלל סגור ומוגן ולאגור מספר ק"ג של דבש. שאר מיני הדבורים בונים, בדרך כלל, חלה בודדת אחת בחלל החופשי. במקרה של *Apis dorsata* (ודומיה) הדבורה גדולה מאוד ובונה חלה בודדת גדולה היכולה לשאת עד עשרות ק"ג דבש. במקרה של *Apis florea* (ודומיה), הדבורה קטנטנה ובונה חלה קטנה עם כמות דבש מזערית.

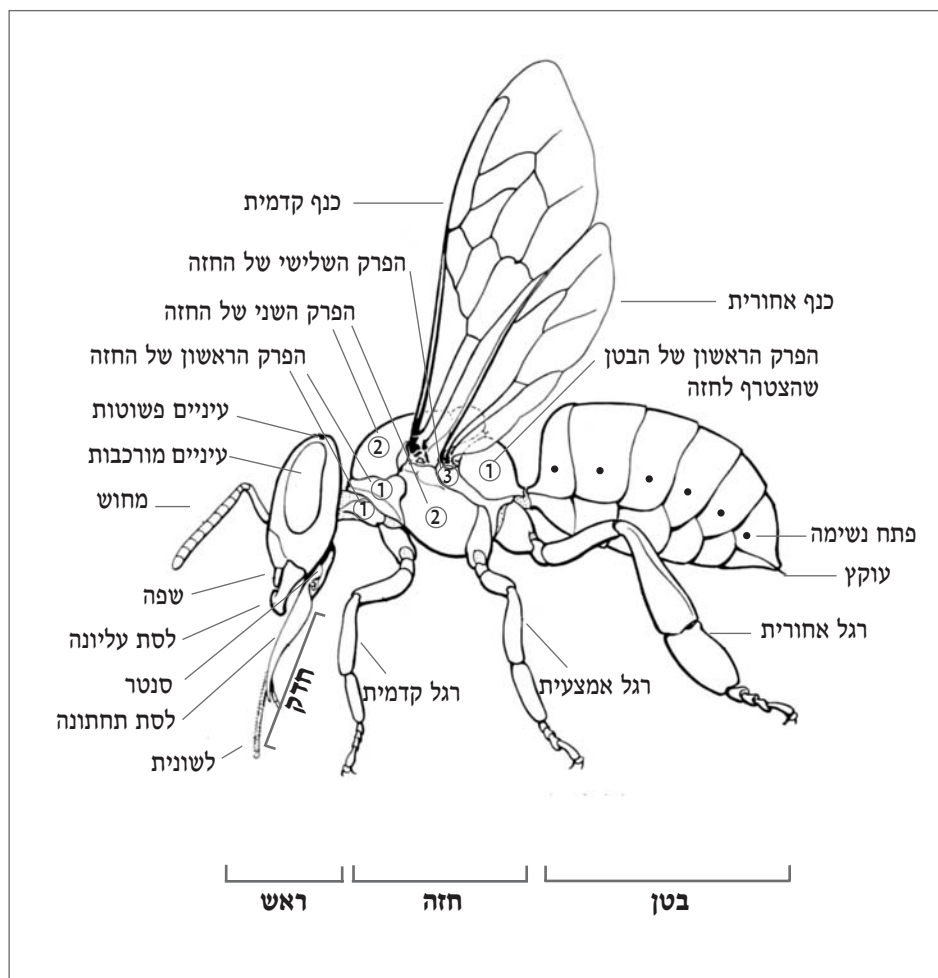
לא ניתן להשלים סקירה זו מבלי להזכיר את דבורת האדמה, ה-*Bombus terrestris*, השייכת למשפחת דבורים אחרת הנקראת *Bombidae*. דבורת הבמבוס היא דבורת בר אשר נפוצה ומקננת דרך קבע בהרי הגליל. דבורה זו בויתה, וכיום היא משמשת להאבקת גידולי חממה.

המבנה החיצוני של גוף הדבורה



גוף הדבורה הבוגרת, כגופם של כל החרקים, עוטה לוחות מוקשים (קוטיקולה) מכוסים בשער המחברים ביניהם בקרומים. הקוטיקולה משמשת להגנה על חלקי הגוף הפנימיים מפני לחץ, חום ויובש, וכן מהווה "שלד חיצוני" הנותן משען וחיבור לשרירים, לגפיים ולכנפיים. מלבד איברים פנימיים, מכיל החלל הפנימי של הדבורה את נוזל הגוף – ההמולימפה.

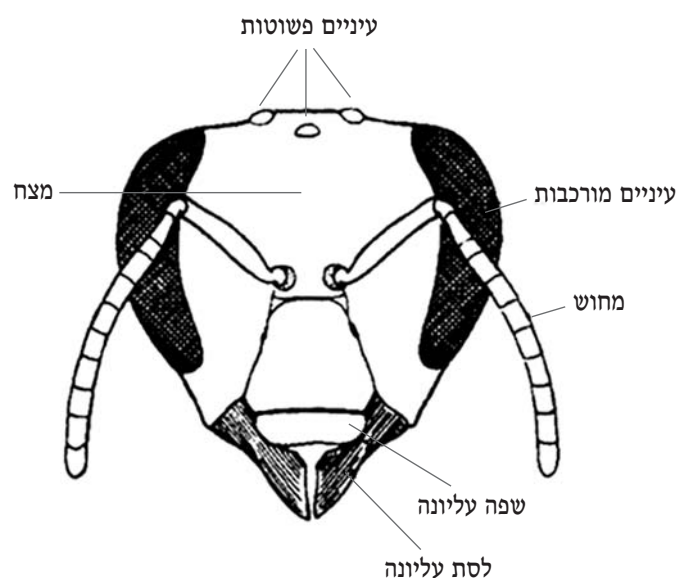
הגוף מורכב מפרקים ("סגמנטיים") ונחלק לשלוש חטיבות: ראש, חזה ובטן. בין החטיבות קיים חיבור גמיש המאפשר תנועה של האיברים השונים.



תמונה מס' 1: מבנה גוף חיצוני של דבורת הדבש

הראש:

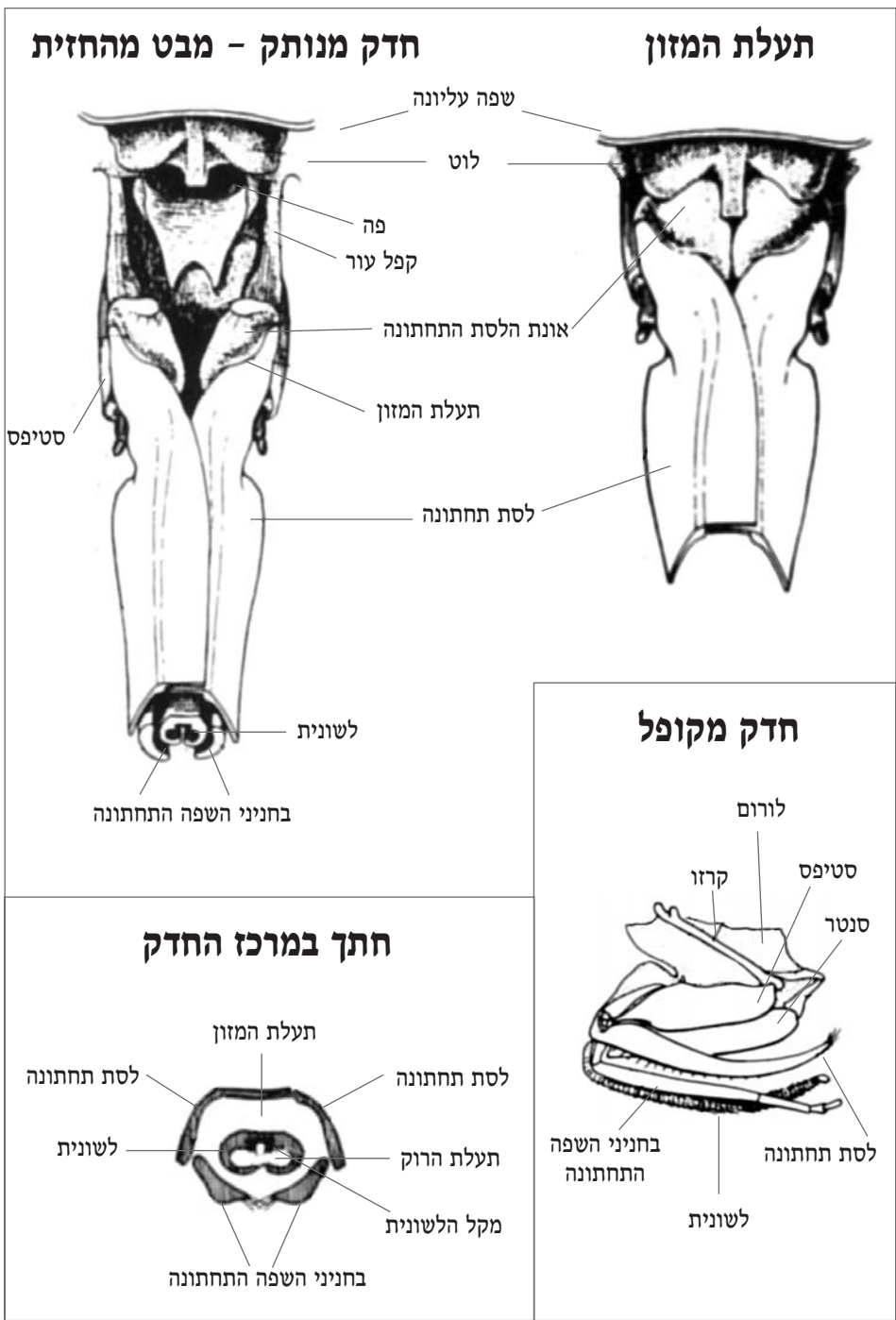
לראשה של דבורה בוגרת צורה של קופסית משולשת שקדקודה כלפי מטה. בקצה הקודקוד מצויים גפי הפה ואילו למעלה, בבסיס המשולש, קבועות שלוש עיניים פשוטות. משני צדי הראש בולטות עיניים מורכבות גדולות וזוג מחושים. ראש הדבורה נוצר מהתאחות של שישה פרקים קדומים, שגבולותיהם אינם ניכרים. לפרקים אלה תוספות זוגיות שהפכו במהלך האבולוציה למחושים ולגפי הפה.



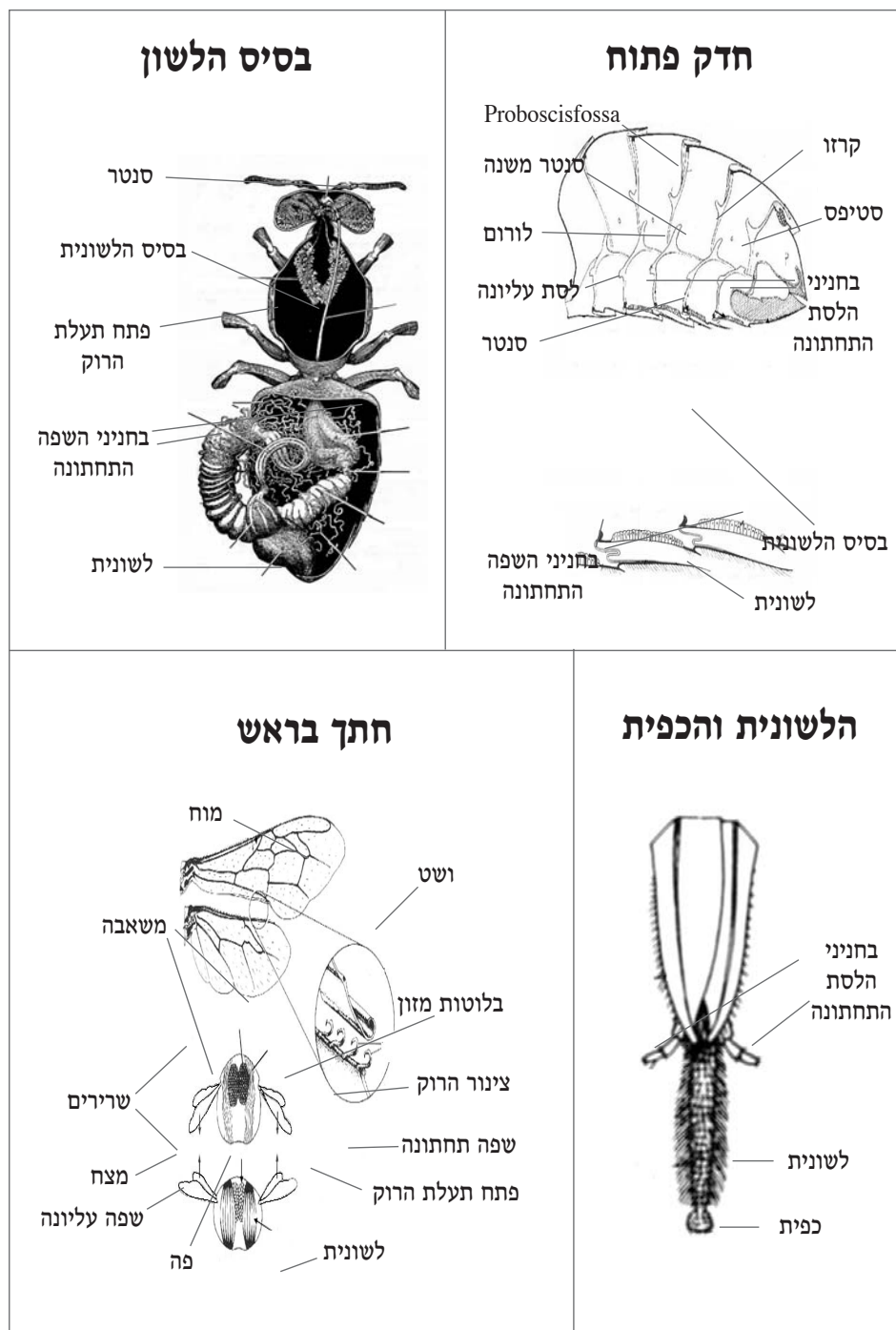
תמונה מס' 2: ראש דבורה

גפי הפה: גפי הפה מורכבים משפה עליונה ומתחתיה זוג לסתות וחדק. גפי הפה מותאמים ללעיסה ולחיתוך בעזרת הלסתות ולשאיבה ופליטה של נוזלים דרך החדק. החדק מורכב מלשונית חלולה בעלת "כפית" בקצה, כאשר השפה התחתונה והלסתות התחתונות עוטפות אותה ויוצרות סביבה מעין צינור נוסף. את הצינור משלימים מלמטה בחיני השפה התחתונה, ומלמעלה זוג תוספות של הלסתות התחתונות. אלה נפרדות אחת מהשנייה בשעת מנוחה ומתלכדות יחד רק לצורך פעילות יניקה. מבנה זה של החדק הוא דמוי משאבה. בעזרת החדק יונקת הדבורה צוף מן הפרחים או שואבת טיפות של מים. דרך החדק יכולה הדבורה לפלוט צוף מקיבת הדבש ולהעבירו לדבורה אחרת או לתאי החלה, להעביר מזון מעובד להזנת זחלים, להפריש רוק ואנזימים לצורך פירוק הסוכרים בצוף או לשחרר נוזלים לשם המסת מזון מוצק.

העיניים: שלוש העיניים הפשוטות אינן קולטות תמונות וממשות כנראה רק להבדלה בין אור וצל. העיניים הגדולות מורכבות מאלפי עיניות, כאשר אצל הזכר מספרן גדול יותר מאשר אצל העמלה. למלכה מספר העיניות הקטן ביותר. כל עינית היא יחידת ראייה נפרדת והתמונה אשר מתקבלת אצל הדבורה היא למעשה תמונת תשבץ המורכבת מצירוף הנקודות שקלטו כל



תמונה מס' 3: גפי הפה של דבורת הדבש (המשך בעמוד הבא)



תמונה מס' 3 (המשך): גפי הפה של דבורת הדבש

העיניות. קשת הצבעים שהדבורה קולטת משתרעת מאולטרא סגול ועד צהוב, ואינה כוללת את הצבע האדום.

המחושים: המחוש נראה כשוט בעל ידית, שאליה מחובר בזווית שוטון גמיש המורכב מפרקים. אצל העמלה והמלכה נחלק השוטון לאחד-עשר פרקים, ואילו אצל הזכר לשנים-עשר. המחוש עשיר בתאי חוש הרגישים לגירויי ריח, טעם ומגע.

החזה:

החזה מהווה את מרכז הכובד של הדבורה. הוא מורכב משלושה פרקים מאוחים בתוספת של פרק מהבטן, המהווה מעין גבעול שמחבר את החזה לבטן. החזה מכיל את רוב שרירי הדבורה האחראים לכושר התנועה והתעופה שלה. בעזרת שרירים אלה יכולה הדבורה להפיק אנרגיה לצורך חימום. כל פרק מפרקי החזה נושא זוג רגליים, וכל אחד משני הפרקים האחוריים נושא גם זוג כנפיים.

הרגליים: כמו לכל בני סדרת החרקים גם לדבורה שלושה זוגות רגליים. כל רגל מורכבת ממספר פרקים: ירך, טבעת הקולית, קולית, שוק ופיסת הרגל. זו האחרונה מורכבת מחמישה פרקים קטנים. בקצה הפרק האחרון יש ציפורן. בעת ההליכה, חלק מהרגליים מורמות והדבורה נשענת על שלוש רגליים לפחות: שתיים מצד אחד ואחת מהצד השני.

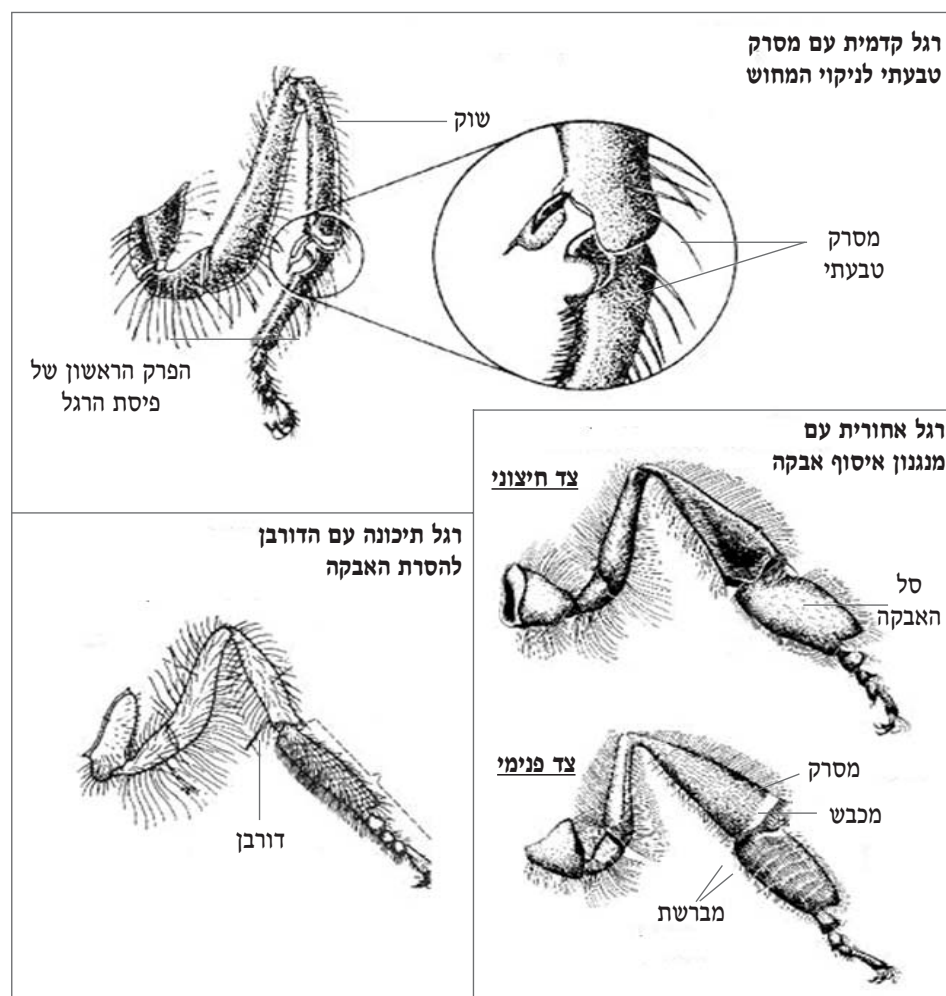
הרגליים של העמלה שונות זו מזו במבנה ובתפקידן:

✿ ברגל הקדמית התפתח מנגנון מיוחד לניקוי המחושים: בפרק הראשון של פיסת הרגל נמצא שקע עטור זיפים, שיוצר מסרק טבעתי המותאם בדיוק למחוש. העברת המחוש דרך השקע מנקה ממנו את גרגירי האבקה.

✿ הרגל התיכונה מצוידת בדורבן הבולט מהשוק ומשמש להסרת צמידות (גושי אבקה) מהרגל האחורית אל תוך תאי הכוורת.

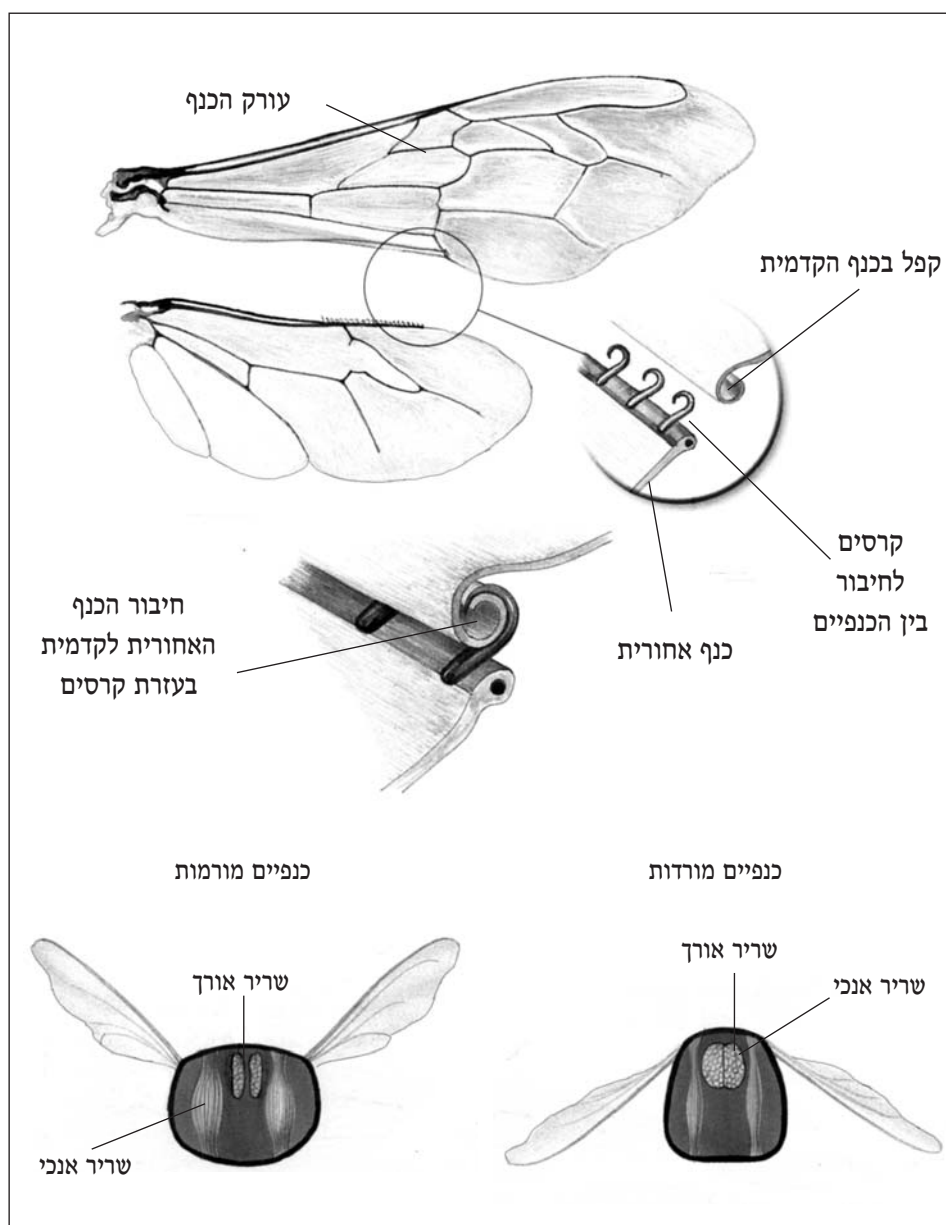
✿ הרגל האחורית הותאמה לאיסוף אבקת פרחים ופרופוליס: הצד הפנימי בפרק הבסיסי של פיסת הרגל האחורית התרחב והפך למברשת המשמשת להסרת אבקת הפרחים שהצטברה על גופה של הדבורה. בתחתית השוק, מופנה כלפי פנים, נמצא מסרק. במהלך איסוף האבקה משטח הגוף, מתחככות הרגליים האחוריות זו בזו וסורקות בעזרת מסרק שברגל אחת את המברשת של הרגל הנגדית. גרגירי האבקה נאספים אל מכתש המצוי בין השוק לפיסת הרגל. בעוד הדבורה מרפרפת באוויר ותוך תנועת המפרק, נדחסת האבקה מן המכתש, נכבשת ומועברת לשקעורית עטורת שערות בצד החיצוני של שוק הרגל, זו המהווה מעין "סל". הסל מתמלא בהדרגה מלמטה למעלה, באופן סימטרי משני הצדדים, כדי לאזן את הדבורה ולאפשר לה תעופה תקינה. אבקת פרחים מהודקת זו, המעורבת

במעט רוק, נקראת צמידה. צמידות האבקה מורדות בעזרת הרגל התיכונה ונדחסות לאחסון בתוך התאים. גושי פרופוליס מועברים מלסתות הדבורה אל ה"סל" בצורה דומה בעזרת הרגליים הקדמיות והתיכונות. בעוד האבקה נדחסת בין רגליים נגדיות, הפרופוליס נדחס לרגל האחורית מהרגל הקדמית דרך הרגל האמצעית הממוקמות באותו צד. בעזרת הרגליים מועברות גם לוחיות הדונג מכיסי הדונג בבטן לעיבוד בגפי הפה ולבניית החלות.



תמונה מס' 4: רגלי הדבורה והאיברים הייחודיים להן

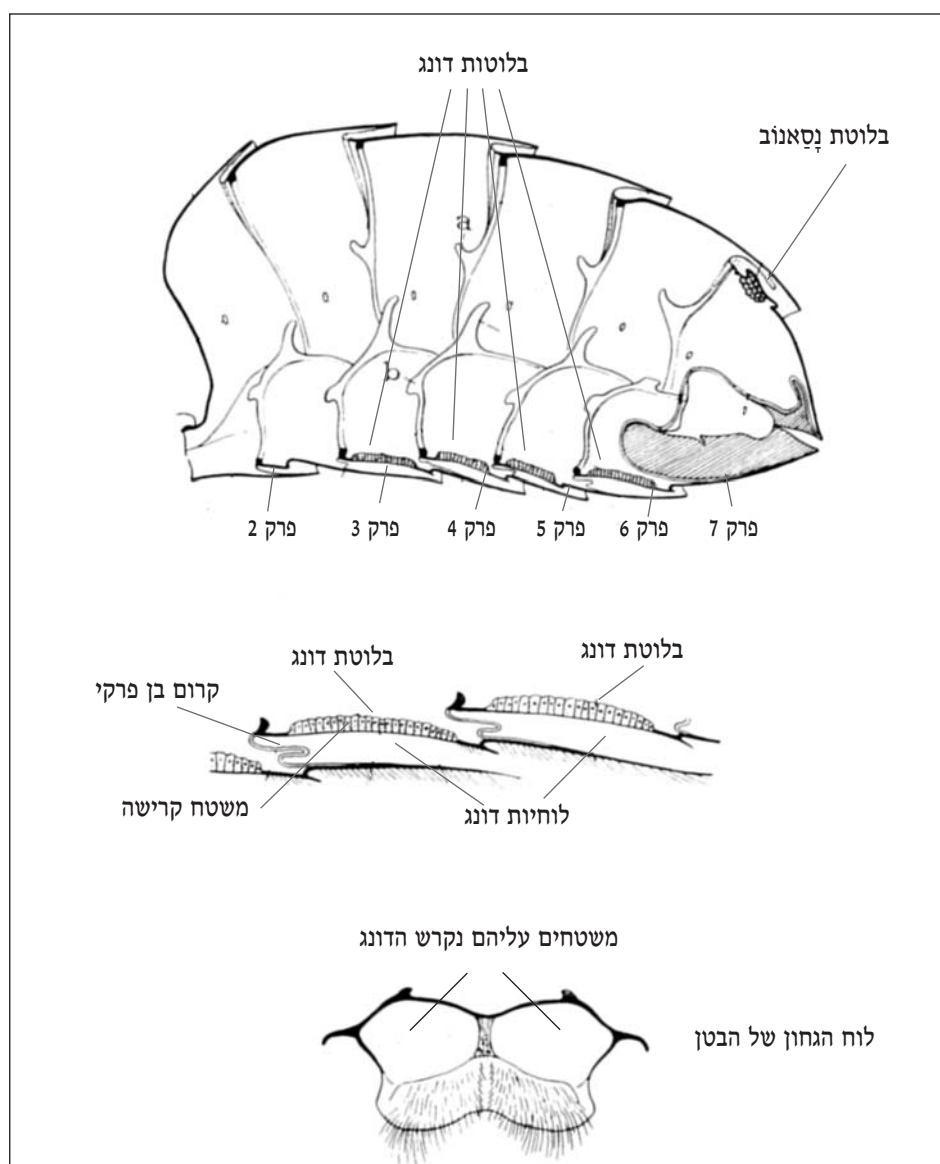
הכנפיים: לדבורה שני זוגות כנפיים קרומיות. בשעת התעופה נאחזים קרסים הממוקמים בשפה הקדמית של הכנף האחורית בקיפול המצוי בשפה האחורית של הכנף הקדמית. כך נוצרת כעין כנף אחת בעלת משטח תעופה אחד.



תמונה מס' 5: כנפי הדבורה ומערכת השרירים בחזה המפעילה אותן

הבטן:

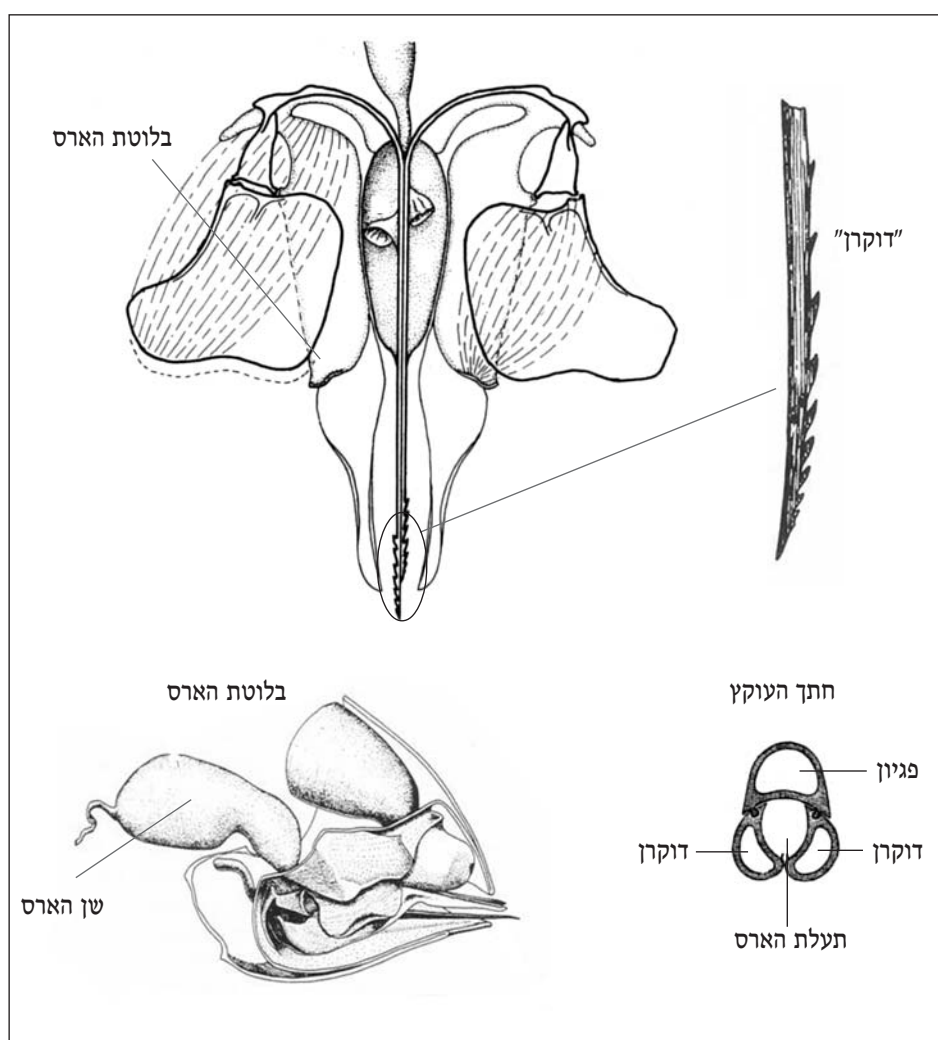
הבטן מורכבת משבעה פרקים טבעתיים. כל פרק מורכב מלוח גב, לוח גחון ולוחות צד. קרום גמיש מחבר בין הלוחות ובין הפרקים ומאפשר גמישות ותנועה של הבטן לצורכי הטלה, מילוי



תמונה מס' 6: בלוטות הדונג של עמלה

צוף או עקיצה. בתוך הבטן מצויים האיברים הפנימיים הזקוקים למרחב לצורך תפקודם – קיבת הדבש של העמלה והשחלות של המלכה. בחלק התחתון של ארבעת פרקי הבטן הקדמיים של העמלה נמצאות בלוטות הדונג. בקצה הבטן נמצא העוקץ.

