

דו"ח מסכם שנה שלישית - לתכנית מחקר מספר 13-0534-458

ייעול מערך ההדברה האזורי של מזיקים בעמקים הצפוניים

Improving areal pest management in the northern valleys in Israel

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ופיתוח הכפר

על-ידי

יפית כהן, אמוץ חזרוני, איתן גולדשטיין, פרהאד גאולה, המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי

ליאורה שאלתיאל, מו"פ צפון

איתמר לנסקי, המחלקה לגיאוגרפיה וסביבה, אוני' בר-אילן

תמר אלון, הגנת הצומח, שה"ם

רבקה רביב, המב"ע

בשיתוף עם: משה בלום, המחלקה לגיאוגרפיה וסביבה, אוני' בר-אילן ועם שאול גרף, מו"פ צפון

Yafit Cohen, Amots Hezroni, Eitan Goldshtein, Farhad Geula, Agricultural Engineering Institute, ARO

Liora Shaltiel, Northern R&D

Itamar Lensky, Dep. of Geography and Environment, Bar-Ilan Univ.

Tamar Alon, Extension

Rivka Raviv, Hamabia

With Moshe Blum, Dep. of Geography and Environment, Bar-Ilan Univ. and Shaul Graph, Northern R&D

תקציר

הצגת הבעיה: מערך ההדברה בעמקים הצפוניים מתבסס על ביקורי פקחים ומדריכים בגישת ההדברה המשולבת תוך קבלת החלטות לגבי 'חלקה-חלקה' ו'גידול-גידול'. גישה זו אינה מיטבית בייחוד כאשר מדובר במזיקים רב-פונדקאים אשר עוברים מחלקה לחלקה ומגידול אחד למשנהו.

מטרות: א. לימוד הדינאמיקה של הליותיס במרחב תוך התייחסות להשפעות של קירבה בין גידולים, מועדי ריסוס ותנאים מטאורולוגיים; ב. התאמה ומימוש של מודלים לחיזוי הליותיס בתחילת העונה ולחיזוי התנועה של הליותיס במהלך העונה; ג. הגדרת קווים מנחים כלליים לתכנון תפרוסת הגידולים ופעולות ההדברה אזוריות.

שיטות: א. לימוד הדינאמיקה התבסס על גישה המכונה אקואינפורמטיקה, ובאופן ספציפי על ניתוח נתוני ניטור רבים של פקחים במשך ארבע עונות גידול 2010-2013. על-פי גישה זו נבנה בסיס נתונים מרחבי-עתי של חלקות וגידולים ושל נתוני פיקוח בסביבת מ"ג (GIS); ב. באמצעות ניתוח מרחבי נבחנו קשרים בין שטחי פונדקאים ובין אוכלוסיית זחלי הליותיס כפי שנתקבלה מנתוני פיקוח בחלקות סמוכות; ג. נבנה מודל אוכלוסיות של הליותיס שהתבסס מחד על מודל ימי מעלה ומאידך על סדרות זמן של טמפרטורות שהופקו מדימותי לוויין. כמו כן, הוכנסו למודל השפעות של ריסוסים ושל מעבר בין גידולים.

תוצאות: עוצמת ההליותיס העונתית שנמצאה בשדות תירס בעמקים המעיינות וחרוד נמצאה בקשר חיובי ומובהק עם שטח חלקות העגבניות ועם שטח חלקות הפונדקאים השכנות של ההליותיס. הקשר החיובי נמצא עד מרחק של כ-1000 מטר. הקשרים החיוביים הללו מעידים על מעבר של הליותיס מחלקות של עגבניות לחלקות תירס שבקרבתן. בעמק החולה לא התקבלו נתונים מספקים לניתוח רב-שנתי. בחינת מודל האוכלוסיות של ההליותיס

באמצעות השוואה עם נתוני הפיקוח הראתה כי המודל הצליח לבטא את הדינאמיקה של זחלי ההליותיס בצורה טובה.

מסקנות והמלצות: בתכנון תפרוסת הגידולים האזורית, על מנת להקטין את הסיכון לנגיעות בהליותיס בחלקות תירס, אנו ממליצים על גידול של עד 200 דונם של חלקות עגבניות במרחק של 1000 מטר מחלקות תירס. אנו ממליצים על בניית "תוכנית חלונות" אזורית כנגד ההליותיס שתקבע באילו חומרים אפשר להשתמש כנגדו בכל תקופת זמן. במידה שהדבר לא מתאפשר אנו ממליצים למגדלי התירס בכל אזור להתעדכן אצל מגדלי העגבניות ושאר פונדקאים המטופלים בשדות הסמוכים, מה היו החומרים בהם השתמשו ולהימנע משימוש באותם חומרים בשדות התירס.

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים לא מהווים המלצות לחקלאים.

חתימת החוקר _____

ינואר 2015

טבת התשעה'

תוכן העניינים

1.....	תקציר
3.....	1. מבוא
3.....	2. מטרות המחקר
4.....	3. פירוט עיקרי השיטות ותוצאות עיקריות
16.....	4. דיון וסיכום
17.....	5. פרסומים מדעיים
18.....	6. ספרות מצוטטת (ביבליוגרפיה)

ב.1. מבוא

מערך ההדברה כיום בעמקים הצפוניים (המעיינות, חרוד והחולה) בדומה לאזורים אחרים בארץ, מתבסס על ביקורי פקחים ומדריכים המבקרים אצל המגדלים במהלך העונה. בסיום כל ביקור הם מעבירים מידע לחקלאי לגבי מצב החלקה והמלצות ליישום חומרי הדברה. במערך הנוכחי אין תיעוד מסודר של דוחות אלה, מצב המגביל את היכולת להסיק מסקנות הן מיידיות והן לטווח הארוך. המגבלות על שימוש בחומרי הדברה הולכות ומחמירות, בעיקר בגידולי הייצוא והתעשייה. פרוטוקולים ורשימת התכשירים המורשים מתעדכנים מידי שנה, על-סמך דרישות הקניינים. וכך נדרשים החקלאים ביחד עם הפקחים והמדריכים להיות יצירתיים בפתרונות ולא להתבסס רק על תכשירי הדברה, אלא על פעולות מניעה בשילוב שימוש בתכשירים "רכים" מורשים בעיתוי אופטימאלי. לפני כ-12 שנים הוקם פרויקט המב"ע- הדברה מבוקרת בין ענפית בגידולי שדה, ירקות, תבלינים ומטעים בעמקים המעינות וחרוד. בשנת 2010 החל פרויקט 'הדברה ידיונית' בעמק החולה הדומה להמב"ע בעקרונותיו. מטרת העל של הפרויקטים הינה בניית מערך הדברה משולבת מרחבית בכל הגידולים באזור: גדיש וירקות מטעים ופרדסים. מערך ההדברה המשולבת כולל שימוש בשיטות הדברה חלופיות כגון שימוש באויבים טבעיים, שימוש בפרומונים לבלבול, שיטות קולטוראליות ושיטות ליישום יעיל של חומרי הדברה שיביאו להפחתת השימוש בכימיקלים, במגמה להפחית את הנזק למגדלים, לצרכנים ולסביבה, להאט פיתוח תנגודת ולשמר יעילות של חומרי ההדברה. תועלתם של שני הפרויקטים הינה בהיקפם ובשיתוף אמיתית של מגדלים רבים. המב"ע והדברה ידיונית עובדים על פי העיקרון של מעבר מהחלטות הדברה מקומיות של החקלאי הפרטי להחלטות מתואמות רחבות היקף אשר מייעלות את ההדברה, מאפשרות שימוש באמצעי הדברה ידיוניים לסביבה ומצמצמות עמידות של מזיקים לחומרי הדברה. החלטות רחבות-היקף דורשות בראש ובראשונה מרכז מידע מרחבי-היסטורי ברמת האזור אליו ירוכזו הנתונים הנאספים על-ידי פקחים וחקלאים ויתעדכנו בזמן (או כמעט בזמן) אמת. בנוסף, יש לחקור את הדינאמיקה של מזיקי מפתח רב-פונדקאים באזור במרחב ובזמן תוך התייחסות לתפרוסת הגידולים, משטר ריסוסים ותנאים מטאורולוגיים. לבסוף על בסיס הידע שיצטבר יש להתוות קווים מנחים למימשק הדברה רחב-היקף שיכללו התייחסות לניטור מיטבי, פיזור מיטבי של גידולים במרחב הלוקח בחשבון את הדינאמיקה של המזיק במגבלות השיקולים הכלכליים ומישטר ריסוסים מיטבי הלוקח בחשבון היסטוריה של ריסוסים גם בגידולים אחרים באזור כדי לצמצם עמידויות.

ב.2. מטרות המחקר

מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעת המחקר: א. לימוד הדינאמיקה של שני מזיקים רב-פונדקאים (הליותיס וכע"ט) במרחב ובזמן תוך התייחסות להשפעות של תפרוסת גידולים, קירבה בין גידולים, מועדי ריסוס ותנאים מטאורולוגיים; ב. התאמה ומימוש של מודלים לחיזוי הליותיס בתחילת העונה ולחיזוי התנועה של הליותיס במהלך העונה; ג. הגדרת קווים מנחים כלליים לתכנון תפרוסת הגידולים ברמה אזורית ולתכנון פעולות ההדברה אזוריות כנגד ההליותיס והכע"ט בעמקים הצפוניים.

מכיוון שלאורך כל שנות המחקר לא קבלנו נתוני ניטור של הכע"ט אלא נתונים עקיפים בלבד לגבי הימצאות של וירוס שהיא הוקטור שלו לא יכולנו לבצע ניתוח של הדינאמיקה של הכנימה ולכן המחקר מתייחס להליותיס בלבד.

3.3. פירוט עיקרי השיטות ותוצאות עיקריות

מטרה 1: לימוד הדינאמיקה של ההליותיס במרחב ובזמן תוך התייחסות להשפעת תפרוסת הגידולים

הדינאמיקה של ההליותיס בזמן ובמרחב תוך התייחסות להשפעת תפרוסת הגידולים נלמדה באמצעות הגישה שהוצגה לאחרונה וקבלה את הכינוי: אקואינפורמטיקה (על משקל ביואינפורמטיקה). בגישה זו מתבססים על ניתוח נתוני תצפיות רבים הקיימים לגבי אוכלוסיות של אורגניזמים, שלא נאספו בהכרח בניסיונות מוקפדים מדעית, אך ריבויים מאפשר להפיק תובנות ביחס לדינאמיקה שלהם במרחב ובזמן (Rosenheim et al., 2011). במסגרת המחקר התבססנו על נתוני ניטור הליותיס של פקחים שכאמור לא נאספו בניסיונות מוקפדים אך הם נאספים בשגרה מחלקות רבות לאורך עונת הגידול ובכך יכולים להוות בסיס נתונים נרחב ממנו ניתן להפיק תובנות לגבי הדינאמיקה של ההליותיס.

