

הגדלת רווחיות גידול הכותנה בגישה רב-תחומית

Improving Cotton Profitability Using a Multi-Disciplinary Approach

דו"ח מסכם לתכנית מחקר לתקופה: מרץ 2011 – פברואר 2014

מוגש להנהלת ענף הכותנה

על ידי:

יהושע סרנגה¹, ויקטור אלחנטי², אריה בוסק³, עופר גורן⁴, יפית כהן², אמנון ליסאי³, אריאלה ניב⁵,
יונתן ספנסר⁵, עידו קן¹, ברוך רובין¹, ליאורה שאלתיאל-הרפז⁶
¹האוניברסיטה העברית בירושלים, הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה ע"ש רוברט ה. סמית
²מנהל המחקר החקלאי, המכון להנדסה חקלאית, ³מגדלי דרום יהודה,
⁴משרד החקלאות, שרות ההדרכה והמקצוע, ⁵המועצה לייצור ושיווק כותנה, ⁶מו"פ צפון

Y. Saranga¹ (saranga@agri.huji.ac.il), V. Alchanatis² (victor@volcani.agri.gov.il),
A. Bosak³ (bosak@bezeqint.net), O. Goren⁴ (ofergor@shaham.moag.gov.il),
Y. Cohen² (yafitush@volcani.agri.gov.il), A. Lisai³ (amnonlisai@walla.com),
A. Niv⁵ (ariela@cotton.co.il), J. Spenser⁵ (jspenser@012.net.il), I. Kan¹ (kan@agri.huji.ac.il),
B. Rubin¹ (rubin@agri.huji.ac.il), L. Shaltiel Harpaz⁶ (lioraamit@bezeqint.net)
¹The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture Food and Environment; ²Agricultural
Research Organization, Volcani Center; ³Southern Growers Association; ⁴Israel Ministry of
Agriculture; ⁵Israel Cotton Board; ⁶Northern R&D

תקציר

גידול הכותנה ירד לאחרונה בהיקפו לשפל חסר תקדים המטיל ספק בהמשך קיומו. הכותנה היא רכיב חיוני בסל הגד"ש מבחינה כלכלית ואגרונומית, ובהעדרה ענף הגד"ש כולו עלול להיפגע. מטרתו הכללית של המחקר זה הייתה לשפר את רווחיות גידול הכותנה על-ידי חיסכון בהוצאות ו/או שיפור היבול. בתחום התמודדות עם הלקטית ורודה נמצא כי דחית מועד הזריעה הביאה לירידה משמעותית באוכלוסיות המזיק ומודל ימי מעלה לחיזוי עשוי לשמש בסיס לקביעה מושכלת של מועד הזריעה הרצוי. בניסויי השקיה ובחלקות תצפית נמצא כי דחית מועד הזריעה גרמה בדרך כלל לפגיעה ביבול, לעיתים משמעותית ולעיתים זניחה למדי, אולם יש מקום לשקול אמצעי זה באופן נקודתי להתמודדות עם המזיק. בתחום הדברת העשבים הושג חסכון משמעותי ללא פגיעה ביעילות ההדברה וביבולים. ניטור עשביה בעזרת טכנולוגיות חקלאות מדייקת וטיפול בקטעים משובשים בלבד, יכול גם הוא להקטין את עלויות ההדברה. רפרנס סטטיסטי לצילום תרמי מוטס נמצא מתאים ביותר לחישה מרחוק של מצב המים כתחליף למדידה קרקעית בהכוונת השקיה. טיוב כתמי קרקע על ידי בוצה הביא לשיפור של כ-10% ביבול של כתמי קרקע חוליים. ניתוח אקונומטרי של נתוני חלקות מסחריות הראה יתרון לגידול במחזור של חיטה וכותנה. לסיכום, יישום תוצאות המיזם עשוי להביא לחיסכון ו/או שיפור יבול בכותנה ובכך לשפר את רווחיות הענף ולתרום לציבותו.

הגדלת רווחיות גידול הכותנה בגישה רב-תחומית

Improving Cotton Profitability Using a Multi-Disciplinary Approach

דו"ח מסכם לתכנית מחקר לתקופה: מרץ 2011 – פברואר 2014

מבוא

גידול הכותנה (*Gossypium Spp.*) שהיה בשיאו באמצע שנות השמונים (כ- 650,000 דונם) הצטמצם בהדרגה לכ- 100,000 דונם בתחילת שנות ה-2000, ולאחרונה שינוי מחיר הסיבים ושער הדולר הנמוך פגעו ברווחיות הגידול והקטינו את היקפו לשפל חסר תקדים, בין 40,000 דונם (2009-10) ל- 80,000 דונם (2011-12), היקף המטיל ספק בהמשך קיומו של הענף (גורן 2009). מבחינה כלכלית, הכותנה שמחירה נקבע בשוק העולמי והיקפה בלתי מוגבל "מאלצת" גידולים כמו חמצה וחמניות להגיע לרווחיות דומה ולכן בהעדרה רווחיות ענף הגד"ש כולו עלולה להיפגע. מבחינה אגרוטכנית, הכותנה מתאימה לגידול במגוון רחב של סוגי קרקע ואיכויות מים והיא מקלה בהתמודדות עם פגעים כגון עשבים רעים, כולל גמא הפקעים, עלקת וכשות, והפטרייה מקרופומינה. המגדלים אכן מודעים לחשיבות הכותנה כרכיב משמעותי בסל הגד"ש, אולם זהו גידול מאתגר מאוד מקצועית ורווחיותו לא תמיד מספקת. עלות גידול הכותנה מתקרבת לעלות גידול שלחין אינטנסיבי, עתיר תשומות ועבודה (כגון עגבניות לתעשייה ותפוא"ד), בעוד שרווחיותה משתווה לגידולי פלחה אקסטנסיביים (כגון חיטה ואבטיח לפיצוח). למצב זה שני פתרונות אפשריים: הפיכת הכותנה לגידול אינטנסיבי בעל רווחיות גבוהה על ידי העלאת היבול [לדוגמה, "פרויקט 250" (ק"ג סיבים/ד"י) – יוזמת מועצת הכותנה לקידום היבול בענף], לצד ייעול בהוצאות, או לחילופין הפיכתה לגידול אקסטנסיבי על ידי הקטנה דרמטית של הוצאות הייצור תוך שמירת רווחיות דומה לגידולי שדה אחרים (או גבוהה יותר).

ממשק גידול הכותנה מבוסס על גישות שהתפתחו ברובן במהלך שנות השבעים והשמונים. שינויים גדולים שחלו מאז במחירי התשומות, והתקדמות בהבנת הביולוגיה והאקולוגיה של גידול הכותנה מחייבים "לצאת מהקופסא" ולבחון את ממשק הכותנה בגישה רב-תחומית חדשנית. על סמך בחינה מדוקדקת של ממשק גידול הכותנה הגדיר צוות המחקר מספר תחומים בעלי פוטנציאל מרבי לשיפור היבול מחד, ולחיסכון בהוצאות מאידך, והמתאימים ליישום בטווח הקרוב.

1. התחמקות מהלקטית ורודה על ידי קיצור העונה: בעיית ההלקטית הורודה בכותנה מהווה מחסום ממשי להשגת יבולי שיא. זחלי המזיק מהדור האחרון של העונה הקודמת חורפים בקרקע או בהלקטים שלא נאספו, מתגלמים ומגיחים כבוגרים בתחילת האביב. ממחקרים בעולם עולה כי איחור זריעה מאריך את התקופה שבה המזיק חי ללא פונדקאי, מצמצם את הנגיעות במזיק בגידול באותה עונה.

2. עיבודי קרקע: חריש ידוע כאמצעי מקובל להפחתת הנגיעות בהלקטית ורודה ומגדלי ישראל מחויבים בתקנה לחרוש את שדות הכותנה שלהם, כדי לפגוע באוכלוסייה החורפת של הזחלים בשאריות הכותן ובקרקע. יחד עם זאת, ישנו מידע המוכיח כי ניתן להתחמק מנזקי אותו מזיק בדרכים אחרות, ובכך לחסוך את עלות החריש ועיבודים כבדים נוספים הנגזרים ממנו. לממשק אי-פליחה יתרונות נוספים כגון שימור קרקע ושיפור חדירות המים, ולעומת זאת הוא מקשה על התמודדות עם עשבים רעים.

3. הדברת עשבים: הדברה עשבים רעים כרוכה במקרים רבים בעלות גבוהה מאוד, הפוגעת משמעותית ברווחיות גידול הכותנה. ניתן להמיר ברוב המקרים את הגישה המקובלת בקילטורים או בקוטלי עשבים

ק"ע) לא שאריתיים. בנוסף, דחיית הזריעה תאפשר הדברת עשבים מקדימים וריסוס מכוון בתכשירים זולים.

4. משטר השקיה בעונה קצרה: קיצור עונת גידול הכותנה טומן בחובו הבטחה להתחמקות מהלקטית וורודה וחיסכון בהוצאות הדברה, השקיה ודישון וככל הנראה גם סיכון מסוים לפחיתה ביבול. הצלחת גידול הכותנה בעונה קצרה מחייב שימוש בזנים בכירים תוך התאמה מדוקדקת של משטר ההשקיה לעונה כזו ושימוש באמצעי בקרה אמינים ומתקדמים.

5. בקרת השקיה: בעוד שברוב שלבי העונה מבוססת ההשקיה על מדדים פיסיוולוגיים יעילים, אין מענה הולם לבקרת ההשקיה בתקופת מילוי ההלקטים שהיא קריטית בצבירת היבול. מניתוח המצב הקיים עולה שזו סיבה מרכזית לשונות העצומה ביבולים, וכיום יותר מבעבר, נדרשת שיטה פשוטה ומדויקת לבקרת השקיה לכל אורך עונת הגידול. חישה מרחוק באמצעות צילומים תרמיים מאפשרת כיום למפות את התפרושת המרחבית של מצבי מים בצמח, לקבל החלטות מדויקות לגבי עיתוי השקיה, איתור אזורים חריגים כמו תקלות בהשקיה, וחלוקת השדה לאזורי ממשק.

6. חקלאות מדייקת: עיקרון בסיסי בתפיסה של החקלאות המדייקת הינו התאמת משאבים לצרכים בהתאם לשונות המרחבית והעתית בשדה. בשנים האחרונות שופרה מאוד האפשרות לאפיין את שונות היבול הקיימת בשדות ולהציע דרכים לשיפור היבול באמצעות טיפולים לטיוב כתמי קרקע.

7. מקום הכותנה במחזור הגד"ש: בניגוד למצב ששרר בעבר, בו הכותנה שלטה בגידולי השדה והתבקש לבצע עבודה ניתוח ייחודי, הרי שכיום הכותנה הינה מרכיב בינוני או קטן בסל הגד"ש ברמת המשק. מכאן, שמתבקש לנתח מקצועית-כלכלית את כל סל הגידולים ובתוכו הכותנה. גישת הניתוח האקונומטרי, בה נעשה שימוש במחקר, מאפשרת חקר של מאפייני המערכת עצמה מבחינת רווחיות הכותנה ופיתוח מודל לתכנון מושכל של מקום הכותנה במחזור הגד"ש.

מטרות המיזם

מטרתו הכללית של המיזם היא לשפר את רווחיות גידול הכותנה ולבסס את הכותנה כגידול מרכזי בענף גידולי השדה. על סמך בחינה מדוקדקת של ממשק גידול הכותנה הוגדרו מספר מטרות בעלות פוטנציאל מרבי לחיסכון בהוצאות, מחד ולשיפור היבול, מאידך, והמתאימות ליישום בטווח הקרוב. בנוסף עוסק המחקר בבחינה אגרונומית וכלכלית של ממשקי גידול שונים.

למחקר נקבעו מטרות פרטניות כלהלן:

א. בחינת האפשרות להפחתת נזקי הלקטית ורודה בכותנה על ידי קיצור עונת הגידול (התחמקות) תוך ויתור על חריש עמוק וצמצום ההדברה כימית.

ב. בחינת משטרי הדברת עשבים בכותנה המותאמים במיוחד למזרע מאוחר (עונה קצרה) ומבוססים על הדברה מכאנית וריסוס מכוון של ק"ע זולים.

ג. אופטימיזציה של משטר ההשקיה וממשק הגידול בעונת קצרה.

ד. יישום גישה לבקרת השקיה בכותנה המבוססת על חישה תרמית מן האוויר.

ה. בחינת השפעת טיוב הקרקע בגישה של חקלאות מדייקת על יבולי הכותנה.

ו. בחינת יחסי הגומלין בין גידול הכותנה לגידולים אחרים במחזור הגד"ש.

ז. בחינת משטרי גידול נבחרים בחלקות מסחריות באזורים שונים של הארץ.

ח. ניתוח כלכלי של הרווח ורמת הסיכון בממשקי גידול כותנה ניסיוניים שיבחנו בפרויקט.

1. הקטנת הנגיעות והנזק של הלקטית ורודה בכותנה באמצעים אגרוטכניים

חוקרים: מ. אקסלרוד, ל. שאלתיאל-הרפז, א. ניב, א. ליסאי, י. סרנגה

מבוא

העש הלקטית ורודה (*Pectinophora gossypiella*) הינו מזיק עיקרי בכותנה בארץ ובעולם. בשנים האחרונות חלה עליה ברמות האוכלוסייה של ההלקטית הוורודה בארץ, לכן, נוצר צורך בבדיקה מחודשת של דרכים להתמודדות עם המזיק. כיום נדרשים החקלאים ע"פ תקנות הגנת הצומח לבצע חריש עמוק לאחר גידול כותנה, כדרך עיקרית להתמודדות עם ההלקטית ורודה והפחתת הנגיעות במזיק. פעולת החריש הינה פעולה יקרה ונגזרים ממנה עיבודים כבדים נוספים, המייקרים משמעותית את גידול הכותנה. מנגד, קיימת סברה כי החריש מספק הגנה לזחלים שנותרים בשכבות העליונות של הקרקע בהשוואה לאלו שנותרים על פני השטח וחשופים לפגעי מזג האוויר. לחלופין, ניתן להתחמק מהלקטית ורודה על ידי זריעה מאוחרת של הכותנה המאפשרת להימנע מהופעת זחלי המזיק מהדור האחרון של העונה הקודמת. זחלים אלו חורפים בקרקע או בהלקטים שנשארו בשדה, כאשר בתחילת האביב, כתלות בימי מעלה, הם מתגלמים ומגיחים כבוגרים. זריעה מאוחרת מביאה לכך שמרבית אוכלוסיית המזיק מגיחה לפני שהתפתחו איברים רפרודוקטיביים על הצמח, אשר הכרחיים למזיק לצורך השלמת מחזור חיים והתרבותו, תופעה המוכרת בשם "גיחת התאבדות". כך, אוכלוסיית המזיק בשטח מצטמצמת באותה עונת גידול. בנוסף, מחקרים שונים הראו כי ישנה השפעה להרכב הכימי של צמחים ואיכותם, בעיקר לרמות החנקן, על החרקים הניזונים מהם. דישון יכול להביא לשינויים ברמות החנקן בצמח, ובכך להשפיע על החרקים הניזונים ממנו והעדפותיהם. רמות גבוהות של חנקן יכולות להביא לעליה בקצב הגדילה, במשקל הבוגר, בפוריות ובהישרדות הכללית של הפרט.