בלוטות הדונג: הבלוטות ממוקמות על החלק הקדמי של לוחות הגחון, מעל ללוחיות בעלות צורת ביצה המכונות "מראות" או "משקפיים". הלוחיות בפרקים סמוכים יוצרות מעין כיס שאליו מפרישה הבלוטה את הדונג. בכיסים אלה מתקשה הדונג והופך ללוחיות דונג. אלה מעובדות על ידי העמלות לצורך בניית החלה.



תמונה מס' 7: עוקץ הדבורה

העוקץ: העוקץ הוא מערכת אוטונומית, הממוקמת בקצה הבטן ותפקידה לייצר ולהחדיר את הארס אל גוף הנעקץ. הארס מתנקז מבלוטת הארס אל שק הארס ומשם אל מנגנון העוקץ. מנגנון העוקץ כולל שרירים, מנופים וגנגליון עצבים, אשר בשעת העקיצה מפעילים "פגיון" ושני "דוקרנים" משוננים, הפועלים בצורה מתואמת כדי לחדור לגוף הנעקץ ולהחדיר לתוכו את הארס. כאשר הנעקץ הוא חרק, שוברים הדוקרנים את הקוטיקולה שלו ומחדירים לגופו את הארס. בגמר העקיצה נשלפים הדוקרנים והדבורה העוקצת ממשיכה בדרכה. לא כך הדבר בעת עקיצה של אדם או בהמה להם עור גמיש. בשל השינון החד-כיווני של הדוקרנים, הם נלכדים במהלך העקיצה בעור הגמיש. הדבורה מנסה לשחרר את העוקץ מהנעקץ, אולם היא אינה מצליחה. בעת מאמציה של הדבורה להינתק נתלשת מערכת העיכול מגופה ונשארת מחוברת לעוקץ הממשיך להזריק באופן עצמאי את הארס לגוף הנעקץ. לאחר תלישת מערכת העיכול נחרץ גורל הדבורה למוות.

לזכר אין עוקץ ואילו למלכה יש עוקץ בעל שינון קל, היכול להישלף מגוף הנעקץ. המלכה מפעילה את העוקץ רק נגד המלכות המתחרות בה, בין אם אלו מצויות כגלמים בתאי המלכונים ובין אם אלו מלכות בוגרות אחרות.

המבנה הפנימי של גוף הדבורה



המבנה האנטומי של הדבורה דומה באופן כללי לזה של חרקים אחרים.

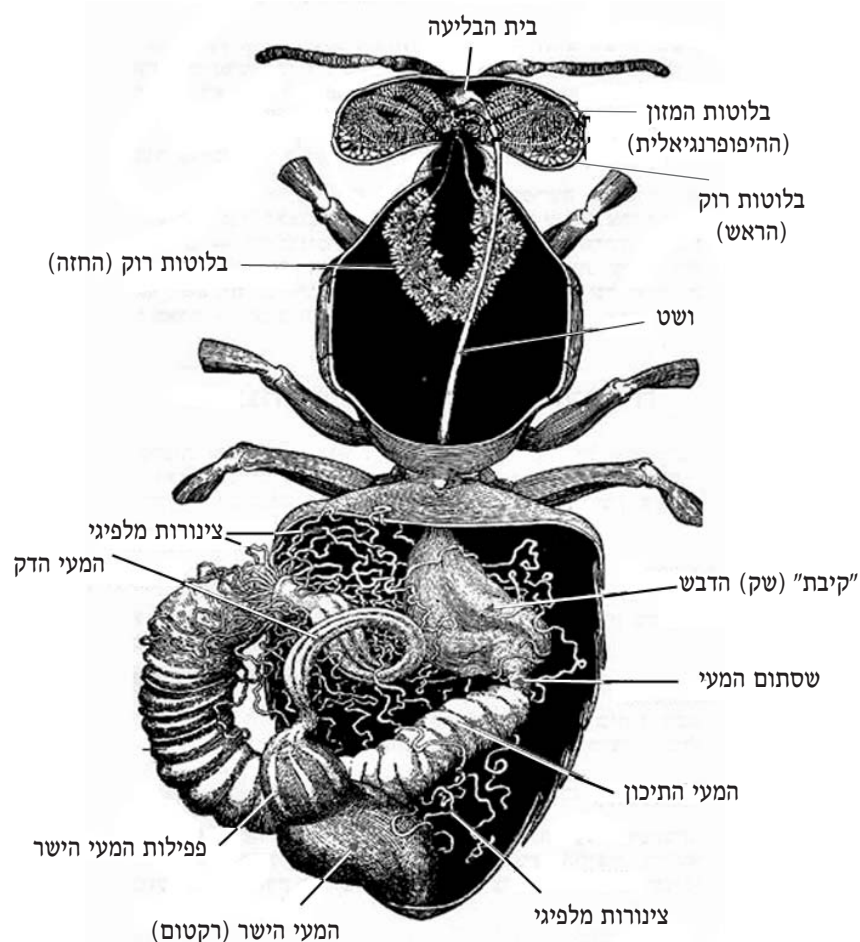
מערכת הדם

לדבורה מערכת "דם" פתוחה. חלל גוף הדבורה מלא בנוזל המולימפה אשר זורם בחלל הגוף מכוח פעימות הלב. הלב נמצא בחלק הגבי של הבטן והוא למעשה התעבות של עורק ולא איבר של ממש. הלב דוחס את הנוזל ההמולימפה דרך עורק יחיד אל עבר ראש הדבורה, ומשם נשפך נוזל ההמולימפה חזרה לחלל הגוף לכיוון החזה והבטן, וחוזר חלילה. בעזרת נוזל ההמולימפה עוברים חומרי המזון ממערכת העיכול אל רקמות הגוף, ותוצרי פסולת חילוף החומרים עוברים חזרה מהרקמות למערכת העיכול בעזרת מערכת ההפרשה.

מערכת העיכול

מערכת העיכול מחולקת לשלושה חלקים: המעי קדמי, המעי התיכון והמעי האחורי. המעי הקדמי והמעי האחורי מכוסים קרום כיטיני ותפקידם העיקרי בהעברת מזון ופסולת. המעי

התיכון אינו מכוסה קוטיקולה, והוא המקום בו נספג המזון מחלל המעי אל גוף הדבורה. המזון נשאב אל הפה דרך החדק. בפה מתחיל תהליך העיכול תוך פירוק דו-סוכרים לחד-סוכרים בעזרת רוק המופרש אל הפה מבלוטות הנמצאות בראש ובחזה. הוושט נמשך מן הפה אל תוך החזה וממנו אל הבטן. בבטן העמלה מתעבה מערכת העיכול הקדמית לזפק, שהוא שק גמיש הנקרא גם "קיבת הדבש". שסתום בקצה קיבת הדבש מאפשר מעבר מזון באופן מבוקר אל המעי התיכון לשם עיכול וספיגה. בשסתום שפתיים מיוחדות, הפונות כלפי קיבת הדבש וקולטות ומסננות מן הדבש את אבקת הפרחים כדי להעבירה דרך השסתום להמשך תהליך



תמונה מס' 8: מערכת העיכול

העיכול במעי התיכון. הפירוק האנזימטי של סוכרי הצוף לחד-סוכרים נמשך גם לאחר שהצוף הגיע אל קיבת הדבש. בכוורת, מועבר רוב הצוף בחזרה מקיבת הדבש של הדבורה דרך הוושט אל הפה, ומשם בעזרת גפי הפה לעמלות אחרות או אל תאי הדבש, לשם השלמת ההבשלה ולאחסון. חלק קטן מן הצוף נשאר בקיבת הדבש ועובר אל המעי התיכון להזנת העמלה. מהמעי התיכון עובר המזון למעי האחורי, שם נמשכת ספיגת המזון וכן ספיגה של מים. בקצה המעי האחורי נמצא הרקטום, בו מסוגלת הדבורה לאחסן את הפרש לזמן ארוך יחסית ולהמנע מהפרשתו בתוך הכוורת.

הצוף עובר שני תהליכים עיקריים במהלך הבשלתו לדבש: האחד, פירוק אנזימטי של דו-סוכרים ורב-סוכרים לחד-סוכרים, והשני – נידוף מים והעלאת ריכוז הסוכרים ליותר מ-80%. התהליך האנזימטי מתחיל במערכת העיכול של העמלה ונמשך בתא שבחלה, בעוד תהליך הנידוף מתקיים בתאי החלה בלבד. בסוף תהליך ההבשלה נחתם תא הדבש בציפוי דונג רציף.

מערכת ההפרשה

בחיבור בין המעי התיכון לבין המעי האחורי נמצאת מערכת ההפרשה. מערכת זו מורכבת מצינורות הנקראים "צינורות מלפיגי", אשר נמשכים ומפוזרים בכל חלל הגוף. תוצרי מטבוליזם מהאיברים השונים עוברים להמולימפה וממנה הם נספגים לצינורות מלפיגי. בשלב הבא מתנקזים המטאבוליטים למעי האחורי ומופרשים יחד עם חומרי פסולת אחרים של מערכת העיכול.

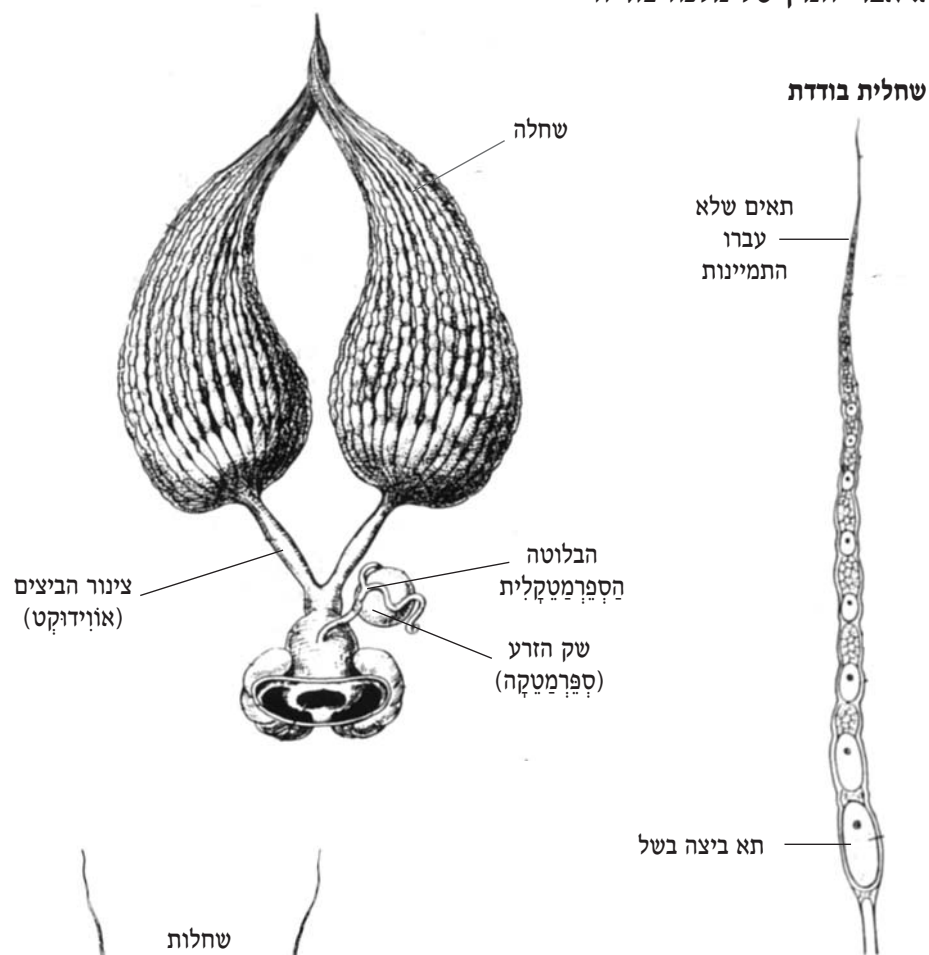
מערכת הנשימה

הנשימה וחילוף הגזים מתבצעים בדבורים בעזרת מערכת מסועפת של צינורות. הפיוניות הן פתחי הנשימה ומיקומן בחזה (שלושה זוגות) ובבטן (שבעה זוגות). הפיוניות מובילות את האוויר לטרכאות – צינורות המחזקים בסלילים כיטיניים דקים. מהטרכאות מגיע האוויר אל שקי אוויר הממוקמים בחלק האחורי של החזה ובחלק הקדמי של הבטן. הטרכאות מסתעפות לטרכיאלות – צינורות דקים יותר, שאינם מרופדים בכיטין ומגיעים לכל תא ותא בגוף. החמצן מגיע מן האוויר אל המערכת ועובר באמצעות דיפוזיה מהנוזל בקצה הנימי של הטרכיאלה אל התאים. דו-תחמוצת הפחמן הנוצרת בתאים עוברת לנוזל ההמולימפה וממנו בדיפוזיה לטרכאות. שחרור דו-תחמוצת הפחמן נעשה, כנראה, בנוסף גם ישירות אל מחוץ לגוף בדיפוזיה דרך הקרומים הרכים של כיסוי הגוף.

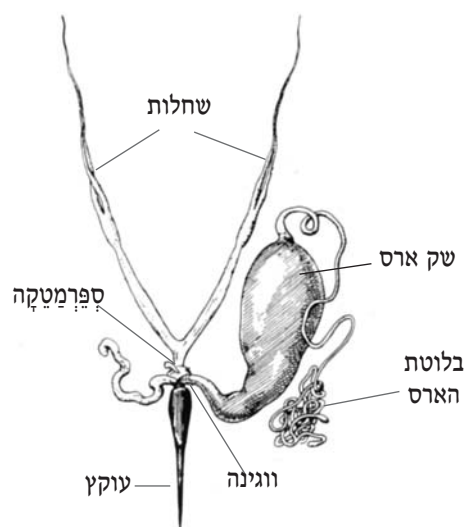
מערכת המין

מערכת המין של המלכה: למלכה פעילה יש שתי שחלות גדולות ומפותחות. כל שחלה מורכבת מכ-150 שחליות, שבהן מתפתחות הביצים. השחליות בכל שחלה מתחברות לצינור אחד. הצינורות משתי השחלות מתחברים לצינור ביצים משותף, המוביל אל הנרתיק. אל צינור הביצים המשותף מתנקזת שלפוחית אוגרת הזרע (Spermatheca).

א. אברי המין של מלכה פוריה



ב. אברי המין המנוונים של העמלה



תמונה מס' 9: מערכת המין של מלכה ושל עמלה

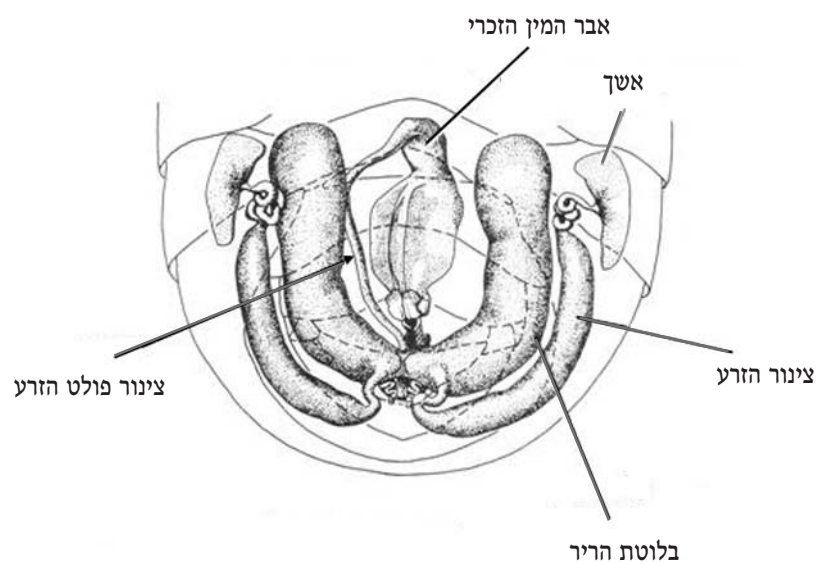
מעוף הכלולות והפריית המלכה: מעוף הכלולות מתקיים במרחק רב מן הכוורת, דבר התורם להקטנת הסיכוי להפריית המלכה על ידי אֶחֱיָהּ. זיווג בין מלכה לאחיה יגרום לריבוי בשארות באוכלוסייה. בעונת ההפריה, נמשכים ומתכנסים זכרים ממספר משפחות אל מוקדי התקהלות ייחודיים. אל מוקדים אלה נמשכות המלכות במהלך מעופי הכלולות. המלכה יוצאת למספר מעופי כלולות החל מגיל חמישה ימים, ובמהלכם היא מזדווגת עם כעשרה זכרים שונים. בעת המעוף, הזכרים עפים ורודפים אחר המלכה כאשר הזכר החזק עוקף אותה, נצמד אליה ומזדווג עמה. לאחר ההזדווגות ושחרור תאי הזרע הזכר מת תוך שהוא משאיר קטע מאיבר מינו "תקוע" במלכה. קטע זה קרוי "סימן ההפריה". זכרים מעדיפים להזדווג עם מלכות שהספיקו להזדווג קודם לכן באותו מעוף והן מסומנות בסימן ההפריה. לאחר שהמלכה חוזרת לכוורת, העמלות מבחינות בסימן זה ומוציאות אתו מגוף המלכה. בכל מעוף כלולות יכולה המלכה להזדווג עם מספר זכרים והיא תמשיך לצאת למעופים אלה עד שכיס הזרע שלה (ספרמטקה) יתמלא בתאי זרע. בסיום מעופי הכלולות, מאוחסנים בכיס הזרע של מלכה מופרית כחמישה עד שישה מיליון תאי זרע אשר יספיקו לה למשך כל ימי חייה.

בתום מעופי הכלולות המלכה חוזרת לכוורת ויומיים-שלושה לאחר מכן מתחילה להטיל, לאחר ששחלותיה סיימו את התפתחותן. משך תהליך ההפריה, מגיחת המלכה הבתולה ועד לתחילת ההטלה, עשוי להימשך עשרה ימים עד שבועיים. כאשר תנאי ההפריה אינם טובים, מחמת מזג האוויר או היעדר זכרים, עלול משך תהליך ההפריה להתארך תוך הגדלת הסיכון שהמלכה תתעה או תטרף על ידי שרקרים או צרעות במהלך מעופי הכלולות הנוספים.

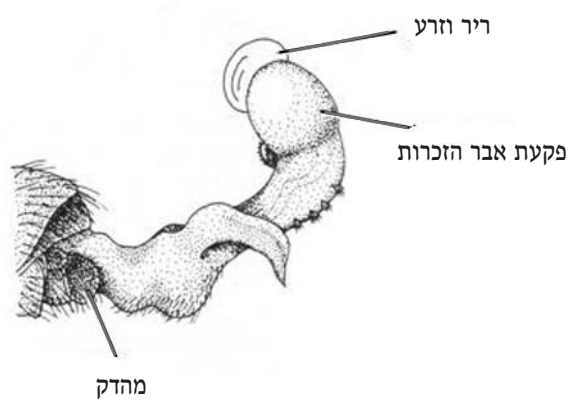
כאשר המלכה עומדת להטיל ביצית מופרית, משוחררים מכיס הזרע לכיוון הביצית המיועדת להפריה מספר תאי זרע. הביצית מעוכבת במידת הצורך בחלקו התחתון של צינור הביצים עד להפריה, באמצעות כיווץ שריר טבעתי. מביצית מופרית (דיפלואידית) תתפתח עמלה או מלכה, ואילו מביצית בלתי מופרית (הפלואידית) יתפתח זכר. קביעת הזוויג בדבורים נעשית, כאמור, על ידי נשיאת סדרה אחת או שתיים של כרומוזומים (הפלואידיות-דפלואידיות), וכן על ידי גן אחד ובו מספר רב של אללים. נקבה (עמלה או מלכה) תתפתח מביצית המופרית הנושאת אללים שונים בגן הנדון (מצב הטרוזיגוטי). אולם, כאשר ביצה דיפלואידית נושאת שני אללים זהים באתר קביעת המין, יתפתח מהביצה זכר דיפלואויד שישולק מתאו על ידי העמלות עוד בשלב הביצה.

מערכת המין של הזכר: ככל הידוע, תפקידו היחיד של הזכר בדבורית הוא להפרות מלכה. מערכת המין שלו מורכבת מזוג אשכים המחוברים לצינור הזרע ולבלוטת הריר. המערכת מתנקזת לצינור פולט זרע המחובר לאיבר המין הזכרי. מערכת המין ממלאת כמעט את כל חלל הבטן של הזכר, כשאיבר המין הזכרי מקופל בתוכו כמו כפפה הפוכה. לאיבר המין מבנה מסובך, עם בליטות ולוחיות המתאימים אותו להזדווגות עם המלכה תוך כדי מעוף. איבר המין נשלף לקראת ההזדווגות כתוצאה מלחץ ההמולימפה ואינו ניתן להחזרה. הזכר פורה בגיל שנים-עשר ימים ומייצר בין שישה לעשרה מיליון תאי זרע.

מערכת המין הזכרית, המקופלת בתוך הבטן



אבר המין השלוף



תמונה מס' 10: מערכת המין של הזכר

מערכת המין של העמלה: מערכת המין של העמלה מנוונית. שחלותיה כוללות רק שחליות מעטות, המתפתחות בדרך כלל רק בהיעדר מלכה בדבורית. מאחר שהעמלה אינה מזדווגת ואינה אוגרת תאי זרע, היא יכולה להטיל רק ביצים בלתי מופרות, מהן יתפתחו זכרים בלבד.

פְּתוֹת בדבורית



דבורת הדבש הנה חרק חברתי החי בקבוצה הנקראת דבורית. המבנה החברתי בדבורים עבר התפתחות אבולוציונית – מחרק בודד, דרך ארגון חברתי פשוט ועד לארגון מפותח להפליא של חרקים המתפקדים כיחידה מורכבת אחת, כפי שהדבר אצל דבורת הדבש.

בדבוריות שלוש כתות:

✿ מלכה אחת. המלכה דיפלואידית ומספר הכרומוזומים שלה $2n=32$. המלכה היא אם כל הפרטים באוכלוסיית הדבורית;

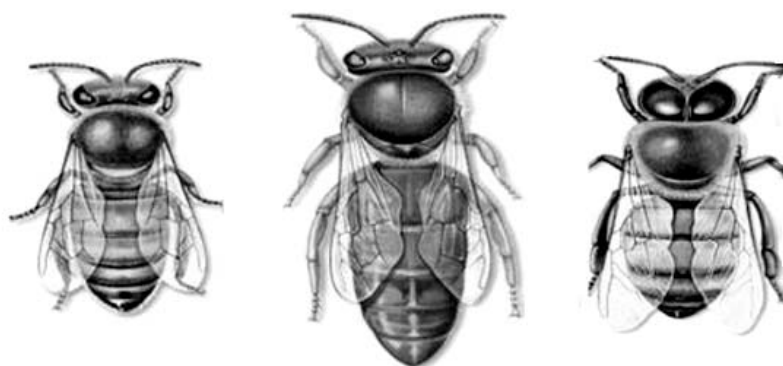
✿ אלפי נקבות הנקראות "עמלות", אשר גם הן דיפלואידיות בדומה למלכה ($2n=32$). העמלות אינן מתרבות;

✿ מאות זכרים הפלואידים בעלי ($n=16$) כרומוזומים.

עמלה

מלכה

זכר



תמונה מס' 11: כתות הדבורים: זכר, מלכה ועמלה

המלכה

המלכה גדולה משאר הפרטים בדבורית, בטנה ארוכה וגדולה במיוחד וכנפיה קצרות יחסית לאורך גופה. בניגוד לעמלה, רגליה האחוריות של המלכה אינן מצוידות בכלים לאיסוף אבקה, היא חסרה בלוטות דונג והעוקץ שלה בעל שינון קל. אורך חייה של המלכה יכול להגיע לשנתיים עד שלוש שנים. עם זאת נהוג במכוורות להחליף באופן יזום את המלכה מדי שנה־שנתיים, כדי לשמור על תפקוד נאות של הדבורית. למלכה שני "תפקידים" עיקריים: ☼ הטלת ביצים בקצב שעשוי להגיע לכ־2,000 ביממה, כשמשקל הביצים המוטלות בפרק זמן זה גבוה ממשקל גוף המלכה. ☼ גיבוש הפרטים בדבורית ליחידה מתפקדת אחת, תוך שהמלכה מפרישה שורה של פרמונים מבלוטות בגופה.

הזכר

הזכר קטן מן המלכה אך גדול ומגושם מן העמלה. מחושיו, עיניו וכנפיו גדולים יותר מאלו של העמלה ושל המלכה. אורך חייו של הזכר אינו עולה על מספר שבועות בלבד, כאשר תפקידו היחיד בדבורית הוא להפרות את המלכה. הזכרים מתפתחים מביצים בלתי מופרות ומספרם גדל בעיקר באביב, כאשר בדבוריות מתפתחות מלכות הזקוקות להפריה. הזכר אינו מצויד באיברים לאיסוף אבקה פרחים או להפרשת דונג, ואף לא בעוקץ להגנה.

העמלה

העמלות מתפתחות מביצים מופרות ומהוות את רוב־רובה של אוכלוסיית הדבורית. העמלות נושאות ברוב מלאכות הדבורית, אך הן אינן מטילות ביצים. מבנה גופה של העמלה, בלוטות ההפרשה שלה ותפקודה מותאמים לעבודות השונות אותן היא מבצעת. עמלות צעירות (עד גיל שלושה שבועות) מבצעות פעילות בתוך הכוורת ונמצאות בדרך כלל באזור קן הדבורית. עמלות בוגרות פעילות לרוב מחוץ לכוורת, באיסוף מזון ומים.

מרגע הגיחן ועד גיל שלושה ימים עסוקות העמלות בניקוי תאים ובהכשרתם להטלה חדשה. בגיל שלושה עד חמישה ימים משנות העמלות את תפקודן ועוברות להאכיל זחלים בוגרים בדבש ובאבקה פרחים ולחתום תאי ולד. בגיל חמישה עד שנים־עשר ימים מחליפות העמלות את תפקידיהן ועוברות להאכיל זחלים צעירים במזון מלכות. בפרק זמן זה של כשבועיים, מטפלות הדבורים הצעירות גם במלכה, קולטות צוף מדבורי שדה, מנקות לכלוך מהכוורת ומהדקות בתאי החלות צמידות אבקה פרחים לריפתה (Bee bread), לצורך אחסון. תפקיד חשוב נוסף של העמלות בדבורית הוא שמירה על טמפרטורת הכוורת. בגיל שלושה־עשר עד עשרים ואחת ימים מייצרות העמלות דונג ובונות חלות. מגיל שלושה שבועות ואילך פעילות הדבורים מחוץ לכוורת, בתחילה בתפקידי אוורור פתח הכוורת, שמירה

והגנה. בהמשך, יוצאות העמלות לשחר אחר צוף ואבקה. באביב ובקיץ, בגיל שישה עד שמונה שבועות, מסיימות הדבורים בדרך כלל את חייהן.

חלוקת עבודה בין הגילאים השונים בדבורית מתבצעת בצורה גמישה. כך, למשל, כאשר נוצר מחסור בעמלות מבוגרות בשל פגיעה מריסוס, משלימות עמלות צעירות יותר את החסר ומבצעות את המלאכות מחוץ לכוורת. פעילות הבלוטות בעמלה משתנה בהתאם לתפקידיה: כאשר העמלה מזינה את הוולד, מפותחות אצלה בלוטות המזון, וכאשר היא בונה ומפרישה דונג, מפותחות בלוטות הדונג. גם השינוי בתפקוד הבלוטות גמיש ומותאם לצרכים משתנים של הדבורית.

התפתחות הדבורה מביצה לבוגר



מלכות, עמלות וזכרים מתפתחים במסלול הנקרא "גלגול מלא". מסלול זה כולל ארבע דרגות התפתחות: ביצה, זחל, גולם ובוגר. ביצים, זחלים וגלמים נקראים בשם הכולל – ולד. עמלות וזכרים מתפתחים בתוך תאים מושישים בחלה. קוטר תא העמלה הוא 5.1 עד 5.5 מ"מ, כאשר תאי הזכרים גדולים בכ-30%. המלכה מתפתחת בתא מיוחד הנקרא מלכון, שצורתו עגולה וכיוונו אנכי ביחס לקרקע.

משך התפתחות הפרטים מהכיתות השונות בדבורית, משלב הביצה ועד שלב הבוגר, שונה. המלכות מתפתחות בקצב המהיר ביותר – 16 יום בממוצע. העמלות מגיחות מהתאים לאחר 21 יום בממוצע ואלו הזכרים מגיחים לאחר 24 ימים בממוצע. יש לזכור, כי לרקע הגנטי ולתנאי הסביבה השפעה על קצב התפתחות הוולד. משך הזמן הממוצע של כל שלב ושלב בחיי פרטים מכיתות שונות בדבורית מפורט בטבלה הבאה:

טבלה מס' 1: משך הזמן (ימים) של שלבי התפתחות ולד של מלכות, עמלות וזכרים

שלב	מלכה	עמלה	זכר
ביצה	3	3	3
זחל (תא פתוח)	5	6	7
גולם (תא חתום)	8	12	14
סה"כ	16	21	24

המלכה מטילה ביצה ומדביקה אותה לתחתית תא שהוכן ונוקה מראש על ידי העמלות. הביצה סגלגלה בצורתה, חלקה, לבנה, אורכה כ-1.5 מ"מ והיא מתחילה להתחלק כבר ביום הראשון לאחר ההטלה. בתוך כשלושה ימים (72 עד 84 שעות) בוקע ממנה זחל לבן המתמקם במרכז תחתית התא, כשהוא מקופל בצורת האות "C". הזחל בנוי מקופסית ראש וממספר פרקים, ואינו כולל גפיים. במהלך היממה הראשונה לחייו מוזן זחל העמלה או זחל המלכה על ידי פועלות – אומנות בוגרות – בשפע של "מזון מלכות". זה מופרש מבלוטות מזון הזחלים (בלוטות הִיפּוֹפְרִינָאֲלִיּוֹת ובלוטות הלסת). ביממה שלאחר מכן, ניתנת לזחל תוספת מזון קטנה, יחסית, כאשר הוא מטופל על ידי אומנות מגילים שונים. בהמשך, הזחל מוזן על ידי עמלות צעירות, כאשר עם התפתחותו משתנה מזונו ממזון מלכות לדבש ולאבקת פרחים.

זחל בעל מערכת כפולה של כרומוזומים (דיפלואידי), שהוא גם הטרוזיגוט בגן הקובע את הזוויג, יכול להתפתח או לעמלה או למלכה. כיוון ההתפתחות לכאן או לכאן נקבע בשלושת ימיו הראשונים של הזחל, על פי הרכב וכמות המזון שהוא מקבל. זחל המיועד להתפתח למלכה מקבל מזון המכיל, יחסית, יותר סוכרים ויותר מזון מלכות. הכמות הרבה יחסית של המזון וכן הרכבו המיוחד גורמים אצל הזחל להגברת התיאבון ולאכילת־יתר. אלה מביאים ללחץ על חיישנים במערכת העיכול ולשליחת מסרים למוח דרך מערכת העצבים. מסרים עצביים אלה יגרמו ל"גופי הכנף" (Corpora allata) להפריש הורמון נעורים המשפיע על התמיינות הזחל למלכה.