אזור המחקר מחולק לשניים: אזור העמקים המעיינות וחרוד ואזור עמק החולה. אזורים אלו נבדלים בשני היבטים: גידולים: באזור העמקים המעיינות וחרוד הגידולים הדומיננטיים הרלוונטיים למחקר הם תירס, עגבניות, חיטה ואפונה. תירס מגודל באזור זה הן בעונת הסתיו והן בעונת האביב. באזור עמק החולה לגידולים הללו מתווספת הכותנה. אקלים: העמקים המעיינות וחרוד חמים יותר מעמק החולה ועל כן נבדלים בעונת הגידול ובעונתיות של ההליותיס והכע"ט. התירס והעגבניות באזור העמקים המעיינות וחרוד נזרעים כחודשיים לפני שהם נזרעים בעמק החולה והדינאמיקה של המזיקים משתנה בהתאם.

איסוף נתונים: לימוד אלו גידולים מועדפים על המזיקים וכן לימוד ההגירה שלהם מגידול לגידול ברמה האזורית דורש את הנתונים הבאים: נתוני פיקוח בחלקות, שכבת גבולות החלקות, הגידול הגדל בכל חלקה ותאריכי זריעה ואסיף. פירוט לגבי שיטת איסוף הנתונים ניתן לראות בדו"ח המסכם של המחקר הקודם¹ ובדו"ח שנה א'². טבלה 1 מסכמת את אחוזי החלקות עבור הגידול ידוע, אחוזי החלקות עבור תאריכי זריעה ואסיף ידועים ואחוזי החלקות עבור התקבלו נתוני פיקוח (מארבעה שבועות ויותר במהלך העונה).

טבלה 1: אחוזי החלקות עבור ידועים נתונים מסוגים שונים

עונה	אזור	הגידול ידוע*	תאריכי זריעה ואסיף ידועים	התקבלו נתוני פיקוח של הליותיס**:	התקבלו נתוני פיקוח של הליותיס**:	התקבלו נתוני פיקוח של הליותיס**:
2010	העמקים המעיינות וחרוד	100%	100%	35%	70%	
	החולה	79%	*0%	29%	58%	100%
2011	העמקים המעיינות וחרוד	100%	*0%	†27%	49%	
	החולה	85%	*0%	†34%	18%	52%
2012	העמקים המעיינות וחרוד	100%	12%	†61%	60%	
	החולה	88%	26%	47%	74%	78%
2013	העמקים המעיינות וחרוד	91%	13%	69%	65%	
	החולה	58%	29%	37%	64%	93%

* מתייחס לגידולי אביב, לא קבלנו תאריכים מדויקים מהחקלאים. ישנם תאריכי זריעה ואסיף שכיחים לכל גידול, כביכול כל החלקות מאותו גידול נזרעו ונאספו באותו תאריך; ** לפחות ארבעה שבועות מנוטרים בעונה; † חלק מנתוני הניטור בעגבניות הינם נתונים ישירים וחלקם נתונים מתורגמים ע"פ החלטות ריסוס שהתקבלו, למשל אם היה ריסוס משמע כי היתה אוכלוסיה נמוכה או בינונית תלוי בפקח/ית. נתונים אלו פחות אמינים מן הנתונים הישירים.

ניתן לראות כי בעמקים המעיינות וחרוד ידוע לנו מהו הגידול הגדל בכל שדה לעומת זאת בעמק החולה ידועים לנו גידולים ב-58-88% מהשדות. לעומת זאת, איננו מצליחים לקבל נתוני זריעה ואסיף מספקים (למעט בעמקים המעיינות וחרוד בעונת 2010). לגבי נתוני פיקוח יש תנודתיות. הטבלה מציגה את הנתונים שהשגנו בסופו של דבר אך יש לציין כי קיים קושי רב באיסוף הנתונים מהפקחים ומהחקלאים. ולמרות שבכל שנה ניסינו להשיג את

¹ http://www.agri.gov.il/download/files/HAMABIA_Rep03_v4_1.pdf
² http://www.agri.gov.il/download/files/HAMABIA_Cont_Rep01_v2.pdf

הנתונים בדרכים שונות (מפגש עם החקלאים, השכרת שירותים של חברה פרטית הפעלת אנשי המבי"ע ומו"פ צפון ליצירת קשר עם החקלאים והפקחים) לא הצלחנו למצוא את הדרך לאסוף את כלל הנתונים ולא הגענו ליעד שהצבנו בתחילת המחקר בהקשר הזה. הקושי בהשגת הנתונים הביא לכך שבשנה האחרונה הצלחנו להשיג מעט מדי נתונים מן השנה האחרונה ולכן הניתוח המרחבי הרב שנתי מתייחס לעמק המעינות וחרוד בלבד. חשוב לציין כי מחלק מהפקחים והחקלאים היה שיתוף פעולה יוצא מן הכלל וכן לומר כי הביקורת איננה על החקלאים או הפקחים והפקחיות אלא על עצמנו שלא השכלנו למצוא את הדרך להשיג את הנתונים.

ניתוח נתונים:

ניתוח הדינאמיקה בזמן ובמרחב של ההליותיס התייחס להיבטים הבאים:

א. ההשתנות בזמן של אוכלוסיית זחלי ההליותיס: ההשתנות בזמן נבחנה בשדות של גידולים פונדקאים דומיננטיים בכל אזור בארבע עונות 2010-2013.

ב. השפעת קרבה בין גידולים על אוכלוסיית זחלי ההליותיס: השפעה זו נבחנה באמצעות השוואה בין השטח של גידולים פונדקאים סביב שדות תירס-אביבי במרחקים שונים ובין אוכלוסיית ההליותיס שנמצאה בשדות המוקפים (Carrière et al., 2006; Allen and Luttrell, 2009). ההשערה הייתה שאם אמנם קיימת הגירה של הליותיס משדות שכנים יהיה קשר חיובי בין שטח הגידולים התורמים הסמוכים ('מקור') ובין אוכלוסיית ההליותיס העונתית בשדות הנבחנו ('מיבלע'). שלבי הניתוח מוצגים בדו"ח של שנה א'³. מכיוון שאוכלוסיית הזחלים של ההליותיס לא התפלגה נורמלית ($skew \neq 1$) נתונים אלו עברו טרנספורמציה לוגריתמית. בנוסף, הוחרגו הנתונים הבאים: 1. שדות התירס בהם לא נמצאה אוכלוסיית הליותיס לאורך כל העונה או נמצאה אוכלוסייה זניחה (>50 זחלים לעונה); 2. שדות התירס המבודדים, קרי, שדות תירס שבסביבתם לא היו שדות פונדקאים; 3. שלושה שדות נוספים שחרגו מהמגמה הכללית (מהווים 3%-7% מהנתונים). בהקשר זה יש לציין כי ניתוח דומה נעשה לעגבניות ולכותנה כדי לבחון האם להם יש מקור גידולי מובהק ולא נמצאו קשרים מובהקים רב-שנתיים.

תוצאות:

דינאמיקה של הליותיס בגידולים עיקריים:

איור 1 מראה את הממוצע השבועי של מספר הזחלים של ההליותיס לדונם בתירס ובעגבניות⁴ במהלך 3 עונות 2010-2012 בשני אזורים המחקר. מכיוון שתוצאות אלו כבר הוצגו בדו"ח של שנה ב'⁵ הן מובאות כאן לצרכי השוואה עם הדינאמיקה בעונת 2013 (איור 2). מאפייני הדינאמיקה העיקריים של ההליותיס בגידולים המדווחים בארבע העונות מתוארים בקצרה בטבלה 2. על סמך ניתוח הדינאמיקה של ההליותיס בארבע העונות שנבחנו בשני אזורים המחקר ניתן להסיק כי ההליותיס מעדיף את העגבניות על פני התירס והכותנה. רמת ההליותיס בעגבניות (הגידול המועדף) בעמקים המעינות וחרוד היתה בינונית עד גבוהה. לעומת זאת בעמק החולה ניתן לומר כי היתה נמוכה יותר. בעמק המעינות וחרוד ההליותיס מתחיל את מחזור החיים שלו בתירס ברמה יחסית נמוכה, עובר לעגבניות ומגיע לרמת אוכלוסייה גבוהה יחסית ומאוחר יותר, עם קטיפת העגבניות, עובר שוב לתירס. לעומת זאת בעמק החולה הוא מתחיל את מחזור החיים שלו בשדות עגבניות ולאחר מכן עובר לתירס ולכותנה, כאשר בין התירס לכותנה אין עקביות מבחינת מי מקדים את מי.

³ http://www.agri.gov.il/download/files/HAMABIA_Cont_Rep01_v2.pdf

⁴ כאשר חלק ניכר מנתוני הפיקוח הינו תרגום של החלטות לגבי ריסוס ואינם נתוני ניטור ישירים הם סומנו בקו מקווקוו. ראו גם טבלה 1.

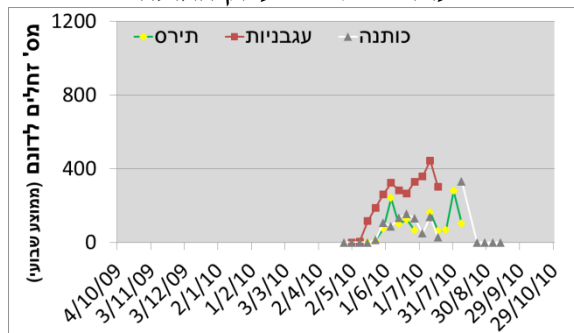
⁵ http://www.agri.gov.il/download/files/HAMABIA_Cont_Rep02_v3a_1.pdf

טבלה 2: מאפייני הדינאמיקה של ההליותיס בגידולים השונים בעונות 2010-2013

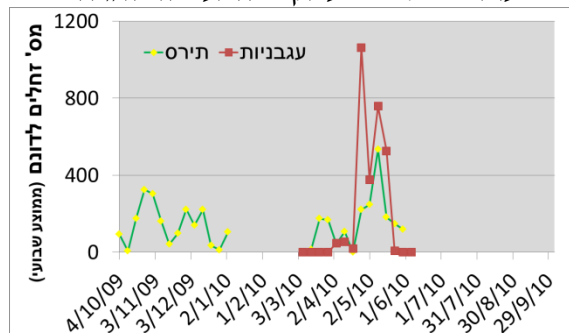
2013	2012	2011	2010		אורך העונה
– אפריל תחילת יוני	אפריל-מאי	אפריל-מאי	אפריל-מאי	המעיינות וחרוד	
מאי-אוגוסט	מאי-אוקטובר	מאי-ספטמבר	מאי-אוגוסט	החולה	
עגבניות: בינונית תירס: בינונית	עגבניות: גבוהה תירס: נמוכה	עגבניות: בינונית תירס: נמוכה	עגבניות: גבוהה תירס: בינונית	המעיינות וחרוד	רמת נגיעות יחסית
עגבניות, תירס וכותנה: נמוכה	עגבניות: נמוכה תירס: נמוכה מאוד כותנה: נמוכה מאוד	עגבניות: גבוהה תירס: גבוהה כותנה: גבוהה	עגבניות: בינונית תירס: נמוכה- בינונית כותנה: נמוכה-בינונית	החולה	
עגבניות<תירס	עגבניות<תירס	עגבניות<תירס	עגבניות<תירס	המעיינות וחרוד	עדיפות בין גידולים
עגבניות<תירס = כותנה	עגבניות<תירס = כותנה	עגבניות<תירס = כותנה	עגבניות<תירס = כותנה	החולה	
ניכרת מאוד	לא ניכרת	ניכרת	ניכרת	המעיינות וחרוד	השפעה של ריסוסים
ניכרת מאוד	ניכרת מאוד	ניכרת	לא ניכרת	החולה	

