דוח מסכם לתכנית מחקר מספר 13 - 0451 - 596

שם המחקר : פיתוח כלים לקבלת החלטות הדברה של עש נובר העגבניה

בגידולי עגבניה בשטחים פתוחים (*Tuta absulota*)

Development of decision making tools for IPM **of *Tuta absulota*** in open field tomatoes

מוגש ע"י: שאלתיאל-הרפז ליאורה , מו"פ צפון, lioraamit@bezeqint.net, **שאול גרף:** מו"פ צפון. **משה קול**: האוניברסיטה העברית, **דן גרלינג**: אוניברסיטת תל-אביב, **תמר אלון**: שה"מ. **יעקב נקש:** חוות עדן

תקציר

1 הצגת הבעיה: *Tuta absoluta* (ט"א) הינו מזיק מפתח בגידולי עגבניות, שמוצאו בדרום אמריקה. הוא התגלה לראשונה בארץ ב-2009 ובמהלך 2010 הגיע לכל חלקיה. מאחר והט"א הינו מזיק חדש בישראל אין כל מידע על הקשר בין הנגיעות לנזק בתנאי הגידול בארץ. לא ברור באיזו רמה של אוכלוסיה מתחיל להיווצר נזק ליבול ולכן לא ברור מתי חשוב להדביר את המזיק ומהי הכדאיות הכלכלית לכך. **2. מטרות המחקר לתקופת הדוח**: 1. קביעת הקשר בין רמת הנגיעות בט"א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק שהוא גורם בקטיף; 2. מציאת דגם הפיזור המרחבי של המזיק ושל אויביו הטבעיים בשדה; 3. מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה; 4. בחינת ספי הפעולה אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים. הנחת המחקר היא שניתן לשפר את בקרת המזיק מבחינה חקלאית תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה המזיקים לאדם ולסביבה באמצעות שימוש בספי פעולה ושיטות ניטור אמינים תוך שימור אויביו הטבעיים של המזיק. **3. שיטות עבודה**- המחקר נערך בחוות אבני איתן בבתי רשת ובחלקות בשטח פתוח וכן בחלקות מסחריות בעמק החולה. בבתי הרשת במשך שנתיים נערך אילוח בזחלי ט"א מגידול מעבדה במועדים שונים וברמות שונות ונבדק הקשר בין הנגיעות ליבול ואיכותו. בשטחים פתוחים נערך מעקב אחר איכלוס השטח בט"א ובאויביה הטבעיים וכן נערך ניסוי שבדק את סיפי הפעולה שהתקבלו מהניסוי מול הממשק המקובל **4.תוצאות עיקריות ומסקנות**: במחקר זה מצאנו שנגיעות בט"א, גם ברמה גבוהה, הנמשכת רק כחודש אחד ואז נבלמת, בכל אחד משלבי הגידול, איננה פוגעת בכמות היבול בקטיף. מצאנו שהנגיעות בט"א משבירת הצבע עד הקטיף היא הקריטית ביצירת הנזק הישיר לפרי. ושרמת נגיעות של עד 37 מנהרות לצמח (18% נגיעות) איננה מהווה גורם המשפיע על כמות היבול או איכותו. חישבנו את "אינדקס הנזק" ומצאנו שכל זחל מפחית את כמות היבול ב1.2% לצמח. בהנחה שתכשיר ההדברה המקובל הוא קורגן חישבנו סף נזק הכלכלי של 1.14 זחלים לצמח וממנו גזרנו סף פועלה של 1 זחל למטר. סף זה ניבדק ומצאנו שאין הבדל מבחינת היבול בינו לבין סף מחמיר יותר של 0.1 זחלים לצמח. דגם הפיזור של המזיק מצביע על כך שהוא נימצא כבר מתחילת העונה גם במרכז החלקה ולא מתרכז בשוליים ושיטת הניטור היעילה מבחינת איתור המזיק בשטח היא ספירת מנהרות ב-1 מטר שורה באתרים אקראיים בחלקה. ממצאים אלו תומכים בהשערה שהמגדלים יכולים להמתין עם הדברת המזיק בשלב הראשון של הגידול ולאפשר למועילים להתבסס בשטח מבלי לחשוש לנזק. על הפקחים לדגום מתחילת העונה בכל השטח ולא להסתפק בניטור השוליים בלבד.

מעריכים מומלצים לבדיקת הדו"ח המדעי:

1. ד"ר עינת צחורי פיין – מנהל המחקר החקלאי
2. ד"ר חיים ראובני- מו"פ צפון
3. פרו"פ שי מורין- האוניברסיטה העברית

4. **הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים <u>לא</u> מהווים המלצות לחקלאים**

חתימת החוקרת **תאריך:30/06/2015**

1.1 תוכן עניינים

סעיף	נושא	עמוד
1.2	תקציר מדעי של המחקר	2
1.3	מבוא ותיאור הבעיה	3
1.4	מטרות המחקר	4
1.5	תיאור מקיף של הפעלת המחקר	4-8
1.6	תוצאות	8-15
1.7	דיון ומסקנות	16
1.8	תודות	17
1.9	ביבליוגרפיה	17
2	טופס סיכום עם שאלות מנחות	18

1.2 תקציר מדעי של הדוח

1.הצגת הבעיה: *Tuta absoluta* (ט״א) הינו מזיק מפתח בגידולי עגבניות, שמוצאו בדרום אמריקה. הוא התגלה לראשונה בארץ ב-2009 ובמהלך 2010 הגיע לכל חלקיה. מאחר והט״א הינו מזיק חדש בישראל אין כל מידע על הקשר בין הנגיעות לנזק בתנאי הגידול בארץ. לא ברור באיזו רמה של אוכלוסיה מתחיל להיווצר נזק ליבול ולכן לא ברור מתי חשוב להדביר את המזיק ומהי הכדאיות הכלכלית לכך. **2. מטרות המחקר לתקופת הדוח**: 1. קביעת הקשר בין רמת הנגיעות בט״א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק שהוא גורם בקטיף; 2. מציאת דגם הפיזור המרחבי של המזיק ושל אויביו הטבעיים בשדה; 3. מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה; 4. בחינת ספי הפעולה אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים. הנחת המחקר היא שניתן לשפר את בקרת המזיק מבחינה חקלאית תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה המזיקים לאדם ולסביבה באמצעות שימוש בספי פעולה ושיטות ניטור אמינים תוך שימור אויביו הטבעיים של המזיק. **3. שיטות עבודה**- המחקר נערך בחוות אבני איתן בבתי רשת ובחלקות בשטח פתוח וכן בחלקות מסחריות בעמק החולה. בבתי הרשת במשך שנתיים נערך אילוח בזחלי ט״א מגידול מעבדה במועדים שונים וברמות שונות ונבדק הקשר בין הנגיעות ליבול ואיכותו. בשטחים פתוחים נערך מעקב אחר איכלוס השטח בט״א ובאויביה הטבעיים וכן נערך ניסוי שבדק את סיפי הפעולה שהתקבלו מהניסוי מול הממשק המקובל **4.תוצאות עיקריות ומסקנות**: במחקר זה מצאנו שנגיעות בט״א, גם ברמה גבוהה, הנמשכת רק כחודש אחד ואז נבלמת, בכל אחד משלבי הגידול, איננה פוגעת בכמות היבול בקטיף. מצאנו שהנגיעות בט״א משבירת הצבע עד הקטיף היא הקריטית ביצירת הנזק הישיר לפרי. ושרמת נגיעות של עד 37 מנהרות לצמח (18% נגיעות) איננה מהווה גורם המשפיע על כמות היבול או איכותו. חישבנו את ״אינדקס הנזק״ ומצאנו שכל זחל מפחית את כמות היבול ב1.2% לצמח. בהנחה שתכשיר ההדברה המקובל הוא קורגן חישבנו סף נזק הכלכלי של 1.14 זחלים לצמח וממנו גזרנו סף פועלה של 1 זחל למטר. סף זה ניבדק ומצאנו שאין הבדל מבחינת היבול בינו לבין סף מחמיר יותר של 0.1 זחלים לצמח. דגם הפיזור של המזיק מצביע על כך שהוא נימצא כבר מתחילת העונה גם במרכז החלקה ולא מתרכז בשוליים ושיטת הניטור היעילה מבחינת איתור המזיק בשטח היא ספירת מנהרות ב-1 מטר שורה באתרים אקראיים בחלקה. ממצאים אלו תומכים בהשערה שהמגדלים יכולים להמתין עם הדברת המזיק בשלב הראשון של הגידול ולאפשר למועילים להתבסס בשטח מבלי לחשוש לנזק. על הפקחים לדגום מתחילת העונה בכל השטח ולא להסתפק בניטור השוליים בלבד.

1.3 מבוא ותיאור הבעיה

העש *Tuta absoluta* Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae) להלן ט״א, הינו מזיק מפתח בגידול עגבניות, שמוצאו בדרום אמריקה. בשנת 2006 התגלה המזיק לראשונה בספרד ומאז תפוצתו באגן הים התיכון, אירופה ואסיה מהירה ביותר. בשנת 2008 דווח על הופעתו של הט״א במדינות נוספות באירופה (איטליה, צרפת, מלטה והולנד) ובצפון אפריקה (מרוקו, אלג׳יריה, טוניס). בדצמבר 2009 הוא התגלה לראשונה בארץ ובמהלך 2010 הוא הגיע לכל חלקי הארץ מהגליל המערבי ועד לערבה. במספר חממות בהן התגלה המזיק ב- 2010, הנזק ליבול היה חמור ביותר. באותה שנה היו שדות בגליל המערבי, בהם נאלצו החקלאים ליישם עד 9 ריסוסים כנגד המזיק. הגידול העיקרי הנפגע מהמזיק בארץ הוא עגבנייה, אך הוא תוקף גם חצילים ומצוי בשפע בשדות תפו״א. כיוון שט״א אינו קיים בארה״ב ונחשב שם למזיק הסגר, הנגיעות מהווה איום על יצוא ליעד זה.

