

דו"ח מסכם לתכנית מחקר 10-0070-421 בנושא:

שיפור איכות חיטה למאכל בישראל על ידי פיתוח ממשק בקרה והדברה לפשפש הקמה

Eurygaster integriceps

Improvement of wheat quality in Israel by management of sunn pest

Eurygaster integriceps

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

חוקר ראשי: ד"ר משה קוסטיוקובסקי – מינהל המחקר החקלאי, המחלקה למדעי המזון

חוקרים משניים: פרופ' עדה רפאלי – מינהל המחקר החקלאי, המחלקה למדעי המזון

ד"ר אנטולי טרוסטנצקי – מינהל המחקר החקלאי, המחלקה למדעי המזון

מזל מנשרוב - מינהל המחקר החקלאי, המחלקה למדעי המזון

גבי יאסינוב – מינהל המחקר החקלאי, המחלקה למדעי המזון

Moshe Kostyukovsky, Food Science, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan, E-mail: inspect@volcani.agri.gov.il

Ada Rafaeli, Food Science, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan, E-mail: vtada@volcani.agri.gov.il

Anatoly Trostanetsky, Food Science, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan, E-mail: anatoly@volcani.agri.gov.il

Mazal Menasherov, Food Science, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan, E-mail: mazalm@volcani.agri.gov.il

Gabi Yasinov, Food Science, ARO, Volcani Center, P.O.B. 6, Bet Dagan, E-mail: gabi.yasinov@mail.huji.ac.il

דצמבר 2011

כסלו תשע"ב

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא

החוקר

חתימת

עמוד	תוכן עניינים
3	תקציר
3	מבוא ותיאור הבעיה
6	מטרת המחקר
7	שיטות וחומרים
7	התפוצה והאקולוגיה של פשפש הקמה בישראל
7	התפשטות פשפש הקמה באזורים שונים בישראל
7	הנזק של פשפש הקמה בתנאי ישראל
9	זיהוי אנזימים ברוק פשפש הקמה ופעילותם בבצק
10	פיתוח שיטת זיהוי גרעינים פגומים בפשפש בעזרת ה- NIR-ספקטרומטר
10	תוצאות
10	התפוצה והאקולוגיה של פשפש הקמה בישראל
11	הנזק של פשפש הקמה בתנאי ישראל
14	השפעת זני חיטה על נגיעות בפשפש ומידת הנזק לאיכות הגלוטן
15	זיהוי אנזימים ברוק פשפש הקמה ובגרעינים פגועים
16	ממשק הדברה
17	פיתוח שיטת זיהוי גרעיני חיטה פגועים בפשפש הקמה על ידי המכשיר ה- NIRS
17	מסקנות
19	סיכום עם שאלות מנחות
20	טבלאות ואיורים
52	רשימת ספרות

תקציר

בשנות ה-2000 באזורים מסוימים בארץ עד 35% מיבול חיטה מקומית נפסלו לקמח בגלל אינדקס גלוטן נמוך מ-40% - הסף התחתון בו ניתן לשווק חיטה לקמח. כתוצאה מפסילות, המגדלים הפסידו עד 70 דולר לטון חיטה. רמת גלוטן אינדקס תלויה בגורמים רבים וביניהם בנגיעות בפשפש הקמה *Eurygaster integriceps* אשר נחשב כמזיק עיקרי לאיכות החיטה. מטרת המחקר: לשפר איכות החיטה למאכל בישראל על ידי פתוח ממשק להדברת פשפש הקמה המאפשר בקרת אוכלוסיית הפשפש ברמה תת כלכלית ולשמור על הרווחיות גידול חיטה בארץ. כמו כן, לבדוד ולזהות את החלבונים המכילים אנזימי פרוטיאזות ואמילזות ברוק פשפש הקמה כשלב בפיתוח שיטת בדיקה חדשה לקביעת פגיעות גרעיני חיטה בפשפש הקמה. נערכו ניסויים ותצפיות באופן שיטתי על מנת ללמוד את ביולוגית הפשפש בארץ והשפעתו על איכות החיטה. נמצא שמשקל הבוגרים החורפים יוחס בין המינים מבטא את המצב הפיזיולוגי של הפשפש ומהווה כלי לתחזית ההתרבות והנזק של פשפש הקמה בעונה הקרובה. ברוב חלקי הארץ נרשמו אוכלוסיות נמוכות של פשפש. לכן בתנאי שדה לא היה צורך בטיפולים כימיים נגד הפשפש. נבדקה השפעת הפשפש על איכות וכמות הגלוטן. לראשונה, בבית גידול ובתנאי השדה באילוח מלאכותי, הזן האלופלאזמי בר ניר נמצא בעל סבילות לפגיעת הפשפש בהשוואה לזן האופלאזמי ברקאי. במבחני זנים רמת פגיעת הפשפש בגרעיני חיטה לרוב הייתה נמוכה מ-1.0% ולא השפיעה על איכות הגלוטן. זנים זהיר, BRBL1 ואיילון נמצאו אטרקטיביים לפשפש הקמה. בנוסף הובדלו גרעיני החיטה הפגועים בפשפש ונבנו דרגות שונות של הפגיעה לפיתוח שיטת זיהוי גרעינים פגועים בפשפש בשיטת ה-NIRS ולחקר מנגנון הפעולה של אנזימי הפשפש בחיטה. בוצעו בדיקות ביוכימיות לקבלת פרופיל חלבונים ברוק הפשפש. תוצאות אלו מצביעות על הפעלת חלבונים רבים לאחר תרדמת הפשפש. המשך זיהוי של החלבונים והגנים אלה יקדם את ההבנה על מנגנון פעילותו של המזיק וייתן כלי לזיהוי מהיר של גרעיני חיטה פגומה ויאפשר להתמודד איתו ללא שימוש בחומרי הדברה.

1. מבוא ותיאור הבעיה

בשנות 2003-2006 באזורים מסוימים בארץ עד 35% מיבול חיטה מקומית נפסלו לקמח בגלל אינדקס גלוטן נמוך מ-40% - הסף התחתון בו ניתן לשווק חיטה לקמח בישראל. כתוצאה מפסילות המגדלים הפסידו עד 70 דולר ארה"ב לטון חיטה. רמת גלוטן אינדקס תלויה בגורמים רבים וביניהם בנגיעות בפשפש הקמה. פשפש הקמה (פשפש התבואה) (sunn pest, suni bug, cereal bug) (*Eurygaster integriceps* Put. (Heteroptera: Scutelleridae)) נחשב באזורים רבים כמזיק עיקרי לדגניים, במיוחד לחיטה. החרק נפוץ באזור רחב מאד שכולל את דרום מזרח אירופה, מזרח התיכון, צפון מערב ומרכז אסיה.

(Brown and Eralp, 1962; Paulian and Popov, 1980; Lodos, 1981; Areshnikov and Starostin, 1982; Brian, 1998; Critchley, 1998; Sekun, 2002; Radjabi, 2000; Kazzazi et al. 2005).

באזורים אלה כ-15 מיליון הקטר של חיטה נגועים בפשפש כל שנה (<http://www.ICARDA.org>; <http://www.FAOstat/fao.org>). רק ברוסיה הנזק מן הפשפש נערך בכ-300 מיליון דולר בשנה (Alekhin, 2002, 2009). פשפש הקמה שייך לקבוצת חרקים מוצצים ועלול לגרום לנזקים כבדים מאד הן מבחינת הפחתת היבול (20-50% בשנת התפרצות) והן מבחינת הורדת איכות החיטה, במיוחד אובדן כושר אפיה בחיטה למאכל וכושר נביטה בזרעים. הנזק נגרם על ידי בוגרים שחרפו, זחלים (נימפות בדרגות 2-5) ובוגרים צעירים. נזקים עלולים להיגרם החל משלב התארכות קנים ועד הבשלת הגרגר. נוכחות אפילו של גרעין פגוע בודד בתוך מאות גרעינים בריאים עלולה לגרום לפגיעה בכושר אפית הבצק. בספרות שולטת הדעה שהדבר מתרחש בגלל פעילות הרסנית של אנזימים פרוטיאוליטיים של הפשפש אותם הוא מזריק לתוך הגרעין לפני המצצה. כתוצאה מכך משתנה היחס בין החלבונים בגלוטן שנקראים גלוטנין (המשקל המולקולארי הגבוה) וגליאדין (המשקל המולקולארי הנמוך)

(Paulian and Popov, 1980; Areshnikov and Starostin, 1982; Areshnikov and Kostyukovskii, 1991; Dexter, 1993; Karababa and Ozan, 1998; Cohen, 2000; Boyd *et al.*, 2002; P'erez, 2005; Hosseininaveh *et al.*, 2009; Konarev, 2011).

יש לציין שלדעה זו אין הוכחות חד משמעיות.

קיימים מספר מדדים לאיכות הגלוטן (Dowell *et al.*, 2008). המדד המשמש בשעת קבלת החיטה בישראל הוא גלוטן אינדקס. יש לציין שפשפש הקמה ברמות הפגיעה עד לכ-10% לא משפיע על אחוז החלבון בגרעין וכמות כללית של גלוטן

(Areshnikov and Starostin, 1982; Sivri *et al.*, 1999, 2002; Rosell *et al.*, 2002; Kostyukovsky and Zohar, 2004).

רמת הנזק של פשפש הקמה תלויה באופן משמעותי בתכונות גנטיות של זני החיטה ובפרט באיכות החיטה. עד עתה לא נמצאו זנים עמידים, אך נמצאה שונות בסבילות הזנים למזיק

(Paulian and Popov, 1980; Areshnikov and Starostin, 1982; Cressey *et al.*, 1987; Kinaci, 1994; Every *et al.*, 1996; Sivri *et al.*, 1999, 2002; Mohammadi and Najafi, 2001; Rosell *et al.*, 2002; Sekun, 2002; Ali *et al.*, 2009; El Bouhssini *et al.*, 2009; Fatehi *et al.*, 2009; Pavlyushin *et al.*, 2010a,b).

להדברת הפשפש משתמשים בעולם בעיקר בקוטלי חרקים מקבוצות זרחנים אורגניים ופירותרוידים במועדים שונים (Areshnikov and Kostyukovskii, 1991; Sekun, 2002; Koçak, 2005).

ההוצאות להדברה כימית רק באסיה המערבית נערכים בכ-40 מיליון דולר (Javahery, 1995). בישראל עד לאחרונה הפשפש לא היה נחשב כמזיק קשה. היה חסר מידע מדעי על הרכב המינים, התפשטות הפשפש באזורים שונים בארץ, התפתחותו, נזקיו ודרכי הדברתו בתנאי הארץ. לכן קיים צורך דחוף בהשלמת והעמקת המידע בתנאי הארץ ובפיתוח מערך בקרה והדברה לפשפש הקמה אשר יאפשר לשפר את איכות החיטה. מערך זה חייב לכלול שימוש בסף הפעולה, מועד הטיפול המועדף, מינונים מינימאליים של קוטלי חרקים, שילוב הדברת הפשפש עם הדברת מזיקים אחרים

ועוד. בשנים האחרונות לראשונה בישראל נערכו על ידינו תצפיות וניסויים באופן שיטתי על מנת ללמוד את ביולוגית הפשפש בארץ והשפעתו על איכות החיטה ועל סמך ידע זה לפתח ממשק להדברת הפשפש במטרה לשפר את איכות החיטה המקומית. נמצא שפגיעת הפשפש גורמת לירידה משמעותית ברמת גלוטן אינדקס עד לאובדן כושר אפייה מוחלט. הובחנו זני חיטה מקומיים עם גלוטן אינדקס גבוה וזנים עם גלוטן אינדקס נמוך. נמצאו קוטלי חרקים מקבוצות כימיות שונות יעילים להדברת הפשפש. כמו כן נמצא שברוב המקרים מספיק טיפול אחד בתקופת הבשלת הגרגר, כדי לבקר את אוכלוסיית הפשפש ולשפר את איכות החיטה

(Zohar and Kostyukovsky, 2003; Zohar *et al.*, 2003; Kostyukovsky and Zohar, 2004; Kostyukovsky *et al.*, 2003, 2005, 2006; Naftaliyahu *et al.*, 2005).

במחקר זה אנו ביצענו ניסויי שדה ותצפיות על מנת ללמוד את התפשטות ואפיון התפתחות הפשפש בארץ ביחס לפנולוגיה של זני חיטה שונים, לבחון רגישות זני חיטה בארץ לפשפש הקמה ורמת הסבילות של זנים עם מקור גנטי שונה, ועל סמך ידע זה לפתח ממשק לבקרת פשפש הקמה. יישום המחקר יאפשר לבקר אוכלוסיית הפשפש ברמה תת כלכלית, למנוע נזקים בחיטה המקומית, למקד את הטיפולים נגד פשפש הקמה באזורים עם דרגת סיכון גבוהה ולמנוע טיפולים מיותרים כאשר אוכלוסיית הפשפש לא עולה על סף הפעולה. כתוצאה מכך תשופר איכות החיטה למאכל ותשמר הרווחיות גידול חיטה בארץ. יהיו לכך השלכות הן בהיבט הכלכלי והן בהיבט הסביבתי.

כיום מזהים פגיעת הפשפש בגרעיני חיטה באופן וויזואלי. הדבר סובייקטיבי ותלוי בניסיון הבודק. יש חשיבות רבה בפיתוח שיטה סטנדרטית בלתי תלויה באדם. קיימות עדויות (Sivri *et al.*, 2000;) (Pavlyushin *et al.*, 2010c) שפגיעת הפשפש משפיעה על NIR-ספקטרום של חלבונים בגרעיני חיטה. בתקופה המדווחת נבנו דוגמאות חיטה בעלות אחוזים שונים של גרעינים פגועים בפשפש על מנת לפתח שיטת זיהוי גרעיני חיטה פגועים בפשפש הקמה, אשר בלתי תלויה בסובייקטיביות הבודק.

בלוטות הרוק של סדרת הפשפשים (Heteroptera) ממוקמות בין הראש וחזית בית החזה ובדרך כלל כוללות זוג בלוטות ראשיות עם 2-4 אונות (Baptist, 1941). הבלוטה העיקרית של הפשפשים כוללת רקמת תאי מעטפת לייצור והפרשת רוק לתוך חלל נפרד. האונה האחורית או אונות של הבלוטה העיקרית כנראה מסנתזות ומפרישות אנזימים מפרקים. הבלוטות של המינים אשר ניזונים מתכולת תאי צמחים וגרעינים מכילים ומפרישים אנזימים הידרוליטיים וחומרים אשר משתתפים גם בגרימת פציעה (Schuh and Slater, 1995).

מיצוי מימי של הומוגינט בלוטות רוק החרק נמצא כבעל פעילות פרוטאוליטית יציבה. מאידך במעי החרק לא נמצאה כלל פעילות פרוטאוליטית. עיכוב ניכר מכלל הפעילות הפרוטאוליטית התקבל על ידי שימוש במעכבים סרין פרוטאינזות ומעכבי כימוטריפסין. נמצאה פעילות דמוי טריפסין וכימוטריפסין במיצוי בלוטות הרוק באמצעות שימוש בסובסטרטים ייחודיים של סרין וציסטאין פרוטאינאז. באנליזת SDS-PAGE התקבלו 8 פסים בעלי טווח של פעילות של טריפסין וכימוטריפסין במשקלים

מולקולאריים של 16–81 kDa. כמו כן נמצאה פעילות טריפסין ב-165 kDa (2009 Hosseinaveh *et al.*).

בזני חיטה שנפגעו מ- *Eurygaster spp* ו- *Aelia spp* נמצאה פעילות של α - עמילאז. α -עמילאז מפרק את שרשרת העמילן באתרים אקראיים (Strobl *et al.*, 1998; Franco *et al.*, 2000). רמות גבוהות של α - עמילאז בקמח יכולות להחליש את מבנה הלחם, להקטין את כמויות המים שיכולות להיות מוספות לבצק במהלך הערבוב, ולהניב בצק רך, דביק, הבעייתי לתפעול (Dendy and Dobraszczyk, 2002).

קיימת השערה (Sivri *et al.*, 1999; 2002) שהנזק לחיטה נגרם מאנזימים פרוטאוליטיים של רוק הפשפש, אך לא נמצאו לכך סימוכין בספרות. יחד עם זאת, נמצא α -עמילאז ברוק החרק (Kazzazi *et al.*, 2005). פשפש הקמה כמו פשפשים אחרים, חי על דיאטה עשירה בפחמימות והישרדותו תלויה במידה רבה באפקטיביות של ה- α -עמילאזות (Mendiola *et al.*, 2000). נמצאה פעילות של α -עמילאז בבלוטות הרוק ובמעיי התיכון (Kazzazi *et al.*, 2005). פעילות מרבית של α -עמילאז נמצאה בדרגות השלישית עד החמישית של נימפות הפשפש (Kazzazi *et Boyd et al.*, 2002) (al., 2005; Radjabi, 2000). אינה אוכלת

מכל האמור, יש חשיבות רבה לבודד ולזהות את החלבונים הספציפיים המכילים אנזימי פרוטאזות ועמילאזות ברוק פשפש הקמה ובגרעינים פגועים. הדבר יאפשר בעתיד לפתח קיטים לקביעת נגיעות גרעיני חיטה בפשפש על ידי בדיקה בשיטת ELISA ויהווה פרצת דרך של ממש בתחום זה, יעלה באופן משמעותי איכות ואמינות של בדיקות אלה ויקצר דרסטית את זמןן.

מטרת המחקר היא לשפר איכות החיטה למאכל בישראל על ידי פתוח ממשק להדברת פשפש הקמה המאפשר בקרת אוכלוסיית הפשפש ברמה תת כלכלית ולשמור על הרווחיות גידול חיטה בארץ. כמו כן, לבודד את החלבונים המכילים אנזימי פרוטאזות ועמילאזות ברוק פשפש הקמה על מנת לשפר איכות ואמינות של בדיקות לקביעת פגיעות גרעיני חיטה בפשפש הקמה ולקצר את זמןן. המשימות שהיו לפנינו:

- סקר התפשטות פשפש הקמה באזורים שונים.
- השפעת הפשפש בדרגות אחוזי פגיעת גרעיני חיטה שונות על איכות וכמות הגלוטן
- פגיעת גרעיני חיטה בפשפש במחסני חירום ובחיטה פסולה לקמח
- פגיעת גרעיני חיטה בפשפש במבחני זנים.
- תגובת זנים עם מקור גנטי שונה על פגיעת הפשפש.
- הכנת גרעיני חיטה לפיתוח שיטת NIRS לזיהוי גרעינים פגועים בפשפש.
- איסוף בוגרים של פשפש הקמה במועדים שונים לקבלת פרופיל חלבונים ברוק הפשפש
- קבלת פרופיל חלבונים בבלוטות רוק פשפש הקמה.

2. שיטות וחומרים

2.1 התפוצה והאקולוגיה של פשפש הקמה בישראל.