במערכת העיכול של הזחל אין עדיין חיבור בין המעי התיכון למעי האחורי ואף מערכת ההפרשה של צינורות מלפגי חסומה. כך, אין הוא יכול להפריש בתא ולזהם את מזונו. השלמת מערכות העיכול וההפרשה מתבצעת רק לאחר שהזחל מתחיל להתגלם ומפסיק להיזון.

התפתחות הזחל של כל הכתות בדבורית מתקדמת בשלבים שמשכם כ-24 שעות, הנקראים "דרגות". בין דרגה לדרגה מתנשל הזחל. במהלך ההתנשלות נפתח באזור הראש מעטה הקוטיקולה הקשיחה של הזחל – אשר מגביל את גדילתו הרציפה. הזחל משתחרר, גדל במהירות ומעטה חדש מתקשה סביבו תוך זמן קצר.

כאשר הזחל מגיע לגודלו הסופי מפסיקות העמלות להזינו והן חותמות את התא (כל תא בנפרד, בניגוד לחתימת תאי דבש בשל). הזחל מתיישר ומזדקף, כשראשו פונה אל פתח התא וטווה סביב עצמו פקעת קורים המופרשים מבלוטה באזור הראש. שלב זה נקרא שלב טרום־גולם. בשלב המעבר בין טרום־גולם לבין גולם מתקיים הנשל החמישי: בעמלה ובמלכה הוא מתקיים ביום האחד־עשר להטלת הביצה, ובזכר ביום הארבעה־עשר.

הגולם מוטל ללא תנועה בתוך פקעת הקורים שבתא החתום ועובר שינויים רבים. בסיומם, הוא הופך לדבורה בוגרת. צבעו הלבן של הזחל הופך בהדרגה לצבעי בוגר כהים יותר בתהליך

שמתחיל בראש ובעיניים ומתקדם לשאר הגוף. הנשל השישי והתיישרות הכנפיים הם השלב האחרון בהתפתחות הגולם לפני גיחתו כבוגר.



זחל בן יום

זחל בן יומיים

זחל בן 3 ימים

טרם גולם

גולם

בוגר

תמונה מס' 12: שלבי ההתפתחות של עמלות וזכרים

הדבורה כחוק חברתי



בהיותה חרק חברתי, שורדת דבורת הדבש לאורך זמן אך ורק במסגרת הדבורית. פרטים שניתקו מהדבורית אינם מחזיקים מעמד כחרקים בודדים. הודות לחיים בקבוצה, סיגלה לעצמה הדבורית במהלך האבולוציה תכונות המאפשרות לה להתקיים במגוון גדול של תנאי אקלים שונים ברחבי העולם – מאקלים ממוזג וקר ועד לאקלים טרופי משווני.

דבורי בר בוחרות להקים את ביתן בתוך חללים סגורים, כגון גזעי עצים חלולים, סדקים בקירות מבנים וכו'. החלל הסגור מספק לדבורית הגנה ומאפשר לה יכולת לשמר מזון ולווסת את טמפרטורת הקן. את המעטה הפנימי של החלל, החריצים והפתחים אוטמות העמלות באמצעות פרופוליס, אותו הן מכינות משרף עצים. לפרופוליס תכונות בידוד ופעילות קוטלת חיידקים (פעילות בקטריצידי) המונעות התפתחות זיהומים בקן. יצורים גדולים, כגון עכברים שנקלעו לכוורת ומתו שם, ואשר העמלות אינן מסוגלות לפנות את גופותיהם, נחנטים בפרופוליס כדי למנוע התפשטות זיהום מן הפגר המרקיב.

צורת הקן העשוי חלות דונג מותאמת לחלל אותו מאכלסת הדבורית. צורתו לרוב כדורית-אליפטית וניתן להבחין בו במספר "שכבות" המקיפות את המרכז: במרכז ה"כדור" נמצא הוולד על כל דרגותיו, סביבו מאוחסנת אבקת פרחים ובהיקף ה"כדור" מאוחסן מלאי הדבש. לפיכך, ככל שהחלות מרוחקות מן המרכז לשוליים, כך מצטמצם בהן שטח הוולד, עד שהוא נעלם מהן כליל. בתאי החלות (הצדדיות) אשר בשולי הקן אפשר למצוא רק דבש אבקת פרחים.

החלות בדבורית נבנות על ידי עמלות מדונג שהן מפרישות. החלות תלויות מתקרת החלל אנכית לקרקע ומורכבות מתאים משושים, הפונים לשני צדי החלה בזווית של כעשר מעלות כלפי מעלה (המבנה המשושה של התאים המאורגנים בחלה מדויק וחזק במיוחד, והוא גם המבנה המיטבי מבחינת החיסכון בדונג ומבחינת הנפח שתופסים החלה והקן).

כחוק חברתי, לחיי הדבורים מספר מאפיינים:

- ✿ הורים והצאצאים נמצאים בחפיפת זמן באותו קן;
- ✿ בדבורית שתי כתות של נקבות: מלכה אחת המתפקדת כנקבה מתרבה – ועמלות רבות;
- ✿ בין העמלות קיימת חלוקת תפקידים, בהתאם לגיל;
- ✿ העמלות מטפלות במלכה ובוולד;
- ✿ הדבורית אוספת ואוגרת מזון;
- ✿ בדבורית קיימת תקשורת בין פרטים השונים;
- ✿ הדבורית מווסתת את הטמפרטורה בקן הוולד ל-35°C;
- ✿ לדבורית מחזור התפתחות שנתי האופייני לתנאי האקלים שבו היא חיה.

תקשורת בין דבורים

תקשורת מוגדרת כהעברת סימן או מערכת סימנים מיצור אחד למשנהו, כאשר כתוצאה מכך משתנה התנהגותו של מקבל המסר. כוורת דבורים מונה בשיאה עשרות אלפי דבורים וצריכה להגיב במהירות לגירויים מהסביבה החיצונית, כמו סכנה מיידית או הימצאותו של מקור מזון חדש. לצורך כך התפתחה תקשורת יעילה בין הפרטים בדבורית, הנעזרת בחושי המגע, השמע, הראייה, הטעם והריח.

תקשורת באמצעות פרומונים

ערוץ התקשורת העיקרי בחרקים בכלל, ובדבורים בפרט, הוא הערוץ הכימי. זה מבוסס על שימוש בחומרי ריח המיוצרים על ידי הדבורים בבלוטות מיוחדות. חומרים אלו, הנקראים פרומונים, משפיעים על הקשר בין הפרטים בכוורת ובעיקר על הקשר שבין המלכה לעשרות אלפי העמלות.

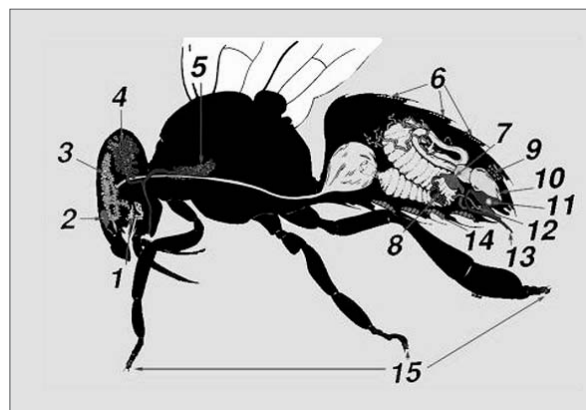
הפרומונים פועלים בריכוזים נמוכים, בדומה להורמונים. בעוד שהורמונים מופרשים מבלוטה לזרם הדם וגורמים לתגובה באיבר המטרה בגוף הפרט עצמו, הרי הפרומונים מופרשים מבלוטות הפרשה חיצונית אל מחוץ לגוף הפרט וגורמים לתגובה אצל פרט אחר. פרומון יכול לגרום לשינוי מידי בהתנהגות החרק. פרומון המין לדוגמה, מושך את הזכר אל הנקבה מיד כשהזכר חש בו באוויר. פרומון כזה נקרא פרומון משחרר (Releaser). לעומת זאת, יש פרומונים שהשפעתם על הפרט אינה מיידית. אלה גורמים תחילה לשינויים פיזיולוגיים מתמשכים במערכת ההורמונלית או במערכת הרבייה. פרומון כזה נקרא פרומון ראשוני (Primer). דוגמה לפרומון כזה הוא פרומון הוולד, כפי שיפורט בהמשך. בין הפרומונים החשובים הידועים בחרקים מונים את פרומון המין המיוצר ומופרש בדרך כלל על ידי הנקבה. פרומון זה מושך את הזכר בן אותו המין אל הנקבה לצורך הזדווגות.

למלכה, לעמלות, לזכרים ולוולד של דבורת הדבש מספר רב של בלוטות הפרשה חיצונית המפרישות פרומונים. לאלה חשיבות רבה בכל הקשור לארגון החברתי ולתפקודה של הדבורית. נדיפותם של חלק גדול מהפרומונים נמוכה, והם מועברים בין הפרטים במושבה באמצעות מגע מחושים, ניקוי הדדי, האכלה הדדית מפה לפה או מגע ישיר עם החלה. כיום ידוע כי הרכב הפרומונים ייחודי לכל כת בדבורית. כך למשל, המלכה מפרישה מספר פרומונים השונים מאלו של העמלות. פרומונים ייחודיים אלו של המלכה יוצרים יחד את "החותם המלכותי". בלוטות ההפרשה החיצונית התפתחו באופן שונה בעמלה ובמלכה ובחלק מן המקרים בלוטות מסוימות קיימות בעמלה ואינן קיימות במלכה. יש לזכור כי בעוד שידוע לגבי חלק מבלוטות ההפרשה החיצונית כי הן מפרישות פרומונים, עדיין אין מייחסים תפקיד כזה לחלק אחר של הבלוטות. טבלה מס' 2 משווה את תפקוד הבלוטות בעמלות ובמלכה:

טבלה מס' 2: בלוטות של הפרשה חיצונית בדבורת הדבש

בלוטה	מלכה	עמלה
היפּוֹפְּרִינְגְּאֵלִית	אינה מפותחת במלכה.	מפותחת מאוד בעמלה צעירה. מייצרת חלק מהחלבונים, השומנים והוויטמינים של מזון הוולד. כמו כן, מייצרת את האנזים אֵינּוֹרְטָאז, המפרק דו־סוכרים לחד־סוכרים (חשוב בעיבוד צוף לדבש). גודלה ותפקידה משתנה עם גיל העמלה.
בלוטת הראש (הבלוטה הַלְבִּינְאֵלִית)	תפקידה אינו ידוע.	מייצרת רוק ותוספות של מזון זחלים. מכילה שורה של פחמימנים הנמצאים בעיקר אצל שוחרות מזון. תפקיד הבלוטה קשור, כנראה, בזיהוי הפרטים השייכים לקן ובפעולות סריקה אחר מזון.
בלוטת החזה	תפקידה אינו ידוע.	מייצרת רוק ומכילה שורה של פחמימנים רוויים ובלתי רוויים.
מְנִידִיבּוֹלֵרִית	מייצרת את פרומון הלסת המהווה את אחד מפרומוני המלכה החשובים.	בדבורה צעירה זו הבלוטה בה נוצר מזון לזחלים. בדבורה מְשַׁחֶרֶת מיוצר בבלוטה החומר 2 הפטנון, הפעיל כפרומון אזהרה.
טְרַגְאֵלִית	מפותחת במלכה צעירה. משפיעה על הכרת המלכה, משיכת זכרים ועיכוב התפתחות שחלות בעמלות.	אינה מפותחת בעמלה.
אָרֶס	מייצרת חלבונים ופפטידים לארס. בלוטת הארס של מלכה בתולה מכילה ארס בכמות העולה פי שלושה על זו של עמלה.	מייצרת חלבונים ופפטידים לארס.
נְסִנּוֹב	אינה מפותחת במלכה.	מייצרת חומר ריח מיוחד המורכב משורה ארוכה של מרכיבים. החומר משמש לעזר בהתמצאות במרחב.
רְקָטוּם	מפרישה פרומון בצואה הדוחה פועלות ומשתתף בהכרת בנות הקן.	תפקידה אינו ידוע.

בלוטה	מלכה	עמלה
קוֹשְׁבֵי־קוֹב	מייצרת פרומונים המושכים עמלות. לא ברור מהם מרכיביה הכימיים. הבלוטה מתנוונת במלכה לאחר כשנה.	באופן יחסי, מפותחת פחות מאשר במלכה. מייצרת את פרומון האזעקה המופרש בשעת העקיצה כאשר העוקץ נשלף.
דופור	מפותחת יותר מאשר בעמלה. מכילה אסטרים ייחודיים למלכה. מעוררת משיכה בפועלות.	באופן יחסי, פחות מפותחת מאשר במלכה.
עוקץ	מפרישה חומרים המעוררים משיכת פועלות.	תפקידה אינו ידוע.
דונג	אינה מפותחת במלכה.	מפותחת מאוד בעמלות צעירות בשעת ייצור דונג ובניית חלות.
טרזאלית	הפרשה של פרומונים הנקראים "פרומוני עקבות". אלה מצביעים על מיקום ונוכחות המלכה בכוורת ומעכבים בניית מלכונים.	באמצעות הפרשת פרומונים מבלוטה זו העמלה מסמנת את פתח הכוורת, את מיקום הפרחים (פרומון שביל) ואת אתרי איסוף המזון.



תמונה מס' 13: בלוטות ההפרשה החיצונית בדבורת הדבש

1. הבלוטה הפוסִטְגִנְאֵלִית; 2. הבלוטה המנדיבולרית; 3. הבלוטה ההיפופרגנאלית;
4. הבלוטה הלביאלית - ראש; 5. הבלוטה הלביאלית - חזה; 6. הבלוטה הטרגאלית;
7. שק הארס; 8. בלוטת הארס; 9. בלוטות נסנוב; 10. רקטום; 11. בלוטת קושבניקוב;
12. בלוטת דופור; 13. העוקץ; 14. בלוטות הדונג; 15. הבלוטה הטרזאלית.

פרומון הבלוטה המנדיבולרית

פרומון זה מכונה גם באופן כללי "חומר המלכה" (Queen substance). כאשר הוא מופרש מבלוטות הלסת (הבלוטות המנדיבולריות) של המלכה מכונה הפרומון בלועזית (QMP - Queen Mandibular Pheromone). פרומון זה, אשר

מייחסים לו חשיבות רבה בארגון חיי הדבורית, מכיל למעשה חמישה מרכיבים בהם החומצה 9 אוקסו 2 דֶּינֶוֹאֵית (9ODA). פעילות הפרומון גורמת למשיכת העמלות למלכה וליצירת פמליה סביבה. דבורי הפמליה אחראיות לטיפול במלכה ולהעברת הפרומון ממנה לשאר העמלות בדבורית. פעילות QMP היא גם הגורם העיקרי, אם כי לא הבלעדי, לעיכוב בניית מלכונים. ה-QMP ממלא תפקיד גם בשמירה על הסדר הקבוע בתוך הדבורית. נראה, כי המלכה מגבירה באמצעות פרומון זה את פעולת שיחור המזון על ידי העמלות. כמו כן, מעורב הפרומון בבקרת תהליך ההתנחלות. היחס בין מרכיבי ה-QMP בבלוטה משתנה עם התבגרות המלכה ולאחר שהיא מזדווגת. כידוע, העמלות אינן מטילות ביצים אלא רק לאחר אובדן המלכה. הועלתה ההשערה כי חומרים המופרשים על ידי המלכה הם האחראים לעיכוב התפתחות השחלות בעמלות. מעורבותו של פרומון הבלוטה המנדיבולרית בתהליך זה עדיין שנויה במחלוקת. נראה, כי עיכוב התפתחות השחלות בעמלות תלוי גם בפעילותם של פרומונים ממקורות נוספים.

החומר 9ODA ידוע גם כפרומון מין הגורם למשיכת הזכרים אל המלכה בעת מסע הכלולות. עדיין לא ברור מדוע בשעת מסע הכלולות המלכה מושכת אך ורק זכרים, בעוד שבתוך הכוורת היא מושכת רק עמלות. ייתכן, ובכל מצב מופרש הרכב אחר של תערובת נדיפה האחראית לפעילות השונה.

הבלוטה המנדיבולרית של העמלות מייצרת חומרים שונים משל המלכה ולא לכולם תפקיד פְּרוֹמוֹנָלִי. אצל עמלות צעירות המטפלות בוולד מיוצרים חומרים המשמשים להזנת הזחלים, לחומרים אלו גם תפקיד אנטי־בַּקְטֶרְיָאָלִי. רק כאשר עוברות העמלות לבצוע משימות חוץ, כמו חיפוש אחר מזון והגנה על הדבורית, משמש פרומון הבלוטה המנדיבולרית כחומר תקשורת. הבלוטה מתחילה לייצר חומר נדיף בשם 2-הֶפְטָנוֹן אשר משמש כפרומון אזהרה, וייתכן אף שהוא משמש לסימון פרחים שהדבורים כבר ביקרו בהם או כאלה שאינם מכילים די אבקה וצוף.

הפרשות הבלוטה הטרגאלית

הבלוטה הטרֶגָאֵלִית ממוקמת בחלק העליון (הדורסלי) של פרקים מספר ארבע ושש של הבטן. הפרשות בלוטה זו אצל המלכה מכילות חומצה אולֶאִית, אסטרים ארוכי שרשרת ופחמימנים בלתי רוויים. פרומון זה מסייע לעמלות בזיהוי המלכה וביצירת פמליה סביבה. יחד עם ה-QMP מעכבות ההפרשות מהבלוטה הטרגלית בניית מלכונים ומונעות התפתחות

שחלות אצל העמלות. כמו כן, הפרשות הבלוטה מסייעות במשיכת הזכרים למלכה בעת מעוף הכלולות.

בלוטה זו קשורה לקומפלקס העוקץ וממנה מופרשים חומרים ייחודיים למלכה. תוצרי הבלוטה של הפועלות מורכבים מפחמימנים רוויים, בעוד הפרשת המלכה מכילה גם אסטרים ארוכי שרשרת. נמצא כי תוצרי הבלוטה מעוררים משיכה של פועלות אל המלכה. ייתכן ולחומרים אלו תפקידים נוספים בהכוונת תפקוד הדבורית.

הפרשות בלוטת דופור

פרומון זה המכונה גם "פרומון העמלות" (Bee scent) מיוצר בבלוטה נסנוב הנמצאת בחלק הדורסלי של הפרק השביעי של הבטן (שהוא הפרק האחרון). ניתן לראות את אזור הבלוטה ולהריח את הפרומון בקלות כשדבורים העומדות במפתן הכוורת, שולפות את הבלוטה ומשחררות פרומון המסמן לדבורים חוזרות את פתח הכוורת. כמו כן, לחומר חשיבות בעת ההתנחלות, לייצוב מבנה האשכול שיוצרות הדבורים. פרומון זה משמש גם לסימון פרחים ומשמש למשיכת שוחרות מזון. מרכיבי הפרומון נדיפים מאוד ובעלי ריח נעים. מרכיביו העיקריים הם: גרניול, גרול ופרניזול.

פרומון בלוטת נסנוב

בלוטה הנמצאת בחלל העוקץ. לבלוטה זו יש חשיבות מיוחדת אצל העמלות, מכיוון שהיא מייצרת את "פרומון האזעקה" (Alarm Pheromone). פרומון זה מופרש בשעה שהעמלה שולפת את העוקץ מנרתיקו. כאשר העמלות האחרות חשות בריח הן ממהרות להגיע למקום, כך שבמקרה של פלישת אויב לכוורת מתרחש גיוס מהיר של עמלות הבאות לעקוץ ולהרוג את הפולש. המרכיב העיקרי של הפרומון הוא האיזו-פנטיל-אצטט, שפעילותו חזקה עד פי 70 מפרומון אזעקה אחר שמקורו בבלוטה המנדיבולרית של העמלות (2-הפטנון). בלוטת קושבניקוב של המלכה מייצרת חומרים המעוררים משיכה בעמלות, אך המבנה הכימי של הפרשה זו אינו ידוע.

בלוטת קושבניקוב

בלוטת פיסת הרגל של המלכה מפרישה חומר המשמש לעיכוב בניית מלכונים. אצל עמלות משמשת הפרשה מבלוטה זו ככל הנראה לסימון שבילים ופעולתה משולבת עם הפרשות בלוטת נסנוב. במלכה בתולה בת 24 שעות מפרישה הבלוטה הרקטאלית, דרך הצואה, פרומונים אשר דוחים ממנה דבורים ומלכות בתולות אחרות.

פרומונים מ"מקורות נוספים"

פרומון הוולד

ולד פתוח מייצר פרומון המורכב מתערובת של עשרה אסטרים של חומצות שומן הנמצאות על פני הקוטיקולה של הזחל. הפרומון מעורר טיפול על ידי העמלות. כמו כן, נמצא כי הפרומון משרה עיכוב התפתחות שחלות בעמלות. בנוסף, משפיע הפרומון על גיל העמלות בו הן יוצאות לשיחור מזון וכן, משפיע על איסוף צוף ואבקה.

פרומונים של זכרים

גם זכרים מייצרים פרומונים. אלה גורמים להתגודדות זכרים באזורי התקהלות הזכרים.

חקר פרומונים עשוי להביא לתרומה כלכלית חשובה לענף גידול הדבורים. ההשלכות האפשריות של שימוש בפרומונים בגידול דבורים הן מגוונות: מניעת התנחלות, גידול מלכות, השפעה מרגיעה על התנהגות אגרסיבית בדבורים, תפיסת נחילים ועיכוב התפתחות שחלות אצל העמלות לשם מניעת הפיכת כוורות לזכריות. כמו כן, ניתן להשתמש בפרומונים לשם משיכת זכרים להפריה, משיכת דבורים להאבקת גידולים חקלאיים ועידוד איסוף צוף לעשיית דבש. קיימים תכשירים המבוססים על בלוטת נסנוב לשם משיכה ותפיסה של נחילים. כמו כן, קיימים תכשירים המבוססים על QMP (פרומון הבלוטה המנדיבולרית), האמורים לשפר את משיכת הדבורים להאבקת גידולים חקלאיים. אולם בפועל, עדיין אין כמעט שימוש בפרומונים אלו באופן מסחרי.

בנוסף לפרומונים, גם חומרי טעם וריח שמקורם מן המזון הנאסף על ידי הדבורים משמשים לתקשורת בין הדבורים. חומרים אלה עוברים מפה לפה בין הדבורים באמצעות מנגנון הקרוי טרופֶּלֶקְסִיס (האכלה הדדית), אך מכיוון שאינם מיוצרים על ידי הדבורים אין חומרים אלה בגדר פרומונים.



תקשורת אקוסטית

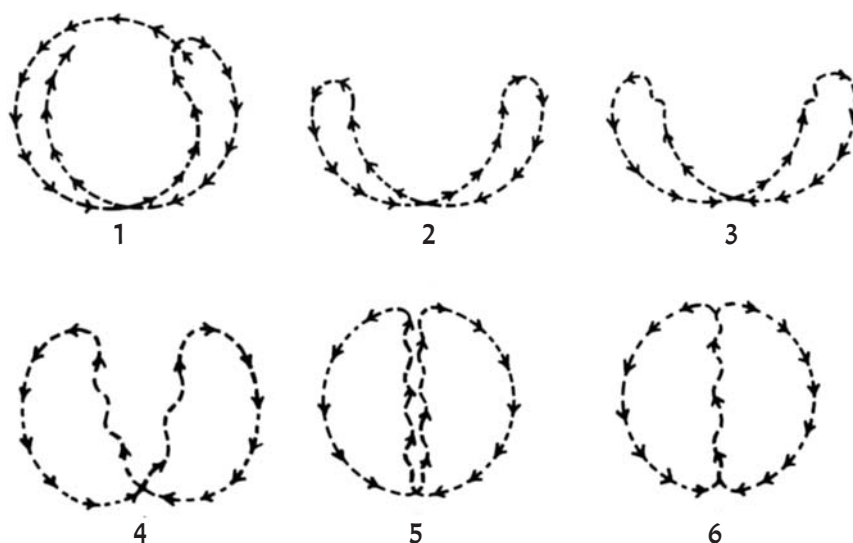
הדוגמה הבולטת לתקשורת אקוסטית בכוורת היא הקשר בין המלכה לבין מלכות בתולות, בעודן בתוך המלכונים. גולם המלכה משמיע קולות קרקור והמלכה עונה לו בשריקה. בכל ימות השנה מביאה הקריאה לחיסול הגלמים של המלכות על ידי המלכה עצמה, אך בעונת ההתנחלות אין המלכה הורסת את המלכונים, למרות האותות הבוקעים מהם. לקולות הקרקור האופייניים של המלכות הבתולות יש גם חשיבות במשיכה הדדית ביניהן.

תקשורת דרך ריקודי הדבורים

צורת התקשורת המיוחדת והידועה ביותר בין הדבורים היא "ריקוד הדבורים", שמעורב בו שימוש במספר חושים. עם חזרתה לכוורת כשהיא נושאת צוף או אבקה רוקדת הדבורה את ריקוד הדבורים, תוך שהיא מעבירה בדרך זו מידע לדבורים אחרות בדבר מרחק, כיוון, טיב ועושר מקור המזון. ריקוד הדבורה יכול להתבצע במספר אופנים. נזכיר מהם שניים: ריקוד המעגל וריקוד השמיניות.

ריקוד המעגל

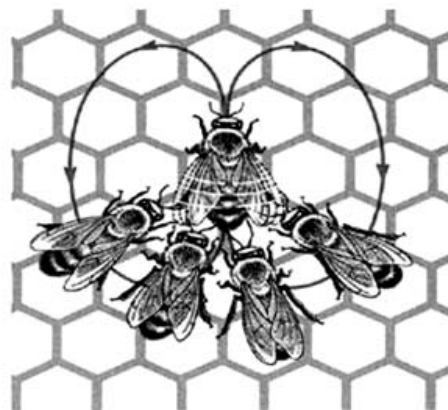
באמצעות ריקוד זה מועבר מידע לגבי מקור מזון הנמצא במרחק של עד כ־50 מ' מהכוורת. בריקוד זה אין הדבורה מוסרת כיוון ומרחק מדויקים. במהלך הריקוד נעה הדבורה במעגלים פעם לכיוון אחד ופעם לכיוון הנגדי, כאשר במהלך הריקוד טועמות הדבורים מן המטען שהביאה הדבורה הרוקדת. יש להניח כי הריקוד עצמו אינו השדר היחיד, היות ובעת הריקוד מועברים אל העמלות גם סימני ריח שמקורם בחומרי ריח אשר דבקו בגוף הדבורה בשעת הביקור במקור המזון. אם מקור המזון חסר ריח, עשויה הדבורה האוספת לסמן אותו בהפרשה של בלוטת נסנוב.



תמונה מס' 14: תרשים של ריקוד הדבורה: 1 – ריקוד המעגל; 2 – ריקוד החרמש;
3-5 – צורות מעבר בין ריקוד המעגל לריקוד השמינית; 6 – ריקוד השמינית

ריקוד השמיניות

ריקוד זה, הידוע גם בשמו האחר "ריקוד נענוע הבטן", מעביר מידע בדבר מקור מזון מרוחק מהכוורת. במהלך הריקוד נעה הדבורה במסלול דמוי הספרה שמונה. למעשה, זהו מסלול דמוי שתי אליפסות צמודות שצדן המשותף פחוס ויוצר מעין קו ישר. כיוון הקטע הישר של מסלול הריקוד מכיל מידע על המרחק והכיוון בו נמצא המזון. ככל שהמרחק למקור המזון רב יותר, הקו הישר במסלול הריקוד מתארך והתנועה לאורכו איטית יותר, קרי, מספר קטן והולך של מחזורי הריקוד נעשה ביחידת זמן. הכיוון למקור המזון מצוין תוך התייחסות לכיווני השמש, כוח הכבידה (גרביטציה) ומקור המזון. כאשר במהלך הריקוד החלק הישר במסלול מכוון מעלה, כיוון המזון הוא בכיוון השמש. אולם, כשהחלק הישר במסלול הריקוד נוטה שמאלה או ימינה בזווית מסוימת, הדבר מצביע כי מקום הפריחה נמצא בזווית כזו ביחס לשמש. ככל שהריקוד עז וממושך יותר, מצביע הדבר על עושרו של מקור המזון. לאחרונה נתגלה, כי בעת שהדבורה נעה לאורך הקטע הישר שבמסלול הריקוד, היא גם משמיעה קולות בתדירות גבוהה. בדרך זו מגייסת העמלה עמלות נוספות לאסוף מזון. גם כאן, במהלך הריקוד, מעבירה הדבורה את מטענה לדבורים אחרות, כך שהן נחשפות לטעמו ולניחוחו של מקור המזון החדש. גם בימים מכוסים בעננים שאינם ענני גשם רוקדת הדבורה, מאחר והיא רגישה לאור מקוטב. כמו כן, לדבורה חוש זמן והיא יכולה להעריך את השינוי שחל במיקום השמש בין הזמן שבו ביקרה את הפרחים לבין מועד הריקוד ולבין מועד ביקור חברותיה הדבורים ביעד החדש.



תמונה מס' 15: ריקוד השמיניות כפי שמתבצע בתוך הכוורת על ידי דבורים שחוזרות ממסע "מוצלח" לאיסוף מזון ממקור רחוק

ויסות חום (תרמורגולציה) בדבורית



חום גופם של חרקים מושפע מטמפרטורת הסביבה. דבורה בודדת מסוגלת להתקיים ולשרוד בטווח רחב של טמפרטורות ואף לווסת באופן מוגבל את חום גופה. כאשר הטמפרטורה החיצונית נמוכה, העמלה יכולה להעלות את חום גופה באמצעות הפעלת שרירי החזה בתדירות גבוהה, מבלי להניע את הכנפיים והרגליים. כמו כן, מסוגלת העמלה לצנן את גופה בעזרת נידוף טיפת מים מגפי הפה וסחרור ההמולימפה לאזור "מצונן" זה בראש. ולד הדבורית, לעומת זאת, רגיש מאוד לשינויים בטמפרטורה. הוולד חייב להישמר בטמפרטורה של 35 ± 1 מ"צ ועלול להיפגע במידה והטמפרטורה תסטה לזמן ממושך מהתחום הרצוי.

הדבורית, כיחידה, סיגלה לעצמה במהלך האבולוציה יכולת לווסת את הטמפרטורה באזור הוולד וכך להבטיח את התפתחותו בתנאים אופטימליים. איטום הקן בעזרת פרופוליס ובניית חלות הדונג (ובמיוחד חלות מלאות דבש) בחלקים החיצוניים של אזור הקן, מבודדים את האזור הפנימי שבו מצוי הוולד ומקלים על ויסות החום בו. גודלו של פתח הקן משתנה על ידי העמלות בהתאם לטמפרטורה החיצונית, כך שבקיץ הפתח פתוח לרווחה ובחורף הוא צר, לאחר שנאטם חלקית בעזרת פרופוליס.

בתנאי טמפרטורה נמוכה מצטופפת ו"מתכדרת" אוכלוסיית העמלות סביב הוולד לאשכול, המוסיף ומתהדק ככל שהטמפרטורה יורדת. בדרך זו מבודדות הדבורים בעזרת גופן את האזור הרגיש בו מתפתח הוולד. עמלות אלה מייצרות חום באמצעות הנעה של שרירי החזה בתדירות גבוהה וזאת, כאמור, מבלי להניע איברים אחרים. האנרגיה להנעה אינטנסיבית זו של השרירים מקורה בדבש. עמלה שסיימה את מלאי "דלק" הדבש בגופה יוצאת אל אזור הדבש בשולי הקן – ואחרת מחליפה את מקומה. כאשר הטמפרטורה נמוכה מאוד, באזורים שבהם החורף ארוך וקר, מפסיקה המלכה להטיל ואין ולד בכוורת. העמלות מפתחות גופי שומן, וסבילות הדבורית לקור יכולה לרדת מתחת לסף הרגישות של הוולד. תופעה זו של הפסקת הטלה נדירה בארץ. לעומת זאת אנו נתקלים באזורנו, במיוחד באביב, במקרים בהם בעת שיש בדבורית כמות גדולה של ולד, מזג האוויר מתקרר לפתע. הדבורים במצב זה מחממות את הוולד הרך תוך שהן מרוקנות את מלאי הדבש, דבר העלול להוביל למות הדבורית. "נאמנותן" של העמלות למשימת הגנת הוולד כה גדולה, עד כי לעתים, כשהן מתכדרות על אזור הוולד הרחק ממלאי הדבש, הן אינן נוטשות את האשכול ו"קופאות" למוות.

