

כפר הנוער החקלאי

השש שנתי על שם כדורי

סמל מוסד: 280065

ד. ג. נ. ת 125242

עבודת – גמר ברמת 5 יח"ל בחקלאות

בדיקת השפעת הטענת EM בוקאשי במצע שתילה על נביטה והתבססות של זרעי פלפל



שם המנחה: דר' הללי עותבנס

מקום מגורים: כמון

מקום עבודה: בית הספר החקלאי כדורי

מספר פלאפון: 0526619911

שם התלמידה: נעם חבר

תעודת זהות: 212781702

מקום מגורים: כפר תבור

מספר פלאפון: 054-7563932

אי-מייל : haver.noam@gmail.com

העבודה נעשתה בשיתוף עם חברת EM ישראל

מרץ, 2020

תודות:

♥ להללי המון תודה על היותך מנחה קשובה, מבינה ולא חוששת למחוק הכל ולהתחיל מחדש. נתת לי מוטיבציה להמשיך ולהראות ידע, ללמוד ולחקור. לימדת אותי על נושאים מורחבים שמעולם לא למדתי כמו אופטיקה ושבירת האור והעשרת את הידע שלי מאוד. תודה שהגעת בימים ושעות חופשיות לעבוד איתי. את מנחה מדהימה, תודה.

♥ לחוה, תודה ענקית על כל העזרה עם העבודה, תמיד היית נכונה לעזור, תמכת בי, נתת לי מוטיבציה והעברת את השעות במעבדה בכיף ובנחת. החיוך שלך וההזדהות איתנו- התלמידים גרמו לנו להרגיש שאת איתנו בתהליך והשהות בחברתך הייתה מהנה.

♥ תודה לניבה הלבורנטית שישבה איתי לא מעט על כתיבת העבודה, העבירה איתי ימים במעבדה ועבדה שעות נוספות כדי לעזור לי לסיים. תודה על כך שנתנה יחס חם ומחבק, והייתה תמיד הראשונה לגשת לעזור.

♥ תודה לעופר על העזרה הרבה במעבדה, העמדת הניסוי וכתיבת העבודה. בדרכך לימדת אותי המון והעבודה איתך הייתה כיפית ויעילה תמיד.

♥ תודה לכל החברים לעבודת גמר מחזור פ"ג שתמכו, עזרו, הצחיקו, נתנו מוטיבציה ועשו את השהייה במעבדה למהנה.

♥ תודה למחנכת שלי מיכל ברא"ס שתמכה בי ודאגה להצדיק את חיסורים בעקבות השהייה במעבדה.

♥ תודה למשפחה שעודדו אותי לבחור בעבודת הגמר, ניסו לסייע תמיד בכל דרך- בהסעות, בהרצאות ובלמידה.

♥ תודה לרפי רודמן מחברת EM ישראל, עבודה בוצעה עבודה זו, הן על הלואי המקצועי ותכנון הניסוי והן על אספקת חומרי הגלם.

תוכן עניינים

1.....	מבוא	1
2.....	סקירת ספרות	2
2.....	הזרע	2.1
3.....	תרדמת זרעים	2.1.1
4.....	תהליך הנביטה	2.2
5.....	השפעת גורמי סביבה על נביטה	2.2.1
5.....	מיקרואורגניזמים מועילים בקרקע	2.3
7.....	EM בוקאשי כמטייב קרקע	2.4
8.....	צמח הפלפל	2.5
8.....	תנאי הנבטה וגידול פלפל	2.5.1
9.....	מערך מחקר	3
9.....	נושא העבודה:	3.1
9.....	בעיית המחקר:	3.2
9.....	תכנית הניסוי	3.3
9.....	שאלות המחקר:	3.4
9.....	השערות המחקר:	3.5
10.....	משתנה הבלתי תלוי-	3.6
10.....	טבלת טיפולים:	3.7
11.....	בקרה וגורמים קבועים:	3.8
12.....	שיטות עבודה	3.9
14.....	שיטת מדידה	3.10
17.....	תוצאות	4
17.....	שלב א'- נביטה	4.1
18.....	שלב ב'- התפתחות הצמח- מדדים וגטטיביים	4.2
18.....		4.3
25.....	דיון ומסקנות	5
28.....	ביבליוגרפיה	6

רשימת גרפים:

- גרף 1: אחוזי נביטת הפלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים.....17
- גרף 2: גובה בס"מ של צמחי הפלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים.....18
- גרף 3: גובה כפונק' של טיפול בשלושת מועדי המדידה האחרונים.....19
- גרף 4: קוטר במ"מ של גבעול פלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים.....20
- גרף 5: שטח עלה פלפל בסמ"ר תלוי בטיפול ביום 91 מזריעה.....21
- גרף 6: מ"ג כלורופיל בגרם של עלה פלפל כפונקציה של אחוז בוקאשי במצע.....22
- גרף 7: משקל של צמחי הפלפל כפונקציה של הטיפולים השונים בהשוואה בין משקל טרי ויבש ומשקל הנוף.....23
- גרף 8: אחוז משקל הנוף הטרי ממשקל הטרי של הצמח כולו לפי טיפולים.....23
- גרף 9: אחוז משקל הנוף היבש ממשקל הנוף הטרי לפי טיפולים.....24

רשימת טבלאות:

- טבלה 1: טבלת מדדים.....11
- טבלה 2: חומרים:.....12
- טבלה 3: כלים וציוד בדיקה:.....12

רשימת תמונות:

- תמונה 1: סימון המגשים.....10
- תמונה 2: מגשי הזריעה.....10
- תמונה 3: שלב המיצוי.....21
- תמונה 4: תמיסות מיצוי הכלורופיל.....16
- תמונה 5: עלים שמוצה מהם הכלורופיל.....21
- תמונה 6: בדיקה הספקטרוטומטרית.....16

רשימת איורים:

- איור 1: מערכת הרביה בצמח:.....2
- איור 2: החזרת האור.....15

1 מבוא

חיוניות הזרעים תלויה בתכונות התורשתיות שלהם, בשינויים הפיזיולוגיים המתרחשים בהם וכן במועדי הזריעה. זרעים מסוימים (קטניות למשל) הינם קלים במיוחד להנבטה, בעוד שסוגים אחרים דורשים תנאים מבוקרים ויותר מקצועיות למשל זרעי פלפל. על מנת לשפר את סיכויי הנבטת הזרעים וכדי ליצור תנאי גידול מבוקרים יש להתחשב בגורמים המשפיעים על הנביטה והתבססות הנבט. למצע השתילה יש חשיבות רבה להתפתחות בית שורשים חזק ומפותח שיעזרו לשתיל בצמיחתו הבריאה בהמשך. (אורבני-גן, 2018). הנביטה היא שלב חשוב מאוד במחזור חייו של הצמח¹ מכיוון שמועד הנביטה ומקום הנביטה קובעים במידה רבה את סיכוייו של הנבט להתפתח לצמח בוגר, לשרוד ולהעמיד צאצאים. (שדה & אמיר, 2011). בשלב הראשוני הזרע רגיש לשינויי תנאים סביבתיים ולמחלות, לכן חשוב לבחון השפעה של הוספת חומרים שמטרתם לשפר את עמידות הנבט או למזער את הסיכון לפגיעה בו.

אחד הנושאים שנבחנים היום הוא השפעת פרוביוטיקה על יצירת סביבת גידול משופרת. פרוביוטיקה היא גישה הדוגלת בגיוס חיידקים הנחשבים מועילים לשתי מטרות, הראשונה- למנוע התפתחות של אוכלוסיית חיידקים פתוגניים¹ והשנייה- לעודד תהליכים טבעיים מועילים (כללית, 2006). גישה זו מיושמת כיום גם בתחום הצומח, סוג המיקרואורגניזמים בקרקע משפיע במידה רבה על מידת התמיכה של הקרקע בצמח. במערכת בה המיקרואורגניזמים המיטיבים הם הדומיננטים בדרך כלל ימצאו החומרים הבאים בריכוז גבוה: נוגדי-חימצון, חומצות-אמינו, ויטמינים, רב-סוכר וחומצות אורגניות, מערכת אקולוגית כזו נחשבת מערכת מאוזנת ובריאה. (EM ישראל, 2018). מתוך עיקרון זה חברת EM (Effective Microorganisms) פיתחה מוצר המבוסס על תרביות של חיידקים ומיקרו-אורגניזמים בתערובת שנועדה לשיפור מצע גדילת הצמחים ולהשפעה חיובית על קצב גדילתם. מקורם של רוב המיקרואורגניזמים בתערובת הוא ממקור צמחי או מהקרקע שבסביבת השורשים של הצמח. (EM ישראל, 2018). התערובת מיושמת בשתי שיטות; כתרכיז נוזלי או כתרכיז מוצק על מצע של סובין חיטה. במחקר זה השתמשנו בתרכיז המוצק

EM בוקאשי, מטרת המחקר הייתה לבחון את השפעת הוספה של EM בוקאשי, למצע ההנבטה, על אחוזי נביטה ומדדי צמיחה של זרעי פלפל.

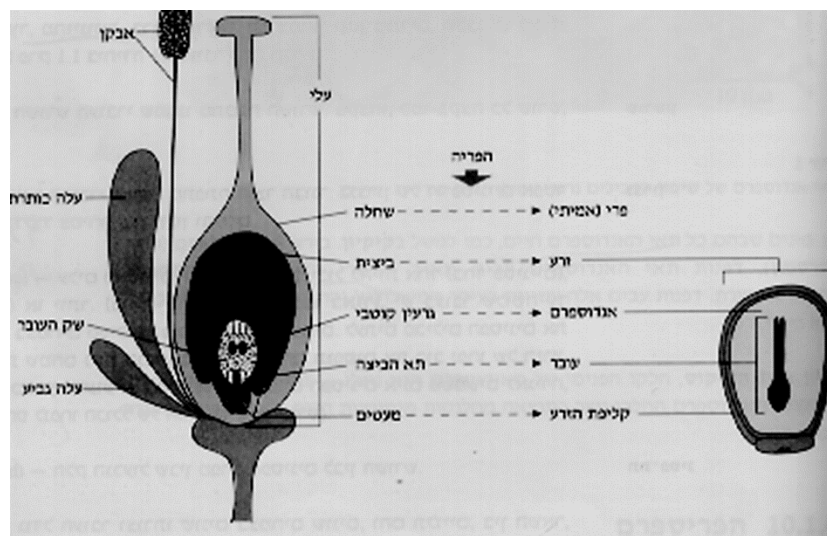
¹ חיידקים מחוללי מחלה.

2 סקירת ספרות

2.1 הזרע

הזרע הוא תוצר הרבייה המינית של הצמח. לאחר נביטתו, בתנאים מתאימים, מתפתח ממנו צמח חדש. רוב הזרעים מתפתחים בתוך הפרי כתוצאה מההפריה בין החלק הנקבי והחלק. הזכרי של הצמחים. הזרעים מופצים למרחקים על ידי הצמח עצמו או בעזרת רוח, בעלי חיים או אפילו האדם. כך מתפתחים צמחים חדשים במקומות חדשים. לכל מין של צמח יש זרע ייחודי ומתאים לו, בהתאם לאקלים, לסביבה ולסוג הצמח, ובכך נקבעים גודלם צבעם וצורתם של הזרעים.