בחודשים אוקטובר – פברואר בתקופה המדווחת נערך חיפוש אחר מקומות חריפה של פשפש הקמה בישראל. נבדקו יערות, חורשות, כרמים, פרדסים וביוטופים אחרים במטרה לאתר את מקומות חריפת הפשפש באזורים שונים בארץ. החיפוש בוצע בשכבה עליונה של עלי השלכת על פני הקרקע במקומות אלה.

נבדקה נגיעות בפשפש בשדות חיטה רבים באזורים שונים ובשלב התפתחות חיטה שונים. הניטור נעשה בעזרת רשת פרפרים עם פתח בקוטר 33 ס"מ. ניטור בודד מורכב מ-10 נפנופים – 5 ימינה ו-5 שמאלה, כל אחד באורך 1 מ', תוך התקדמות של כ-1 מ' עם כל נפנוף, סה"כ 10 מ' אורך לניטור בודד. בשלב הפלישה בוצעו לפחות 5 קטעי ניטור, ב-50 מ' הראשונים בשולי החלקה. במקביל נערכו ספירות ישירות, כל אחת בשטח של מטר על מטר ע"י ניעור צמחי חיטה.

נבדקה נגיעות חיטה בפשפש הקמה באזורים שונים בארץ, כגון: הנגב המערבי, לכיש, העמקים, בית שאן, גליל המערבי וגליל העליון. בשלבים שונים של התפתחות החיטה נבדקה צפיפות הפשפש בדרגות שונות. בשלב השתבלות החיטה נבדקה צפיפות הפשפש החורף בדרגת בוגר. בשלב מילוי גרגיר החיטה נבדקה צפיפות הפשפש החורף בדרגת בוגר וגם הטלת הביצים והנימפות בדרגות ראשוניות (1-3). בשלב הבשלת החלב והדונג בוצעו ספירות של נימפות בדרגות 4-5 ולפני הקציר נספרו הבוגרים הצעירים. ספירות הפשפש בוצעו ע"י ניעור צמחי חיטה בשטח של מטר על מטר ו/או ע"י רשת אנטומולוגית (10 נפנופים בכל ספירה). בכל מועד ובכל תצפית בוצעו לפחות 10 ספירות. בוצע ניטור התפתחות הפשפש באזורים שבהם החרק גרם לנזקים כבדים בעבר: הנגב המערבי (קיבוץ בארי) ולכיש (קיבוץ גזר). בכל איזור נבחר שדה חיטה לתצפיות אלה. ספירות הפשפש בוצעו מתחילת שלב התארכות פרקים ועד הקציר לפי השיטה המתוארת מעלה. נרשמו העיתוי ומשך פלישת הפשפש לשדות החיטה, תקופת ומשך הטלת הביצים, שלבי התפתחות הפשפש ביחס לפנולוגיית החיטה בזנים שונים ותנאי מזג האוויר שונים.

על מנת למצוא מקומות חריפה וביוטופים מועדפים על פשפש הקמה לחריפה, בחודשים אוקטובר-פברואר נבדקו אתרים רבים, כמו יערות, חורשות, כרמים, פרדסים וביוטופים אחרים. החיפוש בוצע בשכבה עליונה של עלי השלכת על פני הקרקע במקומות אלה.

2.2 הנזק של פשפש הקמה בתנאי ישראל.

עקב רמת אוכלוסיית הפשפש הנמוכה בכל התצפיות לא ניתן היה לאמוד על הנזק של הפשפש בתנאי שדה באמצעות טיפולי הדברה (כפי שהיה מתוכנן). לכן למדנו את הנושא בשיטות אחרות: נבדקה השפעת הפשפש בדרגות אחוזי פגיעת גרעיני חיטה שונות על איכות וכמות הגלוטן. בשעת קציר בחלקות חיטה מזן גליל בקיבוץ בארי נלקחו מנות גרעינים עם נגיעות בפשפש יחסית גבוהה. בגרעינים אלה בוצע מיון על מנת להבדיל גרעינים פגועים בפשפש מין הגרעינים בריאים. לאחר מכן נבנו דרגות פגיעת הפשפש שונים: 0, 1, 2, 3, 4, 6%. נבדקו כמות ואיכות הגלוטן בדוגמאות אלה.

בהתאם להמלצות רפרנטים התוכנית, בוצע ניסוי בתנאי בית גידול עם אילוח מלאכותי. על מנת ללמוד את הנזק של פשפש הקמה לזני חיטה עם מקור גנטי שונה בתנאי בית גידול, בוצע הניסוי בשיתוף הפעולה עם פרופ' אורי קושניר ממכון למדעי הצמח במינהל מחקר החקלאי. נבדקה תגובת הזנים בר ניר וברקאי שפותחו במכון וולקני על ידי פרופ' אורי קושניר, לפגיעת הפשפש. החיטה בעציצים אולחה באופן מלאכותי בפשפש. הזנים הנבדקים נבדלים לפי המקור הגנטי שלהם: הזן ברקאי הבנוי מגרעין וציטופלזמה זהים הוא זן אופלזמי (euplasmic) כאשר הזן בר ניר הבנוי מגרעין וציטופלזמה שונים שיך לאלופלזמי (alloplasmic). מבחינה גנטית, כאשר הזן בנוי ממקורות גרעין וציטופלזמה שונים, הסיכוי לקבל תכונות ראויות (במקרה זה סבילות גבוהה לפגיעת הפשפש) גבוה יותר. כמדדי איכות החיטה נבדקו: אחוזי גרעינים פגועים, משקל אלף (המבטא את גודל הגרעין), משקל הקטוליטר (בעל משמעות באחסון ותעשיית אפייה) וסך היבול מכל עציץ בשני הזנים. בניסוי נשתלו 40 עציצי חיטה מכל זן, שחולקו לשתי קבוצות: קבוצת טיפול וקבוצת בקרה. בשתי קבוצות הטיפול אולחו העציצים בארבעה פשפשים בוגרים לכל עציץ. האילוח בוצע בשלב של מילוי הגרעין. העציצים בודדו בבד גזה המונע בריחת החרקים אך מאפשר אוורור הצמחים הולם. בשלב ההבשלה המלאה של הגרעינים נקצרה החיטה, והגרעינים מכל עציץ מוינו לגרעינים שנפגעו ע"י הפשפש ולגרעינים בריאים. את הגרעינים נספרו ונשקלו, ולאחר מכן נערכו השוואות בין הזנים ובין הקבוצות השונות לפי מדדי האיכות הנ"ל.

במקביל, בשנת 2010 אולחו בפשפש חלקות בשני אזורים שונים. בדרום בקיבוץ דורות ובמרכז בחוות המרכז של מינהל המחקר החקלאי. בדורות בזן בר ניר בודדו ואולחו בבוגרים של פשפש הקמה חמש חלקות כל אחת בשטח של שני מטר על מטר אחד. לכל חלקה הוכנסו 20 בוגרים. בנוסף אולחו 3 חלקות של זן ברקאי. כביקורת שימשו חלקות של אותו זן ללא אילוח. בחוות המרכז אולח גם זן גורן. בשנת 2011 הניסוי בוצע בחוות המרכז בזנים בר ניר וברקאי. 8 חלקות של כל זן, מתוכם 4 חלקות מאולחות ב-20 בוגרים של פשפש ו-4 חלקות ללא אילוח. בשעת הקציר נקצרו חלקות אלה ובגרעינים נבדקו מדדי איכות חיטה מקובלים.

כמו כן, נבדקה השפעת זני חיטה על נגיעות בפשפש ומידת הנזק לאיכות הגלוטן. נבדקו 9 מבחני זנים אשר נערכים על ידי שה"ם מדי שנה באזורים שונים: נגב (בארי, בית קמה), לכיש (רבדים), בית שאן (חוות עדן), עמק יזרעאל (גזית), גליל התחתון (ברקאי, בעל שפעה), עכו והגליל העליון (קיבוץ לביא). נקבע אחוז גרעינים פגועים בפשפש וקשר עם רמת גלוטן אינדקס. הבדיקות הראולוגיות בוצעו במעבדה של ד"ר בונפיל במרכז גילת של מינהל המחקר החקלאי. כמו כן נערכו ספירות של פשפש הקמה במבחן זנים בדורות.

על מנת לבדוק רמת פגיעת החיטה המקומית בפשפש במחסני מלאי חירום של מדינת ישראל נלקחו דוגמאות ממחסנים דרור וכנרת במושב יושיביה, ממחסן שקד ומממגורות בנתיבות וממגורות בקריית גת בדרום, וגם ממחסנים 1,2,3 בתענכים וממחסנים תבור, ארבל, גלבע במנפטת העמק בצפון ומערימות חיטה שנפסלה לקמח. כמו כן נבדקו דוגמאות רבות מחלקות מסחריות של חיטה. בכל דוגמאות אלו נקבע אחוז גרעינים פגועים בפשפש.

2.3 זיהוי אנזימים ברוק פשפש הקמה ופעילותם בבצק.

על מנת לבודד ולזהות את החלבונים המכילים אנזימי פרוטיאזות ועמילאזות בבלוטות רוק פשפש הקמה ובגרעינים פגועים, נאספו בוגרים של פשפש החורף אשר פולשים לשדות חיטה באביב וניזונים בעיקר מגבעולים ועלים וגם הבוגרים הצעירים מהדור החדש אשר ניזונים מגרעינים בדרגות התבשלותם השונות. כמו כן נאספו בוגרים בשלב התרדמה.

הפשפשים שנאספו הושמו בקרח להרדמתם. לאחר מכן קובעו הפשפשים על שכבת שעווה בתחתית צלחת פטרי ע"י סיכה בקצה הבטן. הקוטיקולה הנוקשה האופיינית במשפחה זו שנמצאת על החזה נותקה מן החזה ונמשכה קדימה כך שבלוטות הרוק נותרו נחשפות. הבלוטות הוצאו בעזרת זוג פינצטות עדינות למבחנות המתאימות להקפאה עמוקה, הושמו בחנקן נוזלי ואוחסנו במינוס 80 מ.צ. 5-10 בלוטות רוק של החרק שנטלו עברו כתישה בהומוגניזר מזכוכית בתמיסה מימית של NaCl 2% בתוספת מעכבי פרוטיאזות. שארית הבלוטות הכתושות הורחפו ב $50 \mu\text{l}$ תמיסה ושארית הדוגמא נכתשה קלות בשנית. הרקמות הכתושות סורכזו בצנטריפוגה במהירות של 10,000 rpm ובטמפרטורה של 4 מ.צ. במשך 10 דקות. התסנין נאסף ונמדדה הכמות של מרק הבלוטות שנמהלה ב- rehydration buffer ביחס 1:1. המקטעים הופרדו על פי גודלם ב SDS-PAGE בתנאים דנטורטיביים בגלים של 12% אקרילאמיד מסוג NUVView LongLife Gels בהתאם להוראות יצרן. כמו כן בוצעה אנליזה בשיטה 2D ג'ל אלקטרופורזה. בשלב הראשון הדוגמאות הוטענו ע"ג "סטריפ" המכיל טווח pH משתנה (pH=3-10). ובשלב השני ה"סטריפ" המכיל את הדוגמא מונח על גבי ג'ל SDS-PAGE. מיצוי דוגמאות עבור 2D ג'ל אלקטרופורזה בוצע ב- rehydration buffer והדוגמאות אוחסנו במינוס 20 מ.צ.

קביעת רצף חומצות האמינו בחלבונים השונים נעשתה בשיטה של Liquid chromatography-mass spectrometry (LC/MS) במרכז סמולר לפרוטאומיקה, בפקולטה לביולוגיה בטכניון שבחיפה. להלן עיקרי התהליך: פיסת הג'ל המכילה את החלבונים הצבועים נחתכת ומיובשת לאחר סילוק עיקרי הצבע. החלבונים מעוכלים בתוך פיסת הג'ל באמצעות אנזימים פרוטאוליטיים (ע"פ רוב טריפסין), הפפטידים המתקבלים מופרדים ב HPLC על קולונות דקות או קפילרות המאפשרות רגישות גבוהה. הפפטידים שהופרדו מוזרמים ישירות לספקטרוטומטר מסות ועוברים אנליזה של מסות ופרגמנטציה ע"י פגיעה באטומי הליום. שברירי הפפטידים עוברים אנליזה מסוג LC-MS/MS. המידע המתקבל מאפשר זיהוי בעזרת תוכנות ייעודיות של כל חלבון או תוצר גן שרצף חומצות האמינו שלהם מצוי במאגרי המידע.

נבחנה ההשערה שאנזימי רוק פשפש הקמה גורמים לכשל תפיחת הבצק. בשני מועדים: פשפש הפולש (פברואר) כאשר הפשפש גורם לנזק כמותי בשלב ההשתבלות, ובוגרים צעירים של דור חדש (מאי) כאשר הם גורמים נזק לאיכות החיטה, מוצו חלבונים מ-10 בלוטות רוק של הפשפש והוספו לדוגמא של 1 גרם קמח. בצק שהוכן מקמח אמריקאי HRW שימש כביקורת. כביקורת שלילית נעשה שימוש בבצק מקמח אמריקאי HRW בתוספת 7% קמח ישראלי מזן גליל פגוע בפשפש (באחוז זה

ישנה קריסה מובהקת של הבצק בתנאים אלה). הניסוי בוצע באמצעות מבחן קריסת הבצק ב Texture Analyzer, לאחר 3 שעות הדגרה ב 30 מ"צ במעמדה של ד"ר אילן שומר במחלקתנו.

2.4 פיתוח שיטת זיהוי גרעינים פגומים בפשפש בעזרת ה- NIR-ספקטרומטר.

בנוסף, על מנת לשפר את השיטה לקביעת אחוז הגרעינים הנגעים על ידי הפשפש, בוצעו הכנות לאבחון המכשיר ה- NIR-ספקטרומטר למשימה זו. בוצע מיון וויזואלי של גרעיני חיטה מזן גליל. הגרעינים פגועים הובדלו מין הגרעינים הבריאים ונוצרו דוגמאות גרעינים עם דרגות שונות של פגיעת הפשפש, כגון: 0, 5, 10, 20, 50, 100%. כמו כן נבדקו דוגמאות רבות מחלקות מסחריות על מנת לקבוע אחוז הגרעינים הפגועים בפשפש. כל הדוגמאות שימשו לכיול המכשיר ה- NIR-ספקטרומטר במעבדה של ד"ר בונפיל במרכז גילת.

3. תוצאות

3.1 התפוצה והאקולוגיה של פשפש הקמה בישראל.

3.1.1 גילוי מקומות חריפת פשפש הקמה בישראל.

הפשפש החורף נמצא באזורים שונים בארץ מהגליל ועד הנגב. בדרך כלל הבוגרים החורפים היו מתחת לעלווה של שיטה, איקליפטוס, ברוש, אורן. יש לציין שבארצות אירופה העץ המועדף לחריפת הפשפש הוא עץ אלון. בנקודת תצפית קבועה בנגב מערבי (קיבוץ בארי) בתקופה המדווחת בתחילת החורף (חודשים אוקטובר-נובמבר) משקל הבוגרים הממוצע נע בין 107 עד 120 מ"ג בנקבות ובין 99 עד 108 מ"ג בזכרים (טבלה 1). היחס בין הנקבות לזכרים היה 1:2.3-1:2.1 לתובת הזכרים. נתונים אלה מצביעים על פוטנציאל מסוים שהיה לפשפש בתחילת החורב. אך תנאי החורב שהתאפיינו בדרך כלל בטמפרטורות די גבוהות, אשר גרמו לתרדמה לא עמוקה וקצרה יחסית, החלישו את המצב הפיזיולוגי של הפשפש ולקראת האביב היחס בין נקבות וזכרים היה 1:1.7-1:1.6 לטובת הזכרים כאשר משקלם ירד ל- 97-112 מ"ג אצל נקבות ו- 92-98 מ"ג אצל זכרים בממוצע. המשקל הנרשם נמוך משמעותי יותר בהשוואה לשנים הקודמות, דוגמת עונת 2002/3 כאשר נצפתה התפרצות הפשפש (טבלה 1). נתונים אלה מעידים על מצב פיזיולוגי של הפשפש חלש יותר בתקופה המדווחת בהשוואה לשנות התפרצות הפשפש. על סמך נתונים אלה ונתונים משנים הקודמות אנו חזינו ודיווחנו לארגון פלחה ולמגדלים (כנסים של פלחה ב 2009-2011 בבית דגן ובמסמיה) שאין לצפות בשנות ביצוע המחקר להתפרצות הפשפש ונזקים קשים ממנו ברוב רחבי הארץ. בהמשך העונה התחזית שלנו התממשה במלואה. מכאן, שמשקל הבוגרים החורפים ויחס בין המינים בתחילת ובסוף החורף מבטא את המצב הפיזיולוגי של הפשפש ומהווה כלי לתחזית ההתרבות והנזק של פשפש הקמה בעונה הקרובה.

3.1.2 התפשטות פשפש הקמה באזורים שונים בישראל.

נמצא שבשנות הדיווח בכל האזורים הנבדקים מספר הבוגרים החורפים ברוב שדות החיטה היה נמוך יחסית ונע בין 0 לבין 0.7 למטר מרובע. בחלקות בודדות בנגב מערבי (קיבוץ בארי, דורות), באזור לכיש (תל ספי) בשדות ליד צומת נחשון (קיבוץ גזר), מספר הבוגרים הפולשים היגיע ל- 0.7-

1.5 למטר מרובע. מספר הנימפות והבוגרים הצעירים במוקדים אלה היה גבוה יחסית ובנקודות דגימה בודדות היגיע עד ל-6-2 למטר מרובע כאשר ברוב החלקות הנבדקות בכל האזורים מספר הבוגרים הצעירים ונימפות בדרגות 4-5 לקראת הקציר לא עלה על 0.5 למטר מרובע. המספרים נמוכים בהרבה בהשוואה לשנות התפרצות הפשפש (טבלה 1). בשתי שיטות הניטור שנבדקו: ניטור ונפנוף, אוכלוסיית הפשפש החורף (הפולש) ופשפש הצעיר (דור חדש) יחד עם נימפות בשולי השדה הייתה גבוהה באופן ניכר מזו שבאזור פנימי השדה (טבלה 2). פזורת הפשפש בשנות הדפרסיה (התקופה המדווחת של 2009-2011) מתאפיינת בריכוז של אוכלוסיית הפשפש ברצועת השדה הסמוכה לשוליים עד ל-20 מטר. לעומת זאת בשנות ההתפרצות (2003-2006) הפשפש מתפשט לעומק השדה כאשר השוליים עם אוכלוסיית הפשפש יותר גבוהה מתרחבת ל-50 מטר לפחות (טבלה 2).

3.1.3. אפיון התפתחות הפשפש בארץ.