קירור הקן מתבצע על ידי הבאת טיפות מים בקיבת הדבש של העמלות ונידופן בעזרת הכנפיים במסלולי זרימה קבועים אל מחוץ לקן. כאשר הטמפרטורה החיצונית עולה, הדבר ניכר מיד בפעילותן של עמלות השדה: הן מפסיקות לאסוף צוף ומתמקדות במשימת איסוף מים לצורך

קירור. נידוף מים מן הצוף או מתמיסת סוכר שאינה מרוכזת עשוי אף הוא להוריד את הטמפרטורה בדבורית.

מחזור החיים השנתי של הדבורית בתנאי הארץ



גודל אוכלוסיית הדבורית, כמות הוולד בה, מלאי המזון ורמת הפעילות משתנים במהלך השנה בהתאם למקורות המזון (הפריחה בטבע) ולתנאי מזג האוויר. מהלך תמורה זו שונה בגזעי דבורים שונים.

בתנאי הארץ מבחינים בדבורית בשתי עונות שפל, האחת בחורף והשנייה לקראת סוף הקיץ. בעונות אלה קיים מחסור בפריחה והטמפרטורה החיצונית רחוקה מלהיות רצויה לדבורית. בקיץ יש צורך בקירור של הקן ובחורף יש צורך בחימומו, ולכך נדרשת אנרגיה רבה. לעומת זאת, באביב הפריחה מצויה בשפע, הטמפרטורה נוחה והדבורית אוספת מזון בכמויות גדולות. גם בסתיו התנאים נוחים, כאשר פריחה אופיינית לעונה זו מספקת מזון לדבוריות.

בחורף מצטמצמת אוכלוסיית הדבורית וכמות הוולד בה מגיעה לשפל. עם בוא האביב מתחדשת בטבע הפריחה ועמה ההתפתחות אביבית של הדבורית. במהלך התפתחות זו עולה במהירות כמות הוולד ובעקבות זאת עולה גם אוכלוסיית העמלות הבוגרות בדבורית. פעילות הדבורים מתגברת והאוכלוסייה תופסת נפח גדול יותר ומצטופפת. עד לשיא הפריחה מתפתחת הדבורית בקצב מהיר, ותוך חודש היא עשויה לגדול פי שלוש ויותר. במהלך שיא הפריחה אוגרת הדבורית מלאי צוף לדבש ומלאי אבקת פרחים לעונת השפל. עונת האגירה יכולה להתארך עד הקיץ, בהתאם לאזור, לאקלים ולפריחה.

עונת האביב היא גם זמן ריבוי הדבוריות בטבע – ההתנחלות. כאשר הדבורית מתחזקת במהירות, צפיפות העמלות בה גדלה. הצפיפות הרבה מונעת מהמלכה את הגישה לשולי החלה. בכך נמנע באזורים אלה פיזור של פרומונים של המלכה אשר המעכבים התפתחות מלכות חדשות. בהיעדר גורם מעכב, העמלות בונות תאי גביע עגולים, הממוקמים בשולי החלה ופונים כלפי מטה. עם המשך התחזקות הדבורית, מטילה המלכה בתאי גביע אלה ביצים מופרות והגביעים נהפכים למלכונים. הזחל במלכון מקבל מזון עשיר בסוכרים ובחלבונים, גדל במהירות ומתממין למלכה. עמלות־סיירות יוצאות לתור אחר מקום משכן חדש לנחיל, ובמקביל מקטינה המלכה הוותיקה את קצב ההטלה שלה עד להפסקה מוחלטת, וגופה מצטמק.

בשלב זה מתפצלת הדבורית: חלק מן האוכלוסייה מצטייד במלאי דבש, עוזב את הקן יחד עם המלכה הוותיקה ומתעופף למקום משכן זמני, וממנו למקום קבע, שם ייסד דבורית חדשה. בקן שנתיתם מהמלכה בוקעות מלכות חדשות. אחת מהן תופרה ותחזור לתפקד כמלכה חדשה. תופעת ההתנחלות מאפשרת אמנם את המשך קיומה של דבורת הדבש בטבע, אך למגדל הדבורים היא מסבה נזק רב כתוצאה מאובדן דבש ומאובדן אוכלוסייה של דבורים בתקופת שיא האגירה.

בתקופת הקיץ, כאמור, משקיעה הדבורית משאבים רבים בקירור הקן. החום, יחד עם המחסור בפריחה, מביא לצמצום בהטלה, ובעקבות זאת לצמצום באוכלוסיית הדבורית, עד להיחלשותה. תחילת הפריחה הסתוית מביאה להתחדשות בהתפתחות הוולד ולהתחזקות הדבורית. בסתיו מכינה עצמה הדבורית לעונת החורף, עמלות מבוגרות מתחלפות בצעירות ומלאי הדבש הולך וגדל. כך עד ראשית החורף, שבו, כאמור, שבה הדבורית ונחלשת בשל ירידת הטמפרטורות והתמעטות הפריחה, וחוזר חלילה.

מרעה דבורים ומחזור שנתי של הכוורת



ישראל היא אחת המדינות הצפופות בעולם מבחינת מספר הכוורות ליחידת שטח. דבורי הדבש מקבלות את כל מזונן מהפרחים. הצוף שאותו הן מעבדות לדבש משמש מקור לפחמימות ואבקת הפרחים משמשת כמקור חלבונים, מינרלים, חומצות שומן וויטמינים שונים.

הכוורות בישראל מתבססות בעיקרה על איסוף הדבש מהכוורות: ככל שמרעה הדבורים עשיר יותר, כך יבולי הדבש גדולים יותר. הכוורנים המסחריים נוהגים לנדוד עם כוורותיהם בעקבות הפריחה: באביב רוב הכוורות מוצבות סמוך לשטחי הדרים ובהמשך הקיץ הן מועברות לאזורים שונים, לפי זמינות הצמחייה הצופנית בהם.

מרעה הדבורים בישראל כולל שלושה רכיבים עיקריים:

- ✿ שטחים חקלאיים שבחלקם מוצבות הכוורות להאבקה בתשלום (תלתן, אבוקדו, חמניות וכו') ובחלקם הן מוצבות לאגירת דבש בלבד (בעיקר הדרים וכותנה);
- ✿ שטחי בור המכילים צומח ים תיכוני טבעי;
- ✿ שטחים הנטועים על ידי קק"ל – בעיקר חורשות איקליפטוס.

באמצע החורף, בחודשים דצמבר–ינואר, הכוורות נמצאות בתקופת השפל. אוכלוסיית הדבורים מצומצמת והמלכה מטילה בקצב איטי. פעילות הדבורים מוגבלת רק לימים בהירים, אז יוצאות הדבורים

מרעה דבורים בחורף

מהכוורת ומחפשות מקורות מזון. אחד העצים הבוֹדדים הפורחים בתקופה זו הוא עץ השסק, וכוורנים אכן נודדים עם כוורתיהם לאזורי מטעי השסק. עקב עצירת גשמים עלולה הפריחה של סוף החורף להתאחר וייתכן מחסור במקורות אבקת פרחים. מצב אשר בו לדבורים אין די חלבון להזנת הוולד עלול להביא להתפרצות מחלות שונות, בעיקר של מחלת הנוזימה. על הכוורן לוודא טרם בוא החורף כי יש מספיק מלאי מזון בדבורית ולהקפיד על בידוד הכוורת מפני קור ומניעת חדירת מים אליה.

מרעה דבורים בסוף החורף

לקראת תום החורף, בסוף חודש ינואר ובמהלך חודש פברואר, מתעוררת הכוורת לחיים. עם התארכות היום, התחממות מזג האוויר והפריחה הגוברת, מגבירה המלכה את קצב הטלת הביצים. הצומח העיקרי הפורח בעונה זו הוא צומח עשבונני, שאחד המינים החשובים בו הוא הסביון האביבי. פרח זה מספק כמויות גדולות של אבקת פרחים, החיונית לצורך גידול הוולד המרובה. באזורי החולות פורח רותם המדבר, המספק כמויות נאות של צוף. בשטחי הבור פורחים העירית והאשחר. שקדיות, המקדימות בפריחתן את יתר מיני העצים, מושכות את הדבורים ומספקות אבקת פרחים ומעט צוף להתפתחות הדבורית. באזורים נרחבים ניתן לראות מרבדים צהובים של חרדל ומיני מצליבים נוספים. הללו מהווים מקור צוף מצוין ומקור עשיר לאבקת פרחים. בשנים שבהן יורדים גשמים מוקדמים ומזג האוויר באמצע החורף נוח, הפריחה הרבה ושפע ימי אגירה מביאים להתפתחות מואצת של הדבוריות. במצב זה, ללא התערבות מהירה של הכוורן עשויות הדבוריות להתנחל. בשנים בהן הגשמים מאחרים ומזג האוויר סגרירי בסוף החורף, יש עיכוב ניכר בהתפתחות הדבוריות.

מרעה דבורים באביב

עונת האביב החלה בארץ בחודשים מרץ עד מאי היא עונת האגירה העיקרית של אבקת פרחים וצוף. מרבית מיני הצומח נמצאים בשיא פריחתם והדבוריות נמצאות בשיא פעילותן. עם התקדמות האביב, חלה האצה רבה בקצב ההטלה של המלכה והאוכלוסייה בכוורת גדלה במהירות. הכוורנים עושים מאמץ שאוכלוסיות הדבורים בכוורת יגיעו לשיא לקראת אמצע חודש מרץ, עת מתחילה בדרך כלל פריחת ההדרים. כוורת שאוכלוסייתה מגיעה לשיאה מוקדם יותר, עלולה להתנחל וכוורת שאוכלוסייתה מגיעה לשיא מאוחר יותר – לא תנצל היטב את פריחת ההדרים לצורך ייצור דבש. הכוורנים מוסיפים לכוורות קומות בכדי שיהיה לדבורים מקום לאגור כמויות דבש גדולות. קצב האגירה רב, ועשוי להגיע לשיא לכארבעה ק"ג ביום!

צוף ההדרים היווה בעבר מקור עיקרי לדבש בישראל – עד כדי 70% מיבול הדבש השנתי הכולל היה דבש הדרים. בשנים האחרונות הצטמצם במידה ניכרת חלקם של ההדרים כמקור לדבש. זאת, משום ששטחי הדרים רבים נעקרים עם הזמן וזנים עתירי צוף, כדוגמת הוולנסיה

והשמוטי, מוחלפים בזנים בעלי כמויות צוף מופחתות, כפומלית וקליפים שונים. בנוסף, נגרמים נזקים כבדים לכוורות המוצבות בפרדסים עקב ריסוסי אוויר במלִּתִּיּוֹן נגד זבוב הפרות היס־תִּכּוּנִי.

כוורות רבות משמשות באביב להאבק מטעי אבוקדו. תוך כדי האבקה הן אוגרות מהפריחת האבוקדו כמויות נאות של צוף. צוף זה הופך לדבש בעל צבע כהה וטעם יוצא דופן. כוורנים רבים נודדים מיד עם תום פריחת ההדרים לשטחי בור ומצליחים לקבל אגירה אביבית נוספת ממצליבים ותלתן בצפון, ומדרדר באזורי החוף והדרום. יבולי הדבש מפריחות אלו תלויים מאוד בעצמת גשמי סוף החורף. מקור צוף חשוב נוסף בסוף האביב הוא פריחת האיקליפטוס, בעיקר מהמין "איקליפטוס המקור".

מרעה דבורים בקיץ

לאחר שהכוורנים סיימו לרדות את רדיית האביב, הכוורות עומדות בתחילת הקיץ עם קומה שנייה – קומה נוספת מעל קומת הקן. אם כי אוכלוסיית הכוורת יורדת בשלב זה בהשוואה למצבה באביב וקצב הפעילות והאגירה יורדים, עדיין מסוגלות הדבורים לאסוף כמויות נאות של דבש במהלך הקיץ הארוך. בתחילת הקיץ פורח גזר הגינה בשטחי בור רבים. עם התקדמות הקיץ מתחילים מיני הקוצים השונים להוות מקור דבש עיקרי בשטחי הבור – החרִתִּינָה המכחילה, הקיפִּוֶדֶן, הקוֹרְטֶם ועוד. הדבש הנעשה מצוף צמחים אלו נקרא "דבש פרחי בר". בתקופה זו ישנם שני מיני צמחים ממשפחת השפתניים, המהווים מקור לדבש איכותי: האזוב המצוי הזעיר והקורנית. בשטחים מעובדים ובשוליהם נמצאים מיני עשבים רעים המספקים כמויות נאות של צוף: לששית הצבעים, עוקץ העקרב, ינבוט השדה ובר גביע.

מקור חשוב נוסף לצוף בתחילת הקיץ הוא השֶלֶמֶן, המכסה במרבדיו הלבנים שטחים גדולים בגליל ובשפלה הפנימית. הפרשת הצוף של צמח זה תלויה מאוד בכמויות הגשמים שירדו בחורף.

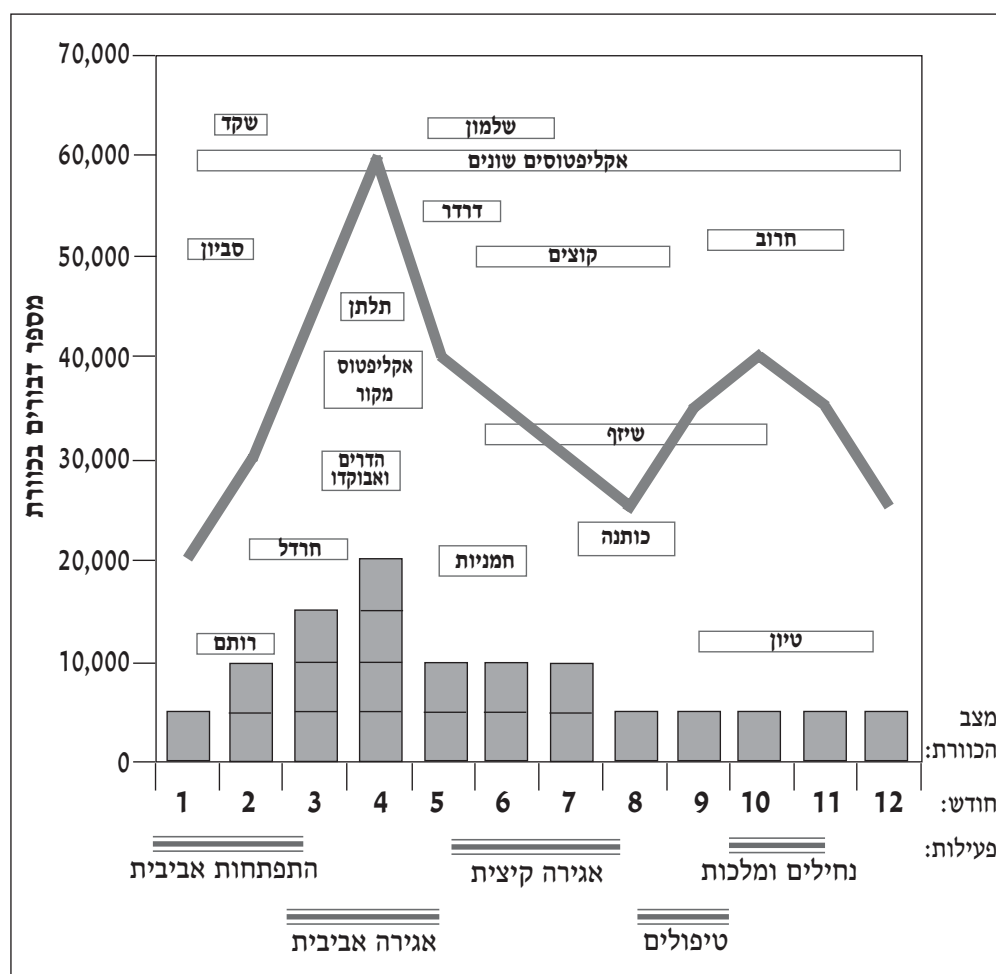
במורדותיו המערביים של הגולן ישנם שטחים גדולים של שיזף מצוי. עצי השיזף פורחים במספר גלים במהלך הקיץ ומספקים כמויות גדולות של צוף לכוורות המוצבות באזור. דבש זה אהוד מאוד במדינות ערב וזוכה שם למחירים גבוהים מאוד.

החמניות פורחות בדרך כלל בחודש יוני. כוורות המוצבות להאבקת חמניות אוגרות לעתים מעט דבש, וזה נחשב בעולם כדבש שאיכותו ירודה.

שטחי הכותנה פורחים במהלך החודשים יולי ותחילת אוגוסט. בשטחי הכותנה בארץ מגדלים שתי קבוצות זנים; זני האקאלה, בעלי הפרשת צוף מצומצמת יחסית, וזני הפימה, בעלי הפרשת

צוף רבה. צוף הכותנה דליל מאוד והדבש שנוצר ממנו נוטה לתסוס. על כן יש להקפיד ולרדות אך ורק דבש חתום מצמח זה. הכותנה מרוססת ריסוסים רבים כנגד מזיקים ורעילות חומרי ההדברה לדבורים הולכת ועולה במהלך העונה. לכן, נוהגים הכוורנים לסלק את כוורתיהם משטחי הכותנה בתקופה שבין סוף חודש יולי לבין תחילת חודש אוגוסט, טרם סיום פריחת הכותנה.

במהלך חודש אוגוסט פורח לאורך הכבישים בנגב אשל הפרקים. כוורנים רבים נודדים לאזור, והדבורים מייצרות מצוף האשל כמויות גדולות של דבש שניכר בצבעו הכהה.



תמונה מס' 16: השפעת העונה על פריחת צמחי הדבש העיקריים בארץ ועל גודל ופעילות אוכלוסיית הדבורים בכוורת

מרעה דבורים בסתיו

לקראת הסתיו מסירים הכוורנים את קומות הדבש מהכוורות. מאחר שאינם מחזירים קומות ריקות, הכוורות נשארות עם קומה אחת בלבד ("קומת הקן"). בתקופה זו מטפלים בכוורות בטיפולים התרופתיים הדרושים וכן מאכילים את הדבוריות בתמיסת סוכר. בתחילת חודש אוקטובר מתחילים רוב הכוורנים בתהליך של החלפת מלכות ופיצול משפחות לנחילים. בעונה זו מזג האוויר נוח, וברוב האזורים מופיע גל פריחה משמעותי של טיון דביק, המספק כמויות גדולות של אבקת פרחים, של חרוב ושל איקליפטוס. גל פריחה זה מעודד גידול זכרים רבים החיוניים להפריית המלכות הבתולות. כמו כן, הפריחה מעודדת הטלת ביצים על ידי המלכה כך שהכוורות והנחילים נכנסים עם אוכלוסייה רבה לחורף.

כדי להגיע לניצול מרבי של שטחי המרעה, מפקחת המועצה לייצור ושיווק דבש על פיזור הכוורות ברחבי הארץ. הקק"ל, יחד עם ציבור הכוורנים, פועלים רבות ונוטעים עשרות אלפי עצים צופניים מדי שנה.

גידול דבורים הלכה למעשה



הסכנה שבגידול דבורים

גידול דבורים נעשה בעיקר למטרת ייצור דבש ומוצרי מכוורת, וכן לצורך האבקת גידולים חקלאיים. בשונה מגידול בעלי חיים אחרים, גידול דבורים כרוך בסכנה למגדל – סכנה מעקיצות דבורים. ידוע כי אנשים שונים מגיבים בצורה שונה לעקיצות דבורים. יש אנשים אשר עקיצה גורמת להם לעליית החום, לצמרמורת, לבהרות אדומות על העור, לנפיחות בכל הגוף, לגרדת, לנשימה כבדה ואף להתעלפות. ישנם אחרים שהם אלרגיים לעקיצות דבורים, עד כדי סכנת חיים. לאלו אסור לגדל דבורים או להימצא לידן.

עקיצה גורמת אצל רוב בני האדם לכאב חד, אשר נעלם תוך פרק זמן קצר, ולנפיחות במקום העקיצה שמשכה תלוי בעצמת העקיצה ובאזור העקיצה. יש והנפיחות פגה רק לאחר יום או יומיים. במהלך השנים, ולאחר חשיפה לעקיצות חוזרות ונשנות, תגובת הגוף לעקיצות הולכת ופוחתת, עד שאצל כוורנים ותיקים הן אינן מלוות בנפיחות כלל. אולם, ייתכנו מצבים בהם יפתח הכוורן רגישות יתר לעקיצות לאחר מספר שנות עבודה בכוורת, ואז יש לשקול הפסקת העיסוק בגידול דבורים משום סכנת חיים. כדי להגן על עצמו מעקיצות מצויד הכוורן בלבוש ובאמצעי מיגון מתאימים.

בחירת מיקום המכוורת

גידול דבורים ואחזקת כוורות מחייבים קבלת רישיון מ"המועצה לייצור ושיווק דבש". הרישיון מקנה זכות לגדל דבורים במספר כוורות נתון בנקודות ציון מאושרות. חלוקת הרישיונות נעשית, בין השאר, כדי למנוע מכוורנים תחרות על אתרי מרעה.

בבחירת מקום המכוורת ייקח הכוורן בחשבון את מצאי המרעה במקום בתקופות השונות, את הנגישות לאתר בכל עת וכן את מידת ההפרעה לסביבה, שתיגרם מהצבת הכוורת. הפרעה זו צריכה להיות מזערית ככל שניתן. רצוי לשים לב בבחירת מיקום המכוורת לנקודות הבאות:

ריכוזי פריחה: רצוי להעמיד את הכוורות קרוב למוקדי פריחה. אולם, כאשר מדובר בגידולים חקלאיים רצוי לא להעמיד את המכוורת קרוב מדי למקום המרעה, כך שבעת ריסוס בקוטלי מזיקים לא יגיע רעל לפתחי הכוורות ולא יחדור לתוכן.

בתים ודרכים: המכוורת תהיה במרחק סביר ממבנים או דרכים, לבל תיווצר הפרעה לבני אדם בשל פעילות הדבורים או בשל עבודתו של הכוורן.

גישה: דרושה דרך גישה נוחה לרכב לאזור המכוורת, בכל מזג אוויר.

אקלים: לאקלים באתר הכוורות השפעה מכרעת על פעילותן ומצבן של הדבוריות. מקום נמוך אינו רצוי מאחר ובחורף ומתרכז בו אוויר קר. מקום גבוה מוכה רוחות גם הוא אינו רצוי. מקום מוצל מציב קשיים למכוורת בחורף, אולם יש בו יתרון בקיץ.

גידולים חקלאיים: לגידולים חקלאיים באזור הכוורות השפעה על מצבן, בשל ריסוס הגידולים בקוטלי מזיקים.

נחלים וערוצים: העמדת כוורות בגדות נחלים וואדיות מסוכנת בשל סכנת הצפות.

עשבייה וניקיון: שטח המכוורת צריך להיות נקי מעשבייה בשל סכנת שרפות. כמו כן, עשבייה גבוהה יוצרת הפרעה לפעילות הדבורים. יש לשמור במיוחד על ניקיון בחזית הכוורות בכדי לא לחסום את פתחיהן.

מים: מים צריכים להיות זמינים בקרבת המכוורת כל ימות השנה. במידה ואין מקור מים טבעי על הכוורן לדאוג לאספקה סדירה של מים נקיים לאזור המכוורת.



הקמת מכוורת

לאחר שנסתיימו הליכי בחירת האזור והמקום, הרישום וקבלת ההיתר, לאחר שהמגדל רכש ידע וניסיון בעבודת המכוורת ולאחר שעבר בדיקת אלרגיה לדבורים, ניתן לגשת להקמת המכוורת. אפשר להתחיל לגדל דבורים בכל עונות השנה, כאשר העונה המועדפת היא הסתיו. קליטת דבורים בעונה זו תאפשר לכווין את הדבורים כיאות לחורף ולפתח את הדבוריות כהלכה במהלך האביב, כך שיוכל לרדות דבש כבר בשנה הראשונה. הקמת המכוורת כרוכה ברכישת דבורים וציוד.

דבורים: הדרך המקובלת להקמת מכוורת היא רכישת נחילים ממקור אמין, המקפיד על בריאות הדבורים ועל טיפוחן. הנחיל צריך לאכלס לפחות חמש חלות: שלוש חלות ולד ושתי חלות בהן דבש ואבקת פרחים. המלכה בנחיל צריכה להיות צעירה. את הנחילים מעבירים מרשותו של המוכר לרשותו של הקונה כשהמקום לקליטת הכוורות הוכן מבעוד מועד.

ציוד: הכוורת היא משכנה המלאכותי של הדבורית ואמורה לספק תנאי "דיר" אופטימליים כדי שאוכלוסיית הדבורים תוכל להניב תנובת דבש מרבית. הכוורת צריכה להגן על הדבורים מפני תנאי הסביבה המשתנים: חום בקיץ; קור, רוחות וגשם בחורף. נפח הכוורת צריך לתת מענה לכמות הדבורים המשתנה בכוורת במהלך השנה. לצורך הגדלת הנפח נהוג להוסיף ("להעלות") קומות. לצורך הקטנת הנפח נהוג להחסיר ("להוריד") קומות מהכוורת ואף לצמצם בעת הצורך את מספר החלות בקומת הקן. מבנה הכוורת צריך לאפשר לדבורים תנאי אוורור מתאימים כדי שיוכלו לווסת את הטמפרטורה בקן הדבורית. בנוסף, הכוורת צריכה להגן על אוכלוסיית הדבורים מפני תוקפים, מזיקים וסתם "שודדים". המבנה צריך להיות פשוט ונוח, כדי לאפשר נדידה נוחה ממקום למקום. גודל פתח הכוורת צריך להיות מווסת על פי תנועת הדבורים, חוזק הדבורית ועונות השנה.

הכוורת המקובלת בישראל הוא כוורת מדגם לנגסטרטו. ניתן לקנות ציוד זה באחד ממרכזי מכירת הציוד לכוורנים או לייצר אותו באופן עצמי. במקרה זה, יש להקפיד מאוד על טיב החומר ממנו נבנות הכוורות. מידות הכוורת צריכות להיות מדויקות ובהתאם לתקן. כל פריטי הציוד חייבים להתאים זה לזה, וכן צריכה להיות התאמת ציוד גידול הדבורים לציוד הרדייה. תקן אחד מאפשר העברת ציוד מכווין לכווין ללא קושי ומאפשר גם רכישת ציוד נוסף אשר יתאים לציוד הקיים במכוורת. את הקומות, הרצפות והגגות יש לצבוע בצבע לבן או צבע בהיר אחר בצד החיצוני בלבד. זאת, כדי לשמר את העץ. הצבעים הבהירים נועדו למנוע התחממות יתר של הכוורת בקיץ.

החומר העיקרי ממנו מייצרים כוורות הוא עץ, בעיקר עץ האורן. משתמשים לבניית כוורות בלוחות עץ בעובי 1 אינץ' (כ-2.54 ס"מ), אשר לאחר הקצעה מגיעים לעובי של 20 מ"מ. כן

משתמשים לעתים בלוחות בעובי של 18 מ"מ של לביד (דיקט) ימי שאינו סופג מים. נעשו בעולם ניסויים להשתמש לבניית כוורות בחומרים פלסטיים כתחליף לעץ, אולם פרט לפוליסטירן מוקצף (קל-קר), המקנה כושר בידוד מעולה ומשמש לייצור כוורות בין השאר גם באירופה, ארצות-הברית וקנדה, עדיין לא נמצא תחליף אחר המשתווה בתכונותיו לעץ.

הכוורת בנויה מהחלקים הבאים (המידות הן מידות חוץ):

בסיס הכוורת: בסיס הכוורת הוא חלק חשוב המונע כניסת לחות, רטיבות ומזיקים לכוורת. משטחי עץ או מתכת משמשים כבסיס לכוורת.

רצפת הכוורת: משטח הרצפה בנוי מלוחות עץ מחוברים או מלוח לביד בעובי 18 מ"מ. שלוש מפאות הרצפה מוגבהות: 10 מ"מ בצד הפונה לקרקע ו-20 מ"מ בצד שני עליו יונחו הקומות. מידות: אורך 555 מ"מ, רוחב 415 מ"מ.

קומת הקן: הקומה בנויה לוחות עץ או לביד המחברים היטב בזוויות מתכת. הקומה מחוברת לרצפה באמצעות מסמרים מיוחדים, כדי להקל על הנדידה. בקומת הקן מקום ל-10 חלות הבנויות על גבי מסגרות. מידות: אורך 505 מ"מ, רוחב 415 מ"מ וגובה 245 מ"מ.

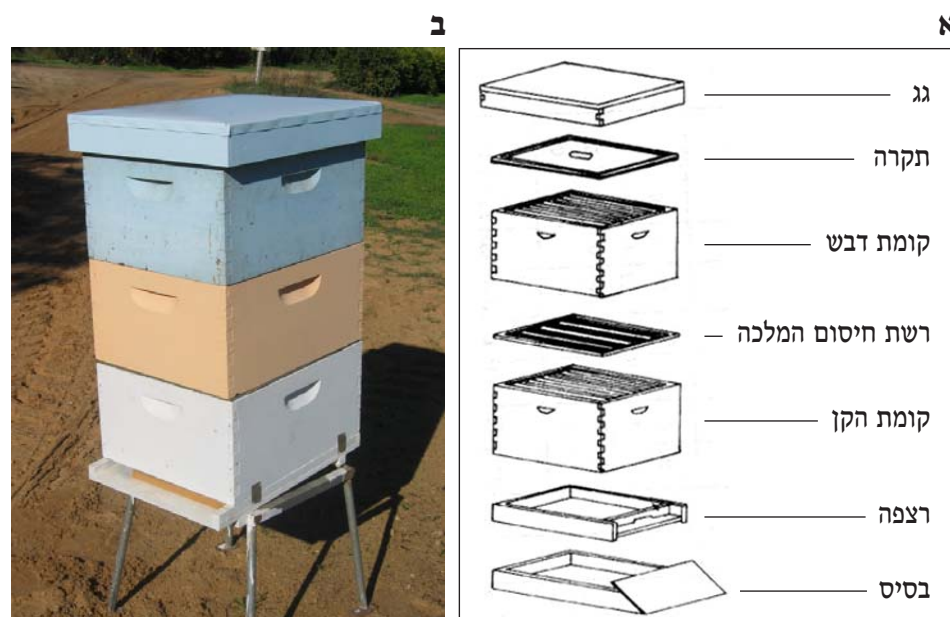
פתח הכוורת: לוח עץ המוכנס ברווח בין קומת הקן והרצפה משמש לצמצום או להגדלת הפתח, בהתאם לעונה ולפעילות הדבורים.

רשת חיסום מלכה: רשת עשויה בדרך כלל פסי מתכת המונחים במרווחים של 4 מ"מ זה מזה. הרשת מונעת מעבר של המלכה והזכרים דרכה, אך מאפשרת לעמלות מעבר ללא הפרעה. את הרשת מניחים בדרך כלל בין קומת הקן לקומה השנייה, כדי למנוע מהמלכה יציאה מקומת הקן והטלה בקומות העליונות. בדרך זו ניתן לקבל קומות בהן חלות דבש – וללא חלות ולד.

קומת הדבש: הקומה זהה במידותיה לקומת הקן. בקומה זו מקובל למקם 9 חלות באביב ו-10 חלות בקיץ. במהלך השנה יש ומניחים בכל כוורת יותר מקומת דבש אחת.

קומית (קומת דבש נמוכה): קומת דבש בגובה נמוך מהרגיל – 145 מ"מ בלבד.

מאכלה עליונה: המאכלה העליונה בנויה כתיבה ללא גג בנפח של 4-7 ליטר. את המאכלה העליונה מניחים על קומת הקן ובאמצעותה ניתן להגיש תמיסת סוכר לדבורים. בקדמת המאכלה פתח דרכו עוברות הדבורים אליה מחלל הכוורת, וחזרה. על גבי המאכלה מניחים את תקרת הכוורת.



תמונה מס' 17: א. הכוורת וחלקיה; ב. כוורת בעלת שלוש קומות

מאכלה פנימית: מאכלה התלויה כחלה בתוך הכוורת ולה נפח של 2-4 ליטר. מאכלות אלה בנויות מעץ או מפלסטיק.