השערות ומטרות העבודה

מטרת העל של המחקר היתה לבחון את ההשערה כי ניתן לצמצם את אוכלוסיית ההלקטית הוורודה על ידי שינויים בממשק האגרוטכני הנהוג כיום ובכך להקטין את נזקי המזיק ואת מספר הריסוסים כנגדו. לצורך יישומה נקבעו למחקר מספר מטרות משנה:

1. בחינת ההשפעה של מועד הזריעה על אוכלוסיות המזיק, במטרה להתחמק מהדור שחרף בקרקע ולהביא לאחוז גבוה של "גיחת התאבדות" ולהקטנת אוכלוסיית המזיק לאורך זמן.
2. בדיקת תקפותם של מודלים שונים לחיזוי מועד גיחת ההלקטית הוורודה על בסיס ימי מעלה, ובמידת הצורך התאמת מודל לתנאי הארץ, במטרה לתזמן לפיו את מועד זריעת הכותנה.
3. בחינת ההשפעה של משטרי דישון בחנקן על רמת הנגיעות בהלקטית ורודה ועל קצב התפתחותה.
- 4.

חומרים ושיטות:

בחינת ההשפעה של מועד הזריעה על אוכלוסיית המזיק- שדות כותנה מהזן "גוליית 4" נזרעו בשנים 2011-2012 בשני מועדים, מחצית החלקה במועד הזריעה המקובל, ומחציתה השנייה כשבועיים עד שלושה לאחר

מכן. במהלך העונה בוצע מעקב אחר הנגיעות במזיק ב-4 חזרות באזורים שונים בתוך תת-חלקה של כל מזרע.

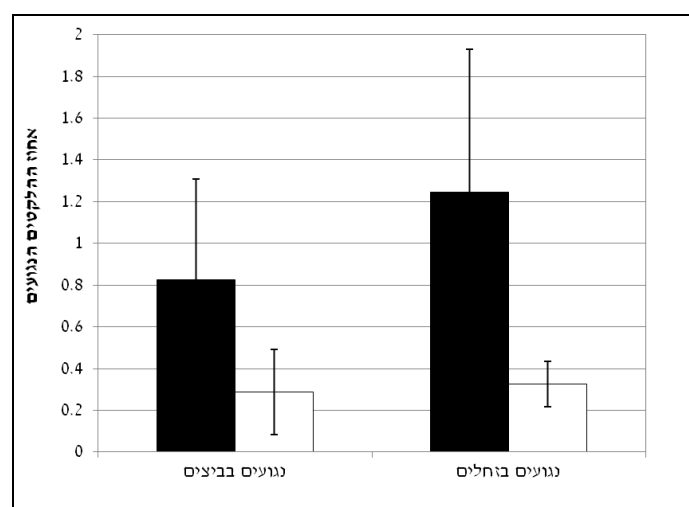
בחינה והתאמת מודל ימי מעלה- התבצעה על ידי מדידת טמפי' האוויר והקרקע ומעקב אחר גיחות זכרים בשדות כותנה מהעונה שעברה, שהייתה בהם נגיעות בהלקטית ורודה, במשקים שונים בארץ. ניטור המזיק נעשה בעזרת ארבע מלכודות פרומון שהוצבו מאמצע מרץ בכל חלקה.

אפיון השפעת משטרים שונים של דישון בחנקן- צמחי כותנה מזן "גוליית 4" גודלו בבית רשת, כאשר מחצית מהצמחים קבלו דישון כללי ללא חנקן, לעומת צמחים אשר קבלו דישון הכולל חנקן. כל חזרה בניסוי כללה שלושה צמחים מדושנים ושלושה צמחים שאינם מדושנים שהוכנסו יחד לכלוב. בכל כלוב פוזרו 30 זוגות של עשים בוגרים מגידול מעבדתי. לאחר שבוע נספרו הביצים שהוטלו על כל צמח במטרה לבדוק על איזה צמח מעדיפות נקבות ההלקטית הורודה להטיל את ביציהן.

תוצאות

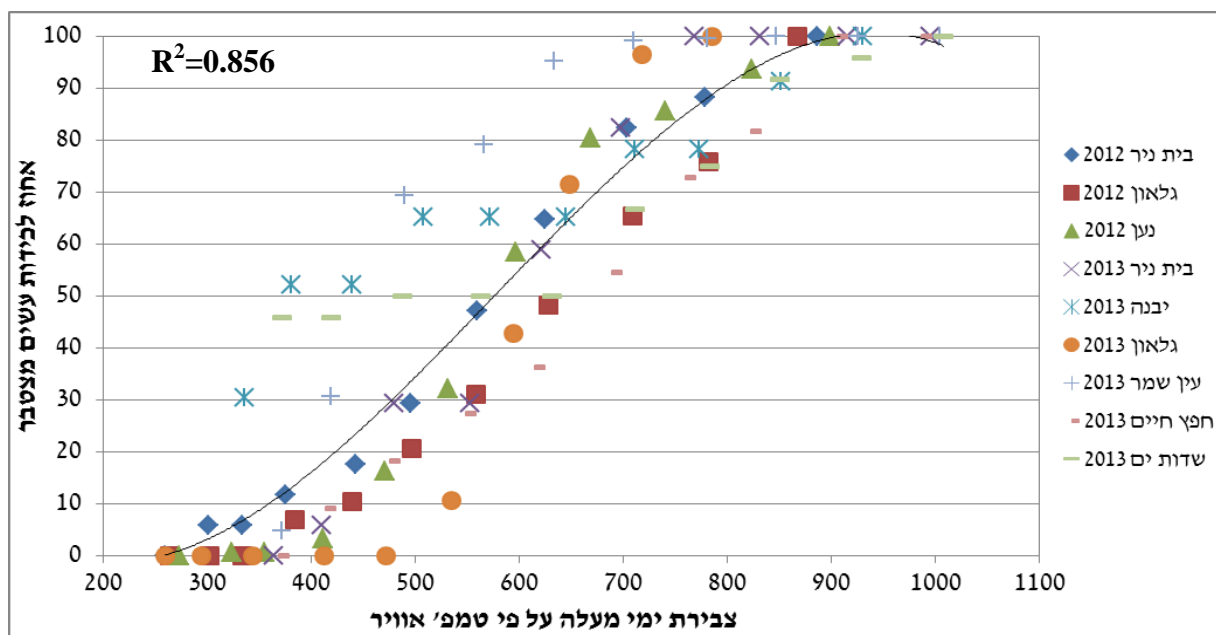
בעונת הגידול הראשונה (2011) נערך מעקב אחר הנגיעות בשדות בשני מועדי הזריעה. בבדיקות שנעשו בגן שמואל, נמצא כי אחוז ההלקטים הנגועים בזחלים של הלקטית ורודה נמוך באופן מובהק במועד הזריעה המאוחר לעומת מועד הזריעה המקובל. בעונת הגידול השנייה (2012) התקבלה מגמה דומה של רמת נגיעות נמוכה במהלך העונה במזרע המאוחר לעומת המזרע המקובל, אך ללא מובהקות. השפעת מועד הזריעה על הנגיעות הממוצעת בשתי העונות מוצגת באיור 1.1. בעונת 2011, נקטפו שני המזרעים באותו מועד ובהלקטים ירוקים שנתרו בשדה לאחר הקטיפה נמצא שיעור נגיעות גבוה פי ארבעה במזרע המקובל לעומת המזרע המאוחר. בעונת 2012, בה המזרע המוקדם נקטף כעשרה ימים לפני המזרע המאוחר, רמת הנגיעות במזיק במזרע המאוחר עלתה בסוף העונה לאחר פעולת השילוך של המזרע המוקדם, ככל הנראה עקב נדידת המזיק. בהמשך ישיר לזה, בהלקטים הירוקים שנתרו בשדה לאחר הקטיפה היה שיעור נגיעות גבוה באופן מובהק במזרע המאוחר.

בעונת 2013 נעשה מעקב נוסף אחר הנגיעות, בשלושה משקים בארץ (גד"ש חפר, קבוצת יבנה וצב"ר קמ"ה). בגד"ש חפר לא נמצאה כל נגיעות במהלך העונה, בקבוצת יבנה ובצב"ר קמ"ה נראתה מגמה דומה של רמת נגיעות נמוכה יותר במזרע המאוחר, בהשוואה למזרע המקובל.



איור 1.1. אחוז מצטבר של ההלקטים הנגועים בביצים וזחלים של המזיק. הערכים מציינים ממוצע \pm שגיאת תקן של שדות המדגם משנים 2011 ו-2012. עמודות מושחרות מייצגות את המזרע המקובל ועמודות לבנות את המזרע המאוחר.

תקפותם של מודלים שונים לחיזוי גיחת ההלקטית הוורודה על בסיס ימי מעלה, נבחנה על פי נתונים שנאספו בתשעה משקים בארץ במהלך שנתיים (2012-13). מבין המודלים השונים שפורסמו בספרות נמצא המתאים ביותר מודל המבוסס על סף ההתפתחות התחתון של המזיק 12.8 מ"צ והעליון 30 מ"צ. המתאמים שהתקבלו עבור חישוב ימי המעלה על פי נתוני טמפי' האוויר והקרקה היו דומים, ונעו בין 0.839 ל-0.876. על פי איור 1.2 ניתן לראות כי תחילת הגיחות התרחשה לאחר צבירת כ- 270 ימי מעלה מתחילת ינואר, כמחצית האוכלוסיה הגיחה לאחר צבירת 580 ימי מעלה וסיום גיחות התרחש ב-950 ימי מעלה. בניסוי השפעת משטרי דישון שונים התקבלה העדפה מובהקת להטלה על גבי העלים של צמחים המדושנים לעומת צמחים שאינם מדושנים. מצד שני לא נמצאו הבדלים מובהקים בהטלה על גבי קדקוד הצמיחה (נתונים אינם מוצגים).



איור 1.2. אחוז לכידות עשים מצטבר כתלות בצבירת ימי מעלה, המחושב על פי טמפרטורת האוויר.

דיון ומסקנות

על סמך תוצאות אלו ניתן לראות כי ישנה השפעה רבה למועד הזריעה על רמת הנגיעות בהלקטית ורודה. זריעה מאוחרת של הכותנה הביאה לירידה ברמות המזיק לאורך עונת הגידול כולה. נתוני הגיחות אל מול צבירת ימי המעלה מראים את הבסיס הביולוגי של ממצא זה ומחזקים אותו. גיחות ההלקטית הוורודה החלו לאחר צבירת כמות מסוימת של ימי מעלה ונמשכה לאורך זמן. דחיית הזריעה מביאה לכך שאחוז גבוה יותר של עשים מגיחים בטרם הופעת פקעי פריחה אשר יכולים לתמוך בהתפתחות דור הראשון של ההלקטית הוורודה. תנאי מזג האוויר טרם זריעת הכותנה משפיעים באופן משמעותי על רמת החשיפה של הגידול למזיק בעונת הגידול. לדוגמא, באביב חם, עוד טרם זריעת הכותנה, עשויה להצטבר כמות רבה יותר של ימי מעלה, דבר שיביא להקדמה של גיחות העשים מהתרדמה. בשנה כזאת, צמחי הכותנה יהיו חשופים לפחות גיחות אפקטיביות של ההלקטית הוורודה, ולכן הנגיעות במזיק עשויה לרדת. כמו כן ישנה חשיבות רבה לסיום העונה. לדוגמא, בעונת 2012 נמצאה עדות עקיפה לנדידה של המזיק לאחר קטיף המזרע המוקדם לחלקה של המזרע המאוחר, ולכן נראתה נגיעות גבוהה יותר של המזיק

בהלקטים הירוקים שנותרו בשטח. ההלקטים שנותרים בשטח מהווים את מקור האילוח לעונה העוקבת, ולכן חשוב להגיע לסוף העונה עם מס' מועט, ככל הניתן, של הלקטים ירוקים.

בכל הגרפים שנבנו לחיזוי גיחות העשים כתלות בצבירת ימי מעלה התקבל מתאם גבוה, כלומר, הטמפ' הינה הגורם העיקרי הקובע את מהלך גיחת העשים בתחילת העונה. על פי אימות מודל ימי מעלה על ידי מעקב אחרי גיחות באזורים שונים בארץ, ניתן לבסס החלטה מושכלת לגבי מועד הזריעה שמוביל לשיעור גבוה של "גיחת התאבדות". ככל שדוחים את מועד הזריעה, אחוז "גיחות התאבדות" גבוה יותר וניתן להביא לפחיתה של יותר מ-50% משיעור האילוח היחסי למועד זריעה מקובל. אולם, יש צורך להתחשב בשיקולים נוספים של החקלאים, כמו מצב המים בקרקע והיבול הסופי של הכותנה ולדחות את מועד הזריעה תוך פגיעה מינימאלית ביבול.

ניסויי הדישון הראו כי נקבות ההלקטית וורודה מעדיפות להטיל על גבי צמחים מדושנים בחנקן. תופעה זו מוכרת בחרקים הרביבוריים אשר צמחים הוא מקור החנקן העיקרי שלהם והדרגות הצעירות שלהם מוגבלות בתנועה. זוהי דרך של החרק להבטיח את המשך קיומו והתפתחות צאצאיו. לכן, יש למנוע דישון עודף של צמחי הכותנה מבלי לפגוע בהתפתחות התקינה של הצמח. דישון בעודף, עשוי להביא לעלייה ברמות האילוח של השדות.

הכוונה של הזריעה עשויה להביא לפחיתה משמעותית ברמות האילוח של המזיק לאורך עונת הגידול, ובסופו של דבר לירידת האוכלוסייה לאורך זמן. על כן, באזורים נגועים יותר החקלאי צריך לשקול את השימוש במודל ימי המעלה על מנת לכוון את מועד הזריעה, כך שיהיה אחוז גיחות התאבדות גבוה ככל שניתן. יחד עם זאת, עומדים מול החקלאי שיקולים כלכליים נוספים אשר מהווים גורם מכריע במועד זריעת הכותנה.

רמת החשיפה למזיק מושפעת בעיקר מימי המעלה שנצברים לפני זריעת הכותנה. לאחר הזריעה, התפתחות הצמח והופעת פקעי הפריחה, כמו גם המשך גיחות המזיק, מושפעים מטמפ' וצבירת ימי המעלה. השימוש במודל ימי מעלה עשוי לשמש ככלי בתכנון דרכי ההתמודדות כנגד המזיק, בניהם דיוק במועד יישום הפרומונים, בעיקר באזורים המועדים.

מבחינת העדפת הנקבות להטלה על גבי צמחים מדושנים ישנה מגבלה להשלכה מעשית של ממצאי הניסוי. דישון בחנקן הוא גורם חיוני במהלך גידול הכותנה. הדישון תורם רבות להתפתחות הצמח ולאיכות הכותן. יש צורך לדשן ברמה אשר תהיה מספקת לצמח על מנת להתפתח באופן תקין, ולא ליצור עודף חנקן. יישום נכון של הדישון עשוי להביא לחיסכון בעלויות דישון והימנעות ממשכת המזיק לשטח הגידול.