איור 1: מערכת הרבייה בצמח:



(פולק, גרדי, & קורן, 1998)

לזרע שלושה חלקים עיקריים המתפתחים מהביצית (איור מספר 1): העובר, האנדוספרם והקליפה.

החלק הראשון, העובר מתפתח מתא הביצה כתוצאה מתהליך ההפריה בצמח ונושא בתאיו את המידע התורשתי. העובר כולל את השורשון, הנצרון ואת עלי הפסיג (או הפסיגים, תלוי במין הצמח), למעשה הוא צמח צעיר שעתיד להתפתח לצמח בוגר לאחר הנביטה (שדה & אמיר, 2011).

כאשר יש תנאים מתאימים, הזרע נובט, אז גדלים השרשון- שהוא השורש הראשוני של הצמח, הנצרון - הגבעול הראשוני של הצמח והפסיגים של הנבט - שהם עלים מדומים המכילים חומרי תשמורת ואינם מבצעים פוטוסינתזה. שלשת אלה יוצרים את תחילתו של הצמח (גלים מדע וטכנולוגיה).

החלק השני הוא האנדוספרם העוטף את העובר והוא מתפתח מהגרעין הקוטבי² שנמצא בתוך הביצית, במהלך ההפריה. זוהי הרקמה שאוגרת את המזון בתוך הזרע ובה נמצאים חומרי התשמורת המשמשים כמקור מזון עבור העובר עד הנביטה ועד לשלב שבו לנבט יש עלים ירוקים ויכולת לבצע פוטוסינתזה ולהזין את עצמו (פולק, גרדי, & קורן, 1998). חומרי התשמורת מכילים חלבונים, פחמימות ושומנים המזינים את הנבט ומשמשים לו אבני בניין עד התפתחותו לצמח עצמאי. כמות חומרי התשמורת שהזרע צריך תלויה בתכונותיו, זרעים אשר אור השמש מעודד את נביטתם אלו זרעים קטנים בהם האנדוספארם מועט. זרעים אלו נובטים קרוב לפני הקרקע כך שמיד עם נביטתם יוכלו להתחיל תהליך של פוטוסינתזה. לעומתם, זרעים גדולים מתחילים את הנביטה עמוק יותר בקרקע, כדי לבסס את בית השורשים לפני החשיפה מעל פני הקרקע, מה שמתאפשר כתוצאה מהשימוש בחומרי התשמורת הנמצאים בהם בכמות רבה יותר. חומרי תשמורת מסופקים גם מהפסיגים כאשר במהלך הנביטה מתרחשים בהם שינויים המאפשרים לעובר לנצל את החומרים שבהם לגדילתו ולהפקת אנרגיה. (שדה & אמיר, 2011)

החלק השלישי הוא הקליפה המתפתחת בתהליך הרבייה מהמעטה של הביצית, ומקורה ברקמה של צמח האם (פולק, גרדי, & קורן, 1998). זוהי השכבה החיצונית העוטפת את הזרע ומגנה על החלקים הפנימיים מפני פגיעות ונזקים העלולים להיגרם מחיכוך עם הקרקע, חדירת גורמי מחלות ונזקים כתוצאה מפגעי הסביבה או בעלי חיים במצבו הרדום (שדה & אמיר, 2011)

2.1.1 תרדמת זרעים

תרדמת הזרע היא אינדיבידואלית בהתאם לסוגי הזרעים השונים, יש זרעים שנובטים מיד עם פגישתם הראשונה עם מים ויש זרעים שמשך אי פעילותם נמשך זמן רב ונדרשת חשיפה ממושכת למים כדי להביאם לנביטה. זרעי צמחים נשמרים במצב של אי פעילות בתנאים של יובש ויכולתם לצמוח תלויה בכמות המים בסביבתם. אחת הסיבות לכך שזרע לא נובט מיד בתום הבשלתו, היא שתכולת המים שבו היא נמוכה ולכן הוא נובט רק לאחר שהוא נחשף למים שחדרו לתוכו. תכולת המים בזרע היא מזערית לעומת תכולת המים ברקמות הצמח ולכן קצב פעולות החיים המתרחש בזרע הוא איטי ביותר ומאפשרת את מצבו הרדום (בתום התפתחות הזרעים על צמח האם הם מתייבשים בשל התנתקותם ממערכת הובלת המים שלו). כאשר הזרעים במצב יבש הם ישמרו לאורך זמן, הודות למצב זה הם יכולים לשרוד בתנאי יובש וטמפרטורה קיצוניים. השהייה במצב תרדמה היא תכונה חשובה של זרעים משום שהיא מאפשרת לזרע לנבט בתנאים המתאימים ביותר לנביטה לצמיחה ולייצור דור חדש של

² בתהליך יצירת תא הרבייה הנקבי של הצמח הגרעין מתחלק ושני הגרעינים שנוצרו נעים לקטבים מנוגדים (א.פאהן, 1993).

זרעים ובנוסף היא מאפשרת את פיזור הזרעים במרחב לפני נביטתם. מנגד לשהייה ממושכת במצב תרדמה ולהפצה במרחב ייתכנו גם חסרונות והם הגדלת הסכנה שהזרעים יותקפו או ייפגעו על ידי גורמי מחלה כמו פטריות או ייפגעו בשריפה במהלך התרדמת או שיגיעו למקום שבו אין תנאים מתאימים לנביטה ולהמשך התפתחות הנבט (שדה & אמיר, 2011).

השונות בין סוגי הזרעים מתבטאת גם בתגובתם לתנאי סביבה המאפשרים נביטה, חלק מסוגי הזרעים הינם בעלי קליפה עבה שמונעת את כניסת המים אל תוך הזרע וחלק מסוגי הזרעים מכילים על פני השטח חומרים מעכבי נביטה. יציאת הזרעים ממצב התרדמה תלויה בסילוק הגורמים שמשרים את התרדמה. בזרעים בעלי קליפה קשה זירוז הנביטה יתבצע באמצעות שחיקת הקליפה באופן מכאני או כימי כך שתתאפשר כניסת מים אל תוך הזרע. זרעים בהם נוכחות מעכבי הנביטה גדולה יותר תידרש שטיפה במים על מנת לשטוף את הזרע מהחומרים המעכבים (שדה & אמיר, 2011) (בונר & גאלסטון, 1955).

2.2 תהליך הנביטה

הנביטה, היא שלב קריטי בחייו של הצמח שמושפע ממועד הנביטה ומקום הנביטה, אלו קובעים במידה רבה את סיכוייו של הנבט להתפתח לצמח בוגר.

מנגנוני הבקרה ליציאה מתרדמת מבוססים על יכולת הזרע לחוש באותות המעידים על התנאים בסביבתו, כגון נוכחות מים, מספר שעות אור, אוורור וטמפרטורה.

תהליך הנביטה כולל מספר שלבים המתקיימים ברצף בזה אחר זה:

המים הם השלב הראשון וההכרחי להוצאת הזרע משלב התרדמה. תכולת המים בזרע היא נמוכה מאוד וכאשר הזרע סופג מים הוא תופח, כתוצאה מכך הקליפה נסדקת ומתאפשרת כניסת חמצן לתוך הזרע. החמצן דרוש להאצת תהליכי חילוף החומרים וליצירת החלבונים והרקמות, הדרושים להתפתחות תאי העובר. חומרי התשמורת שבאנדוספרם מספקים את האנרגיה הזמינה הדרושה בתהליך הנביטה (שדה & אמיר, 2011).

השורשון המתפתח בוקע מתוך קליפת הזרע וצומח כלפי מטה, לאחר הבקיעה השורשון מתפתח בתוך הקרקע וקולט ממנה את חומרי ההזנה והמים הדרושים לצמיחתו.

בהמשך הנצרון מגיח כשהוא כפוף מעט, מהנצרון מתפתח הגבעול אשר מתיישר וצומח כלפי מעלה, בקצה הגבעול נמצאים הפסיגים.

מתוך הגבעול צומחים העלים הראשונים של הצמח ומתחיל תהליך הפוטוסינתזה, בשלב זה הצמח נהייה עצמאי בייצור המזון הדרוש להתפתחותו (גלים מדע וטכנולוגיה), (עמיר, 2012).

2.2.1 השפעת גורמי סביבה על נביטה

הנביטה מושפעת מכמה גורמים בו זמנית העיקריים שבהם הם כאמור רטיבות, אור, טמפרטורה וריכוז החמצן. ההשפעה של האור על הנביטה תלויה באופיו של הזרע והנבט. יש זרעים שהאור מעודד את נביטתם, בדרך כלל אלו זרעים קטנים בעלי מעט חומרי תשמורת, בהם חשוב שהנביטה תתרחש סמוך לפני הקרקע, כך שיש סיכוי גדול שהנצרון המתפתח יגיע לפני הקרקע וייחשף לאור לפני ניצול כל מלאי חומרי התשמורת בזרע. מנגד, עיכוב נביטה באור מגדיל את הסיכוי שהזרע ינבוט בעומק האדמה לאחר שהתפתחה מערכת שורשים ונצרון חזקים יותר, בדרך כלל מדובר בזרעים גדולים בעלי חומרי תשמורת רבים. (שדה & אמיר, 2011).

הטמפרטורה משפיעה על וויסות תהליכי חילוף החומרים והתפתחות העובר ומכאן על קצב ושיעור הנביטה.

האזור חשוב כדי לאפשר הגעת חמצן מהסביבה אל העובר שמתחיל להתפתח מיד לאחר תפיחת הזרע (התפתחות העובר תלויה בהגברת קצב הנשימה התאית) (עמיר, 2012). גורמים נוספים העשויים להשפיע על הנביטה הם לחות הקרקע, ריכוז המלחים בה ונוכחות חומרים מעכבי או מזרזי נביטה.

גורמים אלו משפיעים לא רק על הנבט אלא גם על מיקרו אורגניזמים שונים הנמצאים בקרקע שמשפיעים גם הם על תהליך הנביטה. אם כגורמי או מונעי מחלות, ואם בהשפעה ישירה על הזרע כגון פירוק קליפת הזרע או באמצעות הפרשת חומרים שיכולים לשמש הן כחומרי מזון או כחומרים מעכבים (כהנא, 2006). השמירה על קרקע לחה, החשובה להנבטת הזרעים, עלולה לעודד גם התפתחות של בקטריות ופטריות בקרקע אשר עשויות לפגוע בזרע או להתחרות על מקורות המזון של הנבט.

2.3 מיקרואורגניזמים מועילים בקרקע

מיקרואורגניזמים, בעלי חיים וצמחים נמצאים בקרקע תמיד בצורה פעילה או רדומה, ומאופיינים ביכולתם להגיב במהירות ולשנות את קצב פעילותם בפרקי זמן קצרים בהתאם לשינויי הסביבה (להב, 1984). חיידקים ופטריות שוכני קרקע יכולים לסייע לצמחים לגדול ולהתפתח, לחזק תגובות חיסוניות ולהדוף מזיקים. אוכלוסייה זו מושפעת מגורמים רבים, כאשר הקרקע לחה עולה קצב הפעילות של החיידקים והפטריות התוקפים את החומר האורגני³, כתוצאה מכך גדלה אוכלוסייתם. סוג האוכלוסייה הגדלה תלוי בגורמי סביבה למשל קרקע לחה ודחוסה מעודדת התרבות של פטריות וחיידקים פתוגניים.