גידולים בשטח פתוח, בעיקר עגבניות לתעשייה, חשופים לכאורה לנזק גדול יותר מגידולים מכוסים, בהם פיתחו מגוון שיטות להתמודדות עם המזיק, כולל איטום בתי הצמיחה, סניטציה, שימוש במלכודות פרומון ללכידה המונית ופיזור אויבים טבעיים. רוב אמצעים אלו אינם ישימים או אינם כלכליים בשטחים פתוחים. בישראל מגדלים עגבניות לתעשייה בעיקר בגליל המערבי והעליון ובעמקים הצפוניים (עמק החולה, המעינות, יזרעאל וזבולון) בשטח כולל של כ – 25,000 דונם. בגידולי עגבניות בשטחים פתוחים בארצות בהן התבסס העש מגיע הנזק הכולל לעיתים ל 100%-50% מהיבול.

עיקר הדברת המזיק בעולם היא כימית. בדרום אמריקה מגיע שיעור הריסוסים עד 36 טיפולים בעונה, באלג׳יר הגיעו לכ- 20 טיפולים בעונה וכאמור, בארץ במספר שדות טיפלו בכ-9 ריסוסים בעונת 2010 כנגד המזיק לעומת 2-3 טיפולים כנגד עשים אחרים לפני חדירתו לארץ. הט״א ידוע ביכולתו לפתח במהירות עמידות כנגד חומרי הדברה מקבוצות כימיות שונות, ולכן חשוב לפתח כלים לקבלת החלטות הדברה מושכלת. כך יהיה ניתן להפחית למינימום הכרחי את השימוש בתכשירי הדברה ולשמור על יעילותם.

בעולם יש מידע רב על חשיבותם של אויבים טבעיים בהדברתו של העש ובמחקר הקדמי שערכנו השנה מצאנו עדויות לנוכחות ופעילות של מספר מיני אויבים טבעיים בשדות של עגבניות לתעשייה ותפוחי אדמה. כדי שניתן יהיה לנצל מועילים אלו כחלק ממערך ההדברה של הט״א חשוב לצמצם את השימוש בחומרים כימיים רעילים ולברר באילו תנאים ניתן להסתמך על פעילות המועילים השונים.

ספי פעולה וניטור– בממשק הדברה משולבת (IPM) נהוג לטפל כנגד המזיק רק לאחר שברור שעלול להיגרם נזק כלכלי ולא מיד כאשר מוצאים עדויות לנוכחותו. השאלה הבסיסית לפיכך היא כמה מזיקים גורמים לכמה נזק? לשם כך נוהגים להתייחס לשני ספים חשובים **<u>סף הנזק הכלכלי</u>** – **(EIL)** Economic injury level המוגדר כצפיפות אוכלוסיית המזיק הנמוכה ביותר היוצרת נזק כלכלי. או במילים אחרות- צפיפות אוכלוסיית המזיק היא כזו שעלות ההדברה שווה לערך הנזק (מעליה משתלם להתחיל לטפל). את סף הנזק הכלכלי מחשבים בד״כ לפי הנוסחה הבאה: **EIL=CC/YL*MV*EY*PC**, כאשר , **CC**= Control Costs- מחיר הטיפול כנגד המזיק ליחידת ייצור, **YL** =Yield Loss שיעור הפגיעה ביבול מכל פרט של המזיק לצמח, MV =Market Value - ערך השוק של היבול, EY= Expected Yield– היבול הצפוי ליחידת יצור, **PC** = Percentage Control השיעור הצפוי של הצלחת הטיפול כנגד המזיק (Pedigo et al 1986). שימוש בנוסחה זו מחייב הערכה נכונה של כל אחד מהמשתנים. מחיר הטיפול (CC) או ערך השוק של היבול (MV) הינם

פשוטים לחיזוי באופן יחסי, אך יש לעשות מחקר מעמיק, כדי ללמוד מהי כמות הפגיעה הצפויה ליבול מכל פרט של מזיק (YL) ועל כך ניסינו לענות במחקר הנוכחי.

מסף הנזק הכלכלי גוזרים את סף הפעולה **סף פעולה כלכלי** – Economic threshold **(ET)** המוגדר כרמת האוכלוסייה של המזיק שעדיין אינה גורמת נזק, אך אם לא תטופל בזמן יש לצפות לנזק ממשי ולהגעה לרמת הנזק הכלכלי. סף הפעולה הכלכלי הוא ערך מסובך לחישוב התלוי בהערכה וחיזוי של מספר מדדים מורכבים: סף הנזק הכלכלי, הפנולוגיה של הצמח הפונדקאי ושל המזיק, קצב הגידול ושיעור הנזק הצפוי ומהירות הפעולה של שיטת הטיפול בה מתכוונים לנקוט. ישנן גישות שונות לחישוב סף הפעולה ובמחקר הנוכחי בחרנו בגישה של סף פעולה הניגזר כערך קבוע מסף הנזק.

שאלה מרכזית נוספת הנובעת ישירות מהצורך לקבוע את סף הפעולה היא כיצד מנטרים את המזיק בשיטת הדיגום המיטבית כדי לקבוע האם הגיע לסף זה או אחר- איזה דרגה מחפשים (ביצים, זחלים, בוגרים), היכן וכיצד מחפשים (ע"י מלכודות? ע"י דיגום עלים ופירות?) והיכן מחפשים בשדה- בשולים, במרכז או בכל השדה?

מאחר והט"א הינו מזיק חדש בישראל אין כל מידע על הקשר בין הנגיעות והנזק בתנאי הגידול בארץ (אקלים, זני הגידול, משטר השקיה וכו'). לא ברור באיזו רמה של אוכלוסיה מתחיל להיווצר נזק ליבול ולכן לא ברור מתי חשוב להדביר את המזיק ומה הכדאיות הכלכלית לכך. מכאן שאין כרגע שום אפשרות לחשב מהו סף הנזק הכלכלי של המזיק ולכן אי אפשר לחשב את ספי הפעולה לתכשירי הדברה שונים או לקבוע המלצות של ניטור והדברה. גם בעולם לא התגבשו עד היום המלצות חד משמעיות לגבי ניטור וקביעת ספי פעולה. בחלק מהמקומות נהוג לפעול על פי רמת הלכידות במלכודות פרומון, באחרים נקבעו "חוקי אצבע" לפיהם מחליטים מתי לטפל אך כמעט ואין מחקרים מסודרים שנערכו למציאת הקשר בין הנגיעות בט"א בשלבים הפנולוגיים שונים של הגידול לבין הנזק ליבול. מידע זה הוא חיוני כבסיס לקבלת החלטות הדברה מכיוון שממנו ניתן יהיה לגזור ספי פעולה של חומרי הדברה בהתחשב בקצב פעולתם של החומרים, בנוכחות אויבים טבעיים ובהשפעת חומרים אלו על האויבים הטבעיים.

1.4 מטרות המחקר

מטרות המחקר (כפי שהופיעו בהצעת המחקר): מטרת העל של המחקר היא פיתוח כלים לקבלת החלטות הדברה של העש ט"א בעגבניות לתעשייה. מטרות המשנה הן: 1. קביעת הקשר בין רמת הנגיעות בט"א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק שהוא גורם בקטיף; 2. מציאת דגם הפיזור המרחבי של המזיק ושל אויביו הטבעיים בשדה; 3. מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה; 4. בחינת ספי הפעולה אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים. הנחת המחקר היא שניתן לשפר את בקרת המזיק מבחינה חקלאית תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה המזיקים לאדם ולסביבה באמצעות שימוש בספי פעולה ושיטות ניטור אמינים תוך שימור אויביו הטבעיים של המזיק. **בשנת המחקר השלישית** התמקדנו בשלושת מטרות המחקר האחרונות.

1.5. תיאור מקיף של הפעלת המחקר

מיקום- המחקר התבצע בתחנת המחקר באבני איתן שבדרום רמת הגולן ובשדות מסחריים בעמק החולה.

גידול מעבדתי של הט"א- לצורך הניסויים הוקם על ידי יעקב נקש גידול של המזיק בחוות עדן. הגידול נעשה בחדרים מבוקרי טמפרטורה בהם נשתלו צמחי עגבניות לא מרוססים מהזן 870 שעליהם פוזרו

בוגרים של ט״א שנאספו מהשדה. בהתאם לצרכי המחקר נאספו מהגידול בוגרים בגיל ידוע, ביצים או זחלים והעברו לאבני איתן בקירור לצורך הניסויים.

<u>פירוט הניסויים</u>

להשגת מטרה 1: קביעת הקשר בין רמת הנגיעות בט״א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק בקטיף, בוצע ניסוי עליו חזרנו בשינויים קלים בשנת המחקר הראשונה והשנייה (לפרטי הפרוטוקול מופיעים בדוחות השנתיים): 48 בתי רשת קטנים ניבנו באבני איתן (שטח כל אחד 3X2 מ״ר בגובה 2 מ׳ מחופה ברשת 50 מש) (תמונה 1) ובהם נשתלו עגבניות לתעשיה מהזן H-9780. כביקורת להשפעת המבנה על העגבניות נשתלה בצמוד למבנים בשטח פתוח חלקת עגבניות מאותו זן שבה גם נערך מעקב אחר האילוח הטבעי בט״א. במבנים אלו נעשה אילוח של שתילי העגבנייה בזחלי העשים מגידול מעבדה במועדים שונים, בארבע רמות נגיעות. הניסוי נערך במבנה של בלוקים באקראי. מועדי האילוח נקבעו ע״פ השלבים הפנולוגיים של הצמח: **שלב 1:** משתילה עד חנטה כ- 30 ימים. **שלב 2** : מחנטה עד שבירת צבע כ- 30 ימים. **שלב 3** : מחנטה עד קטיף כ- 60 ימים. האילוח בכל אחד מהשלבים הפנולוגיים נעשה ב- 16 מבנים שחולקו לארבע רמות אילוח, 4 מבנית בכל רמה. . רמות האילוח היו 0%, 10%, 30%, ו- 60% עלעלים נגועים מסך העלעלים בצמח באותו שלב פנולוגי. בסוף כל שלב פנולוגי בוצע טיפול כימי לקטילת הזחלים (בשנת המחקר הראשונה בחצי מהמבנים המשכנו לתת לאוכלוסיה להתפתח עד הקטיף). להבטחת האבקה וחנטה, הופעל בכל אחד מהמבנים מפוח פעם ביום מתחילת הפריחה. . בוצע דיגום אחת לשבוע ע״י ספירה של מספר מנהרות המזיק בעלים (תמונה 2) בשני הצמחים שאולחו בכל מבנה, החל ממועד האילוח ועד הקטיף. במועד הקטיף נעקרו 2 השיחים שאולחו בכל מיבנה וכל הפירות שהיו עליהם נקטפו ומוינו לשלוש קבוצות: פירות אדומים, פירות ירוקים ופירות רקובים. כל קבוצת צבע מוינה לאחר מכן לפירות בריאים ונגועים (פרי הוגדר כנגוע כאשר נימצא בו חור נבירה אחד או יותר של ט״א). בכל קבוצה נספרו מספר הפירות ונשקלה המסה הכללית.