2. ממשק חלופי להדברת עשבים בכותנה

חוקרים: ג. שלו, מ. סיבוני, א. בוסק, ב. רובין

מבוא

ממשק הדברת העשבים המקובל, הכולל טיפולי קדם זריעה וקדם הצצה במהלך החורף, עישוב, קילטור וטיפולים לאחר הצצה בריסוס מכוון וריסוס על הנוף, לא השתנה באופן משמעותי מאז שנות השמונים. בטיפולים אלו נעשה בין היתר שימוש תכוף בתכשירים יקרים. טיפולים רבים ניתנים ללא צורך ממשי וללא התחשבות בפיזור העשבים בשדה. בניסויים שערכנו במהלך שלוש עונות המחקר, נבחנו הפחתת מספר פעולות ההדברה, השימוש בק"ע והשימוש בתכשירים שאינם מקובלים כיום בממשק ההדברה, כל זאת ללא פגיעה באיכות הדברת העשבים. בנוסף, נבחנו היתכנות השימוש בטכנולוגיות חקלאות מדייקת להפחתת השימוש בק"ע ע"י טיפול בכתמי עשבייה בלבד ולא בטיפול אחיד לכלל השטח.

מטרה

הקטנת התשומות בהדברת עשבים ללא פגיעה ביבול תוך הפעלת העקרונות של חקלאות מדייקת והקטנת העומס הסביבתי ככל שניתן.

שיטות

ניסויי הדברת עשבים, בממשקי הדברה מוזלים בהשוואה לטיפול המשקי, נערכו בעונות 2011-2012 בבני דרום ובעונת 2013 בבית ניר. ניסויים בטכנולוגיות חקלאות מדייקת, ע"י צילום אווירי וחישה מהקרע, נערכו בעונת 2011 בגבעת ברנר ובעונות 2012-2013 בבית ניר.

בעונת 2011 בבני דרום, נבחנו השפעת ממשקי הדברה מופחתים על יבול הכותנה. בניסוי נבחנו רק טיפולי אחר-הצצה, כל טיפולי קדם-זריעה וקדם-הצצה בשדה ניתנו ע"פ הנהוג במשק. מבנה הניסוי היה דו-גורמי וכלל ששה טיפולים בארבע חזרות, הגורם הראשון היה מועד הזריעה והגורם השני היה הטיפול. בעונת 2012 בבני דרום, נבחנו השפעת ממשקי הדברה חליפיים על השיבוש בעשבים. הניסוי היה חד-גורמי בתבנית של בלוקים באקראי וכלל שמונה טיפולים בארבע חזרות. בשתי העונות (2011-2012), הטיפול המשקי היווה את הביקורת בניסוי.

בעונת 2013, נערך בבית ניר ניסוי בתכשירי הדברת עשבים חלופיים לטיפול קדם-הצצה (PRE). מבנה הניסוי היה 12 טיפולים ב-3 חזרות. כל חזרה באורך 20 מ' וברוחב 2 מ' (ערוגה בודדת). אותם 6 טיפולים ניתנו פעם אחת בתוספת של טיפול קדם-זריעה (PPI), בטרופלורלין ופלוואומטורון ובפעם השנייה ללא טיפול PPI.

בגבעת ברנר, עונת 2011, נעשה ניסיון למצוא מתאם בין רמת העשבייה על שלוחת הטפטוף לזו שבתוך שורת הגידול במטרה ליצור מפה שתאפיין את השטח מבחינת העשבייה שעל שלוחת הטפטוף על ידי זיהוי נוכחות העשבים בין השורות. בהמשך נעשה מיפוי דיגיטלי לאורך שלוחות הטפטוף באמצעות חיישן Greenseeker שמודד ערך NDVI (מדד ספקטרלי לכיסוי צמחי), בשילוב עם מכשיר GPS דיפרנציאלי. המערכת הותקנה על גבי מרסס שנסע בשדה ובכל מעבר של הכלי נסרק המרווח שבין שורות ערוגה אחת. בעונת 2012, נערכה חזרה על ניסוי זה בבית ניר, כשהפעם הסריקה נעשתה ברזולוציה גבוהה יותר, ע"י הוספת חיישן נוסף על הכלי, כך שנסרקו שתי ערוגות במקביל בכל מעבר. בהמשך, נבדקה מידת האמינות של הסריקה בהשוואה לניטור אנושי שנעשה בשדה. בנוסף, נבדק המתאם בין השיבוש בעשבים באזור

שלוחת הטפטוף לזה שתחת נוף צמחי הכותנה במטרה לבדוק האם ניתן לקבל מסריקה מדגמית כזו נתון מייצג לגבי השטח.

בעונות 2012 ו-2013, נערכו בבית ניר ניסויים לשימוש בצילום אווירי לניטור רמת השיבוש בעשבים בשדה. צילום RGB (צילום רגיל בטווח האור הנראה) ברזולוציה גבוהה נעשה באמצעות מצלמה המותקנת על רחפן. בעונת 2012, הצילום נעשה בשלב מוקדם יחסית של העונה, לפני תחילת ההשקיה ובעונת 2013, הצילום נעשה בשלב מאוחר יותר, לקראת סגירת נוף. הצילומים מיועדים לקביעת אזורי ממשק לטיפול בעשבים ע"י חלוקת השטח לתאים וקביעת רמת השיבוש בכל תא. רמת השיבוש בכל תא נקבעה באופן ידני ובמקביל נותחו הצילומים במחשב באמצעות תוכנת MATLAB. בשלב הבא נבדקה ההתאמה בין העיבוד הממוחשב לבין התוצאות שנקבעו ידנית.

תוצאות

בניסויים בממשקי הדברה מוזלים שנערכו בעונות 2011 ו-2012, הושג חסכון של 20 עד 40 אחוז בעלויות הדברת העשבים. כל זאת ללא פגיעה ביעילות ההדברה וביבולים. בניסוי שדה בעונת 2013, נמצא כי מבין החומרים שנבדקו ב- PRE עם או בלי הצנעה, שימוש בפלורוכלורידון ופירוקסאסולפון נתן את התוצאות הטובות ביותר מבחינת הדברת העשבים, גם ללא טיפול בתכשיר נוסף קדם-זריעה. בחומרים אחרים כגון קלומזון ומטלואכלור, התקבלה גם כן הדברת עשבים טובה, אך נצפתה גם פגיעה בכותנה, בעיקר בשילוב עם טיפול קדם-זריעה.

בניסויים ליצירת מפת עשבים באמצעות חיישנים, נמצא כי ישנה היתכנות לקבלת מצב העשבים בכלל השדה ע"י סריקה של אזור מייצג בלבד, באזור שלוחת הטפטוף. עם זאת, לא נמצאה התאמה גבוהה בכל המקרים בין התוצאות מהסריקה לבין מצב השיבוש האמתי בשדה. ההתאמה הטובה יותר נמצאה במקרים של שיבוש גבוה, אך במקרים של שיבוש נמוך או שטח נקי מעשבים, לא היה דיוק בתוצאה המתקבלת.

בניתוח הצילומים שנעשו ע"י הרחפן, נמצאה התאמה גבוהה בין השיבוש שנקבע באופן ידני בתצפית חזותית (Observed) לבין זה הערך הצפוי המחושב (Predicted). בכ-68% מהמקרים, הערך הצפוי תאם את הערך האמתי.

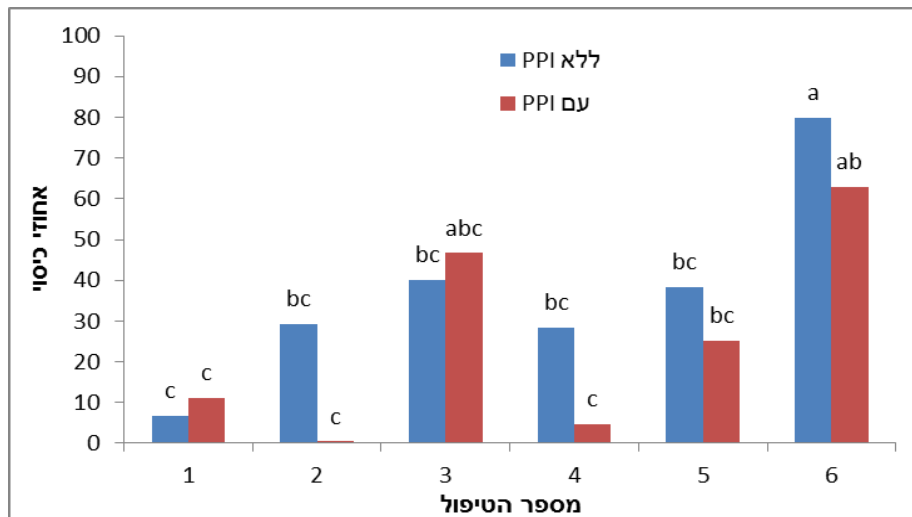
דיון

מהתוצאות שהתקבלו בניסויי השדה בעונות 2011 ו-2012, ניתן היה לראות כי לאורך רוב העונה היה יתרון לטיפול המשקי הרגיל מבחינת השיבוש בעשבים. יתרון זה קטן עם התקדמות העונה וסגירת הנוף. ובנוסף, אין פגיעה ביבולים גם ברמות שיבוש נמוכות. מניסוי השדה בעונת 2013, ניתן לראות (איור 2.1) כי שימוש בתכשירי קדם-הצצה, ללא טיפול קדם זריעה, יכול להביא להדברת עשבים טובה ולחסוך בעלויות ע"י הימנעות מיישום בהצנעה של תכשירי קדם-זריעה. עם זאת, הפעלת התכשירים נעשית באמצעות השקיית הנבטה, שלא ניתנת בכל המקרים ואצל כל המגדלים, אך במידה והיא מהווה חלק מן הממשק המקובל, ניתן לקחת אותה בחשבון.

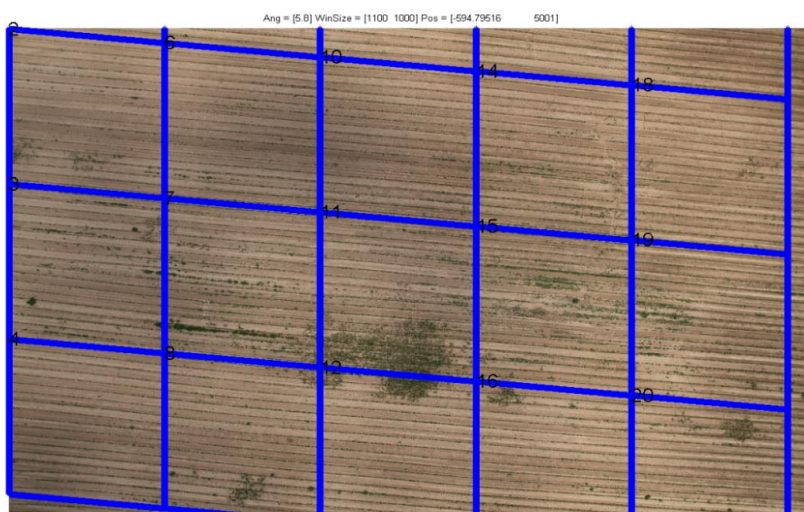
מסיכום של שתי העונות בהן נוסתה בניית מפת עשבים ע"י חישה של ערכי NDVI, עולה כי נדרשת עוד עבודה על מנת ליצור מערכת שתוכל לספק מידע אמין ברמת דיוק גבוהה, על מצב העשבים בשדה. השלב הבא בעבודה, הוא יצירת מפה דיגיטלית ליישום, ע"פ מיקום העשבים. יש לבחון האם יישום ע"פ מפה הוא אפשרי טכנית והאם הוא יביא לחסכון משמעותי בכמות ק"ע המיושמת.

בבחינת צילומים מהאוויר לצורך בניית מפת העשבים בשדה (איור 2.2), נמצא כי יש פוטנציאל גבוה למערכת כזו. עם זאת, עדיין דרושה עבודה רבה לצורך פיתוחה, אך נראה כי מערכת כזו יכולה להיות פשוטה ויעילה לצורך תכנון ממשק ההדברה.

מתוצאות שלוש עונות המחקר, עולה כי ניתן להקטין באופן משמעותי את עלויות הדברת העשבים ולצמצם את השימוש בק"ע. ניטור וטיפול בקטעים משובשים בלבד, ע"פ מיני העשבים ורמת השיבוש הספציפית בהם, יכול להקטין את עלויות ההדברה. ניטור כזה יכול להיעשות בעזרתן של טכנולוגיות חקלאות מדייקת, ולשם כך על הטכנולוגיות להיות פשוטות, אמינות וזולות.



איור 2.1: שיבוש בעשבים 69 ימים מזריעה, 4.6.13 (בית ניר 2013). טיפולים בעלי אות זהה לא נבדלים זה מזה באופן מובהק (ע"פ מבחן Student's t ברמת מובהקות $p=0.05$). הטיפולים (מינון בג'"/ד'): (1) פירוקסאסולפון (10). (2) פלורוכלורידון (250). (3) S-מטולאכלור (110). (4) S-מטולאכלור (200). (5) קלומאזון (150). (6) ללא טיפול. שיטת היישום בכל הטיפולים הייתה קדם הצצה (PRE). בכל טיפול היו שלוש חזרות שקיבלו טיפול קדם זריעה (PPI) של טריפלורלן ופלאואומטורון ושלוש חזרות ללא טיפול קדם זריעה.



איור 2.2: צילום אוויר (בית ניר 2012). השטח מחולק לתאים ורמת השיבוש נקבעה לכל תא בנפרד. התאים עשויים להוות אזורי ממשק לטיפול ממוקד בכתמי עשבייה.

3. תגובת זני כותנה למשטרי השקיה ומועדי זריעה שונים

חוקרים: ע. גורל, י. סרנגה וא. בוסק

רקע

כותנה היא צמח בלתי מסיים הצובר יכול לאורך זמן ממושך בו זמנית עם הצימוח הוגטטיבי. יכול הכותנה ואיכותו תלויים בשמירה על מאזן עדין בין הצימוח הרפרודוקטיבי לוגטטיבי. השקיה הינה הכלי החשוב ביותר העומד לרשות המגדל לשם ויסות הצימוח ולצורך קבלת יכול אופטימלי. בכדי להשרות גידול רפרודוקטיבי ולמנוע צימוח ווגטטיבי מופרז יש ליצור מחסור מסוים במים. אסטרטגיית השקיה זו, המכונה גם "השקיה גרעונית", מדגישה את הצורך בבקרה ובאופטימיזציה של משטר ההשקיה בכותנה. קיצור עונת הכותנה הנבחן בפרויקט הרב-תחומי במטרה לסייע בהתמודדות עם הלקטית ורודה, עשוי לפגוע ביכול הכותנה והגביל את יכולת החקלאי לתקן טעויות ולפצות על פגעים שונים. השפעת מועדי זריעה על היבול נחקרה בעבר בזני אקאלה (כותנת הרמות), אולם, תגובת זני פימה ומכלואים בין-מיניים (אקאלפי) המקובלים כיום בישראל אינה ידועה. לפיכך, היה צורך לבחון את השפעת מועד הזריעה על יכולי הכותנה בזנים המקובלים, וכן לבחון מחדש ולהתאים את משטרי השקיה לממשק המוצע.