תקרת הכוורת: התקרה בנויה מלוח לביד בעובי 4 מ"מ ומסגרת עץ דקה סביבו. התקרה מכסה את הקומה, תוך שהיא מאפשרת מעבר חופשי של דבורים בינה ובין החלק העליון של מסגרות החלות. התקרה משמשת לבידוד החלק העליון של הכוורת מפני חום וקור. כן משמשת התקרה לכיסוי המאכלה העליונה והתמיסה שבתוכה. גג הכוורת מונח על התקרה.

גג הכוורת: הגג מכסה את הכוורת בחלקה העליון ומגן עליה מפני הגשם והרוח. לוח פח מגן על חלקי העץ ונצבע לבן. מהגג, מסביב לקומה, יורדים שוליים של 7.5 ס"מ המכסים היטב את הקומה או המאכלה.

המסגרת הסטנדרטית: הדבורים בונות בתוך המסגרות את חלות הדונג. לוח שעווה דק (שעווית) עליו מוטבעים משושים מוכנס למסגרת, מחוזק אליה בחוטי מתכת דקים ומשמש כתבנית לבניית חלת הדבש. המסגרת עשויה עץ או פלסטיק. מסגרת

העץ בנויה ממשקוף, שתי מזוזות ואדן המחוברים יחדיו באמצעות דבק, סיכות ומסמרים. המסגרת בנויה כך כדי שתוכל לעמוד בעומס של משקל הדבש (עד ארבעה ק"ג) ובלחץ הנוצר בעת הרדייה במכונה. בצדו הפנימי של המשקוף חריץ שלתוכו מוכנסת השעווית. אלה מולחמת לארבעה חוטי מתכת המתוחים לאורכה של המסגרת.

קיימים מספר דגמים של מסגרות העשויות מפלסטיק, כאשר הנפוץ ביותר בארץ נקרא "חלת פרמן", על שם המורה והכוורן הוותיק יצחק פרמן מבית הספר החקלאי 'מקוה ישראל'. מידותיה של זו זהות למידות של מסגרת עץ סטנדרטית. ב"חלת פרמן" המסגרת והשעווית (אשר גם היא מפלסטיק) עשויים מקשה אחת. נמצא, שיש לצפות בדונג את מסגרת פרמן טרם הגשתה לבנייה לדבורים.

לבוש וכלים

סרבל:

לצורך עבודה במכוורת לובש הכוורן סרבל כותנה לבן, כשבאמצעות גומיות השרוולים מהודקים לכפפות והמכנסיים לנעליים גבוהות. בשעת עבודה מאומצת וכן בעונת הקיץ החמה מומלץ ללבוש חולצה מתחת לסרבל, כדי לספוג את הזיעה.

מסווה:

זה מולבש על כובע בעל שוליים העשוי מחומר קשיח. המסווה עשוי מרשת חוטי מתכת דקים ומטרתו להגן על ראש הכוורן. המסווה בנוי כך שלאחר חבישתו הרשת אינה באה במגע עם חלקי הפנים הבולטים וחלקי הראש הרגישים: האף, האוזניים, המצח, הלחיים והעורף. אלו יהיו מוגנים גם תוך כדי תנועת הראש במהלך העבודה. הרשת בחזית המסווה צריכה להיות בצבע כהה ובעלת חורים מספיק גדולים כדי לא להפריע לראיית עצמים קטנים, כביצים או כזחלי דבורים.

כפפות עור:

אלה עשויות בדרך כלל מעור צבי ומשמשות להגנה על הידיים מפני עקיצות. במרבית המקרים על הכוורן לעבוד בידים חשופות, כדי שתנועותיו תהיינה רגישות ועדינות. המזג הנוח של הדבורה האיטלקית מאפשר צורת עבודה זאת. רק במקרים מיוחדים כשהדבוריות מגלות פעילות יתר, כמו בשעת רדייה או בעת הכנסת שעוויות לקן למניעת התנחלות, ייעזר הכוורן בכפפות. זהו כלי הכרחי לעבודה במכוורת. המכוור משמש להפרדת החלות ולהוצאתן מתוך הכוורת, להרמת התקרה ולהפרדת קומה מעל לרשת חיסום. קיימים דגמים רבים של כלי כוורת המשמשים לאותה מטרה.

המכוור:



תמונה מס' 18: הכוורן על לבושו וכליו (צילום: חיים אפרת)

מדף:

המדף הוא הכלי באמצעותו מדיפים עשן לתוך הכוורת טרם פתיחתה, כדי לדמות מצב של שרפה המתרגשת על הכוורת. כבמקרה של שרפה אמיתית, הדבורים נערכות לנטישה בהולה של הכוורת תוך שהן ממלאות את קיבת הדבש בדבש. כך, העשן משקיט את הדבורים ומונע מהדבורים לעקוץ את הכוורן. יש סברה כי רמה גבוהה של פחמן דו-חמצני בעשן היא הגורמת להתנהגות זו של הדבורים. לשם הכנת עשן משתמשים אך ורק בחומרים טבעיים כמו: עלים יבשים (מחטי אורן, עלי איקליפטוס ועוד) שבבי עץ או שקי יוטה. כיום, קיימים בשוק תרסיסי עשן ועשן נוזלי אולם הם פחות יעילים מהמדף הישן והטוב.

מחזור העבודות במכוורת – ממשק ייצור דבש



טיפול נכון במכוורת הוא תנאי להשגת יבולי דבש מרביים. אם כי באופן כללי קיימת תכנית עבודה שנתית, הרי סדר העבודה במכוורת אינו קבוע ומוכתב למעשה על ידי תנאי הסביבה ומצב הדבוריות בכל עת ועת. רק ידע והבנה מעמיקה בביולוגיה של דבורת הדבש, כמו גם לימוד וחקר הסביבה יכולים לעזור לכוורן לקבוע מה יש לעשות במכוורת ומתי.

עבודות הסתיו: אוקטובר-נובמבר (תשרי-חשוון-כסלו)

חודש תשרי הוא החודש הראשון לחודשי השנה העברית. בעונה זו כבר סיים הכוורן לרדות את הדבש ובדרך כלל גם שיווק את רובו לקראת ראש השנה. סוף הקיץ מעמיד קשיים רבים לדבורים: היובש, המביא למחסור בצוף ובאבקת פרחים גורם לירידה בפעילות הדבורים, לירידה בהטלה ולהחלשת הכוורת. צרעות (דבורים בלשון העם) ושרקרקים המצויים בשפע בעונה זו תוקפים את הדבורים והכוורות ותורמים אף הם להחלשות הדבוריות. לקראת הסתיו על הכוורן לסיים את הטיפול נגד אקרית הוורואה. יש לוודא את יעילות הטיפול על ידי בדיקת מדגם של כ-10% מהדבוריות. נדידת הכוורות מאזורי המרעה של סוף הקיץ (כותנה, אשל ואיקליפטוס) לאזורי מרעה סתוויים (טיון דביק, חרוב שסק) עשויה להוביל את הדבוריות למסלול של התפתחות ושיפור מצבן. עבודות הסתיו כוללות בעיקר החלפת מלכות, האכלה והכנת המכוורת לחורף.

החלפת מלכות: בכוורנות מתקדמת מומלץ להחליף את המלכה בדבורית כל שנה. אולם, בשל הקושי בביצוע המשימה מקובל במכוורות המסחריות להשתדל והחליף מדי שנה לפחות מחצית מן המלכות. חשוב שהמלכות הצעירות יהיו בנות למלכות משובחות, ושיגודלו בתנאים אופטימליים. בכוחה של מלכה צעירה להטיל ביצים בשפע, להעמיד אוכלוסיית דבורים רבה לקראת הפריחה ולהפחית את הסיכוי להתנחלות של הדבורית. כך, דבוריות להן מלכות צעירות יתפתחו טוב יותר, יתנחלו פחות ויניבו תנובת דבש גבוהה יותר בהשוואה לדבוריות בהן מלכות מבוגרות יותר.

עונת הסתיו נוחה להחלפת מלכות בשל שילוב של מספר נסיבות. ראשית, כבר לא כל כך חם בתקופה זו ולכן העבודה נוחה יותר מאשר בקיץ. התפתחות תופעת "שוד" עם פתיחת הכוורות איטית יותר בשל העובדה שקיימת אגירה של צוף ואבקה מפרחי בר. בנוסף, הדבוריות, רובן ככולן, נמצאות בקומת קן ובקלות יחסית ניתן לאתר את המלכה.

טרם החלפת מלכות יש לוודא כי הדבוריות בריאות וכי קיימת אוכלוסיית רבה של זכרים בכוורות. כמו כן, יש לבדוק ולוודא היעדר מוחלט של שרקקים וצרעות בסביבה אשר עלולים לטרוף את המלכות בשעת מסעי הכלולות. תוך כדי מלאכת איתור המלכות הזקנות מוציאים מכוורות חזקות חלות עם דבורים ומחזקים בהן כוורות חלשות. למחרת הייתום (הוצאת המלכה הזקנה) מגישים לכוורת מלכונים או מלכות מופרות. שבועיים לאחר הגשת מלכונים מתחדשת בכוורת ההטלה, בעוד שבמקרים של הכנסת מלכות מופרות ההטלה צריכה להתחדש לאחר כשבוע. סימן מובהק שתהליך ההחלפת המלכה הזקנה הצליח הוא הטלה רבה ומסודרת בדבורית.

מיד לאחר החלפת המלכה ממשיכים בהאכלת הדבורית כדי להמשיך ולעודד את התפתחותה. אחת לשבוע עד אחת לשבועיים מגישים שניים עד ארבעה ליטר תמיסת סוכר. באזורים בהם קיימת אגירה משמעותית של צוף ניתן להפחית בכמויות התמיסה. בסוף הסתיו, במידה ואוכלוסיית הדבורית מיישבת עשר חלות (קומה אחת), הכוורת תשקול ברוטו 35 עד 38 ק"ג.

האכלת דבורים במזון פחמימני (סוכר): מטרות ההאכלה הן:

- השלמת מלאי המזון הפחמימני בכוורות;
- עידוד המלכה להטיל לשם חיזוק אוכלוסיית הכוורת;
- מתן טיפולים תרופתיים.



הכוורן מאכיל דבורים במהלך הסתיו והחורף בתמיסת סוכר כתחליף לדבש שהוצא מהכוורת קודם לכן במהלך הרדייה. מזון פחמימני דרוש לדבורים לשתי מטרות: חימום הקן, בעיקר בלילות החורף והאביב הקרים, ולהאכלת ולד אשר כמותו תגדל עם בוא האביב. כמות הדבש הנצרכת על ידי דבורית במהלך החורף והאביב, עד לאגירת צוף מהטבע במידה מספקת, נאמדת ב-30 עד 40 ק"ג דבש לכוורת. כמות הסוכר שתוגש למכוורת תלויה איפה בעתודת המרעה באזור הכוורות ובחוזק הדבוריות בסתיו (דבורית חזקה תאגור יותר מחלשה, ולפיכך ניתן להאכילה פחות).

לאחר ימי הקיץ הקשים נחלשות מאוד הדבוריות. האכלה בתמיסת סוכר תביא להחשת קצב ההטלה של המלכה, להזנה טובה יותר של הוולד המתפתח בדבורית ומכאן, להגדלת האוכלוסייה לקראת האביב. על הכוורן לדאוג שאוכלוסיית כוורתיו תגיע לגודל המיטבי בתחילת הפריחה העיקרית, זו שבמהלכה תאסופנה הדבורים את הצוף לייצור הדבש. כדי להגיע למצב זה,

מאכל הכוורן את הדבורים בתמיסת סוכר החל ממחצית ינואר. האכלה "מוגזמת" במהלך האביב המוקדם תגרום לתוצאה הפוכה – קרי, התפתחות מהירה מדי של האוכלוסייה וקבלת דבוריות חזקות מדי שעלולות להתנחל טרם תחילת האגירה. האכלת דבוריות לאחר פגיעת קוטלי מזיקים חיונית להשבת הדבוריות למצבן הקודם והאכלת דבוריות טרם חלוקה לנחילים חשובה להצלחת הפיצול. את האכלת הסוכר ניתן לנצל לשם הגשת תרופות שיסייעו בשמירה על בריאות הדבורים והוולד.

הסוכר המוגש לכוורת צריך להיות ראוי למאכל אדם. מקובל להשתמש בסוכר קנה המופק מסלק סוכר או מקנה סוכר או באיזו־גלוקוז (תוצרת מפעל גלעם – קיבוץ מענית). במספר מדינות בארצות־הברית מקובל השימוש בסירופ המיוצר מתירס, בו קיים ריכוז גבוה של פרוקטוז. להכנת תמיסת הסוכר ימלא הכוורן במכל מים פושרים או חמימים ויוסיף כמות מסוימת של סוכר בהתאם לרצוי, תוך כדי בחישה. הדרך להכנת תמיסות סוכר בריכוזים שונים מובאת בטבלה מס' 3.

תמיסה ביחס 1:1 (סוכר:מים) משמשת כ"האכלה מעוררת" אשר מטרתה עידוד המלכה להטלה. תמיסה זו ניתנת בכמויות קטנות ולעתים קרובות. תמיסה ביחס 2:3 (סוכר:מים) משמשת להאכלה לצורך יצירת מלאי של מזון פחמימני בכוורת. ניתן להאכיל במנות קטנות או גדולות, בהתאם לצורך.

טבלה מס' 3: הרכב תמיסות סוכר ביחס משתנה של סוכר ומים

יחס	סוכר	מים		תמיסת סוכר		
		משקל (ק"ג)	נפח (ליטר)	משקל (ק"ג)	נפח (ליטר)	כמות הסוכר בליטר (ק"ג)
1:1	1.0	1.0	1.0	2.0	1.65	0.61
2:3	3.0	2.0	2.0	5.0	4.0	0.75
1:2	2.0	1.0	1.0	3.0	2.3	0.87

את תמיסת הסוכר יוצקים למאכלה עליונה בכוורת או למאכלה פנימית בתוך הכוורת. יש להקפיד ולמנוע התפתחות "שוד" במהלך ההאכלה, במיוחד בעונות היובש. גודל המנה תלוי בסוג המאכלה ובמצב הכוורת.

מעקב אחר האכלה

מהירות קליטת הסוכר על ידי הדבורית עומדת ביחס ישר למצבה. דבורית בריאה וחזקה תקלוט מהר יותר את התמיסה מאשר דבורית חלשה וחולה. יש לבדוק את הכוורת ולבחון את המאכלה כשלושה ימים לאחר האכלה כדי לוודא את קליטת התמיסה.

מעקב אחר התפתחות הנחילים

במהלך התפתחות הנחילים יש צורך להוסיף להם חלות. בדרך כלל, תוספת חלות לנחילים תיעשה תוך שימוש בחלות בנויות חדשות בלבד (חלות לבנות). ניתן אף להוסיף לנחילים מסגרות עם שעוויות, כדי שהדבורים יבנו חלות חדשות. האכלה איטית ורציפה מעודדת אצל הדבורים בניית חלות. נמצא, כי מנה של כשני ליטר תמיסת סוכר דרושה לבניית חלה אחת.

חיסול כוורת

עם קבלת ההחלטה כי כוורת אינה ניתנת לשיקום ויש לחסלה, יתבצע החיסול במחסן ולא בשטח. הכוורת המיועדת לחיסול תועבר למחסן, כאשר פתח הכוורת סגור והדבורים בתוכה. אין לפזר את הדבורים מהכוורות המיועדות לחיסול במכוורת. הכוורת המיועדת לחיסול תוכנס לתא סגור בצורה הרמטית שם יומתו הדבורים בעזרת תכשירים כדוגמת כדורי פוספין. לאחר כשבוע (עם גמר פעילות הפוספין) יוצאו החלות להתכה והציוד לחיטוי.



עבודות החורף: דצמבר-ינואר (כסלו-טבת)

לעומת החורף בצפון אירופה, החורף בישראל קצר למדי ואינו קר במיוחד. בין ימי הגשם המועטים קיימים ימים חמים רבים המאפשרים פעילות דבורים מחוץ לכוורת. ברוב אזורי הארץ המלכה ממשיכה להטיל גם בחורף, אם כי בקצב איטי. מספר חלות הוולד בכוורת במהלך החורף תלוי בחוזק הדבוריות ועשוי להגיע לשתיים עד שלוש חלות.

לפני החורף יש לערוך בדק בית בציוד קומת הקן, להחליף ציוד פגום ולצמצם את פתח הכוורת. רצוי להשתמש בבידוד מתאים מתחת לגג ואף בסמוך לקירות הכוורת. יש לצמצם את מספר החלות בקומות הקן בהתאם לגודל האוכלוסייה בדבוריות. במידה והאוכלוסייה הצטמצמה יש לסלק את החלות הריקות ולרכז את החלות המיושבות בצד הדרומי של הכוורת. כאשר הכוורת אינה מלאה, כדאי לצמצם את נפחה ולהכניס מחיצה כדי להקל על הדבורים לשמור על

החום בכוורת. את הכוורת רצוי להעמיד 20 ס"מ מעל הקרקע, בשיפוע קל קדימה, לבל יחדרו מי גשם לכוורת. במקומות מוכי רוח רצוי להניח אבן על גג הכוורת, כדי למנוע את העפתו.

בתקופת החורף חשוב למקם את הכוורות באזור חם יחסית. באזורים מישוריים רצוי למקמן בסמוך לשוברי רוח. באזורי גבעות יש למקם את המכוורת במדרון מזרחי־דרומי ולא במדרון צפוני. רצוי לא למקם כוורות בתחתית המדרון, עקב הצטברות אוויר קר במקום, אך מצד שני לא כדאי למקם כוורות גם על פסגת הר גבוה, מפאת חוזק הרוחות.

במהלך החורף אין צורך לערוך בדיקה יסודית של הדבוריות, ורצוי לא להאכיל את הכוורות בתמיסת סוכר. האכלה עלולה לגרום, במיוחד בכוורות חלשות, לקירור הדבורית עקב פעילות הדבורים לאידי התמיסה. כך, בסופו של דבר ייגרם יותר נזק יותר מאשר תועלת. לאחר מספר ימים סגריריים, גשם וקור רצוי לעמוד שוב על מצב מלאי המזון, במיוחד בנחילים ובדבוריות חלשות. במידה וחסר דבש רצוי להוסיף חלת דבש אחת או שתיים. במהלך החורף יבלה הכוורן זמן רב יותר במחסן. זו העת לתקן ציוד בלוי ולצבוע אותו, להכין מסגרות חדשות, למתוח בהן חוטים ולהדביק שעוויות. מפעם לפעם, בהתאם למזג האוויר, רצוי לסייר במכוורת ולבדוק כי הכל כשורה ולתקן את הדרוש תיקון.



עבודות האביב: פברואר-מרס-אפריל (שבט-אדר-ניסן)

האביב הוא התקופה היפה בעונות השנה. לאחר החורף הגשום הטבע מתעורר מתרדמת החורף והימים מתארכים ומתחממים. צמחי הבר שנבטו זה מכבר מתחילים בפריחתם ומספקים צוף ואבקה לדבורים. פעילות הדבורים מחוץ לכוורת ובתוכה, כמו גם קצב ההטלה של המלכה, הולכים וגוברים מיום ליום.

מלאי המזון שהיה בתחילת החורף בכוורת הולך ומתרוקן. חלקו נצרך כדי להאכיל את הזחלים הרבים שמתפתחים בדבורית בתקופה זו וחלקו כדי לשמור על טמפרטורה קבועה בקן הדבורית. בהתרוקן מלאי המזון יואט קצב ההטלה והדבורית תיחלש. כדי לשמור על קצב התפתחות מהיר, נהוג בעונה זו להאכיל את הדבורים בתמיסת סוכר. במכוורות המוצבות במישור החוף מתחילה ההאכלה בשבוע השני או השלישי של חודש ינואר, בהתאם לתנאי הסביבה. ההאכלה הראשונה מאפשרת לכוורן לאתר בקלות את הדבוריות ה"בעייתיות". כל דבורית שמפגרת בקליטת הסוכר תיבדק ותטופל בהתאם. ברוב המקרים עדיף לחסל את הכוורת הבעייתית, אולם לעתים הסיבה לפיגור היא חולשת הדבורית. במקרה זה ניתן לחזק אותה בוולד חתום (מבוגר)

מלאי המזון

מדבורית חזקה. לעתים יימצא כי הבעיה שהביאה לפגיעה בדבורית אינה בריאות הדבורית אלא סיבה אחרת כגון מיקום לא טוב של הכוורת, אשר הביא לחשיפתה לקור ולרוחות, מחסור באבקת פרחים או פגיעת ריסוסים כנגד מזיקי המטע. במקרים אלו רצוי להקדים ולנדוד עם הכוורת לאתר חדש, בו התנאים משופרים. במקרים שפיגור בהתפתחות הדבוריות קשור לבריאות הדבוריות, יש לנקוט פעולות בהתאם. במכוורת יעילה, נעדיף מצב שבו הדבוריות בקבוצה יהיו בחוזק דומה, כדי לאחד את הטיפולים בקבוצה. זאת נשיג על ידי החלשת דבוריות חזקות מדי והעברת חלות ולד מהן לדבוריות חלשות.

גיל המלכה ותפקודה משפיעים על מצב הדבורית. הטלה מועטה ובלתי מסודרת למרות כמות ראוייה של דבורים בדבורית יכולה לרמז שיש להחליף את המלכה. זאת ניתן לעשות בדרך של הכנסת מלכה צעירה כלואה בכלובית, לאחר הריגת המלכה הזקנה. דרך אחרת היא לאחד את הדבורית, לאחר ייתומה, עם נחיל בעל מלכה צעירה.



איחוד דבוריות

ללא נקיטת אמצעים מתאימים, איחוד שתי דבוריות להן כידוע ריח שונה,

עלול לגרום לתמותה של דבורים ולדחייה של המלכה על ידי דבורים זרות. לצורך איחוד דבוריות יש לאתר תחילה את המלכה החלשה בדבורית ולהוציאה. על קומת הקן של הכוורת המיותמת נפרוס נייר עיתון, עליו נעמיד קומה שלתוכה העברנו את הנחיל עם המלכה הצעירה. בתוך ימים ספורים יכרסמו הדבורים את נייר העיתון ואוכלוסיות

הדבורים יתאחדו, כאשר פרק זמן זה של מספר ימים איפשר לשתי האוכלוסיות להתרגל האחת לשנייה. בתום האיחוד ניתן לסלק את הקומה השנייה.

הוספת אבקת פרחים

אבקת הפרחים נחוצה כדי לגדל את הוולד בכוורת. במקרה של מחסור באבקת פרחים כתוצאה מחורף שחון, אזור בלתי מתאים או צפיפות יתר של כוורות, לא תוכל הדבורית להתפתח כראוי,

והעמלות שיתפתחו לא יהיו במצב פיזיולוגי תקין. עם גילוי סימני מחסור באבקה ניתן לנדוד לנקודת מרעה חדשה, ניתן להוסיף חלות רפתה (חלות מלאות אבקת פרחים) שנשמרו במחסן לצורך האכלת דבורים או להאכיל את הדבורים בעוגות אבקת פרחים, בתחליפי אבקה או בתוספות. דבורית רגילה זקוקה לצורך התפתחותה ל-35 עד 40 ק"ג אבקת פרחים בשנה, שהם בממוצע כ-3 ק"ג בחודש או 100 ג' אבקת פרחים ליום. יש לזכור כי לשם השלמת התפתחות זחל אחד דרושים כ-100 מג"ר אבקת פרחים. ללא הספקה רצופה של אבקת פרחים תפגר הדבורית בהתפתחותה. רצוי שתחליפי אבקת פרחים יכילו כ-25% אבקת פרחים לפחות.

התפתחות האוכלוסייה בכורות

במהלך האביב עולה קצב ההטלה ובהתאם לכך גם קצב התפתחות הוולד. תוספת חלות חדשות (לבנות) או שעוויות נועדה לספק מקום נוסף להטלה. התוספת תהיה תמיד בשולי קן ולא במרכזו, בשל הסכנה לקירור הקן. ביקור במכוורת אחת לשבוע עד עשרה ימים נותן מידע למגדל בדבר התפתחות הדבורית ומאפשר לו לחזק דבוריות חלשות ולאתר דבוריות נגועות במחלה או בעלות התפתחות שאינה תקינה לשם הרחקתן מהקבוצה. במחצית חודש ינואר היקף האוכלוסייה בדבורית ממוצעת הוא כ־12,000 דבורים ושלוש חלות ולד (סך הכל כ־9,000 תאי ולד מכל הגילאים, אשר פירושם הטלה ממוצעת של כ־450 ביצים ליום). עד למחצית/סוף חודש פברואר, גדלה האוכלוסייה בכורות ל־25,000 דבורים וניתן למנות בה שבע חלות ולד (כ־30,000 תאי ולד – הטלה ממוצעת של כ־1,500 ביצים ליום). במצב זה, בו הדבורית מיישבת עשר חלות מהן שבע חלות ולד בקן, מעלים קומה שנייה.

העלאת קומות

אם כי הגדלת נפח הכוורת חשובה מאוד ותורמת להפחתת הצפיפות בה, יש לזכור כי הגדלת הנפח עלולה "לקרר" את הדבורית ולפגוע בהתפתחותה. לכן, טרם העלאת קומה יש לוודא שהתנאים להעלאת הקומה אכן התמלאו. העלאת קומות מוקדם יותר או מאוחר מדי עלולה להסב נזק בלתי הפיך לדבורית. יש להקפיד על קיום מלאי מזון מתאים אשר יספיק עד למועד התחדשות אגירת צוף, לבדוק שאכן האוכלוסייה גדולה דיה ומוכנה להעלאת קומה וכן, שכמות הוולד מתאימה.

קיימות מספר גישות בדבר הדרך להעלאת קומות:

א. העלאת קומה שנייה תוך הוספת רשת חיסום למלכה – הוספת קומה עם חלות המיועדות לאגירת דבש בלבד נעשית מעל רשת לחיסום המלכה. הדבורים יעלו ויאכלסו גם את הקומה השנייה כאשר המלכה תמשיך ותטיל רק בקומת הקן בתאים שיתפנו. כושר ההטלה של המלכה בשלב זה עשוי להגיע ל־2,000 ביצים ביממה.

ב. העלאת קומה שנייה ללא רשת – הוספת הקומה נעשית ללא הנחת רשת חיסום. מיד לאחר העלאת הקומה המלכה תעלה לקומה השנייה ותמשיך שם בהטלה. כוורנים מאמינים שבדרך זו מופחתת הצפיפות בקן והדבורית נוטה פחות להתנחלות. בגישה זו יש להקפיד שהחלות בקומה השנייה יהיו כאלו המתאימות לגידול הוולד. במהלך הזמן, עם התפתחות הוולד בקומה השנייה ניתן להוריד את חלות הוולד לקן ולכלוא שם את המלכה מתחת לרשת חיסום. ניתן לשלב בעת העלאת הקומות הוספה של שתיים או שלוש שעוויות בקומה השנייה.

ג. העלאת קומה שלישית – כשלושה שבועות לאחר העלאת הקומה השנייה, בערך במחצית חודש מרס, מאכלסת הדבורית את הקומה השנייה במלואה ומתחילה לאגור בה צוף טרי.

לפני העלאת הקומה השלישית חשוב מאוד להקפיד שבקומת הדבש כבר תהיה אגירה חדשה של דבש במשקל של מספר ק"ג. בשלב של העלאת הקומה השלישית עשויה אוכלוסיית הדבורים להגיע עד כדי 50,000 דבורים. עם העלאת הקומה השלישית מחליפים חמש עד שש חלות ולד מקומת הקן בשעויות. את חלות הוולד ממקמים בקומה השנייה, מעל קומת הקן, יחד עם חלות ריקות או שעויות נוספות. פעולה זו חשובה הן לצורך רענון הקן בחלות חדשות והן לשם מניעת התנחלות. רצוי בשלב זה להעמיד את מספר החלות בקומות הדבש על תשע, כדי להגביר את האוורור ולקוות שהחלות יתמלאו ויהיו "עבות" דיין, דבר המקל על תהליך פתיחת היערות במכונת הפתיחה.

במקרים בהם העלאת הקומה השנייה נעשתה ללא הנחת רשת חיסום, יש להוריד את המלכה לקן כשבוע לפני המועד הצפוי של העלאת הקומה השלישית, זאת, כדי לקבל קומות דבש לרדייה ללא ולד. הורדת המלכה יכולה להתבצע באמצעות דחיקתה תוך שימוש בעשן או בדרך של איתורה בקומה השנייה, לכידתה והורדתה לקן. אמנם, השימוש ברשת חיסום מפריע למהלך הטבעי של חיי הדבורית, אך בעת הרדייה הוא מונע פגיעה במלכה ומאפשר הפרדה מוחלטת בין חלות ולד ודבש, כשרק חלות דבש מועברות לרדייה.

מניעת התנחלות

ההתנחלות מבטאת את יצר הריבוי הטבעי של הדבורים. עם גדילת האוכלוסייה בחודשי האביב והגדלת הצפיפות, נוטות הדבורים לבנות תאי מלכה ולהתנחל. על הכוורן לטפל במכוורתו כך שהדבוריות יתנחלו מעט ככל האפשר. התנחלות המתרחשת בתחילת הפריחה מסבה נזק ניכר לכוורן עקב אובדן תנובת דבש, אובדן דבורים ולעתים עלולה אף לגרום לאובדן הדבורית כולה. כדי למנוע או לצמצם את ההתנחלות על הכוורן לבצע מספר פעולות זמן רב לפני התרחשות ההתנחלות בפועל, וביניהן:

- א. טיפוח – שימוש בקווי דבורים או בגזעים בעלי נטייה טבעית נמוכה להתנחלות.
- ב. החלפת מלכות – דבוריות עם מלכות צעירות מתנחלות פחות מאלו עם מלכות זקנות.
- ג. הקטנת הצפיפות בכוורת – העלאת קומות ותוספת חלות מביאים להתאמת נפח הכוורת לגודל האוכלוסייה.
- ד. הגברת האוורור – שפע הדבורים בכוורת, מזג האוויר החם ואגירת הצוף מייצרים עודף חום. בכדי למנוע זאת, פותחים את פתח הכוורת לכל רוחבו, יוצרים פתחים נוספים בין הקומות ורצוי אף להשתמש ברשת נדידה להגברת האוורור מתחת לגג. הרחבת המרווחים שבין החלות על ידי הוצאת חלה אחת מכל קומת דבש והעמדת מספר החלות על תשע, עשויה לתרום לשיפור האוורור בכוורת.



תמונה מס' 19: נחיל (צילום: איתן ציון, מכוורת יד-מרדכי)

ה. בניית שעוויות בכוורת – בניית שעוויות לחלות מעסיקה את העמלות הצעירות במלאכה זו ובכך קטנה הנטייה לבנות גביעים ומלכונים.

ו. ייצור דבוריות חדשות – הוצאת נחילים מדבוריות חזקות מדי, מחלישה את יצר ההתנחלות.

ז. הריסת מלכונים – מאחר והמלכה מפסיקה להטיל סמוך למועד ההתנחלות, צמצום ההטלה בעונה זו מצביע על התנחלות קרובה. מלכונים נבנים על פי רוב בשולי החלות. במידה ויימצאו מלכונים במהלך בדיקת הכוורות או בעת העלאת קומות יש להרוס אותם ביסודיות. סימון הכוורת יאפשר לכוורן להמשיך לעקוב אחר הנעשה בדבורית ולהרוס מלכונים אחת לשבוע.

ח. קיטום מלכה – מלכה קטומת כנף אינה יכולה לעוף. בעת יציאה להתנחלות היא תנסה לעוף ותיפול בקרבת הכוורת. הנחיל יחזור לכוורת לעתים בלי המלכה. כעבור ימים ספורים תתנחל הדבורית לאחר גיחת מלכות בתולות מתאי המלכה.

ההתנחלות מתרחשת בתחילת תקופת הפריחה. במהלך הזמן, עם התעצמות הפריחה, האגירה מתגברת וייצר ההתנחלות נרגע באופן טבעי.

סיום הפריחה

סיום הפריחה מתאפיין בהקטנת פעילות הדבורים במכוורת ובירידה בקצב האגירה, עד להפסקתה המוחלטת. חתימת חלות הדבש המלאות ומצב של אי-טפוף דבש בעת ניעור חלות לא חתומות מעידים על סיום הפריחה.

שוד במכוורת

כשמסתיימת הפריחה ואגירת הצוף מועטה מאוד, נמשכות הדבורים לכל מקור מזון שנקרא בדרכן. כשפותחים כוורת בעונת היובש ולא נוקטים באמצעי הזהירות הדרושים – מתנפלות דבורים מכוורות סמוכות בהמוניהן על מקור המזון שנגלה להן.