ניתוח הנתונים: בעזרת מבחני רגרסיה נבחן הקשר בין רמת הנגיעות (מספר מנהרות בכל דיגום) למדד של נזק ישיר (% נגיעות בפרי) ונזק עקיף (מסת פירות) של יבול. הניתוח בוצע בעזרת תוכנת אקסל. בנוסף נערכו מבחני ANOVA להשוואת רמת הנזק הישיר והעקיף לכל רמת נזק כאשר רמת הנגיעות חולקה ל- 4 קטגוריות: ללא נגיעות, נגיעות נמוכה, בינונית וגבוהה. נתוני שיעור הנזק שחושבו באחוזים עברו טרנספורמציה Arcsin לצורך נירמולם לפני הניתוח הסטטיסטי. ניתוח זה נעשה בעזרת תוכנת JMP5 SAS Inst.

תמונה 1: בתי הרשת באבני איתן המחופים ברשת 50 מש, בהם נערך הניסוי.

תמונה 2: עלה עגבנייה שניפגע ע״י נבירה של זחל ט״א בו ניתן לראות 2 מנהרות פעילות ואחת נטושה.

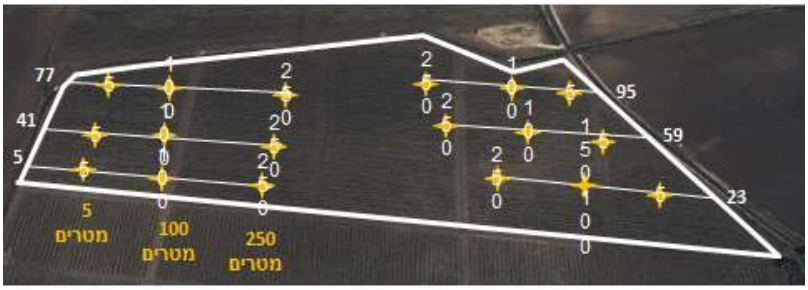
להשגת מטרה 2: מציאת דגם הפיזור המרחבי של המזיק בשדה נערכו שני ניסויים.

הניסוי הראשון נערך בשנת המחקר השנייה (2013) בחוות אבני איתן, שם נשתלה חלקה בת כ- 2.7 דונם של עגבניות מהזן 9780 והשטח חולק ל- 90 מקטעים שווי אורך (10 מקטעים בכל אחת מ- 9 השורות של החלקה). אחת לשבועיים מתחילת הגידול ניסרק כל השטח להימצאות מנהרות נבירה של זחלי ט״א. כל צמח שנמצאו בו עדויות לנוכחות זחלי ט״א סומן והמקטע בו נימצא הצמח הוגדר כנגוע. לא נעשה כל שימוש בקוטלי חרקים בחלקה וזאת כדי לאפשר מעקב אחרי התבססות הטבעית של הט״א.

הניסוי השני בוצע בשנת המחקר השלישית (2014) ובו נבחרו בעמק החולה 4 חלקות מסחריות של עגבניות לתעשייה מהזן H-4107 בקיבוצים דן, מעין ברוך, מנרה וחוות גד״ש (פרטים על החלקות מופיעים בטבלה 1). בכל חלקה נבחרו 6 שורות לדיגום (חתכים); 3 חתכים מפאה אחת של השדה ו- 3 מהפאה השנייה כך שהמרחק ביניהן היה אחיד. בכל שורה נבחרו 3 נקודות דיגום כאשר הראשונה 5 מ׳ מהשוליים זו שאחריה 100 מ׳ וזו שאחריה כ- 250 מ׳ מהשוליים, סה״כ נקבעו 18 יחידות דגימה בכל חלקה (תמונה 3). כל יחידת דגימה כללה מקטע שאורכו 1 מ׳. כל יחידות דגימה נבדקה העלווה אחת לשבועיים, להערכת צפיפות המזיק בשדה. הבדיקות כללו בחינת כל העלווה של כל הצמחים באותו מטר וספירת כל מנהרות המזיק. בנוסף נבחר בכל יחידת דגימה צמח אחד שנוער מעל מגש לבן לניטור טורפים של הט״א (הידועים לנו מהמחקרים הקודמים). דגימות הפרי נערכו ע״י קטיף אקראי של 5 פירות מכל יחידת דיגום ובדיקה האם הוא נגוע בזחלים תוך ציון צבע הפרי וגודלו. הדיגום בכל חלקה נערך עד מועד השפעת הטיפול הכימי הראשון שניתן ע״י המגדל בחומר שעשוי היה לפגוע בט״א באופן משמעותי.

טבלה 1. פרטים על החלקות בהן נעשה מעקב אחר הפיזור במרחב של ט״א

שם החלקה	שיטחה (דונם)	כיוון החלקה	מועד השתילה	מועדי ריסוס ראשון בתכשיר הפוגע בט״א
דן	150	מזרח-מערב	1.4.2014	15.5.2014-קורגן (Chlorantraniliprole)
חוות גד״ש	160	צפון-דרום	1.4.2014	6.5.2014-קורגן
מנרה	90	צפון-דרום	22.4.2014	1.6.2014-קורגן
מעין ברוך	160	מזרח-מערב	28.4.2014	15.6.2014- קורגן



תמונה 3: חלקת העגבניות של קיבוץ דן ועליה מסומנים שורות (חתכי) ואתרי הדיגום. בכל חלקה נבחרו 6 חתכי דיגום, 3 בכל צד של החלקה. החתכים נבחרו בשורות המצויות במרחקים אחידים זו מזו ומהשוליים. בכל שורה נבחרו 3 אתרי דיגום המצויים 5, 100 ו- 250 מ' מקצה החלקה.

ניתוח הנתונים: חישוב דגם הפיזור בניסוי הראשון בחלקה באבני איתן נעשה ע"פ שיטת "השכן הקרוב Nearest-Neighbour Method (Krebs, 1999). בחינת הפיזור המרחבי של המזיק ואויביו הטבעיים בניסוי השני (בחלקות המסחריות בעמק החולה) נעשה בעזרת מבחן ANOVA להשוואת רמת הנגיעות של המזיק ונוכחות האויבים הטבעיים במרחקים השונים במועדי הדיגום השונים. הנתונים עבורו טרנספורמציה שורש ריבועי לצורך נירמולם לפני הניתוח הסטטיסטי.

להשגת מטרה 3- מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה התבצע הניסוי הבא:

בחלקות הדיגום המסחריות בהן בדקנו את דגם הפיזור השווינו את ההערכה של צפיפות המזיק בשדה המתקבלות בשיטות ניטור שונות:

א. ספירת זחלים חיים באתרים קבועים בשדה: באותם 18 אתרי דיגום של 1 מ' ערוגה ניבדק מספר הזחלים החיים על כל העלים של כל הצמחים שבמטר (כ- 3 צמחים בממוצע) בעזרת זכוכית מגדלת בהגדלה *20. בכל מנהרת נבירה של המזיק שנמצאה נבדק האם יש בתוכה זחל והאם הוא חי.

ב. ספירת מנהרות: בכל חלקה נבחרו 18 אתרי דיגום של 1 מ' ערוגה במרחקים הולכים וגדלים משולי החלקה ובכל אתר דיגום נספרו כל מנהרות המזיק ללא ציון אם הן מאוכלסות בזחלים אם לאו.

ג. דיגום אקראי של עלים: בכל חלקה, נאספו באקראי מכל אחד מ- 18 אתרי הדיגום 20 עלים שהובאו למעבדה ובעזרת בינוקולר נקבע מספר הזחלים החיים בכל עלה.

בנוסף בדקנו את משך הזמן שיש להשקיע בכל שיטת דיגום כדי שנוכל לחשב את השיטה שבה מגיעים לאומדן המדויק ביותר במאמץ הדיגום הקל ביותר.

ניתוח הנתונים: בניסוי זה ניתחנו את הנתונים בשתי שיטות. בראשונה, בעזרת מקדם המתאם של ספירמן (Spearman), בדקנו אם ישנו מתאם ברמת הנגיעות בכל כל נקודה בכל מועד דיגום בכל 4 החלקות בין שלושת שיטות הדיגום השונות. בשיטה השנייה חישבנו את הנגיעות הממוצעת בזחלים ובמנהרות בכל חלקה בכל מועד דיגום וחישבנו את המתאם ביו שתי שיטות אלו בעזרת מקדם פירסון (Pearson).