מטרות:

מטרתו הראשית של המחקר היא לבחון את השפעת השינויים במועד הזריעה ובמשטרי ההשקיה על יכול ואיכות הכותנה בזנים השונים, לצורך כך נבחנו מספר מטרות משנה כלהלן:

- א. בחינת השפעת מועד הזריעה על יכול הכותנה ואיכותה בזנים השונים.
- ב. בחינת השפעות הגומלין בין כמות ההשקיה ומשך העונה על יכול הכותנה ואיכותה בזנים השונים.
- ג. השוואה בין מדדים מקובלים שונים לקביעת מנת ההשקיה.
- ד. אופטימיזציה של משטר ההשקיה וממשק הגידול בעונת גידול קצרה.

חומרים ושיטות:

בשנתיים הראשונות למחקר (2011-12) בוצעו במשק בני דרום שני ניסויי השקיה דומים במתכונת תלת גורמית שכללה: 2 זנים (פימה ואקאלפי), 2 מועדי זריעה (מוקדם ומאוחר) ו-2 משטרי השקיה (מלאה ומופחתת), סה"כ 8 טיפולים ב-6 חזרות. במהלך הניסוי נאספו נתוני גובה הצמח וקצב צימוח, פוטנציאל מים בעלה, כמויות השקיה מצטברות, מפרקים מעל פרח צהוב, יכול מצטבר, חומר יבש והתפלגותו, מיפוי צמחי, כמות יכול סופי ואיכותו.

בשנה השלישית למחקר בוצעה תצפית בקנה מידה מסחרי בשלושה משקים, גד"ש חפר, קבוצת יבנה וצבר קמה. בכל משק נבחרה חלקת ניסוי בגודל כ-100 דונם, מחצית החלקה נזרעה במועד מוקדם (מזרע מקובל) ומחצית במועד מאוחר. בחלקות אלה בוצע מעקב שבועי אחר התפתחות הצמחים בשיטה של מיפוי צמחי (גבה, מספר מפרקים ומצב אברי הפרי על כל ענף). בתחילת פתיחת הלקטים נדגמו צמחים לבדיקת חומר יבש והתפלגותו, ובעת הקטיף נבדק היבול ואיכותו. בנוסף, חלקות אלו שימשו למעקב אחר אוכלוסיות ההלקטית הוורודה.

תוצאות:

יכולי הכותן הגולמי כנגד מנות המים בהשקיה במהלך שתי שנות הניסויים מוצגים באיור 3.1. בעונת 2012 התקבלו יכולים נמוכים בכ-15% יחסית לעונת 2011, מגמה הנמצאת בהתאמה לרמות היבולים שהתקבלו

ברמה הכלל ארצית. מזרע מאוחר הוביל לפחיתה ביבול בשנת 2011 בשני הזנים ובשנת 2012 באקלפי בלבד. מגמה הפוכה נמצאה בפימה בשנת 2012, אולם יתכן שהדבר נבע מתקלה טכנית או מזג אוויר חריג שפגע במיוחד בפימה במזרע המוקדם. הפחתת השקיה הובילה בכל המקרים לפחיתה ביבול, אם כי בדרך כלל השפעה זו לא הראתה מובהקות סטטיסטית.

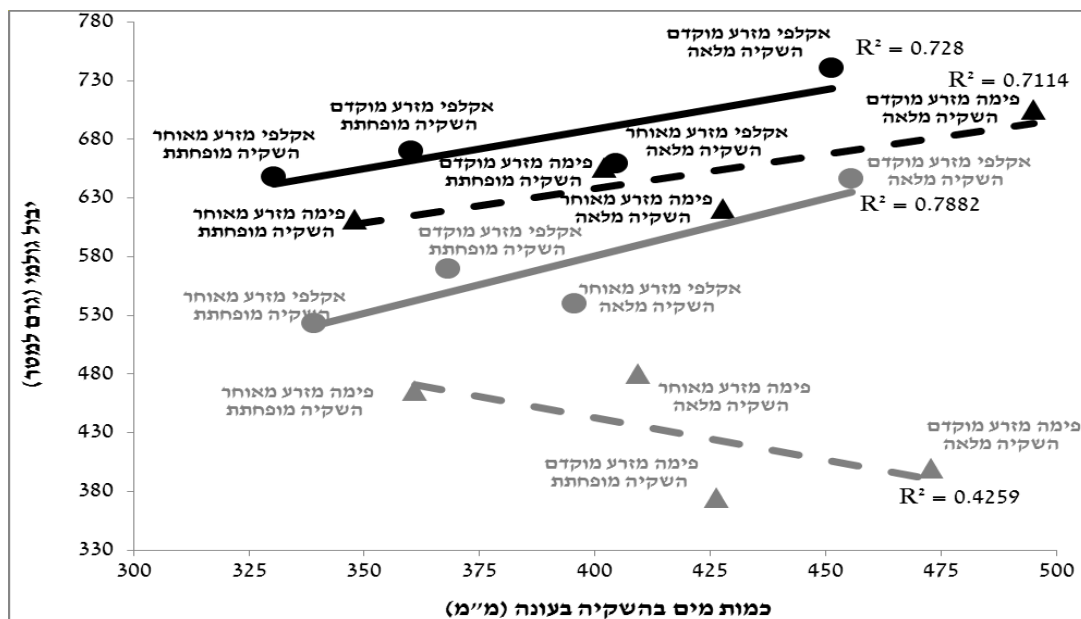
ההפרש במועדי הזריעה בין מועדי הזריעה היה בחלקות השונות 12-22 ימים והצטמצם 7-13 ימים במועד הופעת כפתורים (טבלה 3.1). גובה הצמח בתחילת פתיחת הלקטים, המעיד על ההתפתחות הוגטיבית, נטה בכיוונים מנוגדים בחלקות השונות ולא הראה קשר ישיר למנות המיים שיושמו בגידול. אולם למרות השוני בין החלקות בשלושתן הייתה ירידה ביבול במועד המאוחר בין 17 ו-25 ק"ג לדונם ביבנה וגד"ש חפר, בהתאמה, ועד כ-70 ק"ג לדונם בצבר קמה.

דיון ומסקנות

בניסויי ההשקיה, הפחתת מנת המים, בין במזרע מוקדם ובין במזרע מאוחר, פגעה ביבול באופן משמעותי אך לא מובהק סטטיסטית. דחיית מועד הזריעה בזן פימה, הראתה השפעות מנוגדות - פגיעה משמעותית ביבול בעונת 2011, ועדיפות ביבול בעונת 2012. לעומת זאת בזן אקלפי בשתי השנים דחיית הזריעה גרמה לפגיעה ביבול.

מניתוחי תוצאות ניטורי הצמחים הסקנו שהפחתת ההשקיה הקטינה ברוב המקרים את מספר ההלקטים הירוקים/קטנים שנותרו בשטח בסוף העונה, מאידך המזרע המאוחר הגדיל את כמות ההלקטים הירוקים/קטנים שנותרו בשטח. הלקטים אלה מספקים מקלט להלקטית הוורודה בסוף העונה ומכאן החשיבות של הקטנת מספרם.

מסיכום של שתי עונות הניסויים בבני דרום וחלקות התצפית בשלושה משקים ניתן להסיק כי מזרע מאוחר פוגע בדרך כלל ביבול הכותנה אולם במקרים מסוימים עשויה פגיעה זו להיות קטנה למדי. על סמך התוצאות שבידינו לא ניתן לקבוע בדיוק איחזה ממשק השקיה נדרש על מנת לצמצם למינימום את הפגיעה ביבול.



איור 3.1. הקשר בין יבול מנת מים בהשקיה ליבול כותן גולמי ב בזני פימה ואקלפי במזרע מוקדם ומאוחר, בני-דרום 2011-12.

טבלה 3.1. נתונים עיקריים של חלקות התצפית במזרע מוקדם ומאוחר, 2013.

| צבר קמה | קבוצת יבנה | גד"ש חפר | |
|-----------------------|------------|----------|-------------|
| מועדי זריעה | | | |
| 31/3 | 22/3 | 18/3 | מזרע מוקדם |
| 12/4 | 9/4 | 9/4 | מזרע מאוחר |
| 12 | 17 | 22 | הפרש (ימים) |
| מועדי הופעת כפתורים | | | |
| 22/5 | 16/5 | 16/5 | מזרע מוקדם |
| 29/5 | 23/5 | 29/5 | מזרע מאוחר |
| 7 | 7 | 13 | הפרש (ימים) |
| גבה הצמח (ס"מ) | | | |
| 144.6 | 145.0 | 154.3 | מזרע מוקדם |
| 136.6 | 149.7 | 163.5 | מזרע מאוחר |
| -8.0 | 4.7 | 9.2 | הפרש |
| מספר מפרקים | | | |
| 23.5 | 17.9 | 24.0 | מזרע מוקדם |
| 22.8 | 20.2 | 23.8 | מזרע מאוחר |
| -0.7 | 2.3 | -0.2 | הפרש |
| כמות מים (מ"מ) | | | |
| 467 | 488 | 400 | מזרע מוקדם |
| 455 | 428 | 450 | מזרע מאוחר |
| -12 | -60 | 50 | הפרש |
| יבול כותן (ק"ג לדונם) | | | |
| 611 | 787 | 518 | מזרע מוקדם |
| 538 | 770 | 493 | מזרע מאוחר |
| -73 | -17 | -25 | הפרש |

4. מיפוי מצב מים בכותנה באמצעות צילומים תרמיים מוטסים

חוקרים: א. רוזנברג, י. כהן, ו. אלחנתי, א. בוסק, י. סרנגה

מבוא

בקרת השקיה, הינה כלי חיוני ליישום נכון ויעיל של מצב המים בשדה. נכון להיום, כל השיטות הזמינות למדידת מצב המים בצמח מבוססות על מדידת נקודות מדגמיות בשדה ללא התחשבות בשונות המרחבית. מחקרים בעולם ובארץ הראו כי צילומים תרמיים מספקים את תמונת השונות המרחבית של מצב המים בשדה בגידולים שונים והם בעלי פוטנציאל לשיפור ממשק ההשקיה באמצעות ייצוג טוב יותר של מצב המים בשדה כולו ובאמצעות השקיה משתנה במרחב. במחקר קודם שבוצע בארץ בשדות כותנה (סלע, 2007) פותח ותוקף מודל להערכה ולמיפוי פוטנציאל מים בעלה (פמ"ע) בצמחי כותנה באמצעות צילומים תרמיים קרקעיים ומוטסים. לצורך יישום גישה זו בבקרת השקיה, חסרים היו עדיין שלושה רכיבים חיוניים: אפיון רפרנס (Twet) לניתוח יעיל של צילומים מוטסים, פיתוח מדדים להכוונת השקיה בהסתמך על השונות המרחבית של מצב המים ובחינת יעילות השקיה באמצעות מפות פמ"ע המבוססות על צילומי אוויר תרמיים.

מטרות המחקר

אפיון הרפרנס המתאים לחישוב מדד העקה התרמי על בסיס צילומים תרמיים מוטסים, פיתוח הליכי ניתוח חצי-אוטומטיים למיפוי מצב המים (על מנת לספק מפות בטווח זמן של עד יומיים מהצילום) והערכת יעילות ההשקיה המונחית על פי מפות מצב המים.

שיטות

אפיון רפרנס יעיל וישים לחישוב מדד העקה (2011-12): בשנה א' (2011) בתוך חלקה מסחרית של בני דרום הועמד ניסוי תלת גורמי: 2 זנים (אקלפי ופימה), 2 טיפולי השקיה (רגיל ובחוסר) ו-2 מועדי זריעה (מקובל ומאוחר), בסה"כ 8 טיפולים ב-6 חזרות. צילומים תרמיים מוטסים מעל חלקת ניסוי ומעל חלקות מסחריות בבני-דרום, ברבדים וביבנה בוצעו בתאריכים 10/07/11, 27/07/11, ו-18/08/11. במקביל נמדדו ערכי פמ"ע ב-4-6 צמחים ב-2-3 חזרות מכל טיפול בחלקת הניסוי וכן במספר צמחים מחלקות מסחריות. נבחנו ארבעה סוגי רפרנסים: מלאכותי, תיאורטי, צמחי וסטטיסטי.

בנוסף על-כך, פותחו הליכים חצי-אוטומטיים בסביבת Matlab לחישוב CWSI על בסיס הרפרנסים השונים ולאחר מכן חושב הפמ"ע תוך שימוש במודל שפותח בעבודתו של (סלע, 2007), הממיר ערכי ה-

$$CWSI \text{ לערכי פמ"ע ומוצג במשוואה 1: } LWP = -1.76CWSI - 1.27$$

הצילומים המנותחים הועברו אח"כ לסביבת ArcGIS לצורך הפקת מפות פוטנציאל מים בעלה לאפיון השונות המרחבית ולהשוואה עם מדידות שבוצעו על-ידי החקלאי בנקודות נבחרות.

בשנה ב' (2012) הועמד ניסוי השקיה בדומה לזה שהועמד בשנת 2011 ובוצעו שלושה צילומים במהלך תקופת מילוי ההלקטים. לצערנו בדיעבד נמצא שהמצלמה התרמית באמצעותה בוצעו הצילומים מעל חלקות ניסוי וחלקות מסחריות לא כוילה כנדרש. כתוצאה מכך, טמפרטורת הכותנה המוצגת בתמונה אינה נכונה ולא היה ניתן לחלץ מהנתונים את מדד העקה התרמי ואת הפמ"ע.

השוואה בין השקיה רגילה להשקיה לפי צילומים תרמיים (2013): בתוך חלקה מסחרית של כותנה מזן אקלפי בגבעת ברנר הועמד ניסוי השקיה. במסגרת הניסוי יושמו שני טיפולי השקיה עיקריים: ממשק השקיה משקי על פי מדידות של פמ"ע באמצעות תא לחץ פעמיים בשבוע (טיפול 1) וממשק השקיה משקי

על-פי אמדן של פמ"ע מתוך צילומים תרמיים שבועיים (טיפול 2). בנוסף הועמדו שני טיפולים נוספים: ממשקה השקיה בעודף (טיפול 3) וממשק השקיה בחסר (טיפול 4) על-פי אמדן של פמ"ע מתוך צילומים תרמיים שבועיים. הסיבה להעמדת טיפולי העודף והחסר היא לתקן את יכולת המודל המקשר בין מדד העקה התרמי (CWSI) לבין פוטנציאל המים בעלה לתיקון ההשקיה בתנאי השקיה קיצוניים השונים משיטת ההשקיה המקובלת. הניסוי הוצב בבולקים בשש חזרות, כל יחידת ניסוי בגודל 18×19 מ'. בתקופת מילוי ההלקטים, בוצעו 4 צילומים תרמיים קרקעיים (אלכסוניים) בתאריכים 04/08/13, 11/08/13, 18/08/13 וב- 25/08/13. ובנוסף, בתאריך 11/08/13 נערך צילום תרמי מוטס. בכל שבוע, מיד לאחר ביצוע הצילומים התרמיים, חושבו ערכי מדד העקה התרמי וערכי פמ"ע ממוצעים לטיפולים 4-2. על פי אמדני הפמ"ע המחושבים נקבעה ההשקיה השבועית לכל טיפול כאשר טיפול 1 הושקה לפי מדידות ישירות של תא-לחץ פעמיים בשבוע. בסיום העונה נערכה השוואה בין כמויות המים, משקלי היבול, איכות היבול ויבול הסיבים בין הטיפולים השונים.