עבודות הקיץ: מאי-אוגוסט (אייר-סיוון-תמוז)

הקיץ החם והיבש מעמיד קשיים ובעיות חדשות לדבורים. חלק מהמכוורות נודד, כאשר רק כוורות תקינות לחלוטין ימשיכו במסען בעקבות הצוף. מיד לאחר הרדייה האביבית יש לבדוק את כל הכוורות ולאתר דבוריות מיותמות, דבוריות זכריות ודבוריות חולות. יש לשים לב לכוורות שסומנו ככאלו שלא הניבו דבש. כוורות חולות, כוורות שסיבת חולשתן במהלך עונת האגירה לא ברורה ואין בהן סימנים לשיפור וכוורות זכריות יחוסלו. דבוריות בעייתיות יעברו תהליך החלפת מלכות ושיקום כבר בתחילת הקיץ, כדי להכין לאגירה מאוחרת יותר.

דבורית זכרית

דבורית זכרית היא דבורית מיותמת ממלכה, אשר עם הזמן החלה בה הטלה על ידי העמלות. בהיעדר מלכה, עמלות אשר בימים כתיקונם אינן מטילות ביצים בשל עיכוב התפתחות השחלות אצלן מתחילות להטיל במרץ רב. מאחר והעמלות אינן מופרות, יתפתחו מהביצים שהוטלו על ידן

רק זכרים. מכאן שמה של הכוורת: "זכרית". בדרך כלל, אין סיכוי להסב דבורית זכרית לדבורית רגילה ולכן יש להשמידה. במקרים ספורים, כשהאוכלוסייה בכוורת גדולה, ניתן בדרך של הוספת ולד צעיר, ולד חתום והגשת מלכה חדשה, להציל את הדבורית הזכרית.

נדידה קיצית

נדידת כוורות לאזור מרעה חדש עשויה להביא תוך זמן קצר לקבלת יבול דבש נוסף השונה בטעמו, צבעו וריחו מהדבש האביבי שנרדה. בעבר, הנדידה הייתה מתבצעת בדרך כלל בשעות החשכה. נהוג היה להעמיס את הכוורות אחת לאחת על משאית. טרם ההעמסה, היה צורך לחסום את פתחה של כל כוורת ברשת ולהחליף את גג הכוורת ברשת נדידה. כיום, הנדידה מתבצעת במהלך היום (בשעות הבוקר המוקדמות) על גבי משאיות מכוסות כולן ברשתות, כאשר העמסת הכוורות המונחות ברביעיות על משטחי עץ נעשית בעזרת מנוף המותקן על המשאית או על ידי מלגזה. במקרים של נדידה למרחק רב, חשוב לעצור במהלך הנסיעה בצד הדרך ולהתיז מים על הכוורות, למניעת התייבשות וחנק. ימים ספורים לפני העתקת מקום הכוורות חשוב לערוך סיור באתר החדש, כדי לברר את מצאי המרעה הקיים באזור ולדאוג מבעוד מועד לנוכחות מים בו.

מים וחום

בימי הקיץ יכולה צריכת המים של כוורת להגיע עד ל-2.5 ליטר ביום. כך, מכוורת של 40 כוורות תזדקק לכ-100 ליטר ביום. בהיעדר מקור מים בסביבת הכוורות ירחיקו הדבורים ויאתרו מקורות חלופיים, כגון ברז משקה או מטפטף, ברכת שחייה, מאגר מים ועוד. צל קל על הכוורות במהלך תקופת הקיץ עשוי לסייע לדבורים בשמירה על משטר החום בכוורת. סיוד הגגות או צביעתם בצבע לבן תורמים מאוד למניעת התחממות יתר של הכוורת.

אגירת דבש קיצית איטית יותר מהאגירה האביבית. בדרך כלל, קיים מתאם גבוה בין תנובת הדבש האביבית של הכוורת לבין התנובה הקיצית שלה. במהלך האגירה יש לעקוב אחרי קצב מילוי החלות בדבש. העלאת קומות שלישיות חריגה בקיץ, וננקוט בה אך ורק כשצפי היבול גבוה מאוד. בתום האגירה יש לרדות את היבול ולהיערך לנדידה או לגל הפריחה הבא.



רדיית הדבש



בסיום עונת האגירה באביב (וכן מאוחר יותר, בסיום האגירה בקיץ) מתבצעת רדיית הדבש.

הרחקת הדבורים ואיסוף החלות לקראת רדייה

הפעולה הראשונה בתהליך הרדייה היא הוצאת יערות הדבש מהכוורות. במהלך פעולה זו יש להרחיק את הדבורים המנסות להגן על הדבש. מספר שיטות פותחו לשם כך:

✿ **איתור החלות המלאות והחתומות והוצאתן, ניעור והברשת הדבורים מהחלות והכנסת החלות לקומות מכוסות ומוגנות:** היתרון בשיטה זו הוא שהכוורת לא נותרת רעבה לחלוטין מאחר וחלות שאינן מלאות נותרות במקומן. את מקום החלות שהוצאו יש להשלים בחלות ריקות מהמחסן.

✿ **הרחקת הדבורים באמצעות משב (blower), המייצר זרם אוויר חזק:** מפרידים את הקומות בהן מצויות חלות הדבש (קומה שנייה ומעלה), מעמידים אותן על בסיס מיוחד המופנה לעבר פתח הכוורת ובאמצעות זרם האוויר מעיפים את הדבורים. הדבורים שהורחקו בדרך זו ימצאו את דרכן בחזרה לכוורת.

✿ **שימוש במסלקים:** מסלק הוא מתקן המאפשר מעבר של דבורים רק לכיוון אחד. קיימים דגמים שונים של מסלקים הפועלים באופן דומה. לפני הרדייה ממקמים את התקרה שבה הותקן המסלק בין קומת הקן לבין קומות הדבש. העמלות היורדות לקומה התחתונה אינן יכולות לחזור. כך, תוך כ-24 שעות מתפנות קומות הדבש מדבורים. במקרה של המצאות ולד בקומות העליונות לא תתפנינה הדבורים.

✿ **שימוש בחומרים דוחים:** בשנים האחרונות רווח השימוש בחומרים כימיים דוחים לשם הרחקת הדבורים מקומות הדבש. ריח צחנה נודף מחומרים אלה אשר הרכבם מבוסס על חומצה בוטירית או פנול. השימוש בחומרים הדוחים קל ונוח, אולם קיים חשש שהם עלולים להיספג לדבש.



תהליך הרדייה

לאחר הבאת קומות הדבש לבית הרדייה יש להמתין זמן מה כדי לאפשר לדבורים שנשארו על גבי חלות הדבש לעוף החוצה. לעתים, טרם הרדייה, יש צורך לחמם את הקומות בחדר מיוחד,



אם מפאת מזג אוויר קר המקשה על הוצאת כל הדבש מהחלות או בשל חוסר בשלותו של הדבש. מלאכת הרדייה עצמה כוללת מספר שלבים: הסרת החתימות (פתיחת היערות), הכנסת החלות למכונת הרדייה והפעלת המכונה, תחילה במהירות איטית ובהמשך במהירות הולכת וגוברת, עד להתרוקנות החלות מהדבש. בגמר רדיית הדבש מהחלות מתבצע ניקוז הדבש ממכונת הרדייה אל כלי או בור מאסף. בסיום התהליך מועבר הדבש, לעתים תוך כדי שאיבה, אל מכלי אחסון.

בתום הרדייה ממיינים את החלות לחלות לבנות, חלות דבש, חלות שחורות, חלות עם תאי זכרים וחלות פגומות המיועדות להתכה. קומה אחת עם חלות לדבש מוחזרת לכל כוורת בתום הרדייה. חלות לבנות ללא תאי זכרים

יישמרו במחסן וישמשו להרחבת הקן באביב הבא או בתהליך ייצור נחילים. יתרת החלות יוכנסו לחדרי האחסון או למכולות האידוי. יש לדעת כי לאחר הרדייה החלות רטובות משאריות הדבש שדבקו בהן. ייבוש החלות על ידי חשיפתן ל"שוד" במכוורת אסור בתכלית האיסור, נוכח המהומה הרבה שתיווצר. ייבוש הקומות בדרך של העמדת מגדל בן ארבע עד חמש קומות על כוורת אחת, כדי שהדבורים בה ינקו את הדבש שנותר בחלות לאחר הרדייה, אפשרי, אולם אינו מומלץ. עדיף לשמר במחסן חלות "רטובות" בדרך נאותה והדבש יסייע לדבוריות באביב הבא, עם העלאה מחודשת של הקומות. בדרך כלל כמחצית מהחלות יישמרו לאחר הרדייה במחסן והשאר יוחזרו לכוורות.



מתקנים וציוד המשמשים ברדייה

בית הרדייה משמש את הכוורן לרדיית דבש, לאחסונו ולאריזתו. המבנה ותכולתו צריכים להיות מותאמים לתקנים בין-לאומיים לטיפול במזון, על פי ISO 9002.

בית הרדייה

כדי לרדות את הדבש מהיערות יש להסיר תחילה את שכבת הדונג הדקה המכסה את התאים. בעבר פעולה זו בוצעה באמצעות מזלג פתיחה, סכינים חשמליים מדגמים שונים המופעלים על ידי גוף

מכונות לפתיחת יערות

חימום חשמלי, מים חמים ועוד. כיום, מכונות הפתיחה האוטומטיות מסירות את חתימות הדבש במהירות וביעילות.

מכונת הרדייה

יעודה של מכונה זו הוא להוציא את הדבש מהחלות מבלי לפגוע בהן. כך ניתן לחזור ולהשתמש בחלה מספר רב של פעמים. קיים מגוון של מכונות הרדייה, החל מאלו המותאמות לכוורן החובב, בהן ניתן לרדות בעת אחת באופן ידני שתיים עד עשר חלות וכלה במכונות רדייה מונעות במנוע חשמלי, המיועדות למכוורת גדולות, בהן ניתן לרדות יחד 120 חלות. עקרון הרדייה הוא הפעלת כוח צנטריפוגלי על הדבש שבחלות. כוח זה הנוצר תוך כדי סיבוב תוף הרדייה גורם להוצאת הדבש מהחלות שתאיהן נפתחו טרם הרדייה. תוף הרדייה נמצא בתוך דוד שעל קירותיו ניתן הדבש. לעתים, סיבוב התוף יוצר רעידות בשל חוסר איזון שמקורו בהבדלים במשקל הדבש בחלות. לכן, יש לעגן בחוזקה את מכונות הרדייה לרצפה. מכונות הרדייה עשויות בדרך כלל מפלדת אל חלד (נירוסטה). רצוי שתוף הרדייה יהיה מחומר דומה.

ברכת הדבש (בור)

בסמוך למכונת הרדייה, או מתחת לה, ממוקמת בִּרְכָה שדפנותיה עשויות פלדת אל חלד. תפקיד הברכה לקלוט את הדבש ממכונת הרדייה. גודל הברכה נמצא ביחס ישיר לגודל מכונת הרדייה.

משאבת הדבש

תפקידה לשאוב את הדבש מהברכה אל מכלי הדבש. השאיבה מתבצעת במשאבה המופעלת באמצעות גלגלי שיניים או על ידי משאבה פניאומטית המופעלת באמצעות לחץ אוויר.

מערכת סינון

במערכות הרדייה הרגילות אין צורך לסנן את הדבש. לצורכי שיווק דבש ארוז צריך לסננו.

מכלי דבש וציוד אריזה

המכלים במערך הרדייה צריכים להיות עשויים מפלדת אל חלד. לכל מכל ברז דבש בתחתיתו ועליו מכסה תואם. קיים היום מגוון של מערכות מילוי ואריזה, ממערכות חשמליות ופניאומטיות המיועדות למילוי צנצנת בודדת באופן ישיר ממכל הדבש ועד למערכות משוכללות המבצעות את כל מערך האריזה: מילוי, סגירה, הדבקת תוויות והחתמה באופן אוטומטי.

מערכות רדייה מתקדמות

בעולם קיימות מערכות המאפשרות רדיית דבש ללא מגע יד אדם. קומות הדבש מוסרות בשדה לאחר הרחקת הדבורים ומובאות למכון הרדייה. מכניסת הקומות לבית הרדייה מתבצע תהליך הרדייה כולו

באופן אוטומטי, כולל הוצאת החלות מהקומות, פתיחתן, טעינת מכונת הרדייה בחלות, סיבוב החלות והחזרת החלות לקומות. כמובן, מערכות אוטומטיות אלו יקרות ומיועדות למכוורות גדולות מאוד.

גידול מלכות



מלכה מתפתחת מזחל הבוקע מביצה מופרית. גורלו של הזחל להפוך במהלך הזמן לעמלה או מלכה נקבע מיד. עד גיל שלושה ימים יכול הזחל לעבור ממסלול של התפתחות לעמלה למסלול של התפתחות למלכה, ולהפך. דרך ההתפתחות נקבעת על פי איכות וכמות המזון המוגש לזחל. מעבר לגיל של 3 ימים המעבר ממסלול למסלול אינו אפשרי. כך למשל, זחל עמלה בן שלושה ימים או יותר יתפתח אך ורק לעמלה, ללא תלות בטיב המזון שיוגש לו. זחל של עמלה מתפתח בתא משושה רגיל, בעוד שזחל מלכה מתפתח בתוך תא מיוחד הקרוי תא מלכה, (מלכון – כפי שהוא מכונה בפי מגדלי הדבורים). תא זה שונה בצורתו ובמידותיו מתא עמלה – צורתו כאצבעון הנוטה כלפי מטה.



גידול מלכות טבעי

יש לזכור, כי מלכה חדשה גדלה בכוורת באופן טבעי באחד משלושת המצבים הבאים:

דבורית מיותמת

כאשר הדבורית מאבדת את המלכה כתוצאה מתאונה או מכל סיבה אחרת, מגדלות הדבורים המיותמות מלכוני חירום אשר מאחד מהם תגיח מלכה צעירה ותחליף את זו שאבדה. דבורים בכורות מיותמת מתחילות להרגיש בחסרונה של מלכה כבר כעבור 24 שעות מרגע היעלמותה, עקב מחסור בפרומונים אותם מפרישה המלכה. במצב זה, העמלות בוחרות מספר תאים רגילים המכילים זחל צעיר או ביצה, משנות את מבנה התא לתא דמוי גביע ומתחילות להזין את הזחל במזון מלכות. מספר התאים שייבחר תלוי במספר גורמים וביניהם: חוזק הדבורית, נטייתה לבניית מלכוני, העונה ומצב הפריחה. הזחל יתפתח למלכה ולאחר 16 ימים מיום הטלת הביצה תגיח מלכה בתולה. זו תמהר ותהרוג מלכות האחרות המצויות עדיין בתוך התאים החתומים. במקרה של גיחת מספר מלכות באותו זמן, יתנהל ביניהן קרב והחזקה תנצח תוך שהיא הורגת את שאר המלכות.

דבורית מחליפה

כאשר למלכה בדבורית ביצועי הטלה ירודים, כתוצאה מזקנה למשל, דואגות הדבורים להחליפה על ידי גידול מלכוני החלפה. אלה מתפתחים בנוכחות המלכה הוותיקה, כאשר הדבורים מגינות על המלכוניים מפני כרסומם על ידי המלכה.

דבורית מתנחלת

באביב, כאשר התפתחות האוכלוסייה מואצת, עולה במהירות צפיפות הדבורים, והדבר מוביל לעליית החום בכוורת כתוצאה מחוסר אוורור מספק. בנוסף, האגירה ונידוף הצוף מביאים לעלייה בלחות בחלל הכוורת. כל התנאים האלה יחד מסמנים לדבורים להתחיל בהכנות להתנחלות. העמלות בונות גביעים בשולי החלות ומביאות את המלכה להטיל ביצים בגביעים אלה. בהמשך, הדבורים בונות את הגביעים למלכוניים. התנאים השוררים בכוורת: שפע של דבורים צעירות, שפע מזון וצפיפות מסייעים לכך שהולד במלכוניים זוכה לטיפול מיטבי ולהזנה בכמות מתאימה של מזון מלכות. לאחר חתימת המלכוניים וימים ספורים לפני הגיחה הצפויה של המלכות הבתולות מתרחשת ההתנחלות. המלכה הוותיקה עוזבת את הכוורת עם פמליה גדולה של עמלות במטרה לייסד קן חדש. טרם עזיבתן, נוטלות העמלות דבש בזפק שלהן. לעתים, תתנחל הדבורית גם עם מלכות בתולות שגיחו מהמלכוניים. המלכות אותן אומנות הדבורים בתנאי השפע באביב הן הטובות ביותר.



גידול מלכות מלאכותי

גידול מלכות על ידי הכוורן נעשה בראש ובראשונה כדי לספק מלכות צעירות אשר יחליפו מלכות ותיקות במכוורת. מלכה יכולה לחיות בדבורית מספר שנים, אך מאחר וכבר לאחר שנה קצב ההטלה שלה קטן רצוי להחליף אותה במלכה צעירה, כדי שהכוורת תמשיך לתפקד במלוא התפוקה. מטרה נוספת של גידול מלכות היא הספקת מלכות לנחילים חדשים אותם מייסד הכוורן, במטרה להגדיל את המכוורת או למלא את מקומן של משפחות שנכחדו.

גידול מלכות בעלות ערך גנטי גבוהה בתכונות כייצור דבש או עמידות למחלות הנה התמחות הדורשת ידע וניסיון רב. בדרך כלל, עבודת ההשבחה הגנטית נעשית במכוורות טיפוח. ממכוורות אלה נמכרות מלכות מופרות משובחות למכוורות מסחריות. באלו האחרונות יגדלו מהמלכות המשובחות בנות רבות, והן אלה אשר יחליפו את המלכות הוותיקות בכוורות. חלק ניכר מהמלכות הצעירות הנקלטות מדי שנה במכוורות מסחריות בישראל מיובאות, בעיקר מאוסטרליה ומאיי הוואי. מחקר שנערך במשך מספר שנים לימד כי באופן כללי, ייצור הדבש בכוורות אשר המלכות בהן הן בנות טיפוח מקומי שווה ואף עולה על ייצור הדבש בכוורות בהן מלכות מיובאות.

ברוב אזורי הארץ ניתן לגדל מלכות בהצלחה במהלך כל השנה. זאת, למעט בתקופות בהן קיימת סכנה כי מלכות היוצאות למעופי הכלולות יותקפו על ידי הצרעה המזרחית או להקות שרקרים. הדבר קורה בעיקר בתחילת הקיץ – בתחילת חודש מאי, ובסוף הקיץ – במהלך חודש ספטמבר. רצוי שלא לגדל מלכות בעונות היובש, בשל האיכות הנמוכה של מלכות המתפתחות בעונות אלו. למרות זאת, מסיבות של כדאיות כלכלית ונוחות בעבודה נוהגים כוורנים רבים להחליף מלכות ולגדל נחילים בחודשי הסתיו, אפילו שעונה זו אינה עונת אגירה מובהקת. במטרה להצליח בגידול מלכות בעונות בהן האגירה אינה נמרצת, מחזקים כוורות בהן מתבצע גידול המלכות בדרך של האכלה בתמיסת סוכר, בתוספת חלות רפתה או בתוספת של אבקת פרחים או תחליפים שלה.

שלא כגידול טבעי של מלכות, הנעשה כולו באותה הכוורת, גידול מלאכותי של מלכות נעשה תוך שימוש בשתי משפחות דבורים, ולעתים אף בשלוש. במהלך גידול מלכות מלאכותי מבחינים ב"דבורית אם" בה מצויה מלכה משובחת שהוזרעה או הופרתה בזכרים ממקור גנטי משובח. מלכה זו תשמש כאם למלכות החדשות והיא יכולה להיות פרי טיפוח עצמי או כזו שנקנתה ממכוורת טיפוח בארץ או בחו"ל. מדבורית האם נלקח מספר רב של ביצים או ולד מתאים. אלה מונחים בגביעים מלאכותיים המועברים אל "דבוריות אומנות". הדבוריות האומנות הן אלה שיבנו את הגביעים למלכונים ויטפלו בוולד במהלך התפתחותו. בסופו של תהליך, המלכון מועבר לנחיל חדש או לדבורית בה יש להחליף את המלכה. המלכה המגיחה תופרה בטבע באופן טבעי או שתוזרע בהזרעה מלאכותית. כאשר ההפרייה נעשית ב"נחיל הפרייה" מועברת המלכה ליעדה הסופי – נחיל או דבורית שיותמו.



גידול מלכה בתולה

- כדי שדבורית אומנת תמלא את תפקידה כיאות, יש להשרות בה מספר תנאים:
- א. יתמות – זו מושגת על ידי הוצאת המלכה. הרגשת יתמות בדבורית אומנת מסייעת בתהליך הקליטה והטיפול במלכונים;
 - ב. שפע של אבקת פרחים ודבש;
 - ג. שפע של עמלות צעירות ועמלות שדה;
 - ד. צפיפות – לצורך קבלת מלכות מפותחות דרושה צפיפות דבורים בדומה למתרחש בדבורית בשעה שהיא מתכוננת להתנחלות;
 - ה. היעדר ולד צעיר "מקורי" באומנת. מטרת האמון היא להביא לגידול מלכות רק מחומר ריבוי המסופק על ידי המגדל. במידה ולאחר ייתום האומנת ייוותר בה ולד פתוח, עלולה הדבורית לגדל ממנו מלכות ולא מהוולד אותו הכניס הכוורן. בהיעדר ולד מקורי ומתאים

באומנת המיותמת, האפשרות היחידה שתעמוד בפני הדבורית תהיה לטפל ולאמן מלכות מחומר הריבוי שהוגש על ידי המגדל.

שיטה זו, אשר פותחה עוד בשנת 1888 היא השיטה הנפוצה כיום לגידול מלכות. השיטה מבוססת על העברה של זחל צעיר בן יום מתא רגיל לגביע דמוי בסיסו של מלכון, פעולה המכונה "הרכבה". הגביעים, העשויים מדונג או מפלסטיק, מודבקים לסרגלים, 20 עד 25 גביעים בסרגל. שלושה סרגלים עם גביעים מורכבים בתוך מסגרת חלה וכך הם מוכנסים לכוורת אומנת.

שיטת דוליטל לגידול מלכות

העברה של הזחל הצעיר מתא בחלה שנלקחה מדבורית האם לגביע היא עבודה עדינה מאוד הדורשת מיומנות רבה. טרם ההרכבה, נהוג לטפטף לכל אחד מהגביעים טיפת מזון מלכות או דבש מדוללים במים. רצוי להעביר את הזחל עם מעט המזון שהיה בתא המקורי. במהלך ההרכבה, מוצא הזחל מהתא שב"דבורית האם" בעדינות, באמצעות כפית מיוחדת, ומועבר ומונח בדיוק באותה צורה בתא הגביע המלאכותי. מיד לאחר ההרכבה מכסים את הסרגל עליו קבועים הגביעים

תהליך ההרכבה



תמונה מס' 20: מסגרת גידול מלכונים

בבד לח כדי לשמור על חיוניות הזחלים. לדבורית אומנת מגישים, כאמור, מסגרת הרכבה ובה שלושה סרגלים. זו תמשיך ותטפל בוולד תוך כדי בניית המלכונים, עד לחתימתם. בשלב מאוחר יותר מוציאים את המלכונים מהאומנות ומעבירים אותם, כל אחד לחוד, לנחילים או לדבוריות מיותמות. שם יגילו המלכות ויצאו למעוף הכלולות.

הפריית המלכה

ניתן לשכן מלכות לצורך הפריה במשפחות דבורים שונות בגודלן, מדבוריות בעלות עשרות אלפי דבורים ועד נחילים המאוכלסים במאות דבורים בלבד. כל אלה יהיו משוכנים בציד המותאם לגודל האוכלוסייה – כוורות בגודל סטנדרטי, כוורת מחולקת לשתיים עד ארבע יחידות נפרדות לחלוטין עם פתחים נפרדים, ארגזי נחילים, כוורות עם מסגרות בגודל מחצית מהגודל הרגיל או יחידות הפריה קטנות העשויות קל-קר.

כאשר עוסקים בגידול מלכות בקנה מידה מסחרי מחזיקים קבוצות של עשרות או אף מאות נחילים או דבוריות בקבוצה אחת. צפיפות רבה מדי של דבוריות באתר אחד עלולה לפגום בהצלחת ההפריה, בעיקר בשל תעיית מלכות בעת חזרתן ממעוף הכלולות. כאשר המלכה טועה וחוזרת לכוורת זרה, הדבורית המקורית נותרת מיותמת ואילו הדבורית אליה נכנסה המלכה בטעות תדחה את המלכה הזרה. לשם הפחתה בשיעור תעיית המלכות רצוי להפנות את פתחי הכוורות או ארגזי הנחילים לכיוונים שונים ולסמן ולצבוע את חזיתות וגגות הכוורת השונות בצבעים ובסימנים מגוונים.

בתום תהליך ההפריה, לאחר שהמלכות הופרו במהלך מעופי הכלולות, חזרו למקומן והחלו להטיל, ניתן להשאירן במקומן ולאפשר לנחיל או למשפחה להמשיך ולהתפתח. אפשרות אחרת היא להעביר את המלכה לדבורית אחרת. עד להוצאת המלכה יש להמתין כשבוע עד שמונה ימים כדי לוודא שהמלכה אכן פורייה ומטילה כהלכה. במידה ומוציאים את המלכה, ניתן "לשתול" בנחיל או במשפחה מלכון חדש ותהליך ההפריה יתחיל מחדש. בדרך כלל, מחזור הפריה של מלכה עד להוצאתה נמשך כשלושה שבועות.

העברת המלכה

העברה ממשפחה למשפחה לצורך החלפת מלכה קיימת, או לשם הכנת דבורית חדשה, נעשית כאשר המלכה כלואה בכלובית קטנה. לצורך ההעברה יש לתפוס את המלכה בעדינות בחזה משני צדי הגוף או בכנפיים ולהכניסה לכלובית כשראשה קדימה. במידה והמלכה אמורה לשהות בכלובית מספר שעות יש להכניס עמה עמלות מלוות. אלו עמלות צעירות האמורות לטפל ולהאכיל את המלכה בעודה בכלובית. מקובל להכניס שמונה עמלות צעירות "נפוחות", שקיבת הדבש שלהן מלאה. בכלובית שלושה תאים שאחד מהם ממולא בממתק (קנדי) העשוי מדבש ומאבקת

סוכר. הממתק המוצק חוסם את יציאת המלכה. במהלך הזמן בו שוהה המלכה בכלובית היא – וכן הדבורים בכוורת – "נוגסות" בממתק עד שזה נגמר, וכך יכולה המלכה להשתחרר מהכלובית. פרק זמן זה בכלובית מאפשר הסתגלות המלכה והמשפחה החדשה זו לזו.

דרושים מספר תנאים כדי שמלכה חדשה תיקלט בהצלחה בדבורית:
א. הדבורית אכן מיוותמת ולא מצוייה בה מלכה בתולה או מלכה זקנה שהפסיקה להטיל. רצוי לוודא הריסת כל תאי המלכה שנבנו בדבורית במהלך השבוע של הקליטה, שאם לא כן, אם ייוותר מלכון שהמלכה לא הרסה אותו, תגיח ממנו מלכה בתולה שעלולה להרוג את המלכה הפורייה שהוכנסה לכוורת.

ב. הדבורית בשלב של אגירה מהטבע. במידה והאגירה אינה מספקת מאכילים את הדבורית או הנחיל בתמיסת סוכר;

ג. תהליך הכנסת הכלוביות נעשה ללא התפתחות שוד.

כשבוע לאחר הגשת המלכה מבצעים בדיקה ומוודאים את קליטת המלכה על ידי מציאת שפע הטלה צעירה בדבורית.

נהוג להחליף מלכות בתקופות השקטות שחלות לפני עונות האגירה המרכזית. אין מחליפים מלכות בעונות האגירה. כישלון בהחלפת מלכה בעונת האגירה עלול להביא לאובדן מלוא התנובה של אותה השנה. העונה המועדפת בארץ להחלפת מלכות היא, כאמור, הסתיו, עת מתחדשת אגירה קלה.

עונות ההחלפה

את המלכה מסמנים בשתי צורות: קיטום כנפיים או סימון בצבע על החלק הגבי (הדורסלי) של החזה. הסימון בצבע נועד להקל על מציאת המלכה בתוך הכוורת. הדבר חיוני במיוחד כאשר מגדלים דבורים מגזעים כהים בהם המלכה כהה אף היא. בנוסף, הסימון מאפשר לוודא שהמלכה בדבורית היא אכן המלכה המקורית. קיימת סברה שקיטום כנף עשוי למנוע התנחלות, שהרי מלכה קטומת כנף אינה יכולה לעוף. התברר, כי דבורית יכולה להתנחל גם עם מלכה קטומת כנף. המלכה אינה יכולה לעוף אולם היא יכולה לנוע "רגלי". במקרה זה הנחיל יקבע את מקומו קרוב לכוורת. במקרים אחרים, המלכה תלך לאיבוד בקרבת הכוורת, הנחיל יחזור למקומו, ימתין מספר ימים עד לגיחת מלכות בתולות ואז יתנחל יחד עם מלכה או מלכות בתולות. קיטום כנפיים למלכה מתבצע בעזרת מספרים עדינים ובמהלכו נקטמות הכנפיים בצד אחד של גוף המלכה, כדי מחצית גודלן. בשנה זוגית קוטמים את כנף ימין, ובאי־זוגית קוטמים את כנף שמאל. לדוגמה, בשנת 2003 קוטמים כנף שמאל ובשנת 2004 קוטמים כנף ימין.

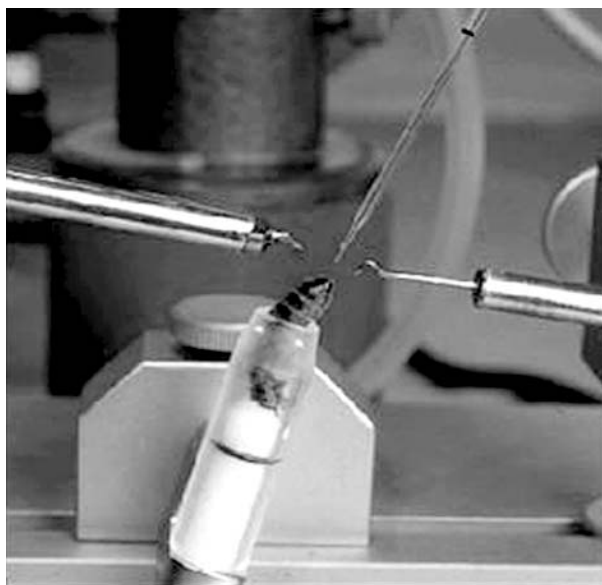
סימון המלכה

סימון המלכה בצבע מתבצע בעזרת צבע בלתי רעיל המתייבש מהר (Humbrol). מניחים טיפת צבע על החלק הגבי של החזה בזהירות, מבלי "ללכלך" חלקים אחרים בגוף המלכה. במיוחד יש להיזהר מלצבוע ולחסום את פתחי הנשימה שבחזה. קיים קוד בין-לאומי לגבי הצבע בו משתמשים: בשנה המסתיימת ב-1 או ב-6 צובעים בצבע לבן; בשנה המסתיימת ב-2 או ב-7 בצהוב; בשנה המסתיימת ב-3 או ב-8 צובעים אדום; בשנה המסתיימת ב-4 או ב-9 בירוק; ובשנה המסתיימת ב-0 או ב-5 צובעים בצבע כחול.

בקרה על הפריית המלכה והשימוש בהזרעה מלאכותית

במהלך מעוף הכלולות לא ניתן לשלוט על זהות הזכרים המפרים את המלכה. הכוונת זיווגים בדבורים ניתנת להשגה בשתי דרכים:

א. הפריית מלכות באזורים מבודדים – איים בלב ים במרחק רב מהיבשה בהם אין דבורים או אזורים כדוגמת נאות מדבר, בהם אין אוכלוסיות של דבורי דבש, משמשים למטרה זו. הצבה כווריות הפרייה באזור מבודד בהן מלכות בתולות ודבורית בעלת שפע זכרים תביא להפרייה מבוקרת של המלכות. זאת, מאחר וזהות הזכרים ידועה.



תמונה מס' 21: הזרעה מלאכותית

ב. הזרעה מלאכותית (Instrumental insemination) – הזרעה מלאכותית של מלכות דבורים מספקת שליטה מלאה על זהות הזכרים בהפריה. הדבר נחוץ לשם טיפוח גנטי ולשם יצירת מכלואים של דבורת הדבש.