³ חומרים אורגניים הם תרכובות פחמן שיוצרו על ידי אורגניזמים.

כיום, במטרה לענות על הביקוש העולמי למזון, מחפשים אחר דרכים חדשות להגדלת היבול באותה יחידת שטח חקלאי ואחת הדרכים היא ניצול של המארג שבו מתקיימים יחסי גומלין בין גידולים חקלאיים, אוכלוסיות חיידיקים, הקרקע ומזג האוויר (האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, 2015).

הגישה הזו, הדוגלת בגיוס חיידיקים הנחשבים מועילים, נקראת פרוביוטיקה ולה שתי מטרות: הראשונה- למנוע התפתחות של אוכלוסיית חיידיקים פתוגניים⁴ והשנייה- לעודד תהליכים טבעיים מועילים (כללית, 2006). ניתן להתייחס אל העולם המיקרוביולוגי בטבע כמורכב משלוש קבוצות עיקריות של מיקרואורגניזמים: כאלו המועילים כ-10%, כאלו המזיקים כ-10% ו"אופורטוניסטים"⁵ כ-80%. במידה וכמות המיקרואורגניזמים המזיקים לצמח עולה על זו של המועילים, ה"אופורטוניסטים" יתאימו את עצמם אליהם. מה שיגרום לכך שכ-90% מהמיקרואורגניזמים במערכת הנבדקת עלולים להיות מזיקים, וכך גם בכיוון השני (למזלנו) (EM ישראל, 2018). הוספת פרוביוטיקה לסביבת הצמח, של חיידיקים או פטריות בעלי יכולת להרתיע מזיקים או לקדם את הצמיחה, יכולה להטות את המאזן לכיוון החיובי ולסייע גם בנביטת זרעים והתבססותם בקרקע. עם זאת, קיים חשש שיישום ארוך-טווח של פרוביוטיקה בצמחים עשוי להאיץ את ההתרבות של מיקרואורגניזמים מסוימים ולגרום להכחדתם של אחרים ובכך לשבש את הדינמיקה הטבעית בקרקע. למרות זאת, במחקרים שנערכו בנושא, נמצא כי צמחים משקיעים כ-30% מן האנרגיה שלהם כדי למשוך חיידיקים מועילים ולדחות חיידיקים לא רצויים. מכאן, שלהוספת פרוביוטיקה לקרקע פוטנציאל להוות שיטה טובה ובריאה, שניתן להציע בתחום החקלאות, לשיפור סביבת הגידול ושיפור העמידות של הצמחים. שימוש בחיידיקים טבעיים, שנלקחים מקרקע חקלאית, גדלים במעבדה ומוחזרים לשדה, עשוי להיות פתרון מופחת סיכונים ולעורר פחות מחלוקות לעומת אלו של פיתוח "יצורים מהונדסים גנטית" (הידען, 2017).

בחלק גדול מן התכשירים המוצעים כיום בשוק ניתן למצוא תמהיל של:

- חיידיקים פוטו סינטטיים, המעשירים את הקרקע בחומרי הזנה.
 - שמרים, המעורבים בתהליכי תסיסה ומייצרים סוכרים פשוטים, ויטמינים וחומצות אמיניות (המספקים מזון זמין לשאר המיקרואורגניזם בקרקע).
- וחיידיקים שמייצרים חומצה לקטית, ולהם יכולת לעכב גידול של גורמי מחלות כגון פטריות וכך לשמור על בריאות הצמח (האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, 2015)

⁴ חיידיקים מחוללי מחלה.

⁵ מי שמתאים את עצמו ומנצל הזדמנויות לרווחתו.

2.4 EM בוקאשי כמטייב קרקע

EM בוקאשי, משמש בעיקר כמטייב לקרקע, מבוסס על תרבויות של חיידקים ומיקרו-אורגניזמים בתערובת שפותחה לשיפור מצע גדילת הצמחים ולהשפעה חיובית על קצב גדילתם. זהו תכשיר המכיל תערובת של חיידקים מסוג לקטובצילוס (המשמשים להתססת מזון כגון ירקות מוחמצים, גבינה, יין, לחם וכדומה), וכן התערובת מכילה גם שמרים וסוג של בקטריה פוטוטרופית⁶. כאמור, סוג המיקרואורגניזמים בקרקע משפיע על מידת התמיכה של הקרקע בצמח, במערכת בה המיקרואורגניזמים המיטיבים הם הדומיננטים בדרך כלל ימצאו החומרים הבאים בריכוז גבוה: נוגדי-חימצון, חומצות-אמינו, ויטמינים, רב-סוכר וחומצות אורגניות⁷, מערכת אקולוגית כזו תהיה מערכת מאוזנת ובריא שמיכלה נוטרינטים⁸ זמינים. מקורם של רוב המיקרואורגניזמים בתכשיר הוא מתוך הצמח עצמו או מהקרקע שבסביבת השורשים של הצמח (EM ישראל, 2018).

אזור הקרקע הצמוד לשורשים נקרא ריזוספירה והוא מאופיין במים, בחומרי הזנה מינרליים ואורגניים אשר מקורם מהקרקע, ובנוסף בהפרשות של הצמח עצמו. מכלול זה הופך את האזור לאטרקטיבי עבור חיידקים ומתבצעות בו פעילויות מיקרוביאליות כתוצאה מסינרגיה⁹ בין הקרקע, שורשי הצמח והמיקרואורגניזמים. משורשי הצמח מופרשים חומרים ההכרחיים לקיום החיידקים אל אזור הריזוספירה המספקים מקור של חומרים מזינים לחיידקים. כתוצאה מכך הסביבה הזו מושכת אליה יצורים רבים – חיידקים, פטריות ואורגניזמים קרקעיים אחרים, כך שהחיידקים המועילים לצמח צריכים להיות תחרותיים מאוד על מנת לאכלס בהצלחה את אזור השורש. חלק מהאורגניזמים המאכלסים את הריזוספירה יכולים לחדור לתוך הצמח ולהשפיע על הרכב האנדוספירה¹⁰, חיידקים אלו יכולים להיות ניטרליים או מזיקים לצמח בעוד חלקם יכולים להקנות לו תועלת רבה. החיידקים המועילים עשויים ליצור מערך של מנגנונים המובילים למשוב חיובי של יישוב חיידקים במערכת השורש על ידי הפרשות של מטבוליטים משניים, כדוגמת אנטיביוטיקות, המעניקים יתרון כנגד מיקרואורגניזמים אחרים כולל אלו הפתוגנים לצמח (מלול, 2019). ההנחה היא שמקורם של החיידקים האנדופיטים הוא בדרך כלל בקרקע שבה הצמח המאכסן גדל. מצד שני, גורמים שונים בקרקע הם אלו שקובעים אילו חיידקים יתבססו בה ובעקבות כך גם יקבע הרכב החיידקים בצמח (חסון, 2017). בהתאם לכך, העשרת סביבת הריזוספירה בחיידקים מועילים לצמח ממקור טבעי עשויה להשפיע על אוכלוסיית החיידקים האנדופיטים ובריא את הצמח.

⁶ בקטריה המבצעת פוטוסינתזה

⁷ תרכובת אורגנית בעלת קבוצה חומצית אשר ה-pH שלה בתמיסה מיימית נמוך מ-7.

⁸ חומרי הזנה

⁹ התוצאה יותר גדולה מסכום חלקיה

¹⁰ הסביבה בתוך הצמח המיושבת על ידי חיידקים

לכן EM בוקאשי המכיל כאמור תרכיז מיקרואורגניזמים, מתוך הצמח עצמו או מסביבת השורשים, על מצע מוצק, עשוי לייצר בקרקע מאזן מיקרוביולוגי חיובי שיגרום להתמעטות פתוגנים ויגביר את זמינות יסודות ההזנה.

2.5 צמח הפלפל

הפלפל משתייך למשפחת הסולניים הכוללת גם את החציל, הדודא, תפוח האדמה, והעגבנייה. פירות הפלפל הם עגולים או מוארכים במגוון צבעים כגון אדום, צהוב, כתום, סגול, ירוק בהיר או ירוק כהה (ויקיפדיה, 2018). פרי הפלפל מתפתח מהפרח, לפרח חמישה אבקנים ועלי אחד. ההאבקה נעשית על-פי רוב באופן עצמי והפרי המתקבל לאחר ההפריה הוא ענבה. האבקה לפלפל מתבצעת על ידי דבורים, בגידול ביתי צריך האבקה ידנית (ויקיפדיה, 2018).

הרכב קלורי: 1.0% חלבונים, 7.5% פחמימות, 0.3% שומנים, 28 קלוריות.

הרכב ויטמינים ומינרלים ב- 100 גרם פלפל :

C: 135 mg, B1: 0.07 mg, B2: 0.09 mg, B6: 0.25 MG, 1.6 מ"ג בטא קרוטן, 4.0 מ"ג גנתן, 12 מ"ג מגנזיום, 0.5 מ"ג ברזל, 7 מ"ג סידן, 190 מ"ג אשלגן, 2.50 מ"ג סיבים תזונתיים (עין ייב, אין תאריך).

מתברר שיש תמורה לאכילת פלפל חריף, ממחקר של יותר מחצי מיליון איש נמצא שאנשים שצרכו מאכלים חריפים פעם או פעמיים בשבוע, היו בסיכון מופחת של 10% לתמותה, מאלו שאכלו את המאכלים האלו לעיתים נדירות (שימקוביץ & משיח-ארזי, 2015).

2.5.1 תנאי הנבטה וגידול פלפל

הזרע זקוק לטמפרטורה של 25 עד 28 מעלות צלזיוס (הזרעים אומנם ינבטו בטמפרטורות נמוכות וגבוהות יותר, אך זה הטווח המומלץ ביותר) ולחות (לא רטיבות). זרע הפלפל הוא קטן ואינו מכיל כמות רבה של חומרי תשמורת ולכן מיד לאחר הנביטה הצמח זקוק לאור כדי לייצר עבורו את המזון. נבט שלא מקבל את כמות האור הנחוצה יגדל בצורה מאורכת, שברירית והתפתחותו תתעכב (מה שלא כדאי). (שוסטר, 2009)

מרחק זריעת הפלפל הוא 3 ס"מ ועומק זריעתו 0.5 - 1 ס"מ.

זמן הנביטה הוא בין 5-10 ימים.

הצמח רגיש לקרה ולכן שותלים אותו בעונת האביב או בחממות. תנובת הפלפל מתחילה בעונת האביב 60-90 ימים לאחר הזריעה (אורגניקו, אין תאריך).

3 מערך מחקר

3.1 נושא העבודה:

השפעת הטענת EM בוקאשי במצע שתילה על נביטה והתבססות של זרעי פלפל.