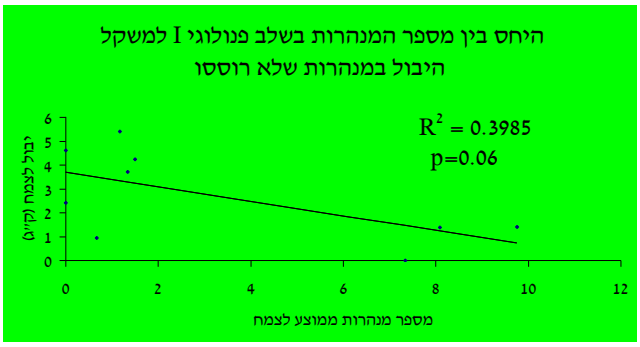
להשגת מטרה 4 - בחינת ספי הפעולה (ET) אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים בחלקה ייעודית באבני איתן בת 7.5 דונם של עגבניות מהזן H-9780 בה היה אילוח טבעי של ט״א נערך ניסוי עם שלושה טיפולים: סף פעולה מחמיר המשמש את המגדלים היום, סף מקל יותר שנקבע על פי תוצאות שנאספו בשנתיים הראשונות של המחקר, וביקורת ללא טיפולים כימיים. הסף המחמיר היה 0.3 זחלים לצמח לפני החנטה ו- 0.1 זחלים לצמח אחרי החנטה. סף הפעולה המקל חושב על סמך המחקר בשנתיים הראשונות שבו מצאנו שעד החנטה לא נוצר נזק באף אחת מרמות נגיעות שנבדקו, ולאחר החנטה סף הנזק הכלכלי (EIL) הוא 1.14 זחלים לצמח. לצורך המחקר קבענו שסף הפעולה יהיה 90% מסף הנזק הכלכלי מאחר ותכשירי ההדברה המקובלים כיום כנגד הט״א פועלים כמעט באופן מידי וכך הגענו לסף פעולה של זחל אחד לצמח אחרי החנטה (ללא טיפול לפני החנטה). השדה חולק ל- 15 חלקות בנות כ- 0.5 דונם כל אחת (5 שורות) והטיפולים פוזרו באקראית מלאה עם 5 חזרות לטיפול. הדיגום התבצע אחת לשבוע ובכל חזרה נבחרו 10 צמחים באקראי מכל חזרה ונבדקו ביסודיות לקביעת מספר המנהרות ומספר הזחלים החיים בכל צמח. לפני ספירת המנהרות, נוער כל אחד מהצמחים מעל מגש לבן ונספרו מספר האויבים הטבעיים שנמצאו עליו. בכל פעם שבאחד הטיפולים הגענו לסף הפעולה בוצע ריסוס באחד החומרים המורשים לטיפול כנגד הט״א בהתחשב בימי ההמתנה (אוונט, טאקומי וקורגן). בקטיף נקטפו מהשורה האמצעית של כל טיפול 5 מ׳ שורה (כ- 10 מ״ר) כל הפירות והופרדו לפירות אדומים, ירוקים ורקובים ונשקלו. לאחר מכן נבחרו באקראי 100 פירות אדומים ומוינו לפרי נקי ולפרי פגוע ע״י ט״א.

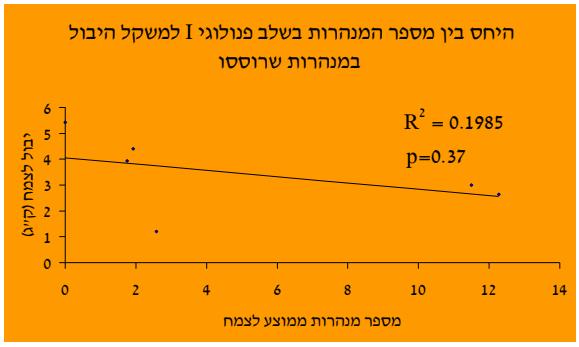
התוצאות נותחו בעזרת מבחני ANOVA להשוואת רמת הנגיעות של המזיק ונוכחות האויבים הטבעיים במועדי הדיגום השונים. נתוני הספירות עברו טרנספורמציה שורש ריבועי לצורך נירמולם לפני הניתוח הסטטיסטי ונתוני הנגיעות בקטיף עברו טרספורמציית arcsin.

1.6 תוצאות

1. הקשר בין רמת הנגיעות בט״א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק שהוא גורם בקטיף.

בשנת המחקר הראשונה, כאשר בחנו את הקשר בין רמת האילוח בשלב הפנולוגי הראשון לכמות היבול בקטיף (הנזק העקיף) במבנים בהם ניתן טיפול כימי בסוף השלב הפנולוגי, לא נימצא קשר בין רמת האילוח לנזק (R^2=0.1985, p=0.37 תרשים 1). כאשר הנגיעות בשלב זה לא טופלה והאוכלוסייה המשיכה לגדול עד הקטיף, מידת הקשר בין המשתנים עלתה אך עדין לא ניתן להצביע על קשר חזק בין רמת הנגיעות בתקופה זו לכמות היבול בקטיף (p=0.6, R^2=0.398 תרשים 1).

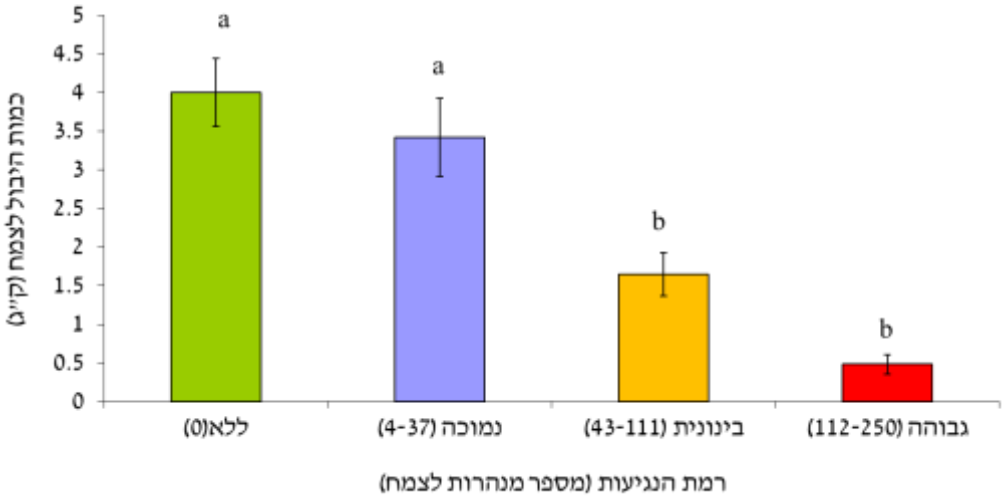




תרשים 1. כמות היבול לצמח בקטיף ביחס למספר המנהרות שבועיים אחרי האילוח בזחלי ט״א בשלב הפנולוגי הראשון במבנים שבהם האוכלוסייה טופלה כימית בסוף שלב זה (בכתום) ובצמחים שלא טופלו (בירוק) ובהן האוכלוסייה המשיכה לגדול עד הקטיף.

לעומת זאת כאשר בחנו את הקשר בין רמת האילוח בשלב הפנולוגי השני לכמות היבול בקטיף במבנים בהם ניתן טיפול כימי בסוף השלב הפנולוגי השני נימצא קשר מובהק ושלילי בין רמת הנגיעות בשלב זה לנזק (R^2=0.6775, p=0.02) . כאשר הנגיעות בשלב זה לא טופלה והאוכלוסייה המשיכה לגדול עד הקטיף, מידת הקשר בין המשתנים עלתה עוד יותר (R^2=0.6909, p=0.01). אך הקשר המובהק ביותר נימצא בין האילוח בשלב הפנולוגי השלישי לבין כמות הפרי ביבול (R^2=0.6206, p<0.001) ומשוואת הקו הייתה y=0.211X+4.4935.

כאשר בחנו את ההבדלים במשקל היבול במועד הקטיף בין צמחים עם רמות נגיעות שונות כפי שנמדדה כחודש לפני הקטיף ללא קשר למועד האילוח, מצאנו שברמת הנגיעות שהגדרנו כנמוכה (3.5-37 מנהרות לצמח) משקל היבול הגיע ל 3.5 ק״ג לצמח. נתון זה לא היה שונה במובהק מאשר בצמחים ללא כל נזק בהם היבול הגיע ל-4 ק״ג לצמח. לעומת זאת כבר ברמת הנגיעות הבינונית (43-111 מנהרות לצמח) כמות היבול פחתה לחצי והגיעה ל- 1.5 ק״ג לצמח בעוד שברמת הנגיעות הגבוהה (112-252 מנהרות לצמח) כמות היבול בקטיף הגיעה ל- 0.5 ק״ג לצמח בלבד (תרשים 2).



תרשים 2. ההבדל במשקל היבול לצמח בקטיף, בין צמחים בדיגום שנערך כחודש לפני הקטיף נמצאו בהם רמות אילוח שונות (ממוצע ושגיאת תקן). עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות p<0.05 ע״פ מבחן Tukey HSD.

כאשר בחנו את הקשר בין רמת הנגיעות המוגבלת לשלבים הפנולוגיים השונים (אלו שקיבלו ריסוס בסוף השלב הפנולוגי) לבין אחוז הפרי הנגוע בקטיף (הנזק הישיר) התקבלה תמונה דומה שבה לא היה קשר בין הנגיעות בשלב הפנולוגי הראשון לאחוז הפרי הנגוע בקטיף. רק בשלב הפנולוגי השני והשלישי נימצא קשר גבוה ומובהק בין רמת הנגיעות המוגבלת בזמן לנזק וכן במנהרות שבהן האילוח המשיך ללא הגבלה ממועד האילוח עד הקטיף (טבלה 2).

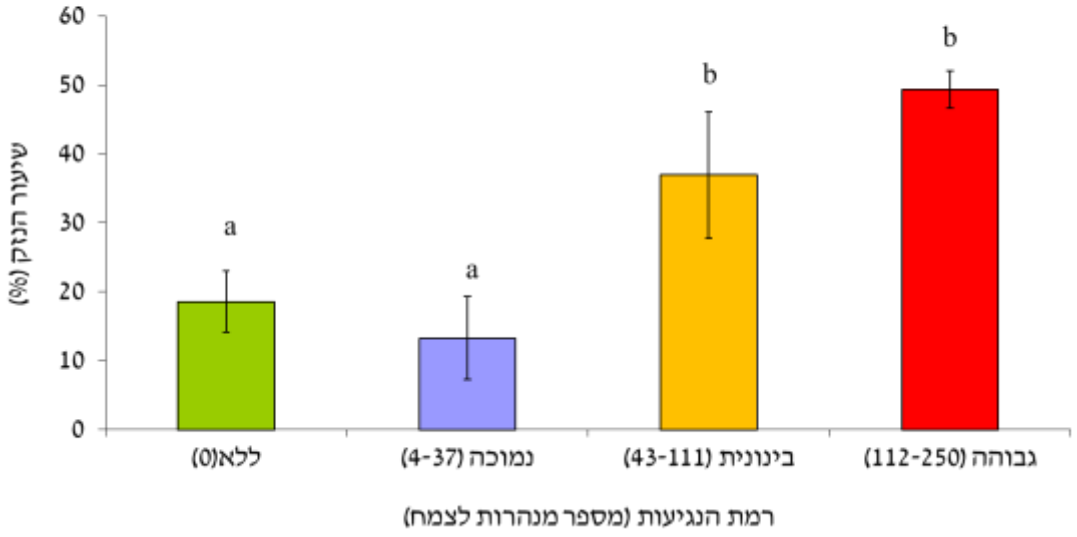
טבלה 2. ריכוז של נתוני רגרסיה הבוחנים את הקשר בין מספר המנהרות של ט״א הממוצע לצמח בכל מיבנה למשקל היבול ולאחוז הנגיעות בפרי בקטיף בהתאם לשלב הפנולוגי בו אולחו הצמחים. במבנים בהם רוסס חומר ההדברה הנזק נגרם רק בתקופה מוגבלת של הגידול במבנים בהם לא בוצע ריסוס הנזק התחיל במועד האילוח והמשיך עד הקטיף.