בנגב המערבי (קיבוץ בארי) הבוגרים הפולשים הראשונים נרשמו בשדות בתחילת ינואר בשלב התארכות הפרקים. עד סוף ינואר הפשפש יצא מן המקומות החריפה. אוכלוסיית פשפש הקמה הפולש בשדות הייתה נמוכה: 0-0.1 פרטים למ"ר. רק בחלקות בודדות עד 0.8 למ"ר. תקופת ההטלה נרשמה מתחילת מרץ עד תחילת אפריל כאשר החיטה הייתה בשלבים של פריחה עד להבשלת חלב. אוכלוסיית הנימפות הייתה נמוכה – עד 0.7 למ"ר. בסוף אפריל - תחילת מאי כאשר החיטה הייתה בשלב הבשלת דונג - הבשלה מלאה הופיעו בוגרים צעירים. גם אוכלוסיה של בוגרים צעירים הייתה נמוכה מאד: 0-0.6 למ"ר. בספירות בודדות מספר הבוגרים היגיע ל-3-1 למ"ר. באזור לכיש (קבוץ גזר, ליד צומת נחשון) הפשפש הפולש נרשם בשדה באמצע פברואר. בשלב התארכות הפרקים. גם באזור זה אוכלוסיית פשפש הקמה הפולש בשדות הייתה נמוכה: 0-0.1 למ"ר. רק בשדה עם הרבה ספיחי חיטה שגדלה בו בשנה שעברה, בספירות בודדות נמצאו 2-3 פרטים למ"ר. תקופת ההטלה נרשמה מתחילת אפריל עד תחילת מאי כאשר החיטה הייתה בשלבים של פריחה עד להבשלת דונג. אוכלוסיית נימפות הייתה נמוכה – עד 0.4 למ"ר. בתחילת מאי כאשר החיטה הייתה בשלב הבשלת דונג והבשלה מלאה הופיעו בוגרים צעירים. גם באזור זה אוכלוסיה של בוגרים צעירים הייתה נמוכה מאד: עד 0.3 למ"ר. פנולוגיית הפשפש ביחס לפנולוגיה של חיטה באזורים אלה הייתה דומה בשנות הדיווח אך שונה בהשוואה לשנות התפרצות הפשפש כאשר דרגות התפתחותו המזיקות ביותר (נימפות ובוגרים צעירים) נרשמו בשלבי הבשלת חיטה צעירים יותר – הבשלת חלב ודונג (טבלה 3).

3.2. הנזק של פשפש הקמה בתנאי ישראל.

3.2.1 פגיעת גרעיני חיטה בפשפש במחסני חירום ובחיטה פסולה לקמח.

תוצאות הבדיקות של רמת פגיעת החיטה המקומית בפשפש הקמה במחסני מלאי חירום של מדינת ישראל מצביעות על כך שבתקופה מדווחת אחוז גרעינים פגועים בפשפש במחסני דרום הארץ היה נמוך יחסית: 0.05-0.6% בממוצע עם מקסימום של 1.9% בדוגמה ממחסן כנרת שביושיביה. במחסני צפון רמת פגיעת הגרעינים בפשפש הייתה 0.25-2.6% בממוצע עם מקסימום של 3.5%

בדוגמה ממחסן תבור במנפסת העמק (טבלה 4). כיון שלמחסני מלאי חירום נכנסה רק חיטה עם גלוטן אינדקס גבוה מ 40%, ניתן להסיק שברמת הפגיעה של הפשפש שנרשמה בשנים אלו הפשפש לא השפיע על גלוטן אינדקס באופן משמעותי ולא גרם לפסילת רוב רובו החיטה לקמח. לעומת זאת בחלק מין הדוגמאות שנלקחו מערימות של חיטה פסולה (3%-1 מין היבול), הרמה של פגיעת הגרעינים בפשפש היגיעה ל- 2.0-3.9% בממוצע עד 4.6% בדוגמאות יחידות. כאן הפשפש היה אחד הגורמים לפסילת החיטה לקמח. יש לציין שבחלק מן הדוגמאות של חיטה פסולה אחוז פגיעת הפשפש היה נמוך מאד: 0.05-0.3% (טבלה 5). ברור שחיטה עם רמת פגיעת הפשפש נמוכה נפסלה בגלל גורמים סביבתיים או/ו אגרוטכניים אחרים.

3.2.2 השפעת הפשפש בדרגות הפגיעה בגרעיני חיטה שונות על איכות הגלוטן

נמצא שרמת הנזק של פשפש הקמה אשר בא לידי ביטוי בירידת גלוטן אינדקס, תלויה באופן ישיר ברמת פגיעת הגרעינים. עם עליה באחוז הגרעינים הפגועים בפשפש נרשמה ירידה באחוז גלוטן אינדקס. הירידה החדה בערכי גלוטן אינדקס נרשמה ברמת פגיעת הגרעינים בפשפש ב- 3-4% (טבלה 6, איור 1). יש לציין שירידה בגלוטן אינדקס כתוצאה מפגיעת הפשפש תלויה גם ברמה התחלתית (בסיסית) של איכות הגלוטן. כאשר רמת גלוטן אינדקס ללא פגיעת הפשפש היתה 68%, פגיעה ב-4% גרמה לירידת גלוטן אינדקס ל-41% (אחוז נמוך אך קביל בתחנות קבלה של חיטה מקומית בשעת קציר). לעומת זאת, כאשר רמה התחלתית (ללא פגיעת הפשפש) של גלוטן אינדקס היתה 52%, פגיעה ב-4% גרמה לירידת גלוטן אינדקס ל-9% (החיטה פסולה לקמח). כמו כן תוצאות הבדיקה תלויות בשיטת הבדיקה. כאשר האינדקס נבדק מייד, הערכים שלו בכל הבדיקות יותר גבוהים בהשוואה לבדיקה שעתיים לאחר קבלת הבצק והשרייתו במים (טבלה 6). ברור שהבדיקה עם השריית הבצק קרובה יותר לתהליך האפיה ומבטא במידה רבה יותר את פעילות האנזימתית שמתרחשת בבצק. כמות הגלוטן לא הושפע מפגיעת הפשפש ברמות הנבדקות (טבלה 6).

3.2.3 הנזק של פשפש הקמה לזני חיטה עם מקור גנטי שונה

3.2.3.1 בתנאי בית גידול.

נמצא שזן בר ניר עולה בנטייה מעל לזן ברקאי בכל המדדים הנבדקים (יבול, משקל אלף ומשקל הקטוליטר, גלוטן אינדקס). בפגיעת הפשפש של 6.3% אחוז גלוטן אינדקס בזן בר ניר לא ירד כאשר בזן ברקאי בפגיעת הפשפש אפילו נמוכה מזה של 3.8% האינדקס ירד מ-88.6% ל-77.1%. עם העליה באחוז הגרעינים הפגועים בפשפש לכ-15% ו-30% ירידה בערכי גלוטן אינדקס היתה חדה יותר בזן ברקאי (ל-38.2% ו-29.2% בהתאמה) בהשוואה לזן בר ניר (55.1% ו-40.0% בהתאמה) (טבלה 7). יש לציין שבזן בר ניר אפילו בפגיעת פשפש קשה מאד של 30.7%, גלוטן אינדקס לא ירד מתחת לסף המקובל בישראל של 40%. לעומת זאת בזן ברקאי פגיעה דומה גרמה לירידת האינדקס ל-29.2% ולפסילת החיטה לקמח. ככל הנראה, הדבר מצביע על סבילות גבוהה יותר לפגיעת הפשפש בזן בר ניר בהשוואה לזן ברקאי.

בקבוצת הטיפול (החיטה המאולחת), אחוזי הגרגרים הפגועים על ידי הפשפש בשני הזנים הנבדקים, בר ניר וברקאי, היו כמעט זהים: 10.92% ו-10.91% בהתאמה. היבול הממוצע לעציץ בזן בר ניר היה 11.8 גרם בביקורת (ללא פשפש) ו-11.16 גרם בטיפול (אילוח בפשפש). בזן ברקאי 9.94 גרם ו-10.06 גרם בהתאמה. ניתן לראות שפשפש לא גרם לנזק כמותי משמעותי לחיטה בשני הזנים.

משקל האלף בזן בר ניר היה 35.45 גרם בביקורת ו-32.86 גרם בטיפול. בזן ברקאי 30.97 ו-27.96 גרם בהתאמה. שבשני הזנים הפשפש גרם לירידה במשקל האלף כאשר בזן ברקאי הירידה משמעותית יותר בהשוואה לזן בר ניר.

בהשוואה בין הגרעינים הפגועים והגרעינים שאינם פגועים בתוך קבוצת הטיפול בשני הזנים נמצא שבזן בר ניר משקל האלף של הגרעינים שאינם פגועים היה 33.45 גרם לעומת 32.63 גרם בגרעינים הפגועים. ובזן ברקאי 28.76 גרם ו-21.35 גרם בהתאמה. בשני הזנים משקל האלף של הגרעינים שאינם פגועים גבוה ממשקל האלף של הגרעינים הפגועים. אך בזן ברקאי הירידה משמעותית יותר מאשר בזן בר ניר.

משקל הקטוליטר בזן בר ניר היה 70.94 ק"ג בביקורת ו-67.44 ק"ג בטיפול. בזן ברקאי 68.11 ק"ג ו-65.48 ק"ג בהתאמה. ניתן לראות שבשני הזנים המשקל ההקטוליטר בביקורת גבוה מין משקל הקטוליטר בטיפול.

בהשוואה בין הגרעינים שאינם פגועים והגרעינים הפגועים בתוך קבוצת הטיפול בשני הזנים נמצא שבזן בר ניר משקל הקטוליטר של הגרעינים שאינם פגועים הוא 69.48 ק"ג ושל הגרעינים הפגועים הוא 56.67 ק"ג ובזן ברקאי 67.98 ק"ג ו-49.63 ק"ג בהתאמה. ניתן לראות שבשני הזנים הפשפש גרם לירידה במשקל הקטוליטר אך בזן ברקאי הירידה משמעותית יותר מאשר בזן בר ניר.

בשני הזנים ברמת פגיעת הפשפש הנמוכה יותר (פחות מ-5%) נרשמו הערכים של איכות החיטה גבוהים יותר בהשוואה לפגיעת הפשפש חמורה יותר כאשר בזן ברקאי הירידה משמעותית יותר בהשוואה לזן בר ניר (טבלה 8).

3.2.3.2. הנזק של פשפש הקמה לזני חיטה עם מקור גנטי שונה בתנאי השדה.

בניסוי שדה שנערך בשנת 2010 בקיבוץ דורות נמצא שבזן בר ניר בפגיעת הפשפש של 8.0% נרשם גלוטן אינדקס של 71.9%. בפגיעת הפשפש של 13.1% גלוטן אינדקס היה 13.1%. בזן ברקאי בפגיעת הפשפש של 2.7% נרשם גלוטן אינדקס של 42.0% כאשר בפגיעת הפשפש ב-10.1% גלוטן אינדקס היה 16.7%. ללא פגיעת הפשפש גלוטן אינדקס בזן בר ניר היה 93.1% לעומת 42.7% בזן ברקאי (טבלה 9). בניסוי שדה שנערך בשנת 2011 בחוות מרכז של מרכז וולקני שוב התקבלו התוצאות המצביעות על סבילות רבה של זן בר ניר לפגיעת הפשפש. באחוז דומה של גרעיני החיטה הפגועים בשני הזנים: 3.8% בברקאי ו-3.6% בבר ניר גלוטן אינדקס היה 37% ו-78% בהתאמה (טבלה 9). יש לציין שגם במבחני זנים באזורים שונים בארץ לזן בר ניר ערכים של גלוטן אינדקס דומים לזה שקיבלנו בניסויים (ראה סעיף הבא). התוצאות מצביעות על כך שזן בר ניר מתאפיין בגלוטן אינדקס בסיסי גבוה מזן ברקאי. לכן בזן בר ניר אפילו בפגיעת פשפש קשה של 8%, גלוטן אינדקס היה די גבוה: 72% ולא ירד מתחת לסף המקובל בישראל: 40%. רק בפגיעה של

13% הגלוטן כמעת התפרק. לעומת זאת בזן ברקאי פגיעה ברמה של 2.7% גרמה לירידת האינדקס ל- 42% - המצב גבולי לפסילת החיטה לקמח. ב- 10% פגיעת בפשפש גלוטן אינדקס היה נמוך מאד של 17%. התוצאות של ניסויי שדה מחזקות את התוצאות משנים קודמות הן במבחני זנים והן בניסוי מבוקר בבית הגידול. ככל הנראה, הדבר מצביע על סבילות גבוהה יותר לפגיעת הפשפש בזן בר ניר בהשוואה לזן ברקאי.

אילוח זן גורן בחוות המרכז גרם להתפרקות טוטלית של גלוטן. בפגיעת גרעיני חיטה מזן זה ב- 12% נרשם גלוטן אינדקס של אפס. אך גם בפגיעה בפשפש יחסית נמוכה של 1.3% זן זה היה חלש: במבחן זנים בעכו נרשם גלוטן אינדקס של 17.4% (ראה סעיף הבא).

3.3. השפעת זני חיטה על נגיעות בפשפש ומידת הנזק לאיכות הגלוטן.

בתקופה המדווחת ברוב האזורים בארץ הפשפש לא היה הגורם המכריע באיכות הגלוטן. בשנת 2009 בניתוח של 84 דוגמאות מכל מבחני הזנים הנבדקים הקשר בין פגיעת גרגרי חיטה בפשפש וגלוטן אינדקס היה חלש: $R^2 = 0.0168$ (איור 2). מגמה דומה נצפתה גם בכל מבחן זנים בנפרד (ראה דוח 2008).

בניתוח כולל של ארבעה מבחני זנים ובכל אחד מהם ניתן לבדוד קבוצת זנים עם גלוטן חזק: בר ניר, בית השיטה ורותם. יש לציין שגלוטן אינדקס בזן בר ניר באף דוגמה לא ירד מתחת ל-55%. ברוב הבדיקות נרשמו הערכים מעל 90%. הזנים גורן, תשרי וגליל היו חלשים מאד. הממוצעים של אינדקס גלוטן בזנים אלה היו מתחת ל-40% (טבלאות 10-14). פרוש הדבר: פסילת החיטה לקמח. ברור שלזנים עם גלוטן אינדקס גבוה יכולת לעמוד מפני פגיעת פשפש הקמה גבוהה יותר. לעומת זאת פגיעת הפשפש בזנים חלשים עלולה לגרום לפירוק הגלוטן והתוצאה המעשית: פסילת חיטה לקמח.

בשנת 2010 תוצאות הבדיקות של 262 דוגמאות מכל מבחני הזנים הנבדקים מצביעות שבשנה מדווחת ברוב מוחלט של החלקות הנבדקות אחוז גרעינים פגועים בפשפש היה נמוך מאוד: 0-0.5%. ברמת הפגיעה זו הפשפש לא השפיע על גלוטן אינדקס (טבלאות 15-24). רק בחלקות בודדות הפגיעה בפשפש הייתה נכרת. התוצאות מצביעות שזן BRBL-1 במבחן זנים שנערך בנגב, היה פגום ביותר בפשפש: 2.1-2.4% כאשר זנים אחרים היו פגועים ב-0.1-1.0%. במקרה זה נרשמה ירידה באינדקס גלוטן בזן BRBL-1 בהשוואה לזנים אחרים באותו מבחן (טבלה 17). התופעה לא חוזרת על עצמה במבחני זנים ברבדים ובחוות עדן (טבלאות 18,19). במבחנים אחרים זן זה לא נבדק. כמו כן יש לציין שבזן איילון במבחן זנים בעכו בשתי החזרות הנבדקות נמצאה רמת הפגיעה בפשפש די גבוהה: 5.9 ו-9.0% כאשר זנים אחרים היו פגועים בפשפש ברמה הרבה יותר נמוכה: 0-1.4%. גלוטן אינדקס באיילון במבחן זנים זה נרשם נמוך מאוד לעומת זנים אחרים. אך יש לציין שבחלק מין הזנים האינדקס היה נמוך גם ללא פגיעה בפשפש (טבלה 23). במבחנים אחרים שנבדקו זן איילון לא השתתף.

התוצאות מצביעות שגם השנה הייתה קבוצת זנים עם גלוטן חזק. בניתוח כולל של 9 מבחני זנים (טבלה 15) ובכל אחד מהם (טבלאות 16-24) הזנים החזקים הם: בר ניר (13 חלקות), ה-813 (4

חלקות), ה. 3791 (4 חלקות), שפיר (8 חלקות) ובנימין (4 חלקות). בשנים הקודמים הזנים המובילים בערכים של גלוטן אינדקס היו בר ניר, בית השיטה ורותם. השנה בית השיטה ורותם לא השתתפו במבחני זנים. הזן שמוכיח את עצמו בכל המבחנים ובמשך השנים הוא זן בר ניר. יש לציין שגלוטן אינדקס בזן בר ניר באף דוגמה לא ירד מתחת ל- 78% כאשר ברוב הבדיקות נרשמו הערכים מעל 90%. הזנים שוהם, גורן, בית שאן, איילון, נירית, גליל, BRM-H ועומר נמצאו חלשים מאוד. הממוצעים של אינדקס גלוטן בזנים אלה היו מתחת ל- 40% (טבלאות 15-24). פרוש הדבר: פסילת החיטה לקמח. ברור שלזנים עם גלוטן אינדקס גבוה יכולת לעמוד מפני פגיעת פשפש הקמה גבוהה יותר. לעומת זאת פגיעת הפשפש בזנים חלשים עלולה לגרום לפירוק הגלוטן והתוצאה המעשית: פסילת חיטה לקמח. זנים גורן וגליל גם בשנים קודמות היו חלשים. לגבי זנים אחרים אין להסיק מסקנה סופית בגלל אוכלוסיית הנתונים קטנה (פרט לעומר).

התוצאות שהתקבלו מצביעות על כך שבתקופה המדווחת ברוב האזורים בארץ הפשפש לא היה הגורם המכריע באיכות הגלוטן. אומנם יש לזכור שבשנים הקודמות כאשר אוכלוסיית הפשפש הייתה רבה יותר ואחוז הגרעינים הפגועים היה גבוה יותר גם השפעתו על גלוטן אינדקס הייתה משמעותית ובגדול. לדוגמה, בשנת 2006 בניתוח של כל הדוגמאות שנבדקו באותה השנה, הפשפש היה מהוה כ-30% מכל הגורמים שהשפיעו על איכות הגלוטן (איור 3).

בשנת 2011 במבחן זנים בדורות נבדקה עדיפות של זני חיטה לפשפש הקמה. הזנים זהיר, בית שאן וחיטת מספוא 37 נמצאו מועדפים על הפשפש. בזנים אלה נרשמו לקראת הקציר 14, 8 ו-9 בוגרים צעירים למ"ר בהתאמה כאשר אוכלוסיית הפשפש ברוב הזנים הייתה 0-3 פרטים למ"ר (טבלה 25).