3.2 בעיית המחקר:

הנביטה היא שלב חשוב מאוד במחזור חייו של הצמח מכיוון שמועד הנביטה ומקום הנביטה קובעים במידה רבה את סיכוייו של הנבט להתפתח לצמח בוגר, לשרוד ולהעמיד צאצאים. (שדה & אמיר, 2011)..

בשלב הראשוני הנבט רגיש לתנאים סביבתיים, לחיידקים ולמחלות ולכן חשוב לבחון השפעה של הוספת חומרים שמטרתם ליצור סביבה מגינה ולשפר את עמידות הנבט. כאמור חברת (Effective Microorganisms) EM פיתחה מוצר המבוסס על תרביות של חיידקים ומיקרו-אורגניזמים בתערובת שנועדה לשיפור מצע גדילת הצמחים ולהשפעה חיובית על קצב גדילתם.

מטרת העבודה הייתה לבחון האם הוספת EM בוקאשי (תוסף מוצק) משפיעה ומשפרת את אחוזי הנביטה ומדדי הצמיחה של זרעי פלפל.

3.3 תכנית הניסוי

בדקנו את הנביטה של זרעי פלפל בארבעה טיפולים שונים, אחד ללא תוספת של EM בוקאשי ועוד שלושה הרכבים המכילים אחוזים שונים של EM בוקאשי (2%, 4%, 6%). בוצעו 4 חזרות מכל טיפול במגשי הנבטה שונים, גודל מגדם בטיפול 50 זרעים, סך הכל 200 פריטים לטיפול כל הזרעים הונבטו באותם תנאים ועקבנו אחר הנביטה והתפתחות הצמח.

3.4 שאלות המחקר:

1. האם הטענת EM בוקאשי משפיעה על אחוזי נביטה והתבססות של צמח פלפל ובאיזה אופן?

2. מהי ההשפעה של אחוז (%) ה-EM בוקאשי בתערובת השתילה על אחוזי הנביטה והתבססות של צמח הפלפל?

3.5 השערות המחקר:

ההשערה הייתה שהוספת בוקאשי לקרקע תשפר את אחוזי הנביטה, כתוצאה מהעשרת המצע בחיידקים פרוביוטים, ותתרום לקצב התפתחות הצמח לעומת מצע שתילה שאינו מכיל בוקאשי עד לגבול שממנו לא יראה הבדל.

3.6 משתנה הבלתי תלוי-

נוכחות וכמות (%) נפחי EM בוקאשי

3.7 טבלת טיפולים:

4 טיפולים- 0%, 2%, 4%, 6% בוקאשי

מכל טיפול 4 חזרות, גודל מדגם 50 יחידות לחזרה. סה"כ 200 יחידות לכל טיפול. מצורף תיאור סכמתי של החזרות.

חזרה 3

2%	0%	6%	4%
----	----	----	----

חזרה 1

6%	4%	2%	0%
----	----	----	----

חזרה 4

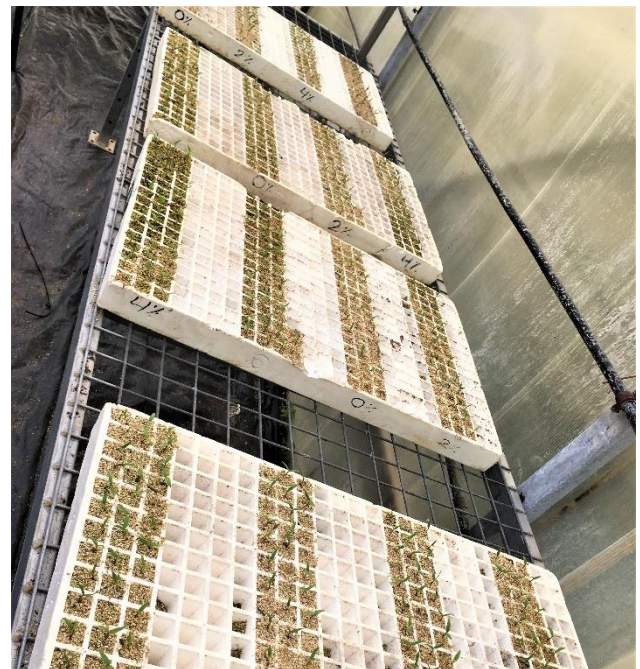
0%	6%	4%	2%
----	----	----	----

חזרה 2

4%	2%	0%	6%
----	----	----	----

תמונה 1: סימון המגשים

תמונה 2: מגשי הזריעה



צולם על ידי נעם חבר בתאריך 28.04.2018

המשתנים התלויים בניסוי זה היו משתנים וגטטיביים של אחוז נביטה ומדדי צמיחה והתפתחות.

טבלה 1: טבלת מדדים

מדד	יחידות	תיאור המדידה (תדירות, גודל מדגם ו..)
מדדים וגטטיביים		
אחוז נביטה	%	מספר הנבטים
גובה הנבט	סנטימטרים	מדידת הגובה נבדקה מהקרקע ועד קצה עלי הפסיג כשהם סגורים כל שלושה ימים.
שטח עלה אמיתי ראשון = אורך X רוחב (ללא תיקון)	סנטימטר מרובע	מדידת אורך ורוחב פעם בשבוע נעשתה באמצעות סרגל כאשר העלה מגיע לאורך 2 ס"מ עד להתייצבות.
שטח עלה אמיתי שני = אורך X רוחב (ללא תיקון)	סנטימטר מרובע	מדידת אורך ורוחב פעם בשבוע נעשתה באמצעות קליבר כאשר העלה הראשון מפסיק לגדול.
קוטר גבעול	מילימטר	מדידה באמצעות קליבר פעם בשבוע (מתחת לעלי הפסיג)
משקל השתיל כולו	גרם	הפסקת השקיה יום לפני, ניקוי המצע מהשורשים ושקילה במאזניים
שקילת הנוף	גרם	הפרדת הנוף מבית השורשים ושקילתו
יחס בין נוף לשורש	-	חישוב
כלורופיל	מיקרוגרם כלורופיל לליטר ממס	מיצוי כלורופיל באתנול ובדיקה ספקטרופוטומטרית (שיטה תפורט בהמשך)

3.8 בקרה וגורמים קבועים:

הניסוי כלל בקרה חיצונית של מצע ללא תוספת של EM בוקאשי ובקרה פנימית של השוואה בין שלושה טיפולים בהטענה שונה של בוקאשי. הגורמים הקבועים:

- תנאי גידול אחידים : מועד זריעה וזמן הנבטה, כמות האור, טמפרטורה (25-28 מעלות), השקיה בערפול בזמנים וכמות זהים.
- כמות אדמה וסוג האדמה- תערובת שתילה לשתלנים ללא דשן.
- מקור הזרעים- זרעי גדרה זן 1080.
- גודל בית הזרע-מגש דפוס תבנית (1.5").

טבלה 2: חומרים:

שם החומר	שם היצרן/ מקור החומר
EM בוקאשי	חברת EM
תערובת שתילה לשתלנים	תערובת זוהר- "טוף מרום גולן"
זרעי פלפל מזן 1080	זרעי גדרה
וורמוקולט טחון דק (מספר 2)	חברת אגריקל מושב הבונים

טבלה 3: כלים וציוד בדיקה:

שם המכשיר	דגם	שם היצרן	טווח ודיוק
קליבר	STAINLESS HARDENED	Apogee INSTRUMENTS	0.01mm
משורה 1000ml	-	-	±0.01 ml
סרגל 30cm	-	-	±0.01 mm
ספקטרופוטומטר	GENESYS 10S UV-VIS	Thermo scientific	עוצמת בליעה ±0.002A אורך גל ±2nm

3.9 שיטות עבודה

את הזרעים זרענו בחודש פברואר שזו איננה עונת הגידול של צמחי הפלפל. נזרעו 800 זרעי פלפל מזן 1080 במגש דפוס תבנית (1.5"), בכל בית זרע נשתל זרע אחד על מצע תערובת שתילה לשתלנים ללא דשן בארבעה מגשים. כל מגש הכיל את ארבעת הטיפולים בהם בוקאשי במינון שונה.

הכנת המצע –

הוכן מצע שתילה בנפח של 1000 מ"ל באופן הבא:
 בקרה - נמדדו במשורה 1000 מ"ל תערובת שתילה ללא תוספת.
 טיפול של 2% - נמדדו 980 מ"ל תערובת שתילה + 20 מ"ל בוקאשי במשורה והועברו לכלי בנפח של כ-3-4 ליטרים לערבוב.
 חזרנו על הפעולה והפעם טענו נפח של 40 ו-60 מ"ל בהתאמה לשאר הטיפולים. וכך גם יצרנו תבניות של 4% ו-6% בוקאשי.

שלבי השתילה –

- חיטוי שולחן החימום עליו יהיו מגשי הזרעים באקונומיקה מהולה במים (10%).
 - נמדד נפח של 1000 מל תערובת שתילה במשורה והוטען באחוז בוקאשי רצוי, והועבר למגש דפוס תבנית (1.5") ללא דחיסה של המצע (הזרעים זקוקים לחמצן כדי לנבוט, לכן מומלץ היה לבצע את ההנבטה במצע מאוורר).
 - לזריעת זרעי הפלפל יצרנו גומה בעומק של 0.5 ס"מ בכל תבנית, הנחנו זרע אחד וכיסינו בוורמוקוליט טחון דק (תמונה מספר 1), בשכבה דקה לכיסוי הזרע.
 - בחודש הראשון הזרעים הונבטו בשולחן מחומם מכוסה ביריעת ניילון בטמפרטורה של 25-28 מעלות צלסיוס, בשבוע הראשון עטפנו את מגשי ההנבטה בניילון נצמד שהוסר לאחר מכן.
 - לאחר חודש הצמחים הועברו לחלל החממה כדי לאפשר קליטת אור שמש והושקו בהשקיה אחידה בריסוס עדין (נבדק באמצעות פיזור כוסות על השולחן ובדיקת אחידות מילוי לאחר מספר מחזורי השקיה).
- ערכנו ארבע חזרות של מגשי זריעה, אשר בהן מוקמו הטיפולים השונים באזורים שונים של המגש על מנת לוודא שגורמים שאמורים להיות אחידים כמו תאורה או טמפרטורה לא ישפיעו על התפתחות הצמחים.

שיטת שילוט -

הסימון היה על המגשים לפי טיפולים. בכל חזרה כתבנו על מגש דפוס תבנית בלורד את אחוז הבוקאשי בקרקע בטיפול המסומן. הסימון התבצע לפי שורות של טיפולים בכל מגש.

שיטת השקייה -

מעל שולחן ההשרשה נפרס צינור 16 מ"מ שעליו היו מחוברים מתזי ערפול ספיקה 5.5 ליטר\שעה של חברת נטפים. המערפלים היו מוצבים במרחקים של כ-80 ס"מ בין מערפל למערפל על מנת ליצור חפיפה בהרטבה מעל מגשי ההנבטה. הצינור 16 מחובר לברז חשמלי של חברת גלקון ולאחר שהוא מקבל פקודה ממחשב ההשקייה הוא נפתח. ההשקייה התבצעה שלוש פעמים ביום- בוקר,צהריים ואחר הצהריים, כאשר משך ההשקייה היה כשתי דקות לכל השקייה. לאחר הנביטה שינינו את זמן ההשקייה לשתי השקיות ביום של חמש דקות. השקיה במים בלבד ללא דשן.