יחסית לרמה הגבוהה ביותר בעגבניות; בספטמבר עליה; ^ עגבניות עדיפות על תירס וכותנה, אין הבדל בין תירס לכותנה

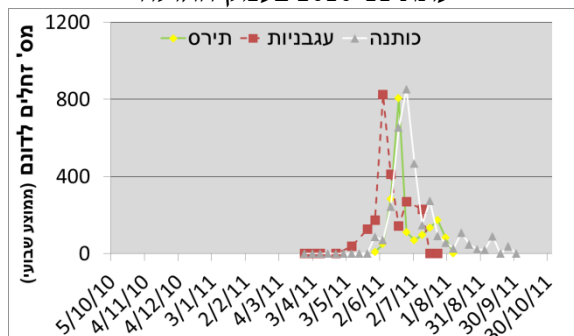
עונת 2009-10 בעמק החולה



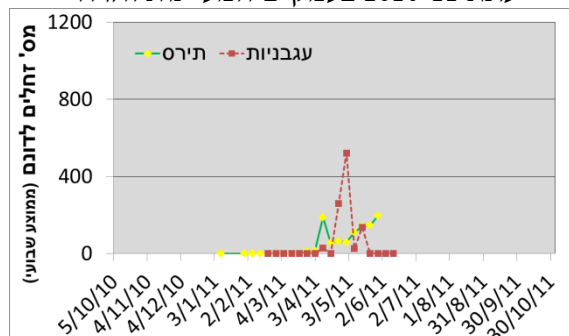
עונת 2009-10 בעמקים המעינות וחרוד



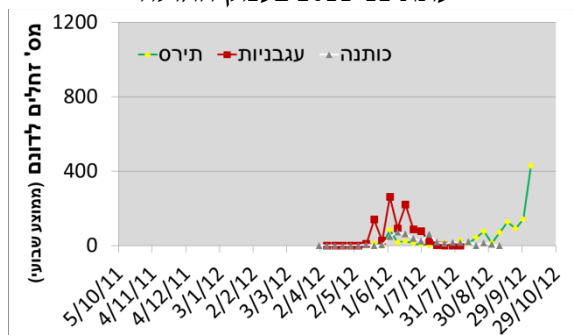
עונת 2010-11 בעמק החולה



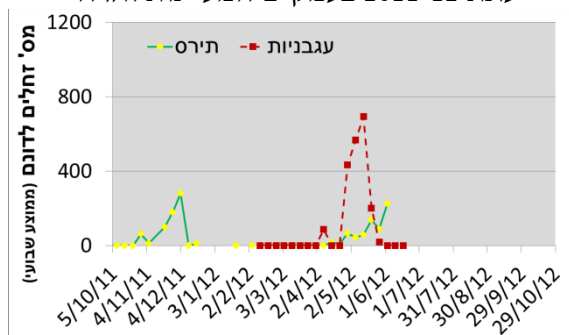
עונת 2010-11 בעמקים המעינות וחרוד



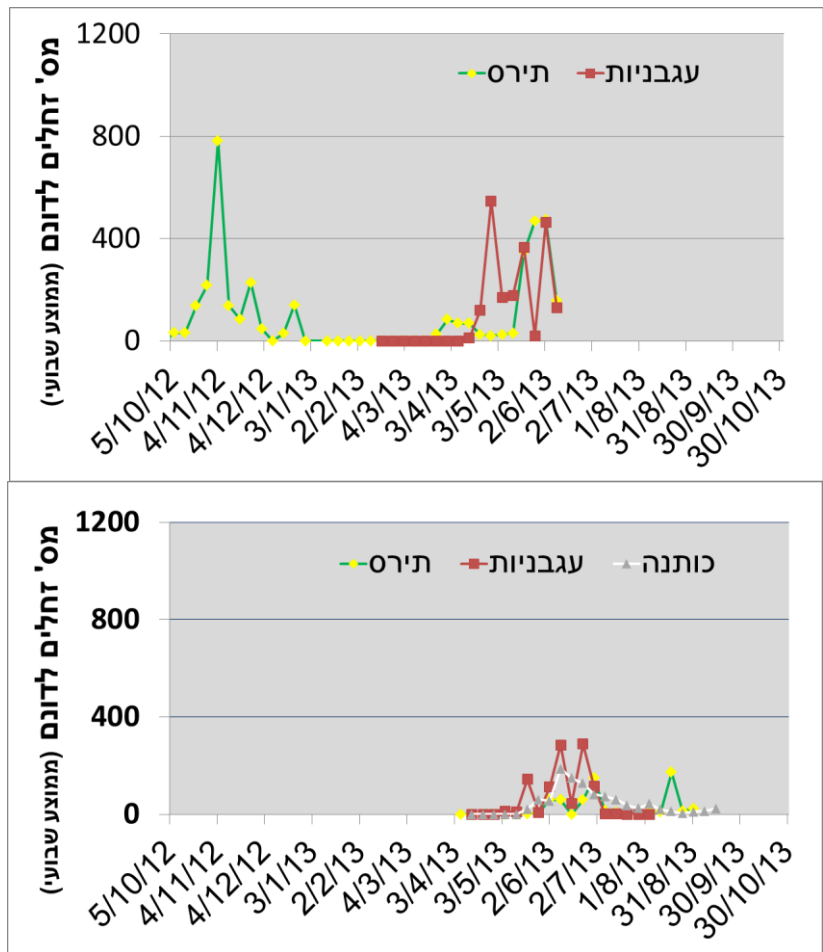
עונת 2011-12 בעמק החולה



עונת 2011-12 בעמקים המעינות וחרוד



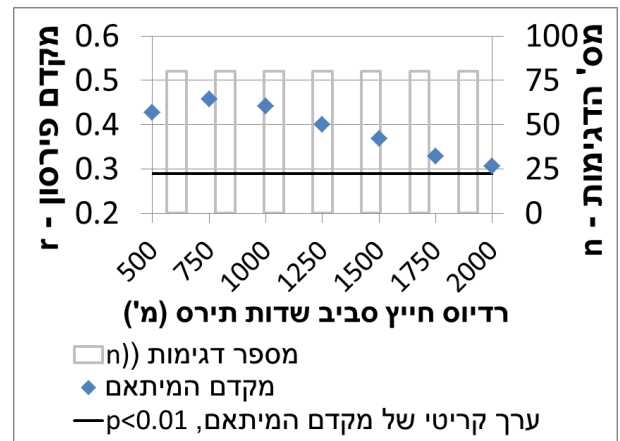
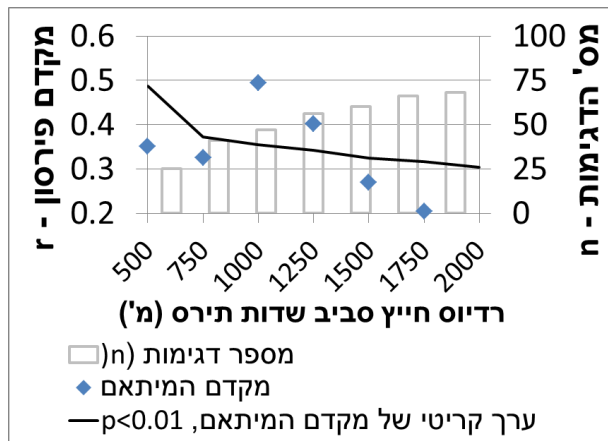
איור 1: ממוצע שבועי של מספר זחלים של הליותיס לדונם לאורך העונה – עונות 2010-2012.



איור 2: ממוצע שבועי של מספר זחלים של הליותיס לדונם לאורך עונת הגידול 2012-13.
 למעלה בעמק המעיינות וחרוד למטה בעמק החולה

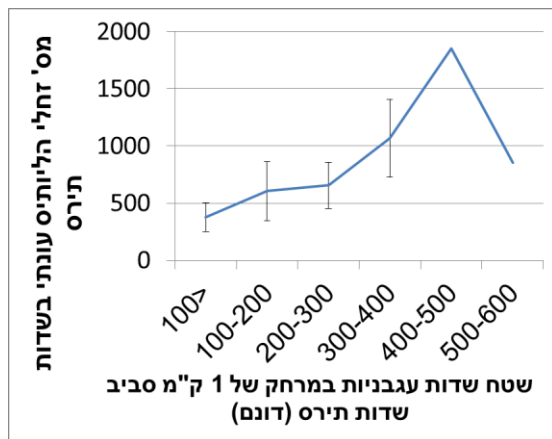
השפעת קרבה של פונדקאים על זחלי הליותיס:

מתוך שדות תירס-אביבי אשר נוטרו על-ידי הפקחיות נבחרו לניתוח מרחבי השדות שנוטרו במשך ארבעה שבועות לפחות במהלך העונה. בנוסף, במקרה שאחוז הגידול הלא ידוע בחיץ היה גדול מ-30% אותה חלקה לא נכנסה לניתוח באותו חיץ מכיוון שיכול להיות שהיו בה גידולים רלוונטיים נוספים שאיננו יודעים מהם. לכן מספר החלקות בכל חיץ משתנה. מתוך כלל הניתוחים המרחביים שבוצעו לבחינת השפעה של קרבה בן גידולים מוצגות כאן שתי תוצאות שהראו השפעה מובהקת על אוכלוסיית זחלי ההליותיס על סמך נתונים מארבע העונות 2010-2013 בעמקים המעיינות וחרוד. איור 3 מציג את ערכי המיתאם בין מספר זחלי ההליותיס העונתי שנמצא בשדות התירס ובין שטח שדות הפונדקאים או העגבניות סביב שדות התירס בחיצים (מרחקים) משתנים. ניתן לראות כי מספר זחלי ההליותיס בשדות תירס מושפע באופן מובהק משטח שדות הפונדקאים של ההליותיס בקרבתם בכל טווח המרחקים, קרי עד 2 ק"מ. עם זאת המיתאם הגבוה ביותר התקבל במרחקים של 750 ו-1000 מ' והוא הולך ויורד ככל שהמרחק גדל. ערכי המיתאם המקבילים עם שטח שדות העגבניות התנהגו באופן דומה אך נמצאו מובהקים רק במרחקים של 1000 ו-1250 מ'. קשרים כאלה יכולים להעיד על הגירה של אוכלוסיית ההליותיס משדות פונדקאים של הליותיס ומשדות עגבניות בפרט לשדות התירס האביבי. קשר כזה לא נמצא עם פונדקאים יחידאים אחרים. ערכי המיתאם (בערך $r=0.5$) במרחק של 1000 מ' בשני המקרים מצביעים על כך ש-25% (קרי, r^2) מהשונות ברמת הנגיעות העונתית בהליותיס בשדות התירס מוסברת באמצעות השטח של הפונדקאים בכלל או העגבניות בפרט שבסביבתם. כלומר, מדובר בפרמטר לא מבוטל אשר יש להתחשב בו בתכנון מימשק הדברה.