3.4 זיהוי אנזימים ברוק פשפש הקמה ובגרעינים פגועים

על מנת לבצע ניסויי מעבדה לבידוד ולזיהוי חלבונים המכילים אנזימי פרוטיאזות ואמילאזות ברוק פשפש הקמה ובגרעינים פגועים, נאספו בוגרים של פשפש החורף אשר פולשים לשדות חיטה באביב וניזונים בעיקר מגבעולים ועלים של חיטה בשלב ההשתבלות והפריחה וגורמים נזק כמותי ליבול, ובוגרים הצעירים מהדור החדש אשר ניזונים מגרעינים בדרגות התבשלותם השונות וגורמים נזק לאיכות החיטה. כמו כן נאספו בוגרים במצב התרדמה. בשלב ראשון, הופקו חלבוני בלוטות הרוק מבוגרי הפשפש שנאספו בשלושה מועדים שבהם החרקים מצויים בשלושה מצבים שונים, כגון: תרדמת חורף, בוגר הפולש והבוגר הצעיר. פרופילי החלבונים נבחנו באלקטרופורזה חד ממדית. כדי לבחון איזה חלבונים נדלקים לאחר התרדמה נעשתה השוואה בין אלקטרופורזות של הפשפש בשלושת מצבי הבוגר: תרדמה, בוגרים לאחר תרדמת החורף ובוגרי דור חדש. התוצאות מצביעות שקיימים הבדלים בפרופיל החלבונים בבוגרי הפשפש בין מועדי השנה השונים כאשר הפשפש נמצא בתנאי התזונה והמצבים הפיזיולוגיים שונים (איור 4, עמודות 1,2,3). התופעה זו חוזרת על עצמה בהרצת גלים נוספים כאשר נבדקו בוגרים באותם המועדים אך מאתרים שונים (איורים 5,6). מאידך בפרופיל החלבונים ממצוי בלוטות רוק של זכר לעומת נקבה בזמן מקביל, לא נראו הבדלים ברורים (איור 4, עמודות 1,2,3 לעומת עמודות 4,5,6 בהתאמה, איורים 5,6).

לאחר שנמצאו הבדלים באלקטרופורזה החד ממדית בין הזמנים השונים נבחנו ההבדלים ע"י אלקטרופורזה דו ממדית. בכדי לוודא שאכן אלה חלבונים המתבטאים לאחר תרדמה נבחרו חלבונים בגלים אשר נראים בגלים של בוגרים לאחר תרדמה (פברואר), ובגלים של בוגרים צעירים מדור חדש (יוני), אך אינם נראים בגלים של בוגרים בתרדמה (נובמבר) (איורים 7,8). הספוטים שנלקחו לזיהוי הוצגו בטבלה 26.

קביעת רצף חומצות האמינו בחלבונים השונים אשר נעשתה בשיטת ה- *LC/MS* במרכז לפרוטאומיקה בטכניון שבחיפה, וסיכום פונקציות של חלבונים אשר זוהו בספוטים, נמצא בטבלאות 27, 28.

במבחן Texture Analyzer לא נמצאה השפעה של מיצוי חלבוני בלוטת רוק החרק (בנוכחות או בהעדר מעכבי פרטאזות) על קריסת הבצק בשני מעודי התפתחות הפשפש (הפולש והצעיר של דור חדש) בריכוז הנבחר. קיים הבדל מובהק בין הביקורת השלילית (בצק מקמח אמריקאי HRW בתוספת 7% קמח ישראלי מזן גליל פגוע בפשפש) לבין שאר הטיפולים. הוספת מיצוי חלבוני רוק החרק שנאספו מהשדה בחודש מאי בו חלה הפגיעה המשמעותית יותר בשדה מבין שני המועדים של נזק לחיטה שנגרם ע"י הפשפש, גרמה לקריסת בצק בשיעור לא משמעותי של 14%. בחודש פברואר התקבלה ירידה מינורית של כ 7% בין הביקורת לטיפול בתוספת מעכבי פרטאזות. למעכבי פרטאזות ללא EDTA לא היתה השפעה על הבצק בכל הטיפולים. (איור 9). נוסו גם דוגמאות של 0.5 גרם קמח עם אותה כמות חלבון מהחרק וגם בהן הבצק לא קרס.

3.5 ממשק הדברה

יש לציין שבתקופה המדווחת נרשמה אוכלוסיית הפשפש נמוכה מאד ולכן לא היה צורך בטיפולים כימים למניעת נזקים של פשפש הקמה. התוצאות שהתקבלו בשנות ריבוי המוני של פשפש מצביעות על כך שכל הפירתרואידים שנבדקו (באיטרואיד, טיטאן, טלסטאר, סימבוש) וגם זרחן אורגני תיונקס IGRi רימון היו פעילים מאד נגד נימפות הפשפש. הטיפול הקטין באופן משמעותי את הנזק של הפשפש ועקב כך שיפר את איכות הגלוטן. טיפול אחד במועדים שונים הקטין אוכלוסיית הפשפש לרמה לא מסוכנת לאיכות החיטה ושיפר את רמת אינדקס הגלוטן. בקיבוץ בארי על רקע צפיפות אוכלוסיית פשפש גבוהה (18-30 פרטים למ"ר ערב הקציר בחלקות לא מטופלות), הטיפול נגד נימפות בוגרות היה יעיל ביותר בין הטיפולים במועדים שונים מבחינת הדברת הפשפש (עד לאפס) ויעיל ביותר מבחינת שמירה על אינדקס הגלוטן (100%). טיפולים במועדים שונים לא השפיעו משמעותית על מדדי יבול הגרעינים. סיכום הנתונים שהצטברו עד היום מאפשר לקבוע, אומנם בהסתייגות ובזהירות, שסף הפעולה נגד בוגרים פולשים הוא כ-2-1 למ"ר, ונגד הנימפות 4-6 למ"ר. פגיעת גרגרי חיטה על ידי הפשפש ברמה של 1-4% עלולה לגרום לירידה בגלוטן אינדקס מתחת לסף של 40%. הדבר תלוי במידה רבה בזן החיטה. יש לציין שסף פעולה תלוי בהרבה גורמים: תנאי מזג האוויר, התאמה בין פנולוגיית הפשפש לבין פנולוגיית החיטה, תכונות גנטיות של זן, גידול קודם, איכות הגלוטן הבסיסי (שגם תלוי באותם הגורמים), מצב פיזיולוגי של החרק, פעילותם של

טפילים ותורפים ועוד. לכן כדי להגדיר ספי פעולה דיפרנציאליים ומדויקים יותר יש צורך באסיפת נתונים נוספים.

3.6 פיתוח שיטת זיהוי גרעיני חיטה פגועים בפשפש הקמה על ידי המכשיר ה-NIRS

על מנת לשפר את השיטה לקביעת אחוז הגרעינים הנגעים על ידי הפשפש, בוצעו הכנות לאבחון המכשיר ה-NIR ספקטרומטר. למשימה זו בוצע מיון וויזואלי של גרעיני חיטה מזן גליל. הגרעינים פגועים הובדלו מגרעינים בריאים ונוצרו דוגמאות גרעינים עם דרגות שונות של פגיעת הפשפש, כגון: 0, 5, 10, 20, 50, 100%. הדוגמאות שימשו לכיול ראשוני המכשיר ה-NIRS במעבדה של ד"ר בונפיל במרכז גילת (איור 10). לאחר מכן דוגמאות אלה יחד עם כל הדוגמאות שבהם נקבע אחוז הגרגרים הפגועים בפשפש נסרקו על ידי מכשיר NIRS בתחום 400-2500 ננומטר ובוצע שיפור לכיול הראשוני לאינדקס גלוטן, גלוטן רטוב ומידת הפגיעה מפשפש הקמה. כיול זה מראה כי ברמות אילוח גבוהות ניתן להגיע לכיול, אך ברמות אילוח נמוכות רמת השגיאה גבוהה מאוד ולכן הכיול יצטרך לעבור שיפור נוסף ולאחר מכן אימות.

4. מסקנות

- ❖ המקומות המועדפים לחריפת הפשפש בישראל הם עלוות עצי שיטה, איקליפטוס, ברוש ואורן לעומת עץ אלון בארצות אירופה.
- ❖ משקל הבוגרים החורפים ויחס בין המינים מבטא את המצב הפיזיולוגי של הפשפש ומהווה כלי לתחזית ההתרבות והנזק של פשפש הקמה בעונה הקרובה.
- ❖ בשנות 2008-2011 בישראל פשפש הקמה נמצא בשלב של דפרסיה במחזור התפתחותו רב שנתי המתאפיין באוכלוסיה נמוכה הן של בוגרים החורפים (הפולשים) והן של הנימפות והבוגרים הצעירים של דור חדש. לעומת זאת בשנות 2002-2006 הפשפש היה בשלב של ריבוי המוני.
- ❖ פזורת הפשפש בשדה בתקופת הדפרסיה מתאפיינת בריכוז של אוכלוסיית הפשפש ברצועת השדה הסמוכה לשוליים עד ל-20 מטר. לעומת זאת בשנות ההתפרצות הפשפש מתפשט לעומק השדה כאשר השוליים עם אוכלוסיית הפשפש יותר גבוהה מתרחבת ל-50 מטר לפחות.
- ❖ פנולוגיה של פשפש ביחס לפנולוגיה של חיטה בשנות הדפרסיה מתאפיינת באיחור בהתפתחות הפשפש ביחס לחיטה כאשר דרגות התפתחותו המזיקות ביותר (נימפות ובוגרים צעירים) מופיעות בשלבי הבשלת חיטה של סוף דוג – הבשלה מלאה בשונה בהשוואה לשנות התפרצות הפשפש כאשר אותם הדרגות של פשפש נרשמים בשלבי הבשלת חיטה מוקדמים יותר – הבשלת חלב ודוג.
- ❖ בתקופה המדווחת ברמת פגיעת הגרעינים בפשפש הנמוכה של 0-1% הפשפש לא היה גורם מכריע בהשפע על גלוטן אינדקס ולא גרם לפסילת רוב רובו של יבול החיטה לקמח. לעומת זאת בחלק מין הדוגמאות של חיטה פסולה (1-3% מין היבול), הרמה של פגיעת הגרעינים בפשפש היגיעה ל-2.0-4.6%. כאן הפשפש היה אחד הגורמים המרכזיים לפסילת החיטה לקמח. בשנות התפרצות הפשפש כאשר רמת הפגיעה בגרעינים היתה גבוהה – 3-10% ויותר, אחוז הפסילה

של חיטה לקמח באזורים מסוימים היגיעה עד 35% ופשפש היה מהוה כ-30% מכל הגורמים שהשפיעו על איכות הגלутן.

❖ רמת הנזק של פשפש הקמה אשר בא לידי ביטוי בירידת גלוטן אינדקס, תלויה באופן ישיר ברמת פגיעת הגרעינים בפשפש. הירידה החדה בערכי גלוטן אינדקס נרשמה ברמת פגיעת הגרעינים בפשפש ב- 3-4%. ירידה בגלוטן אינדקס כתוצאה מפגיעת הפשפש תלויה גם ברמה התחלתית (בסיסית) של איכות הגלוטן. כאשר רמת גלוטן אינדקס ללא פגיעת הפשפש הבוהה (70-90%), פגיעת פשפש עד 4% לא מורידה את גלוטן אינדקס מתחת לסף של 40% (קביל בתחנות קבלה של חיטה מקומית בשעת קציר). לעומת זאת, כאשר רמה התחלתית (ללא פגיעת הפשפש) של גלוטן אינדקס נמוכה (40-60%), פגיעה ב-4% גורמת לירידת גלוטן אינדקס מתחת לסף המקובל (החיטה פסולה לקמח).

❖ כל מדדי איכות החיטה (משקל אלף, משקל הקטוליטר, גלוטן אינדקס) בגרעינים הפגועים בפשפש נמוכים יותר ביחס לגרעינים הבריאים.

❖ פגיעת הפשפש בדרגה עד כ-10% לא משפיע על כמות הגלוטן ולא גורמת נזק כמותי לחיטה.

❖ מבין הזנים בר ניר (האלופלאזמי) לזן ברקאי (האופלאזמי) אין זן מועדף על הפשפש מצד אחד, או זן העמיד בפני נגיעות בפשפש מצד שני. אך הזן בר ניר נמצא בעל סבילות לפגיעת הפשפש בהשוואה לזן ברקאי. הדבר הוכח בניסויים בבית הגידול, ניסויי שדה ובמבחני זנים רבים.

❖ הזנים זהיר, בית שאן, BRBL1, איילון וחיטת מספוא 37 נמצאו מועדפים על הפשפש.

❖ הזנים בר ניר, בית השיטה, בנימין, שפיר, רותם, ה.813, ה.3791 הם בעלי גלוטן חזק ומסוגלים לסבול פגיעת הפשפש עד 2-5%.

❖ הזנים איילון, גורן, גליל, נירית, עומר שוהם ו-BRM-H נמצאו כבעלי גלוטן חלש הפגיע כבר בפגיעת הפשפש ברמה של 1-2%.

❖ קיימים הבדלים בפרופיל החלבונים בבוגרי הפשפש בין מועדי השנה השונים כאשר הפשפש נמצא בתנאי התזונה והמצבים הפיזיולוגיים שונים: בוגר חורף (בתרדמה), בוגר פולש (ניזון מעלים וגבעולים של חיטה) ובוגר צעיר מדור חדש (ניזון מגרעינים). בפרופיל החלבונים ממיצוי בלוטות רוק של זכר לעומת נקבה בזמן מקביל, לא נראו הבדלים ברורים. המשך זיהוי של החלבונים אלה יקדם את ההבנה במנגנון פעילותו של המזיק וייתן כלי לזיהוי מהיר של גרעיני חיטה פגומה ויאפשר להתמודד איתו ללא שימוש בחומרי הדברה.

❖ המכשיר ה-NIR ספקטרומטר יאפשר ליעל את השיטה לזיהוי גרעיני חיטה פגועים בפשפש הקמה ולהפוך אותה לתקנית ובלתי תלויה בסובייקטיביות בן אדם.

❖ סיכום הנתונים שהצטברו עד כה מאפשר לקבוע ממשק בקרת פשפש הקמה ברמה תת כלכלית הכולל: זן בעל גלוטן חזק, אגרוטכניקה מתאימה (גידול קודם, דישון ועוד) להיווצרות גלוטן גבוה ואיכותי, במידת הצורך (סף הפעולה) שימוש בקוטלי חרקים פעם בעונה, עדיף בשלב הבשלת הגרעין, קציר מהיר להקטנת נזק הפשפש ולמניעת השלמת התפתחותו לקראת העונה ה

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
לשפר איכות החיטה למאכל בישראל על ידי פתוח ממשק להדברת פשפש הקמה המאפשר בקרת אוכלוסיית הפשפש ברמה תת כלכלית ולשמור על הרווחיות גידול חיטה בארץ. לבודד ולזהות חלבוני רוק הפשפש.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
נערכו ניסויים ותצפיות שדה על מנת ללמוד את ביולוגית הפשפש בארץ והשפעתו על איכות החיטה. נמצא שמשקל הבוגרים החורפים ויחס בין המינים מבטא את המצב הפיזיולוגי של הפשפש ומהווה כלי לתחזית התרבות והנזק בעונה הקרובה. כפי שחזינו, בשנות הדיווח נרשמה ירידה באוכלוסיית הפשפש. לראשונה, בתנאי ניסוי שדה מבוקר ובבית גידול, נמצא שמקור גנטי של זני חיטה משפיע על מידת נזק הפשפש. הזן בר ניר נמצא סביל לפגיעת הפשפש. נבדקה פגיעת גרעיני חיטה בפשפש הקמה במבחני זנים, במחסני אחסון ובחיטה פסולה לקמח. הקשר בין פגיעת הפשפש וגלוטן אינדקס השנה היה נמוך בכל אזורי הארץ. נאספו בוגרים חורפים וצעירים של פשפש ובוצע מיון גרעיני חיטה פגועים ובריאים לפיתוח שיטת זיהוי גרעינים פגועים על ידי NIRS ולאנליזות ביוכימיות. התקבל פרופיל חלבונים ברוק הפשפש.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
פירוט המסקנות ראה בגוף הדו"ח (עמ. 17-18). ניתן ליישם רוב ממצאי הדו"ח: לחוזות רמת הריבוי של פשפש הקמה לפי מצבו בתרדמה, לשנות רשימת זנים לזריעה לפי חוזק הגלוטן, להוציא מן המזרע זנים חלשים, במידת הצורך ליישם קוטלי חרקים נגד פשפש בהתאם לסף הפעולה, מועד המומלץ, אופן פזורת הפשפש (טיפול בשוליים) ועוד. המשך המחקר יש למקד בכיוונים הבאים: פיתוח שיטות אימונולוגיות ו/או פיסיקאליות לזיהוי גרעיני חיטה פגועים בפשפש הקמה, זיהוי ובידוד גנים אחראים על סבילות גרעיני חיטה לפגיעת הפשפש, פיתוח ספי פעולה דיפרנציאליים לפי קבוצות זנים בעלי גלוטן חזק וחלש נגד הפשפש, עדכון רשימת קוטלי חרקים המותרים לשימוש נגד הפשפש לאור דרישות עכשוויות לקוטלי חרקים. מטרות המחקר הושגו.
בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר?
בגלל רמת אוכלוסיית הפשפש הנמוכה יש צורך בנתונים נוספים כדי לקבוע ספי הפעולה. יש להמשיך בדיקות לבידוד וזיהוי חלבוני רוק הפשפש והשפעתם על איכות הגלוטן.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פנטטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Menasherov, M., Yasinov, G., Naftaliyahy, U., Zohar, D., Kitain, S. 2009. Management of Sunn pest <i>Eurygaster integriceps</i> Put. for improvement wheat quality in Israel. Isragri, 2009-2010, 18-19. בונפיל ד., כהן ד., אסידו ס., אלאטראש ס., קוסטייובסקי מ., יאסינוב ג., סבוראי ט., נפתליהו ע. 2010. אינדקס גלוטן – תמונת מצב 2009. ניר ותלם, 23: 16-21 בונפיל ד., כהן ד., אסידו ס., אלאטראש ס., קוסטייובסקי מ., יאסינוב ג., סבוראי ט., הר גיל ד., נפתליהו ע., 2011. ניר ותלם. 31: 17-21 פשפש הקמה: תמונת מצב ותחזית ל-2009. הרצאה בכנס פלחה 13.1.09 בבית דגן פשפש הקמה וגלוטן אינדקס. הרצאה בדיון בכנס פלחה 22.8.11. בבית דגן
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
◀ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) V
◀ חסוי – לא לפרסם
האם בכונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? - כן

טבלה 1. משקל ויחסי המין של פשפש הקמה בתרדמה והתפתחותו בשדה בעונה הקרובה. שנים של דפרסיה כנגד שנת התפרצות.