3.10 שיטת מדידה

נביטה -

אופן- תצפית וספירה של הנבטים.

תדירות- ספירה כל 5 ימים בממוצע.

מדידה ראשונה- 18/02/2019

מדידה אחרונה- 17/03/2019

מספר המדידות- 6

גובה -

אופן- מדידה בסרגל לפי ס"מ. מותחים את העלים כלפי מעלה ומודדים את גובה הצמח.

גודל מדגם- 10 צמחים, שנבחרו באופן אקראי, מכל חזרה ומכל טיפול. סה"כ 160 צמחים שנמדדו בעקביות.

תדירות- כל 7 ימים בממוצע.

מדידה ראשונה- 05/03/2019

מדידה אחרונה- 07/05/2019

מספר מדידות- 8

קוטר גבעול-

אופן- המדידה החלה מהרגע בו העלים האמיתיים הראשונים סיימו לגדול. מדידה באמצעות קליבר.

גודל מדגם- 10 צמחים שבהם נמדד גם הגובה. סה"כ 160 צמחים שנמדדו בעקביות.

תדירות- כל 12 ימים בממוצע.

מדידה ראשונה- 25/03/2019

מדידה אחרונה- 30/04/2019

מספר המדידות- 3

שטח עלה אמיתי-

אופן- מדידה חד פעמית, נמדד אורך ורוחב לעלה הכי גדול באמצעות סרגל והשטח חושב מהכפלה ביניהם ללא תיקון.

גודל מדגם- 10 צמחים אקראיים מכל טיפול ומכל חזרה. סה"כ 160 צמחים שנבדקו.

תאריך מדידה- 30/04/2019.

משקל טרי-

אופן המדידה- שטפנו את השורשים מאדמה. ביצענו שקילה במשקל של כל הצמח. לאחר מכן הפרדנו את הנוף מהשורשים ושקלנו כל אחד בנפרד גודל מדגם- 11 צמחים מכל טיפול ומכל חזרה. סה"כ 176.

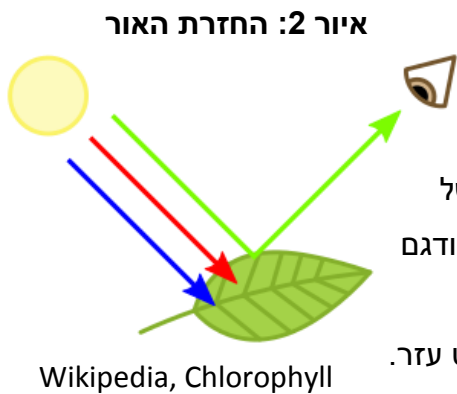
משקל יבש-

טמפרטורת ייבוש- 75 מעלות צלסיוס בתנור

זמן היבוש- 24 שעות

בדיקת כמות כלורופיל -

הפיגמנט העיקרי הקולט את האור בתהליך הפוטוסינתזה הוא הפיגמנט הירוק- הכלורופיל.



צבעו של הכלורופיל נקבע לפי תכונות הבליעה והחזרה שלו המקנים לעלה את הגוון הירוק. האור המוקרן מהשמש הוא תערובת של קרינה באורכי גל שונים, צבעו של עצם נקבע לפי אורכי הגל שאינם נבלעים בו ומוחזרים, לדוגמה הצבע הירוק של העלה נובע מבליעה של קרינה בתחום אורכי הגל האדום והכחול והאור המוחזר הוא ירוק (כמודגם באיור 2). קיימים שני סוגי כלורופיל- כלורופיל a ו-b. כלורופיל a הוא

הפיגמנט העיקרי בתהליך הפוטוסינתזה ואילו כלורופיל b הוא פיגמנט עזר. תכונה זו של בליעת אור באורכי גל ספציפיים מנוצלת לקביעת ריכוז הצבען

בשיטה הנקראת ספקטרופוטומטריה. כדי למדוד במדויק איזה אור נבלע על ידי הכלורופיל, מקרינים אור על מולקולות כלורופיל מבודדות ובודקים את מידת בליעתו של האור באורך גל מסוים. על סמך המדידות האלו מתקבל ספקטרום הבליעה. מתוך ספקטרום הבליעה של הכלורופיל נמצא שלכלורופיל a בליעה באורכי גל 420nm ו-663nm וכלורופיל b- 453nm, 645nm (ודר-וייס, 2002). בשיטת הבדיקה בה השתמשנו מדדנו בליעה בשני אורכי הגל 663 (a) ו-645 (b).

תהליך הבדיקה: בדיקה ספקטרופוטומטרית למיצוי באתנול. נקטפו עלים באופן רנדומלי

מכל חזרה ומכל טיפול (בנפרד) בכמות של 1 גר' (סה"כ 16 דגמים). העלים נקצצו והועברו לארלנמייר של 250 מ"ל והוספו להם 50 מ"ל אתנול 80% (הורס את הממברנות ומשחרר את הפיגמנטים) ומעט מגנזיום קרבונאט, בקצה הספטולה (שומר על מבנה הכלורופיל).

הארלנמיירים כוסו בזכוכית שעון וחוממו על פלטה במשך חצי שעה, למיצוי הכלורופיל. לאחר מכן סוננה התמיסה מהעלים באמצעות נייר סינון ונאספה לבקבוק כיוול של 100 מ"ל, חוזרים על תהליך המיצוי עם מנה נוספת של אתנול 80% עד שהעלים הופכים ללבנים. והמיצוי הנוסף אוחד עם המיצוי הקודם בתוך בקבוק הכיוול, הנפח הושלם ל-100 מ"ל באמצעות מים מזוקקים.

התמיסות נשמרו במקום קריר וחשוך מאחר וכלורופיל A מתפרק באור. מכל תמיסה הוצאה דגימה לבדיקה בספקטרופוטומטר ונמדדו ערכי הבליעה של כל דגימה באורכי גל 663nm ו-645nm.

כמות הכלורופיל בכל מדגם חושבה בעזרת הנוסחאות הבאות.

חישוב כמות הכלורופילים:

1. כלורופיל a: $\text{Chlorophyll a (mg/ml)} = (0.0127 \times \text{Abs } 663) - (0.00269 \times \text{Abs } 645)$

2. כלורופיל b: $\text{Chlorophyll b (mg/ml)} = (0.0229 \times \text{Abs } 645) - (0.00468 \times \text{Abs } 663)$

3. כלורופיל כללית (a+b): $\text{Chlorophyll a+b (mg/ml)} = (0.0202 \times \text{Abs } 645) + (0.00802 \times \text{Abs } 663)$

גודל מדגם- כ-12 עלים מכל טיפול ומכל חזרה.

תאריך מדידה- 22/05/2019

תמונה 3: שלב המיצוי



תמונה 4: תמיסות מיצוי הכלורופיל



תמונה 5: עלים שמוצה מהם הכלורופיל



תמונה 6: בדיקה הספקטרופוטומטרית



צולם על ידי חבר נעם בתאריך 22/05/2019

שיטת ריכוז התוצאות והממצאים

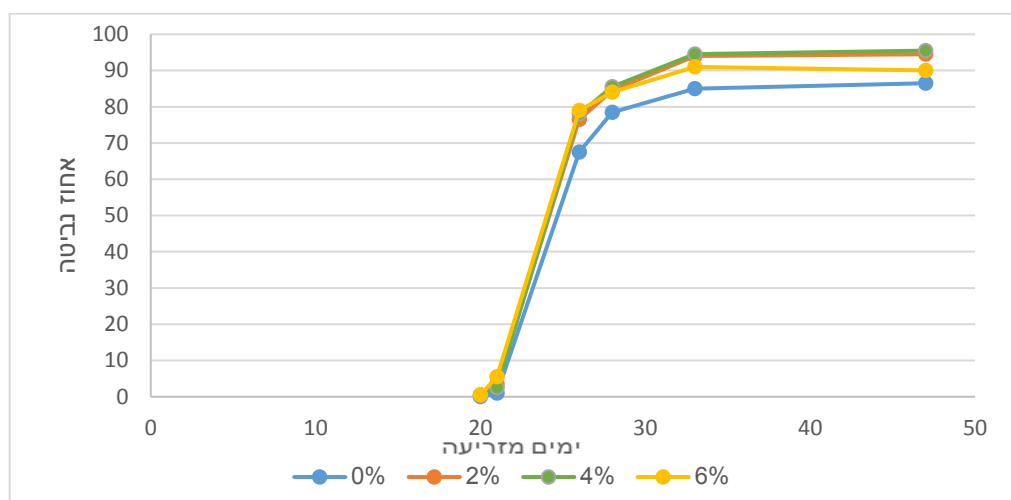
תיעוד באמצעות כתיבה ביומן עבודה והכנסת התוצאות לאקסל לעיבוד סטטיסטי והצגה גרפית.

4 תוצאות

תוצאות העבודה יוצגו לפי הקטגוריות הבאות:
שלב א'- נביטה
שלב ב'- התפתחות הצמח- מדדים וגטיביים
התוצאות עובדו בתכנת אקסל. נערכו ממוצעים וסטיות תקן. כל התוצאות מוצגות בגרפים.

4.1 שלב א'- נביטה

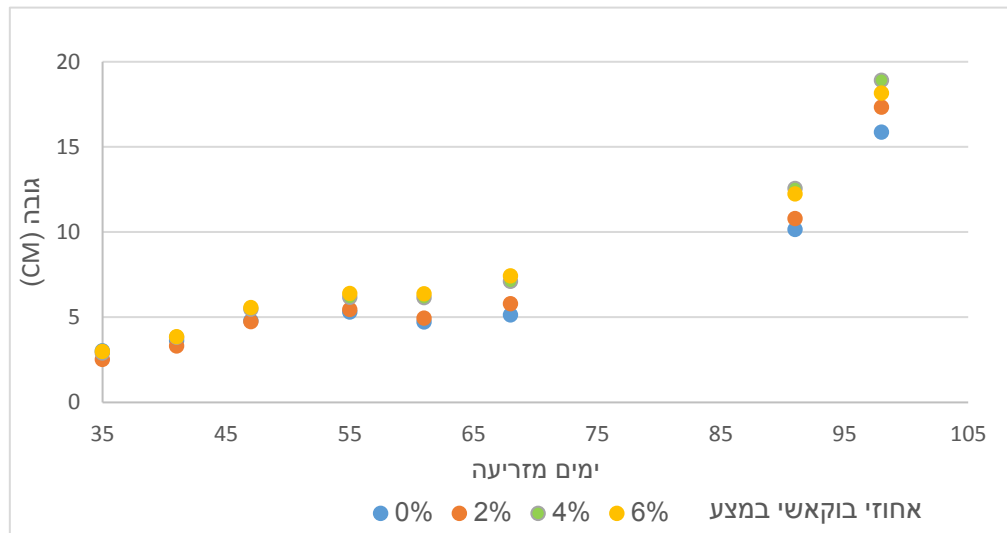
גרף 1: אחוזי נביטת הפלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים



מתוך הגרף אפשר לראות שעד ליום ה-20 לא הייתה נביטה בכל הטיפולים ומיום זה נראתה נביטה בכל הטיפולים.
העלייה באחוזי הנביטה דומה בכל הטיפולים ומהיום ה-33 התקבלה נביטה מלאה (לא נבטו יותר זרעים). בטיפול הבקרה (0%) אחוז הנביטה היה נמוך יותר מאשר בטיפולים בהוספת בוקאשי, כ-85% לעומת כ-95% בטיפולים עם הבוקאשי.