תוצאות

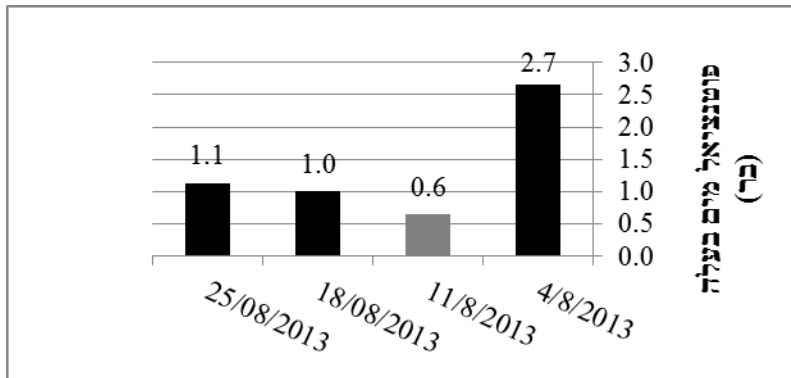
אפיון הרפרנס יעיל וישים לחישוב מדד העקה (2011): בבחינת הרפרנס המתאים ביותר לזיהוי מצב המים על ידי צילום תרמי מוטס נמצא כי תוצאות הרפרנס הסטטיסטי בזן האקלפי מעידות על קשר טוב ($R^2=0.7$) ללא הערכת יתר. היכולת להשתמש ברפרנס סטטיסטי פותחת את הפתח לאוטומטיזציה של תהליך הפקת מפות הפמ"ע משדות מסחריים.

השוואה בין השקיה רגילה להשקיה לפי צילומים תרמיים (2013): בבחינת שגיאות התקן בין פמ"ע מדוד למחושב בכל אחד מארבעת ימי הצילום התרמי התקבלו שגיאות תקן (SE) הנעות בין 0.6 ל-2.7 בר. במודל הכיול המקשר בין מדד העקה התרמי (CWSI) לבין פמ"ע נמצאה שגיאת תקן ממוצעת של 2.6 בר ולכן כל התוצאות שהתקבלו בכל אחד מימי הצילום הן תוצאות תקינות. יש לציין, כי התוצאה הטובה ביותר התקבלה מהצילום המוטס היחיד שנערך בשנה זו (איור 4.1). איורים 4.2 ו-4.3 מציגים את כמויות ההשקיה ויבולי הכותנה הגולמית בטיפולים. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים במשקלי היבול אך בהשוואת שני טיפולי ההשקיה של 100% נמצא יתרון קל (10 ק"ג/ד') , לא מובהק, להשקיה לפי הצילומים התרמיים. מדדי האיכות שהתקבלו מהניפוט הראו תוצאות תקינות, במיון הידני, שני טיפולי ההשקיה המשקיים (טיפול 1 ו-2) קיבלו ערך זהה של 38.3. הטיפול בעודף (טיפול 3) קיבל ערך מעט נמוך - 35. ואילו הטיפול בחסר (טיפול 4) קיבל כפוי את הערך הנמוך ביותר - 31.7.

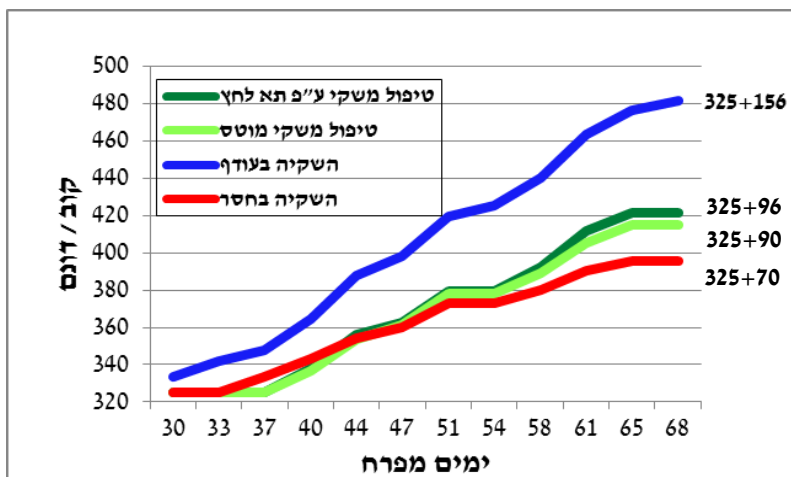
באיור 4.4 מוצגת מפת פוטנציאל המים בעלה בחלקת הניסוי שחושבה מתוך צילום תרמי מוטס. במפה זו, נקבעה טמפרטורת ה-Twet לחישוב מדד העקה התרמי על בסיס אזור בתוך חלקת הניסוי שהיה מוצף ולכן הונח שהוא מייצג עלים המאדים באופן חופשי. לאחר חישוב ה-CWSI, חושבו ערכי פוטנציאל המים באמצעות הצבה במודל ההמרה (משוואה 1).

באיור 4.5 מוצגת מפת פוטנציאל המים בעלה בשדה המסחרי בגבעת ברנר שחושבה מתוך צילום תרמי מוטס. במפה זו, נקבעה טמפרטורת ה-Twet לחישוב מדד העקה התרמי על בסיס הרפרנס הסטטיסטי (טמפרטורה ממוצעת של 5% הפיקסלים בעלי הטמפרטורה הנמוכה ביותר).

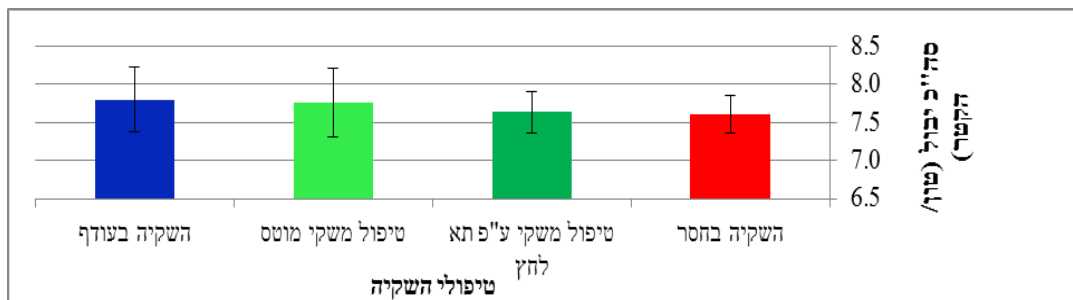
האפשרות להנהיג השקיה על-פי ערכי פמ"ע מחושבים על-בסיס צילומים תרמיים פותחת פתח לייעול השימוש במים בכותנה בשטחים נרחבים. בעתיד, יש לתקן ממצאים אלו בניסויים חצי-מסחריים.



איור 4.1: שגיאות התקן של פוטנציאל מים בעלה מחושב ביחס לפוטנציאל מים בעלה מדוד בכל אחד מימי הצילום. חישוב הפמ"ע מתבסס על חישוב של מדד העקה כאשר טמפי הרפרנס (Twet) היא טמפי של אזור המושקה בעודף. בחירה של אזור מושקה בעודף כתחליף לרפרנס סטטיסטי נבעה מהעובדה שרפרנס סטטיסטי מתאים כאשר הצילום מכסה שטח גדול כמו זה המתקבל בצילום מוטס ואילו בשנה זו (2013) בוצעו צילומים אלכסוניים ורק ב- 11/08/2013 בוצע צילום מוטס (מסומן באפור). יש לציין שהתוצאות שהתקבלו מהצילום המוטס היו הטובות ביותר.

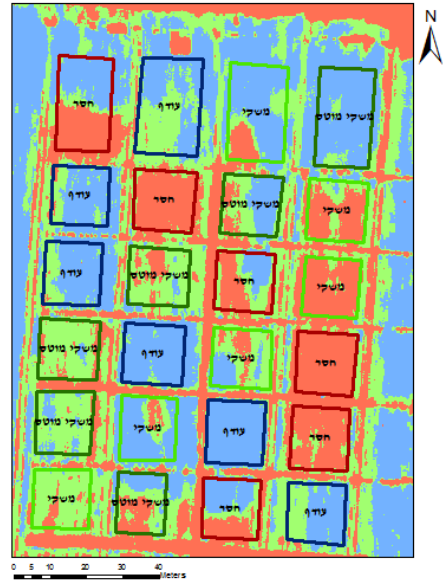


איור 4.2: השקיה מצטברת מתחילת העונה. פיצול ההשקיה בוצע בתאריך 21/07/2013. עד אז, הושקה השדה באופן אחיד ב- 325 קוב לדונם.

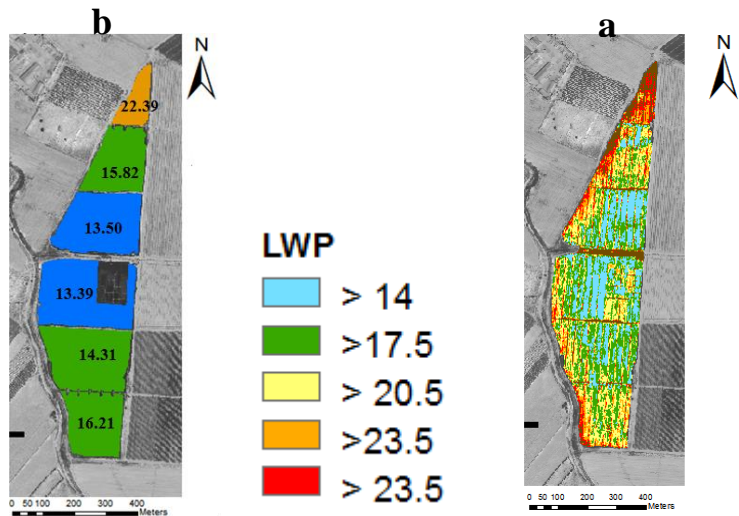


איור 4.3: יבול ממוצע לטיפול בטון / הקטר.

פוטנציאל מים בעלה



איור 4.4: מפת פוטנציאל המים המחושב מצילום מוטס בחלקת הניסוי מתאריך 11/08/2013 ישנה התאמה טובה בין הטיפולים ובין פמ"ע המחושב. ברב החזרות של ההשקיה בעודף נמצאו ערכי פמ"ע נמוכים וברב חזרות ההשקיה בחוסר נמצאו ערכי פמ"ע גבוהים.



איור 4.5: מפות פוטנציאל המים המחושב של השדה המסחרי בגבעת ברנר. פוטנציאל מים מחושב לכל פיקסל (מימין) ופוטנציאל מים ממוצע לפי טאקט השקיה (משמאל).

5. טיוב קרקע בגישה של חקלאות מדייקת

חוקרים: א. בוסק, י. כהן, ו. אלחנתי

רקע:

כתמי קרקע מסוגים שונים, בעיקר כתמי חול, נמצאו כמשפיעים על יבולי הכותנה. כך למשל נמצאה בעבר בחלקה בצבר קמה, המאופיינת ב"כתמי חול", ירידת יבול בשיעור של 16-17 אחוז בכתמים בהשוואה ל"קרקע המצויה" בשטח, כאשר האיתור בוצע בעזרת צילומי אוויר. טיפולי בוצה סוג ב', במינון של 2.5 טון/ד' חומר יבש, שיושמו בממוקד בכתמים החוליים, בהם סבל הצמח מפיגור בהתפתחות, הביאו לתוספות יבול של כ 13% באותם כתמים. מנגד לא נמצאה תגובה לטיפול הבוצה ב"קרקע המצויה". בעבודה זו לא בחנו את הערך הדישוני של הזבל המוסף לשדה, אלא התרכזנו בשאלה האם תוספת חומר זה, בשדות בהם הדישון בוצע כמקובל בממשק מסחרי, עשויה לשפר את יבול הכותנה. בחרנו חלקות בהן ניתן להבחין, מצילומי אוויר ומהסתכלות בשדה, בכתמי קרקע ובשונות גבוהה. לשם כך בחרנו לפזר את זבל ברצועות שביניהם רצועות בקורת. היתרון בשיטה הוא שימוש בשיטות פזור מסחריות, הניתנות ליישום מיידי בשדה. חסרון השיטה נעוץ בכך שבחלק מהמקרים, כתמי הקרקע אינם מפוזרים לכל אורך הרצועות, כך שהשיפור, אם אכן קיים כזה, עשוי להימצא קטן יותר בהשוואה לטיפול בכתמים בלבד.

חומרים ושיטות:

בשלוש השנים בעבודה זו התבססו הטפולים על חומר הנקרא "אקוסויל" שהוא תוצר של ייצוב בוצת מט"ש בית שמש בסיד. בטפולים החומר פוזר ברצועות שרוחבן נע בין 18-24 מטר לאורך כמה מאות מטרים. מאפייני ה"אקוסויל", שמשקלו הנפחי כ 1 ק"ג/גולטר, מפורטים בטבלה מס' 5.1.

טבלה 5.1. הרכב של בוצה מיוצבת בסיד, "אקוסויל", ממט"ש בית שמש.

| מרכיב | Units | avg | מרכיב | Units | avg |
|-------------------|-------|-------|----------|-------|---------|
| אחוז חומר יבש | % | 76 | pH (1:5) | | 12.7 |
| אחוז אפר (מ-) | % | 91 | EC (1:5) | | 9.9 |
| TC | % | 12.9 | B | mg/kg | 11.6 |
| TOC | % | 3.53 | Ca | mg/kg | 229,809 |
| TN | % | 0.51 | Fe | mg/kg | 4,018 |
| C/N | | 7.1 | K | mg/kg | 6,404 |
| N-NH ₄ | mg/kg | 125 | Mg | mg/kg | 77,397 |
| N-NO ₃ | mg/kg | 7.6 | Na | mg/kg | 1,903 |
| total P | mg/kg | 1,244 | Zn | mg/kg | 91 |
| P-PO ₄ | mg/kg | 234 | | | |

עונת 2011 - בחלקה 27 בצבר-קמה, בצידה הצפון מזרחי, פוזר החומר ב 8/2/2011 ב 2 רצועות ברוחב של 20 מטר כ"א ובאורך של כ 400 מטר. במינון של 4.9 מ"ק/ד'. גם ביבנה בחלקה 22 פוזרו 2 רצועות ברוחב

ואורך דומה במינון של 2.8 מ"ק"ד'. הפזור בוצע ב 26/4/2011 לאחר קציר חיטה לתחמיץ ולפני זריעת הכותנה כגידול שני.

עונת 2012 – בעונה זו הוחלט להגדיל את מינון ה"אקוסויל" לכמות של 20 מ"ק"ד'. החלטנו להתרכז בבחינת השפעת החומר בחלקות בהן קיימים כתמי קרקע חולית/קלה. הפזור בוצע ב 2 חלקות: בחלקה הדרום מערבי של חלקה 27 ברבדים, וביבנה בחלקה 35. בכל חלקה פוזרו 2 רצועות ברוחב 20 מטר ובאורך של כ 200 מטר.

עונת 2013 – גם בעונה זו מינון האקוסויל היה 20 מ"ק"ד'. בנען בחלקת "שניידר", המושקית בקו-נע, פוזרו 5 רצועות ברוחב 18 מטר ובאורך של כ 400 מטר. ביסודות בחלקה "רמת רחל ב' " פוזר החומר ברצועות ברוחב של 18 מטר ואורך של 225 מטר. ההרכב המכני המאפיין את הקרקע בחלקות הנסוי מפורט בטבלה 5.2.