אחוז גרעינים פגועים	הפשפש הצעיר מס' למ"ר	הפשפש הפולש מס' למ"ר	יחסי זכר:נקבה (1- נקבה)		משקל זכרים, מיליגרם		משקל נקבות, מיליגרם		עונת גידול החיטה
			לפני הפלישה	תחילת חורף	לפני הפלישה	תחילת חורף	לפני הפלישה	תחילת חורף	
0.1-1.1	0-0.6	0-0.1	1:1.6	1:1.4	93.4 ± 10.3	98.6 ± 8.6	102.6 ± 5.2	109.2 ± 3.2	2008/9
0.05-0.6	0-0.5	0-0.5	1:1.7	1:1.2	98.2 ± 3.7	108.5 ± 1.0	112.3 ± 4.8	119.8 ± 2.0	2009/10
0.2-1.9	0-0.7	0-0.6	1:0.6	1:2.3	91.7 ± 15.5	101.0 ± 1.1	97.1 ± 2.7	107.0 ± 2.0	2010/11
10-40	5-58	0.1-1.5	1:0.8	1:1.1	107.3 ± 4.1	111.3 ± 1.8	118.4 ± 2.1	124.3 ± 3.3	2002/3

טבלה 2. פזורת פשפש הקמה בתוך השדה בשנות דפרסיה מול שנות התפרצות.

שנות התפרצות 2003-2006				שנות הדפרסיה 2009-2011				המרחק מן שולי השדה, מטר
תל ספי		קיבוץ בארי		קיבוץ גזר		קיבוץ בארי		
הפשפש הצעיר ונימפות למ"ר	הפשפש הפולש למ"ר	הפשפש הצעיר ונימפות למ"ר	הפשפש הפולש למ"ר	הפשפש הצעיר ונימפות למ"ר	הפשפש הפולש למ"ר	הפשפש הצעיר ונימפות למ"ר	הפשפש הפולש למ"ר	
3-20	0.3-2.5	5-60	0.5-3.5	0.2-0.6	0.1-0.3	0.3-0.8	0.1-0.5	0-20
1-10	0.2-1.0	1-10	0.3-1.0	0.1-0.2	0-0.1	0.1-0.3	0-0.1	20-50
0.2-1.0	0.1-0.4	0.3-1.5	0.1-0.5	0-0.03	0	0-0.05	0	50-200

הנתונים הם תווך ממוצעים בשנים ושדות שונים

טבלה 3. פנולוגיה של פשפש הקמה ביחס לפנולוגיה של חיטה באזורים שונים בשנות דפרסיה מול שנות התפרצות.

א. שנות דפרסיה 2009-2011

מועד		פנולוגיה של פשפש הקמה	זן	מקום	איזור
פנולוגי של חיטה	קלנדארי				
התארכות הפרקים	תחילת - אמצע ינואר	תחילת הפלישה	גדרה	קיבוץ בארי	הנגב המערבי
תחילת השתבלות	סוף ינואר - תחילת פברואר	סוף הפלישה			
פריחה - הבשלת החלב	סוף פברואר - תחילת אפריל	הטלת ביצים			
מילוי הגרעין - הבשלת הדונג	מרץ - אפריל	נימפות 1-3			
הבשלת החלב-הדונג	אפריל - תחילת מאי	נימפות 4-5			
הבשלת הדונג - המלאה	סוף אפריל- מאי	בוגרים צעירים			
התארכות הפרקים	אמצע פברואר	תחילת הפלישה			
תחילת השתבלות	אמצע מרץ	סוף הפלישה			
תחילת מילוי הגרעין- תחילת הבשלת הדונג	סוף מרץ - תחילת מאי	הטלת ביצים			
מילוי הגרעין - הבשלת הדונג	אפריל – תחילת מאי	נימפות 1-3			
הבשלת הדונג	מאי	נימפות 4-5			
סוף הבשלת הדונג - מלאה	סוף מאי - יוני	בוגרים צעירים			

ב. שנות התפרצות 2003-2006

מועד		פנולוגיה של פשפש הקמה	זן	מקום	איזור
פנולוגי של חיטה	קלנדארי				
התארכות הפרקים	תחילת ינואר	תחילת הפלישה	גדרה	קיבוץ בארי	הנגב המערבי
תחילת השתבלות	סוף ינואר	סוף הפלישה			
פריחה - הבשלת החלב	פברואר - תחילת אפריל	הטלת ביצים			
מילוי הגרעין - הבשלת החלב	מרץ	נימפות 1-3			
הבשלת החלב – תחילת הדונג	אפריל	נימפות 4-5			
הבשלת הדונג - המלאה	סוף אפריל- תחילת מאי	בוגרים צעירים			

טבלה 4. פגיעה בפשפש הקמה בחיטה מקומית המאוחסנת למלאי חירום, 2010-2011

הגרעינים פגועים בפשפש %				שם המחסן	מקום	איזור
2011		2010				
min-max	ממוצע	min-max	ממוצע			
0-1.3	0.7	0-3	1.7	תענכים	תענכים	דרום עמק יזרעאל
0-1.6	0.8	0.4-2.8	1.5	ארבל	מנפסת העמק	עמק יזרעאל
0.2-0.9	0.5	0-0.5	0.2	גלבוע	מנפסת העמק	עמק יזרעאל
0-0.8	0.3	1.7-3.5	2.6	תבור	מנפסת העמק	עמק יזרעאל
0-1.1	0.4	0-1.9	0.6	כנרת	יושיביה	נגב
0-0.9	0.4	0-0.3	0.1	דרור	יושיביה	נגב
0-0.5	0.2.	0-0.1	0.05	שקד	נתיבות	נגב

טבלה 5. פגיעה בפשפש הקמה בחיטה מקומית פסולה לקמח, 2010-2011

הגרעינים פגועים בפשפש %				שם המקום	איזור
2011		2010			
min-max	ממוצע	min-max	ממוצע		
		0.6-3.4	2.0	מנפסת העמק	עמק יזרעאל
0.6-2.4	1.7	1.9-3.2	2.5	עד הלום	מישור החוף הדרומי
		3.9	3.9	מנוחה	חבל לכיש
		0.1-0.3	0.2	קרית גת	חבל לכיש
0-4.6	1.6	0.1-5	1.7	יושיביה	נגב

טבלה 6. השפעת פגיעת הפשפש בגרעיני חיטה על כמות ואיכות הגלוטן. קיבוץ בארי

% הפרש אינדקס	הפרש אינדקס	% אינדקס גלוטן		% גלוטן		% פגיעת הפשפש	קבוצות לפי אחוז הגלוטן ואינדקס גלוטן בביקורת
		השהיה שעתים	ללא השהיה	השהיה שעתים	ללא השהיה		
24	18.3	57	75	21.8	23.0	0	א
34	26	51	77	21.5	23.2	1	
33	23	46	69	21.8	23.3	2	
27	19	51	70	22.4	22.8	3	
81	37	9	46	21.1	23.1	4	
76	42	13	55	21.4	23.5	6	
27	25	68	93	19.7	20.5	0	ב
35	33	59	92	19.2	20.8	1	
37	35	58	93	19.0	20.6	2	
46	39	47	86	19.0	20.5	3	
53	45	41	86	19.2	21.1	4	
73	62	23	85	17.7	20.5	6	

טבלה 7. השפעת פגיעת הפשפש על איכות הגלוטן בזנים אופלסמים ואלופלסמים של חיטה.
 החיטה גודלה בפיטוטרון של מכון הוולקני ואולחה בבוגרים חורפיים של פשפש הקמה

R^2	ירידה באינדקס גלוטן (%)	אינדקס גלוטן (%)	פגיעת הפשפש (%)	זן החיטה
-0.9097	65.1	29.2	27.3	חיטה אופלסמית (Euplasmic) ברקאי
	54.3	38.2	15.3	
	7.7	77.1	3.8	
	0	88.6	0	
-0.9683	55.7	40.0	30.7	חיטה אלופלסמית (Alloplasmic) בר ניר
	38.9	55.1	14.2	
	-6	95.8	6.3	
	0	90.3	0	

טבלה 8. השפעת פגיעת הפשפש על איכות החיטה מזנים אופלסמים ואלופלסמים.
 החיטה גודלה בפיטורון של מכון הוולקני ואולחה בבוגרים חורפיים של פשפש הקמה

זן	דרגות פגיעת הפשפש	אחוז פגיעת הפשפש	יבול מעציץ (גרם)	משקל אלף (גרם)	משקל הקטוליטר (ק"ג)
ברקאי חיטה אופלזמית (Euplasmic)	0	0	9.9 ± 3.10	31.00 ± 3.08	68.13 ± 5.01
	<5	2.04 ± 1.71	51.0 ± 2.45	31.78 ± 7.01	69.93 ± 5.27
	5-10	7.87 ± 1.69	59.5 ± 3.95	30.04 ± 4.06	66.41 ± 4.15
	10-15	12.72 ± 2.05	67.5 ± 2.66	28.94 ± 4.11	68.55 ± 7.77
	>15	18.98 ± 3.19	39.8 ± 1.34	22.44 ± 3.13	58.89 ± 4.18
בר ניר חיטה אלופלזמית (Alloplasmic)	0	0	11.8 ± 3.1	35.50 ± 2.90	70.90 ± 4.13
	<5	3.63 ± 0.62	12.13 ± 4.27	34.64 ± 6.56	73.00 ± 7.04
	5-10	8.46 ± 1.22	11.68 ± 2.33	32.5 ± 3.46	67.69 ± 8.63
	10-15	12.05 ± 1.78	10.05 ± 5.5	33.86 ± 5.60	66.35 ± 3.27
	>15	18.7 ± 0.78	6.66 ± 0.54	33.33 ± 2.30	70.33 ± 8.81

טבלה 9. השפעה פגיעת פשפש הקמה על איכות החיטה בזנים אופלזמים ואלופלזמים
 א. ניסוי שדה. דורות, 2010

זן	טיפול	משקל למטר מרובע (גרם)	משקל 1000 (גרם)	משקל הקטוליטר (ק"ג)	% פגיעת הפשפש	גלוטן (%)	אינדקס גלוטן (%)
בר ניר חיטה אלופלזמית (Alloplasmic)	מאולח	882.7±38.7	40.98±1.02	75.36±0.79	13.1±1.6 a	22.4±2.3 a	13.8±3.9 a
	לא מאולח	802.0±56.0	41.06±0.97	76.6±1.19	8.0±1.8 ab	27.2±4.0 a	71.9±8.6 c
	גרעינים לא פגועים בפשפש	-	-	-	0 c	25.5±2.2 a	93.1±3.3 c
ברקאי חיטה אופלזמית (Euplasmic)	מאולח	725.8±59.4	42.33±0.53	76.05±1.94	10.1±1.9 ab	25.8±5.6 a	16.7±10.7 ab
	לא מאולח	-	37.0	59.8	2.6±0.1 b	31.0±0.3 a	42.0±1.4 b
	גרעינים לא פגועים בפשפש	-	-	-	0 c	26.9±1.1 a	42.7±5.7 b

ב. ניסוי שדה. חוות המרכז, 2011

זן	טיפול	משקל 1000 (גרם)	משקל הקטולטר (ק"ג)	% פגיעת הפשפש	גלוטן (%)	גלוטן טוב (%)	אינדקס גלוטן (%)
בר ניר חיטה אלופלזמית (Alloplasmic)	מאולח	35.88±0.51 a	77.9±0.3 a	3.6±0.59 a	28.89±0.8 b	22.56±1.06 a	78.73±4.77 ab
	לא מאולח	36.63±0.34 a	77.6±0.3 a	0.63±0.12 b	27.43±0.65 b	24.74±0.23 a	90.62±2.91 a
ברקאי חיטה אופלזמית (Euplasmic)	מאולח	33.12±0.57 b	74.2±0.4 c	3.84±0.51 a	29.09±1.15 b	11.38±2.28 b	37.44±9.12 c
	לא מאולח	35.55±1.04 a	75.8±0.5 b	0.86±0.23 b	32.35±0.85 a	20.41±1.52 a	64.04±6.21 b

טבלה 10. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחני זנים, 2009

זן	אחוז גלוטן (min-max)	%אינדקס גלוטן (min-max)	גרגרים פגועים בפשפש % (min-max)	r ² תלות האינדקס בפגיעת הפשפש
ה.82	27.7 ± 0.6 (27-28.4)	13.7 ± 1.1 (12.6-14.8)	0.1±0 (0.1-0.1)	-
גורן	25.8 ± 1.3 (24.4-27.1)	17.6 ± 1.9 (15.7-19.6)	0	0
תשרי	23.6 ± 0.7 (22.8-24.3)	18.8 ± 2.7 (16.1-21.5)	0.6 ± 0.1 (0.5-0.7)	0.1
גליל	23.6 ± 1.01 (21.3-26)	32 ± 10.3 (8.1-52.7)	0	0
15א	27.7±1.2 (25.1-32.6)	18.1±2.6 (12.4-25)	0.28±0.1 (0-1)	0.19
נגב	25.1 ± 0.8 (22.4-28.8)	36.6 ± 9.1 (13.2-76.4)	0.18 ± 0.1 (0-1.2)	0.03
גדרה	27.6±1.2 (22.9-34.8)	48.1±6.1 (20.7-80.2)	0.01±0.04 (0-0.2)	0.05
12	24.7±0.2 (24.3-25.4)	50.8±9.7 (24.7-67.1)	0.48±0.1 (0.2-0.9)	0.098
זהיר	24 ± 0.7 (21.5-28.5)	58.4 ± 7.4 (18-92.9)	0.13 ± 0.05 (0-0.4)	0.44
15אג	22.9±0.3 (22.1-24.4)	60.8±8.1 (33.8-89.6)	0.2±0.06 (0-0.5)	0.006
אריאל	24±0.7 (22.5-26.8)	74.8±11.5 (31.2-93.5)	0.22±0.1 (0-0.8)	0.19
בית שאן	27.1 ± 1.9 (23-30.6)	80.8 ± 4.3 (70.8-91.8)	0.12 ± 0.04 (0-0.2)	0.08
הז.82	22.1 ± 1.2 (19.9-24.7)	81.1 ± 11.6 (46.2-95)	0.1 ± 0.02 (0-0.1)	0.098
רותם	24 ± 0.7 (20.6-25.8)	89.7 ± 3.8 (82.1-94.2)	0.4 ± 0.2 (0-0.8)	0.65
ב. השיטה	22.6±0.7 (20-26.6)	92.5±0.8 (89.9-95.5)	0.11±0.06 (0-0.5)	0.28
בר ניר	23.7 ± 0.6 (23.1-24.3)	96.9 ± 0.5 (96.3-97.4)	1.1±0.2 (0-1.3)	0.1

טבלה 11. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים בארי

זן	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	גרגרים פגועים בפשפש %
א 15	22.8	18.7	0.6
נגב	23	22.2	0
362	26	31.1	0
גדרה	27.6	32	0
12	24.6	35.7	0.7
זהיר	22.6	49.1	0
בית שאן	23.8	86.7	0.15
בית השיטה	22.4	91.8	0.25

טבלה 12. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים גליל עליון

זן	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	גרגרים פגועים בפשפש %
גליל	23.6	32	0
גדרה	26	48.5	0.05
נגב	24.3	49.1	0
אג 15	23.2	55	0.2
זהיר	23.7	62.2	0.07
אריאל	22.9	64.2	0
הז. 82	22.1	81.1	0.02
ב. שיטה	21.7	92.6	0.03

טבלה 13. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים

חוות עדן

זן	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	גרגרים פגועים בפשפש %
ה.82	27.7	13.7	0.1
א.15	27.9	17.5	0
גורן	25.8	17.6	0
נגב	28.8	17.7	0
362	31.4	19.5	0.2
זהיר	28	25.5	0.1
גדרה	33.9	29	0
בית שאן	30.4	74.8	0.1

טבלה 14. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים,

עמק יזרעאל

זן	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	גרגרים פגועים בפשפש %
362	25.8	47.7	0.5
נגב	24.1	57.3	0.7
12	24.9	65.8	0.2
א.ג.15	22.4	75.3	0.2
גדרה	24.7	76.9	0.1
אריאל	25.7	90.6	0.5
זהיר	22.1	92.8	0.4
בר ניר	23.7	96.9	1.1

טבלה 15. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחני זנים, 2010

מספר חלקות	גרגרים פגועים בפשפש % (min-max)	אחוז גלוטן (min-max)	אינדקס גלוטן % (min-max)	זן
13	0.3±0.1 (0-1)	29.6±1.3 (22.8-38.9)	91.7±1.7 (78.6-97.4)	בר ניר
4	0.2±0.2 (0-0.9)	34.8±1.6 (32.5-39.6)	89.1±6.8 (69.1-99.6)	ה.813
4	0.1±0.1 (0-0.2)	34.4±1.4 (31.7-38)	87.9±4.5 (74.6-93.9)	ה.3991
8	0.2±0.1 (0-0.4)	29.8±2.2 (23.2-37.4)	84.9±1.5 (85.3-97.9)	שפיר
4	0.4±0.2 (0-1)	28.0±0.4 (27-28.6)	81.2±5.9 (69.7-95)	בנימין
14	0.2±0.1 (0-1.1)	30±1.3 (24.3-39.8)	78.2±2.5 (56.6-91.6)	אג.42
2	0.1	31.3	77.5	VAA-13
10	0.2±0.07 (0-0.8)	26.5±0.8 (22-29.3)	77.2±4.5 (47.4-93.4)	ה.4501
14	0.1±0.1 (0-1.4)	29.7±1.1 (23-39.6)	75.3±5.1 (36.8-95.5)	אג.23
2	0.1	36.9	73	D-2
10	0.1±0.05 (0-0.3)	29.3±0.5 (25.4-31.2)	67.1±4.5 (43.9-84.8)	אג.53
4	0.8±0.1 (0-0.2)	38.5±1.8 (34.7-41.8)	66.7±3.9 (60.5-78)	אג.159
6	0.6±0.1 (0-0.2)	31.9±1.9 (25.3-36.9)	64.8±5.1 (47.2-82.4)	BRM-9
6	0.4±0.2 (0-1.4)	25.6±1.4 (20.1-29.3)	61.4±11.7 (22.7-92)	רותה
8	0.1±0.1 (0-0.4)	29.2±2.6 (22-39.4)	60.9±8.7 (26.5-88.6)	אפיק
9	0	24.6±0.6 (20.9-26.5)	60.8±8.3 (15.1-96.2)	ה.7337
17	0.5±0.1 (0-0.3)	29.3±0.8 (25.3-36)	56.7±6.3 (15-95.1)	זהיר