4.2 שלב ב'- התפתחות הצמח- מדדים וגטיביים

גרף 2: גובה בס"מ של צמחי הפלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים



הגרף מראה את הגובה הממוצע של הנבטים בתלות בימים מזריעה בהשוואה בין הטיפולים. ניתן להבחין בגרף בין שלושה איזורים, מהיום ה-35 עד היום ה-47, מהיום ה-47 עד היום ה-61 ומהיום ה-68 עד היום ה-98.

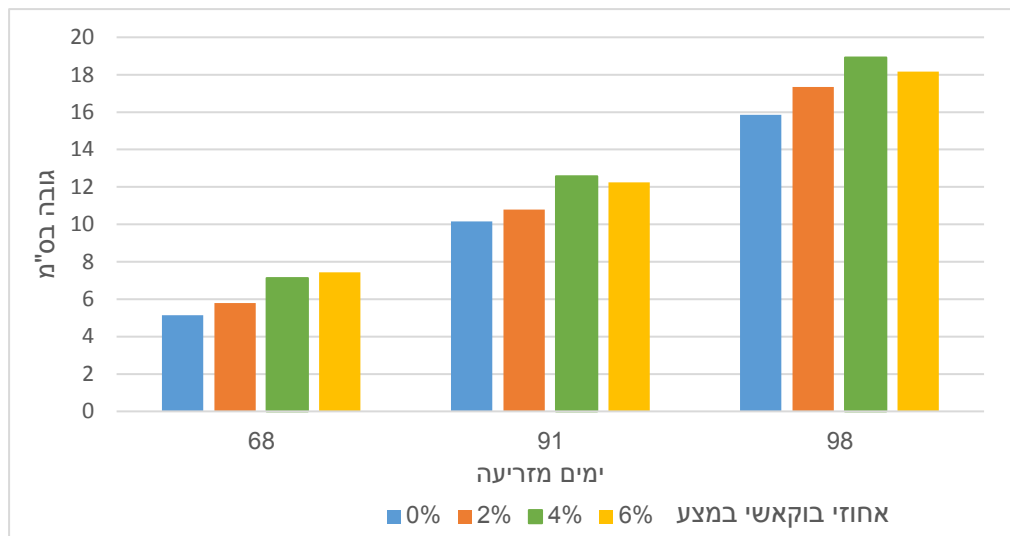
בנוסף ניתן להבחין בין שתי קבוצות בעלות התנהגות דומה- קבוצה אחת היא 0% ו-2% בוקאשי והקבוצה השנייה היא 4% ו-6%.

מהיום ה-35 עד היום ה-47 ניתן לראות כי לכל הטיפולים קצב גדילה ממוצע דומה של 0.2 ס"מ ליום, ואין הבדל בין שתי הקבוצות.

מהיום ה-47 עד היום ה-68 אין כמעט שינוי בגובה הצמחים, אך אנו יכולים לראות פיצול לשתי קבוצות כאשר בקבוצה אחת (הבקרה ו-2%) גובה הצמחים נמוך יותר בכ-1.5 ס"מ לעומת הקבוצה השנייה (4% ו-6%).

מהיום ה-68 עד היום ה-98 חלה עלייה בקצב של עלית הגובה של הצמחים כ-0.8 ס"מ ליום (בכל הטיפולים). נראה הבדל בגובה הצמחים, הגבוהים ביותר היו בטיפול של 4% ו-6% בגובה ממוצע של כ-19 ס"מ והצמחים הנמוכים ביותר היו בטיפול הבקרה בגובה ממוצע של כ-16 ס"מ (הבדל של 20%).

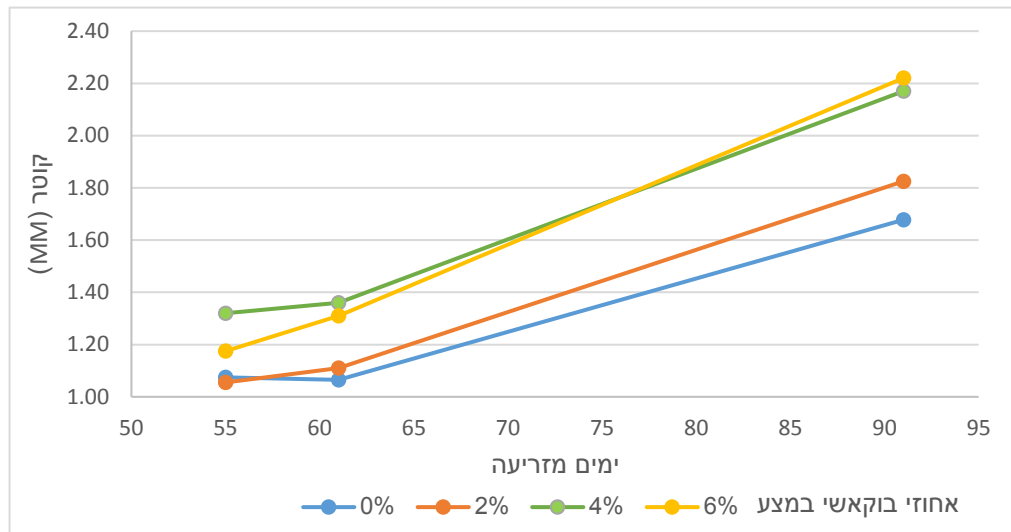
גרף 3: גובה כפונקציה של טיפול בשלושת מועדי המדידה האחרונים



הגרף מראה את הגובה הממוצע של הטיפולים השונים בשלושת מועדי המדידה האחרונים. מהיום 68 עד ה-91 ניתן להבדיל בין שתי קבוצות, קבוצה אחת היא 0% ו-2% בה גובה הנבט הממוצע הוא 10 ס"מ ביום ה-91 והקבוצה השנייה היא 4% ו-6% בה גובה הנבט הממוצע הוא 12 ס"מ כאשר קצב עליית הגובה בשתי הקבוצות הוא דומה, בממוצע 0.21 ס"מ ביום.

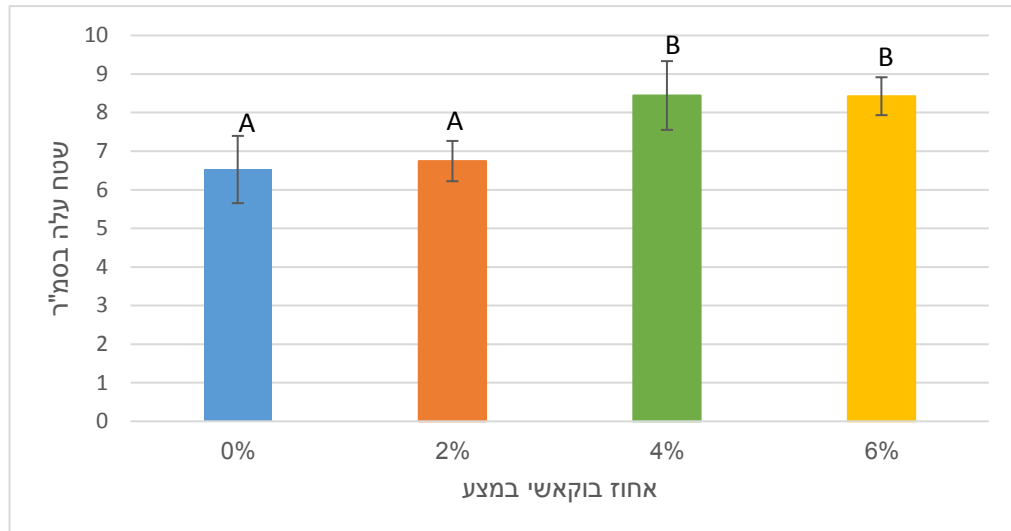
ביום האחרון שתי הקבוצות מתפצלות ונוצרים הפרשים בין ממוצעי הגבהים של ארבעת הטיפולים כאשר הצמחים הגבוהים ביותר היו בטיפול של 4% בגובה ממוצע של 19 ס"מ והצמחים הנמוכים ביותר היו בטיפול הבקרה בגובה ממוצע של 16 ס"מ. ניתן לראות שבטיפול של 4% בוקאשי קצב עליית הגובה גדול יותר לעומת הטיפול עם 6%, ככל שהימים עוברים פער הגובה גדל.

גרף 4: קוטר במ"מ של גבעול פלפל כפונקציה של ימים מזריעה לפי טיפולים



הגרף מתאר את קוטר הגבעול הממוצע בתלות בזמן לפי הטיפולים השונים. גם כאן ניתן להבחין בין שתי קבוצות- קבוצה אחת היא טיפולים של 0% ו2% בוקאשי והקבוצה השנייה היא 4% ו6%.
 אנו יכולים לראות כי הצמחים בעלי הקוטר העבה ביותר היו בקבוצה 4% ו6% בעובי ממוצע של 2.2 מ"מ ואילו הדקים ביותר היו בטיפול הבקרה בעובי ממוצע של 1.68 מ"מ הפרש של כ-30%, בטיפול של 2% בוקאשי קוטר הגבעול הממוצע היה מעט גבוה מזה של טיפול הבקרה (ב-9%) אך נמוך משמעותית משני הטיפולים האחרים.

גרף 5: שטח עלה פלפל בסמ"ר תלוי בטיפול ביום 91 מזריעה



הגרף מציג את שטח העלה הגדול ביותר בצמחי הפלפל בסמ"ר לאחר 91 ימים מזריעה.