שלב האילוח	שלב פנולוגיI				שלב פנולוגיII				שלב פנולוגיIII	
	מרוסס		לא מרוסס		מרוסס		לא מרוסס			
תאריך דיגום	R^2	*P-value*	R^2	*P-value*	R^2	*P-value*	R^2	*P-value*	R^2	*P-value*
3.7.12	0.34	0.220	**0.72**	**0.003**						
5.8.12	0.006	0.886	0.36	0.085	0.24	0.2645	**0.67**	**0.012**		
29.8.12	0.483	0.125	**0.78**	**0.001**	**0.66**	**0.0248**	**0.77**	**0.004**	**0.50**	**0.003**
7.9.12									**0.65**	**0.0002**

בשנת המחקר השנייה (2013) כאשר חזרנו שוב על הניסוי לא נימצא קשר בין רמת הנגיעות בט״א לבין כמות היבול בקטיף, באף לא אחד מהשלבים הפנולוגיים בהם בוצע האילוח. כמויות היבול לצמח היו גבוהות בכל רמות האילוח ולא נמצאו ביניהם הבדלים (ללא אילוח- 10.43±1.3 ק״ג, נגיעות נמוכה- 10.9±2.19 ק״ג, נגיעות נמוכה- 8.16±1.22 ק״ג, נגיעות נמוכה- 11.1±1.0 ק״ג ממוצע ושגיאת תקן). רמות יבול אלו היו גבוהות בהרבה מאשר היבול הממוצע שהתקבל בשטח הביקורת הפתוח (4.25 ± 1.47 ק״ג לצמח ממוצע ושגיאת תקן). לעומת זאת נימצא קשר גבוה ומובהק בין רמת הנגיעות בט״א לבין רמת הנזק לפרי בקטיף בשלב הפנולוגי השלישי, אך לא בשלבים פנולוגיים מוקדמים יותר (טבלה 3). כאשר בחנו את ההבדלים בשיעור הנזק לפרי כפונקציה של רמת הנגיעות במזיק בצמחים כפי שנמדדה כחודש וחצי לפני הקטיף, מצאנו באופן מובהק יותר נזק בפירות שנקטפו מצמחים בהן הייתה רמת נגיעות בינונית וגבוהה לבין אלו שנקטפו מצמחים בהן כחודש וחצי לפני הקטיף, רמת הנגיעות בצמחים הייתה נמוכה או אפסית (תרשים 3).

טבלה 3. ריכוז ערכי הרגרסיה בין רמת הנגיעות בצמחים לאחוז הפרי הנגוע בקטיף במועדי האילוח שבוצעו בשלבים פנולוגיים שונים של הגידול.

	שלב פנולוגי I		שלב פנולוגי II		שלב פנולוגי III	
תאריך דיגום	R^2	**P-value**	R^2	**P-value**	R^2	**P-value**
29.5.13	0.0031	0.83704				
25.6.13			0.1553	0.14608		
24.8.13			0.0393	0.47907	0.7764	<0.0001



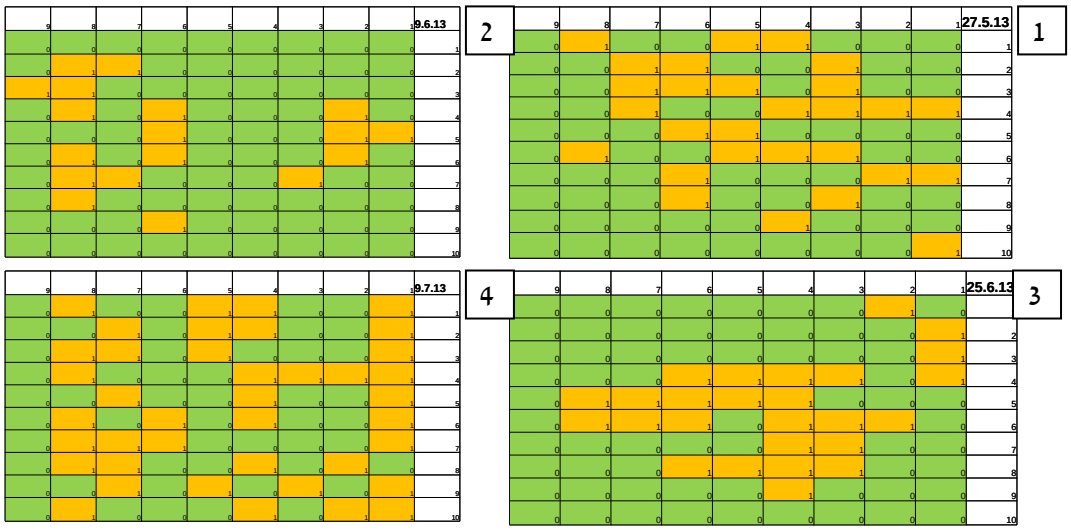
תרשים 3: שיעור הנזק לפרי בקטיף בצמחים שבדיגום שנערך כחודש לפני הקטיף בשנת המחקר השניה, נמצאו בהם רמות שונות של נגיעות ט״א כפי שבאה לידי ביטוי במספר מנהרות לצמח (ממוצע ושגיאת תקן). עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p<0.05$ ע״פ מבחן Tukey HSD.

חישוב סף הנזק הכלכלי- את סף הנזק הכלכלי חישבנו בעזרת הנוסחה הבאה: **EIL=CC/YL*MV*EY*PC**, כאשר את ״אינדקס הנזק״ (Yield Loss= **YL**) כלומר את נתון שיעור הפגיעה ביבול מכל פרט של המזיק לצמח, חילצנו מתוצאות המחקר לפי התחשיב הבא: ברמת הנגיעות הנמוכה של עד 37 מנהרות לצמח, משקל היבול הגיע ל3.5 ק״ג לצמח שזה מהוה פחיתה ביבול של 12.5% מהיבול בטיפולים ללא הט״א שעמד על 4 ק״ג (תרשים 2). מאחר ומצאנו שכל זחל יוצר כ 3.6 מינהרות במהלך חייו הרי שמספר הזחלים הגורמים לפחיתה זו ביבול הם 10.22 כלומר כל זחל גורם לפחיתה של 1.21% ביבול. חזרנו ובדקנו נתון זה גם ברמת הנגיעות הגבוהה ביותר של 252 מינהרות לצמח בה הפחיתה ביבול עמדה על 87.5% ושוב מצאנו שאינדקס הנזק מתכנס לאותו מספר ועומד על 1.25% (100-0.5/4*100)/(252/3.6)=1.25.

מאחר וחומר ההדברה המקובל ביותר כיום על החקלאים כנגד הט״א הוא קורגן (Chlorantraniliprole) התיחסנו למחיר הטיפול כנגד המזיק ליחידת ייצור(Control Costs =CC) כ 40 ₪ לדונם שזו עלותו לחקלאיים בטיפול אחד. התיחסנו לשיעור הצפוי של הצלחת הטיפול (**PC** Percentage Contro) כ75% ומחיר השוק כיום לטון עגבניות לתעשיה הוא 350 ₪ והיבול הממוצע הוא 11 טון לדונם (שאול גרף ידע אישי). לפיכך סף הנזק הכלכלי התקבל **כ1.14** זחלים לצמח **EIL=40/(1.21*350*11*0.75)=1.14**

2. דגם הפיזור המרחבי של המזיק.

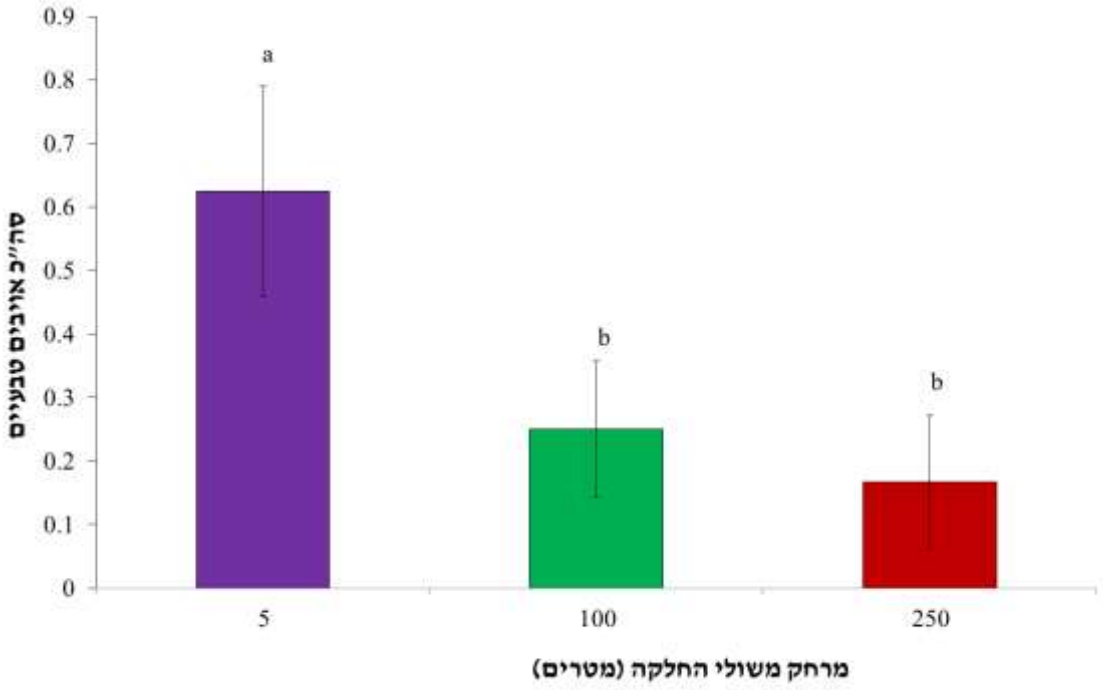
במעקב אחר התבססות ט״א בחלקת הניסוי הייעודית באבני איתן (שנת 2013) ניתן למצוא את המזיק במרכז החלקה כבר מתחילת ההתבססות (תרשים 4). כמו כן ניתן לראות שדגם הפיזור הינו דינמי ואתרים שהיו מאולחים בשבוע אחד כבר אינם בהכרח כך שבועיים לאחר מכן. בניתוח הנתונים לפי שיטת ״השכן הקרוב״ מדד R=2.39 שהתקבל מצביע על כך שהפיזור במועד הדיגום הראשון הינו סדור.