בשנים 2011 ו 2012 נעשה שימוש בהדמאות לוויין ובצילום טרמי מגובה נמוך במהלך העונה כדי לנסות לאתר הבדלים במאפייני הצמח, ברצועות המטופלות לעומת רצועות הבקורת. ב 3 השנים היבול נקבע בקטיף של קטפת מסחרית לערימות או לגלילים.

טבלה 5.2. ההרכב המכני של הקרקע בנסויי 2012 ו 2013.

| חרסית % | חרסית % | סילט % | סילט % | חרסית % | חרסית % | |
|---------|---------|--------|---------|---------|---------|--------------|
| 0 - 30 | 30 - 60 | 0 - 30 | 30 - 60 | 0 - 30 | 30 - 60 | משק - שנה |
| 23.5 | 25.5 | 14.5 | 13.5 | 62 | 61 | יבנה 2012 |
| 40 | 38 | 33.9 | 34.9 | 26.1 | 27.1 | צבר קמה 2012 |
| 31.6 | 30.6 | 29.16 | 27.8 | 39.24 | 41.6 | נען 2013 |
| 46 | 46.4 | 40 | 39.6 | 14 | 14 | יסודות 2013 |

תוצאות ודין:

השפעת הטפולים ב 3 השנים על יבולי הכותנה: יבולי כותנה עונת 2011 : בנסויים ההקדמיים שבוצעו בעונת 2011 בהם יושמו 2.8 מ"ק"ד' ביבנה, ו - 4.8 מ"ק"ד' בצבר קמה, נמצאו תוספות יבול בשעור של 5.5% ו 3.4%, בהתאמה (טבלה 5.3). הדמאות הלוויין וצולם תרמי מגובה נמוך לא הצליחו לזהות השפעה של הטיפולים על מופע הצמחים.

יבולי כותנה 2012 : היבול הממוצע בחלקה המסחרית ביבנה היה זהה ליבול בנסוי, היבול היה נמוך מאוד ביחס ליבולים המקובלים ביבנה. אך אופייני ליבולי הפימה באזור חוף אשדוד, שסבלו באותה שנה ממשקל הלקט נמוך. היבול הממוצע בחלקה 27 בצבר קמה עמד על 510 ק"ג"ד'. אזור הניסוי מאופיין ברמת "חוליות" גבוהה והיבול הצפוי נמוך יותר. הבדיקה מלמדת שהטפול באקוסויל העלה את היבול ב 10% (טבלה 5.3).

יבולי כותנה 2013 : קביעת היבול הגולמי בנען מתבססת על 5 חזרות. אין יתרון לטפול בהשוואה לבקורת. היבול בנען מתון. חלקת הקו-נע סבלה מנגר של מי ההשקייה ומחוסר אחידות בהתפתחות הצמח. ביסודות התוצאות מתבססות על 2 חזרות בלבד ומתן עולה שהיבול בטפול גבוה ב 7.1% מהבקורת (טבלה 5.3). מעניין שגם בשנה זו התגובה החיובית לטפול התקבלה דווקא בשדה בו היבול שהתקבל היה גבוה יותר. השפעת הטפולים על מאפייני הקרקע: לקראת סיום ההשקייה בטיפטוף ב- 2012-13 נערכו בדיקות קרקע בחלקות, במרווח שבין הצמחים לטפטפת. ב 2012 נמצא בבדיקות הקרקע, ב 2 החלקות, שהטפול העלה

את רמת המוליכות החשמלית בקרקע, את רמת החנקן והזרחן ואת אחוז החומר האורגני (טבלה 5.4). רמת האשלגן בטפול עולה על הבקורת בצבר-קמה בלבד. ב 2013 נמצא שהשפעת הטפולים דומה מאוד לזו שנמצאה ב 2012. הטפולים העלו את רמת הזרחן, האשלגן ואת המוליכות החשמלית, בעקר ב שכבה 0-30 ס"מ (טבלה 5.5). רמת החנקן החנקתי גבוהה ב 2 השכבות. רק בנען נמצאה עליה באחוז החומר האורגני. השפעת הטפולים שניתנו לקראת זריעת כותנה על הגידול הבא. בשתי החלקות, ביבנה ובצבר-קמה, נזרעה חיטה בסתיו, לאחר הכותנה שגדלה ב 2012. החיטה קבלה דישון מסחרי. בחלקות אלה נדגמו צמחי חיטה ב 26 לינואר 2013, כדי לעמוד על ההשפעה הכוללת של הטפולים שניתנו לפני הכותנה. ניתן לראות שבצבר קמה וביבנה האפקט הכולל של הטפול באקוסויל, על החיטה, חיובי. הטפול הביא לתוספת יבול חומר יבש בשעור של 21.8% ו 12.5%, בהתאמה (טבלה 5.6).

סכום ומסקנות:

ההשפעה הממוצעת של הטפול ב 2011, בה יושם החומר במינון נמוך ביחס לשנים הבאות, מלמדת על תוספת יבול ממוצעת של 4.5 אחוז. ב 4 החלקות בהן יושם האקוסויל במינון גבוה של 20 מ"ק"ד' בשנים 2012 ו 2013 תוספת היבול הממוצעת עומדת על 4.65%. אך תוספות יבול משמעותית יותר, התקבלה דווקא בחלקות בהן היבול הממוצע היה גבוה יותר. בחלקות אלה היבול בטפול גדל בשעור של 8.5% בהשוואה לבקורת. בצבר קמה 2012 מוקם הניסוי כולו על כתם חולי. ביסודות 2013 עמד הניסוי בחלקה המאופיינת בכתמי הקרקע לא אחידים. את העובדה שלא התקבלה כל תגובה לטפולים ביבנה 2012 ניתן אולי ליחס לתנאי אקלים שפגעו במשקל הלפט בודד והגבילו את היבול האפשרי, בעקר בפנימה בתת אזור זה. גם בנען 2013, נראה שקשיים בהשקיה הגבילו את פוטנציאל היבול. אמצעי החישה מרחוק שבדקנו לא אפשרו לאבחן הבדלים בהתפתחות הצמח בטפול לעומת הביקורת. במחירי הכותנה כיום, עלייה של 5% ביבול משמעותית תוספת הכנסה של כ 140 ש"ד'. בדיקות הקרקע ב 2012 וב 2013 מצביעות על עליה ברמת החנקן החנקתי, הזרחן ובדרך כלל גם ברמת האשלגן ואחוז החומר האורגני בטפול מול הבקורת. מנגד הטפול גם מעלה את מליחות הקרקע. בחינת ההשפעה השיורית הכוללת של האקוסויל, על חיטה, כגידול הבא במחזור לאחר הכותנה, מלמדת שהטפול העלה את כמות החומר היבש, של החיטה במועד הבדיקה, בהשוואה לבקורת בשעור ממוצע של 17%. נראה שבנוסף להשפעה על היבול, השימוש באקוסויל יכול להחליף או להקטין את הדישון הכימי של הכותנה. עלות הדישון הכימי של הכותנה כיום כ 100-150 ש"ד'. למדנו שהחומר שיושם לפני זריעת הכותנה, מוסיף יסודות הזנה גם לגידולים שיזרעו אחריה.

טבלה 5.3. היבול הגולמי של כותנה בנסויי 2011, 2012, 2013.

| משק - שנה | יבול טפול (ק"ג"ד') | יבול בקורת (ק"ג"ד') | תוספת יבול בטפול ב % |
|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| יבנה 2011 | 625 | 592 | 5.5 |
| צבר קמה 2011 | 750 | 725 | 3.4 |
| יבנה 2012 | 460 | 460 | 0 |
| צבר קמה 2012 | 522 | 474 | 10.1 |
| נען 2013 | 553 | 545 | 1.5 |
| יסודות 2013 | 662 | 618 | 7.1 |
| ממוצע 2011-13 | 595 | 569 | 4.6 |

טבלה 5.4. בדיקות קרקע ביבנה וצבר קמה בסיום השקיית הכותנה ב 2012.

| צבר קמה בקורת | צבר קמה טפול | צבר קמה בקורת | צבר קמה טפול | יבנה בקורת | יבנה טפול | יבנה בקורת | יבנה טפול | |
|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------------|
| 30-60 | 30-60 | 0-30 | 0-30 | 30-60 | 30-60 | 0-30 | 0-30 | שכבה (ס"מ) |
| 8.29 | 8.19 | 7.96 | 8.04 | 8.04 | 7.95 | 7.76 | 7.68 | pH |
| 2.4 | 4.57 | 3.55 | 4.26 | 2.32 | 3.40 | 2.48 | 5.23 | EC |
| 10.59 | 64.16 | 54.67 | 120.8 | 16.65 | 45.08 | 25.36 | 122.97 | N-NO3 (mg/kg) |
| 8.1 | 20.8 | 13.67 | 37.38 | 5.44 | 11.80 | 7.95 | 15.76 | P Olsen (mg/kg) |
| 46.38 | 110.82 | 81.58 | 341.34 | 67.17 | 76.81 | 97.58 | 95.09 | K cacl2 (mg/kg) |
| | | 0.805 | 1.02 | | | 0.695 | 0.845 | חומר אורגני (%) |

טבלה 5.5. בדיקות קרקע בנען וביסודות בסיום השקיית הכותנה ב 2013.

| יסודות בקורת | יסודות טפול | יסודות בקורת | יסודות טפול | נען בקורת | נען טפול | נען בקורת | נען טפול | עונת 2013 |
|--------------|-------------|--------------|-------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------------|
| 30-60 | 30-60 | 0-30 | 0-30 | 30-60 | 30-60 | 0-30 | 0-30 | שכבה (ס"מ) |
| 8.02 | 7.89 | 7.90 | 7.86 | 8.06 | 8.10 | 8.01 | 7.75 | pH |
| 2.43 | 2.84 | 2.46 | 3.79 | 2.00 | 2.19 | 2.11 | 4.00 | EC |
| 29.1 | 37.4 | 31.3 | 77.1 | 9.60 | 34.80 | 10.80 | 67.30 | N-NO3 (mg/kg) |
| 6.2 | 7.2 | 6.6 | 14.9 | 9.50 | 15.30 | 10.80 | 19.70 | P Olsen (mg/kg) |
| 70 | 81 | 80 | 103 | 45.30 | 60.00 | 44.80 | 73.80 | K cacl2 (mg/kg) |
| | | 0.93 | 0.96 | | | 0.53 | 0.78 | חומר אורגני (%) |

טבלה 5.6. יבול חומר יבש בחיטה, שגודלה לאחר כותנה, בה יושם אקוסויל קודם הזריעה.

| צבר קמה | טפול (ק"ג ח"י"ד') | בקורת (ק"ג ח"י"ד') | תוספת יבול בטפול % |
|---------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 261 | 214 | 21.8 | |
| 128 | 114 | 12.5 | |

רקע ומטרות המחקר

בניגוד למצב ששרר בעבר, בו הכותנה שלטה בגידולי השדה בישראל והתבקש לבצע עבורה ניתוח ייחודי, הרי שכיום הכותנה הינה מרכיב בינוני ולעיתים קטן בסל הגד"ש ברמת המשק. מכאן, שמתבקש לנתח כלכלית את סל הגידולים הכולל ובתוכו הכותנה כחלק ממחזור הגידולים. מחזורי גידולים ידועים כבעלי יתרונות אגרונומיים. התועלת הישירה של מחזורי גידולים מתבטאת בגידול ביבולים ובהפחתת העלויות הנדרשות להדברת עשבייה, מחלות קרקע וצמח וחרקים מזיקים. לפיכך, מחזורי גידולים מפחיתים את התלות בתשומות חיצוניות בחקלאות ואת העלות הכרוכה ביישומם. התועלת העקיפה מתבטאת בהפחתה בזיהום הסביבתי.

מחזורי גידולים הכוללים כותנה נחקרו בהקשרים שונים באמצעות ניסויי שדה. נושאי המחקר כללו אפיון השפעות המחזור על מאפייני הקרקע, קיבוע חנקן, דישון, הדברה ויבולים (Zentner et al., 2002; Hullugale and Scott, 1998; Colbach and Debeake, 1998; Constable et al., 1992). הסיקו על סמך ניסויים שנערכו באוסטרליה כי מחזור גידולים הכולל כותנה-חיטה משפר את יבולי הכותנה ואת פוריות הקרקע. ואכן, מחזור של כותנה-גידולי דגן נהוג ב- 75% מגידולי הכותנה המסחריים באוסטרליה. מחקרים לגבי מחזורי גידול הכוללים כותנה-חיטה-בקיה אף מעידים על שיפור נוסף ברווחיות הכותנה (Rochester and Peoples, 2005).

מטרת מחקר זה היא לבחון האם באמצעות מחזורי גידולים ניתן להעלות את רווחיות גידול הכותנה, וכיצד גידול כותנה יכול להשתלב במחזור גידולים באופן המשיא את הרווח הרב שנתי המופק מכלל הגידולים המגודלים בחלקת שדה נתונה.

מחקרים כלכליים אשר עסקו במחזורי גידולים התבססו על שתי גישות ניתוח: (1) גישת התכנון המתמטי (El-Nazer and McCarl, 1986; Howitt, 1995) ו-(2) גישת הניתוח האקונומטרי (Wu and Babcock, 1998). בעוד מודלים של תכנון מתמטי עוסקים באופטימיזציה בהינתן מידע חיצוני על מאפייני המערכת (כגון השפעת מחזור גידולים על התפוקה), גישת הניתוח האקונומטרי מאפשרת חקר של מאפייני המערכת עצמה. כיוון שמטרתנו היא לבחון את משמעות מחזור הגידולים מבחינת רווחיות הכותנה, מחקר זה מתבסס על הגישה האקונומטרית. בכדי לבצע מחקר השוואתי של חלופות למחזורי הגידולים, הכרחי לזהות שינויים ביבול ואת הבדלי העלויות הכרוכות בייצור, תוך התייחסות לנושאים כמו שינוי במספר השנים הנדרשות לסיים מחזור גידולים שלם והתכונות המשלימות שכל גידול מספק עבור הצלחה של גידול אחר במחזור. לצורך כך נדרש סט נתונים שגודלו חורג מזה הניתן לייצור במסגרת ניסויי שדה מבוקרים. לפיכך, מחקר זה מסתמך על נתוני ייצור חקלאי מסחריים שנאספו מחקלאים ברחבי ישראל ועל ניתוחם באמצעות כלי ניתוח אקונומטריים. יתרון השיטה הוא בכך שמדובר בניסוי טבעי, כלומר, ניצול של הייצור השגרתי של נתונים על ידי החקלאים בחלקות מסחריות, עם שונות בהתייחס לגורמים נצפים המשפיעים על התפוקה ועלויות הייצור (זול בהשוואה לעריכת ניסויים מבוקרים). החיסרון טמון בכך שקשה יותר לבדוד את השפעתו הבלעדית של כל גורם בהשוואה לניסויי שדה, שם מקפידים על אחידות בכלל תנאי הניסוי מלבד ההבדלים לגבי הגורמים הנבדקים. הנתונים נאספים על ידי סקר בקרב חקלאים הנבדלים אלו מאלו בהיבטים רבים, ולכן דרושות תצפיות רבות על מנת לנטרל השפעה של שונות בין החקלאים בהתייחס לגורמים בלתי נצפים. התוצאות והמסקנות מניתוח נתונים אלו מחייבות גישה זהירה. למשל, נצפה לכך שהניתוח ישחזר השפעות הידועות היטב מניסויי שדה, כגון השפעת רמות

ההשקיה והדישון על היבולים. היה והניתוח אכן ישחזר ממצאים כאלו, הדבר יגביר את אמינות הממצאים לגבי גורמים אשר השפעתם טרם נבחנה על ידי ניסויי שדה מבוקרים, כמו למשל סוג גידול הכרב.