מספר חלקות	גרגרים פגועים בפשט % (min-max)	אחוז גלוטן (min-max)	אינדקס גלוטן % (min-max)	זן
4	0.4±0.2 (0-1)	39.2±0.5 (37.8-40.4)	56.2±6.7 (46.2-75.3)	ה.3979
6	0.2±0.1 (0-0.8)	30.2±3.2 (24.3-42.7)	54.6±7.2 (33.4-84.2)	יובל
2	0	35.1	53.1	D-1
10	0.1±0.1 (0-1.0)	27.5±0.9 (23.7-31.6)	52.9±8.3 (14.5-91.8)	אריאל
17	0.2±0.1 (0-0.8)	29.5±0.9 (23.5-39.4)	51.9±5.8 (9.6-93.5)	נגב
10	0.1±0.1 (0-0.4)	27.1±0.8 (20.7-31.3)	47.6±7.4 (19.1-84.5)	ה.3600
20	0.2±0.1 (0-1.1)	31.7±1 (24.7-41.4)	44±5.3 (9.5-88)	גדרה
12	0.2±0.1 (0-0.5)	27.7±0.8 (23.9-33.6)	43.4±6.5 (9.3-79.8)	אג.15
6	0.9±0.4 (0-2.3)	30.3±1.2 (27.8-34.3)	36.8±4.7 (25.3-58.4)	BRBL-1
12	0.1±0.1 (0-0.7)	29.6±1.7 (22.7-39.2)	31.6±3 (16.1-49.7)	עומר
2	0	29.3	31.5	GM-3
6	0.45±0.2 (0-1.3)	41.9±2.2 (34.8-47.7)	28.2±4 (19.5-44.8)	BRM-H
6	0.2±0.1 (0-0.9)	26.7±1 (24.5-28.5)	23.1±5.4 (14.1-49.4)	גליל
4	0.1±0.1 (0-0.2)	25.2±1 (22.7-27.1)	21±4 (16-33)	נרית
2	7.5	23.1	19	איילון
4	0.5±0.2 (0-1)	32.4±1.5 (29.2-35.1)	18.5±3.9 (8.7-27.9)	בית שאן
1	1.3	19.8	17.4	גורן
2	0.2	25.4	12.4	שוהם

טבלה 16. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
בית קמה, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.05	36.2	97.1	שפיר
0	36.6	92.3	ה.3791
0	36.2	89	אג.23
0.05	37.9	88.2	בר ניר
0	34.8	84.4	זהיר
0	36.9	84.3	ה.813
0	38.9	81.1	גדרה
0	37.5	74.7	אפיק
0.6	39.8	74.3	אג.42
0.1	36.9	73	D-2
0.05	41.5	70.4	אג.159
0.1	40.2	69	יובל
0	35.1	53.1	D-1
0.05	39.8	51.7	ה.3979
0	39.4	48.3	נגב
0.35	38.4	47.7	עומר

טבלה 17. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
בארי, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.45	32.6	93.9	ה.813
0.35	34.6	91.4	שפיר
0.15	32.1	83.4	ה.3791
0.7	34.9	82	בר ניר
0.55	33.8	80.2	אג.42
0.2	32.6	79.5	אג.23
0.1	32.8	71.8	זהיר
0.05	33.9	71.6	אפיק
0.1	35.5	62.9	אג.159
0.8	38.6	60.8	ה.3979
0.6	34.4	58.3	נגב
0.4	36.9	54.8	גדרה
0.3	32.5	43.4	אג.15
0.2	34.7	32	עומר
2.2	34.1	29.5	BRBL-1

טבלה 18. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים רבדים, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.05	28.3	96.5	בר ניר
0	27.6	91.1	בנימין
0.1	31.3	77.5	VAA-13
0.15	28.8	66.8	אג.42
0.05	26.6	60.3	ה.4501
0	28.1	58.7	אג.23
0.05	28.3	48	BRBL-1
0	30.3	46.3	אג.53
0	26.3	40.5	ה.7337
0.15	34.9	38.1	גדרה
0	29.1	34	זהיר
0	29.3	31.5	GM-3
0.05	31.9	30.5	נגב
0	27	21.2	ה.3600
0	29.4	17	עומר
0.05	28.6	13.2	אג.15

טבלה 19. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים חוות עדן, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.5	28.2	90.9	בר ניר
0	27.8	74.6	אג.42
0	30.5	73.7	אג.53
0.7	28.5	71.4	בנימין
0.6	28.9	68.3	ה.4501
0	26.3	44.4	ה.7337
0.7	29.6	42.3	אג.23
0.35	28.6	33	BRBL-1
0.1	30.2	28.9	גדרה
0.2	29.2	27.6	נגב
0.25	27.8	25.5	ה.3600
0.25	27.8	19.4	אג.15
0	27	16.4	זהיר
0.3	35	13.5	בית שאן

טבלה 20. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
ברקאי, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0	29.2	31.7	נגב
0	33	29.9	גדרה
0	28.7	25.6	רותה
0	29	23.5	עומר
0	29	15.6	אריאל

טבלה 21. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
עמק יזרעאל, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.75	24.7	95.9	בר ניר
0.05	23.8	86.2	ה.4501
0	23.4	85	רותה
0	24.8	83.2	אג.23
0	25.2	80.9	אג.42
0	25.4	78.6	נגב
0	26.4	75.7	BRM-0
0.2	26.7	73.5	אג.53
0	24.6	72.7	אריאל
0.25	24.9	62.6	אג.15
0	22	60.9	ה.7337
0	23.2	57	ה.3600
0	27	42.5	זהיר
0	35.5	31.6	BRM-H
0.1	26.9	30.7	גדרה
0.75	29.8	23.6	בית שאן

טבלה 22. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
בעל שפעה, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.21	23.9	95.6	שפיר
0.13	22.6	48.8	אפיק
0.2	25.2	47.4	יובל
0.05	23.2	34.5	עומר
0.08	25.5	21	נרית

טבלה 23. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
עכו, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
1.1	24.4	73.6	רותה
0.45	25.1	64.5	נגב
0.55	25.6	48	אריאל
0.2	25.8	36.2	זהיר
0.8	27.5	28.1	גדרה
7.45	23.1	19	איילון
1.3	19.8	17.4	גורן
0.6	24.6	17.2	גליל
0.2	25.4	12.4	שוהם

טבלה 24. פגיעת גרגרי חיטה בפשפש הקמה וגלוטן אינדקס במבחן זנים
גליל עליון, 2010

גרגרים פגועים בפשפש %	אחוז גלוטן	אינדקס גלוטן %	זן
0.05	26.6	94.1	בר ניר
0.03	27.7	87.4	אג.23
0.18	26.4	85.6	ה.4501
0.1	27.4	85.3	אג.42
0.03	27.7	77.1	זהיר
0	24.6	75	ה.7337
0.03	29.4	71	אג.53
0.18	28.6	67.2	ה.3600
0.05	29	64.4	גדרה
0	28.4	64	אריאל
0.08	26.1	61	אג.15
0.08	34.7	59.3	BRM-9
0	27.6	28.1	נגב
0.7	45.1	26.4	BRM-H
0	27.7	26.1	גליל

טבלה 25. אילוח זני חיטה בפשפש הקמה במבחן זנים בדורות.
לקראת קציר, 2011

מס' בוגרים למ"ר	זן
1	652XBOVALXM1
2	BRBL1
2	BSBL4
1	VAA13
1	VAB2 X צריה X M1 X M152 X M7
1	VAB2 X2 צריה X M1 X MESE
1	אוזן
1	אליאב
8	בית שאן
0	בר ניר
0	ברקאי
2	גבעתי
2	גורן
1	גליל
3	דורות 3
14	זהיר
9	מספוא37
1	רותה
1	תשרי

טבלה 26. הספוטים שנלקחו לזיהוי

הג'ל ממנו נלקח הספוט	נקודה איזואלקטרית	משקל מולקולארי (kDa)	מספר ספוט בג'ל (איורים 7,8)
♂, חזרה 2, פברואר	7.3	26	1
♂, חזרה 2, פברואר	7	26	2
♂, חזרה 2, פברואר	5.2	57	3
♂, חזרה 2, פברואר	3.9	53	4
♂, חזרה 2, נובמבר	3.5	165	5
♀, חזרה 4, פברואר	3.8	52	6
♀, חזרה 4, פברואר	4.2	26	7
♀, חזרה 4, פברואר	5.2	24	8
♀, חזרה 4, פברואר	4.5	17	9
♀, חזרה 4, פברואר	9.2	23	10

טבלה 27. סיכום התפקידים של חלבונים אשר זוהו בספוטים

התפקידים של חלבונים							מספר ספוט בג'ל (איורים 7,8)
לא ידוע	עקה	הורמון	אות	גן	תא	אנזים	
							1
						1	2
							3
					1	2	4
3			3	1	1	4	5
1			2		7	1	6
	1			1	1		7
		1	1	2		6	8
			1	4	3		9
	1			1	4	1	10

***Eurygaster integriceps* : salivary gland proteins LC/MS/MS**

#2 (25294) - פברואר, חזרה 2, ♂

1. citron ser/thr kinase [*Culex quinquefasciatus*]: enzyme function

#4 (25296) - פברואר, חזרה 2, ♂

1. calreticulin [*Eisenia fetida*] calcium-binding protein affecting many cellular processes: cell signaling function
2. PREDICTED: similar to LOC402804 protein [*Nasonia vitripennis*] hydrolase like – enzymatic function
3. carbonic anhydrase, putative [*Pediculus humanus corporis*]: enzyme function

#5 (25297) 2 חזרה, נובמבר, ♂

1. GK13670 [*Drosophila willistoni*]: signal transduction
2. Ca²⁺-channel protein alpha[[1]] subunit D, isoform D [*Drosophila melanogaster*]: signal transduction
3. cytoplasmic actin [*Bombyx mori*]: cell function
4. GG17000 [*Drosophila erecta*]: unknown function
5. GL11432 [*Drosophila persimilis*]: unknown function
6. GX15380 [*Drosophila virilis*] not found
7. single-stranded DNA-binding protein, putative [*Ixodes scapularis*]: gene function
8. AT01906p [*Drosophila melanogaster*]: GABA-B GPCR receptor: signal transduction
9. PREDICTED: similar to Neu3 CG7649-PB, isoform B [*Apis mellifera*]: metalloprotease,: enzyme activity
10. PREDICTED: similar to multisynthetase complex, auxiliary protein, p38, putative [*Nasonia vitripennis*]: enzyme activity
11. PREDICTED: similar to AGAP003555-PA [*Acyrtosiphon pisum*] multiple inositol polyphosphate phosphatase 1-l: enzyme activity
12. GK10916 [*Drosophila willistoni*]: N-acetyltransferase activity: enzyme activity
13. hypothetical protein IscW_ISCW022193 [*Ixodes scapularis*]: unknown function

#6 (25298) - פברואר, חזרה 4, ♀

1. calreticulin [*Rhodnius prolixus*]: cell signaling function
2. actin [*Artemia franciscana*] cell function
3. ubiquitin/ribosomal protein S27Ae fusion protein [*Curculio glandium*]: signaling
4. chaperonin [*Culex quinquefasciatus*] cell & gene function
5. GH16993 [*Drosophila grimshawi*] acyl tranferase: enzyme
6. actin [*Diloma coracina*]: cell function
7. actin [*Austrocochlea brevis*]: cell function
8. ubiquitin [*Homarus americanus*] signaling
9. calreticulin [*Eisenia fetida*]: cell
10. GI16431 [*Drosophila mojavensis*] membrane protein- structural
11. GM20384 [*Drosophila sechellia*] unknown function

#7 (25299) - פברואר, חזרה 4, ♀

1. 78 kDa glucose-regulated protein [*Culex tarsalis*] heat-shock protein family-stress related function
 2. chaperonin [*Culex quinquefasciatus*] cell & gene function
-

#8 (25300)- ♀, חזרה 4, פברואר,

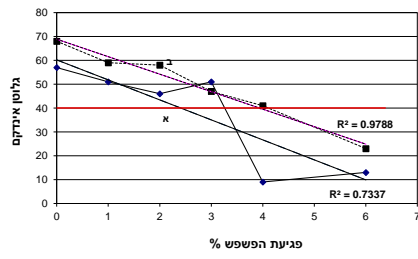
1. arginine kinase [*Myrmecocystus mendax*]: enzyme
 2. arginine kinase [*Rhopalotria* sp. DDM-2009]: enzyme
 3. PREDICTED: similar to estradiol 17 beta-dehydrogenase [*Tribolium castaneum*] hormonal
 4. GI11209 [*Drosophila mojavensis*]:short chain dehydrogenase/reductase: enzyme function
 5. 14-3-3 zeta [*Artemia franciscana*] cell signaling function
 6. PREDICTED: similar to GA11516-PA [*Tribolium castaneum*] translationally controlled tumor protein
 7. arginine kinase [*Myrmecocystus nequazcatl*]: enzyme
 8. citron ser/thr kinase [*Culex quinquefasciatus*]: enzyme
 9. GM17730 [*Drosophila sechellia*] transferase activity of phosphorus groups: enzyme function
 10. DNA polymerase alpha catalytic subunit, putative [*Pediculus humanus corporis*]: gene function
-

#9 (25301)- ♀, חזרה 4, פברואר,

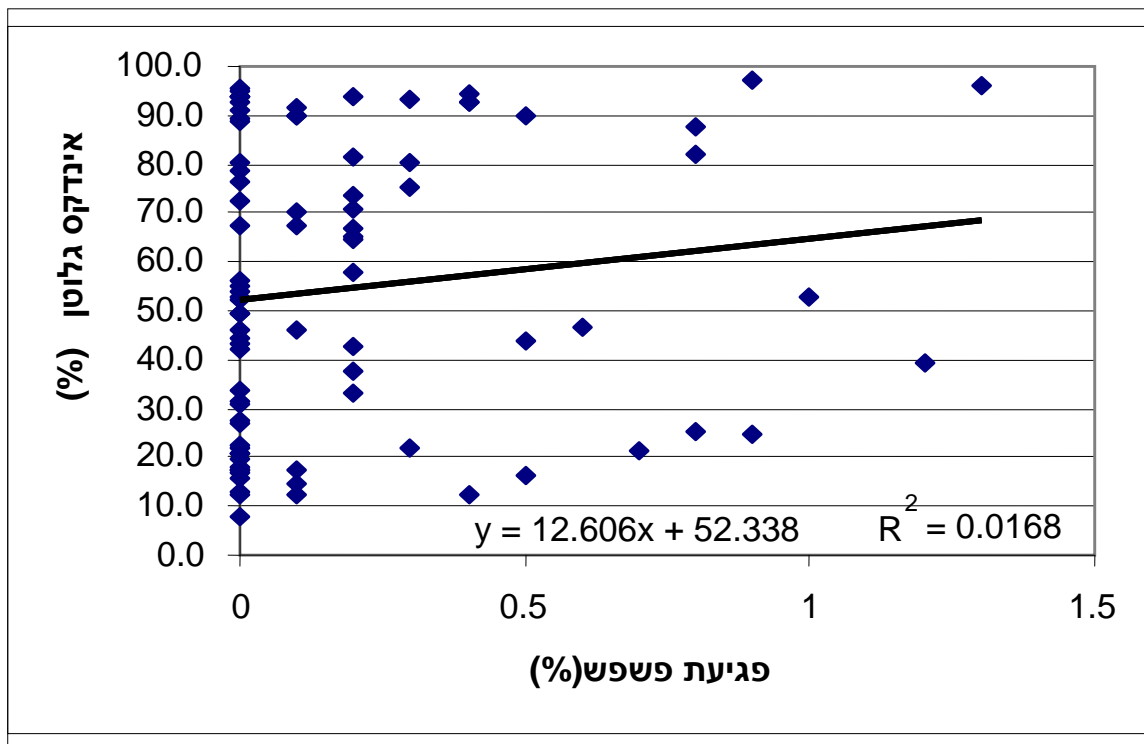
1. translationally controlled tumor protein [*Aedes aegypti*]: gene function
 2. similar to *Drosophila melanogaster* CG4800 [*Drosophila yakuba*] translationally controlled tumor protein gene function
 3. cytoplasmic actin [*Pinctada fucata*]: cell function
 4. PREDICTED: similar to Elongation factor 1 beta CG6341-PA [*Tribolium castaneum*] gene function
 5. 14-3-3 zeta [*Artemia franciscana*] cell signaling function
 6. translationally controlled tumor protein [*Drosophila melanogaster*] gene function
 7. PREDICTED: similar to DnaX homolog subfamily A member 4 [*Apis mellifera*] cell signaling
 8. GF19690 [*Drosophila ananassae*] calcium ion binding
-

10 (25302) ♀, חזרה 4, פברואר,

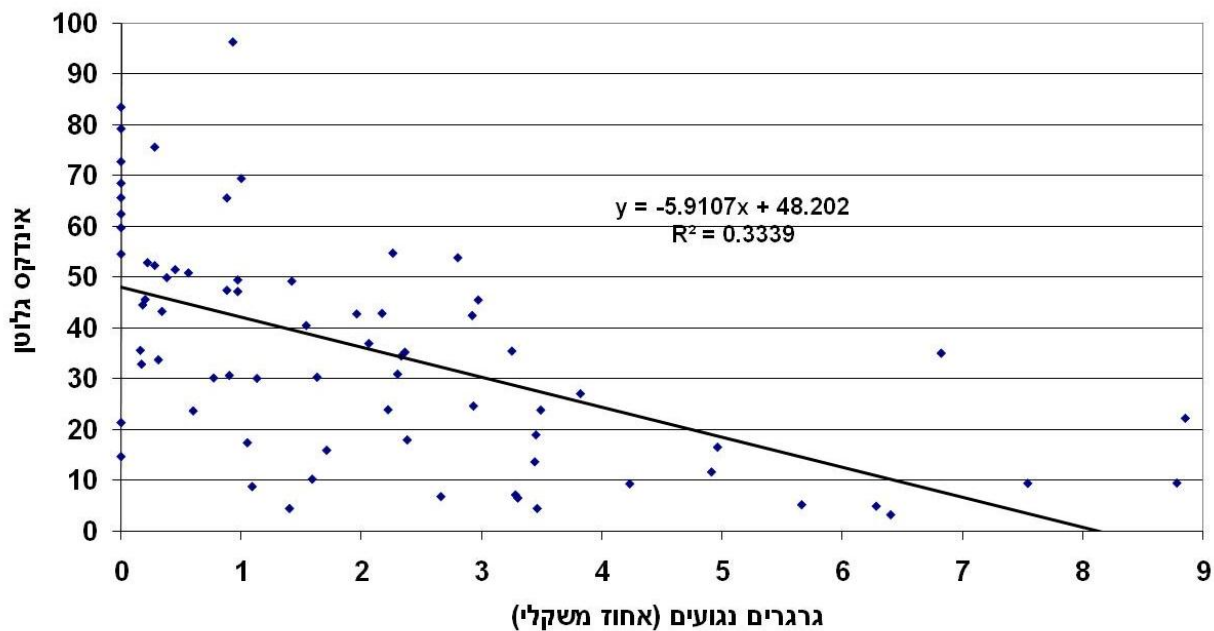
1. heat shock protein 70 kDa [*Stenopsyche marmorata*]: stress
2. mitochondrial phosphate carrier protein [*Glossina morsitans morsitans*]: cell function
3. actin [*Artemia franciscana*]: cell function
4. 14-3-3 zeta [*Artemia franciscana*]: cell signaling
5. chaperonin [*Culex quinquefasciatus*]: gene function
6. GK23849 [*Drosophila willistoni*]: tubulin: cell function
7. PREDICTED: similar to laminin alpha-1, 2 chain, partial [*Acyrtosiphon pisum*]: protein phosphatase: enzyme function