מכשיר הזרעה מלאכותית של דבורים כולל ווי פתיחה של המלכה ומזרק לאיסוף והזרקת הזרע. קיימים אמצעי עזר שונים, כמו מקור לפחמן דו-חמצני להרדמת המלכה, בינוקולר ומיקרוסקופ. ההזרעה צריכה להתבצע בחדר מיוחד בו יישמרו ניקיון וסטריליות (כמו בחדר ניתוח). זאת, בשל רגישות המלכה לזיהומים שעלולים לגרום למותה.

שלבי ההזרעה:

א. **גידול זכרים:** גידול זכרים בדבוריות המיועדות לייצור זכרים להזרעה נעשה על ידי הכנסת חלות בהן תאי זכרים כ־45 יום לפני מועד ההזרעה. כל חמישה ימים לערך, מוגשת חלת זכרים חדשה להטלה כשאת הקודמת מעלים מעל לרשת חיסום המלכה. את כוורות הזכרים רצוי למקם בנפרד מכוורות אחרות, כדי למנוע תעיייה. הזכרים בשלים להזרעה מגיל של כשישה עשר ימים. לצורך ההזרעה משתמשים בזכרים הנקיים מצוואה, לאחר שהפרישו אותה במהלך תעופה חופשית. לפני ההזרעה אוספים את הזכרים בכלוב מיוחד שקירותיו בנויים מרשת לחיסום מלכה, כדי לאפשר לעמלות להאכילם. את הזכרים מעבירים למעבדה, שם הם מוצאים מהכלובית. לאחר גירוי קל נשלף איבר הזכרות ובלחיצה קטנה נוספת מופרש הזרע יחד עם נוזל הזרע (מוקוס). את הזרע שואבים בזירות למזרק כשהפעולה נעשית מתחת לבינוקולר (יש להקפיד לא לאסוף את המוקוס).

ב. **גידול מלכונים:** גידול מלכונים והשגחה על קליטתם בכוורות הפריה או בארגזי נחילים. פתחי ארגזי הנחילים סגורים ברשת חיסום למלכה.

ג. **הכנת המלכות:** המלכות מוכנות להזרעה בגיל של כשישה עד תשעה ימים. יום לפני ההזרעה המלכות מוכנסות לכלובית מיוחדת ומועברת למעבדה לטיפול בדו-תחמוצת הפחמן (CO_2). ההרדמה דרושה לצורך מתן גירוי לתחילת בניית השחלות לאחר ההזרעה.

ד. **ההזרעה:** המלכה הבתולה מובאת למעבדה. היא מוכנסת למכשיר ההזרעה ולאחר שהיא מורדמת ונמצאת מתחת לבינוקולר, פותחים באמצעות הוו הוונטרלי את פרק הבטן האחרון. בעזרת הוו הימני (וו העוקץ) מוסטת מערכת העוקץ מעט כלפי מעלה ולימין. לאחר מכן מוזרקים כשמונה מיקרוליטרים של זרע למלכה. במידה והמזרק הוכנס למקום הנכון, הזרע ינוע אל תוך המלכה (ולא יצא החוצה) לכיוון ה־Spermatheca, שהוא שק אוגר הזרע. מיד לאחר ההזרעה מוחזרת המלכה לכלובית ומוגשת לכוורת הפריה יחד עם מעט ממתק, להקלה על קליטתה מחדש בנחיל.

ה. בקרה על מידת ההצלחה: כאשר ההזרעה נעשית כהלכה, מתחילה המלכה להטיל כעבור מספר ימים.

מידת ההצלחה בקבלת מלכות מופרות ומטילות בדרך של הזרעה מלאכותית דומה למידת ההצלחה של הפריות מלכות בדרך הטבע. לעתים קיימת נטייה של דבורית להחליף את המלכה המוזרעת תוך גידול מלכונים. כדי למנוע את החלפת המלכה המוזרעת רצוי לבדוק אחת לשבעה-שמונה ימים את הדבוריות, ולהרוס את המלכונים במידה ויימצאו.

מחלות, טפילים ומזיקים במכוורת



מחלות ולד

פגיעה בהתפתחות הוולד עלולה להיגרם על ידי הינגעות בגורמים מזהמים כחיידקים, נגיפים ופטריות. פגעי סביבה, כמו חריגה קיצונית בטמפרטורת הקן מעל ומתחת ל-35°C, פגיעה מכנית או פגיעה כימית, עקב שימוש בתכשירי הדברה, גם הם עלולים להביא לפגיעה בהתפתחות הוולד. בנוסף, גם למבנה הגנטי של הוולד השפעה על התפתחותו.

מחלות ולד ממקור חיידקי

"דיקבון הוולד האמריקאי" (American Foulbrood): גורם המחלה הוא חיידק הנקרא *Panibacillus larvae*. נבגי קיימא של החיידק שורדים שנים רבות בצידוד המכוורת. המחלה מופיעה ברוב תקופות השנה אך פורצת בעיקר בתקופת הקיץ ופוגעת בזחלים. ההידבקות בנבגי החיידק מתרחשת תוך כדי הזנת הזחל על ידי העמלות (המעבירות את גורם המחלה, אך אינן נפגעות ממנו). החיידקים מתקיימים בזחל בצורה סמויה. עם התחלת ההתגלמות הם עוברים ממערכת העיכול להמולימפה וגורמים למותו של הגולם ולריקבון. הנבגים נאגרים בגלמים פגועים אשר נדבקים לחלה כך שהעמלות אינן מסוגלות לנקותם. לכן, ריפוי טבעי של המחלה אינו אפשרי, ודבורית חולה שלא תקבל טיפול מתאים – סופה שתתחשל. לאחר שדבורית נחלשת או מתחשלת כתוצאה מנגיעות במחלה, נותרים בכוורת ובמעט הדבש שנותר בחלות מיליארדים רבים של נבגי החיידק. בדרך כלל, הדבש שנותר בכוורת החלשות או המתות נשדד, תוך שהוא מהווה מקור לאילוח בכוורת מהן באו הדבורים השודדות.

סימנים אופייניים למחלה הם הימצאות פסיפס של ולד חתום על גבי החלה, וחתימות ולד

שקועות וקרועות בעלות צבע כהה. הוולד המת בתאים מפיק ריח דוחה. עם החדרת קיסם לתא ולד פגוע והוצאת הקיסם, נדבק הוולד הנגוע לקיסם ונמתח כגומי לעיסה שצבעו חום. בשנים האחרונות, רמת הנגיעות במחלה במכוורות המסחריות היא נמוכה ונעה בין 1% ל-5%. לעתים, פורצת המחלה במכוורות שאינן מטופלות כראוי, ומהוות גורם הדבקה לסביבה.

ניתן להתמודד עם המחלה באמצעים של סניטציה, השמדת כוורות חולות וחיטוי ציוד. רצוי לחטא את כל ציוד הכוורת לפני שימוש חוזר במכוורת, כדי להקטין את רמת הנגיעות. החיטוי יתבצע על ידי הרתחת הציוד במשך שתיים-עשרה דקות בתמיסה של 2% סודה קאוסטיק, או באמצעות חריכת הציוד באש וניקוי.

טיפול תרופתי בדבוריות חולות וטיפול מניעה: הטיפול היעיל ביותר הוא באמצעות אנטיביוטיקה "אוקסיטרציקלין-הידרוכלוריד", הנמצאת בתכשירים שונים וניתנת לפי מרשם של רופא וטרינרי. רצוי להפעיל שיקול דעת לפני התחלת טיפול תרופתי, מכיוון שהתכשיר מרפא את הסימנים הקליניים של המחלה – אך אינו מחסל את נבגי הקיימא, הממשיכים לזהם את הכוורת. בנוסף, קיים החשש שתפתח עמידות נגד התכשיר, לצד חשש מפני זיהום הדבש ומוצרי המכוורת. לכן, לא מומלץ להשתמש בתכשיר זה בכוורות חלשות.

מחלת "הוולד האירופי" (European Foulbrood): גורם המחלה העיקרי הוא חיידק בשם *Mellissococcus pluton*, לצד מכלול של חיידקים שונים נוספים, הנמצאים בזחל דרך קבע, כגון *Bacillus alvei* ו-*Streptococcus faecalis*. מדובר בהדבקה של הזחל בתא פתוח, שם הוא נפגע ונרקב. יש אפשרות לניקוי הזחל הפגוע על ידי העמלות, ומכאן פתוחה הדרך להחלמה ספונטנית מהמחלה, עם השיפור בתנאי הסביבה.

סימנים אופייניים למחלה: הזחל נפגע ונרקב; שטח פני חלת ולד החתום אינו רציף אלא בעל מראה "תשבץ", ובו תאים ריקים; רוב הזחלים הנפגעים הם צעירים לפני חתימה וצבעם לבן-צהוב; חיטוט בתאים בעזרת קיסם יעלה חתיכת יבשות של הזחל או ריר מימי. בעת הדבקה הדבורית נחלשת ואינה מתפתחת כראוי. המחלה פורצת בעיקר באביב, כתוצאה מהפרת האיזון בין כמות הוולד למספר העמלות המטפלות בו בדבורית. עם זאת, המחלה יכולה להתפרץ גם בעונות אחרות, כאשר האיזון מופר כתוצאה מפעולות של מגדל הדבורים (הוצאת נחילים) או בשל פגיעה בדבורים בגרות כתוצאה מריסוס.

דרכי הטיפול: טיפול תרופתי בדבוריות חולות, וטיפול מניעה יעיל באמצעות תכשיר אנטיביוטי הנקרא "סטרפטומיצין", הניתן לפי מרשם של רופא וטרינר.



מחלות ולד ממקור נגיפי

מחלת ריקבון ולד השקית (Sacbrood virus): גורם המחלה הוא נגיף המועבר באמצעות העמלות. נוזלי הגוף של הזחל הנגוע מצטברים בין הגוף לבין השלד החיצוני (הקוטיקולה) וגורמים לו להיראות כשק. תהליך ההתגלמות נעצר בשלב של טרום-גולם. זה משנה את צבעו לצהוב ומשחיר בהדרגה. התפרצות המחלה מתרחשת באביב, לפני הפריחה, או בשלב מוקדם של הקיץ. הנגיף עצמו אינו עמיד ומסוגל לגרום להדבקה במשך שבועיים-שלושה בלבד. קיים חשד לרגישות תורשתית לנגיף. טיפול תברואתי, על ידי הוצאת חלות נגועות והחלפת המלכה הנושאת את תכונת הרגישות, יכול לסייע בהבראת הדבורית.

ריקבון תא המלכון השחור (Black Queen-Cell Virus): הנגיף פוגע בגלמים של המלכות. בדומה למחלת "ריקבון השקית", גם כאן נפסקת התפתחות הגולם והוא מת ומשחיר. בשלב מאוחר משחירים גם דפנות המלכון. עיקר הנזק הנגרם מריקבון תא המלכון השחור הוא הפרעה לגידול תקין של מלכות.



מחלות ולד ממקור פטרייתי

מחלת הוולד הגירי (Chalkbrood): המחלה נגרמת על ידי הפטרייה *Ascosphaera apis*. נבגי הפטרייה חודרים למערכת העיכול של הזחל יחד עם מזונו, ובתנאים מסוימים הם נובטים. קורי הפטרייה פורצים את דופן המעי וניזונים מההמולימפה, והזחל הופך ל"מומיה" של קורים, שצבעה הלבן הופך לאפור-שחור עם הופעת צורות מיניות של הפטרייה.

העמלות מסוגלות לנקות את ה"מומיות", והמחלה מאופיינת בהצטברות של מומיות רבות לפני פתח הכוורת. הפגיעה בתפקוד הדבורית מתרחשת כתוצאה מצמצום במספרן של הדבורים המגיחות, המביא לירידה באוכלוסייה.

בדומה למחלת הוולד האירופי, ההתפרצות מחלת הוולד הגירי נובעת מהפרת האיזון בין הוולד לאוכלוסיית הדבורים הבוגרות, והיא מופיעה בגלים. במכוורות מסוימות גורמת המחלה לנזק כלכלי רב.

מחלות של דבורים בוגרות

פגיעה באוכלוסיית הדבורים הבוגרות יכולה להיגרם על ידי חד-תאיים, נגיפים או אקריות טפיליות. הנזק בשלבי המחלה הראשונים הוא סמוי. רק בשלבים של נגיעות רבה ניכרים סימני נזק, וגם אז בדרך כלל אין סימנים קליניים ברורים. האבחון אפשרי רק באמצעות בדיקות מורכבות במעבדה ובשדה.

גורמי מחלה ממקור חד־תאי (פרוטוזואה)

נוזמה (Nosema): גורם המחלה הוא טפיל חד־תאי בשם *Nosema apis*, הפוגע בעמלות בוגרות. טפיל זה גורם להפרעות במערכת העיכול, עקב התרבותו בתוך תאי רירית המעי התיכון, ולפעמים גם בצינורות ההפרשה (צינורות מלפיגי). גורם המחלה נשמר בנבגים המועברים באמצעות מים, מזון וחלות דונג. המחלה מקצרת את חיי הדבורים ופוגעת בהתפתחות בלוטות הראש, שם מיוצר המזון למלכות ולעמלות. כתוצאה מכך נפגע גם הוולד. עיקר הנזק ממחלה זו מתרחש באביב המוקדם, כאשר הדבורית אינה מתפתחת במהירות, כצפוי, ואינה מגיעה בזמן לחוזק המתאים לצורך אגירת דבש. המחלה עלולה להופיע גם בחודשי הקיץ המאוחרים ולהסב נזקים קשים.

אבחון המחלה מתבצע במעבדה: כותשים מדגם של 20 עמלות שדה מבוגרות (או של מערכת העיכול שלהן) מכל דבורית, ובודקים נוכחות של נבגים מתחת למיקרוסקופ בהגדלה של פי 400.

דרכי הטיפול: בכוורת חולה יש לטפל באמצעות האכלה באנטיביוטיקה מסוג פומגילין מעורב בתמיסת סוכר. באזורים נגועים נהוג לתת טיפול מונע פעמיים בשנה: בסתיו ובאביב.



גורמי מחלה ממקור ויראלי

מחלת שיתוק כרוני (Chronic Bee Paralysis Virus - CBPV): הנגיף גורם המחלה חודר לגוף הדבורה דרך פצע, הנוצר כתוצאה משבירת שיערה, ומועבר במהירות בדבוריות צפופות. אוכלוסיית הדבורים הבוגרות מתמעטת, והמחלה עלולה אף לגרום לחיסול הדבורית. סימנים אופייניים הם הצטברות של דבורים רועדות וזוחלות לפני פתח הכוורת ודבורים שחורות וחסרות שער אשר מתות בסופו של דבר. התמותה נמשכת על פני תקופה ארוכה, עד חודשים אחדים, ואינה חד־פעמית כמו בריסוס. הפגיעה היא בדבוריות בודדות במכוורת, אך בשנים האחרונות היא נעשית יותר ויותר נפוצה.

מחלת שיתוק אקוטי (Acute Bee Paralysis Virus): הנגיף דומה לנגיף ה־CBPV. הוא חודר לבלוטות הרוק ומועבר עם הרוק והמזון. המחלה גורמת לתמותת דבורים מהירה, עד להתחלשות הדבורית. סימני הנזק אינם אופייניים והמחלה קשה מאוד לאבחון. נמצא קשר בין נוכחות אקריות המשמשות כנשא (וקטור) של הווירוס, לבין ההדבקה ונוכחות המחלה. הנגיף קיים בארץ, אך היקף הנזקים ממנו ומשמעותם הכלכלית בארץ טרם הובהרו.

טפילים (אקריות)

בדומה למחלות, אקריות טפיליות גורמות נזק ישיר לדבורים כאשר רמת נגיעות גבוהה. כמו כן, פגיעתן עלולה לתרום להתפרצות מחלות נגיפיות.

אקרית הוורואה (*Varroa destructor*): בתנאי הארץ לא ניתן לצערנו לגדל דבורים ללא טיפול נגד אקרית הוורואה. אקרית זו נתגלתה לראשונה בישראל בשנת 1984, ומאז היא מהווה את האיום העיקרי לקיום ענף הדבורים. אקרית בוגרת ומופרית נישאת על גבי העמלות הבוגרות ויכולה להיזון מהן. בדרך זו היא מועברת ומתפשטת בדבורית. לצורך רבייה האקרית חודרת לתא בחלה, שבו מתפתח זחל, בשלב שלפני התגלמות וחתימה. במהלך שהותה בתא מטילה אקרית האם ביצים מהן מתפתח בתחילה זכר ואחר כך מספר נקבות. כל אלה מתפתחים תוך שהם ניזונים ממוהל הגולם. הזכר מפרה את אחיותיו. עם הגחת הדבורה או הזכר הבוגרים מהתא מגיחים גם אקרית האם ובנותיה, נצמדים לדבורים בוגרות וחוזר חלילה.

הנזק לדבורים מתבטא בקיצור משך חייהן, הופעת דבורים עם כנפיים מנוונות, פגיעה בוולד וירידה בהיקף אוכלוסיית הדבורית וברמת תפקודה עד לחיסולה המוחלט. דבוריות שאינן מטופלות נגד המזיק יתחסלו, קרוב לוודאי, תוך שנה עד שנה ומחצה.

קצב ההתפתחות של אוכלוסיית הוורואה בדבורית בארץ הוא מהיר מאוד: במהלך חצי שנה הוא עלול להגיע לממדים גורמי נזק. גם קצב ההדבקה מכוורת לכוורת, על ידי דבורים נגועות תועות מהיר, וזאת בשל הצפיפות והנדידה הרבה של הדבוריות.



תמונה מס' 22: וורואה

אבחון מוקדם או בדיקת רמת נגיעות הוורואה בכוורות יכול להתבצע בשיטות שונות. השיטה המקובלת בארץ בתנאי שדה היא עישון הכוורת באמיטרוז למשך שעה, ובדיקת מספר האקריות הנפלות על גבי מגש משומן המונח על רצפת הכוורת.

הטיפול בתכשירים נגד אקרית הוורואה מתבצע בתום תקופת האגירה: בסוף הקיץ או בסתיו. במהלך הטיפול מוחדר התכשיר באופן מבוקר ומתמשך לכוורת, כך שאקריות הנמצאות על דבורים בוגרות ייקטלו. הטיפול נמשך כשישה עד שמונה שבועות, כדי לקטול את כל האקריות המסתתרות בוולד החתום ומשתחררות ממנו רק עם התבגרות הגולם וגיחתו כדבורה בוגרת. התכשיר המקובל כיום הוא צ'קמייט*. ניסיון העבר מלמד כי עם הזמן האקריות קונות עמידות כנגד התכשירים השונים ויש להתמיד ולהחליף אותם.

אקרית הטרכיאות (*Acarapis woodi*): האקרית היא טפיל פנימי במערכת הנשימה העליונה של הדבורה הבוגרת. בארץ היא נתגלתה לראשונה רק ב־1994. האקרית חודרת למערכת הנשימה של דבורה צעירה בעקבות מגע עם דבורה בוגרת נגועה. אוכלוסייתה של אקרית זו על כל גלגוליה מתקיימת בתוך צינורות הנשימה (הטרכיאות) של הדבורה. אוכלוסייה גדולה של האקריות גורמת לסתימה ולהתפוררות של הטרכיאה. כאשר שיעור הדבורים הנגועות רב, בייחוד בתנאי שפל בטבע, נגרם צמצום חמור באוכלוסיית הדבורים, המביא בסופו של דבר לחיסול הדבורית. אבחון המזיק אינו קל ומחייב בדיקת מעבדה הכוללת ניתוח ובדיקת טרכיאות במדגם של 50 דבורים מכל דבורית.

הטיפול המקובל כיום בארץ נגד המזיק הוא סדרה של שלושה עישונים באמיטרוז לכוורת, בהפרש של שלושה עד שבעה ימים, פעם בשנה, בתום האגירה בסוף הקיץ או הסתיו.

מזיקים

הצרעה המזרחית (דבור) (*Vespa orientalis*): הצרעה המזרחית היא חרק חברתי חד־שנתי. מלכה מופרית "מתעוררת" באביב מתרדמת החורף ומייסדת משפחה, שאוכלוסייתה הולכת וגדלה במהלך הקיץ עד הסתיו. עם בוא החורף מתחסלת המשפחה, פרט למלכות המופרות, החורפות במקומות מסתור. מקום הקינון של המשפחה הוא לרוב באדמה, בשטחי בור המתאימים גם למרעה דבורים.

הצרעה המזרחית נפוצה בכל אזורי הארץ. דבורים משמשות מקור מזון חלבוני וסוכרי כאחד לצרעות בשלבי התפתחותן השונים. נזקן העיקרי של הצרעות, הבא לידי ביטוי במהלך הקיץ, הוא בציד דבורים המביא להקטנת פעילות הדבורית, עד להשמדתה, וכן בהפרעה להפריית המלכה במהלך מעוף הכלולות.

הטיפולים נגד הצרעה: לכידת מלכות באביב, השמדת קנים, לכידת צרעות במלכודות קונוס (מלכודת זבובים) וכן הרעלה בעזרת פיתיון בשרי מורעל.

עש הדונג הגדול (*Galleria mellonella*) ועש הדונג הקטן (*Achroia grisella*): שני עשים אלה נחשבים למזיקים מרכזיים במכוורות ברחבי העולם, כולל בישראל. למעשה, בכל מקום שבו מצויות כוורות מצוי גם העש. הזחל הוא הגורם נזק לחלות, תוך שהוא מפלס לו מחילות בתוך החלה ומשאיר אחריו גוש של קורים וחלקי חלה מחוררים. עיקר הנזק נגרם לחלות המאוחסנות במקומות חשוכים, חמים ובלתי מאווררים, אך לעתים תוקף עש הדונג גם כוורות מאוכלסות. דבוריות חזקות, המאוכלסות בצפיפות, מסוגלות להתגונן היטב בכוחות עצמן כנגד העש, אולם בדבוריות נטולות מלכה או חלשות יגרום העש להרס מוחלט.

הטיפול בחלות דונג באחסון (לא בכוורת): קטילה פיזיקלית על ידי חימום (מבלי לפגוע בדונג) או קירור, אוורור, אחסון באווירה של ריכוז פחמן דו-חמצני גבוה, או אידוי בעזרת פוספין בחדרי אחסון אטומים.

על המכוורות בארץ מאיימים כמה מזיקים נוספים, המופיעים לעתים בעונות שונות ובאזורים שונים. נזקם הכלכלי לכלל הענף קטן יחסית.

גירית הדבש (*Mellivora capensis wilsoni*) והגירית הרגילה: הגיריות נחשבות בארץ למזיקים נדירים יחסית. נזקי הגירית, שהיא בעל חיים מוגן, מתרחשים בחורף, באזורים מוגבלים. הגיריות הופכות ופותחות את הכוורת ושולפות את החלות החוצה, במטרה להגיע לוולד ולדבש, שמהם הן ניזונות. פרט לנזק הישיר, הכרוך בפגיעה בחלות, נפגעות דבוריות רבות מן הקור שחודר לתוכן עקב פתיחת הכוורת.

סימן ההיכר האופייני לנזק בכוורות פגועות הוא עקבות גירוד בציוד העץ, שנגרם בעזרת שלושה טפרים ארוכים בכף רגלה הקדמית של הגירית. לגירית כושר תנועה רב, ובלילות היא מסוגלת לנוע קילומטרים רבים. עורה עבה, והיא אינה נפגעת מעקיצות דבורים.



תמונה מס' 23: שרקרק

השרקרק המצוי (*Merops apiaster*): השרקרק הוא ציפור יפה, מגוונת צבעים וצורה. השרקרק חולף בארץ באביב – בדרכו צפונה לאירופה, ושוב בסוף הקיץ – בדרכו חזרה דרומה, לאפריקה.

חלק מאוכלוסיית השרקקים מקננת בארץ. השרקק בונה את קנו במחילות באדמה וניזון מחרקים שונים, ביניהם דבורים וצרעות. השרקק מופיע בלהקות גדולות בקרבת המכוורת וצד את הדבורים במעופן. להקת שרקקים המקננת באזור המכוורת תצוד את הדבורים בצאתן מפתח הכוורת. תוך זמן קצר תיפסק הפעילות בדבוריות, דבר שיוביל להפסקת אגירת הדבש ולקשיים בוויסות הטמפרטורה בקן, עקב מחסור במים ובמזון. נזק עלול להיגרם גם לגידולים חקלאיים, הזקוקים להאבקה. נזק נוסף נגרם לעתים בעונה שבה יוצאות המלכות למעוף כלולות: השרקקים צדים אותן, והדבורית שמהן יצאו המלכות נידונות לכליה.

נמלים: בארץ ידועים מינים אחדים של נמלים החיים בקרבת הדבוריות. בדרך כלל מהוות הנמלים מטרד בלבד, פרט לנמלת הכידן (*Dorylus fulvus*), העלולה לגרום לנזק ממשי. זו הנמלה היחידה החודרת לדבורית ומזיקה לה עד כדי חיסול נחילים ואף דבוריות שלמות. נמלה זו מקננת עמוק באדמה וקשה למצוא את פתח קנה. עיקר פעולתה מתרחש בלילות: קבוצת נמלים חודרת לכוורת, טורפת את הדבורים ולאחר מכן את הוולד, ומביאה לבסוף לחיסול הדבורית.

שימוש בדבורי דבש להאבקת גידולים חקלאיים בישראל



האבקה (העברת גרגירי האבקה מהמאבקים – החלק הזכרי של הפרח, אל הצלקת – החלק הנקבי של הפרח) הנה תנאי בסיסי להפריה, לחנטה וליצירת פרי בגידולים חקלאיים רבים. ישנם גידולים דוגמת תמר, חוחובה ופקאן, בהם יש ייצור רב של אבקה קלת משקל. אבקה זו עפה עם הרוח וחלקה מגיע אל הצלקות הגדולות. גידולים אלה שייכים לקבוצה הנקראת "צמחים מאובקי רוח". על פי רוב אלה הם צמחים בעלי פרחים קטנים, חסרי צבע ייחודי וריח אשר אינם מפרישים צוף.

בניגוד לתמר ולפקאן, רוב הגידולים החקלאיים תלויים בחרקים לשם העברת האבקה. במיני צמחים אלה ניתן לזהות פרחים בעלי צבע ו/או ריח בולטים. כמויות גרגירי האבקה פחותות מאשר אצל "מאובקי הרוח", והגרגירים דביקים ובעלי זיזים כדי שיוכלו להיצמד לגוף החרק. ברוב המינים הללו מופרש צוף כדי להגביר את משיכת החרקים. הצוף משמש כמקור פחמימות לחרקים המאביקים, ואבקת הפרחים מספקת את החלבונים ויתר אבות המזון.

בחקלאות המסורתית, במשק המעורב, אוכלוסיית החרקים בטבע מספיקה לביצוע האבקה ברמה סבירה. לעומת זאת, בחקלאות המודרנית ישנם מספר גורמים המחייבים הגדלה מכוונת, מלאכותית, של אוכלוסיית החרקים המאביקים בשטח בשדה:

✿ המעבר למונוקולטורה (גידול אחיד) יוצר פריחה בהיקף גדול ולמשך זמן קצר, כך שמעט החרקים המצויים בטבע באופן טבעי אינם מסוגלים להאביק את כל הגידול;

✿ העיבוד והרעייה האינטנסיביים באזורים רבים צמצמו את אזורי הריבוי של החרקים;

✿ השימוש המסיבי והלא מבוקר בחומרי הדברה חיסל את האוכלוסייה הטבעית של החרקים המאביקים באזורים חקלאיים רבים;

✿ במטעים בהם מגדלים יחד מספר מינים בעלי אי-התאם עצמי דרושה האבקה זרה על ידי חרקים;

✿ גידול באזורים בהם לא קיימת אוכלוסייה טבעית של חרקים מאביקים – בעיקר אזורי מדבר;

✿ גידול ירקות בחממות ובתי רשת המונע כניסת חרקים מהסביבה של בתי הגידול.

✿ המעבר לייצור זרעי מכלוא על ידי חברות הזרעים מחייב פעילות מסיבית של חרקים מאביקים להעברת אבקה מהקו ה"זכרי" אל הקו הנקבי, שהוא "עקר זכרי" Male sterile.

דבורי הדבש משמשות בכל רחבי העולם כחרק מאביק עיקרי לגידולים החקלאיים, בשל מספר תכונות:

✿ בשל השימוש העיקרי בה לייצור דבש פותחו בכל רחבי העולם טכניקות לגידול דבורים בתרבות. לא כך הדבר לגבי חרקים אחרים.

✿ משפחה אחת של דבורים (דבורית) מכילה בין 5,000 ל-70,000 דבורים המשוכנות בכוורת. כך ניתן בקלות יחסית להעביר אוכלוסייה גדולה של פרטים לשטח בו נדרשת האבקה;

✿ הדבורית מתקיימת פעילות לאורך כל השנה, בעוד שלרוב החרקים יש עונות פעילות מוגבלות;

✿ דבורת הדבש אוספת צוף ואבקת פרחים גם יחד, כך שגם אם הפרח מספק סוג מזון אחד, הדבורה תימשך אליו;

✿ גופן של הדבורים שער מאוד, דבר שמאפשר להן להעביר ביעילות את גרגירי האבקה;

✿ הדבורים בעלות קצב ביקורי פרחים גבוה יחסית לחרקים אחרים;

✿ "נאמנות" הדבורים גורמת להן לבקר בכל מעוף במין צמח אחד וכך יעילות ההאבקה מוגברת.

מגוון רחב של גידולים חקלאיים בישראל מואבק באמצעות דבורי דבש:

מטעים: שקד, שזיף, תפוח, אגס, דובדבן, גודגדן, קיווי, אבוקדו, ליצ'י, מקדמיה, פיטייה ומנגו (רק בחלק מאזורי גידול המנגו);

גידולי שדה: חמניות, אבטיחים לפיצוח;

ירקות וגידולי מקשה: מלון, אבטיח (רגיל ו"סידלס"), קישוא (חלק מהזנים), תות-שדה, פלפל חממה, מלפפון לתעשייה;

גידולי זרעים: בצל, תלתן, כותנה, חמניות, דלועים, נוריות ועוד.

יש לתת את הדעת על מספר נקודות בעת שימוש בדבורים להאבקה:

המועצה לייצור ושיווק דבש בשיתוף המחלקה לדבורים אשר בשירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות, גיבשו אמות מידה מחייבות בדבר חוזק הכוורת המוצבת להאבקה מסחרית: בחודשים ינואר-פברואר (האבקת דלועים בחממות בערבה ושקדים) הכוורת צריכה להכיל לפחות שש חלות מאוכלסות דבורים מתוכן שלוש עם ולד. בחודשים מרץ-דצמבר (יתר הגידולים) הכוורת צריכות להכיל לפחות עשר חלות מאוכלסות דבורים, מתוכן שבע עם ולד. הכוורת חייבות להיות בריאות בהתאם למקובל בענף הדבורים, וחייבות להיות בהן מלכות מטילות.

טיב הכוורות

ישנה סדרה ארוכה של גידולים חקלאיים (אגס, תפוח, שקד, גודגדן, חלק מזני השזיף, אבוקדו במרבית הזנים, מקדמיה, קיווי, אבטיח "סידלס", חמניות, וגידולים לייצור זרעי מכלוא) בהם נדרשת האבקה באבקה ממקור גנטי זר (זן אחר בדרך כלל) לצורך קבלת חנטה תקינה. הדרישה להאבקה זרה מחד, ונטיית המגדלים לנטוע את הזנים בשורות אחידות מאידך, יוצרים קשיים: נטיית הדבורים לבקר פרחים סמוכים גורמת לכך שהן נעות לאורך שורות העצים והסיכויים שהן יעברו משורה לשורה ומזן לזן לצורך ביצוע האבקה זרה, נמוכים.

עידוד האבקה זרה

ישנן מספר דרכים לשיפור רמת ההאבקה הזרה:

1. הצבת הכוורות בחלקה רק כאשר שני הזנים (המפצה והמופצה) פורחים. בימים הראשונים של הדבורים בשטח ניידותן רבה וכך סיכויי המעבר מזן לזן גדלים;
2. הכנסת מספר רב של כוורות לשטח תגרום לקצב ביקורים רב בפרחים ולמיעוט התגמול לדבורה בכל ביקור. כך יהיה על הדבורה לעבור יותר פרחים כדי למלא את מטענה;
3. שילוב פרטים של המפרה בתוך שורות המופרה, או לחלופין הקטנת המרחק בין השורות והגדלת המרחק בין הצמחים בתוך השורה;
4. שימוש במפרים מתאימים (פוריים ובעלי התאמה גנטית מלאה למופרה), בעלי שפע פריחה שתחפוף את פריחת המופרה. על פרחי המפרה להיות אטרקטיביים לדבורים וצורת הפרח, צבעו וריחו צריכים להיות דומים לפרחי המופרה – אלמלא כן, הדבורים, בשל נאמנותן לפריחה מסוג מסוים, לא יעברו בין הזנים.