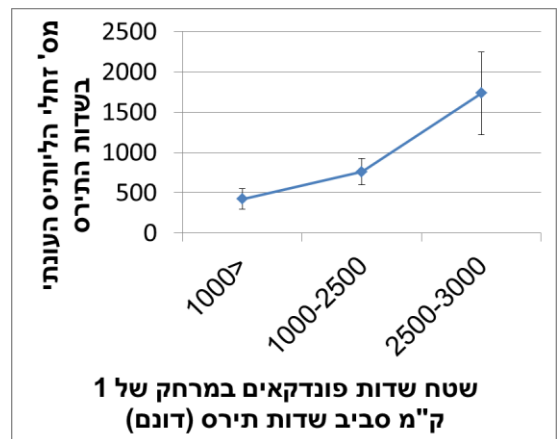


איור 3: ערכי המיתאם בין מספר זחלי הליותיס העונתי שנמצא בשדות התירס ובין שטח שדות של גידולים שונים סביב שדות התירס בחיצי משתנים: עמקים המעיינות וחרוד. מימין – שטח שדות כל הפונדקאים של ההליותיס ומשמאל - שטח שדות העגבניות. בנוסף מוצגים מספר הדגימות בכל חייץ והערך הקריטי של מקדם המתאם במובהקות של $p=0.01$

איורים 4 ו-5 מציגים בהתאמה את השתנות אוכלוסיית זחלי ההליותיס בשדות תירס כפונקציה של שטח כלל הפונדקאים ושטח העגבניות בחייץ של 1000 מ'. מספר זחלי ההליותיס העונתי בשדות התירס עולה אקספוננציאלית ככל ששטח כלל הפונדקאים בסביבתם עולה. כמו כן נמצאו הבדלים מובהקים בין שלושת הטווחים של שטח הפונדקאים. באופן דומה, מס' זחלי ההליותיס עולה אקספוננציאלית עם העליה בשטח של העגבניות. עם זאת, הבדלים מובהקים נמצאו רק בין מס' זחלי ההליותיס בשדות בהם השטח של העגבניות המקיף אותם עולה על 300 דונם לעומת כאלה שהשטח הוא קטן מ-100 דונם. נמצאו שדות יחידים (2-3) שהשטח של העגבניות המקיף אותם עלה על 400 דונם ולכן הנתונים מטווח זה אינם אמינים.

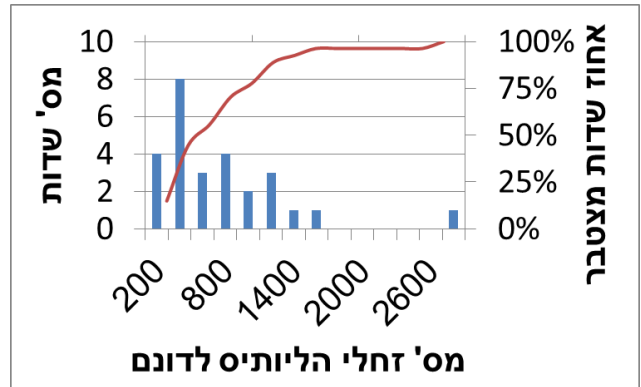


איור 5: מספר זחלי ההליותיס העונתי בשדות התירס מול שטח שדות העגבניות סביב שדות תירס בחייץ של 1000 מ': עמקים המעיינות וחרוד.



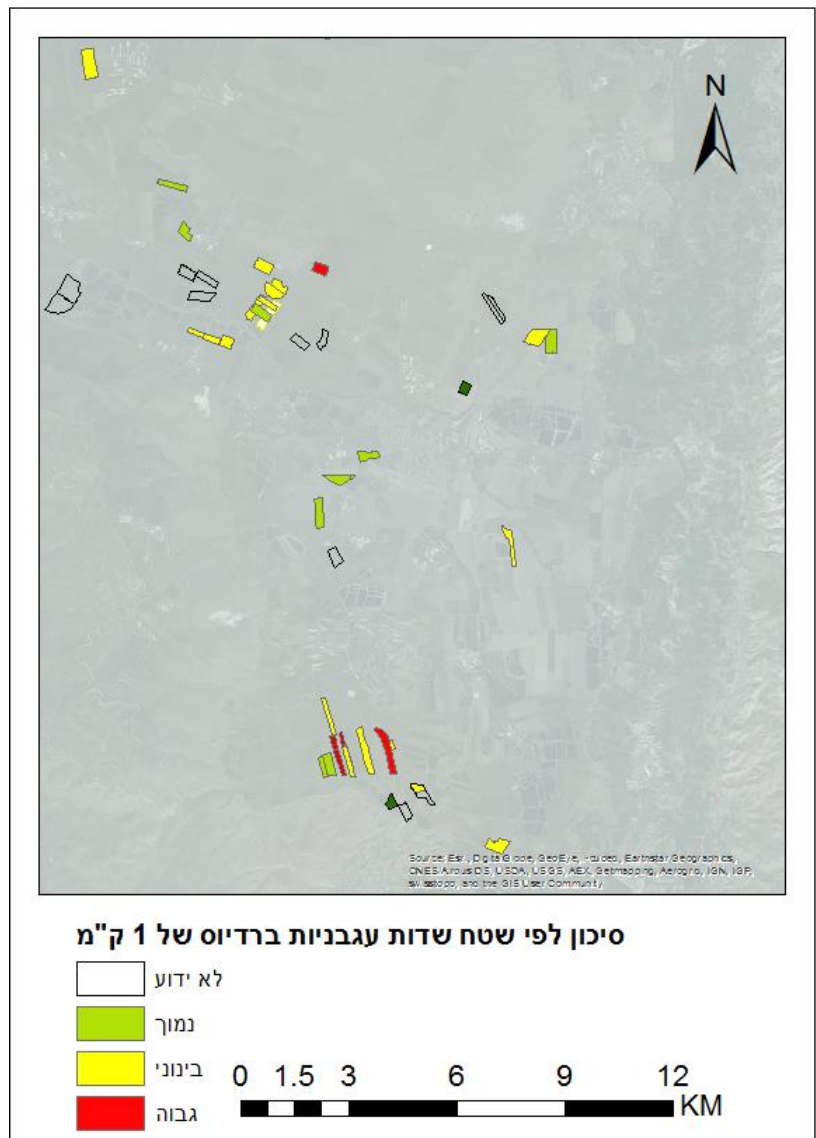
איור 4: מספר זחלי ההליותיס העונתי בשדות התירס מול שטח שדות הפונדקאים סביב שדות תירס בחייץ של 1000 מ': עמקים המעיינות וחרוד.

כאמור בתיאור השיטות, הוחרגו מהניתוח שדות תירס מבודדים, קרי, אשר סביבם לא נמצאו שדות עגבניות. איור 6 מציג את ההתפלגות של השדות הללו לפי מס' זחלי ההליותיס עונתי. ניתן לראות כי ישנה שונות מאוד גבוהה ורק מחצית מהשדות הם ברמת הליותיס נמוכה יחסית (עד 400 זחלים לדונם). כלומר, במקביל לעובדה שהסיכון לנגיעות בהליותיס בשדות תירס עולה ככל ששטח העגבניות ושטח כלל הפונדקאים סביבם גדול יותר, הסיכון לנגיעות בהליותיס בשדה תירס מבודד גם הוא יכול להיות גדול. הסבר אפשרי לכך הוא העבודה שכאשר אין פונדקאים עדיפים בסביבה שדה התירס הופך להיות מבלע (Allan et al., 2010).



איור 6: התפלגות שדות תירס מבודדות לפי מס' זחלי הליותיס עונתי.

על-פי ניתוח הקשרים הללו ותפרוסת הגידולים ניתן למפות את שדות התירס לפי רמת הסיכון לנגיעות בהליותיס. איור 7 מציג מפת סיכון של שדות תירס לפי שטח שדות העגבניות הסובבים אותם ברדיוס של 1 ק"מ. מפה כזו יכולה לשמש את החקלאים הן לגבי תכנון הניטור והן לגבי רוטציה של חומרי הדברה.



איור 7: מפת סיכון של שדות תירס לפי שטח שדות עגבניות שכנות ברדיוס של 1 ק"מ.

מטרה 2: התאמה ומימוש של מודלים לחיזוי הליותיס בתחילת העונה ולחיזוי התנועה של הליותיס במהלך העונה

כבסיס לתאור הדינמיקה של אוכלוסית ההליותיס השתמשנו במודל אשר נבנה על ידי צוות המחקר לתיאור אוכלוסית זבוב הזית. המודל המקורי מתאר את אוכלוסיית הביצים, זחלים, גלמים, בוגרים ובוגרים מינית, כאשר כל קבוצה מתוארת באמצעות התפלגות גילים (לדוגמה גיל הביצה מיום ההטלה ועד ליום בו מגיח הזחל). התפתחות המזיק במודל, התמותה וההטלות מתבססות על טמפרטורת הסביבה, או ליתר דיוק על הצטברות ימי מעלה המחושבים מטמפרטורת פני השטח המתקבלת מנתוני לוויין. המודל הותאם לתאר את מחזור חייו של ההליותיס (לדוגמה, כמה ימי מעלה מבלה הפרט בכל שלב, ההטלות והתמותה). כמו כן, בשונה מזבוב הזית אשר לו פונדקאי יחיד, הוכנסה למודל אפשרות ההגירה מגידול אחד למשנהו.

האוכלוסיה בכל שלב מתוארת ע"י המשוואה הדיפרנציאלית החלקית הבאה:

$$\frac{dN_i(t)}{dt} = \frac{k}{del} [N_{i-1}(t) - N_i(t)] - \mu_i(t)N_i(t)$$

כאשר, i היא השלב (ביצים, זחלים, גלמים, בוגרים ובוגרים מינית), t היא הזמן בימי מעלה, N היא האוכלוסיה (כמות הפרטים), del הוא מספר ימי המעלה שהפרט מבלה בו בכל שלב, k הוא מספר קבוצות הגיל בכל שלב, ובמודל המוצע $k=40$, ו- μ היא התמותה בכל שלב.