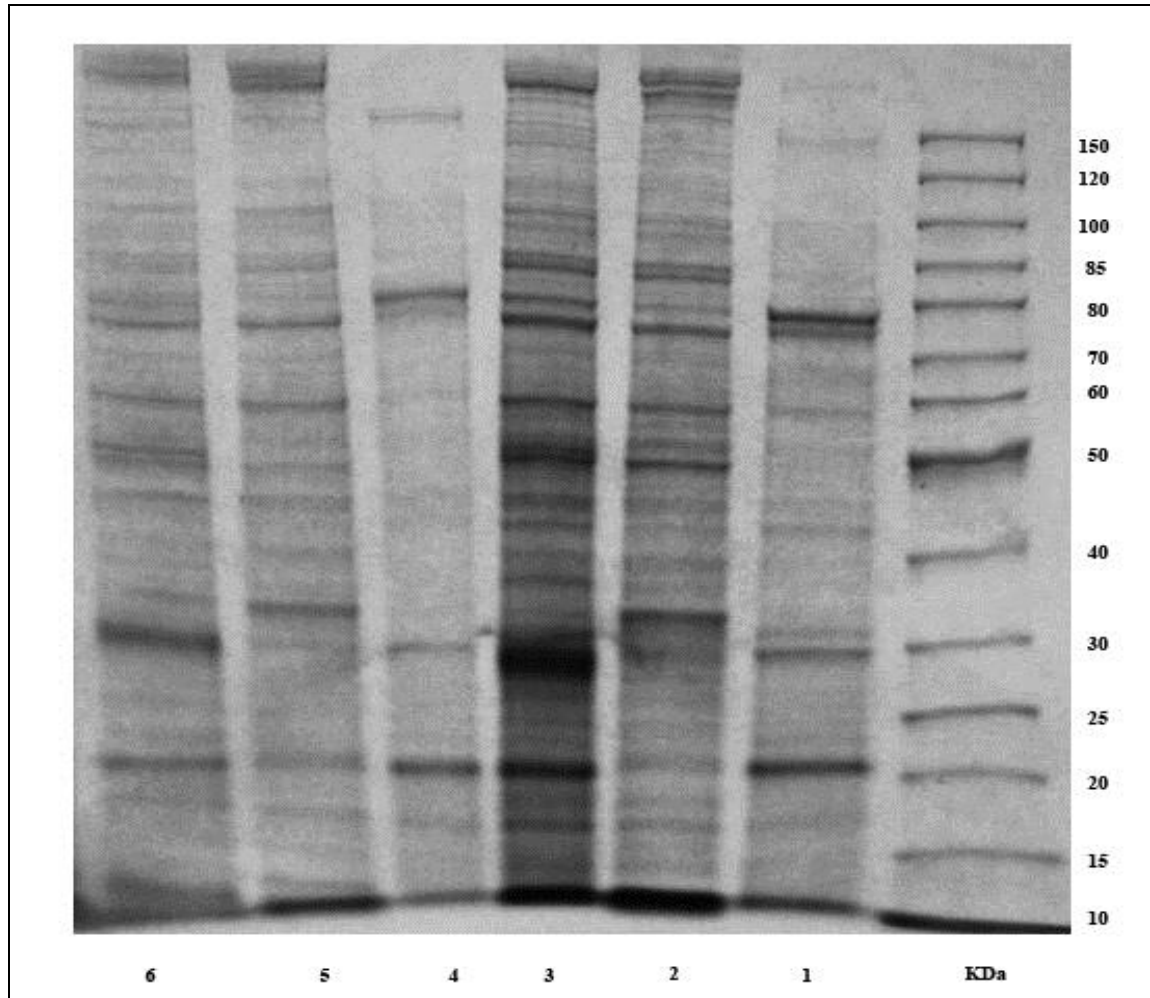
איור 1. השפעת פגיעת הפשפש בגרעיני חיטה על איכות הגלוטן בארי. זן גליל



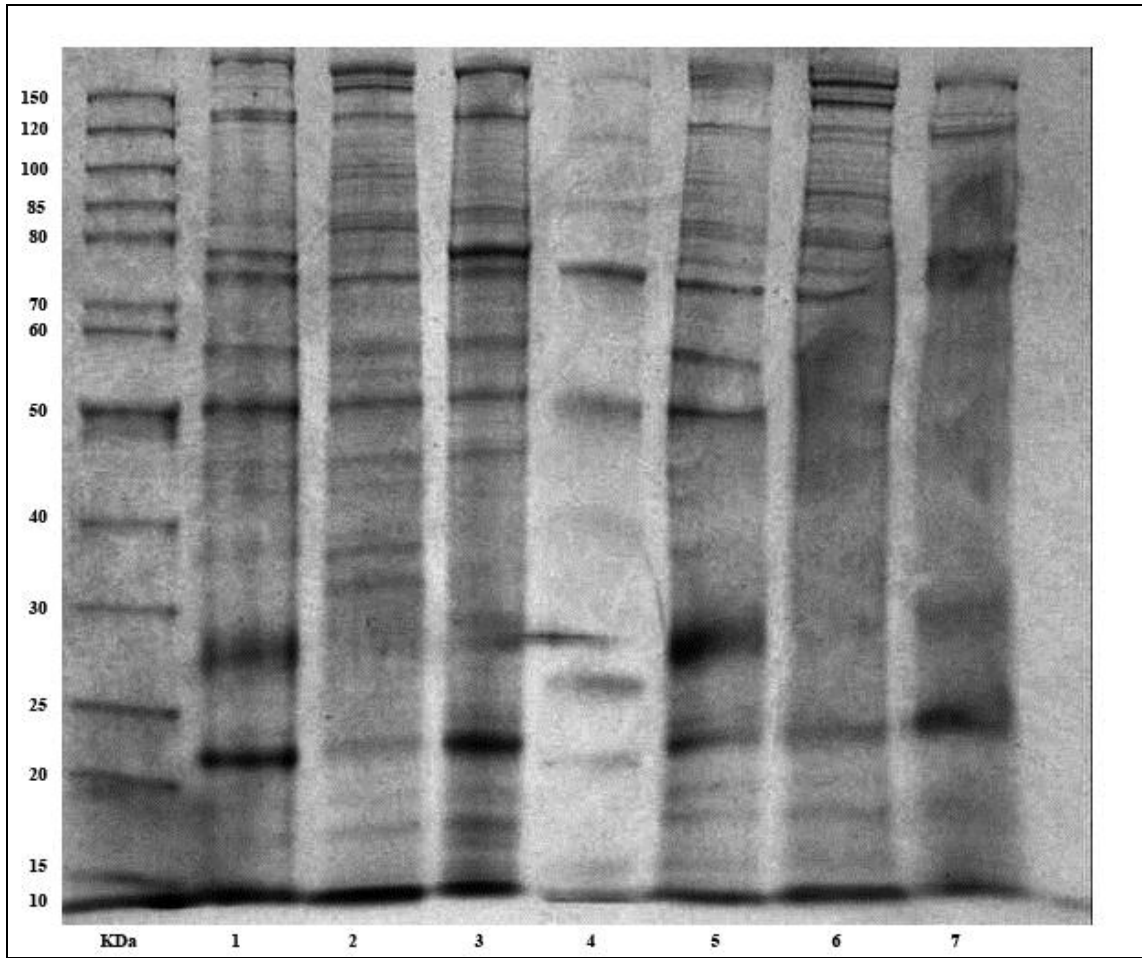
איור 2 . אינדקס גלוטן בתלות מפגיעת פשפש הקמה. מבחני זנים, 2009
 כלל ארצי, 84 דוגמאות



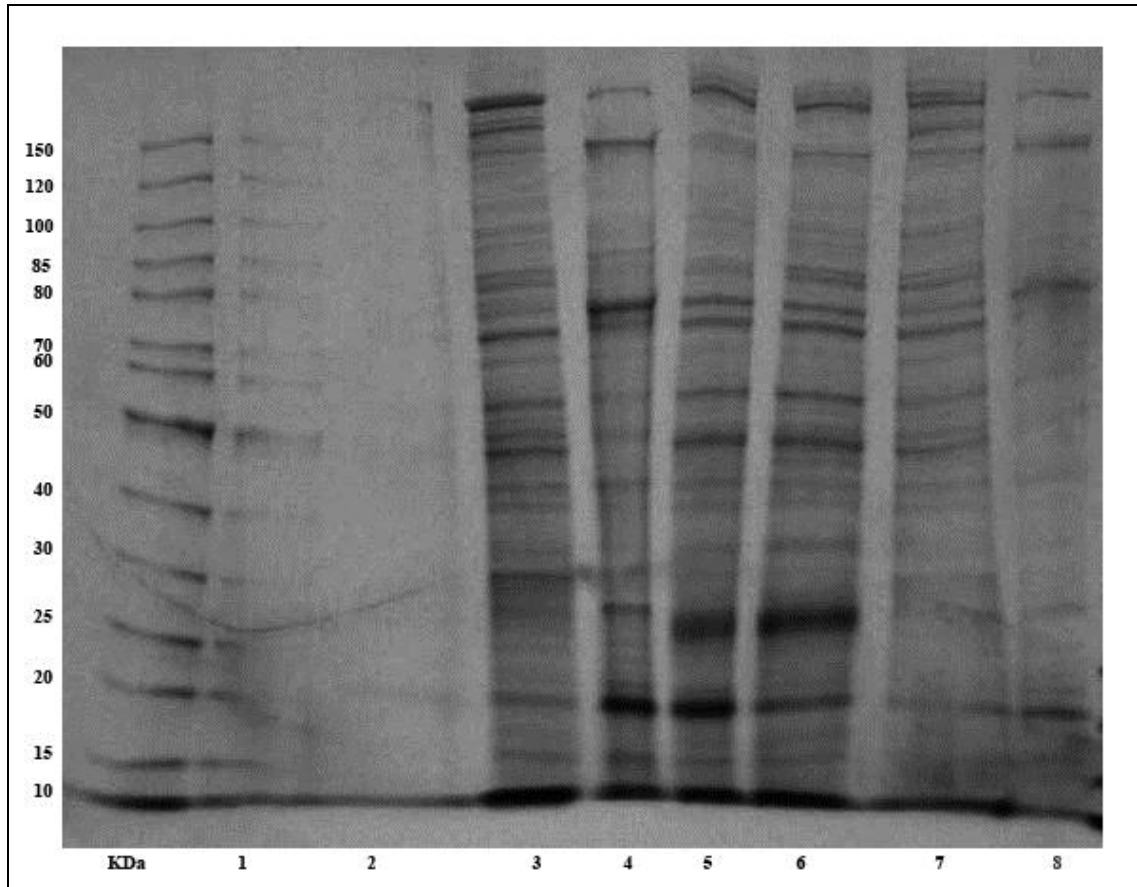
איור 3 . אינדקס גלוטן בתלות מפגיעת פשפש הקמה. איזור לכיש, 2006



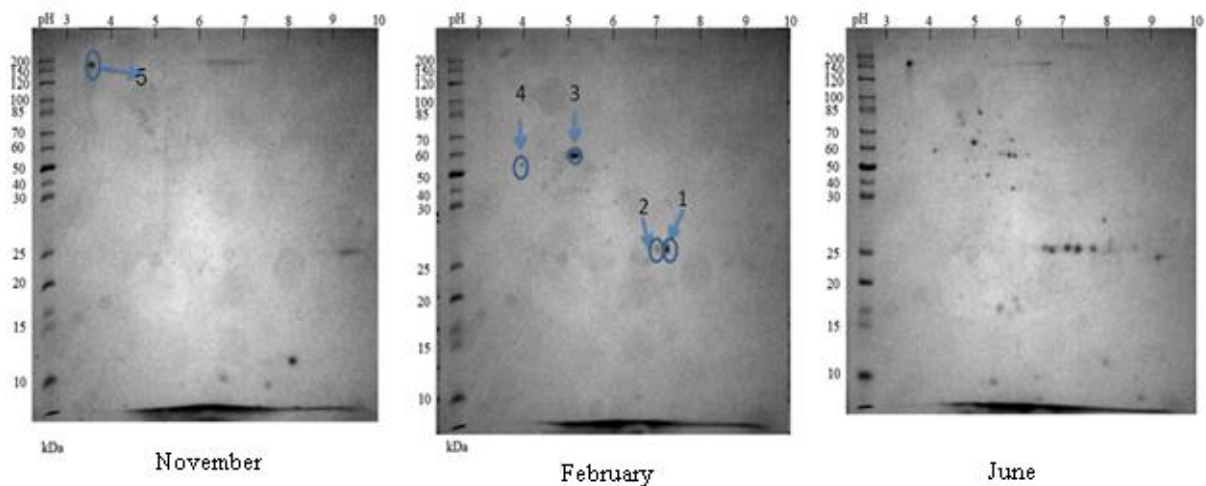
איור 4. פרופיל SDS-PAGE של חלבוני בלוטת רוק פשפש הקמה *Eurygaster integriceps* (12% אקרילאמיד).
 1 = תרדמה, ♀; 2 = בוגר הפולש, ♀; 3 = בוגר הצעיר, ♀; 4 = תרדמה, ♂; 5 = בוגר הפולש, ♂; 6 = בוגר הצעיר, ♂.



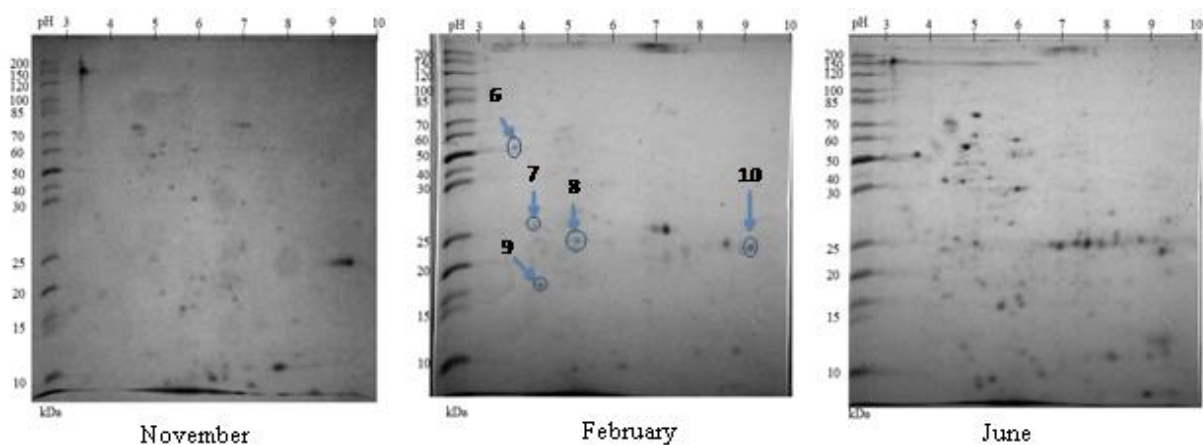
איור 5. פרופיל SDS-PAGE של חלבוני בלוטת רוק פשפש הקמה *Eurygaster integriceps* (12% אקרילאמיד).
 1 = בוגר הצעיר, ♂ ; 2 = בוגר הפולש, ♂ ; 3 = תרדמה, ♂ ; 4 = הורץ סוג נוסף של סמני משקלים מולקולאריים
 תרדמה, ♀ ; 5 = בוגר הצעיר, ♀ ; 6 = בוגר הפולש, ♀ ; 7 = ♀.



איור 6. פרופיל SDS-PAGE של חלבוני בלוטת רוק פשפש הקמה *Eurygaster integriceps* (12% אקרילאמיד).
 3 = בוגר הפולש, ♂ ; 4 = תרדמה, ♂ ; 5 = בוגר הצעיר, ♂ ; 6 = בוגר הצעיר, ♀ ; 7 = בוגר הפולש, ♀ ; 8 =
 תרדמה, ♀ .
 1 = סמנים של משקלים מולקולאריים, 2 = לא הורץ.

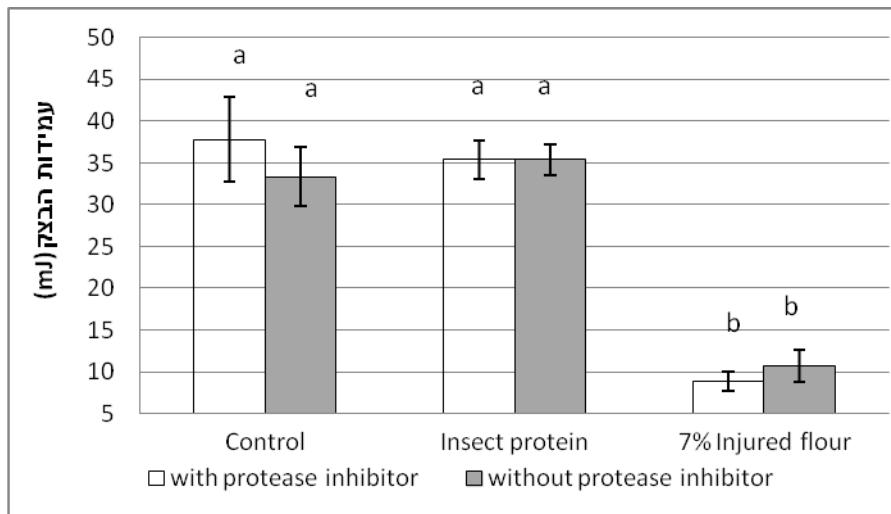


איור 7: אלקטרופורזה דו מימדית של חלבוני בלוטת הרוק של זכרי *E. integriceps* בשלבי התפתחות שונים: בוגרים לאחר תרדמה (February), בוגרים צעירים מדור חדש (June), בוגרים בתרדמה (November).