מתודולוגיה ונתונים

במסגרת המחקר נאספו נתוני פאנל לגבי 4,655 חלקות מ-19 מגדלים על פני השנים 1998-2013. הנתונים כוללים בין היתר את סוג הגידול והזן, היבול (ק"ג/דונם), השקיה, גשם עונתי, התאדות בעונת הגידול, מועדי זריעה וקציר, ריסוסים ודשן, עיבודי יסוד, בדיקות קרקע (NPK), שטח החלקה, האם היה דו-גידול וכן סוגי הגידולים בעונה הקודמת ובזו שלפניה. ענייננו הוא בניתוח השפעת סוגי הגידולים בעונות הגידול קודמות על היבול ועל עלויות הייצור בעונה נתונה. משוואת הרגרסייה לגבי היבול בעונה t כלשהי היא:

$$y_{it} = \alpha_1 x_{1it} + \dots + \alpha_n x_{nit} + u_i + v_t + \varepsilon_{it}$$

כאשר y_{it} מסמל את היבול לדונם אצל חקלאי i בשנה t , α_1 עד α_n אלו המקדמים של n המשתנים המסבירים את היבול, u_i מסמל את טעות האמידה התלויה בחקלאי אך לא בשנה, v_t היא הטעות התלויה בשנת הגידול אך לא בחקלאי, ו- ε_{it} היא הטעות התלויה בחקלאי ובשנת הגידול. האמידה נעשתה על בסיס גישת ה- fixed effects (הוספת משתני דמי לציון החקלאי והשנה) בכדי לקחת בחשבון את הטעויות u_i ו- v_t בהתאמה. בין המשתנים המסבירים נכללים גם סוג הגידול בעונה הקודמת ($t-1$) ובעונה שלפניה ($t-2$).

כאמור, הסקה סטטיסטית דורשת כמות מספקת של נתונים. על מנת לנתח את השפעת מחזור הגידולים על היבול של גידול כלשהו נדרש לבדוד את השפעת סוגי הגידולים שגודלו בעונות גידול קודמות (ב- $t-1$ וב- $t-2$) מהשפעתם של משתנים נוספים. ואולם, המידע לגבי המשתנים אינו שלם לגבי כל חלקות הגידול. מתוך כל חלקות הפאנל ב-1221 החלקות גודלה כותנה, מהן ל-588 חלקות ניתן לשייך את סוג הגידול שגודל בשתי העונות הקודמות לה, כמפורט בטבלה 6.1. משתנים מסבירים נוספים, כמות החלקות לגביהן הנתון קיים לגבי כל משתנה, וערכו הממוצע מתוארים בטבלה 6.2.

טבלה 6.1. התפלגות חלקות כותנה בהתאם לסוגי הגידולים שגודלו בשתי העונות הקודמות ($t-1$ ו- $t-2$).

| סה"כ | $t-2$ | | | | | | כותנה | $t-1$ |
|------|-------|--------|-----------|-------|--------|----------|-------|-----------|
| | אחר | קטניות | דגני חורף | ירקות | חמנייה | דגני קיץ | | |
| 153 | 9 | 15 | 21 | 8 | 30 | 26 | 44 | כותנה |
| 86 | 5 | 8 | 2 | 5 | 13 | 2 | 51 | דגני קיץ |
| 60 | 4 | 1 | 8 | 2 | 6 | 7 | 32 | חמנייה |
| 20 | 7 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 6 | ירקות |
| 113 | 30 | 18 | 4 | 5 | 21 | 4 | 31 | דגני חורף |
| 49 | 2 | 1 | 7 | 1 | 1 | 6 | 31 | קטניות |
| 107 | 72 | 3 | 8 | 1 | 6 | 7 | 10 | אחר |
| 588 | 129 | 46 | 52 | 25 | 77 | 54 | 205 | סה"כ |

תחת אילוץ מספר החלקות המצומצם, לא ניתן לאמוד את השפעת סוגי הגידולים בעונות קודמות על היבול תוך התייחסות לכל קומבינציות הגידולים (ב- $t-1$ וב- $t-2$) המפורטות בטבלה 6.1. לפיכך ביצענו ניתוחים תוך איחוד של קומבינציות גידול לקבוצות. טבלה 6.3 מציגה תוצאות רגרסיה בה הגורם המוסבר הוא סך

יכול הסיבים לדונם, ובין הגורמים המסבירים נכללות שלוש קבוצות של קומבינציות של גידולים: גידול אחר ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$; כותנה ב- $t-1$ וגידול אחר ב- $t-2$; כותנה ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$ (הקבוצה המושמטת היא גידול אחר ב- $t-1$ וגידול אחר ב- $t-2$). האמידה נעשתה באמצעות ארבעה מודלים הנבדלים ביניהם בדרך ההתייחסות להשקיה: מכיוון שרמת ההשקיה נקבעת על ידי החקלאים כתלות ברמת ההתאדות, ולשני משתנים אלו עשויה להיות גם השפעה נפרדת על היבול, בחנו את התוצאות תחת 4 דרכים בהן מוכללים שני משתנים אלו: השקיה פחות התאדות (מודל 1), השקיה והתאדות (מודל 2), השקיה בלבד (מודל 3) והתאדות בלבד (מודל 4). התוצאות אינן נבדלות משמעותית בין המודלים. טבלה 6.4 מציגה תוצאות רגרסיה בה נכללו תצפיות לגבי חלקות בהן גודל זן פימה בלבד.

טבלה 6.2. נתוני חלקות כותנה

| משתנה | תיאור | מספר חלקות | ממוצע |
|-------------------------|------------------------------------|------------|-------|
| יבול סיבים | ק"ג/דונם | 588 | 187 |
| יבול גולמי | ק"ג/דונם | 588 | 549 |
| השקיה | מ"ק/דונם-עונה | 588 | 454 |
| אידי (מחושב) | מ"מ יוני + יולי + אוגוסט | 585 | 532 |
| משקעים | מ"מ/שנה | 564 | 535 |
| מועד זריעה | ימים מראשון לינואר | 588 | 87 |
| משך גידול | ימים | 588 | 190 |
| שטח חלקה | דונם | 588 | 233 |
| אקלה | דמי | 588 | 0.18 |
| אקאלפי | דמי | 588 | 0.15 |
| פימה | דמי | 588 | 0.67 |
| עיבוד מקובל | דמי | 528 | 0.8 |
| מינימום עיבוד | דמי | 528 | 0.14 |
| לא עיבוד | דמי | 528 | 0.06 |
| דו גידול | דמי | 510 | 0.05 |
| זחל וורוד - מועד הופעה | מזריעה עד 10 ימים לפני ריסוס ראשון | 481 | 117 |
| זחל וורוד - תקופת אילוח | ימים מריסוס ראשון עד שילוך | 415 | 160 |
| הליוטיס - מועד הופעה | ימים מזריעה עד ריסוס ראשון | 448 | 74 |
| הליוטיס - תקופת אילוח | ימים מריסוס ראשון עד אחרון | 412 | 31 |
| עשביה טרום הצצה | מספר ריסוסים | 225 | 1.7 |
| עשביה לאחר הצצה | מספר ריסוסים | 225 | 1.8 |

על פי תוצאות אלו גידול כותנה בעונה הקודמת או בזו שלפניה מפחית את יבול הכותנה ביחס לגידול אחר בעונות קודמות. התוצאות עקביות מבחינת השפעת הכותנה: היבול גדול יותר ככל שהכותנה גודלה בעונה מוקדמת יותר ($t-2$) ובתדירות נמוכה יותר ביחס לגידול הכותנה בתקופה הנוכחית (t). אשר לשאר המשתנים, השפעותיהם תואמות את הציפיות (עובדה המעניקה יתר תוקף למשתנים לגביהם אין ציפיות ברורות, כמו מחזור הגידולים): להשקיה ולהתאדות השפעה חיובית, מספר ימי הגידול מעלה את היבול, דו-גידול מפחיתו (בזנים שאינם פימה - ראה טבלה 6.3 לעומת 6.4), משקל היבול של זן הפימה נמוך בהשוואה לזה של אקלה, ואילו האקלפי מניב יבול גבוה יותר.

איור 6.1 מציג תוצאות של רגרסיות שבכל אחת מהן נבחרה קומבינציית גידולים אחת בלבד מאלו המופיעות בטבלה 6.1, ושאר הקומבינציות אוחדו לקבוצה אחת, שהושמטה ברגרסיה; כלומר, כל עמודה באיור מציגה את השפעת הקומבינציה על היבול ביחס לממוצע של כל שאר הקומבינציות. באיור מדורגות הקומבינציות על פי השפעותיהן מהנמוך לגבוה, עם ציון של מספר החלקות שבכל קומבינציה. גם כאן ניכר כי גידול כותנה משך שלוש עונות רצופות מביאה להפחתת יבול. הקומבינציות שהניבו השפעות חיוביות

מובהקות סטטיסטית כוללות גידול של דגני חורף, דגני קיץ וירקות, אך מספר התצפיות בקומבינציות אלו נמוך. לעומת זאת, גידול דגני חורף ב- $t-1$ בשילוב עם כותנה ב- $t-2$ היא קומבינציה שהניבה השפעה חיובית כמעט מובהקת ב- 95%, והמבוססת על מספר תצפיות גדול. תוצאה זו מעידה על כך שגידול כותנה וחיטה במחזוריות תורמת ליבולי הכותנה, ומחזקת למעשה את הממצאים של Hullugale and Scott (2008) על בסיס ניסויים באוסטרליה.

טבלה 6.3. תוצאות אמידה של יבול סיבי כותנה (* ו- ** מציינים מובהקות ברמה של 10% ו- 5%, בהתאמה).

| מודל 4 | מודל 3 | מודל 2 | מודל 1 | יחידות | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|
| 486 | 507 | 483 | 483 | | מספר תצפיות |
| 30 | 31 | 31 | 30 | | מספר משתנים |
| 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.36 | | R^2 |
| | 0.04** | 0.04** | | מ"מ | השקיה |
| 0.22** | | 0.22** | | מ"מ | התאדות |
| | | | 0.02 | מ"מ | השקיה פחות התאדות |
| -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | דונם | גודל חלקה |
| 0.65** | 0.59** | 0.64** | 0.58** | ימים | ימי גידול |
| -10** | -11** | -10** | -12** | דמי | דו-גידול (ביחס לחד-גידול) |
| -15** | -17** | -18** | -15** | דמי | פימה (ביחס לאקלה) |
| 21** | 21** | 21** | 22** | דמי | אקלפי (ביחס לאקלה) |
| -4 | -5** | -5* | -4* | דמי | אחר ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$ |
| -7** | -9** | -8** | -8** | דמי | כותנה ב- $t-1$ ואחר ב- $t-2$ |
| -11** | -13** | -12** | -13** | דמי | כותנה ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$ |

טבלה 6.4. תוצאות אמידה של יבול סיבי כותנה - פימה בלבד (* ו- ** מציינים מובהקות ברמה של 10% ו- 5%, בהתאמה).

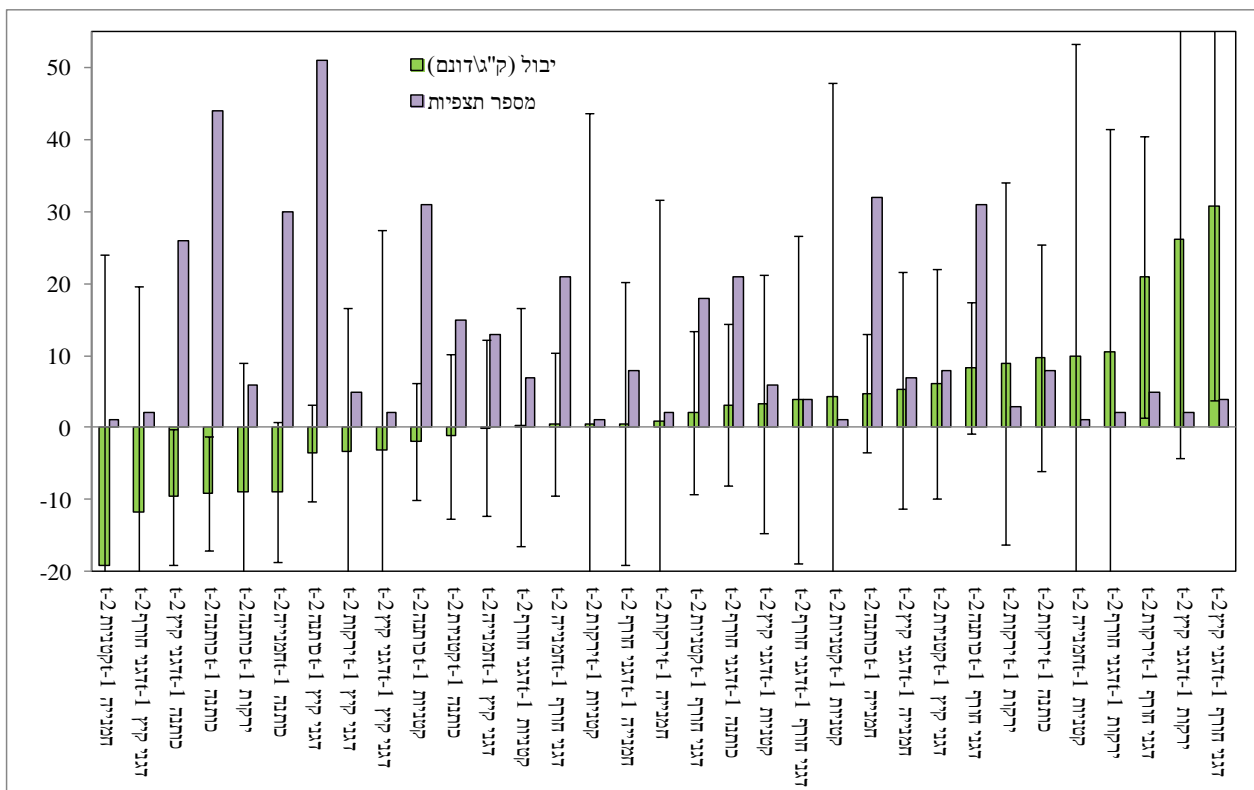
| מודל 4 | מודל 3 | מודל 2 | מודל 1 | יחידות | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|
| 366 | 363 | 363 | 363 | | מספר תצפיות |
| 28 | 28 | 29 | 28 | | מספר משתנים |
| 0.33 | 0.31 | 0.33 | 0.3 | | R^2 |
| | 0.05** | 0.05** | | מ"מ | השקיה |
| 0.21** | | 0.21** | | מ"מ | התאדות |
| | | | 0.02 | מ"מ | השקיה פחות התאדות |
| -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | דונם | גודל חלקה |
| 0.51** | 0.44** | 0.51** | 0.44** | ימים | ימי גידול |
| 3 | 0 | 1 | 1 | דמי | דו-גידול (ביחס לחד-גידול) |
| -6** | -7** | -7** | -6** | דמי | אחר ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$ |
| -10** | -12** | -11** | -11** | דמי | כותנה ב- $t-1$ ואחר ב- $t-2$ |
| -11** | -14** | -12** | -13** | דמי | כותנה ב- $t-1$ וכותנה ב- $t-2$ |

בנוסף לניתוחי השפעה על היבול ערכנו ניתוחים לגבי מאפיינים נוספים של גידול הכותנה, העשויים להשפיע על עלויות הייצור. להלן עיקרי הממצאים, אשר לחלקם לא נמצא הסבר אינטואיטיבי ולכן דורשים בירור נוסף (למשל על ידי ניסויים מבוקרים):

- מועד הופעת הלקטית וורודה** : כל יום דחייה במועד הזריעה מוביל לדחייה של 0.2 ימים במועד הופעת זחלי ההלקטית; גידול ללא עיבוד דוחה הופעת הזחלים ב-15 יום; לא נמצאה השפעה מובהקת של גידול כותנה במחזור הגידולים על מועד הופעת המפגע.
- מועד הופעת הליוטיס (תנשמית האביב)** : כל יום דחייה במועד הזריעה מוביל לדחייה של כרבע יום במועד הופעת המפגע; גידול ללא עיבוד מעכב הופעת המזיק בכ-4 ימים; גידול כותנה ב-1 t - וכותנה ב-2 t - מעכב ההופעה בכ-5 ימים, כאשר הסבר אפשרי לכך הוא מתאם של קומבינציית גידולים זו עם סמיכות לחלקות של גידולים שאינם נושאים הליוטיס.