מאחר וגם את הזמן וגם את הגיל מתארים באמצעות ימי מעלה, ניתן לחשב לכל שלב 40 משוואות דיפרנציאליות רגילות (לכל קבוצת גיל בכל שלב משוואה אחת):

$$\frac{dr_i(t)}{dt} = \frac{k}{del} \left\{ r_{i-1}(t) - \left[1 + \mu(t) \frac{del}{k} \right] r_i(t) \right\}$$

כאשר r הוא "השטף היוצא" כלומר מספר הפרטים העוברים לקבוצת הגיל הבאה ומבוטא באמצעות המשוואה הבאה:

$$r = \frac{k \cdot N_i(t)}{del}$$

הערכים של ימי המעלה שהפרט מבלה בכל שלב (del) נלקחו מ- (Feng et al., 2010):

שלב	מספר ימי מעלה שנדרשים עד למעבר לשלב הבא
ביצים (eggs)	40.5
זחלים (Larvae)	229.5
גלמים (pupae)	180
בוגרים (pre-oviposition)	42.45
בוגרים מינית (oviposition)	145.05

תמותת הביצים, הזחלים והגלמים חושבה באמצעות הנוסחה (Wu et al., 1993):

$$\mu(T) = \frac{100 - (-963493 + 11.5746T - 0.2146T^2)}{del}$$

לתמותת הבוגרים נבחר ערך קבוע של $0.073/del$ בעקבות (Sun et al., 2006).

הטלת ביצים (לנקבה בודדת) התרחשה בטווח טמפרטורות של 10-36.5 מעלות צלזיוס (Wu et al., 1993) באופן
הבא (Mironidis and Savopoulou-Soultani, 2008):

$$egg/day = -0.3769T^2 + 19.389T - 205.71$$

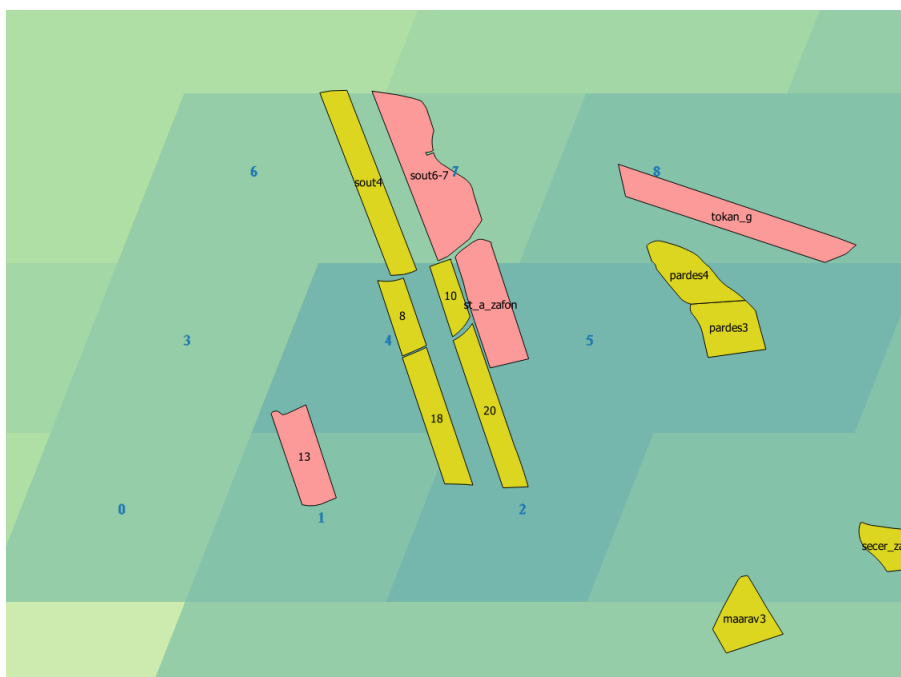
המודל איננו לוקח בחשבון העדפות של ההליותיס מבחינת פנולוגיה של הגידול או בין הגידולים. במילים אחרות,
מבחינת המודל אין להליותיס מגבלה של מזון.

השפעת ריסוסים: את ההשפעה של הריסוסים הוספנו בצורה אמפירית וזאת מכיוון שהנתונים לגבי מועדי
הריסוס, חומרי הריסוס, ריכוזים, יעילות חומרי הריסוס ומשך השפעתם לא היו זמינים. לפיכך, באמצעות ניתוח
הדינאמיקה של נתוני הפיקוח נבחרו מועדי ריסוס מתאימים והנחנו כי ריסוס מחסל 80% מהזחלים במשך חמישה
ימים.

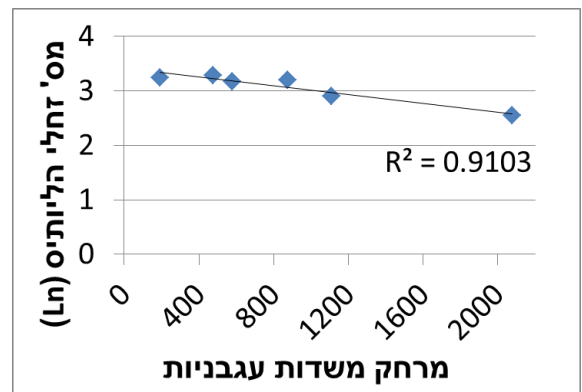
השפעה של הגירה: לפי התוצאות של החלק הראשון של המחקר, מתקיימת הגירה של הליותיס משדות עגבניות
לשדות תירס. עם זאת, גם במקרה זה אין נתונים כמותיים לגבי ההגירה ולכן הנחנו כי מתאריך מסויים ישנה
הגירה של 40% מהבוגרים שבשדות עגבניות אל חלקות תירס במידה שהן במרחק של עד 1000 מ'. במידה שיש
מספר שדות תירס בקרבת אותו שדה עגבניות ההגירה מתחלקת בין שדות התירס בצורה שווה. ההגירה נמשכת עד
ליום האסיף של העגבניות.

ריסוס והגירה התרחשו בסוף של יום, כלומר אחרי עדכון כל השלבים של ההליותיס.

המודל הופעל על אזור של 3X3 ק"מ, קרי, על תשעה פיסקלים של הלוויין MODIS מעונת 2010 כאשר באזור היו 6
שדות תירס ו-3 שדות עגבניות עם נתוני פיקוח לאורך העונה (איור 8): דרום 4, 8-18, 10, 20, פרדס 3, מערב 3, טוקן
גי, דרום 6-7 ושדה-תעופה (ש"ת) צפון. מתוך שדות התירס שדה אחד היה במרחק של כ-2 ק"מ משדות עגבניות
(מערב 3) ושאר השדות נמצאו במרחקים שנעו בין 200 ל-605 מ'. בין אוכלוסיות זחלי ההליותיס בשדות אלו ובין
המרחק הקצר ביותר משדות עגבניות נמצא קשר שלילי מובהק (איור 9), אם כי צריך לסייג מכיוון שחלקה מערב 3
מיוצגת באמצעות נתון פיקוח יחיד. מכל מקום, קשר זה מראה כי באזור באותה עונה היתה ככל הנראה הגירה
משדות עגבניות לשדות תירס וכך ניתן לבחון את השפעת ההגירה על מודל האוכלוסיות שפותח.



**איור 8: מפת האזור
עליו הורץ ונבחן
המודל על גבי
הפיקסלים של ה-
MODIS (מספרים 0-
8) מהם הופקו סדרות
הזמן של
הטמפרטורה.**

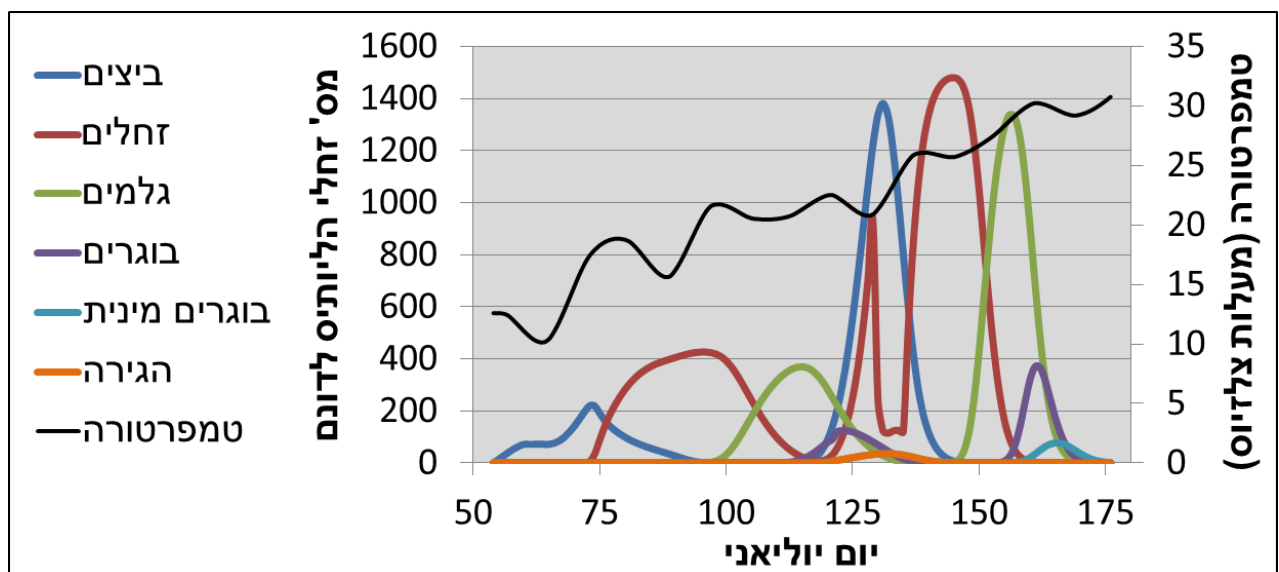


איור 9: קשר בין מס' זחלי הליותיס עונתי בשדות תירס ובין מרחק משדות עגבניות באזור נבחר לבחינת מודל אוכלוסיות של הליותיס.