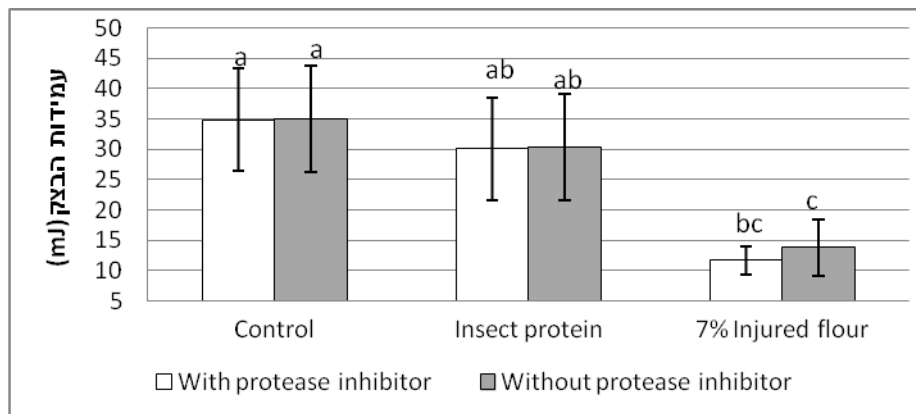


איור 8: אלקטרופורזה דו מימדית של חלבוני בלוטת הרוק של נקבות *E. integriceps* בשלבי התפתחות שונים: בוגרים בתרדמה (November), בוגרים צעירים מדור חדש (June), בוגרים לאחר תרדמה (February). בפרופיל בלוטת הרוק הנקבות נמצאו ספוטים שאינם נמצאים בנקבות ולכן גם ספוטים מגיל הנקבות עברו זיהוי.

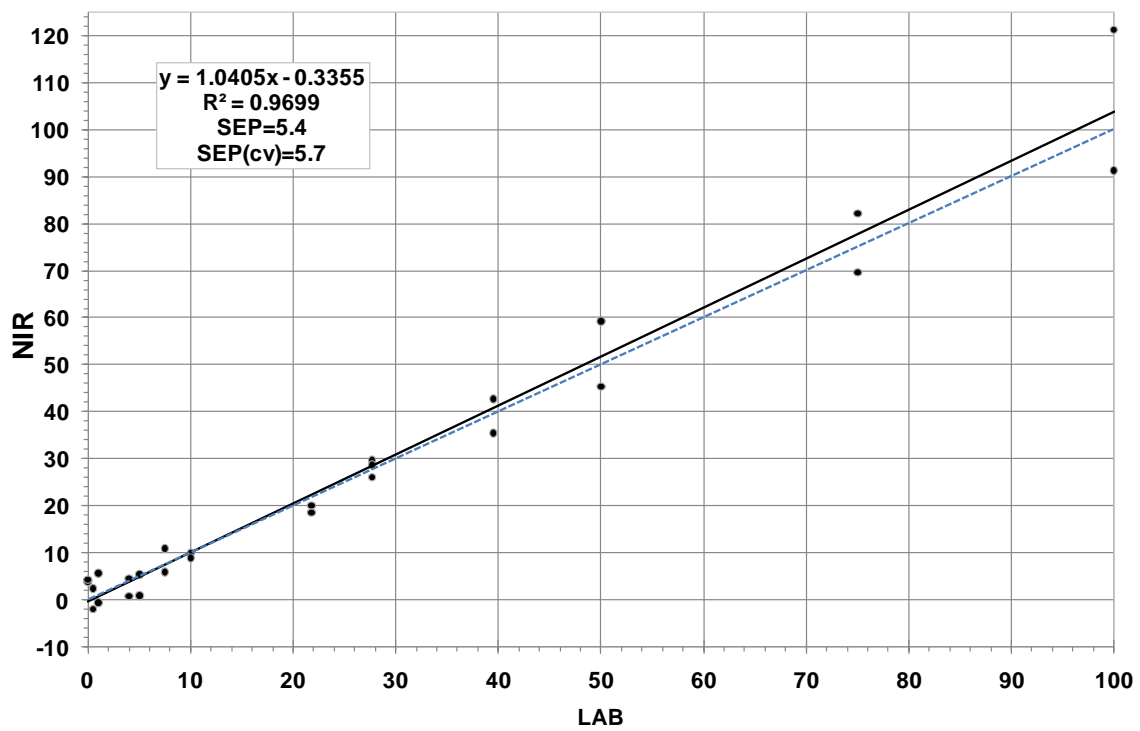
א



ב



איור 9. עמידות מירקם בצק ($J \pm S.D.$) שהוכן מקמח איכותי של גרעיני חיטה אמריקאית HRW בתוספת מיצוי חלבונים של בלוטות רוק שהוצאו מן הבוגרים הצעירים שנאספו מהשדה בחודש מאי (א) או מן הבוגרים הפולשים בפברואר (ב), לאחר 3 שעות הדגרה ב 30 מ"צ. אותיות שונות מעל העמודות מציינות הבדל מובהק בין הדוגמאות ($P < 0.05$) ב - 3 חזרות לפחות.



איור 10 . קביעת אחוז גרעיני חיטה הפגועים בפשפש בשיטת ה-NIRS

1. Alekhin, V. T. 2002. *Eurygaster integriceps*. *Zashchita i Karantin Rastenii* 4, Suppl., 27 pp. (In Russian)
2. Alekhin, V. T. 2009. The wheat bug and the problem of production of quality grain. *Zashchita i Karantin Rastenii* 5: 6-7. (In Russian)
3. Ali, L., El-Bouhssini, M., Al-Salti, M. N., et al. 2009. Evaluation of some wheat and its wild relative accessions for resistance to Sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put). *Arab Journal of Plant Protection* 27(1):73-78.
4. Areshnikov, B. and Starostin, S. 1982. *Sunnpest*. USSR: Kolos. (In Russian)
5. Areshnikov, B.A. and Kostyukovskii, M.G. 1991. Ecological and economic optimization of aerial chemical control. *Zashchita Rastenii* 6: 10–12. (In Russian)
6. Bandani, A. R., Kazzazi, M., Mehrabadi, M. 2009. Purification and characterization of midgut alpha -amylases of *Eurygaster integriceps*. *Entomological Science* 12(1):25-32.
7. Baptist, B. A. 1941. The morphology and physiology of the salivary glands of Hemiptera-Heteroptera. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 83: 91-139.
8. Boyd, D.W., Cohen, A.C., Alverson, D.R. 2002. Digestive enzymes and stylet morphology of *Deraeocoris nebulosus* (Hemiptera: Miridae), a predacious plant bug. *Annals of Entomological Society of America* 95, 395–401.
9. Brian, R. C. 1998. Literature review of sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. (Hemiptera, Scutelleridae). *Crop Protection*. 17: 271-287.
10. Brown, E.S. and Eralp, M. 1962. The distribution of the species of *Eurygaster* Lap. (Hemiptera, Scutelleridae) in Middle East countries. *Annals and Magazine of the Natural History Ser.* 13(5): 65.
11. Cohen, A.C. 2000. How carnivorous bugs feed. In: Schaefer, CW, Panizzi AR (eds) *Heteroptera of Economic Importance*, pp 563–570. CRC Press, New York
12. Cressey, P.J., Farrell, J.A.K., Stufkens, M.W. 1987. Identification of an insect species causing bug damage in New Zealand wheats. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 30: 209.
13. Critchley, B.R. 1998. Literature review of sunn pest *E. integriceps* Put. (Hemiptera, Scutellerida). *Crop Protection* 17 (4): 271-287.
14. Darkoh, C., El-Bouhssini, M., Baum, M., Clack, B. 2010. Characterization of a prolyl endoprotease from *Eurygaster integriceps* Puton (Sunn pest) infested wheat. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology* 74(3):163-178.
15. Dendy, D. A. V. and Dobraszczyk, B. J. 2002. Cereals and cereal products: Chemistry and Technology. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publishers, 101.
16. Dexter, J.E. 1993. End-use quality implications of grading factors in wheat. In: *Grains and Oilseeds: Handling, Marketing Processing*, 4th ed. Bass, E., ed., Canadian International Grains Institute, Winnipeg, Canada. 739-777.

17. Dowell, F. E., Maghirang, E. B., Pierce, R. O., Lookhart, G. L., Bean, S. R., Xie, F.; Caley, M. S., Wilson, J. D., Seabourn, B. W., Ram, M. S., Park, S. H., Chung, O. K. 2008. Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. *Cereal Chemistry* 85(1): 82-91.
18. El-Bouhssini, M., Street, K., Joubi, A., Ibrahim, Z., Rihawi, F. 2009. Sources of wheat resistance to Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Puton, in Syria. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56(8):1065-1069.
19. Every, D., Farrell, J.A., Stufkens, M.W. 1996. Cultivar susceptibility to wheat-bug damage in New Zealand. *Proceedings of 46th Australian Cereal Chemistry Conference*. Wrigley C.W., ed., Royal Australian Chemical Institute, Australia.
20. Fatehi, F., Behamta, M. R., Zali, A. A. 2009. Gene action for resistance to sunn pest (*Eurygaster integriceps* Put.) in bread wheat. *Asian Journal of Plant Sciences* 8(1):82-85.
21. Franco, O. L., Rigden, D. J., Melo, F. R., Bloch Junior, C., Silva, C. P., Grossi de Sa, M. F. 2000. Activity of wheat alpha -amylase inhibitors towards bruchid alpha -amylases and structural explanation of observed specificities. *European Journal of Biochemistry* 267(8): 2166-2173.
22. Hosseininaveh, V., Bandani, A., Hosseininaveh F. 2009. Digestive proteolytic activity in the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*. *Journal of Insect Science* 9:70.
23. <http://www.ICARDA.org>
24. <http://www.FAOstat/fao.org>
25. Javahery M.A. 1995. *Technical Review of Sunn Pest (Heteroptera: Pentatomidae) with Special Reference to Eurygaster integriceps Puton*. FAO Regional Office for the Near East, Cairo.
26. Karababa, E. and Ozan, A.N. 1998. Effect of wheat bug (*Eurygaster integriceps*) damage on quality of a wheat variety grown in Turkey. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77(3): 399-403
27. Kazzazi, M., Bandani, A.R., Hosseinkhani, S. 2005. Biochemical characterization of a-amylase of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*. *Entomological Science* 8: 371–377.
28. Kinaci, E. 1994. Effect of wheat variety and cultural precautions on reduction of suni-bug damage. *Un Mamulleri Dunyasi* 3: 4. (In Turkish)
29. Kocak, E. and Babaroglu, N. 2005. The species of sunn pest (*Eurygaster* spp.) (Heteroptera: Scutelleridae) in the overwintering areas of Central Anatolia Region of Turkey. *Turkiye Entomoloji Dergisi* 29(4): 301-307. (In Turkish)
30. Koxsel, H.; Ozderen, T.; Olanca, B.; Ozay, D. S. 2009. Effects of suni bug (*Eurygaster* spp.) damage on milling properties and semolina quality of durum wheats (*Triticum durum* L.). *Cereal Chemistry* 86(2): 181-186.
31. Konarev, A. V., Beaudoin, F., Marsh, J., et al. 2011. Characterization of a glutenin-specific serine proteinase of Sunn bug *Eurygaster integriceps* Put. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(6):2462-2470.

32. Kostyukovsky, M., Dror, J., Zohar, D., Kitain, S., Melamed, J. 2003. Sunn pest *E. integriceps*. *Gan Sade ve-Meshek* 10: 29-32. (in Hebrew)
33. Kostyukovsky, M. and Zohar, D. 2004. Sunn pest *E. integriceps* and wheat quality in Israel. Proceedings of the 2004 International Quality Grains Conference, Indianapolis, Indiana, USA, July 19-22, 2004. Purdue University. CD.
34. Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Ngumbi, E., Zohar, D., Kitain, S., Melamed, J. 2005. Danger! Sunn pest is on the wheat. *Gan Sade ve-Meshek* 3: 5-8. (in Hebrew)
35. Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Dias, R., Biron, J., Zohar, D., Kitain, S., Naftaliyahu, U., Melamed, J. 2006. Management of sunn pest *Eurygaster integriceps* and improvement of wheat quality in Israel. *25-th Conf. of Entomological Society of Israel*. Abstracts. The Hebrew University of Jerusalem, the Faculty of Agriculture, Rehovot. p. 78. (in Hebrew)
36. Kutuk, H., Canhilal, R., Islamoglu, M., Kanat, A. D., El-Bouhssini, M. 2010. Predicting the number of nymphal instars plus new-generation adults of the Sunn Pest from overwintered adult densities and parasitism rates. *Journal of Pest Science* 83(1):21-25.
37. Lodos, N. 1981. Pentatomoid pests of wheat in Turkey. *EPPO Bulletin* 11(2): 9–12.
38. Mehrabadi, M., Bandani, A. R., Saadati, F., Ravan, S. 2009. Sunn pest, *Eurygaster integriceps* Putton (Hemiptera: Scutelleridae), digestive alpha - amylase, alpha-glucosidase and beta -glucosidase. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 12(2):79-83.
39. Mehrabadi M., Bandani, A. R., Saadati, F. 2010. Inhibition of Sunn pest, *Eurygaster integriceps*, alpha-amylases by alpha-amylase inhibitors (T-alpha AI) from Triticale. *Journal of Insects Sciece* 10(79).
40. Mehrabadi M, Bandani A. R., Kwon, O. 2011. Biochemical characterization of digestive alpha-D-glucosidase and beta-D-glucosidase from labial glands and midgut of wheat bug *Eurygaster maura* (Hemiptera: Scutelleridae) *Entomological Research* 41 (3): 81-87
41. Mendiola-Olaya E., Valencia-Jimenez, A., Valdes-Rodriguez, S., Delano-Frier J., Blanco-Labra, A. 2000. Digestive amylase from the larger grain borer, *Prostephanus truncates* Horn. *Comparative Biochemistry and Physiology* B126, 425–433.
42. Mohammadi, V. and Najafi, T. 2001. Resistance to sunn pest in advanced lines of durum wheat. Abstracts of 16th EUCARPIA Congress, Edinburgh.
43. Naftaliyahu U., Siti, E., Zohar, D., Kostyukovsky, M., Foxy, D., Sivai, E., Heker, Z. 2005. The test of Sunn pest control timing in the wheat. *Gan Sade ve-Meshek* 12: 18-19. (in Hebrew)
44. Ozgur, E., Yucel, M., Oktem, H. A. 2009. Identification and characterization of hydrolytic enzymes from the midgut of Sunn Pest of wheat (*Eurygaster integriceps*). *International Journal of Pest Management* 55(4):359-364.

45. Paulian, F. and Popov, C. 1980. Sunn pest or cereal bug. In: *Wheat*. E. Hafliker, ed., Ciba-Geigy, Basel.
46. Pavlyushin, V. A., Vilkoval, N. A., Sukhoruchenko, G. I., Nefedova, L. I. 2010a. Methods of diagnosis of damaged seeds by various species of bugs. *Zashchita i Karantin Rastenii* 1, Suppl.: 73-75. (In Russian)
47. Pavlyushin, V. A., Vilkoval, N. A., Sukhoruchenko, G. I., Nefedova, L. I. 2010b. Control of the wheat bug. *Zashchita i Karantin Rastenii* 1, Suppl.: 75-80. (In Russian)
48. Pavlyushin, V. A., Vilkoval, N. A., Sukhoruchenko, G. I., Nefedova, L. I. 2010c. System of wheat protection from the wheat bug. *Zashchita i Karantin Rastenii* 1, Suppl.: 83-84. (In Russian)
49. P´erez, G., Bonet, A., Rosell, C. 2005. Relationship between gluten degradation by *Aelia* spp and *Eurygaster* spp and protein structure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1125–1130.
50. Radjabi, G.H. 2000. *Ecology of Cereal's Sunn Pests in Iran*. Agricultural Research, Education and Extension Organisation Press, Iran.
51. Rosell, C. M., Aja, S., Bean S., Lookhart, G. 2002. Effect of *Aelia* spp. and *Eurygaster* spp. Damage on Wheat Proteins. *Cereal Chem* 79(6):801-805.
52. Saadati, F. and Bandani, A. R. 2011. Effects of serine protease inhibitors on growth and development and digestive serine proteinases of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps*. *Journal of Insect Science* 11(72).
53. Salis, L., Goula, M., Valero, J. et al. 2010. Prolamin proteins alteration in durum wheat by species of the genus *Eurygaster* and *Aelia* (Insecta, Hemiptera) *Spanish Journal of Agricultural Research* 8(1):82-90.
54. Schuh, R.T. and Slater, J. A. 1995. True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history. *Hemiptera: Heteroptera: Classification and Natural History A Comstock Bk*. Cornell University Press, 59-60.
55. Sekun, M. P. 2002. *Sunnpest*. Kiiv, Ukraine: Svit. (In Ukrainian).
56. Sivri, D., Sapirstein, H. D., Köksel, H., Bushuk W. 1999. Effects of wheat bug (*Eurygaster maura*) protease on glutenin proteins. *Cereal Chem* 76(5):816-820.
57. Sivri D., Sapirstein, H. D., Bushuk, W., Kökse, I H. 2002. Wheat intercultural differences in susceptibility of glutenin protein to effects of bug (*Eurygaster integriceps*) protease. *Cereal Chem* 79(1):41-44.
58. Stamo, P. D., Voiskovoi, A. I., Chenikalova, E. V., Skrebtsova, T. I. 2009. How to achieve high quality of grain. *Zashchita i Karantin Rastenii* 6:16-18.
59. Strobl, S., Maskos, K., Betz, M., Wiegand, G., Huber, R., Gomis-Ruth, F. X., Glockshuber, R. 1998. Crystal structure of yellow meal worm alpha -amylase at 1.64 Å resolution. *Journal of Molecular Biology* 278(3): 617-628.
60. Zohar D., Kitain, S, Kostyukovsky, M., Melamed, J., Avishai, A., Yogav, A. 2003. The first report on sunn pest *E. integriceps* control in Israel. *Gan Sade ve-Meshek* 10: 32-33. (in Hebrew)

61. Zohar D. and Kostyukovsky, M. 2003. The influence of sunn pest *E. integriceps* on gluten quality and percentage of damaged kernels in the wheat varieties. *Gan Sade ve-Meshek* 10: 34-37. (in Hebrew)

רשימת פרסומים של החוקר הראשי בתקופה מדווחת

Kostyukovsky, M., Trostanetsky, A., Menasherov, M., Yasinov, G., Naftaliyahy, U., Zohar, D., Kitain, S. and Melamed Y. 2009. Management of Sunn pest *Eurygaster integriceps* Put. for improvement wheat quality in Israel. Isragri.

בונפיל ד., כהן ד., אסידו ס., אלאטראש ס., קוסטייובסקי מ., יאסינוב ג., סבוראי ט., נפתליהו ע.
2010. אינדקס גלוטן – תמונת מצב 2009. ניר ותלם, 23: 16-21

בונפיל ד., כהן ד., אסידו ס., אלאטראש ס., קוסטייובסקי מ., יאסינוב ג., סבוראי ט., הר גיל ד.,
נפתליהו ע., 2011. ניר ותלם. 31: 17-21

פשפש הקמה: תמונת מצב 2008 ותחזית ל2009. הרצאה בכנס פלחה 13.1.2009 בבית דגן
פשפש הקמה ושיטות הערכת איכות החיטה. הרצאה בכנס פלחה 22.8.11. בבית דגן