דבורי הדבש מעדיפות לרעות על פי רוב על מיני הצמחים המספקים את הגמול הרב יותר. לעתים קורה, כי בסביבת הגידול המאובק פורחים מיני צמחים המושכים יותר את הדבורים מהגידול עצמו,

תחרות

כתוצאה מכך, הדבורים נוטשות את גידול המטרה אותו הן אמורות להפרות.

בישראל, פרט לליצי, כל הגידולים הפורחים בסמיכות לפריחת ההדרים ננטשים על ידי הדבורים מעדיפות את פריחת ההדרים עתירת הצוף על פני פריחת הגידול החקלאי. מצב דומה קיים עם פריחת צמחי בר ולעתים עם פריחת איקליפטוסים הנמצאים בסמוך לחלקות בהן מוצבות כוורות להאבקת גידולים חקלאיים. גם כאן הדבורים יעדיפו את פריחת צמחי הבר והאיקליפטוסים על פני פריחת הגידול החקלאי.

ניסויים רבים נערכו למציאת תכשירים שירוססו על הגידול החקלאי המטרה לשיפור כושר המשיכה שלו. בתחילה נבחן שימוש בתמיסת סוכר. בהמשך נבחן השימוש בחומרי מזון מורכבים, בחומרי ריח שונים ובעת האחרונה בתכשירים פרומונליים (בעיקר ה-QMP, "פרומון בלוטת הלסת של המלכה"), אך אף לא אחד מהתכשירים נמצא יעיל באופן עקבי למשיכת הדבורים לפריחה.

לעתים קרובות, יש הבדלים ניכרים בכושר המשיכה של זנים שונים של אותו גידול (דוגמת זן ה"אטינגר" באבוקדו, אשר מושך דבורים הרבה יותר מזנים אחרים הפורחים במקביל). הבדלים אלה מצביעים על פוטנציאל לבירור והשבחה להגברת משיכת הדבורים. גם בדבורי הדבש

קיימים הבדלים בין קווים גנטיים שונים, כך נמצא בארץ כי קווים גנטיים מסוימים של דבורי דבש הם בעלי העדפה לאיסוף צוף מפריחת עצי אבוקדו.

לעתים, שינוי קל, אפילו של שבוע, במועד הפריחה (בגידולי שדה – באמצעות שינוי מועד המזרע, ובמטעים – באמצעות ריסוסי התעורות או חיגורים) עשוי למנוע חפיפה עם הפריחה המתחרה ובכך לאפשר פעילות האבקה תקינה.

רצוי להציב את הכוורות להפריית גידול חקלאי רק לאחר שהתחיל בפריחה ולא לפני כן. כך, הדבורים "ייחשפו" לפריחה מיד עם הגיען. הצבה מוקדמת של הכוורות תביא לרעייה על הפריחה שמסביב לחלקה, ולהקטנת פעילות ההאבקה עם תחילת הפריחה בחלקה. במספר גידולים (תפוח, אגס ושיזף) נמצא כי הצבת הכוורות בשני מועדים, מחציתן עם תחילת הפריחה ומחציתן בשיאה, מקטינה את נטיית הדבורים לנטוש את הגידול לטובת הפריחה המתחרה.

גישה נוספת היא הרוויית האזור בכוורות, דבר שיקטין את ההבדלים בכושר המשיכה בין הגידול המואבק לסביבה. רצוי להציב את הכוורות, עד כמה שניתן, במרכז החלקה ולא בהיקפה, ולמנוע הימצאות פריחה מתחרה בתוך השטח ובסביבתו הקרובה, באמצעות עיבודי קרקע וריסוסים מתאימים.

הצבת הכוורות כך שהרוח תגיע מכיוון החלקה לכוורות עשויה גם היא לשפר את פעילות הדבורים בחלקה.

דבורי הדבש משתייכות למחלקת החרקים, כמו מזיקים רבים, ולכן הן רגישות לחומרי הדברה. ישנם תכשירים הדוחים את הדבורים מהחלקה גם אם הטיפול נערך ימים רבים לפני הצבת הכוורות. חלק מהפִּיִּרְתָּרְוֹאִידִים הסינתטיים למשל, דוחים את החרקים למספר ימים; תכשירי הַמְּיִדְוֹפּוֹס (פְּרֹדֶקְס) דוחים למשך זמן רב יותר; והקֹנְפִידֹר דוחה את החרקים לזמן רב, לשבועיים לפחות בתקופות קרירות.

הגנת הצומח

באופן כללי, לא רצוי להשתמש בחומרי הדברה בחלקה בתקופת האבקה. במקרה של חוסר בְּרָרָה יש להשתמש בתכשירים שרעילותם השאריתית לדבורים פחותה משמונה שעות ולרסס בשעות אחר הצהריים או הערב, לאחר תום פעילות הדבורים; יש להיזהר משימוש בסביבת הכוורות בחומרי הדברה בעלי לחץ אדים גבוה, דוגמת דיויפאן – הללו חודרים לכוורת ועשויים להביא לחיסולה; יש להקפיד ולהימנע ככל האפשר מריסוס בחומרים חריפים בשדות שכנים בעלי פריחה אטרקטיבית לדבורים – הדבר עלול לגרום לנזק קשה לכלל הכוורות באזור (דוגמת ריסוסי פרדסים בַּמְלִתִּיּוֹן מהאוויר, העשויים לפגוע בהאבקה אבוקדו במטעים סמוכים).

פיזור הכוורות

עבור כל גידול חקלאי הדורש האבקה על ידי דבורים, קיימות המלצות בדבר היחס הרצוי בין מספר הכוורות ליחידת שטח ובדבר אופן פיזור הכוורות בחלקה (המרחק המקסימלי הרצוי בין הכוורות לאזור בחלקה המואבקת). ההמלצות נגזרות מתנאי מזג האוויר בזמן הפריחה, כמות הפריחה, הימצאות פריחה מתחרה באזור, אופי הגידול (ממטע סבוכ ועד שטח פתוח), הדרישה להאבקה זרה וגודל אוכלוסיית הדבורית בעונה בה הגידול מואבק. מספרים אלה משתנים מכוורת אחת לדונם בחממות ובגידולי זרעים, ועד כוורת לעשרה עד עשרים דונם באבטיח לזרעים לפיצוח. שימוש בדבוריות חזקות ומאוכלסות היטב, הצבת הכוורות עם תחילת הפריחה, פיזור נכון שלהן בשטח, צמצום הפריחה המתחרה בחלקה ובסביבתה והקפדה על שימוש נכון בחומרי הדברה, הם הבסיס לפעילות דבורים טובה בחלקה, לקבלת האבקה טובה, לשיפור החנטה ולעלייה בגודל היבול ובאיכותו.

מוצרי המכוורת



דבש

דִּבֶּשׁ

מילים ולחן: ינון נאמן

דִּבֶּשׁ נֶגֶד כְּמִי נֶהָר
הַלּוֹם נִשְׁאָר עוֹבֵר תָּמִיד
תּוֹכּוּ יִסְעֵר, יִפְעֵם, נִמְהָר
כְּרִטֵּט גַּל בְּתוֹךְ יָמִיד

יֵז הַדִּבֶּשׁ, חוֹמֵר, נִגְרָשׁ
מִיַּעֲרָה – לְאַגָּנִים
מִתֵּק חֵשׁ שֶׁל יוֹם חָדָשׁ
כָּל הַלֹּקֶק בְּעֵדָנִים



דבש הוא מוצר מתוק אותו מפיקות הדבורים מצוף פרחים. יוצאים מן כלל זה הם הצוף הנאגר על ידי דבורים מצופנים הנמצאים מחוץ לפרח (כמו במקרה של צמח הכותנה) וטל דבש אותו

אוספות הדבורים מהפרשות של כנימות (Aphids). בישראל אין ייצור טל דבש אך במדינות השכנות, בטורקיה ויוון, יש ייצור רב של טל דבש מאקריות מהמין *Marchalina hellenica*, היושבות על עצי האורן.

דבש דבורים ניתן לסווג לפי מספר אמות מידה:

מקור הצוף: (דבש הדרים, דבש איקליפטוס, דבש פרחי בר וכו'). מקור הצוף יכול להיות מצמח מסוים או ממספר סוגי צמחים. קביעת מקור הצוף ממנו נעשה הדבש יכולה להיות מבוססת על המצאות מרכיבים כימיים ואחרים האופייניים למקור הצמחי. לדוגמה, רק בדבש הנוצר מצוף אבוקדו ניתן למצוא סוכר 7 פחמימני הנקרא פֶרְסִיאָטוֹל. בדבש הדרים נמצאים פֶּלּוֹנוֹנֵאִידִים ייחודיים לדבש זה. ניתן לקבוע את מקור הצוף על פי סוג גרגירי אבקת פרחים הנמצא בדבש. לגרגירי אבקת פרחים של כל צמח מראה מסוים אופייני וקיימים אטלסים המתארים את מבנה גרגירי האבקה מצמחים שונים. נוכחות בדבש של גרגירי אבקה מצמח מסוים מלמדת על מקור הצוף ממנו נוצר הדבש. יחד עם זאת, חשוב לדעת כי בדרך כלל קשה לאתר גרגירי אבקת פרחי הדרים בדבש פרחי הדר, זאת בשל הכמויות הגדולות של הצוף המיוצר בפרחי ההדר, יחסית לכמויות הקטנות של אבקת הפרחים בצמח זה. מאחר ובמהלך פריחת ההדרים אוספות הדבורים גם שפע אבקת פרחים מפרחי בר, נאתר בדבש הדרים גרגירי אבקה מפרחי בר, למרות שרוב־רובו של הדבש נוצר מצוף פרחי הדרים. בדרך כלל, קביעת מקור הדבש אינה נעשית על פי אמות מידה מדעיות אלא על פי הבנתו של המגדל. כך, דבש שנוצר במהלך פריחת ההדרים בכוורות המוצבות בקרבת פרדסים ייקרא דבש הדרים.

עונת האסוף: הדבש יוגדר על פי עונת הפריחה והאגירה. לעתים קרובות, מקור הדבש הוא חברת צמחים הפורחת בו־זמנית וכך יוגדר הדבש כ"דבש פרחי אביב", או "דבש פרחי קיץ".

אזור מרעה הדבורים: ניתן לאפיין את הדבש על פי אזור המרעה כגון: דבש מפרחי אביב מהרי יהודה, דבש פרחי קיץ מרמת הגולן או דבש אביבי מהנגב. ניתן אף להגדיר את הדבש מאזור מצומצם יותר, כמו דבש פרחי בר מאזור נחל כזיב, או דבש פרחי בר מהחרמון.

המצב הפיזיקלי בו נמצא הדבש: דבש נוזלי מחומם, דבש נוזלי בלתי מחומם, דבש קרמי או דבש מגובש.

דרגת הסינון: דבש מסונן או דבש בלתי מסונן.

הרכבו הכימי של הדבש

מים

תכולת המים של הדבש היא זו הנותרת בו לאחר שהבשיל. בתנאי הארץ, רמת הלחות המקובלת בדבש היא 17% עד 20%. בדיקת אחוז המים בדבש ניתנת לביצוע על ידי כל מגדל הדבורים תוך שימוש ב־רֶפְרֶקְטוֹמֶטֶר – מכשיר המודד את אחוז הסוכר בדבש. שיעור לחות נמוך בדבש מקטין את סיכוי הדבש להתקלקל בשל תסיסה. ברדיית דבשים בעלי ריכוז סוכר נמוך יחסית, יש להקפיד מאוד על רדיית דבש בשל בלבד – דבש חתום.

סוכרים

רוב סוכרי הדבש הם חד־סוכרים (מונו־סוכרים) כמו גלוקוז ופרוקטוז. מיעוטם, דו־סוכרים: סוכרוז מלטוז ולקטוז. ניתן למצא בדבש מעט מאוד רב־סוכרים. הרכב הסוכרים בדבש משתנה בהתאם למקור הדבש.

אנזימים

אנזימי הדבש מקורם מייצור והפרשה של דבורים. כן מגיעים לדבש אנזימים צמחיים יחד עם הצוף ואבקת הפרחים. רמת האנזימים תלויה בסוג הצוף, בגיל הדבורים ובקצב האגירה. ככל שהאגירה חזקה יותר רמת האנזימים נמוכה יותר.

אֵנוֹרְטָאזָה: אנזים זה מופרש על ידי הדבורים אחראי על פירוק הדו־סוכר סוכרוז לחד־סוכרים: גלוקוז ופרוקטוז. פעילות האינוורטאזה נמשכת גם לאחר הרדייה, כשהדבש שווה במכלים (ללא חימום). בישראל, בשעת הרדייה, מגיעה רמת הסוכרוז בדבש ההדרים לעתים קרובות ל־13% עד 15%, הרבה מעל המותר בתקן, אולם לאחר אחסון הדבש במשך מספר שבועות או חודשים, יורדת רמת הסוכרוז לרמה המותרת על פי התקן, הודות לפעולת האינוורטאזה. האינוורטאזה רגיש מאוד לחום. בטמפרטורה של 30 מ"צ, מחצית משך חיי האנזים הוא כ־100 יום בלבד. בטמפרטורה של 40 מ"צ, מחצית משך חיי האנזים יורדת לכ־10 ימים, ובטמפרטורה של 50 מ"צ, מחצית החיים מגיעה למשך של יום אחד בלבד. בטמפרטורות של למעלה מ־50 מ"צ מאבד האנזים, למעשה, את פעילותו.

דִיאֶסְטָאז: אנזים זה מופרש לדבש על ידי הדבורים והוא אחראי על פירוק עמילן. היות ובדבש אין עמילן, לא ברור מהו ייעודו של אנזים הדבש. גם אנזים זה רגיש מאוד לחום ורמת פעילותו משמשת לצורך אומדן לחימום יתר של הדבש.

גלוקוז אוקסידאז: אנזים זה אחראי על ייצור מימן פראוקסיד H_2O_2 מחומצה גלוקונית (המקור לחומציות הדבש). חומר זה מסייע במניעת תסיסה של הדבש ואחראי על הפעילות האנטי־בקטריאלית של הדבש.

מינרלים

תכולת המינרלים (אפר) בדבש משתנה בהתאם למקורו, מ-0.02% ועד ל-1%. דבשים כהים מכילים באופן כללי יותר מינרלים מדבשים בהירים. ריכוז המבוטא בחלקים למיליון (PPM, מ"ג בק"ג דבש) של המינרלים העיקריים בדבש כהה ובדבש בהיר, בהתאמה, הוא: אשלגן - 1676 ו-205; נתרן - 76 ו-18; קלציום - 50; מגנזיום - 35 ו-19; ברזל - 9.4 ו-2.4; נחושת - 0.56 ו-0.29; מנגן - 4.1 ו-0.3; כלור - 113 ו-52; זרחן - 47 ו-35; גופרית - 100 ו-58; סיליציום - 14 ו-9.

חלבונים

בנוסף לאנזימים מצויים בדבש כמויות מזעריות של חלבונים נוספים, שמקורם הן מגוף הדבורים והן מצמחים.

חומצות אמיניות

בדבש נמצא מגוון של 18 חומצות אמיניות, כשהחומצה האמינית העיקרית היא פרולין.

ויטמינים

בדבש מצויים בעיקר שישה ויטמינים (הכמות במיקרוגרם ל-100 ג' דבש): ריבוֹפְּלָבִין - כ-22 עד 63; חומצה פֶּנְטוֹטֵנִית - 20 עד 105; נִיאָצִין - 108 עד 360; טֵיָאָמִין - 3.5 עד 5.5; פִּירִדוֹקְסִין - 7.6 עד 299; חומצה אֶסְקוֹרְבִית - 2,200 עד 3,400.

הִידְרוֹקְסִי-מֵתִיל-פּוֹרְפּוֹרָל

HMF

Hydroxymethylfurfural

חומר זה נוצר במהלך פירוק בסביבה חומצית של סוכרים, בעיקר פרוקטוז. תהליך יצירתו מהיר יותר ככל שהטמפרטורה עולה. לכן משמש ריכוז חומר זה כמדד לבחינת שיעור חימום הדבש. בישראל מתיר התקן הישראלי 5% HMF בדבש, אם כי ה־Codex Alimentarius מציע 4% בלבד.

חימום דבש לטמפרטורה של 70 מ"צ למשך 14 שעות מעלה את רמת ה-HMF ל-4%.

חימום דבש לטמפרטורה של 50 מ"צ למשך 9 ימים מעלה את רמת ה-HMF ל-4%.

אחזקת דבש בטמפרטורה של 35 מ"צ למשך חודשיים תעלה את רמת ה-HMF ל-4%.

לפיכך, אחסון בלתי נאות של דבש בטמפרטורה גבוהה, כפי שקיים בארצנו בחודשי הקיץ, עלול לגרום לחימום יתר ולקלקל הדבש. כמו כן, חימום דבש לטמפרטורה גבוהה לימים ספורים עלול גם הוא לגרום לנזק בלתי הפיך לדבש, הן על ידי העלאת ריכוז ה-HMF והן כתוצאה מהרס אנזימים.



תכונות הדבש

צבע:

צבע הדבש משתנה מחסר צבע לחלוטין (שקוף) עד לצבע כמעט שחור. צבע הדבש אינו מדד לאיכות הדבש, אם כי דבש בהיר "נחשב" יותר. מקור הצבע הנם פולנואידים, שמנים אתרים, וחומרים אחרים המתווספים לצוף בפרח עצמו וכך מגיעים אל הדבש בכוורת. צבע הדבש משתנה במהלך האחסון כתלות בתנאי האחסון כגון טמפרטורה והאוויר. לצורך הגדרת צבע הדבש נקבע סולם צבעים כדלקמן: לבן מים, לבן מאוד, לבן, חום בהיר מאוד (amber), חום בהיר, חום וחום כהה.

התגבשות:

אחת התכונות של דבש היא התגבשות. הדבש הוא למעשה תמיסה מאוד רוויה של סוכרים. במצב זה, מולקולות הסוכרים בתמיסה מסתדרות סביב מוקדי התגבשות שיכולים להיות גרגירי אבקת פרחים, תוך יצירת גביש סוכר. התגבשות הדבש היא תכונה טבעית של הדבש ובדרך כלל מתרחשת בתוך מספר חודשים מיצירתו. לעתים, ההתגבשות מתחילה כבר מספר שבועות לאחר היווצרותו, בעוד הדבש בחלות. לעתים אין הדבש מתגבש כלל. מהירות ההתגבשות תלויה בהרכב סוכרי הדבש, בתכולת המים ובטמפרטורה. סוגי דבש מתגבשים בצורה שונה. חלקם בעלי גבישים גדולים וגסים, וחלקם בעלי גבישים קטנים ועדינים. דבש מחומם מתגבש בגבישים גסים יותר מאשר דבש בלתי מחומם. ניתן להאט את קצב ההתגבשות הדבש על ידי חימומו וסינונו, דבר שגורם להרס והוצאת חלקיקי התגבשות מהדבש.

ריח, טעם וארומת (ניחוח) הדבש: הריח, הטעם והארומה (ניחוח) של הדבש הם תכונות חשובות המייחדות את המוצר. לדבש טרי ריח וארומה חזקים מאוד, אשר בדרך כלל נעלמים בדבש מסחרי, ככל הנראה כתוצאה מאחסון לקוי והשפעת החום. מרכיבי הריח וארומת הדבש הם חומרים נדיפים המשתנים בהתאם למקור הדבש. מקור טעם הדבש הם הסוכרים, חומצה גלוקונית ופרולין (חומצת האמינו בדבש).

תסיסת דבש: רדיית דבש בלתי בשל (מתחת ל-80 אחוז סוכר) וטיפול בלתי נאות בדבש עלולים לגרום לתסיסתו על ידי שמרים הנקראים Sugar-tolerant yeasts. אלה גורמים לפירוק הסוכרים לאלכוהול ולדו-תחמוצת הפחמן (CO_2), כשהאלכוהול בנוכחות חמצן הופך לחומצה אצטית. תסיסת הדבש היא בדרך כלל איטית ובלתי מורגשת ולעתים קרובות מתרחשת לאחר שהדבש התגבש. תוך כדי תהליך התסיסה נוצר קצף רב בשכבת הדבש העליונה, בשל ייצור ה- CO_2 . התסיסה פוגמת בדרך בלתי הפיכה בטעמו ובמרכיבי ריח הדבש והופכת אותו לבלתי ראוי למאכל.

זיופי דבש: לא ניתן לסיים סקירה זו מבלי לטפל בשאלה הנצחית: כיצד להבדיל בין דבש מזויף לדבש אמיתי. ברמת הצרכן, רכישת דבש ממקור ידוע ומהימן כמו כוורן או משווק דבש ידוע, מבטיחים בדרך כלל רכישת דבש אמיתי. קיימות שיטות מעבדה שונות, חלקן מאוד מתוחכמות, לזיהוי מקורותיו של הדבש. חלק מהשיטות מבוסס על התקן לדבש. בדיקות אחרות יכולות לזהות באם הפחמן בסוכרי הדבש מקורו בצוף פרחים או במולקולת הדו-סוכר (סוכרוזה) שמקורה מקנה סוכר או סלק סוכר. כך ניתן לזהות האם הדבש נוצר מצוף פרחים או מתמיסת סוכר, בה מואכלות הדבורים.

הרכב הדבש על פי תקן ישראלי לדבש (ת"י 373 1999)
הגדרה: דבש – חומר טבעי המיוצר על ידי דבורים (*Apis mellifera*) מצוף טרי או מהפרשות של חלקי צמחים אחרים. הדבורים אוספות את הצוף ומעבדות אותו ולאחר מכן אוגרות אותו בתוך יערות לשם הבשלה.

הרכב דבש על פי התקן הישראלי הוא:

התכונה הנבדקת	הדרישה
תכולת המים:	21% מקסימום. ¹
תכולת סוכרים מחזרים:	65% מינימום. ¹
תכולת סוכרוז:	6% מקסימום. ²
תכולת ההידרוקסי-מתיל-פורפוראל:	5 מ"ג ל-100 ג' דבש מקסימום.
חומציות:	4 מילי-אקוויולנטים ל-100 ג' דבש מקסימום.
תכולת אפר:	0.6% מקסימום. ¹
תכולת אשלגן (מבוטא כ- K):	24 מ"ג ל-100 ג' דבש מינימום.
תכולת זרחן (מבוטא כ- P_2O_5):	דבש מפרי הדד: 7.5–16.5 מ"ג ל-100 ג' דבש. דבש מפרחי שדה: 11 מ"ג ל-100 ג' דבש מינימום. דבש ממקור מעורב או מקור צמחי לא ידוע: 10 מ"ג ל-100 ג' דבש מינימום.
תכולת מוצקים בלתי מסיסים במים:	0.1% מקסימום. ¹
מקדם דיאסטזי: ³	דבש מפרי הדד: 6, מינימום. דבש מפרחי שדה: 15, מינימום. דבש ממקור מעורב או מקור צמחי לא ידוע: 9, מינימום.

הערות לטבלה:

1. אחוזים לפי משקל.
2. למעט חריגים שלהלן: בדבש טרי מפרחי הדר מותר שתכולת הסוכרוז תהיה גדולה מ-6% ובלבד שהיא לא תהיה גדולה מ-9%. לצורך היתר זה, דבש טרי מפרחי הדר הוא דבש שבו תכולת ההידרוקסי-מתיל-פורפוראל אינה עולה על 1 מ"ג ל-100 ג' דבש ושמקדם הדיאסטז שלו אינו קטן מ-7.
3. מקדם הדיאסטז נקבע בלוח מידות מיוחד הקרוי Gothe scale.

מבחן טעימת דבש

במקומות שונים בעולם בוחנים את איכות הדבש במבחן טעימה, שבו מדרגים את איכותו לפי מדדים אחדים. המבחן והטעימה מתבצעים על ידי טועמים-בוחנים מקצועיים, בדומה לטעימות יין ושמן זית. במקומות שבהם יש פריחה אחידה, משווים גם בין סוגי הדבש מאותו מקור-צוף דומיננטי. בוחרים את הדבש שמאפיין ביותר את הקבוצה, כדי שיהווה סמן להשוואה בין סוגי דבש באותה קבוצה.

כיצד מבוצעת טעימת המבחן?

סוגי הדבש מוצבים על שולחן באריזה אחידה, שעליה מופיע מספר סידורי בלבד – ללא ציון שם היצרן או מקור הדבש. כל טועם יקבל כפית לכל סוג דבש (אין להשתמש בכפית ליותר מבדיקה אחת). בין טעימת דבש אחד למשנהו, מנטרל הטועם את הטעם הקודם בעזרת נגיסת תפוח או גבינה לבנה (ללא תוספות) וכן בשתיית מים. על השולחן יוצבו גם דוגמאות של דבש תוסס ומקולקל: יש לטעום אותן לפני בחינת סוגי הדבש האחרים, כדי ללמוד ולהבחין בתקלות. איש-איש ידרג בהתאם לטעמו ולדעתו האישית.

המדדים שנבדקים:

מדדי צורה:

1. ניקיון הדבש (קצף, חלקי דבורים וכו');;
2. צבע;
3. צלילות או צורת התגבשות.

מדדי טעם וריח:

4. ריח הדבש לאחר פתיחת האריזה;
5. ארומת הדבש (המסת טיפת דבש ברוק שבפה ושאיפת הארומה לעבר תאי חוש הריח באף);
6. מרקם הדבש (עדינות התגבשותו ונעימותו לחיך);
7. טעם הדבש;
8. טעם הלוואי שהוא משאיר בפה (חריפות, חמיצות, צריבה וכו').



הציון שניתן הוא מאחת עד חמש, לכל מדד מבין השמונה שצוינו.
הציון הסופי הוא סיכום הציונים מכל המדדים השונים.

דונג

דונג הוא למעשה הפרשה שומנית של דבורים בגיל צעיר, מארבעה זוגות בלוטות הנמצאת בחלק הגחוני של הבטן. הדונג הוא חומר הגלם שממנו בנויות החלות. את הדונג מפיקים מהתכה של חתימות חלות הדבש ומהתכה של חלות ותיקות. ההתכה מתבצעת בחום באמצעות מכשירים המיועדים לכך.

שימושי הדונג: בעבר היה הדונג רב ערך מאחר והיה החומר העיקרי למאור (ייצור נרות). בעידן המודרני פחתה חשיבותו ומחירו ירד. במכוורת משמש הדונג לצורך ייצור שעוויות ולציפוי חלות פלסטיק; בתעשייה, אמנות וקוסמטיקה הוא משמש לייצור משחות, וקסים, בטיקים, נרות (בעיקר לשימוש דתי), חומר להורדת שערות מהרגליים וכו'.

אבקת פרחים היא המרכיב הזכרי של הפרח שנאסף על ידי דבורים ממאבקים של פרחים. האבקה מגיעה לכוורת בצורה של צמידת אבקה על רגליה האחוריות של הדבורה. אבקת הפרחים משמשת כמקור חלבון יחיד להזנת הוולד בדבורית. איסוף אבקת פרחים נעשה באמצעות מלכודות מיוחדות המוצבות בפתח הכוורת. עקרון הלכידה מבוסס על מעבר הדבורה דרך חורים קטנים המסירים את צמידות האבקה למגרה. ניתן לשמר את האבקה בצורתה הטבעית בהקפאה או לאחר ייבוש. אבקת הפרחים משמשת בתזונת האדם. היא עשירה במרכיבים חיוניים בתזונה כמו חומצות אמיניות, שומנים, ויטמינים ומינרלים. לאבקת הפרחים מייחסים תכונות מופלאות ואף תכונות רפואיות, כמו הקלה במקרים של הגדלת בלוטת הערמונית בגברים.

אבקת פרחים

תרגום שמו הלטיני של חומר זה הוא "שומר העיר" (Pro = לפני, שומר; Polis = עיר). זהו שרף עצים שנאסף על ידי דבורים באמצעות רגליהן האחוריות, מובא לכוורת, עובר עיבוד ומשמש בה למטרות הבאות: משיחת החלות לצורך מניעת התפתחות מחלות, סתימת סדקים, צמצום פתח הכוורת וכיסוי פולשים בשכבת פרופוליס למניעת זיהומים. תכונות הפרופוליס ידועות זה מכבר והוא עשיר בחומרים שונים, להם מייחסים פעילות אנטיבakterיאלית, אנטי־ויראלית ועוד. המצרים הקדמונים היו מושחים את מתיהם בתהליך החניטה גם בפרופוליס. כיום ניתן למצוא את הפרופוליס בתכשירים שונים, כמו סירופים, כדורים ומשחות. את הפרופוליס אוספים מכוורות שהוכנו לכך. אם מניחים "רשת חלונות" על גבי הכוורת ומגביהים מעט את הגג, יטיחו הדבורים את הרשת בפרופוליס נקי שניתן לאיסוף על ידי הכוורן.

פרופוליס (דבק דבורים)



מזון מלכות

מזון מלכות עשיר בחלבון. הוא מיוצר על ידי בלוטות (בעיקר הבלוטה ההיפופרגיאליט) המצויות בראשן של עמלות צעירות ומוגש לזחלים (לזחל שמתפתח לעמלה מוגש המזון בכמויות קטנות ולזחל המתפתח למלכה הוא מוגש בכמויות גדולות). מזון מלכות מייצרים בתהליך דומה לזה של גידול מלכות, אלא שבשלב שתא המלכה עשיר במזון (לפני שהזחל אכל אותו) המזון נאסף.

למזון המלכות מייחסים תכונות "פלא". יש המאמינים שכפי שהוא פועל בדבורית, תוך שהוא נותן אריכות ימים למלכה, כך הוא יפעל גם על האדם, יאריך את חייו וישפר את איכות החיים. יש המייחסים למזון המלכות את היכולת לעורר תיאבון אצל תינוקות. אין הוכחות מדעיות שאכן אלו סגולותיו של מזון המלכות, אלא "איש באמונתו יחיה". את מזון המלכות צורכים כפי שהוא, או מעורבב בדבש או במוצרים אחרים, או בכמוסות או בכדורים לאחר שהמזון עבר ייבוש בהקפאה עמוקה (ליאופיליזציה).

ארס דבורים

הארס הוא צבר של חומרים המופרשים מבלוטת הארס של הדבורה. ארס דבורים גולמי מופק מהדבורים באמצעות מכשירים חשמליים ייעודיים המשחררים זרמים חשמליים בעצמה נמוכה על פני לוח זכוכית. הזרמים החשמליים גורמים לדבורים לשלוף את העוקץ ולהתיז את טיפת הארס על פני לוח הזכוכית. העוקץ אינו ניתק מגוף הדבורה כך שאין תמותת דבורים תוך כדי התהליך. ארס דבורים משמש למטרות רפואיות וניתן ליישום רק על ידי מי שהוסמך לכך. הוא משמש ברפואה לטיפול במחלות שונות כמו דלקות פרקים, ניוון שרירים, שטף דם מוחי ועוד.

נושא ריפוי באמצעות מוצרי דבורים נקרא אפיתראפיה, והוא מורכב ומעניין. בעולם קיימת אגודה בין-לאומית ששמה לה ליעד לפתח את הנושא בעיקר בשל רתיעת הרפואה הרגילה מהמוצרים האפיתראפיים.

מקורות מידע נוספים:

מידע רב בעברית ובאנגלית על גידול דבורים ניתן למצוא באתר האינטרנט של שרות ההדרכה והמקצוע של משרד החקלאות: www.shaham.moag.gov.il. לאחר כניסה לתפריט הראשי יש לבחור את האתר של המחלקה לדבורים. "תפריט מידע מקצועי" מכיל חומר רב בעברית על גידול דבורים. תפריט "אחרים" מפנה לקישורים לאתרי אינטרנט רבים העוסקים בגידול דבורים.

חלק מן התמונות בפרק זה נלקחו מהספרים הבאים:

1. Henri Clément (ed.), *Le Traité Rustica de l'Apiculture*. (2002). Edition Rustica, Paris.
2. Joe M. Graham (ed.), *The Hive and the Honey Bee*. (1992). Dadant & Sons, Hamilton, Illinois.
3. א' בן-נריה, גידול דבורים. (1964). הוצאת ארגון מגדלי הדבורים בישראל.