ניתן לראות הבדל מובהק בין שתי קבוצות:

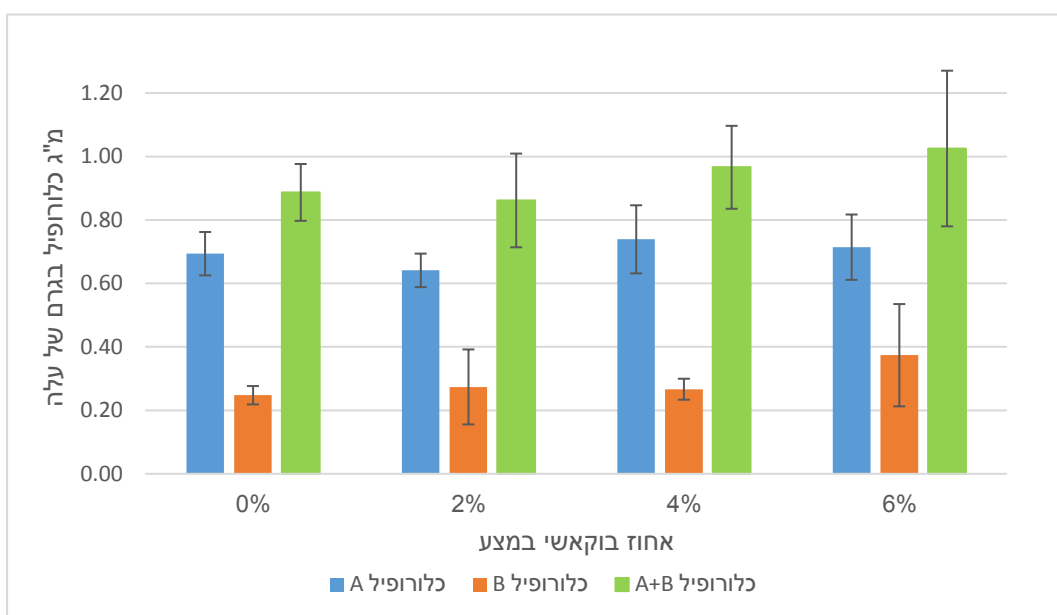
A- 2% ו-0%

B- 4% ו-6%

בהשוואת ממוצע השטחים של הקבוצות ניתן לראות כי הממוצע של קבוצה B גדול ב 21.3%

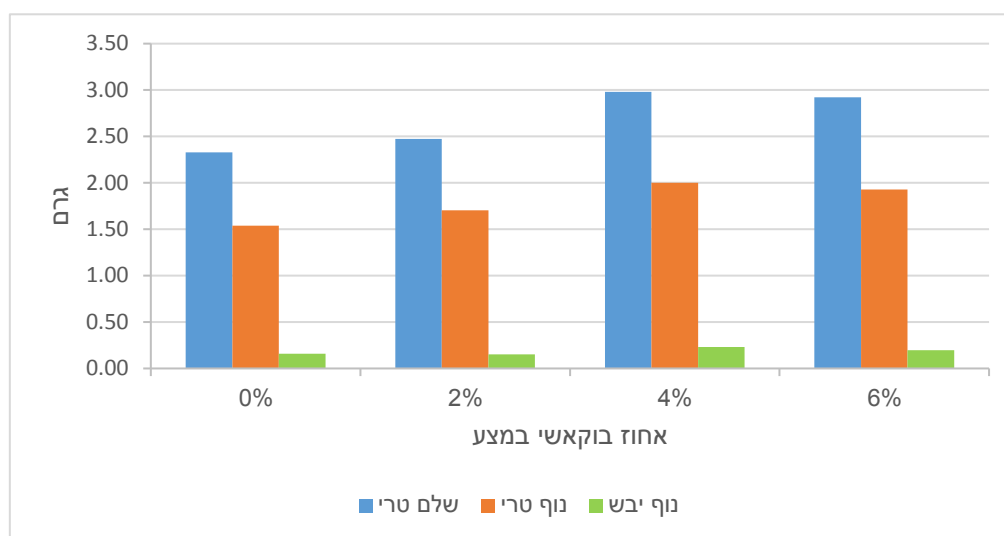
ממוצע שטח העלה בקבוצה A.

גרף 6: מ"ג כלורופיל בגרם של עלה פלפל כפונקציה של אחוז בוקאשי במצע



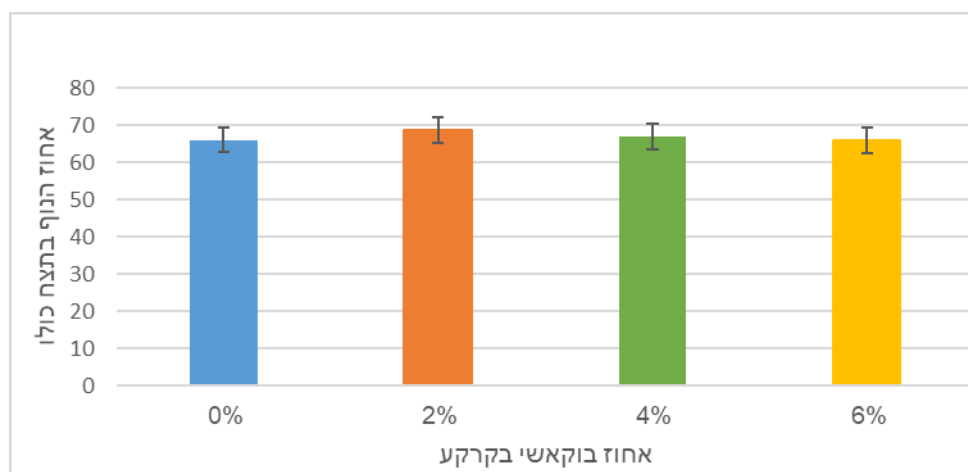
גרף זה מציג את כמות הכלורופיל (בהתפלגות לסוגים השונים) לפי הטיפולים השונים. אנו יכולים לראות כי בטיפול של 6% נמצאה כמות הכלורופיל הגבוהה ביותר, זה נובע מכמות גבוהה של כלורופיל B ביחס לשאר הטיפולים אך הכלורופיל העיקרי בתהליך הפוטוסינתזה הוא כלורופיל A אשר אותו ניתן למצוא בכמות הגדולה ביותר בטיפול של 4%. כאשר מסתכלים על הכלורופיל הכולל נראה שיש שתי קבוצות ערכים דומות, קבוצה אחת – 4% ו-6% והקבוצה השנייה היא 0% ו-2%.

גרף 7: משקל של צמחי הפלפל כפונקציה של הטיפולים השונים בהשוואה בין משקל טרי יבש ומשקל הנוף



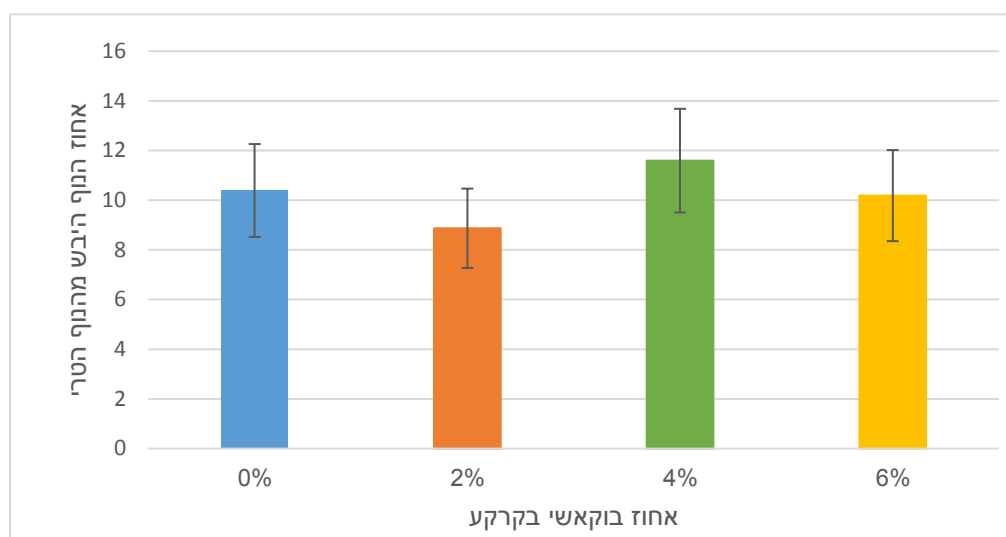
גרף זה מציג את משקלם של צמחי הפלפל לפי הטיפולים השונים בהשוואה בין משקל הצמח כולו, משקל הנוף ומשקל הביומסה של הנוף (משקל יבש). ניתן להבחין בין שתי קבוצות בעלות משקל דומה, קבוצה אחת היא טיפול הבקרה ו-2% והקבוצה השניה היא של טיפולים 4% ו-6%.

גרף 8: אחוז משקל הנוף מהמשקל הטרני של הצמח כולו לפי טיפולים



הגרף מציג את אחוז הנוף היבש מתוך הנוף הטרני. ניתן לראות כי בצמחים שגדלו בטיפולים של 0% ו-6% אחוזי הנוף היבש מהטרי דומים מאוד. ואילו אחוז הנוף היבש מהטרי בצמחים שגדלו בטיפול של 4% בוקאשי הוא גבוה מהם ב-1.2% וב-2.7%.

גרף 9: אחוז משקל הנוף היבש ממשקל הנוף הטרי לפי טיפולים



בגרף מתואר אחוז משקל הנוף הטרי מהמשקל הטרי של הצמח כולו לפי טיפולים. לפי הגרף ניתן לראות שאחוז הנוף מהצמח כולו אחיד ונע בסביבות 67% בממוצע בכל הטיפולים.

5 דיון ומסקנות

עבודה זו נעשתה בשיתוף עם חברת EM ישראל במטרה לבדוק האם הוספת EM בוקאשי למצע ההנבטה משפיעה על הנביטה וההתבססות של צמח פלפל, ואם כן באיזה אופן. כאמור, בין הקרקע לצמח מתקיימים יחסי גומלין באופן תמידי ולאוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע יכולה להיות השפעה גדולה על יחסים אלו כאשר למגוון ולכמות יש משמעות גדולה על השפעה זו. נהוג לסווג את האוכלוסייה הזו על ידי שלושה מאפיינים של המיקרואורגניזמים בהתאם להשפעתם - מועילים, פתוגניים ואופורטוניסטיים. המועילים והמזיקים מהווים כ-20% והאופורטוניסטים את השאר, ה"אופורטוניסטים" מתאימים את עצמם בהתאם ליחס הכמותי בין המועילים למזיקים. כך שאם נוסף חיידקים מועילים לקרקע נטה את המאזן לטובת סביבה מטפחת לצמח.

בניסוי שערכנו, בחנו חמישים זרעים בכל טיפול בארבע חזרות (סה"כ 200 זרעים לטיפול), ונמצא כי לבוקאשי השפעה חיובית על הנבטה והתבססות צמחי הפלפל בקרקע כאשר עד הוספה של 4% יש מגמת עליה במדדים וב-6% חלה ירידה (למרות שעדיין יש יתרון לעומת טיפול הבקרה ללא בוקאשי).

מבחינת נביטה לטיפולים בהוספת בוקאשי היו אחוזי נביטה גבוהים מאשר בטיפול הבקרה (95% לעומת 85%). כדי שתתרחש נביטה מים צריכים לחדור את קליפת הזרע ולהיכנס לתוכו, לחדירות הקליפה השפעה על כניסת המים אל פנים הזרע והתחלת תהליך הנביטה. ייתכן שנוכחות מיקרואורגניזמים מתכשיר הבוקאשי בסביבת הזרע, מייעלת את פירוק הקליפה ובכך מספר גדול יותר של זרעים יכולים לנבוט.

מבחינת גובה הצמחים בטיפולים השונים, יש הבדל בגובה הצמחים בין הטיפולים של בקרה ו-2% לבין הטיפולים 6% ו-4%. למרות שקצב עליית הגובה של כל הטיפולים היה דומה (אך לא זהה), הצמחים שהיו בטיפולים 4% ו-6% גבוהים יותר משאר הטיפולים בכ-20%.