תרשים 4. דגם הפיזור המרחבי של ט״א בחלקה באבני איתן. המספרים מציינים את רצף הדיגום החל מה27.5.13 וכלה ב9.7.13 . ריבועים כתומים מציינים קוואדראטים בהם נמצאה נגיעות.

במעקב אחר דגם הפיזור ב 4 החלקות המסחריות בניתוח דו גורמי של השורה (שנותח כדי לבחון האם למרחק של השורה מקצה החלקה יש חשיבות בדגם הפיזור) והמרחק מהשוליים בכל שורה, לא נמצאה אינטראקציה בין גורמים אלו באף לא אחת מהחלקות. בניתוח של דגם הפיזור כפונקציה של המרחק מהשוליים בכל החלקות במועד הראשון בו נמצאה ט״א לא מצאנו הבדלים בהתבססות הט״א בין המרחקים השונים כפי שבאה לידי ביטוי במספר המנהרות ($F_{2,66}$=0.23, p=0.79) וכך גם במועד הדיגום השני ($F_{2,66}$=0.03, p=0.98) וגם השלישי ($F_{2,49}$=0.39, p=0.68) .

לעומת זאת בבחינת נוכחות האויבים הטבעיים הידועים כפוגעים בט״א (שכללו בעיקר את הרכנף *Nesidiocoris tenuis* אך גם עכבישים, ארינמלים וצרעות טפילות מהBraconidae) כפונקציה של מרחקם מהשוליים, מהמועד הראשון בו הייתה נוכחות שלהם בשדה נמצאו במובהק יותר אויבים טבעיים בשולי החלקה לעומת המרכז ($F_{2,66}$=3.23, p=0.045 ; תרשים 5). מגמה זו של נוכחות מוגברת של אויבים טבעיים בשוליים התמתנה בהמשך העונה ובמועד הדיגום השני השלישי כבר לא נמצאו הבדלים מובהקים בנוכחות האויבים הטבעיים במרחקים השונים משולי החלקה ($F_{2,49}$=2.83, p=0.069, $F_{2,49}$=2. 32, p=0.108, בהתאמה).



תרשים 5. סה"כ האויבים הטבעיים של הט"א ליחידת דיגום (ממוצע ושגיאת תקן) במרחקים שונים משולי החלקה, במועד הדיגום הראשון בו נמצאו אויבים טבעיים בארבעת החלקות. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p<0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.

3. מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה.

כאשר בחנו את המתאם בין מספר הזחלים למטר ומספר המנהרות באותו מטר בכל מועד דיגום בכל החלקות מצאנו שקיים מתאם גבוה ומובהק ביניהם ($p<0.0001$; $\rho=0.788$ מקדם ספירמן). כאשר בדקנו את המתאם בכל חלקה לחוד נמצאו אף מתאמים גבוהים יותר (דן $p<0.0001$ $\rho=0.843$; מעיין ברוך $p<0.0001$ $\rho=0.815$; מנרה $p<0.0001$ $\rho=0.759$; חוות גד"ש $p<0.0001$; $\rho=.0.721$). לעומת זאת המתאם בין מספר הזחלים בכל מטר כאשר הצמחים נסרקו בקפדנות לבין מספרם ב- 10 עלים שנאספו באקראי מאותו מטר היה נמוך ($p=0.018$ $\rho=0.199$) ; כאשר חישבנו את המתאם בין הנגיעות הממוצעת בכל חלקה בכל מועד דיגום בין מספר הזחלים למטר ומספר המנהרות מצאנו שקיים מתאם גבוה ומובהק ($p<0.0001$ $F_{1,13}=41.3$; $R^2=0.76$ מקדם פירסון). משוואת הרגרסיה שחושבה היא <u>$Y=3.434X-0.0002$</u> כלומר כל זחל מיצר בממוצע כ- 3.4 מנהרות.

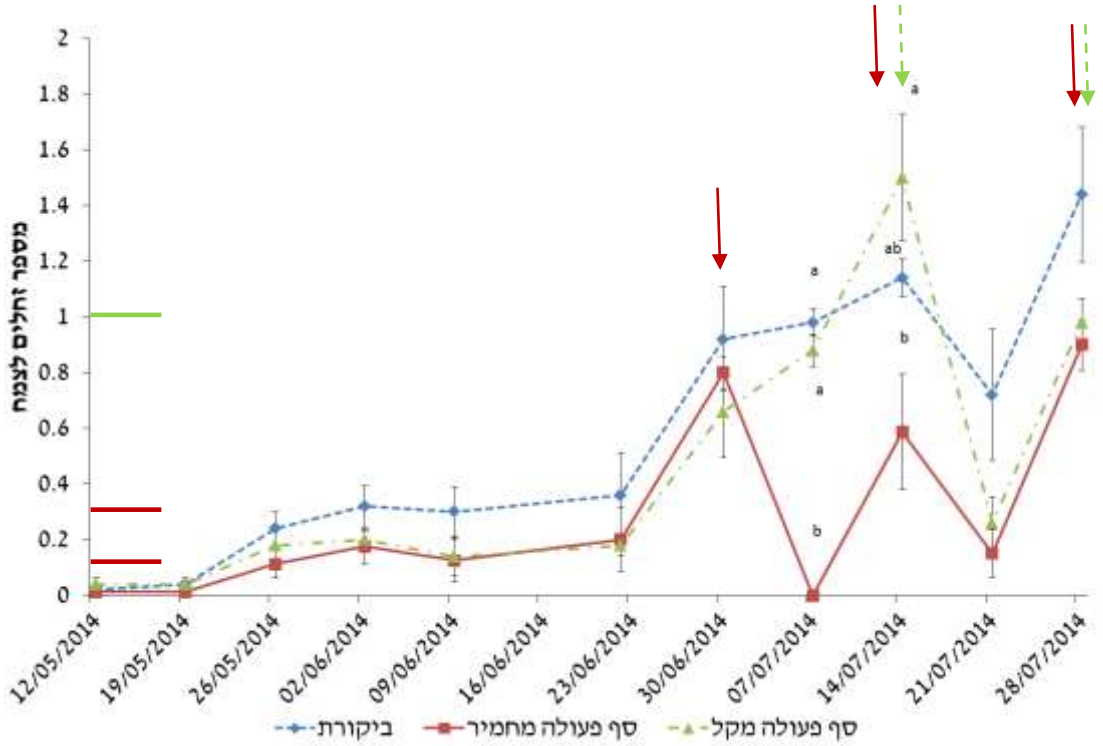
בבחינת משך הזמן שלוקחת כל שיטה מצאנו כי ספירת 1 מטר שורה ובחינת כל מנהרה למציאת הזחל ואם הוא חי או מת אורכת כחצי שעה למטר. אם פקחים ידגמו כ- 10 אתרים כאלו בלבד בחלקה של 200 דונם הרי שהפיקוח בחלקה זו יארך כ- 5 שעות. חיפוש כל המנהרות ב- 1 מטר אורך כ- 15 דק'. אם פקחים ידגמו כ- 10 אתרים כאלו בלבד בחלקה של 200 דונם הרי שהפיקוח בחלקה זו יארך כ- 2.5

שעות. איסוף העלים מכל מ׳ אורך כ- 5 דק׳ למטר בשטח ועוד כ- 5 דק במעבדה סה״כ 10 דקות למטר בהנחת 10 אתרי דיגום, משך הדיגום לחלקה יורד לשעה וארבעים דקות.