ריסוסים נגד עשבייה : דחיית מועד הזריעה מפחית את מספר הריסוסים באופן מובהק סטטיסטית, אך במידה זניחה; כל ריסוס טרום הצצה מפחית ב-0.93 בממוצע את מספר הריסוסים לאחר הצצה; גידול במינימום עיבוד וללא עיבוד מגדילים את מספר הריסוסים הממוצע לאחר הצצה ב-1.7 ו-4.2, בהתאמה. גידול כותנה ב-1 t - מגדיל את מספר הריסוסים לאחר הצצה.

אשר לגידולים נוספים, מספר תצפיות מספק במדגם קיים רק לגבי גידול החיטה (טבלה 6.5). התקבל כי שילוב של כותנה במחזור הגידולים מגדיל את יכול גרעיני החיטה. מכאן שמחזור גידולים הכולל חיטה וכותנה לסירוגין עשוי להיות מחזור התורם הן ליבולי הכותנה והן ליבולי החיטה.



איור 6.1. השפעת מחזורי גידולים על יבול סיבי כותנה

טבלה 6.5. יבול גרעיני חיטה (264 תצפיות, 49 משתנים, R^2 מתואם = 0.52), (* ו- ** מציינים מובהקות ברמה של 10% ו- 5%, בהתאמה).

| משתנה | יחידות | ערך |
|-----------------------------|--------|---------|
| שטח חלקה | דונם | 0.027 |
| התאדות מינואר עד מאי | מ"מ | -1.25 |
| משקעים | מ"מ | 0.627** |
| השקיה | מ"מ | 0.27* |
| מועד זריעה | ימים | -0.02 |
| מועד קציר | ימים | -0.51 |
| אחר ב- t-1 & כותנה ב- t-2 | דמי | 91.1** |
| כותנה ב- t-1 & אחר ב- t-2 | דמי | 65.62* |
| כותנה ב- t-1 & כותנה ב- t-2 | דמי | 65.32 |

סיכום ומסקנות

במחקר זה נקטנו בגישה של ניתוח אקונומטרי המבוסס על נתוני סקר שנערך בקרב חקלאים, ושהסתמך על רישומים עצמיים שהם ערכו לגבי גידולי הגד"ש לאורך השנים. התוצאות מעידות על יתרון במחזוריות של גידול כותנה וחיטה. כמו כן התקבלו תוצאות היכולות להוות בסיס לבדיקות נוספות באמצעות ניסויי שדה, כגון השפעת סוגי עיבוד וגורמים נוספים על מועדי הופעת זחל וורוד והליוטיס.

ברגרסיות נכללו חלקות גידול לגביהן ניתן היה לשייך ערכים של משתנים רבים ככל הניתן; כלומר, היקף המדגם היה תלוי בשלמות הרישומים שנערכו על ידי כל אחד מהחקלאים על פי שיקול דעתו העצמאי. על פי הערכות, היקף שטחי הכותנה עשוי להגיע השנה (2014) לכ- 60,000 דונם ויותר, על פני למעלה מ- 250 חלקות (לפי ממוצע שטח חלקה של 233 דונם, ראה טבלה 6.1). סקר החקלאים שערכנו הניב נתונים שנאספו לגבי תקופה של כ- 15 שנה, מתוכן כ- 500 חלקות כותנה בלבד היו ראויות להיכלל בניתוח. מכאן שאיסוף מאורגן, שיגרתי ואחיד של נתונים בענף, באחריות ובפיקוח של מדריכים אזוריים, עשוי להניב תוך זמן קצר מדגם גדול ושלם הרבה יותר מזה ששימש במחקר זה, ולאפשר ניתוח של מגוון רחב יותר של השפעות והפקות תוצאות אמינות מבחינה סטטיסטית.

גידול הכותנה (*Gossypium Spp.*) שהיה בשיאו באמצע שנות השמונים (כ- 650,000 דונם) הצטמצם בהדרגה עד לשפל חסר תקדים, בין 40,000 דונם (2009-10) ל- 80,000 דונם (2011-12), זאת בשל שינויים במחיר הסיבים ושער הדולר הנמוך. מבחינה אגרוטכנית נחשבת הכותנה לרכיב חיוני במחזור גידולי הגד"ש, אולם זהו גידול מאתגר מאוד מקצועית הדורש השקעה כבגידול שלחין אינטנסיבי עתיר תשומות ועבודה, בעוד שרווחיותה משתווה לגידולי פלחה אקסטנסיביים.

מטרתו הכללית של מיזם זה היא לשפר את רווחיות גידול הכותנה ולשוב ולבסס את הכותנה כגידול מרכזי בענף גידולי השדה. על סמך בחינה מדוקדקת של ממשק גידול הכותנה הגדיר צוות המחקר מספר מטרות בעלות פוטנציאל מרבי לחיסכון בהוצאות, מחד ולשיפור היבול, מאידך, והמתאימות ליישום בטווח הקרוב.

הלקטית הורודה מהווה מזיק עיקרי בכותנה אשר ההתמודדות עמו מצריכה חבילת הדברה יקרה הכוללת חריש עמוק (ופעולות אגרוטכניות נוספות המתחייבות ממנו) וריסוסים. לכן, אחת השאלות שעמדו במרכז המיזם היא האם ניתן להקטין נזקי הלקטית ורודה בכותנה על ידי קיצור עונת הגידול (התחמקות). נמצא כי דחית מועד הזריעה בשבועיים הביאה לירידה משמעותית באוכלוסיות המזיק. מודל לחיזוי גיחת המזיק על בסיס ימי מעלה נבחן ונמצא מתאים לתנאי הארץ. כמו כן נמצא כי נקבות ההלקטית וורודה מעדיפות להטיל על גבי צמחים מדושנים בחנקן. בניסויי השקיה ובחלקות תצפית נמצא כי דחיית מועד הזריעה גרמה בדרך כלל לפגיעה ביבול, לעיתים משמעותית ולעיתים זניחה למדי. בתחום הדברת העשבים הושג חסכון של 20 עד 40 אחוז בעלויות הדברת העשבים ללא פגיעה ביעילות ההדברה וביבולים. ניטור בעזרת טכנולוגיות חקלאות מדייקת וטיפול בקטעים משובשים בלבד, יכול גם הוא להקטין את עלויות ההדברה. רפרנס סטטיסטי לצילום תרמי מוטס נמצא מתאים ביותר לחישה מרחוק של מצב המים כתחליף למדידה קרקעית בהכוונת השקיה. בתחום טיוב כתמי קרקע נמצא כי יישום בוצה ("אקוסויל") הביא לשיפור של כ- 10% ביבול של כתמי קרקע חוליים. ניתוח אקונומטרי של נתוני חלקות מסחריות הראה כי הכותנה מהווה גידול נחות ככרב עבור גידול כותנה ביחס לכל שאר הגידולים. לעומת זאת, כרב של דגני חורף כגון חיטה מגדילים את יבולי הכותנה וכרב כרב הוא בעל השפעה חיובית על יבולי החיטה.

מסקנות יישומיות: זריעה מאוחרת הוכחה כאמצעי יעיל להתמודדות עם הלקטית ורודה, אולם היא כרוכה בפגיעה מסוימת ביבול ובעלות נוספת של הנבטת הכותנה (במקום זריעה ברטוב). למרות זאת, אין להוציא מכלל אפשרות לנקוט בגישה זו באזורים נגועים בהלקטית ורודה, בין אם על ידי יעוד שטחים לדו-גידול הנזרע ממילא מאוחר, או זריעה מאוחרת של כותנה כגידול יחיד. מודל ימי מעלה שאומת במחקר יכול לאפשר לקבוע באופן מושכל את מועד הזריעה הרצוי ולהביא לאחוז גבוה של "גיחות התאבדות" של המזיק. בתחום הדברת העשבים ניתן להקטין באופן משמעותי את עלויות הדברת העשבים על ידי יישום משטרי הדברה אלטרנטיביים. שימוש במיפוי עשביה, אשר דורש המשך פיתוח, יכול גם כן להקטין את עלויות ההדברה. השימוש בצילום תרמי לחישה מרחוק של מצב המים בשדה ככלי להכוונת השקיה ייבחן בשנה הקרובה בקנה מידה חצי מסחרי על בסיס צילומים מרכב ייעודי. בוצת ה"אקוסויל" נמצאה מתאימה לטיוב כתמי קרקע חוליים ועשויה לתרום ליבול הכותנה וכתחליף לדישון כימי. התובנות שעלו מתוך הניתוח האקונומטרי יכולות להנחות חקלאים בתכנון מושכל של מחזור הגידולים. לסיכום, יישום תוצאות המיזם עשוי להביא לחיסכון ו/או שיפור יבול בכותנה ובכך לשפר את רווחיות הענף ולתרום לציביותו.

שילוב בין תחומי: מיזם זה התמקד בשיפור רווחיותו של גידול הכותנה, מטרה המחייבת מעצם טבעה שילוב רב תחומי. למיזם היו שותפים חקלאים, סטודנטים, מדריכים וחוקרים ממגוון תחומים הנוגעים

בגידול הכותנה ובהם, ממשק גדיש, פיסיוולוגיה, הדברת עשבים, אנטומולוגיה, עיבודי קרקע, חישה מרחוק, חקלאות מדייקת וכלכלה. למעשה, כל אחד מחלקי המחקר מתבצע תוך שתוף פעולה בין אנשי מקצוע מתחומים שונים. במהלך המחקר נערכו מספר מפגשים בהשתתפות כל הפעילים במיזם ואנשי מועצת הכותנה, במהלכם הציגה כל קבוצת מחקר תכניות עבודה ותוצאות ונערך דיון מעמיק של נושאים שונים. דיון רב-תחומי זה הניב רעיונות חדשים ושיתופי פעולה שסייעו לקידום מטרות המיזם.

הפצת הידע: תוצאות המיזם הוצגו במספר כנסים של ענף הכותנה. במסגרת דיווח מחקרים בכותנה הוקדש בשלוש השנים האחרונות חצי יום לדיווחים של כל אחת מקבוצות המחקר השותפות למיזם. דיווחים אלה סייעו בהפצת הידע שנוצר במיזם, וסיפקו הזדמנויות להרחבת מעגל המשתפים פעולה עם המיזם ולליבון נושאים שונים עם כלל אנשי המקצוע העוסקים בכותנה.

טיפוח דור צעיר: במיזם זה השתתפו חמישה תלמידי מחקר: מיכל אקסלרוד, עידן גורל, אורי רוזנברג, גלעד שלו, יובל שליידר, שביצעו זו מחקר לצורך לימודי תואר שני. אחד מהם סיים את לימודיו והאחרים נמצאים בשלבים אחרונים. אמנם, הדבר אינו כלול במטרות המוצהרות של המיזם, אולם אין ספק שהמיזם תורם בכך לטיפוח דור צעיר של אנשי מקצוע שישתלבו בעתיד הענף הכותנה או בענפי חקלאות אחרים.

רשימת ספרות

- גורן, ע. 2009. מדוע גידול כותנה חשוב לענף הגדיש ולמדינה בכלל. ניר ותלם 18 : 27-28.
סלע, א. 2007. אומדן ומיפוי של מצב המים בצמחי כותנה באמצעות צילומית תרמיים. האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות, ישראל.
- Colbach, N. and Debaeke, F. 1998. "Integrating Crop Management and Crop Rotation Effects into Models of Weed Population Dynamics: A Review." *Weed Science*, 46(6): 717-728.
- Constable, G.A. Rochester, I.J. and Daniells, I.G. 1992. "Cotton yield and nitrogen requirement is modified by crop rotation and tillage method." *Soil & Tillage Research*, 23: 41-59.
- El-Nazer, T. and McCarl, B.A. 1986. The Choice of Crop Rotation: A Modeling Approach and Case Study. *American Journal of Agricultural Economics* 68(1):127-136.
- Howitt, R.E. 1995. Positive Mathematical Programming. *American Journal of Agricultural Economics* 77(2): 329-342.
- Hulugalle, N.R. and Scott, F. 2008. "A review of the changes in soil quality and profitability accomplished by sowing rotation crops after cotton in Australian Vertosols from 1970 to 2006." *Australian Journal of Soil Research*, 46: 173-190.
- Rochester, I. and Peoples, M. 2005 "Growing vetches (*Vicia villosa* Roth) in irrigated cotton systems: inputs of fixed N, N fertiliser savings and cotton productivity." *Plant and Soil* 271: 251-264.
- Wu, J. and Babcock, B.A. 1998. "The Choice of Tillage, Rotation, and Soil Testing Practices: Economic and Environmental Implications." *American Journal of Agricultural Economics*, 80(3): 494-511.
- Zentner, R.P., Lafond, G.P., Derksen, D.A. and Campbell, C.A. 2002. "Tillage method and crop diversification: effect on economic returns and riskiness of cropping systems in a thin black chernozem of the Canadian prairies." *Soil & Tillage Research*, 67: 9-21.

הבעת תודה:

בנוסף לחוקרים מגישי הצעת המחקר, התרחב מעגל השותפים במיזם וכלל חוקרים וטכנאים נוספים בקבוצות המחקר המעורבות ובמוסדות אחרים, אנו מודים לכולם על תרומתם למיזם. תודה מיוחדת שלוחה לחקלאים במשקים רבים המשתפים פעולה עם המיזם בין אם בביצוע הניסויים ובין באספקת נתונים לניתוח הכלכלי. כמו כן אנו מודים לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר, להנהלת ענף הכותנה ולמועצת הכותנה על התמיכה במחקר.