בשלושת מועדי המדידה האחרונים ניתן היה לראות שתי תופעות בבירור, האחת היא שהוספת בוקאשי לטיפולים גרמה לעלייה גדולה יותר בגובה הצמחים לעומת טיפול הבקרה, והשנייה, שניתן היה להבחין כי בטיפול של 4% הצמחים היו הגבוהים ביותר. מכאן הסקנו כי הוספת EM בוקאשי לקרקע כנראה משפרת את התבססות הצמחים ואת קצב עליית הגובה שלהם בהתאמה, כמו כן הוספה של 4% בוקאשי מהווה כנראה את האחוז המיטבי להוספה בתערובת השתילה.

מתוך המדידות של קוטר הגבעול התקבלו תוצאות דומות, גם כאן ניתן היה לראות כי הוספת בוקאשי גורמת לעליה בקוטר הגבעול ובנוסף נראה הבדל בין שתי קבוצות של טיפולים, האחת 4% ו-6% והשנייה של 2% והבקרה. בקבוצה הראשונה ניתן לראות כי הגבעול היה עבה משמעותית (9%) בהשוואה לקבוצה השנייה.

שתי התוצאות הללו תומכות במסקנה כי הוספת הבוקאשי אכן משפרת את התבססות הצמחים בקרקע ואת הבנייה של הצמח וככל שאחוז הבוקאשי גדול יותר גם גבעול הצמח עבה יותר. בבדיקת שטח העלה לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים של 2% וטיפול הבקרה ולכן לא יכולנו לקבוע אם גם הוספה של אחוז מועט של בוקאשי לתערובת השתילה משפיעה על גודל העלים בצמחים, אך כן יכולנו לראות באופן מובהק כי בצמחים בטיפולים 4% ו-6% שטח העלה היה גדול מאשר בטיפולים 2% והבקרה באופן מובהק (ב- 21.3%).

לפי מדידות הכלורופיל שוב ניתן היה לראות הבדל מובהק בין שתי הקבוצות כאשר בטיפולים 4% ו-6% כמות הכלורופיל הייתה הגדולה ביותר.

לפי מדידות אלה בטיפול של 6% הייתה כמות הכלורופיל הגבוהה ביותר, זאת משום שבטיפול זה כלורופיל B היה הגבוה ביותר אך זהו כלורופיל עזר שאינו משמעותי לשלב קליטת האור (כמו כלורופיל A), לעומת זאת בטיפול של 4% (השני בגודלו בכמות כלורופיל) דווקא כלורופיל A היא בכמות הגבוהה ביותר בהשוואה לשאר הטיפולים. מתוצאות אלה ניתן אולי לטעון כי כיוון שהעדיפות היא כלורופיל A כנראה הכמות המיטבית להוספת בוקאשי היא 4%, אך מסקנה זו מותנית בדיוק המדידה כאשר בניסוי זה ניתן לראות סטיות תקן גבוהות וכדאי לחזור פעם נוספת לתוצאה וודאית.

לפי התוצאות של שקילת הצמחים בשלושה מצבים (שלם טרי, נוף טרי ונוף יבש) שוב ניתן להבחין בין שתי קבוצות בעלות משקל דומה, קבוצה אחת היא טיפול הבקרה ו-2% והקבוצה השנייה היא של טיפולים 4% ו-6%. גם בתוצאות אלו הקבוצה השנייה הובילה והעדיפות היא ל-4%.

לאחר שחישבנו את אחוז משקל הנוף הטרי ממשקל הטרי של הצמח כולו, גילינו שהיחס בין השורש לנוף אחיד בכל הטיפולים. מכאן ניתן היה להסיק כי הצלחנו לשמור על תנאי הגידול דומים כגורם קבוע שאינו משפיע על הניסוי. אם תנאי הגידול היו שונים היינו רואים יחסים שונים, למשל אם רק חלק מהצמחים היו מקבלים אור אז בחלק השני הצמחים היו צומחים לגובה (בניסיון חיפוש מקור אור) ולכן היחס בצמחים אלו בין הנוף לשורש היה משתנה כך שממשקל הנוף היה יותר גדול מאשר בצמחים שקיבלו אור. לעומת זאת, אם שינוי התנאים היה במים, צמחים שקיבלו פחות מים היו מפתחים בית שורשים יותר גדול בחיפוש אחר מים ולכן היחס בצמחים אלו דווקא היה מוטא לכיוון השורש בהשוואה לצמחים שקיבלו את המים להם הם זקוקים.

בנוסף, לפי בדיקת אחוז משקל הנוף היבש ממשקל הנוף הטרי גילינו כי צבירת הביומסה הטובה ביותר היא ב-4 אחוז. צמחים צעירים משקיעים המון אנרגיה ביחס לאנרגיה בה הם משתמשים בהגנה מפני תוקפים ומחלות בקרקע וזאת באמצעות הפרשת חומרים לקרקע המרחיקים את החיידקים הפתוגניים (הידען, 2017). ניתן לראות כי ביחס לשאר הטיפולים האנרגיה הזאת הושקעה לא בהדיפת פתוגניים, אלא בבניית הצמח והתפתחותו.

מתוך התוצאות עולה כי לבוקאשי השפעה חיובית על התבססות הצמחים בקרקע אך כאשר מוסיפים יותר מ-4% של בוקאשי למצע הגידול רואים ירידה במדדי הצמיחה של הצמחים. הסבר אפשרי לכך יכול להתבסס על כך שככל שכמות הבוקאשי גדולה יותר גדלה כמות המיקרואורגניזמים בסביבת השורש ומיקרואורגניזמים אלו מתחרים למעשה עם שורשי הצמח על אותם מקורות מזון (חנקן). כאשר קיימת תחרות בין הצמחים לבין אוכלוסיית הקרקע על מלאי מוגבל של חנקן, הצמח סובל ממחסור בחנקן והתפתחותו נפגעת (להב, 1984). ייתכן שזוהי הסיבה לירידה של מדדי הצמיחה בהוספת 6% בוקאשי למצע הגדילה. לכן אנו סבורים כי האחוז המומלץ ביותר של הוספת בוקאשי לקרקע בתנאי הדישון שלנו הוא 4%.

ניסוי זה נעשה על צמחי פלפל ממשפחת הסולניים, אני מציעה לבצע את הניסוי שנית על צמחים ממשפחה אחרת או על צמח אחר ממשפחת הסולניים. כך אפשר לבדוק האם בוקאשי משפיע באותה צורה על צמחים שונים.

6 ביבליוגרפיה

- EM ישראל. (2018). *המדע שמאחורי EM®*. אוצר מתוך EM ישראל: http://www.emisrael.co.il/more_about_em.html
- א. פאהן. (1993). *אנטומיה של הצמח*. תל אביב: סדר-צילום.
- אורבני-גן. (2018). *הנבטת זרעים*. אוצר מתוך <http://www.urbanigan.co.il/%D7%94%D7%A0%D7%91%D7%98%D7%AA-%D7%96%D7%A8%D7%A2%D7%99%D7%9D>
- אורגניקו. (אין תאריך). *אורגניקו*. אוצר מתוך אורגניקו: <http://www.organico.co.il/chili-pepper>
- אנדוספרם. (אין תאריך). אוצר מתוך <https://he.wiktionary.org/wiki/%D7%90%D7%A0%D7%93%D7%95%D7%A1%D7%A4%D7%A8%D7%9D>
- בונר, ג', & גאלסטון, א'. (1955). *יסודות הפיזיולוגיה של צמחים*. קיבוץ מענית: ספריית הפועלים.
- גלים מדע וטכנולוגיה. (אין תאריך). *נביטה- מזרע לנבט חדש*. אוצר מתוך <https://cms.galim.org.il/page/6500/4?field=science>
- האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה. (20 11 2015). *זווית*. אוצר מתוך <https://www.zavit.org.il/%D7%94%D7%97%D7%99%D7%99%D7%93%D7%A7%D7%99%D7%9D-%D7%94%D7%99%D7%A4%D7%A0%D7%99%D7%99%D7%9D-%D7%A9%D7%9E%D7%A1%D7%99%D7%99%D7%A2%D7%99%D7%9D-%D7%9C%D7%97%D7%A7%D7%9C%D7%90%D7%95%D7%AA>
- האוניברסיטה העברית הפקולטה לחקלאות. (תשמ"ט). *רבייה*. ירושלים: משרד החינוך והתרבות.
- הידען. (30 09 2017). *הידען*. אוצר מתוך הידען: <https://www.hayadan.org.il/can-bacteria-help-us-improve-crops-3009174>
- ודר-וייס, ד'. (2002). *פוטוסינתזה והזנה מינרלית בצמח*. ירושלים: האוניברסיטה העברית.
- ויקיפדיה. (29 בספטמבר 2018). *פלפל (פרי)*. אוצר מתוך ויקיפדיה: [https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%9C%D7%A4%D7%9C_\(%D7%A4%D7%A8%D7%99\)](https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%A4%D7%9C%D7%A4%D7%9C_(%D7%A4%D7%A8%D7%99))
- חסון, א'. (2017). *השפעת תכונות תא חיידקי על אינטרקציה עם צמחים*. אורט בראודה.
- כהנא, א'. (2006). *מזרע לזרע*. משרד החינוך.

- כללית. (26 06 2006). פרוביוטיקה: החיידקים הטובים. אוחר מתוך <https://www.clalit.co.il/he/lifestyle/nutrition/Pages/probiotics.aspx>
- להב, נ'. (1984). יסודות מדע הקרקע. רחובות: נועם להב.
- מלול, מ'. (2019). מנגנונים בקטריאליים באינטראקציות בין חיידקים לצמחים. אורט בראודה.
- עין יהב. (אין תאריך). עין יהב. אוחר מתוך פלפל: <http://ein-sub&=cat&ud=17206&yahav.com/index.php?m=s.pr>
- עמיר, י'. (30 ינואר 2012). תהליך הנביטה i. אוחר מתוך BioHeker Wiki: http://wiki.weizmann.ac.il/bioheker/index.php/%D7%AA%D7%94%D7%9C%D7%99%D7%9A_%D7%94%D7%A0%D7%91%D7%99%D7%98%D7%94
- פולק, ג', גרדי, א', & קורן, ל'. (1998). זרע, נביטה וגורמי בקרה בהתפתחות צמחים. אוניברסיטה פתוחה.
- פולק, ג', גרדי, א', & קורן, ל'. (1998). צומח וצמחים, כרך 2. האוניברסיטה הפתוחה.
- קסטל, ד' נ'. (2019). מה זה פסיגים. אוחר מתוך <https://milog.co.il/%D7%A4%D7%A1%D7%99%D7%92%D7%99%D7%9D>
- שדה, א', & אמיר, ר'. (2011). מזרע לזרע. האוניברסיטה העברית בירושלים.
- שוסטר, ע'. (09 5 2009). [מאמר] גידול פלפלים למתחילים. אוחר מתוך <http://hosts.co.il/forums/showthread.php?t=74380>
- שימקוביץ, י', & משיח-ארזי, י'. (05 08 2015). כללית. אוחר מתוך כללית: https://www.clalit.co.il/he/lifestyle/nutrition/Pages/spicy_food_for_longer_life.aspx