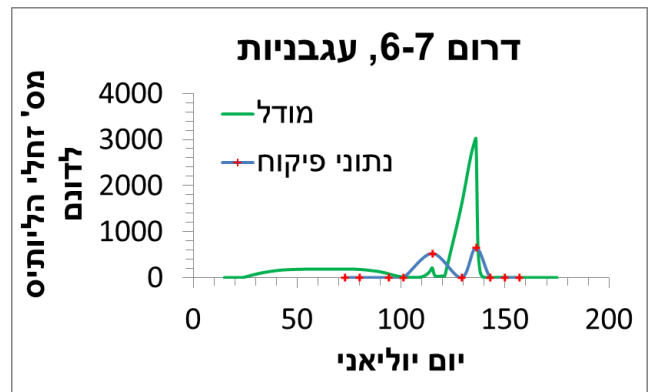
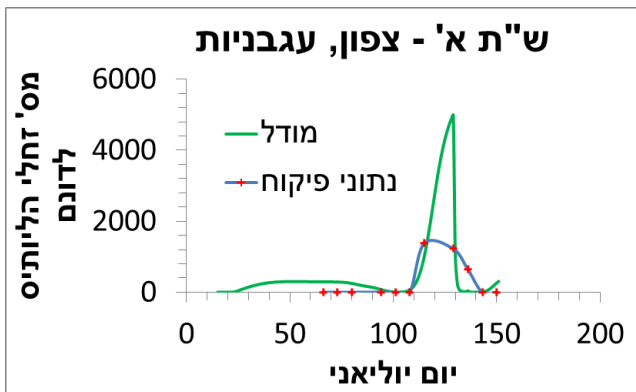
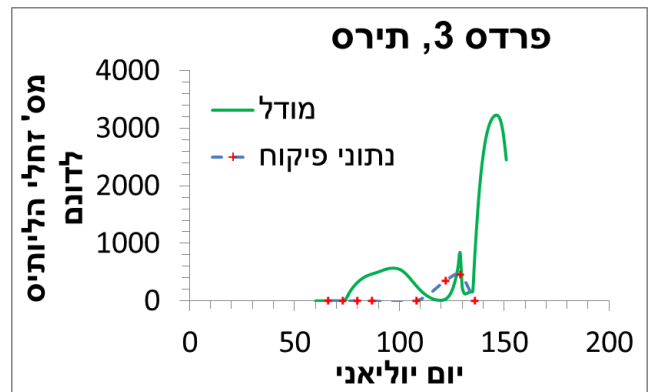
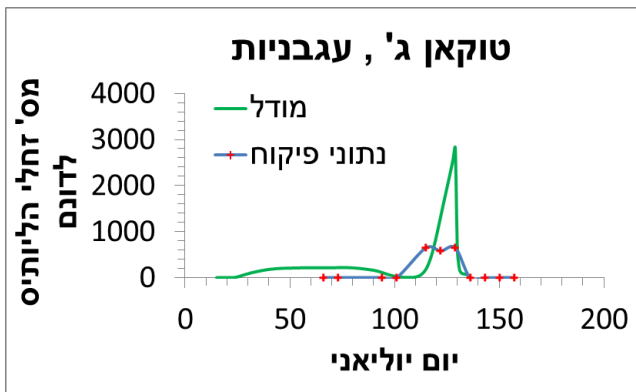
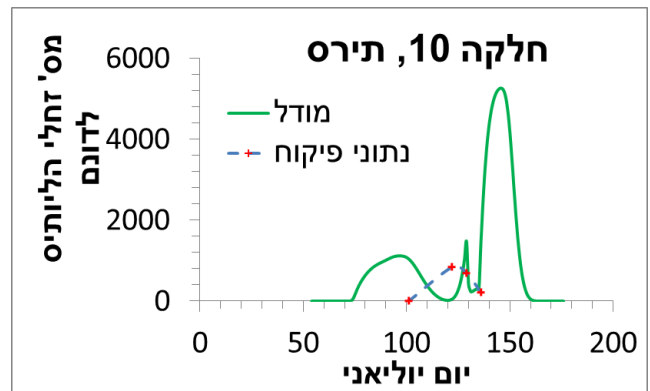
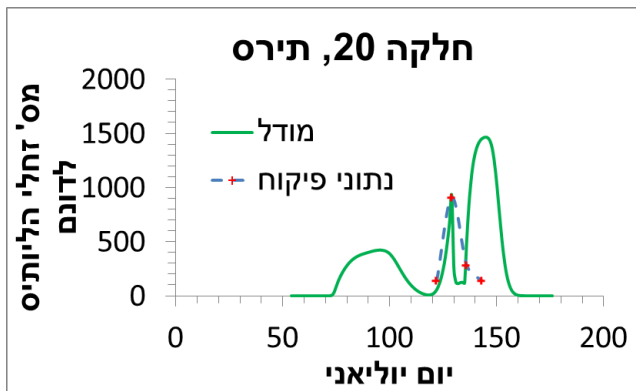
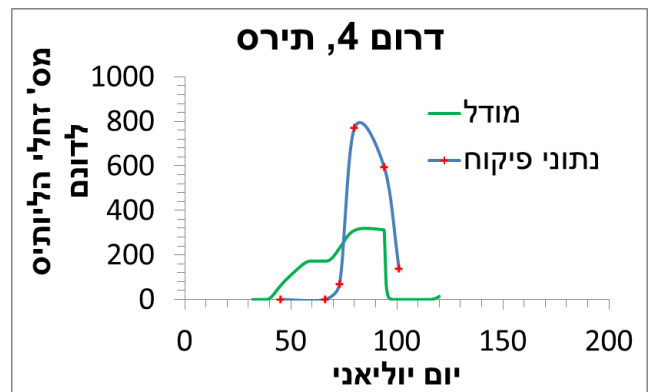
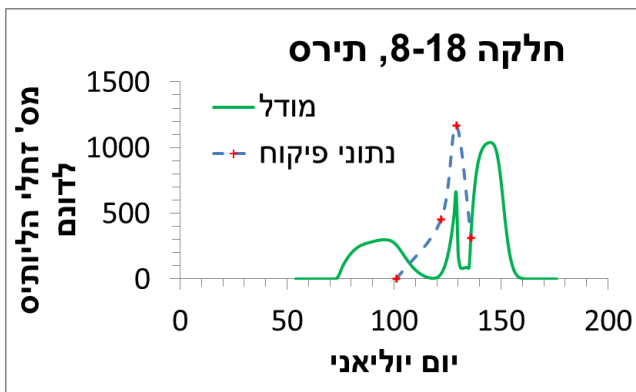
סדרת זמן של נתוני טמפרטורת פני השטח מלוויין חולצה לכל שדה לפי השיוך שלה לפיקסל של הלוויין. ימי המעלה חושבו כממוצע של טמפרטורת יום/לילה פחות 10.7 מעלות צלזיוס שהיא טמפרטורת הסף להתפתחות של הליותיס. השתמשנו בתוצר MOD11A2 שמספק טמפרטורת קרקע ממוצעת לשמונה ימים (ליום ולילה) מהגלאי MODIS שעל הלוויין TERRA של NASA. הרזולוציה המרחבית של נתונים אלה היא 1 ק"מ. זה שיפור משמעותי ביחס לנתונים מתחנות מטאורולוגיות, אך עדיין גס ביחס לגודל אופיני של חלקות באזור המחקר. אנחנו מפתחים כעת תוצר ברזולוציה של 30 מטר באמצעות שילוב נתונים אלה עם נתוני לוויין ה-LandSat ומודל גבהים ספרתי. לכל שדה הוכנסו 200 בוגרים בהתפלגות אחידה (5 פרטים בכל אחת מ-40 קבוצות הגיל) בתאריך הזריעה. יש לציין כי מכיוון שלא היו בדינו תאריכי זריעה מדויקים בחרנו בתאריך משוער כמקובל בכל אחד מהאזורים.. המודל הורץ מתאריך הזריעה ועד לתאריך האסיף (משוער אף הוא ונגזר ממשך ימי הגידול המקובל באותו איזור). לאחר הרצת המודל נערכה השוואה בין כמות זחלי הליותיס בכל שדה כפי שחושבה באמצעות המודל לנתוני הפיקוח באותו שדה.

תוצאות:

איור 10 מציג סדרת הזמן של הטמפרטורות של הפיקסל שבתוכו נמצא שדה 20 מיום הזריעה ועד לאסיף וכן את הדינאמיקה של האוכלוסיות של כל שלבי ההליותיס בשדה.



איור 10: קשר בין מס' זחלי הליותיס עונתי בשדות תירס ובין מרחק משדות עגבניות באזור נבחר לבחינת מודל אוכלוסיות של הליותיס.

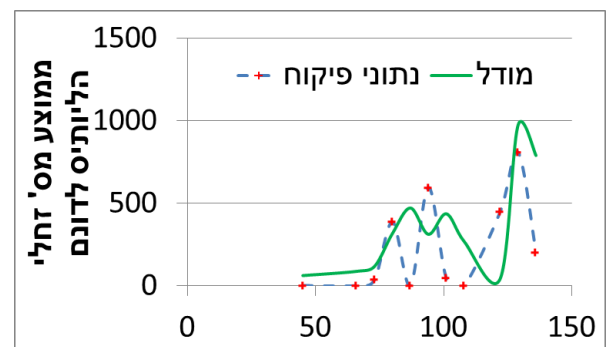
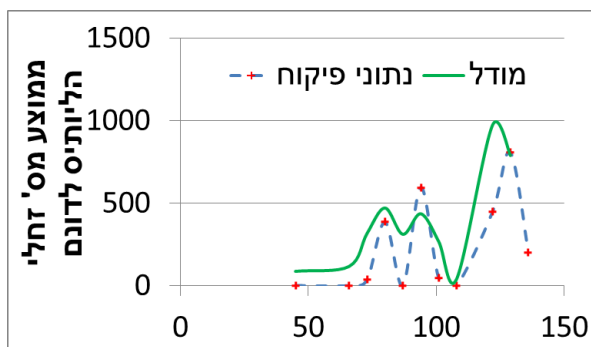


איור 11: אוכלוסיית הזחלים בשדות התירס השונים כפי שחושבו באמצעות המודל אל מול נתוני הפיקוח

ניתן לראות באופן כללי כיצד מתפתח דור ראשון של אוכלוסיה של ביצים, זחלים, גלמים ולבסוף בוגרים. כאשר האוכלוסיה של הדור הראשון מתונה יחסית. לאחר מכן, מתפתח דור נוסף עם אוכלוסיה הרבה יותר גבוהה

בעקבות כניסה של אוכלוסיה גדולה יותר ובעקבות עליה משמעותית בטמפרטורות. עוד יש לשים לב, כי בעקבות הריסוס שהתרחש ב-10/05/10 (יום יוליאני 130) אוכלוסיית הזחלים יורדת בצורה חדה אך היא מתואששת מהר מאוד. מבחינת ההגירה, ניתן לראות כי הכניסה של בוגרים בעקבות הגירה הינה נמוכה מאוד מכיוון שההגירה משדה העגבניות התחלקה עם מספר שדות תירס. נראה כי יש להניח אחוז הגירה גבוה יותר.

איור 11 מציג את אוכלוסיית הזחלים בשדות התירס השונים כפי שחושבו באמצעות המודל אל מול נתוני הפיקוח. ניתן לראות כי הדינאמיקה של ההליותיס על-פי המודל ועל-פי נתוני הפיקוח דומות מאוד. להתאמה מבחינת הדינאמיקה בזמן מתווספת ההתאמה במס' זחלי ההליותיס. אמנם יש הבדלים אך ברב המקרים המספרים הם באותו סדר גודל. ברב שדות התירס נראה כי המודל מייחס דור נוסף של זחלים לאחר שמסתיים הניטור. ניתן לייחס זאת לעובדה שהמודל מחשב את האוכלוסיה עד למועד האסיף המשוער. במידה שיסופק מועד אחר רלוונטי המודל יכול לסיים את החישוב באותו תאריך. איור 12 (ימין) מציג את הדינאמיקה הממוצעת של שדות התירס לפי המודל ולפי נתוני הפיקוח. ניתן לראות כי ישנה התאמה אך המודל מאחר בשבוע יחסית לנתוני הפיקוח. כאשר מקדימים את נתוני המודל בשבוע ישנה התאמה מאוד טובה עם נתוני הפיקוח (איור 12 שמאל) עם רמת מיתאם של $r=0.8$. על מנת לתקן את האיחור הזה יש לבחון כמה פרמטרים כמו אוכלוסיה התחלתית של בוגרים ותאריכי זריעה. מודל בעל דיוק גבוה יכול לשמש את החקלאים בתכנון טוב יותר הן של תדירות הפיקוח והן של ריסוסים.