4. בחינת ספי הפעולה אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים

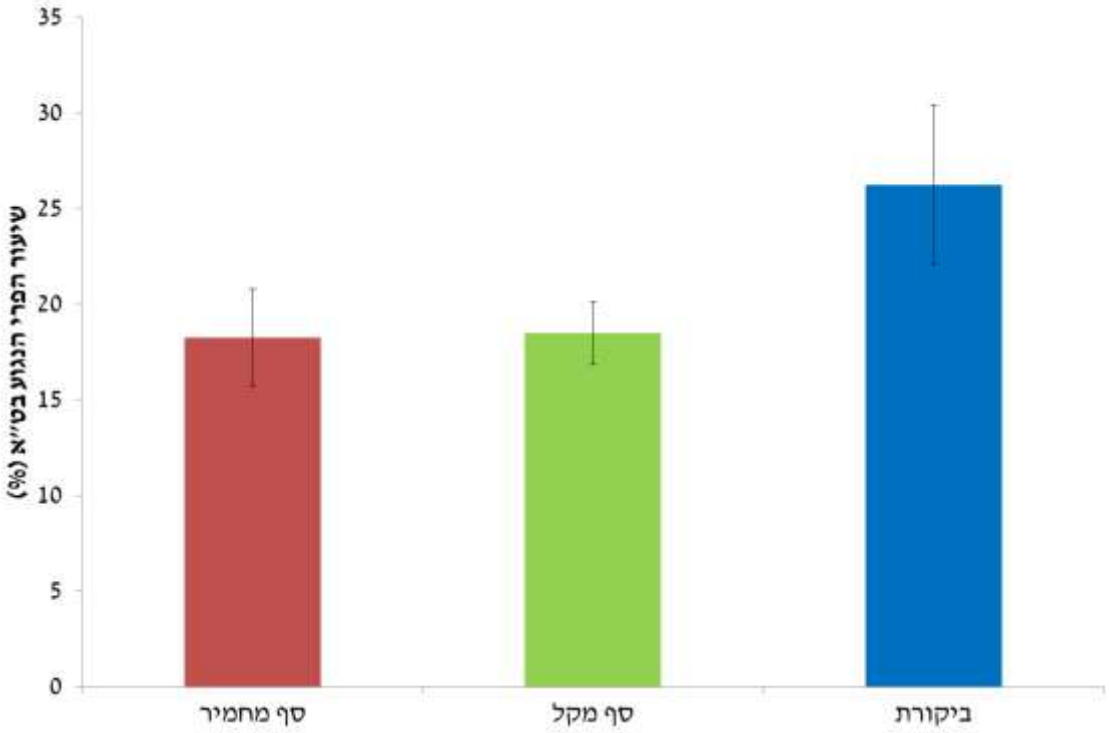
דינמיקת האוכלוסייה של המזיק מצביעה על עליה הדרגתית בגודל האוכלוסייה שהגיעה לסף המחמיר של זחל לצמח ב- 30.6 שלווה בטיפול באוונט. הטיפול הכימי אכן הוריד את האוכלוסייה שבוע לאחר מכן לרמה נמוכה באופן מובהק מהחלקות בהן לא ניתן טיפול (תרשים 6). כעבור שבועיים האוכלוסייה בחלקות שטופלו כימית גדלה והגיעה שוב לסף הפעולה ביחד עם החלקות של הסף המקל. משלב זה שני ריסוסים נוספים ניתנו בשני הטיפולים. במועד הדיגום האחרון לא היו הבדלים ברמת האוכלוסייה בחלקות שטופלו ע״פ הסף המחמיר ולפיכך רוססו 3 פעמים במהלך העונה ואלו שטופלו לפי הסף המקל ורוססו רק פעמים. בחלקות הביקורת שלא טופלו כלל נימצא 0.5 זחל יותר בממוצע לצמח, אך הבדל זה לא היה מובהק. תוצאות אלו באו לידי ביטוי בקטיף בו לא נמצאו הבדלים ביבול בין הטיפולים השונים $F_{2,16}$=0.58, p= 0.571 ; סף מחמיר 157±11.8, סף מקל 169±6.51, ביקורת 168±4.6 ק״ג ל- 10 מ״ר (ממוצע ± שגיאת תקן).

כאשר השווינו את איכות הפירות בקטיף, כלומר כמה מהפרי נקי ומהי מידת הנזק שנגרם להם מט״א לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפולי הסיפים השונים למרות שהביקורת הייתה ב- 8% יותר נגועה מהחלקות שטופלו כימית ($F_{2,16}$=2.14, p= 0.15, תרשים 7).



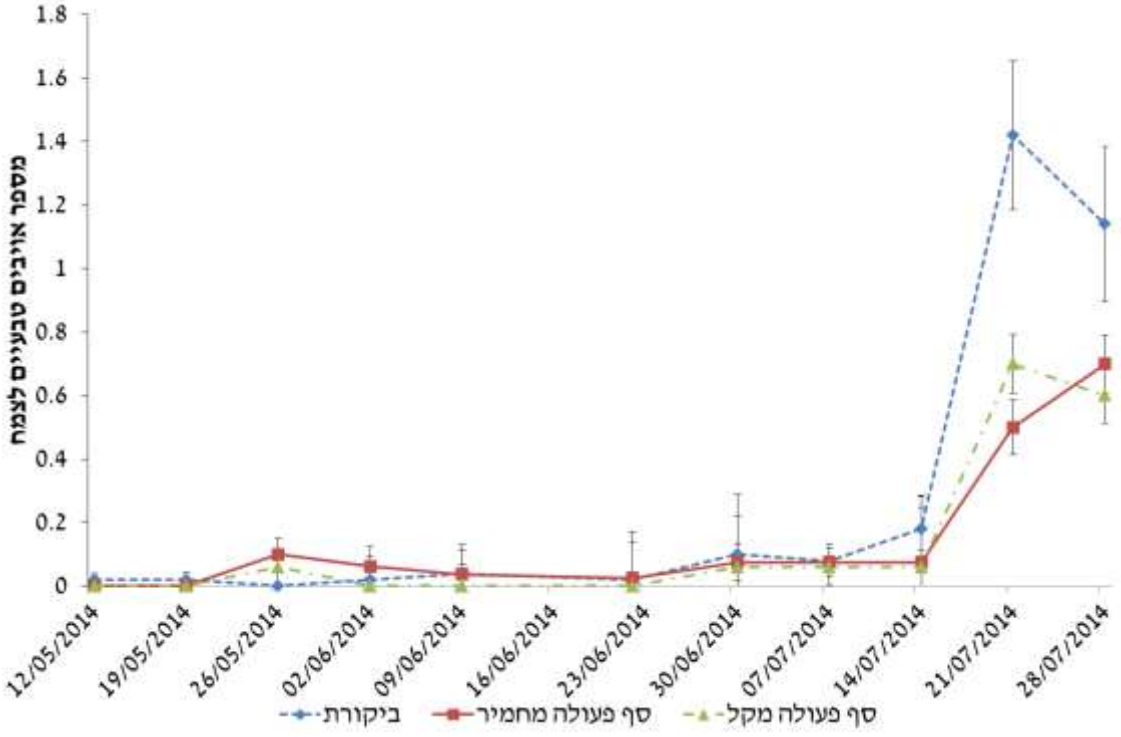
תרשים 6: דינמיקת הפרטים הצעירים של ט״א בשלושת ממשקי ההדברה. כל נקודה מסמלת את מספר הפרטים הממוצע לצמח ההדברה (±שגיאת תקן) . אותיות שונות לנקודות באותו תאריך מצביעות על הבדלים מובהקים $p<0.05$ ע״פ מבחן Tuky Kramer. החיצים מצביעים על מועדי הריסוס בהתאמה

לסף הפעולה וסיפי הפעולה מסומנים בקווים אופקיים על ציר הY בהתאם לשלב הפנולוגי של הצמח (בצבעים ע״פ הטיפולים).



תרשים 7: אחוז הפרי הנגוע בט״א מהיבול בקטיף בחלקות שטופלו ע״פ סיפי פעולה שונים (ממוצע ושגיאת תקן).

התפלגות האויבים הטבעיים בכל הטיפולים גם יחד כללה 76% מהפשפש *Nesidiocoris tenuis* , 21% צרעות טפיליות בעיקר מה- Braconidae (הידועות בטיפות של ט״א אך גם של עשם נוספים), 2% עכבישים ממינים שונים ו- 1% מושיות. אוכלוסיותיהם היו נמוכות בשלושת הטיפולים במשך כל העונה אך לקראת התקופה הקריטית של הגידול חלה עליה של פי 2 בביקורת שלא טופלה בתכשירי הדברה לעומת החלקות שטופלו אם כי הבדלים אלו לא היו מובהקים (תרשים 8).



תרשים 8. דינמיקת האוכלוסיה האויבים הטבעיים של ט״א בשלושת ממשקי ההדברה (ממוצע ±שגיאת תקן).

1.7 מסקנות ודיון

במחקר הנוכחי חיפשנו את הקשר בין רמת הנגיעות בט״א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק בקטיף ומצאנו שנגיעות במזיק זה, גם ברמה גבוהה, הנמשכת רק כחודש אחד ואז נבלמת, בכל אחד משלבי הגידול, איננה פוגעת בכמות היבול בקטיף, ושהנגיעות בט״א בשלב הפנולוגי השלישי (משבירת הצבע עד הקטיף) היא הקריטית ביצירת הנזק הישיר לפרי בעוד שנגיעות לפני החנטה גם ברמה הגבוהה ביותר איננה גורמת לכל נזק ליבול. בשנת המחקר השניה, בשונה משנת המחקר הראשונה לא מצאנו שהנגיעות בשלב הפנולוגי השני משמעותית מבחינת הנזק העקיף או הישיר ליבול. אנו מניחים שההבדלים בתוצאות בין השנים נובעים בין השאר מהבדלים הגדולים בכמויות היבול שהתקבלו, כאשר בשנת המחקר השניה ממוצע היבול לצמח, בכל רמות הנגיעות בט״א עמד על כ 10.4±1.92 ק״ג לצמח (ממוצע ושגיאת תקן) בעוד שבשנת המחקר הראשונה ממוצע היבול לצמח (ללא נגיעות) עמד על 4 ק״ג בלבד שזהו נתון הדומה ליבול שקיבלנו בשטח הפתוח ומקובל בשטחים חקלאיים (כ- 12 טון לדונם). משתי שנות המחקר בהן חזרנו על אותו ניסוי אנו מסיקים שנגיעות בט״א בתחילת העונה איננה משמעותית ליבול בקטיף ועיקר הנזק נגרם בשלב הפנולוגי השני והשלישי.

מכיוון שמצאנו שכל זחל יוצר בממוצע כ- 3.6 מנהרות במהלך ההתפתחות ועל סמך נתוני המחקר בשנת המחקר הראשונה חישבנו את ״אינדקס הנזק״ (Yield Loss= **YL**) כלומר את שיעור הפגיעה ביבול מכל פרט של המזיק לצמח ומצאנו שכל זחל גורם לירידה של כ- 1.2% מהיבול לצמח. את סף הנזק הכלכלי (EIL) חישבנו תוך שימוש באינדקס הנזק הזה ובהנחה שתכשיר ההדברה בו משתמשים הוא קורגן ומצאנו שהוא עומד על 1.14 זחלים לצמח. מסף הנזק הכלכלי המחושב גזרנו סף פעולה (ET) מקל

של 90% מסף הנזק והגענו לזחל לצמח אחרי חנטה וללא טיפול כלל לפני החנטה. כאשר בחנו סף פעולה זה בקטיף מצאנו שלא היו הבדלים בכמות או באיכות היבול בין הסף המקל שקבענו לבין הסף המחמיר העומד על 0.3 זחלים לצמח לפני החנטה ו- 0.1 זחלים לצמח אחרי החנטה. בניסוי זה גם מצאנו שאוכלוסיית האויבים הטבעיים שעלתה בתקופה הקריטית של הגידול בטיפול הביקורת, היא זו שכנראה תרמה לירידה באוכלוסיית המזיק לרמה שלא גרמה לפחיתה בכמות היבול אך לא הספיקה כדי למנוע את הנזק.

כאשר בחנו את דגם הפיזור של המזיק מצאנו שהמזיק נימצא כבר מתחילת העונה גם במרכז החלקה ומפוזר באופן יחסית סדור והדגם אינו מצביע על מעבר של המזיק מהשולים למרכז, כפי שנימצא למשל בעש הפקעות. לעומת זאת האויבים הטבעיים של הט״א נמצאים בתחילת העונה בעיקר בשוליים ורק בהמשך חודרים לכל החלקה. הדבר יכול להעיד על נחיתה של נקבות המזיק באופן אקראי בכל שטח החלקה באוד שהאויבים מגיעים מצמחייה סמוכה.

מבין האויבים הטבעיים שמצאנו הנפוץ ביותר היה הפשפש *Nesidiocoris tenuis* שהיווה כ- 76% מכלל האויבים הטבעיים- נתון שמצאנו גם במחקרים קודמים (Shaltiel et al in press).

בחיפוש שיטת הניטור האופטימאלית המשכללת את הדיוק ואת המאמץ הכרוך בכל שיטה, מצאנו שספירת מספר מנהרות המזיק ב- 10 קטעים אקראיים בחלקה, של 1 מ׳ כל אחד יכולה להוות אומדן טוב למספר הזחלים בחלקה. לעומת זאת, ספירת עלים באקראי לא יכולה להוות אומדן טוב לרמת המזיק בחלקה.

לסיכום, תוצאות המחקר מצביעות על כך שניטור המזיק צריך להיות בכל החלקה תוך כדי ספירת המנהרות במקטעים של 1 מ׳. המגדלים יכולים להמתין עם הדברת המזיק בשלב הראשון של הגידול ולאפשר למועילים להתבסס בשטח בלי לחשוש מנזק לפחות עד החנטה. ״אינדקס הנזק״ (YL) שמצאנו מצביע על כך שכל זחל גורם לפחיתה של 1.2% מהיבול. נתון זה יכול להוות בסיס לחישוב ספי נזק כלכליים בהתאם לתכשירי ההדברה בהם יעשה שימוש בעתיד- עלותם ויעילותם וכמובן לפי מחירי היבול בשוק.

1.8 תודות:

תודות לשוש פלס, ריקה קדושים, מישה כצנלסון ולרבקה רביב על העזרה הרבה בביצוע המחקר.

תודה לבניהו כהן על עבודתו המאומצת כסטודנט מחקר.

תודה למרטין גולדווי על הנחיה משותפת של סטודנט המחקר.

תודה לסיון מרגלית ולאורן ריכמן על העזרה בניתוח הסטטיסטי

1.9 ספרות מצוטטת

Krebs, C.J. (1999). Ecological Methodology. 2nd edition. Harper Collins Publishers Inc. New York

Pedigo L. P, Hutchins S. H., Higley. L. G 1986 Economic injury levels in theory and practice Ann. Rev. Entomol.31:341-68

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדוח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.

1. קביעת הקשר בין רמת הנגיעות בט״א בשלבים הפנולוגיים השונים של הגידול לבין הנזק שהוא גורם בקטיף; 2. מציאת דגם הפיזור המרחבי של המזיק ושל אויביו הטבעיים בשדה; 3. מציאת שיטת ניטור מתאימה לדיגום המזיק בשדה; 4. בחינת ספי הפעולה אותם יש לאמץ כנגד המזיק תוך התחשבות בנוכחות אויביו הטבעיים

עיקרי התוצאות. במחקר זה מצאנו שנגיעות בט״א, גם ברמה גבוהה, הנמשכת רק כחודש אחד ואז נבלמת, בכל אחד משלבי הגידול, איננה פוגעת בכמות היבול בקטיף. מצאנו שהנגיעות בט״א משבירת הצבע עד הקטיף היא הקריטית ביצירת הנזק הישיר לפרי. ושרמת נגיעות של עד 37 מנהרות לצמח (18% נגיעות) איננה מהווה גורם המשפיע על כמות היבול או איכותו. חישבנו את ״אינדקס הנזק״ ומצאנו שכל זחל מפחית את כמות היבול ב1.2% לצמח. בהנחה שתכשיר ההדברה המקובל הוא קורגן חישבנו סף נזק הכלכלי של 1.14 זחלים לצמח וממנו גזרנו סף פועלה של 1 זחל למטר. סף זה ניבדק ומצאנו שאין הבדל מבחינת היבול בינו לבין סף מחמיר יותר של 0.1 זחלים לצמח. דגם הפיזור של המזיק מצביע על כך שהוא נימצא כבר מתחילת העונה גם במרכז החלקה ולא מתרכז בשוליים ושיטת הניטור היעילה מבחינת איתור המזיק בשטח היא ספירת מנהרות ב-1 מטר שורה באתרים אקראיים בחלקה.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?

ממצאים אלו תומכים בהשערה שהמגדלים יכולים להמתין עם הדברת המזיק בשלב הראשון של הגידול עד החנטה ולאפשר למועילים להתבסס בשטח מבלי לחשוש לנזק. על הפקחים לדגום מתחילת העונה בכל השטח ולא להסתפק בניטור השוליים בלבד.

כל מטרות המחקר הושגו.

שינויים שחלו במהלך העבודה בין תיכנון המחקר לביצועו בפועל והסיבות לכך:

במהלך המחקר חלו מספר שינויים בין התיכנון כפי שהוגש בהצעת המחקר לביצוע: **בהצעת המחקר תיכננו לבצע את מטרות ב׳ וג׳ בשנת המחקר השניה ואת מטרה ד׳ בשנת המחקר השלישית בקנה מידה מסחרי גדול. ובסופו של דבר ביצענו מטרות אלו בעיקר בשנת המחקר השלישית ובקנה מידה יותר קטן.** הסיבות לשינוי זה בתוכנית הן א: היקף העבודה בביצוע ניסוי א׳ שבו חיפשנו את סיפי הנזק היה גדול ממה שהערכנו בתחילה וכלל עבודה של מאסטרנט שתי טכנאיות שעזרו לו וימי עבודה רבים של החוקרת הראשית. בנוסף החזקת גידול של טוטה אבסולוטה בחוות עדן שעלותו היתה רבה ועלות השינוע של העשים מחוות עדן לאבני איתן לפני כל ניסוי גם היא היתה גבוהה מהצפוי וכל זאת כאשר תיכננו את המחקר ביקשנו 200000 ₪ לשנה ובסופו של דבר אושרו לנו רק 150000 ₪. ולכן ערכנו שינוי בחלוקת הניסויים בין השנים חזרנו בשנה השניה על ניסוי א׳ כמתוכנן וביצענו את ניסוי ב׳ באופן חלקי והעברנו את ביצוע ניסויי ב׳ ג ו-ד׳ לשנת המחקר השלישית.

בהצעת המחקר תכננו תיכננו לבצע את ניסוי בחינת סיפי הפעולה ב 6 חלקות מסחריות בנות 200 דונם כל אחת בשני אזורים ב- 4 טיפולים: א. סף הפעולה שייגזר מנתוני השנתיים הראשונות של המחקר ב. סף מחמיר פי 2 מהסף שיקבע, סף מקל פי 2 מהסף שיקבע כלומר ו-ד. ביקורת ללא טיפול כימי כלשהו כנגד הט״א. אך כשהגענו לשלב הביצוע הסתבר שאין מגדלים שמוכנים לצורך הניסוי לסכן 75% מהשטח שלהם ובהעדר אפשרות להבטיח פיצוי כספי בגין נזק עתידי נאלצנו לצמצם את היקף הניסוי ולבצע אותו בקנה מידה קטן בחוות הנסיונות באבני איתן שם עמדו לרשותינו 8 דונם בלבד.

אם כל זאת השגנו במהלך המחקר את כל מטרות המחקר אותן הצבנו לפנינו.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

הרצאות וימי עיון:

1. המחקר הוצג בכנס הארצי של עגבניות לתעשיה לסיכום שנת 2013 שהתקיים בינואר 2014 בקיבוץ מזרע:

התמודדות עם *Tuta Absoluta* בעגבניות לתעשייה

2. המחקר הוצג בכנס בינלאומי על כנס חזרות במדע Replication uncertainty in biological research

שהתקיים במכללת תל חי באפריל 2014 מסגרת ISF workshop Tel Hai College 2014 : Replication **in**

Agricultural experiments of IPM:

3. המחקר הוצג כהרצאה מוזמנת בכנס הבין לאומי למידבור שהתקיים במדרשת שדה בוקר

The 5th International Conference on Drylands, Deserts & Desertification

November 17-20, 2014 Sde Boqer Campus, Ben Gurion University**:**

Development of IPM tools to control *Tuta absoluta* in open field tomato crops in Israel

4. המחקר הוצג בכנס מיג"ל שהתקיים בקיבוץ הגושרים באפריל **2014: קביעת סף הנזק הכלכלי של עש נובר העגבנייה, *Tuta absoluta*, בעגבניות לתעשייה**. הציג הסטודנט בניהו כהן .מנחים: דר' ליאורה שאלתיאל הרפז ופרופ' מרטין גולדווי.

5. המחקר הוצג בכנס מחקרי הגליל 2015 30-29 באפריל 2015 במכללה האקדמית תל חי: **פיתוח כלים לקבלת החלטות הדברה של עש נובר העגבניה (*Tuta absulota*) בגידולי עגבניה בשטחים פתוחים-כאמצעי להפחתת השימוש בחומרי הדברה.**

פרסום הדוח: אני ממליצה לפרסם את הדו"ח ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)