איור 12: הדינאמיקה הממוצעת של שדות התירס לפי המודל ולפי נתוני הפיקוח. מימין נתונים מקוריים משמאל כאשר נתוני המודל הוקדמו בשבוע

מטרה 3: הגדרת קווים מנחים כלליים לתכנון תפרוסת הגידולים ברמה אזורית ולתכנון פעולות ההדברה אזוריות כנגד ההליותיס והכע"ט בעמקים הצפוניים

על סמך ניתוח הדינאמיקה בזמן ובמרחב של ההליותיס בארבע עונות בעמקים המעיינות וחרוד המצביעים על כך שההליותיס מעדיף את העגבניות על פני התירס ובאופן כללי מתחיל את מחזור החיים שלו באזורים שנבחנו בשדות עגבניות ורק מאוחר יותר, עם קטיף העגבניות, עובר לתירס, אנו יכולים להמליץ על הקווים המנחים הבאים:

1. בתכנון תפרוסת הגידולים האזורית אנו ממליצים על הרחקת שדות תירס משטח של למעלה מ-200 דונם של שדות עגבניות למרחק של 1000 מ'.
2. מכיוון שעיקר פעילות התעופה של ההליותיס מתרחשת לפנות ערב בין השעות 17:00-19:00 ואז נמשכת באופן יותר נמוך אך יציב עד השחר (Armes and Cooter, 1991) אנו ממליצים בכל אזור גידול, לברר מהו משטר הרוחות הנפוץ בשעות אלו ולשתול את שדות התירס במעלה הרוח (כפי שהיא בשעות פעילות ההליותיס) משדות העגבניות.

3. כדי למנוע היווצרות עמידות של ההליותיס כנגד חומרי ההדברה המותרים לשימוש, אנו ממליצים על בניית "תוכנית חלונות" אזורית כנגד מזיק זה שתקבע באילו חומרים אפשר להשתמש כנגדו בכל תקופת זמן. יש לשאוף לא להשתמש בחומרים מאותו מנגנון פעולה (MOA) אלא במרווח של כחודשיים, כך שיהיה לפחות מרווח של דור אחד בין שימוש באותה קבוצה כימית (דור אחד של הליותיס על עגבניות ב27 מ"צ נמשך כ 35 יום (Liu et al., 2004)). ניתן למצוא מידע על סיווג חומרי ההדברה לפי מנגנון פעולה באתרים הבאים: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/21.htm> או

<http://www.irc-online.org/documents/moa-classification/?ext=pdf>

4. במידה ולא מתאפשרת התארגנות חלונות הדברה ברמה האזורית, אנו ממליצים למגדלי התירס בכל אזור להתעדכן אצל מגדלי העגבניות בשדות הסמוכים אל שדות התירס שלהם, מה היו החומרים קוטלי זחלי העשים בהם השתמשו בגידול העגבניות ולהימנע משימוש באותם חומרים בשדות התירס או לבנות את תוכנית ההדברה בתירס כהמשך לתוכנית ההדברה בעגבניות מתוך התיחסות לעקרונות שלעיל (מרווח של כחודשיים בין חומרים עם אותו מנגנון פעולה). כמובן שיש לקחת בחשבון את החומרים המותרים בכל גידול בהתאם לארצות אליהם הוא משווק וזמני ההמתנה המותרים.

5. מתוך הבנה שהעגבניות מהוות מקור להליותיס העובר לתירס אנו ממליצים על ניסיון לשמור על אוכלוסיית הליותיס נמוכה בעגבניות עד סוף הגידול ואף לשקול טיפול בשטח מיד אחרי הקטיף (וכך להימנע מהצורך להתחשב בימי המתנה) בקוטל בוגרים כדי למנוע הגירה של האוכלוסייה לשדות התירס. לדוגמא מחזור טיפולי הדברה אפשרי כנגד ההליותיס הכולל עגבניות האמורות להיות משווקות לכל היעדים בעולם ותירס המיועד להיות משווק לארץ יכול להיות:

הגידול	דור I	דור II	דור III	דור IV
עגבניה	תכשיר BT IRAC 11 (פרוביט או סנטארי)	CHLORANTRANILIPROLE IRAC 28 (קורגן)	INDOXACARB IRAC 18 (אוונט)	SPINETORAM IRAC 5 (ספרטה)

ואחרי הקטיף אפשר להשתמש בקוטל בוגרים כגון BIFENTHRIN (טלסטאר, אטלס, סטרטר) IRAC 3 שיפחית את האוכלוסייה היכולה לעבור לתירס ולאחר מכן כאשר ההליתיס עובר לתירס להתחיל מחזור חומרים המתחשב במחזור החומרים בו הוא טופל בעגבניות

הגידול	דור I	דור II	דור III	דור IV
תירס	PYRIDALYL IRAC UN (בז)	CHLORANTRANILIPROLE IRAC 28 (קורגן)	EMAMECTIN BENZOATE IRAC 6 (פרוקליים)	תכשיר BT IRAC 11 (פרוביט או סנטארי)

6. לאחרונה פותח פרומון ל"בילבול" זכרים בהליותיס שיתחילו השנה (עונת גידול 2014-2015) לבחון אותו בארץ. במידה שישתבר שהוא יעיל בתנאי הארץ אנו ממליצים על יישום אזורי של הפרומון והמשך תליה של הפרומון בשדות עגבניות עוד כחודש אחרי הקטיף כדי למנוע את ההזדווגות של הנקבות שתבקענה בשטח השדה ואת הגירתן לשדות התירס.

ב4. דיון וסיכום

במחקר זה שולבו אקו-אינפורמטיקה ודימוטי לווין ללימוד הדינאמיקה של הליותיס באזורים חקלאיים. בגישה של האקו-אינפורמטיקה מתבססים על ניתוח נתוני תצפיות רבים הקיימים לגבי אוכלוסיות של אורגניזמים, שלא נאספו בהכרח בניסיונות מוקפדים מדעית, אך ריבויים מאפשר להפיק תובנות ביחס לדינאמיקה שלהם במרחב ובזמן (Rosenheim et al., 2011). במחקר המסוכם בדו"ח זה ניתחנו נתוני פיקוח רב-שנתיים של ההליותיס בעמקים המעיינות, חרוד והחולה. על מנת להשתמש בנתונים הללו אשר במהותם הינם נתונים איכותיים, יצרנו בסיס נתונים אשר ממיר את הנתונים האיכותיים לנתונים כמותיים ובכך יכולנו לשלב נתונים מפקחים שונים ומגידולים שונים. **תוצר נלווה אך חשוב שנבע מבניית בסיס נתוני ההמרות הינו מדריך לניטור 28 מזיקים ב-15 גידולים.** את המדריך ניתן למצוא באתר של וולקני (<http://gis.agri.gov.il/manual>). בנוסף, בשילוב עם חברת Scantask **פותח יישום המאפשר איסוף של נתוני פיקוח באמצעות טלפון חכם.** עם זאת, למרות פיתוח היישום, רב הפקחיות אינן משתמשות בטלפון החכם. מצב זה דרש קבלת ושילוב של נתוני פיקוח שנאספו באופנים שונים: יישום בטלפון חכם, טבלאות אקסל ודיווחים בכתב יד. לצד זה, נדרש מאמץ רב לאסוף מפות של השדות והגידולים ותאריכי זריעה ואסיף וכן לקשר בין נתוני הפיקוח ובין מפות השדות. ממצאי הנתונים שהצלחנו לאסוף (טבלה 1) ניתן להסיק כי ההצלחה בהקשר זה היתה חלקית בלבד. בשנתיים האחרונות מספר הולך וגדל של חקלאים וארגונים חקלאיים משתמשים בענן ממי"ג המבוסס על התוכנה ArcGIS Online (למעלה מ-50 חשבונות וכ-10 חשבונות פעילים המכניסים מפות ונתונים רבים אל תוך הענן; שי מיטל, חברת אגס, מידע בע"פ). במידה והמגמה תימשך, ניתן לשער כי בתוך כמה שנים נתוני הפיקוח ומפות השדות והגידולים יהיו זמינים ויאפשרו המשך מחקר בנושא זה. החשיבות של המשך המחקר בגישה זו היא האפשרות לפתח מערכת לומדת אשר בכל שנה משפרת את המימצאים ומחזקת את המסקנות.

ניתוח הדינאמיקה בארבע עונות הצביע על כך שההליותיס מעדיף את העגבניות על פני התירס והכותנה. מסקנה זו התאפשרה רק מכיוון שיכולנו לנתח נתונים כמותיים שהתקבלו מההמרה של נתוני הפיקוח האיכותיים. ניתוח מרחבי-עתי בסביבת ממי"ג הראה כי **ככל ששטח העגבניות או כלל הפונדקאים האחרים של ההליותיס סביב חלקות תירס עולה כך עולה רמת הנגיעות העונתי בהליותיס.** זאת, ברדיוס של כ-1000 מ' סביב חלקות התירס. תוצאה זו מעידה על כך שקיימת הגירה אל שדות התירס וכי כרבע מהשונות ברמת הנגיעות בהליותיס בשדות תירס מוסברת באמצעות ההגירה. כלומר, הצלחת ההתמודדות עם ההליותיס בחלקות התירס תלויה ברמה לא מבוטלת בהתחשבות בפרמטר של ההגירה. קשר זה נמצא רק בעמקים המעיינות וחרוד ולא ניתן היה לבחון אותו בעמק החולה על בסיס ארבע עונות בגין חוסר בנתונים. עם זאת, בעונת 2010 בעמק החולה נמצאו מגמות דומות. נקודה נוספת שיש לקחת בחשבון היא שרמת הנגיעות בהליותיס בעמק החולה לאורך ארבע העונות היתה נמוכה יחסית לזו שבעמקים המעיינות וחרוד. לפיכך, יכול להיות שגם אם היו בידינו נתונים מושלמים יותר עדיין לא היה נמצא קשר דומה. השערה זו תהיה נכונה במיוחד אם רמת ההליותיס הנמוכה באזור היא תוצאה של משטר ריסוסים מחמיר/יעיל יותר. למרות שהקשרים הללו נבדקו גם לפונדקאים יחידאיים אחרים כמו חמניות לא נמצאה השפעה מובהקת וקבועה לאורך ארבע העונות אלא לעגבניות בלבד. בנוסף למרות שהקשרים הללו נבחנו גם לגבי עגבניות וכותנה לא נמצאו השפעות דומות ולא ניתן לומר מהו המקור של ההליותיס בשדות אלו. בהקשר זה יש לציין כי לא נבדקה ההשפעה של פונדקאי בר.

למרות ההשפעה המובהקת שהתגלתה במחקר הזה לא ניתן היה לבחון מתי ההגירה מתרחשת אלא בקווים כלליים בלבד. זאת בגלל החוסר בנתוני פיקוח רציפים לאורך העונה. כלומר, בעוד שניתן להתייחס לרמת הנגיעות העונתית כנתון אמין יחסית מכיוון שהוא מתבסס על מספר נתונים לאורך העונה, הרי שבכל נקודת זמן מסויימת,

לא היו מספיק נתונים על מנת לבחון אם הקשר הזה משתנה לאורך העונה ובכך להגדיר את גבולות הזמן בו ההגירה מתרחשת.

על בסיס הקשרים הללו ניתן לייצר בכל תחילת עונה מפת סיכון של שדות תירס לפי הקרבה והשטח של הגידולים הסובבים אותם. מפות סיכון כאלה יכולות לשמש הן לתכנון מושכל של תדירות הפיקוח והן לתכנון של מועדי ריסוס ורוטציה של חומרי הדברה. עם זאת, יישום של רעיון כזה דורש בין השאר אוטומטיזציה של הליך יצירת מפות סיכון וחשוב מכך זרימה של מפות השדות, הגידולים ותאריכי זריעה ואסיף. כל עוד לא תהיה זרימה של נתונים כאלה מכלל החקלאים באזור לשרת מרכזי לא ניתן יהיה לייצר מפות סיכון.

במסגרת חקר הדינאמיקה של ההליותיס **פותח מודל אוכלוסיות המתבסס על מודלים של ימי מעלה ואשר מוזן מסדרות זמן של טמפרטורה המחולצת מדימוטי לויין (MODIS)**. המודל לקח בחשבון את הזמן שפרט במזיק נשאר בכל שלב של החיים, שיעורי תמותה והטלות וכן השפעה של ריסוסים והגירה. המודל לא לקח בחשבון העדפה בין גידולים וגם לא העדפות מבחינת הפנולוגיה של הגידול. המודל הצליח להתחקות אחר הדינאמיקה של המזיק כפי שנשקפה מנתוני הפיקוח. יותר מכך, המודל הצליח להתחקות אחר סדר הגודל של המספרים המוחלטים של נתוני הפיקוח בשדות בודדים. **מודל זה הינו חדשני הן מן העובדה שהוא מספק נתונים ברזולוציה של חלקה בודדת והן משילוב של השפעות של ריסוסים והגירה**. גם כאן ראוי לציין כי אחד הפרמטרים המשפיעים ביותר על הדינאמיקה של המזיק במודל הוא תאריכי זריעה ואסיף. מודל האוכלוסיות הורץ ונבחן עם תאריכי זריעה ואסיף משוערים בלבד ולכן מידת הדיוק שלו עדיין צריכה להיבדק אל מול שדות לגביהם תאריכים אלו ידועים. המודל הוא גנרי ועל כן בעתיד ניתן יהיה לשלב את השפעתם של תאריכים רלוונטיים נוספים כמו היווצרות פרחים וקלחים ושבירת צבע. גם ההשפעה של ריסוסים הוכנסה בצורה משוערת בלבד וניתן יהיה לשפר את ההשפעה במידה שנתונים לגבי החומרים ויעילותם יהיו זמינים. בבחינת הייצוג של ההגירה בתוך המודל נראה כי היא עדיין נמוכה מאוד ויש למצוא דרך לשפר אותה.

במצב הנוכחי המודל מוזן עם 200 בוגרים בתאריך הזריעה. נתון זה הינו נתון אמפירי ואיננו מסתמך על ידע. ניתן להשיג שיפור נוסף באמצעות הזרמה של נתוני פיקוח תוך כדי העונה ולהכניס למודל את מספר הזחלים במועד מסויים של הפיקוח ולתת לו לרוץ קדימה עם קלט של נתונים אמיתיים מהשטח. ניסיונות כאלה נעשו על השדות שתוארו לעיל והראו כי החיזוי של המודל משתפר (נתונים שלא הוצגו). מודל אוכלוסיות שכזה יכול אף הוא לסייע בתכנון תדירות של הפיקוח ובתכנון של ריסוסים. שימוש במודל האוכלוסיות דורש אוטומטיזציה של התהליך וכמו בחלק הקודם, לא פחות חשוב, גם זרימה של נתונים מהשטח כמו מפות של שדות, גידולים, תאריכי זריעה ואסיף, תאריכי ריסוסים, חומרים וריכוזים ונתוני פיקוח. שיפור נוסף של המודל יכול להיות מושג באמצעות חיזוי של טמפרטורות על מנת שהמודל לא רק יאפיין מצב קיים אלא יוכל לחזות את האוכלוסיה.

הרעיון העומד בבסיס מודל אוכלוסיות זה וכן המימוש שלו מאפשרים למעשה לפתח מודל אוכלוסיות למזיקים נוספים באמצעות מודיפיקציות של ההשפעות של ימי המעלה על כל שלב וכן השפעות נוספות שונות.

חלק מהתוצרים האפשריים של המחקר כמו יצירת מפות סיכון או שימוש במודל אוכלוסיות עדיין אינם יכולים להיכנס לשימוש בגין בעיות טכניות בעיקר אך על סמך מימצאי המחקר **הוגדרו קווים מנחים כלליים שכבר עכשיו יכולים להיות יעילים כמו תכנון רוטציה של חומרי הדברה ובמידת האפשר תכנון של תפוסת גידולים**.

5. פרסומים מדעיים

אין. שוקדים על כתיבת מאמר על מודל אוכלוסיות של הליותיס.

- Allen, K.C., and Luttrell, R.G., 2009. Spatial and temporal distribution of heliothines and tarnished plant bugs across the landscape of an Arkansas farm. *Crop Protection* 28, 722-727.
- Armes, N. J., and R. J. Cooter., 1991. Effects of age and mated status on flight potential of *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera: Noctuidae*). *Physiological Entomology* 16, 131-144.
- Carriere Y, Ellsworth PC, Dutilleul P, Ellers-Kirk C, Barkley V and Antilla L,. 2006. A GIS-based approach for areawide pest management: the scales of *Lygus hesperus* movements to cotton from alfalfa, weeds, and cotton. *Entomologia Experimentalis Et Applicata* 118, 203-210
- Feng, H., Gould, F, Huang, Y., Jiang, Y., and Wu, K., 2010. Modeling the population dynamics of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner) (*Lepidoptera: Noctuidae*) over a wide area in northern China. *Ecological Modelling* 221, 1819–1830.
- Liu, Z., Li, D., Gong, P., and Wu, K., 2004. Life table studies of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (*Lepidoptera: Noctuidae*), on different host plants. *Environmental Entomology* 33, 1570-1576.
- Mironidis G.K., and Savopoulou-Soultani M., 2008. Development, Survivorship, and Reproduction of *Helicoverpa armigera* (*Lepidoptera: Noctuidae*) Under Constant and Alternating Temperatures. *Environmental Entomology* 37, 16–28.
- Rosenheim, J.A., Parsa, S., Forbes, A.A., Krimmel, W.A., Law, Y.H., Segoli, M., Segoli, M., Sivakoff, F.S., Zaviezo, T., and Gross, K., 2011. Ecoinformatics for Integrated Pest Management: Expanding the Applied Insect Ecologist's Tool-Kit. *Journal of Economic Entomology* 104, 331-342.
- Sun, X., van der Werf, W., Bianchi, F.J.J.A., Hu, Z., and Vlak, J.M., 2006. Modelling biological control with wild-type and genetically modified baculoviruses in the *Helicoverpa armigera*–cotton system. *Ecological Modelling* 198, 387–398.
- Wu, K., Chen Y, and Li M., 1993. Performances of the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Huebner) at different temperatures and relative humidities. *Journal of Eenvironmental Sciences* 5, 158–168.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
א. לימוד הדינאמיקה של שני מזיקים רב-פונדקאים (הליותיס וכע"ט) במרחב ובזמן תוך התייחסות להשפעות של תפרוסת גידולים, קירבה בין גידולים, מועדי ריסוס ותנאים מטאורולוגיים; ב. התאמה ומימוש של מודלים לחיזוי הליותיס בתחילת העונה ולחיזוי התנועה של הליותיס במהלך העונה; ג. הגדרת קווים מנחים כלליים לתכנון תפרוסת הגידולים ברמה אזורית ולתכנון פעולות ההדברה אזוריות כנגד ההליותיס והכע"ט בעמקים הצפוניים.
עיקרי התוצאות
רמת ההליותיס העונתית שנמצאה בשדות תירס בעמקים המעינות וחרוד נמצאה בקשר חיובי ומובהק עם שטח חלקות העגבניות ועם שטח חלקות הפונדקאים השכנות של ההליותיס. הקשר החיובי נמצא עד מרחק של כ-1000 מטר. הקשרים החיוביים הללו מעידים על מעבר של הליותיס מחלקות של עגבניות לחלקות תירס שבקרבתן. בעמק החולה לא התקבלו נתונים מספקים לניתוח רב-שנתי. בחינת מודל האוכלוסיות של ההליותיס באמצעות השוואה עם נתוני הפיקוח הראתה כי המודל הצליח לבטא את הדינאמיקה של זחלי ההליותיס בצורה טובה. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
מטרות המחקר הושגו. ראשית הוגדרו קווים מנחים על סמך המימצאים בהם החלקאים יכולים להשתמש כבר היום. בנוסף, על מנת ליישם תוצרי מחקר נוספים כמו יצירת מפות סיכון ושימוש במודל אוכלוסיות יש לבצע אוטומטיזציה של התהליכים וחשוב מכך להביא את החלקאים להזרים נתונים אל תוך המערכת שתוקם. ללא נתונים מן החלקאים והפקחים לא ניתן יהיה להשתמש בתוצרים.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות להמשך המחקר
הקושי העיקרי היה להשיג את נתוני הפיקוח, מפוצת השדות והגידולים, תאריכי זריעה ואסיף ותאריכי ריסוס. כיום מסי גדל והולך של חקלאים משתמש בענן ממ"ג ואם המגמה תמשיך אזי בשנים הבאות ניתן יהיה ליישם את הגישה ואת התוצרים הספציפיים מן המחקר.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטוט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; אין פרסומים בכתב. שוקדים על כתיבת מאמר על מודל אוכלוסיות של הליותיס.
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
← ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
← חסוי - לא לפרסום: (יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר)
האם בכוונתך להגיש תוכנית במשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן* - לא-

* יש לענות על שאלה זו רק בדו"ח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו"ח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים