

דו"ח מסכם מעודכן לתוכנית מחקר : 421-0210-12

יישום שיטות וטכנולוגיות חדישות לשמירה על כמות ואיכות גרעינים מאוסמים מייבוא ומגידול מקומי ולהגנה מיטבית מפני גורמי נזק

The application of methods and novel technologies for the improved protection in quality and quantity against damage factors of stored imported and local produced grain

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ע"י

המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן.	ד"ר מ. קוסטיוקובסקי
המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן.	פרופ' נ. פסטר
המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן.	פרופ' ע. רפאלי
המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן.	ד"ר א. טרוסטנצקי
המחלקה לירקות, מרכז מחקר צפון - נווה יער.	פרופ' ע. רביד
המחלקה לחקר עשבים, מרכז מחקר צפון - נווה יער.	ד"ר ר. עלי
המחלקה לחקלאות חרבה ושטחים פתוחים, מרכז מחקר גילת.	ד"ר ד. בונפיל
מרכז הדברות בע"מ.	ד"ר טלעת חזן

Moshe Kostyukovsky, Ph.D. Dept. Food Quality and Safety, Agricultural Research Organization, Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: inspect@volcani.agri.gov.il

Nachman Paster, Prof. Dept. Food Quality and Safety, Agricultural Research Organization, Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. Email: npaster@volcani.agri.gov.il

Ada Rafaeli, Prof. Dept. Food Quality and Safety, Agricultural Research Organization, Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: vtada@volcani.agri.gov.il

Anatoly Trostanetsky, Ph.D. Dept. Food Quality and Safety, Agricultural Research Organization, Volcani Center, POB 6, Bet Dagan. E-mail: anatoly@volcani.agri.gov.il

Uzi Ravid, Ph.D. Agricultural Research Organization. Newe Ya'ar Research Center POB 1021, Ramat Yishay. Email: uziravid@volcani.agri.gov.il

Radi Aly, Ph.D. Agricultural Research Organization. Newe Ya'ar Research Center POB 1021, Ramat Yishay. Email: radi@volcani.agri.gov.il

David J. Bonfil, Ph.D. Field Crops and Natural Resources. Agricultural Research Organization, Gilat Research Center. M.P. Negev. Email: bonfil@volcani.agri.gov.il

Tlaat Hazan, Dr. Hazan Pest Control Center, Email: hazan_co@netvision.net.il

דצמבר 2013

טבת תשע"ד

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא. מחק את המיותר *

*חתימת החוקר _____:

תקציר

הצגת הבעיה. משבר מזון עולמי מתרחש במידה רבה בגלל פחת בתבואות מאוסמים. חרקים מזיקים ופיטריות עובש הם גורמי נזק ביוטיים עיקריים אשר במדינות מתפתחות עלול להגיע עד 50-40% ובמדינות מפותחות עד לכ- 5-1%. כיום להדברת חרקי מחסן משתמשים בעיקר בשיטת האיוד ושימוש בפרוטקטנטים כאשר לשתי השיטות חסרונות בולטים: רעילות לאדם, פגיעה בסביבה, התפתחות תנגודת של חרקים ועוד. קיים אפוא צורך דחוף בפיתוח שיטות וטכנולוגיות חדישות ובאופטימיזציה של טכנולוגיות קיימות על ידי שיטות וחומרים חלופיים, ידידותיים לאדם ולסביבה. המטרה המרכזית: לפתח ממשק המבוסס על טכנולוגיות חדישות ושיפור של טכנולוגיות קיימות לבקרת גורמי נזק ביוטיים עיקריים באיסוס גרעינים.

שיטות העבודה. פיתוח טכנולוגיות יישומיות המבוססות על שימוש: בפרומוני מין לבקרת העשים, בפיטואקדיזונים כהורמוני התנשלות חיצוניים לחרקים, בשמנים אתריים להדברת/דחיית חרקים. כמו כן בשיפור ואופטימיזציה של שיטות קיימות כמו איוד בפוספין ושימוש בפרוטקטנטים נגד חרקי מחסן ובפיתוח טכנולוגיות חדשניות להדברת פטריות מחסן בחיטה.

תוצאות עיקריות. שיטת בלבול הזכרים של עשים על ידי פרומון מין אפשרה להוריד את אוכלוסיית עש הקמח ההודי ב- 70%. מיצוי צמחי גס של פיטואקדיזון מצמחי חד שפה מדברי גרם לעיכוב משמעותי בהתפתחות של חיפושית הקמח. שמנים אתריים מצמחי Labiatae נמצאו פעילים באיוד ובדחייה נגד חרקי מחסן. מכשיר הספידבוקס מאפשר טיפול יעיל בפוספין נגד חרקי מחסן בכל דרגות ההתפתחות בזמן קצר יותר בהשוואה לטכנולוגיה קיימת. אבקות אינרטיות, ספינוסד ונובלורון שהם בעלי רעילות נמוכה מאד לאדם וידידותיים לסביבה, קוטלים ביעילות את חרקי המחסן. הוכחה פעילותם המיטבית של תכשירים משולבים (חומצה פרופיונית ומיצויים מאורגנו) על קטילת עובשים בגרעיני תירס לחים. על סמך תוצאות אלו תכשיר חדש נמצא כעת בשלבי פיתוח.

מסקנות והמלצות לגבי יישום התוצאות. מכלול שיטות וחומרים אשר פותחו במחקר זה וידע קיים מאפשר לבנות ממשק לבקרת גורמי נזק עיקריים באיסוס גרעינים, למנוע פחת בכמותם וירידה באיכותם ולהקטין באופן ניכר שימוש בחומרי הדברה קונבנציונליים. התוצאות תורמות לשמירה נאותה יותר על מלאי הגרעינים בארץ ובעולם ומהוות אחד האמצעים היעיל ביותר לאבטחת מזון בסיסי ולהתגברות על משבר מזון עולמי.

מבוא

משבר מזון עולמי מתרחש במידה רבה בגלל פחת בכמות וירידה באיכות של גרעינים מאוסמים. מחזור שנתי של גרעינים מאוסמים בישראל הכולל גרעינים למאכל אדם ולמספוא מסתכם בכ- 4.5 מליון טון בהיקף של כ- 1.5 מיליארד דולר ארה"ב. חיטה מקומית מגודלת בשטח של כ-800.000 דונם מתוך כ- 4 מיליון דונם של שטחים חקלאיים ובשנים מוצלחות מוסיפה כ-200.000 טון למחזור אחסון גרעינים בישראל. גרעינים באחסנה מהווים מערכת אקולוגית המורכבת מגורמים שונים אשר נמצאים ביחסי גומלין מורכבים ורב כיווניים. חרקים מזיקים ופיטריות עובש הם גורמי נזק ביוטיים עיקריים לגרעינים מאוחסנים. במדינות מתפתחות בהן חסרות טכנולוגיות הולמות לאחסון גרעינים הנזק מגורמים אלה עלול להגיע עד 50-40%. אך גם במדינות מפותחות הפחת מגיע עד לכ- 5-1% (28, 30). כיום משתמשים בעיקר בשתי שיטות להדברת חרקים בממגורות: שיטת האיוד ושימוש בפרוטקטנטים. לשתי השיטות חסרונות

בולטים : רעילות גבוהה לאדם, פגיעה בסביבה, במוצרים מטופלים ומוצרי חשמל ואלקטרוניקה, התפתחות תנגודת של מספר חרקי מחסן ועוד. בנוסף, גוברת דרישת הצרכן לתוצרת חקלאית נקייה מחומרי הדברה (18, 27). שיקולים של בריאות, בטיחות ואיכות המזון והסביבה הובילו לחיפוש אחר אלטרנטיבות בטוחות יותר לבקרת מזיקים וקיימת מגמה של פיתוח אסטרטגיות לניהול אוכלוסיות מזיקים באופן שיפחית את השימוש בחומרים רעילים במזון. גם פטריות המתפתחות בגרעינים עלולות ליצור נזק כלכלי ובריאותי גבוה וזאת בעיקר עקב יצירת רעלנים (מיקוטוקסינים) המסוכנים לבריאות האדם ובע"ח. עיכוב הפטריות נעשה כיום ע"י טיפול בחומצות בעלות משקל מולקולארי נמוך (אצטית, פרופיונית ועוד) אך חומרים אלו מהווים סכנה לבריאות. קיים אפוא צורך דחוף בפיתוח שיטות וטכנולוגיות חדישות ובשיפור ואופטימיזציה של טכנולוגיות קיימות על ידי מציאת שיטות וחומרים חלופיים, ידידותיים לאדם ולסביבה, הפעילים נגד מזיקי מחסן ופטריות עובש. המחקר בתקופה מדווחת התמקד בכיוונים אלה.

המטרה המרכזית של המחקר היא לפתח ממשק המבוסס על טכנולוגיות חדישות ושיפור של טכנולוגיות קיימות לבקרת גורמי נזק ביוטיים עיקריים באיסוס גרעינים.

מטרות משניות: לפתח טכנולוגיות יישומיות המבוססות על:

- א. שימוש בפרומוני-מין לבקרת העשים המזיקים למוצרים מאוחסנים. **המשימות:** הערכת אוכלוסיות העשים במחסני מלאי חירום של חיטה למאכל ובדיקת יעילותו של פרומון מין של עש הקמח ההודי ללכידה ולבלבול הזכרים בניסויי פיילוט ומסחריים.
- ב. שימוש בפיטואקדיזונים מצמחים ישראלים כהורמוני התנשלות חיצוניים לחרקים. **המשימות:** איסוף צמחים, מיצוי, בידוד וזיהוי פיטואקדיזונים. כמו כן בדיקות פעילותם של מיצויים צמחיים וחומרים פעילים על הזחלים של חיפושית הקמח.
- ג. שימוש בשמנים אתריים להדברת חרקי מחסן. **המשימות:** אבחון שמנים אתרים להדברת/דחיית חרקי מחסן עיקריים בחלל ובגרעינים
- ד. שיפור ואופטימיזציה של שיטת האיוד להדברת חרקי מחסן. **המשימות:** קביעת משטרי איוד בפוספין עם מכשיר הספידבוקס ובדיקתם בניסויי פיילוט ומסחריים.
- ה. שיפור ואופטימיזציה של שימוש בפרוטקטנטים נגד חרקי מחסן עיקריים. **המשימות:** ניסויי מעבדה להערכת פעילותם של הפרוטקטנטים החדשים נגד חרקי מחסן.
- ו. פיתוח תכשירים חדשים לעיכוב עובשים. **המשימות:** מציאת טכנולוגיות חדשניות לאפליקציה של חומצות אורגניות וחומרי טבע בגרעינים.

עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח.

1. פיתוח טכנולוגיות חדישות.

1.1 ניסויים בעיכוב פטריות עובש:

שיטות העבודה: בניסויים מקדימים, בודדו אוכלוסיות עובשים המאכלסות גרעיני תירס. העבודה בוצעה תוך שימוש ב"שיטת המהולים" שעיקרה: הרחפת מקורות אינוקולום אשר בגרעינים בתמיסת אגר (1.0%) סטרילית, בצוע מהולים עשורניים עוקבים, זריעת מקטעים ע"פ (PDA) Potato dextrose agar, הדגרה ב 26 מ"צ, אפיון המושבות. נמצא שבאוקלוסיה –מינים רבים השייכים לסוגים *Aspergillus* ו *Fusarium*.

מחמת ריבוי המינים, החלטנו לא לבדוק יעילות תכשירים על כל פטריה בנפרד אלא להתרכז בניסויי in vivo תוך שימוש בגרעינים עצמם.

ניסויים בגרעינים: דוגמאות גרעיני תירס נלקחו לאפיון אוכלוסיות שליטות של עובשים. המבדקים בוצעו לאחר הנחה על מצע PDA. הניסויים לבדיקת יעילות מיצויים מחומרי טבע בוצעו תוך שימוש בדוגמאות גרעיני תירס אשר נחשפו למיצויים שהופקו מאורגנו ע"י זיקוק באדי מים (בוצע ע"י פרופ' עוזי רביד, נווה יער). בנוסף, ביצענו ניסויים בהם שילבנו מיצויים עם חומצה פרופיונית (ח.פ.) המותרת ומקובלת לשימוש כפונגיסטט במזון ובגרעינים מאוסמים. המטרה הייתה לבדוק סינרגיזם אפשרי בין החומרים. דוגמאות של 400 גר' גרעינים (בשתי רמות לחות 15 ו 18%) הועברו לארלנמייר סטרילי (בנפח 1 ליטר). לגרעינים הוסף התכשיר המשולב או כל אחד ממרכיביו בנפרד [ח.פ. במינונים של 0.05 ו 0.1% (נפח החומצה לפי משקל גרעינים)]- בגרעינים לחים כמו בניסויים שערכנו מקובל לטפל בריכוזים של 0.5%-2% אך אנו במכוון חשפנו למינונים נמוכים ע"מ לבדוק סינרגיזם ולהפחית רמת הכימיקלים בגרעינים]. ריכוזי המיצוי מאורגנו שנבדקו: 0.5%, 1.0% (נקבעו לאחר כויל התכשיר לתוצאות אופטימליות בעיכוב עובשים). לאחר שבוע או שבועיים או חמישה שבועות איסום, הוצאו דוגמאות גרעינים ואוכלוסיות העובשים נבדקו תוך שימוש בשיטת "הזריעה הישירה" ששלביה: נטילת דוגמת גרעינים, הטבלתם שתי דקות בתמיסת היפוכלורייט 2% לשם חיטוי חיצוני, שטיפה במים סטריליים (2 דק'), ייבוש בשולחן סטרילי, הנחה בצלחות פטרי בהם מצע PDA (5 גרעינים בצלחת), הדגרה ל 5 ימים ב 26 מ"צ וספירת גרעינים נגועים.

התוצאות: לאחר שבוע של איסום, מיצוי אורגנו אשר ניתן לבד בריכוזים של 0.5 ו 1.0% גרם לירידה באחוז גרעינים נגועים (עד 62 ו 38% בהתאמה) בעוד שח.פ. בשני הריכוזים שניתנו לא היתה יעילה כלל העיכוב עובשים וגרעיני תירס בשתי רמות הלחות שנבדקו הראו 100% נגיעות. לעומת זאת, התכשיר בו שולבו מיצויי אורגנו בריכוז 1.0% וח.פ. בריכוז 0.1% הביא להורדה משמעותית באחוז גרגירים הנגועים. לאחר טיפול בתכשיר זה – נמצאו רק 26% מהגרעינים נגועים. לאחר שבועיים איסום, ניתן לראות ירידה משמעותית גם כאשר ניתן בתכשיר המשולב במינון מופחת (מיצוי אורגנו 0.5% וח.פ. 0.05%) כאשר אחוז הגרעינים הנגועים היה אז 30% בהשוואה ל 62 ו 100% נגיעות בטיפולים בהם ניתנו מיצוי מאורגנו וח.פ. בניפרד (בהתאמה). יעילותו של התכשיר בו שולבו מיצוי אורגנו וח.פ. בריכוזים של 1.0 ו 0.1% הייתה גם כאן גבוהה. אחוז הגרעינים הנגועים לאחר שבועיים איסום היה 6% בלבד. גם מיצוי אורגנו אשר ניתן בריכוז 1.0% היה יעיל בקטילת עובשים ואחוז הנגיעות בגרעינים כאן היה 10%. לאחר איסום של חמישה שב' לא היה הבדל בנגיעות בין גרעינים אשר טופלו במיצויי אורגנו (0.5 או 1.0%) לבין אלו שטופלו בתכשיר משולב (אורגנו 1.0% וח.פ. 0.1%). רמת הנגיעות הייתה במקרים אלו 18% (תכשיר משולב) לעומת 28% נגיעות בגרעינים אשר טופלו בכ"א מהמרכיבים לבד.

דיון ומסקנות: יעילות התכשירים המשולבים היתה גבוהה יותר מזו של כ"א ממרכיביו בנפרד ומצביעה על אפשרות של סינרגיזם אפשרי כך שניתן יהיה להפחית את ריכוז הח.פ. ממצא זה חשוב ביותר בעידן בו גוברת הדרישה להפחית/להימנע משימוש בכימיקלים במזון. היו מקרים בהם תכשיר האורגנו אשר ניתן בניפרד (1.0%) היה יעיל כתכשיר המשולב במשכי האיסום הארוכים יותר. הסבר אפשרי עשוי להיות חלחול איטי של התכשיר לתוך הגרעין או האצת פעילות שחשיפה לרמות PH גבוהות בשמן מהיר כך שבמכי זמן קצרים – יפעל מיצוי האורגנו טוב יותר במתן עם ח.פ. נושא זה ייבדק בעתיד לשם אופטימיזציה של תכשירים פונגיסטטיים בגרעינים. בכל מקרה, הוכחה בעבודה זו פעילותם המיטבית של

תכשירים משולבים כך שהושגו מטרות המחקר בנושא עובשים. על סמך תוצאות אלו תכשיר חדש המבוסס על חומרים אלו מוספגים על נשאים אינרטיים (carriers) נמצא כעת בשלבי פיתוח.

ניסויים לבקרת/הדברת מזיקי מחסן

1.2. שימוש בפרומונים לבלבול ולכידת מיני עשי לילה המזיקים באחסון.

שיטה המבוססת על שימוש בפרומונים לשיבוש התנהגות מינית היא ידידותית לסביבה. היתרון המרכזי בשימוש בפרומונים נובע מהספציפיות של חמרים אלו כך שהם משפיעים אך ורק על מזיק המטרה מבלי להשפיע על בעלי חיים אחרים. בשיטת הבלבול ריכוז גבוהה של פרומון מין סינטטי משוחרר לסביבה ומונע מהזכרים להתמקד אל הנקבות המשחררות את הפרומון בריכוז יחסית קטן. כתוצאה מבלבול זכרים, פוריות הנקבות יורדת ואוכלוסיית המזיק הולכת וקטנה (43, 15). כיום שיטות הדברה המבוססות על פרומונים הגיעו לרמות מסחריות במטעים בארץ ובכל העולם (23, 6, 7, 3). לעומת זאת, השימוש המרכזי של פרומונים במחסני מזון יבש כיום נשאר בגדר ניטור בלבד למרות הפוטנציאל הרחב הכרוך בשימוש להדחת אוכלוסיות המזיקים (39, 30, 29, 24). מטרת המחקר היא לפתח טכנולוגית יישומית המבוססת על שימוש בפרומוני-מין להדברת עשי לילה המזיקים למוצרי מזון מאוחסנים.

שיטות העבודה: בתקופה המדווחת בוצעה הערכת צפיפויות של האוכלוסיות במחסני מלאי חירום של מדינת ישראל במושב יושיביה (הנגב המערבי), במנפסת העמק ותענכים (העמקים). להערכת צפיפות אוכלוסיות העשים שימשו תצפיות על הבוגרים בחלל המחסנים ועל פני השטח של הערימות ודגימות גרעיני חיטה (10-5 בכל המחסן). הערכות צפיפות האוכלוסיות בוצעו כל חודש משעת הכנסת החיטה לאחסון מסחרי (מאי - יוני) במשך כל תקופת האחסון (עד ינואר - מרץ).

בנוסף לתצפיות במחסנים, בוצעו ניסויים לבדיקת יעילות שיטת בלבול העשים בעזרת פרומון מין. הניסויים נערכו במרכז וולקני במחסן ניסיוני אשר נבנה במחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו לניסויי פיילוט בתחום איסוס גרעיניים. המחסן בנפח של 15 מ"ק עם מילוי בשקי חיטה ב-30% מן הנפח. בשלב ראשון נבדקה שיטת הערכת אוכלוסיות של עשים ללא בלבול. הוכנסו למחסן 2 צנצנות אשר הכילו גלמים וזחלים בדרגה אחרונה של עש הקמח ההודי במספר הכולל של כ-300 (בשנת 2011) ו-40 פרטים (בשנת 2012). הוכנסו גם 10 צנצנות עם קרקע מזון לעש כמלכודות מזון ופוזרו בכל המחסן. טמפרטורה במחסן הייתה 30-34 מ"צ ביום 24-28 מ"צ בלילה. כעבור 24 שעות נרשמה תחילת גיחת הבוגרים של F_0 . הם הטילו ביצים על קרקע מזון בצנצנות וקערות והתפתחו בכלים אלה. שבועיים לאחר מכן מחצית מהמלכודות מזון הוצאו מהמחסן, נסגרו בנייר תעשייתי והוצבו בחדר עם תנאי אקלים מבוקרים (חדר גידול) בציפייה לדור F_1 . מחצית השנייה נשארה במחסן להתפתחות דור F_1 . כמו כן הוצבו במחסן 4 מלכודות פרומון מסוג SP LOCATOR (AgriSense BCS Ltd, UK) ללכידת בוגרים של F_1 . שבועיים לאחר גיחת הבוגרים הראשונים של F_1 הוצאו מלכודות מזון ומלכודות פרומון לספירת בוגרים שהתפתחו במחסן ובמקביל נספרו הבוגרים בצנצנות (מלכודות מזון) אשר הוצבו בחדר גידול.

על פי פרוטוקול הני"ל בוצעו שתי סדרות עם שני ניסויים בכל אחת: הראשון ללא בלבול הזכרים (בקורת) והשני עם הבלבול בעזרת פרומון המין. בניסוי זה הותקן על הקיר בגובה של 1.5 מ' דיספנסר של פרומון

Prescription Treatment® ALLURE® MD (Whitmire Micro-Gen Research Labor, Inc., MO, USA)

93% חומר הפעיל: Z-9, E-12-Tetradecadien-1-yl acetate. על מנת למנוע השפעה של אוכלוסיית העש מהניסוי הראשון על הניסוי השני, בוצע בין הניסויים טיפול במחסן בגז פוספין. הניסויים אלה בוצעו עם אוכלוסייה התחלתית גבוהה (כ-300 עשים למחסן) ונמוכה יחסית (40 עשים למחסן).

התוצאות. בתקופה המדווחת נרשמו עשים מזיקי מחסן בכל אתרי אחסון חיטה מקומית בארץ (טבלה 1). העשים היו ממיני עש הקמח ההודי *Plodia interpunctella*, עש הדבילים *Ephestia cautella*, ועש התבואה *Sitotroga cerealella*. ברוב המקרים המין הדומיננטי היה עש הקמח ההודי. הבוגרים הראשוניים נצפו בכל המחסנים בסוף חודש יולי. במהלך חודשי אוגוסט-ספטמבר העשים התרבו ובדוגמאות הגרעינים נמצאו 0.1-2.8 זחלים לדוגמה של 0.5 ק"ג בממוצע. במחסנים אלה נמצאה נגיעות בחרקי מחסן אחרים ובסוף חודש ספטמבר-אוקטובר בוצע איוד ערימות חיטה בפוספין (בתענכים ערפול). לאחר הטיפול, אוכלוסיית העשים ירדה בצורה דרסטית (ראה טבלה 1) ולא היה ניתן לבצע בלבול של עשים בעזרת פרומון מין במחסנים אלה.

התוצאות הצביעו על כך שניתן להעריך את אוכלוסיית העש במחסן בשיטת הנ"ל הן על פי מספר הבוגרים (כולל זכרים ונקבות) אשר התפתחו בחדר גידול במלכודות מזון, והן על פי מספר הזכרים שנלכדו במלכודות פרומון במחסן. השיטות עובדות הן ברמת אוכלוסיית העש גבוהה והן נמוכה. כך, בסדרה עם אוכלוסיית העש ההתחלתית גבוהה, בחדר גידול התפתחו בממוצע 239 בוגרים בצנצנת ו-1588 בוגרים בקערה. כאשר במלכודות נלכדו בממוצע 136 זכרים, כמחצית ממספר נקבות וזכרים שנספרו בצנצנות. ניתן לראות שהספירות במלכודות היו דומות לספירות בצנצנות. נתונים אלו שמשו כבקורת.

בניסוי עם פרומון בלבול הזכרים, בחדר גידול התפתחו בממוצע 312 בוגרים בצנצנת ו-1361 בוגרים בקערה. במלכודות פרומון נלכדו בממוצע 165 זכרים. התוצאות מצביעות שמלכודות פרומון לכדו ביעילות את הזכרים של עש הקמח ההודי. יחד עם זאת, בלבול הזכרים לא הקטין את אוכלוסיית העשים. מספר הבוגרים (זכרים ונקבות) של F_1 אשר התפתחו בחדר גידול הן במלכודות מזון (בצנצנות ו/או בקערות) והן במלכודות פרומון (רק הזכרים) במחסן היה קרוב למספרים אשר נרשמו ללא בלבול (טבלה 2).

כאשר אוכלוסייה התחלתית של עש הייתה נמוכה יחסית (40 בוגרים ל-15 מ"ק), התפתחו בחדר גידול במלכודות מזון 716 בוגרים (זכרים ונקבות), בממוצע 38 ± 144 בוגרים בצנצנת (מלכודת מזון). כאשר במלכודות פרומון נלכדו 543 זכרים, בממוצע 17 ± 136 זכרים למלכודת. הספירות במלכודות פרומון מצביעות על אוכלוסיית העשים גבוהה יותר בהשוואה לספירות במלכודות מזון. אך שתי השיטות מאפשרות לתת הערכה לאוכלוסיית העשים של דור F_1 . נתונים אלו שמשו כבקורת בסדרה השנייה.

בניסוי עם פרומון בלבול הזכרים, נלכדו במלכודות מזון 231 בוגרים של דור F_1 (זכרים ונקבות), 23 בוגרים למלכודת מזון בממוצע. מלכודות פרומון לכדו ביעילות את הזכרים של עש הקמח ההודי. בלבול הזכרים הקטין את אוכלוסיית העשים בכ-70%. (טבלה 3). יש לציין שבהמשך אוכלוסיית העש של F_2 גדלה

למימדים גבוהים מאד בביקורת – 4595 פרטים מכל הדרגות לעומת 682 פרטים בטיפול – ירידה ב-85%. על סמך תוצאות אלה, במושב בית אלעזרי במרכז הארץ נערך ניסוי ב-2 מחסנים מסחריים, כל אחד בנפח של 3000 מ"ק עם מילוי של 2000 טון גרעיני חיטה. אחד מהם שימש כבקורת ובשני הותקנו 21 דיספנסרים עם פרומון (1 ל-30 מ"ר או 1 ל-60 מ"ק של חלל מעל הערימה). צפיפות האוכלוסייה ההתחלתית של עש הקמח ההודי הייתה זכר אחד למלכודת פרומון. חודש לאחר תחילת הניסוי מספר הזכרים הנלכדים בטיפול היה נמוך משמעותי בהשוואה למחסן ללא הטיפול (ביקורת): 0.3 ± 1.5 ו- 2.7 ± 7.0 זכרים

למלכודת בהתאמה. אך בתום חודש השני מספר העשים הנלכדים במחסן מטופל ולא מטופל השתווה: 19.3 ו- 20.5 בוגרים למלכודת בהתאמה.

מסקנות: לשיטת בלבול זכרים על ידי שחרור פרומון מין בריכוזים גבוהים יכולת הדחיקת אוכלוסיית של עש הקמח ההודי במחסני חיטה. אומנם כאשר אוכלוסיית העש נמצאת ברמות גבוהות, יעילות הבלבול יורדת ויש לשלב את השיטה במערך הדברה משולבת.

1.3 פיטואקדיסטרואידיים מצמחי בר מקומיים לשיבוש המטמורפוזה ולהדברת חרקי המחסן.

פיטואקדיסטרואידיים ידועים בפעילותם הפיסיולוגית בחרקים שונים בריכוזים נמוכים מאד, ואינם רעילים לאדם ולבע"ח. הפוטנציאל של פיטואקדיסטרואידיים להשפיע על התפתחותם של חרקים מזיקים נתגלה הודות לדמיון במבנה לאקדיזון, הורמון ההתנשלות בחרקים, בעל פעילות ביולוגית עיקרית, המווסת תהליכים ביולוגיים שמתרחשים בהתפתחותם של חרקים משלב הזחל עד לשלב הבוגר (22, 8).

נציגים רבים של צמחי חד שפה (*Ajuga*) מכילים פיטואקדיסטרואידיים. יותר ממאה מינים, חמישים זנים ותת מינים של מין זה ידועים ברחבי העולם. צמחים אלה, השייכים למשפחת השפתניים (Labiatae או Lamiaceae), נפוצים בעיקר במזרח הרחוק, במזרח התיכון ובאירופה. הם שימשו ברפואה העממית בתרבויות שונות ומיוחסות להם מספר תכונות רפואיות, כגון הורדת חום, פעילות נגד טפילים ותולעי מעיים והורדת רמת הסוכר בדם (9). במחקר שנערך בישראל נמצאו מספר פיטואקדיסטרואידיים בצמח חד שפה מדברי (*Ajuga iva*) (12, 13) ונמצאו פרקציות של פיטואקדיסטרואידיים פעילות על כנימת עש הטבק (2). נמצאה ההשפעה של מיצויים מצמחי *Ajuga* על התפתחותו של עש הקמח ההודי (21).

מטרת המחקר בתחום זה הייתה לפתח שימוש ישומי לאקדיסטרוון וציאטרון מצמחי *Ajuga* ישראליים כנגד חרקי מחסן. על מנת להגיע למטרה זו, הוצבו למחקר המשימות הבאות:

- מיצוי, בידוד ואיפיון פיטואקדיסטרואידיים מצמחי חד שפה ישראליים.
- בחינת השפעתם של פיטואקדיסטרואידיים על התפתחותם של חרקי מחסן.

שיטות העבודה: נאספו דגימות של צמחים ממספר אזורי גידול בארץ. ריבוי הצמח המדברי *Ajuga iva* נעשה מזרעים ובאמצעות ריבוי וגטטיבי בחממה ובחלקת שדה של נווה יער. שלבי המיצוי, הניקוי הבידוד והאפיון נערכו במעבדה בנווה יער בהתאם לשיטות שפותחו על ידינו בעבר (12, 13), בצירוף שיטות מודרניות כגון שימוש במכשיר לזיהוי ולאיסוף בעזרת קולונות אנליטיות ופרפרטיביות ו-LC-MS. בהפרדה של המיצוי הצמחי ממיני חד שפה שונים, התקבלו שני חומרים: אקדיסטרוון וציאטרון. אקדיסטרוון מסחרי שימש כבקורת. בכדי לקבוע ולבודד את הפרקציה הפעילה של שני החומרים, נעשתה הפרדה של תמצית הצמחים על קולונת סיליקה גל ונאספו עשר פרקציות. זוהו שני החומרים בריכוז גבוה (אקדיסטרוון בפרקציה מס' 8 ו-9 וציאטרון בפרקציה 3 ו-4). פרקציות אלו שמשו אותנו להמשך העבודה – בדיקת הפעילות הביולוגית שלהם. כחקר ניסוי שימש חיפושית הקמח *T. castaneum* שהוא חרק מחסן מזיק ונפוץ ביותר. חומרים שנבדקו הומשו ב 5 מ"ל של אצטון. כל התמיסות ייושמו על 5 גרם של קמח חיטה. כביקורת שימש קמח עם אצטון בלבד. לאחר אידוי אצטון, מנות הקמח כל אחת של 500 מ"ג הוכנסו לצלחות פטרי בקוטר של 50 מ"מ. לכל צלחת פטרי עם קמח מטופל ולא מטופל הוכנס זחל אחד של חיפושית הקמח בדרגה ראשונה. כל הצלחות נשמרו באינקובאטור בטמפרטורה של 30 מ"צ. תמותת הזחלים ומספר הבוגרים שהגיחו נרשמו מדי יום עד גיחת הבוגר האחרון (כ-3 חודשים). לאחר גיחת

הבוגרים בכל הטיפולים ובביקורת כל הבוגרים עם הקמח מאותו טיפול אוחדו להטלת הביצים. לאחר 3 ימי הטלה הביצים נספרו ונבדק אחוז בקיעת הזחלים.

התוצאות: בתקופת המחקר הצלחנו לאסוף צמחי *Ajuga* משלושה מינים שונים (איור A1) וממקומות שונים בארץ (הגליל, הגולן והנגב). החל ניסוי לאקלם את צמחי הבר בבתי צמיחה, בחממה ובחלקת שדה בנוה יער הצלחנו לגדל שתילים ולהנביט זרעים שנאספו מצמחי *Ajuga* מהבר בעציצים בחממה ולקבל צמחים עם זרעים (לא בעונת הגידול של צמח הבר) (איור B1).

נאספו דגימות צמחיות מהבר ממספר אזורי גידול בארץ ונבחנו נוכחות פיטואקדיסטרואידיים בעזרת שיטה מהירה שפותחה במרכז מחקר נוה יער. בהפרדה של המיצוי הצמחי ממיני חד שפה שונים, תחילה על פלטות TLC נתקבלו שני חומרים (אקדיסטרון וציאסטרון). אקדיסטרון מסחרי שימש כסטנדרט. בכדי לקבוע ולבודד את הפרקציה הפעילה של שני החומרים, נעשתה הפרדה של תמצית הצמחים על קולונת סיליקה גל ונאספו עשר פרקציות. קביעת הפרקציה הפעילה נעשתה ע"י שתי שיטות: הרצת הפרקציות על פלטות TLC וע"י טכנולוגיה מתקדמת יותר (אנליזה של הפרקציות באמצעות LC-MS). בשיטה זו ניתן לזהות ריכוזים נמוכים של פיטואקדיסטרואידיים לאחר הפרדתם בעזרת ספקטרום המסות האופייני לכל אחד מהם. בשתי הטכנולוגיות זוהו שני החומרים בריכוז גבוה (אקדיסטרון בפרקציה מס' 8 ו-9 וציאסטרון בפרקציה 3 ו-4), (איור 2).

כל התמיסות המכילות פיטואקדיסטרוידיים וסטנדרט 20-hydroxyecdysone לא גרמו לתמותת הזחלים של חיפושית הקמח. לעומת זאת, התכשיר אקטליק (שהוא מקבוצת הזרחנים האורגנים) והחומר רימון (שהוא מקבוצת מעכבי סינתזה הכימית) בריכוזים של 16 ח"מ ו-10 ח"מ בהתאמה גרמו ל 100% קטילה של זחלים. מיצוי גס (crude extract) מצמח *Ajuga iva* (איסוף 2009) גרם לעיכוב מובהק בהתפתחות הזחלים: 21 ± 70 ימים בטיפול לעומת 1 ± 23 ימים בביקורת. כל המיצויים האחרים הנבדקים וגם הסטנדרט לא השפיעו על התפתחותם של הזחלים (טבלה 4). בבדיקת מיצוי גס ופרקציות שלו מאיסוף של אותו צמח בשנת 2010 לא נרשם עיכוב בהתפתחות הזחלים של חיפושית הקמח (טבלה 5). לא נמצאו הבדלים באחוז בקיעת הזחלים מביצים אשר הטילו בוגרים שהתפתחו על הקמח המטופל באקדיסטרוידיים שונים (ראה טבלה 4).

בהמשך נבחנו מיצויים מאיסופים חדשים מצמחי *Ajuga* של שנות 2011 ו-2012 כאשר מיצויים מאיסוף של שנת 2012 מוצאו על ידי ממסים שונים כמו Ethyl acetate ו-H₂O+Methanol.

התוצאות מצביעות על כך שהמיצוי הגס (crude) באתיל אצטט מאיסוף 2012 השפיע באופן משמעותי על משך התפתחות של חיפושית הקמח: 2 ± 39 ימים בטיפול לעומת 1 ± 26 ימים בביקורת. פרקציה 8 המכילה את הפיטואקדיסטרואידיים מאותו איסוף ומיצוי ומיצויים במתנול עם מים, כולל crude, לא השפיעו על משך ההתפתחות של חיפושית הקמח (טבלאות 6,7).

בנוסף יש לציין שבניסויים אשר נערכו בנוה יער על מזיקים אחרים, נמצאה השפעה של מיצויים נבדקים על התפתחות אקרית הקורים *Oligonychus perseae*, כנימת עש הטבק *Bemisia tabaci* וזבוב הפירות הים תיכוני *Ceratits capitata*.

מסקנות: פיטואקדיסטרואידיים יכולים לשמש כהורמון התנשלות חיצוני לחרקים, המשבש את תהליך ההתנשלות, פוגע במהלך חייו התקיין של החרק וגורם בסופו של דבר לתמותה ולמניעת נזק. הצלחנו בגידול

ואקלוס צמחי החד שפה מהבר בבתי צמיחה ובשדה הפתוח והצלחנו לבדוד ולאפיין את החומר הפעיל בצמח ולהצביע על פעילותו נגד חרקי מחסן ומזיקים אחרים. חומרים אלה עשויים להחליף חלק מקוטלי החרקים הנמצאים היום בשימוש, להביא להפחתת השימוש בחומרי הדברה קונוונציונליים ולטווח הארוך כשיטה פוטנציאלית להדברת מזיקים בחקלאות אורגנית. ליישום השיטה דרושים משאבים נוספים ומחקר מקיף.

1.4 שימוש בשמנים אתריים נגד חרקי מחסן

בשנים האחרונות עלתה ההתעניינות בשימוש בחומרים נדיפים המופרשים מן הצומח ובמיוחד בשמנים אתריים ובחומרים הפעילים המצויים בהם, כאלטרנטיבה לחומרי איוד קונבנציונליים. חומרים אלה נמצאו כבעלי יכולת הדברת ו/או דחיית חרקים רבים ובהם חרקי המחסן. יתרונם של השמנים האתריים הוא ברעילות נמוכה כלפי יונקים, שאריות נמוכה ופגיעה סביבתית מועטת (30). חומרים אלה נחשבים כ-GRAS – דהיינו בטוחים לשימוש ולא מסוכנים לבני אדם ולבע"ח. בספרות עדויות רבות על תחונות אינסקטיצידייות של צמחים ממשפחות Rutaceae, Myrtaceae, Lamiaceae, Asteraceae, Apiaceae (41) עד כה נמצאה יכולת הדברה ו/או דחייה בשמנים אתרים של צמחים רבים, כגון: אורגנו, בזיל, טימין, לוונדר, אזוב, מרווה משולשת, אניס, נענע (34, 36), איקליפטוס, כמון (44), לענה (26), בזיל (27) ועוד. שמנים אתרים מכילים בעיקר מונוטרפנואידים, הנחשבים כמטבוליטים משניים בצמח המופרשים להגנה מפני חרקים. הפגיעה מתבצעת בעיקר במערכת העצבים של החרקים. כאשר אתר המטרה הוא האוקטופמין- אמין ביוגני המשמש כנוירוטרנסמיטר, נוירוהורמון ונוירומודולטור בחסרי חוליות, ומעורב במספר תהליכים ביולוגיים (18). העדר קולטני האוקטופמין בחולייתנים מסביר את סלקטיביות הפגיעה של השמנים האתרים, אשר רעילים לחרקים אך אינם פוגעים ביונקים (14). יעילות השמנים האתרים בהדברת חרקי מחסן ידועה זמן רב. אולם עד כה לא נעשה בהם שימוש נרחב בצורה מסחרית, מכיוון שטרם נמצא חומר המסוגל להדביר מגוון חרקים בריכוז נמוך ובתנאי מחסן משתנים. וכן בשל משאב טבעי מצומצם, וצורך ברישום וקביעת תקנות לשימוש בחומרים אלה (14).

1.4.1 יעילות שמנים אתרים נגד חרקי מחסן בניסויי חלל.

שיטות העבודה. המחקר התמקד במיצויים אשר הופקו מסוגים נענע *Mentha* וזוטה *Micromeria* ממשפחת שפתניים (Labiatae (Lamiaceae) וחלקם נמצאו פעילים נגד חרקי מחסן (ראה דו"ח 2010). כמו כן על מנת להרחיב מיפוי השמנים נבדקו שמנים אחרים מאותה המשפחה מסוגים שונים של מרווה (*Salvia*) אשר נאספו ברחבי הארץ. בידוד והגדרת שמנים אתרים ומרכיביהם בוצעו במרכז נווה יער. היחס בין המרכיבים של שמנים אתרים חושב לפי הפיקים אשר התקבלו לאחר הפרדה ב GC-MS. מכשיר ה- GC-MS מחברת Hewlett Packard מסוג GCD plus system G1800B. האנליזה התבצעה בעמודה מסוג Rtx-5SIL MS (Restek) (30 m × 0.25 mm, עובי הפילם 0.25 μm). הפרדת אנטייזומרים נבדקה בעמודות כיראליות קפילריות מסוגים Rt-β-DEXsm (Restek) (30 m × 0.25 mm, עובי הפילם 0.25 μm) ו- Cyclodex-B (J&W) (30 m × 0.25 mm, עובי הפילם 0.25 μm).

כמו כן בוצע מעקב חודשי אחר תכולת thujones בצמחים מסוג *Salvia*. שני הסטראואיזומרים α -thujone ו- β -thujone קיימים במספר מינים השייכים למשפחות צמחים שונות. נבחרו 2 מינים מצמחי מרווה: מרווה דלמטית *Salvia officinalis* ומרווה משולשת *Salvia fruticosa*.

פעילותם של שמנים אתריים על חרקי מחסן נבחנה במחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו במרכז וולקני. נבדקו חרקי מחסן עיקריים בדרגת הבוגר: חדקונית האורז (*Sitophilus oryzae* L.: Curculionidae), נובר התבואה (*Rhyzopertha dominica* F.: Bostrichidae), חיפושית הקמח (*Tribolium castaneum* Herbst: Tenebrionidae), אורזית משוננת החזה (*Oryzaephilus surinamensis* L.: Silvanidae).

מיפוי ראשוני של פעילות החומרים כחומרי איוד (fumigants) בוצע במעבדה בתאי איוד מיוחדים בנפח של 3.5 ליטר כפי שתואר (35). כאשר החומרים ניתנו בריכוזים של 0, 5, 10 מיקרוליטר לליטר אוויר וזמן החשיפה של 24 שעות. תמותת החרקים נרשמה 1, 3, ו-7 ימים לאחר הטיפול. אחוז התמותה חושב לפי הנוסחה המקובלת (1).

התוצאות. נמצאו מרכיבים דומיננטיים של שמן אתרי מצמחי מרווה דלמטית: שני הסטראואיזומרים α -thujone ו- β -thujone (כאשר הראשון מהווה כ-60% בצמח שלם), 1,8-cineole ו- viridiflorol (טבלה 8). המרכיבים אלה נבדקו על ידנו במחקרים קודמים ונמצאו די פעילים נגד חרקי מחסן.

במעקב חודשי אחר תכולת thujones בצמחים מסוג *Salvia* ניתן לראות כי בחודשים אוקטובר-נובמבר תכולת ה- α -thujone היא הגבוהה ביותר ונע בין 3-3.5 mg/g (איור 3).

בין השמנים האתריים שנבדקו, פעילות גבוהה ביותר נגד חרקי הניסוי נרשמה בשמנים אתריים ממרווה משולשת 68, מרווה משולשת 53/81 ומרווה רפואית 18/9. בריכוז של 10 מיקרוליטר לליטר אוויר נרשמה תמותה של 85-100% של כל החרקים הנבדקים בדרגת בוגר פרט לחיפושית הקמח אשר הראה רגישות נמוכה ביותר לכל השמנים האתריים הנבדקים (טבלה 9). כמו כן נמצא ספציפיות בתגובת החרקים הנבדקים לשמנים אתריים. שמנים אתריים ממרווה משולשת 68, מרווה משולשת 53/82, מרווה משולשת 53/81 ומרווה רפואית 18/9 גרמו ל-100% תמותה של נובר התבואה. קטילה מלאה של חדקונית האורז נרשמה בטיפולים בשמנים אתריים ממרווה רפואית 18/9, מרווה דלמטית 32/6, מרווה מרושתת 30/82, מרווה מרושתת 26/83 ומרווה מרושתת 29/81, מרווה מרושתת 27/83 ומרווה מרושתת 33/83. קטילה מלאה של אורזית משוננת החזה נרשמה רק בטיפול במרווה משולשת 53/81. שבריכוז יותר נמוך של 5 מיקרוליטר לליטר היעילות של כל השמנים הנבדקים ירדה באופן משמעותי. הפעילות הגבוהה ביותר נרשמה בטיפול במרווה דלמטית 32/6: 100%, 70% ו-75% תמותה של חדקונית האורז, נובר התבואה ואורזית משוננת החזה בהתאמה (ראה טבלה 9).

בהמשך השמנים הפעילים ביותר נבדקו בגרעיני חיטה.

1.4.2 יעילות שמנים אתרים נגד חרקי מחסן בגרעיני חיטה.

במטרה לבדוק יעילותם של השמנים האתרים להדברת חרקי מחסן בנוכחות גרעיני חיטה, נבדקו השמנים מצמחי מרווה ממשפחת השפתניים הפעילים ביותר בטיפול חלל: מרווה משולשת *Salvia fruticosa*, מרווה מרושתת *Salvia sclarea*, מרווה דלמטית *Salvia officinalis*.

השמנים נבדקו בשלושה ריכוזים: 30, 50 ו-100 מיקרוליטר לליטר אוויר וזמן החשיפה של 7 ימים. כחרקי הניסוי שימשו בוגרים של אותם החיפושיות אשר שימשו בניסויי חלל (ראה 1.3.1). בכל טיפול הוכנס לתא האיווד בנפח של 600 מ"ל 300 גר' של גרגרי חיטה בלחות הגרגרים של 11.5%. חרקי הניסוי הוכנסו לחיטה בכלובים כאשר בכלוב אחד 20 בוגרים של *S. oryzae* ו-20 בוגרים של *R. dominica* ובכלוב השני 20 בוגרים של *T. castaneum* ו-20 בוגרים של *O. surinamensis*. בכל כלוב הוכנסה גם כמות קטנה של חיטה גרוסה המשמשת כמזון לחרקים. הכמות הנדרשת של השמנים הוכנסה על ידי פיפטור על נייר סינון. בדיקת התמותה נעשתה לאחר 7 ו-14 ימים לאחר תחילת הטיפול (מיד ולאחר שבוע לאחר סוף הטיפול) על ידי ספירת חרקים חיים ומתים. בניסוי בריכוז של 100 מיקרוליטר לליטר בוצעה ספירה אחת בלבד לאחר 7 ימים.

התוצאות מצביעות על כך שאחוזי התמותה לאחר חשיפת החרקים לשמנים הנבדקים היו נמוכים, מלבד אורזית משוננת החזה *O. surinamensis* בו נמצאה תמותה גבוהה עד מלאה. עליה בריכוז עד ל-100 מיקרוליטר לליטר ברוב המיקרים לא גרמה לפעילות גבוהה של השמנים. עוד עולה כי החומר היעיל ביותר כנגד חדקונית האורז *S. oryzae* ונובר התבואה *R. dominica* הוא מרווה דלמטית 32/6 (טבלה 10). לא נמצא חומר יעיל כנגד חיפושית הקמח *T. castaneum*. ברוב הטיפולים בספירה לאחר 14 יום מתחילת הניסוי נמצאה תמותה גבוהה יותר מספירה לאחר 7 ימים.

1.4.3 יכולת דחיית חרקי מחסן על ידי שמנים אתריים.

מטרת המחקר: לבחון יכולת דחיית חרקי מחסן על ידי שמנים אתריים. שיטות העבודה. השמן הופק מצמח מרווה דלמטית 32/6 במעבדתו של פרופ' עוזי רביד בנווה יער. לשמן זה היעילות הגבוהה נגד חרקים כחומר איווד (ראה 1.3.1). התערובת של 80 גר' של גרגרי חיטה מלאים בלחות 11.7% + 20 גר' חיטה גרוסה שימשה כמזון לחרקים. לתוך 100 גר' של התערובת הכנסנו 100 µl של שמן מרווה דלמטית 32/6 + 900 µl אצטון. ריכוז השמן האתרי בחיטה: 1000 ח"מ. הוספת האצטון נעשתה על מנת להגדיל את פיזור החומר בגרגרים. לאחר הוספת החומרים הוכנסה החיטה למנדף ל 16 שעות לנידוף האצטון. ביקורת- 1000 µl אצטון בלבד. כחרק הניסוי שימשו בוגרים של חיפושית הקמח *T. castaneum*. מבחן הדחייה בוצע בארבע שיטות. א. בצלחות פטרי בקוטר 14 ס"מ עם טיפול וביקורת באותה צלחת. ב. בצלחות פטרי בקוטר 14 ס"מ נפרדות לטיפול וביקורת. ג. בכלי זכוכית עם המידות: 7X15X21 ס"מ עם טיפול וביקורת באותו כלי. ד. בצנצנות זכוכית בנפח של 0.6 ליטר נפרדות לטיפול וביקורת. מתוך ארבעת השיטות נמצא הבדל משמעותי בין הטיפול והביקורת כאשר השתמשנו בצלחות פטרי עם טיפול וביקורת באותה צלחת.

ניסוי א'. בדיקת כושר דחיית ה-*T. castaneum* על ידי שמן אתרי ממרווה דלמטית 32/6. 4 צלחות פטרי בקוטר 14 ס"מ (4 חזרות) חולקו כל אחת ל 4 רבעים שווים. בכל רבע הונח 1 גר' של חיטה, כאשר שני רבעים ביקורת ושני רבעים טיפול (איור 4). החרקים הונחו במרכז הצלחת ונספרו לפי מספר החרקים בכל רבע. ספירת החרקים בוצעה ב-3 פרקי זמן: 1-3, 17-26, 89-161 שעות.

התוצאות מצביעות על כושר דחייה מובהק של שמן אתרי ממרווה דלמטית 32/6 לבוגרים של חיפושית הקמח. במשך כ-100 שעות מספר הבוגרים של חיפושית הקמח היה נמוך יותר בגרעינים מטופלים לעומת ביקורת. בהמשך ההבדלים הלכו ופחתו (איור 5).

בניסויים שערכנו נמצא כי משך זמן בו החומר יעיל ודוחה את החרקים הוא עד כ- 100 שעות. על מנת להבין מהו הגורם לירידת יעילות הדחייה לאחר זמן זה, העלנו ההשערות: 1. ירידה בכמות החומר שעל הגרגרים כתוצאה: א. מהתנדפות או התפרקות החומר (דגרדציה). או ב. מפעילות החרקים כמו כרסום ותנועה על גרגרים אלו. 2. התרגלות החרקים לחומר.

על מנת למצוא מהו הגורם, נערך ניסוי נוסף (ב') בו בחנו את שתי האפשרויות. בסוף ניסוי א' הוצאנו את החרקים מצלחות הניסוי והכנסנו במקומם חרקים בוגרים חדשים. את החרקים הישנים הכנסנו לצלחות ניסוי בהן ערימות חיטה חדשות.

ניסוי ב' א: חיטה ישנה (168 שעות מתחילת ניסוי א' ועד תחילת ניסוי ב' א), חרקים חדשים.

ניסוי ב' ב: חיטה חדשה, חרקים ישנים (מניסוי א')

אם הסיבה לירידה ביעילות החומר היא התפרקות או התנדפות החומר, אז בניסוי ב' א, בו החיטה ישנה, לא ימצא הבדל בין הטיפול והביקורת. ואם הסיבה לירידה ביעילות היא התרגלות החרקים אז לא ימצא הבדל בין הטיפול והביקורת בניסוי ב' ב משום שחרקים אלה כבר התרגלו לחומר. חלוקת ערימות החיטה נעשתה בדומה לניסוי א' (ראה איור 4). בספירת החרקים ספרנו כל רבע בנפרד.

התוצאות מצביעות על כך שבניסוי ב' א (החיטה המטופלת מהניסוי הקודם, החרקים החדשים) נרשמה דחיית הבוגרים של חיפושית הקמח (איור 6), למרות הזמן הארוך שעבר מהכנסת הגרגרים לצלחות הניסוי (168 שעות מתחילת ניסוי א' ועד תחילת ניסוי ב' א). לאחר 28 שעות מספר החרקים בביקורת ובטיפול היה דומה. יעילות החומר בניסוי זה (28 שעות) קצרה ביחס לניסויים הקודמים בהם יעילות הדחייה ירדה לאחר כ- 90 שעות. בניסוי ב' ב (חיטה חדשה, החרקים מניסוי קודם) משך זמן הדחייה ארוך יותר ונמשך כ- 90 שעות, בדומה לניסויים הקודמים (איור 7). בשני הניסויים קיבלנו הבדל מובהק בין הטיפול לביקורת, אך בניסוי ב' ב משך זמן הדחייה היה ארוך יותר. ניתן להניח כי הדחייה יורדת כתוצאה מהתפרקות החומר, כי החרקים אשר נחשפו לחומר זמן רב בניסוי 1 לא 'התרגלו' והעדיפו את ערימות הביקורת עד לשעה ה-90 כמו בניסויים הקודמים. לעומת זאת, בניסוי ב' א, דחיית החרקים החדשים הייתה קצרה יותר, כנראה משום התפרקות החומר.

מסקנות: שמנים אתרים ממשפחת Labiatae נמצאו פעילים נגד חרקי מחסן שנבדקו במספר אופנים. יעילותם הפומיגנטית בחלל (space fumigation) נמצאה ברמה די גבוהה. שמנים ספרמינט מסחרי 14M, זוטה לבנה 13/82, אפלמינט A3 06.95, מנטה רוטונדיפוליה 1/96 בריכוז של 5 מיקרוליטר לליטר אוויר גרמו לתמותה מלאה של כל החרקים הנבדקים בדרגת בוגר. בריכוז של 10 מיקרוליטר לליטר אוויר השמנים ממרווה משולשת 68, מרווה משולשת 53/81 ומרווה רפואית 18/9 גרמו לתמותה של 85-100% של כל חרקי הניסוי פרט לחיפושית הקמח. בנוכחות גרעיני חיטה יעילותם של שמנים אלה ירדה מאד, כנראה בגלל הספיגה והספיחה של השמנים על ידי הגרעינים. כתוצאה מכך ריכוז החומר בין הגרעינים ירד ולא היה מספיק לקטילת החרקים. לראשונה נמצאה פעילות רפלטית (דחייה) לשמן אתרי ממרווה דלמטית 32/6. במשך כ- 100 שעות השמן דחה באופן מובהק את הבוגרים של חיפושית הקמח מהחיטה המטופלת. כיום לרשותנו נתונים רבים על פעילותם של שמנים אתריים שונים נגד חרקי מחסן. על מנת להמיר את הידע הנצבר לטכנולוגיה יישומית יש לפתח פורמולציות מתאימות לשימוש בשמנים אתריים כחומרי אידו ו/או כפרוטקטנטים.

2. שיפור ואופטימיזציה טכנולוגיות קיימות.

כיום להדברת חרקי מחסן משתמשים בעיקר בשיטת האיוד ובשימוש בפרוטקטנטים כאשר לשתי השיטות חסרונות בולטים: רעילות לאדם, פגיעה בסביבה ומוצרים רבים, התפתחות תנגודת של חרקים ועוד. קיים אפוא צורך דחוף בפיתוח שיטות וטכנולוגיות חדישות (ראה פרק ראשון של הדו"ח) ובאופטימיזציה של טכנולוגיות קיימות.

2.1 איוד בפוספין בעזרת ה-Speedbox

כיום, בעקבות פסילתו של מתיל ברומיד בגלל פגיעתו בשכבת האוזון, פוספין משמש כחומר איוד עיקרי נגד חרקי מחסן. אחד החסרונות של טכנולוגיות קיימות ליישום פוספין הוא זמן טיפול ארוך. להסגת יעילות גבוהה בשימוש בפורמולציות קונבנציונליות של פוספין (כדורים, טבליות, פלטות וכדומה) נדרש טיפול במשך שבוע ועד שבועיים ימים. על מנת להאיץ את הטיפול פותחו מספר טכניקות ומכשירים, כמו הכנסת פוספין בצורת גז ביחד עם CO₂ למניעת התלקחות (פוספין 2% + 98% CO₂) בשיטת ECO₂ FUME (45) או על ידי חימום חיצוני של המחסן בזמן פיזור טבליות (10). מכשיר הספידבוקס פותח בחברת Detia Degesch GmbH Germany ומטרתו להפחית את זמן איוד בפוספין בעיקר בטמפרטורה נמוכה. המכשיר מאפשר חימום פלטות של מגנזיום פוספיד ופיזור גז אחיד על ידי סחרור (11). מטרת המחקר בתחום זה היא שיפור ואופטימיזציה של טכנולוגית האיוד בפוספין, בעיקר פיתוח משטרי האיוד עם מכשיר הספידבוקס המאפשרים לקצר את זמן הטיפול ובדיקתם של משטרים אלה בניסויי פיילוט ומסחריים.

שיטות העבודה. מכשיר ה-speedbox, היחידי מסוגו בארץ נמצא ברשות המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו ואנו צופים כי השימוש בו ייעל בצורה ניכרת את הטיפולים בפוספין. מכאן שהחידושים בחלק זה של העבודה הם בהכנסת גישה טכנולוגית חדשה (כמצוין בהערות הוועדה) אשר טרם נוסתה בעולם ובתנאי הארץ. בתחילת המחקר השתמשנו במודל הספידבוקס הראשון. לאחרונה קיבלנו המודל המשופר של הספידבוקס. הטיפולים בוצעו בחדר איוד במחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו אשר נבנה במיוחד לניסויים מסוג זה. נפח החדר 15 מ"ק. שליש הנפח תופסים שקים עם גרעיני חיטה. נבדקו ריכוזים שונים של פוספין: מ-2 עד 8 גרם למ"ק בשילובים עם זמן חשיפה שונה: מ-24 שעות עד 96 שעות. כחרקי ניסוי שימשו 8 סוגים של חרקי מחסן עיקריים בדרגות התפתחות שונות. איכות החיטה לאחר הטיפול נבדקה במעבדה של ד"ר בונפיל במרכז גילת לפי שיטות מקובלות. כמו כן בוצעה סדרת ניסויים במחסנים מסחריים בקרית גת (חממה), בגבעת כוח ובמכולה מסחרית. הטיפולים בניסויים מסחריים בוצעו ע"י חברה חזאן הדברות בע"מ.

התוצאות מלמדות שטכנולוגית האיוד בפוספין על ידי מכשיר הספידבוקס ובמיוחד במודל החדשה, מאפשרת לקצר את זמן הטיפול באפן משמעותי בהשוואה לטכנולוגיה קיימת ולגרסה ראשונה של הספידבוקס. כך לדוגמה, במנה של 4 גרם למ"ק, כבר לאחר שעה אחד (!) הושג ריכוז יעיל של 370 ח"מ. ריכוז של 1000 ח"מ הושג לאחר 6 שעות ושל 2000 ח"מ לאחר 9 שעות מתחילת הטיפול. במנה של 6 גרם למ"ק, 1000 ו-2000 ח"מ של פוספין נרשמו כבר לאחר 3 ו-6 שעות בהתאמה (איורים 8-11) ובמנה של 8 גרם למ"ק הושג ריכוז של 2000 ח"מ לאחר 3 שעות. הודות לקבלת ריכוזים יעילים כבר לאחר שעות (ואפילו דקות) ספורות, תמותה מלאה של כל דרגות ההתפתחות של חרקים חיצוניים, דוגמת חיפושית הקמח, אורזית משוננת החזה ועשים, הושגה כבר לאחר זמן קצר מאד של 24 שעות בריכוז נמוך של 2 גרם למ"ק. החרקים הפנימיים כמו חדקונית האורז, נובר התבואה וזרעיות. לאחר 72 שעות בריכוז של 4 גרם

למ"ק הושגה תמותה מלאה של כל חרקי הניסוי, הן חיצוניים אשר מתפתחים מחוץ לגרעין, כמו חיפושית הקמח, אורזית משוננת החזה ועשים, והן פנימיים אשר מתפתחים בתוך הגרעין ולכן קשים יותר להדברה, כמו חדקונית האורז, נובר התבואה וזרעיות. גם חרק הסגר עורית הגרגירים אשר עמיד לטיפולים רבים, נקטל במלואו. בטיפול זה הושגה 100% קטילה של כל הדרגות פרט לגלמים של חדקונית האורז – 88-95% (טבלאות 10, 11.1). יש לציין שפרטים ששרדו והגיחו, רובם מתו בהמשך. כמו כן יש לקחת בחשבון שבניסויים אלה בכוונה הקשנו על חדירת הגז לחרקים (צנצנות זכוכית עם פתח צר מחוסה ב-4 שכבות נייר מוקפות מכל הצדדים בשקי פלסטיק מלאים בגרעיני חיטה). בסדרת הניסויים במחסנים מסחריים ובמכולה מסחרית התקבלו תוצאות דומות לאלו שהתקבלו בחדר איוד. נמצאו משטרי האיוד בעזרת ה- ספידבוקס אשר מבטיחים תמותה מלאה של כל חרקי המחסן הנבדקים בכל דרגות ההתפתחות (טבלה 11.2). התוצאות מצביעות שניתן לקצר את זמן הטיפול ל 48-72 שעות בריכוז של 4-8 גרם למ"ק. בטכנולוגיה הקיימת נדרש זמן החשיפה לפוספין הרבה יותר ארוך של 7-14 ימים. היתרונות הנוספים של שימוש במכשיר: ניתן להשיג ריכוז פעיל נגד בוגרים וזחלים (200-300 ח"מ) תוך 1-2 שעות, להגיע לריכוז מקסימאלי (עד ל-5000 ח"מ) תוך 8-15 שעות (תלוי במנת הגז) לעומת 48-72 שעות בטכנולוגיה קיימת, לפזר גז באופן אחיד הודות לסחרור, לקטול כל חרקי מחסן בכל הדרגות ביעילות מלאה ובטמפרטורות נמוכות יותר בהשוואה לטכנולוגיה קיימת. הטיפול לא השפיע על איכות הגרעינים (ראה טבלה 21).

מסקנות: הרחבת הידע על ביצועי מכשיר הספידבוקס תאפשר להתאים את השימוש במכשיר למקומות בהם נדרשת הדברה מהירה כמו תחנות הסגר, סחורה בנמל וכו'. וכן לבחון את יעילות המכשיר בהדברת מזיקים בתוצרת טרייה מגוונת. הרחבת השימוש בספידבוקס תשפר את איכות הדברת חרקי המחסן בישראל, ותפחית את הזמן הנדרש להדברת חרקים ומזיקים שונים בתוצרת החקלאית המאוחסנת. כעת אנו בודקים את המודל החדש בשימושים נוספים של המכשיר.

2.2 שימוש בפרוטקטנטים ידידותיים לאדם וסביבה

על מנת למנוע נגיעות בחרקים בתבואה מאוחסנת מקובל בארץ ובעולם לטפל בגרעיני דגן בחומרים נקראים protectants. קוטלי החרקים המצויים בשימוש כיום, כמו זרחנים אורגניים ופירתרוידים, הם בעלי רעילות גבוהה יחסית ואף התפתחה תנגודת של מספר חרקי מחסן כלפיהם. לכן קיים צורך במציאת תכשירים חלופיים הפעילים נגד מזיקי המחסן, לא מסוכנים לאדם וידידותיים לסביבה. אבקות אינרטיות (DE - Diatomaceous earth) ידועות כחלופה לקוטלי חרקים קונבנציונליים. האבקות הן לא רעלות לאדם, בעלות מנגנון הפעולה ייחודי לא כימי כאשר חרקים מתים כתוצאה מהתייבשות (4, 37, 16). כמו כן, מווסתי גידול חרקים (Insect Growth Regulators IGRs) הם בעלי רעילות נמוכה מאד ליונקים והם פעילים נגד טווח חרקים רחב. בשנים קודמות ה- IGR נובלורון (10% רימון, מכתשים, ישראל) נמצא פעיל מאד נגד מגבן רחב של חרקים הנבדקים (42, 19). גם התכשיר ספינוסד Spinosad (Tracer Super 240, Dow AgroSciences, USA), תוצר של החיידק הקרקעי *Saccharopolyspora spinosa*, ידוע כבעל רעילות נמוכה מאד ליונקים וכפעיל נגד טווח חרקים רחב. ספינוסד אמור להיות מקובל בחקלאות אורגנית. בארה"ב החומר נמצא פעיל מאד נגד חרקי מחסן עיקריים (5, 25, 38).

שיטות העבודה. בסדרת ניסויים שונים מעבדתיים, פיילוט ומסחריים נבדקו אבקות אינרטיביות, נובלורון וספינוסד כפרוטקטנטים. אבקה אינרטיבית DDDE - Inerto מתוצרת חברה גרמנית Detia Degesch נבדקה בריכוזים של 0.5, 1.0, 2.0 ו- 4.0 ג/ק"ג גרעיני חיטה. כחרקי הניסוי שימשו חרקי מחסן עיקריים כגון חדקונית האורז, נובר התבואה, חיפושית הקמח, אורזית משוננת החזה בדרגות התפתחות של בוגר וחיפושית הקמח גם בדרגת זחל. הכמות הנדרשת של התכשיר עורבבה יחד עם גרעיני חיטה על פי הריכוז הנבדק. לחות הגרעינים 11.5%. חרקי הניסוי הוכנסו לכל דוגמאות הגרעינים המטופלים ולביקורת (ללא טיפול). הניסוי נערך בארבע חזרות. חרקי הניסוי וגרעיני החיטה הוחזקו במעבדה בתנאים מבוקרים (28 מ.צ. ו 70% RH). מיד לאחר הטיפול, אולחו דוגמאות של הגרעינים המטופלים ולא מטופלים (הביקורת) בחיפושיות מחרקי הניסוי (בוגרים) וזחלים בדרגת 3 של חיפושית הקמח. תערובת אקטליק 50% (זרחן אורגני) + קשת 2.5% (פירתרויד) (1:1 לפי התכשירים) אשר נמצאת בשימוש רחב בארץ ובעולם כטיפול מונע בגרעינים, שימשה כסטנדרט. כל צנצנת אולחה ב-20 חרקי ניסוי של כל סוג החרק בנפרד. תמותת החרקים נבדקה 3, 7 ו-14 ימים לאחר האילוח. כמין כן חודשיים לאחר האילוח נבדקה השפעתם של החומרים הנבדקים על התפתחות החרקים ששרדו והופעת דור חדש. בשיטות דומות נבדקו גם נובלורון וספינוסד כל אחד בניסויים שונים. גרעיני חיטה עורבבו עם נובלורון (רימון 10%, מכתשים, ישראל) בריכוזים מ 0.5 ח"מ עד 10 ח"מ ובספינוסד (Tracer Super 240, Dow AgroSciences, USA) בריכוזים של 0.5, 1.0 ו-2.0 ח"מ. כמו כן בתערובת של ספינוסד 1.0 ח"מ עם קשת 0.5 ח"מ. כסטנדרט שימש טיפול בתערובת של אקטליק וקשת. ביקורת ללא טיפול.

איכות החיטה לאחר הטיפול נבדקה במעבדה של ד"ר בונפיל במרכז גילת לפי שיטות מקובלות.

התוצאות: נמצא שיעילותן של אבקות אינרטיביות תלויה בסוג החרק, בריכוז ובזמן החשיפה לחומר. בריכוז של 0.5 ג/ק"ג וזמן חשיפה של חודש נרשמה תמותה של חדקונית האורז ואורזית משוננת החזה של 94% ו-88% בהתאמה. חיפושית הקמח ונובר התבואה היו פחות רגישים: בריכוז זה נקטלו רק 5% ו 47% בוגרים בהתאמה. עם עליה בריכוז אחוזי הקטילה של כל חרקי הניסוי גדלו. בריכוז של 1 ג/ק"ג וזמן החשיפה של חודש האבקות גרמו ל-100% תמותה של חדקונית האורז ואורזית משוננת החזה, כמו כן ל-90% ו-82% קטילה של נובר התבואה וחיפושית הקמח בהתאמה. בריכוזים יותר גבוהים של 2 ו-4 ג/ק"ג נרשמה תמותת חרקים אלה גבוהה יותר. בכל הריכוזים נרשמה עליה באחוזי קטילת החרקים עם זמן החשיפה ממושך יותר. הסטנדרט גרם לתמותה מלאה של כל חרקי הניסוי כבר לאחר 14 ימי החשיפה (טבלה 12).

הטיפול באבקות אינרטיביות מנע התפתחות של דור חדש של חדקונית האורז וחיפושית הקמח. כך, בריכוז של 2 ג/ק"ג נרשמו פרטים ספורים בהשוואה עם ביקורת. גם אוכלוסייה של דור חדש של אורזית משוננת החזה הייתה נמוכה מאד. לעומת זאת אוכלוסייה של נובר התבואה הקטינה רק ב-50% בהשוואה לביקורת (טבלה 13).

הטיפול באבקות לא השפיע על איכות הגרעינים, פרט לירידה קטנה במשקל הקטוליטרי (ראה טבלה 21).

התוצאות מלמדות שאבקות אינרטיביות DDDE - Inerto פחות מהירות בפעילותם נגד חרקי מחסן בהשוואה לזרחנים אורגניים ופירטרוידיים אשר נמצאים בשימוש כיום אך בסופו של דבר האבקות מונעות הופעת דור חדש של חרקים. בנוסף לאבקות היתרונות רבות בהיבט סביבתי ובריאותי.

ספינוסד היה פעיל מאד נגד בוגרי חדקונית האורז. במועדים ראשונים של אילוח הושגה תמותה מלאה של בוגרים בכל הריכוזים הנבדקים שבועיים לאחר האילוח. גם 6 ו-9 חודשים לאחר הטיפול ספינוסד בריכוזים של 1.0 ו 2.0 ח"מ גרם ל-100% תמותת הבוגרים (טבלה 14). תוצאות דומות נרשמו נגד נובר

התבואה. לדוגמה, 6 חודשים לאחר הטיפול בריכוזים של 1.0 ו 2.0 ח"מ ספינוסד קטל 100% בוגרי נובר התבואה. בריכוז נמוך יותר של 0.5 ח"מ התמותה הייתה 78% (טבלה 15). גם נגד בוגרי אורזית משוננת החזה ספינוסד הפגין יעילות גבוהה. 6 חודשים לאחר הטיפול בריכוז של 2 ח"מ החומר גרם ל- 95% תמותה (ראה טבלה 15). גם במועדי המבחן האחרים התוצאות היו דומות. לעומת זאת יעילותו של ספינוסד נגד בוגרי חיפושית הקמח הייתה נמוכה יותר. בריכוז של 1.0 ח"מ החומר קטל 63, 72 ו-30% לאחר 0.5, 3 ו-6 חודשים מהטיפול בהתאמה, ובריכוז 2 ח"מ 90, 97 ו-61% בהתאמה. ספינוסד בריכוז של 2 ח"מ קטל זחלים של חיפושית הקמח ועש הקמח ההודי בדרגה שלישית ב- 98-100%. אך נגד דרגה רביעית החומר היה פחות יעיל. פעילות דומה נגד כל חרקי הניסוי נרשמה כאשר חיטה טופלה בתערובת של ספינוסד בריכוז של 1.0 ח"מ עם דלטאטרין (קשת) בריכוז של 0.5 ח"מ (ראה טבלאות 14, 15).

במחקרים קודמים בתנאי מעבדה נמצא שנובלורון בריכוז של 1.0 ח"מ הקטין את הופעת הבוגרים של דור חדש של *S. oryzae* ו- *R. dominica* ב- 95% בהשוואה לביקורת ומנע ב- 100% התפתחות זחלים של *P. interpunctella* לבוגרים. כמו כן נובלורון בריכוז של 1.0 ח"מ קטל 100% זחלים בדרגה שלישית של *T. castaneum*. יעילותו של נובלורון נשמרת במשך שנה לפחות. בתקופת הדו"ח נמצא שגם זחלים של עורית הגרגרים *Trogoderma granarium* שהוא חרק הסגר בישראל המזיק ביותר בכל העולם, נקטלים ביעילות רבה על ידי נובלורון ובכך נמנע נזק רב לגרעינים (טבלה 16). רמת פיזור החומר קריטית ליעילותו. טפטוף וריסוס שבים ביעילותם בדילול החומר ומינונו של ליטר לטון גרעינים בריכוז של 2 ח"מ (טבלה 17). ללא ערבוב בגרעינים יעילותו החומר יורדת. בניסויי שדה (שקים של טון, מסמיה), F_1 של *S. oryzae* ו- *R. dominica* הוקטן בכ-95% כאשר F_2 הופיע בחרקים יחידים בלבד לאומת אלפים בבקורת. פעילותו של נובלורון נשמרה במשך לפחות שנה אחד (טבלאות 18, 19). ניסויים מסחריים (טיפול ב-300 טון של זרעים בנתיבות ו-70-90 טון בדגני רות) אימתו את התוצאות שהתקבלו בניסויי מעבדה ובניסוי חצי מסחרי הקודם. נובלורון הקטין את אוכלוסיות של דור חדש F_1 של חדקונית האורז ונובר התבואה ב-98-84% בהשוואה לביקורת ומנע התפתחות והופעת דור חדש F_2 של חרקים אלה. הסטנדרט קוטל את הבוגרים ביעילות. ההבדלים בין האתרים השונים של הניסוי (נתיבות ודגני רות) ובין מקומות הדגימה השונים (שכבה עליונה ותחתית הסילו) לא היו מובהקים סטטיסטית. כמו כן יעילותו של נובלורון ושל הסטנדרט היו באותה רמה (טבלה 20). הטיפול בנובלורון לא השפיע על איכות הגרעינים (ראה טבלה 21).

בסדרת ניסויים רב שנתיים במעבדה ובתנאים חצי מסחריים ומסחריים רימון 10% ת.מ. (נובלורון) בריכוז של 2-4 ח"מ (ח"פ) הוכיח את עצמו כחומר יעיל נגד חרקי מחסן בחיטה ומתאים במיוחד נגד חרקים עיקריים אשר מתפתחים בתוך הגרעין ולא ניתנים להדברה על ידי IGR אחרים.

הסטנדרט (אקטליק + קשת) לאורך כל הניסויים היה יעיל מאד. אך היתרון הגדול של נובלורון מול הסטנדרט בכך שמנגנון הפעולה של נובלורון כ IGR הוא שונה מזרחנים אורגניים (אקטליק) ופירתרואידים (קשת). לעומתם נובלורון לא פוגע במערכת העצבים של החרק ובעלי חיים בעלי דם חם ולכן הוא לא טוקסי לאדם ויונקים. נובלורון מעכב סינטוז של כיטין. החומר נימצא בעיקר אצל חרקים ולכן הפעילות של נובלורון בררנית מאד ובעיקר נגד חרקים.

כמו כן נבדקה פעילותו של מיצוי מעץ התה נגד חרקי מחסן עיקריים. החומר נבדק בריכוזים של 1 ו 2 גרם/ק"ג של גרעיני תירס על פי השיטה המקובלת לבדיקות חומרים כפרוטקטנטים. אך בשני הריכוזים הנבדקים החומר לא היה יעיל נגד חרקי הניסוי.

מסקנות: אבקות אינרטיות DDDE, נובלורן וספינוסד מגנים על חיטה נגד חרקי מחסן במשך חודשים רבים ומהווים פוטנציאל להחלפת קוטלי חרקים קונבנציונאליים. מנגנון הפעולה של חומרים אלה מאד בררני ושונה מקוטלי חרקים מקבוצות כימיות הנמצאות כיום בשימוש. בנוסף, ניתן להשתמש בספינוסד ואבקות אינרטיות גם בחקלאות אורגנית.

3.2. פיתוח טכנולוגיות חדישות לאפליקציה של חומצות אורגניות לעיכוב עובשים בגרעינים

שמנים אתריים הוכחו כבעלי יעילות מוגבלת בעיכוב עובשים. ברם, חומצות אורגניות המשמשות לעיכוב גרעינים עלולות לגרום נזק למיכלי מתכת, הן בעלות ריחות חריפים ומסכנות את המטפלים בהן. יש אפוא צורך דחוף לפתח שיטות אשר יאפשרו אפליקציה של חומרים אלה.

שיטות: בעזרת ד"ר ילנה פוברנוב (המחלקה לחקר איכות ובטיחות מזון, מרכז וולקני) הוכן תכשיר חדשני בו הוספה חומצה פרופיונית על נשא אינרטי. החומר בצורתו כשבבים, עורבב עם גרעיני חיטה בריכוזים של 2 ו 5% חומר פעיל. הגרעינים הושארו בטמפרטורת החדר (הדגרה) לתקופות 14 ו-28 ימים ולאחר מכן הונחו על צלחות פטרי בהם מצע PDA. כביקורות שימשו גרעינים אשר טופלו בריכוזים זהים בחומצה עצמה וכאלו אשר לא טופלו כלל.

תוצאות. לאחר תקופת הדגרה של 14 ימים, הוכחה פעילות מוגבלת של התכשיר החדש בהשוואה לחומצה עצמה. בגרעינים אשר טופלו בתכשיר בריכוז 5% היה שיעור הגרעינים הנגועים (ללא חיטוי חיצוני) לאחר 2 ימי הדגרה 20% בהשוואה להעדר נגיעות בטיפול בחומצה עצמה (5%). לאחר 120 שעות, נרשמה 100% נגיעות. בגרעינים מטופלים בתכשיר בעוד שבטיפול בחומצה פרופיונית (5 ו 2%) היה לאחר תקופה זו שיעור הנגיעות רק 16.6 ו 26.6% בהתאמה. לאחר 28 ימים של שהיה עם התכשיר, הונחו הגרעינים על מצע מזון לאחר חיטוי חיצוני. בתום 4 ימי הדגרה על המצע, היו שעורי הנגיעות כדלהלן: שבבים 2% - 30% גרעינים נגועים בעוד שבשאר הטיפולים: שבבים 5%, ח.פ. 2 ו 5% לא נרשמה נגיעות כלל. בביקורת (גרעינים לא מטופלים) היה שיעור הנגיעות 100%. בתום 11 ימי הדגרה היו שעורי הנגיעות 100, 83.3, 56.7 ו 40% בטיפולים שבבים 2%, שבבים 5% ח.פ. 2% ו ח.פ. 5%. הממצאים מעידים בברור על הפוטנציאל של השבבים לפעול כפונגיסטט ולעכב את המיקרופלורה אשר בתוך הגרעינים.

לסיכום כללי: שימוש בטכנולוגיות חדישות להדברת חרקי מחסן, כגון שימוש בפרומונים לבלבול עשים במחסני חיטה, שימוש בפיטוכימיכאלים כמו פיטואקדיזונים ושמנים אתריים לקטילה/דחיה של חרקים מזיקים, מאפשר הפחתה או הפסקה של השימוש בחומרי הדברה קונוונציונאליים, המזיקים לבריאות האדם ולסביבה. שיפור ואופטימיזציה של שיטות קיימות להדברת חרקים מזיקים, כגון שימוש במכשיר ספידבוקס לאיוד בפוספין, החלפה של פרוטקטנטים רעילים לאדם בחומרים בעלי רעילות נמוכה מאד לאדם וידידותיים לסביבה יאפשרו ליעל את הטיפולים מבלי לגרום נזק לבריאות הצרכן, המדביר ולסביבה. מכלול שיטות וחומרים הנחקרים בפריקט זה יאפשר לבנות ממשק לבקרת גורמי נזק עיקריים באיסוס גרעינים, למנוע פחת בכמות וירידה באיכות הגרעינים ולהקטין באופן ניכר תלות המדינה ביבוא הגרעינים.

ממשק לבקרת גורמי נזק עיקריים באיסוס גרעיניים.

על סמך התוצאות שהתקבלו במהלך מחקר זה, מחקרים קודמים שלנו וידע קיים, ניתן לבנות מסגרת לממשק לבקרת גורמי נזק ביוטיים עיקריים באיסוס גרעיניים. הממשק מבוסס על טכנולוגיות חדישות בשילוב עם טכנולוגיות מסרטיות אשר שופרו ועברו אופטימיזציה. הממשק כולל אמצעים למניעת התפתחות חרקים מזיקים עוד לפני הכנסת הגרעיניים לאחסון, אמצעי ניטור החרקים במחסנים ואמצעי בקרת/הדברת החרקים במהלך האחסון.

1. הכנת ממוגורות/מחסנים להכנסת גרעיניים לאחסון ממושך.

- א. ניקוי של אתר האחסון, כולל סילונים/מחסנים, שטח מסביב, ציוד ומכשור, משאריות המזון ופסולת.
- ב. איוד תאים ריקים של ממוגורות בשמנים אתרים או בפוספין על ידי הספידבוקס (במקום מתיל ברומיד או פוספין בטכנולוגיה קונבנציונלית).
- ג. ריסוס מחסנים ריקים, ציוד ומכשור רלוונטי ושטח מסביב בנובלורון או באבקות אינרטיות או בספינוסד (במקום זרחנים אורגניים ופירתרוידים).

2. בהכנסת הגרעיניים לאחסון ממושך.

טיפול מונע בגרעיניים בפרוטקטנטים חדשים כמו אבקות אינרטיות, ספינוסד, חומרים מווסתי גדלה (IGR), דוגמת נובלורון או פיטואקדיזון (במקום זרחנים אורגניים ופירתרוידים).

3. ניטור חרקי מחסן במהלך האחסון.

- א. ניטור חרקי מחסן במהלך האחסון על ידי מלכודות שונות ודגימות גרעיניים (כיום בעיקר דגימות).
 - ב. בקרת עשים מזיקים בשיטת בלבול הזכרים על ידי פרומון מין ללא חומרי הדברה (במקום ערפולים ואיודים בחומרי הדברה).
 - ג. הדברת מזיקי מחסן בשיטת איוד בשמנים אתריים או בפוספין על ידי הספיד בוקס (במקום מתיל ברומיד ופוספין בטכנולוגיה קונוונציונלית).
- ניתן להגיע ליישום מסחרי של הממשק אשר מבוסס על התוצאות שהתקבלו והמלצות שהתגבשו במהלך המחקר, חלקם באופן מיידי ובכלליות תוך תקופה של 2-3 שנים.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
המטרה המרכזית של המחקר היא לפתח ממשק המבוסס על טכנולוגיות חדישות ושיפור של טכנולוגיות קיימות לבקרת גורמי נזק ביוטיים עיקריים באיסוס גרעינים.
עיקרי התוצאות.
שיטת בלבול הזכרים של עשים על ידי פרומון מין אפשרה להוריד את אוכלוסייה של עש הקמח ההודי ב- 70%. כאשר אוכלוסיית העש גבוהה, שימוש בפרומון מין של החרק אפשר ללכוד את הזכרים של העש ולהעריך את האוכלוסייה שלו אך לא גרם לבלבול הזכרים וירידת אוכלוסיית העש. מספר שמנים אתריים אשר הופקו מצמחי <i>Salvia</i> ממשפחת Labiatae נמצאו פעילים בקטילה של חרקי מחסן עיקריים בדרגת בוגר בחלל. יעילותם בגרעיני חיטה הייתה נמוכה, מלבד נגד אורזית משוננת החזה. השמנים הנבדקים הם גם בעלי כושר הדחייה של חרקי מחסן. מיצוי פיטואקדיזון קרוד מצמחי <i>Ajuga iva</i> גרם לעיכוב משמעותי בהתפתחות של חיפושית הקמח. שימוש במכשיר ספידבוקס, במיוחד במודל משופר, מאפשר היווצרות של גז פוספין מהר יותר בהשוואה לטכנולוגיה קונוונציונלית, מקצר את זמן הטיפול וקוטל ביעילות את כל חרקי הניסוי בכל הדרגות ואפילו בטמפרטורות נמוכות. אבקות אינרטיות, נובלורון וספינוסד שהם בעלי רעילות נמוכה מאד לאדם וידידותיים לסביבה, קוטלים ביעילות את חרקי מחסן עיקריים. מיצוי של עץ התה בריכוזים הנבדקים לא היה פעיל כפרוטקטנט. הוכחה יעילות תכשיר חדש להדברת עובשים.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדו"ח?
פיתוח טכנולוגיות חדישות לבקרת עובשים וחרקי מחסן, כגון שימוש בפרומונים לבלבול עשים במחסני חיטה, שימוש בפיטוכימיקלים כמו פיטואקדיזונים ושמנים אתריים לקטילה/דחיה של חרקים מזיקים, תכשיר ידידותי להדברת פטריות עובש, יאפשר הפחתה או הפסקה של השימוש בחומרי הדברה קונוונציונליים, המזיקים לבריאות האדם ולסביבה. שיפור ואופטימיזציה שיטות קיימות לבקרת חרקים מזיקים, כגון שימוש במכשיר ספידבוקס לאיוד בפוספין, החלפה של פרוטקטנטים רעילים לאדם בחומרים בעלי רעילות נמוכה מאד לאדם וידידותיים לסביבה יאפשר ליעיל את הטיפולים מבלי לגרום נזק לבריאות הצרכן, המדביר ולסביבה. מצע אינרטי מוספג בחומצה פרופיונית עשוי להוות תכשיר חדש וידידותי להדברת עובשים. מכלול שיטות וחומרים הנחקרים במחקר זה יאפשר לבנות ממשק לבקרת גורמי נזק עיקריים באיסוס גרעינים, למנוע פחת בכמות וירידה באיכות הגרעינים. ניתן יהיה להגיע ליישום מסחרי של תוצאות שיתקבלו והמלצות שיתגבשו תוך תקופה של 2-3 שנים וחלקם באופן מיידי.

בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך
מציאת ריכוזים ותנאים אופטימליים לתכשירים ולשיטות אשר נוסו בשנים קודמות ונמצאו יעילים בבקרה ובהדברה של עובשים ושלבי התפתחות שונים של חרקי מחסן עיקריים. המשך המחקר יעסוק בכך לקראת המלצות לשימוש בשיטות ובחומרים היעילים כחלופה לכימיקלים הנהוגים כיום.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - <u>ציטט</u> ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;
Improved Speedbox as an Effective Instrument for Phosphine Fumigation. Conference IPSP 1-4.7.2013 Bordeaux (accepted as oral presentation) Suppression of <i>Plodia interpunctella</i> moth populations by mating disruption in wheat warehouses in Israel. Conference IPSP 1-4.7.2013 Bordeaux (accepted as oral presentation)
הרצאה בפורום לניקיון מזון מחרקים ב 16.11.11 ברמת אפעל הרצאה בסמינר של מכוני תערוכת ב 19.3.12 באשקלון הרצאה ביום עיון למדברים 27.3.12 בשירותים להגנת הצומח בבית דגן.
פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
< ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) V
< חסוי – לא לפרסום: יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר

1. Abbott, W.W. (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18: 265–267.
2. Aly, R., Ravid, U., Abu-Nassar, J., Botnick, I., Lebedev, G., Gal, S., Ziadna, H., Achdari, G., Smirnov, E., Meir, A. and Ghanim, M. (2011). Biological activity of natural phytoecdysteroids from *Ajuga iva* against sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci* and the perseia mite *Oligonychus perseae*. *Pest Manag Sci* 67(12): 1493-1498
3. Athanassiou, C.G., Buchelos, C.T., Kavallieratos, N.G. and Barbetaki, A.E. (2002). Evaluation of the mating disruption method for the control of the pink bollworm *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae) and comparison of this method with insecticidal treatments. *IOBC/WPRS Bull.* 25: 39–50.
4. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G., Tsaganou, F.C., Vayias, B.J., Dimizas, C.B. and Buchelos, C.T. (2003). Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Prot.* 22: 1141–1147.
5. Athanassiou, C.G., Kavallieratos, N.G. and Chintzoglou, G.J. (2008). Effectiveness of spinosad dust against different European populations of the confused flour beetle, *Tribolium confusum* Jacquelin du Val. *J. Stored Prod Res* 44 (1): 47-51.
6. Cardé, R.T. and Minks, A.K. (1995). Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Ann. Rev. Entomol.* 40: 559–585.
7. Charmillot, P.J. (1990). Mating disruption technique to control codling moth in Western Switzerland. In: *Behaviour-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants*. Ed. by Ridgway, R.L., Silverstein, R.M, and Inscoc MN, *Marcel Dekker Inc., New York*, 65–182.
8. Dinan L. (2001). Phytoecdysteroids: biological aspects. *Phytochemistry* 57: 325–339.
9. Dinan, L. and Lafont R. (2006). Effects and applications of arthropod steroid hormones (ecdysteroids) in mammals. *J. Endocrinol.* 191: 1–8.
10. Horn, P. and Horn, F. (2006). Large scale grain fumigations using pure cylinderized Phosphine together with the HORN DILUPHOS SYSTEM. In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Beckel, H., Deckers, D., Sundfeld, E., dos Santos, J.P., Biagi, J.D., Celaro, J.C., Faroni, L.R.D'A., Bartolini, LdeOF., Sartori, M.R., Elias, M.C., Guedes, R.N.C., De-Fonseca, R.G. and Scussel, V.M. (eds). *Proceedings of the ninth International working conference on stored product protection*, 15–18 October 2006, Sao Paulo, Brazil. Brazilian Post-harvest Association, Campinas.
11. Jakob, G., Dierks-Lange, H., Heck, F.W. and Schmitt, S. (2006). The speedbox – an innovative application device for the Degesch plates. In: Lorini, I., Bacaltchuk, B., Beckel, H., Deckers, D., Sundfeld, E., dos Santos, J.P., Biagi, J.D., Celaro, J.C., Faroni, L.R.D'A., Bartolini, LdeOF., Sartori, M.R., Elias, M.C., Guedes, R.N.C., De-Fonseca, R.G. and Scussel, V.M. (eds) *Proceedings of the ninth International working conference on stored product protection*, 15–18 October 2006, Sao Paulo, Brazil. Brazilian Post-harvest Association, Campinas.
12. Ikan, R. and Ravid, U. (1971a). The isolation and identification of ecdysterone from *Ajuga iva*. *Planta Medica* 20: 34-35.
13. Ikan, R. and Ravid, U. (1971b). The isolation and identification of cyasterone from *Ajuga chia* (Labiatae). *Phytochemistry* 10: 1659-1661.
14. Isman, M.B. (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Prot* 19: 603–608.

15. Jones, O.T., 1998. The commercial exploitation of pheromones and other semiochemicals. *Pest. Sci.* 54: 293–296.
16. Korunic, Z. (1998) Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *J Stored Prod. Res.* 34:87–97.
17. Kostyukovsky, M., Ravid, U. and Shaaya, E. (2002a) The potential use of plant volatiles for the control of stored product insects and quarantine pests in cut flowers. *Acta Horticulturae* 576: 347-358.
18. Kostyukovsky, M., Rafaeli, A., Gileadi, C., Demchenko, N. and Shaaya, E. (2002b) Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of toxicity against insect pests. *Pest. Manag Sci* 58: 1101-1106
19. Kostyukovsky, M. and Trostanetsky, A. (2006). The effect of a new chitin synthesis inhibitor, Novaluron, on various developmental stages of *Tribolium castaneum* (Herbst). *J. Stored Prod Res* 42: 136–148.
20. Kostyukovsky M. and Shaaya E. (2011). Phytochemicals as natural fumigants and contact insecticides against stored product insects. In: NK Dubey (ed.). *Natural products in plant pest management*. CABI, 175-190.
21. Lauber, E., Gharib, A., Kincses, J., Vajdics, G., Fekete G. and Darvas, B. (2004). The effect of grist of *Ajuga* species on Indian meal moth (*Plodia interpunctella* Hübner). *Novenyvedelem* 40(11):559-569.
22. Lafont R. and Dinan L. (2003). Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: an update. 30pp. *J Insect Sci* 3:7.
23. Louis, F., and Schirra, K. (2001). Mating disruption of *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in vineyards with very high population densities. *IOBC/WPRS Bull.* 24: 75–79.
24. Mueller, D. (2010). Mating disruption in *Plodia interpunctella* (H.). *Int. Pest Control* 59: 88–90.
25. Nayak, M.K., Darglish, G.J. and Byrne, V.S. (2005). Effectiveness of spinosad as a grain protectant against resistant beetle and psocid pests of stored grain in Australia. *J Stored Prod Res* 41(4): 455-467
26. Negahban, M., Moharrampour, S. and Sefidkon F. (2006). Fumigant toxicity of essential oil from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. *J Stored Prod Res* 43: 123–128
27. Ogendo, O., Kostyukovsky, M., Ravid, U., Matasyoh, J.C., Deng, A. L, Omolo, E.O., Kariuki, S.T. and Shaaya, E. (2008) Bioactivity of African basil (*Ocimum gratissimum* L.) oil and two constituents against five insect pests of stored food products. *J Stored Prod Res* 44:328-334
28. Papachristos, D.P. and Stamopoulos, D.C. (2002). Repellent, toxic and reproduction inhibitory effects of essential oil vapours on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae). *J Stored Prod Res* 38: 117–128.
29. Phillips, T.W. (1997). Semiochemicals of stored-product insects: research and applications. *J. Stored Prod. Res.* 33: 17–30.
30. Raja, N., Albert, S., Ignacimuthu, S. and Dorn, S. (2001). Effect of plant volatile oils in protecting stored cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walpers against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) infestation. *J Stored Prod Res* 37: 127–132.

31. Ryne, C.G., Svensson, P. and Löfstedt C. (2001). Mating disruption of *Plodia interpunctella* in small-scale plots: effects of pheromone blend, emission rates, and population density. *J. Chem. Ecol.* 27: 2109–2124.
32. Ryne, C., Ekeberg, M., Jonzén, N., Oehlschlager, C., Löfstedt., C. and Anderbrant, O. (2006). Reduction in an almond moth *Ephestia cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) population by means of mating disruption. *Pest Manag. Sci.* 62: 912–918.
33. Ryne, C., Svensson, G.P., Anderbrant, O. and Löfstedt, C., (2007). Evaluation of long-term mating disruption of *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in indoor storage facilities by pheromone traps and monitoring of relative aerial concentrations of pheromone. *J. Econ. Entomol.* 100: 1017–1025.
34. Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Juven, B., Zisman, U. and Pissarev V. (1991). Fumigant toxicity of essential oils against four major stored-product insects. *J. Chem. Ecol.*, 17 : 499–504
35. Shaaya, E. and Kostyukovsky, M. (2006) Essential oils: potency against stored product insects and mode of action. *Stewart Postharvest Review* [Online] August 2006, 2(4) (paper no. 5). <http://www.stewartpostharvest.com>
36. Shaaya, E. and Kostyukovsky, M. (2009). The potential of biofumigants as alternatives to methyl bromide for the control of pest infestation in grain and dry food products In: "Recent Advances in Plant Biotechnology" (Kaufman Peter B. and Kirakosyan Ara Eds.)
37. Subramanyam, B. and Roesli, R. (2000) Inert dusts. In: Subramanyam Bh, Hagstrum DW (Eds.), *Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
38. Subramanyam, B., Toews, M.D., Ileleji, K.E., Maier, D. E., Thompson, G.D. and Pitts, T. J. (2007) Evaluation of spinosad as a grain protectant on three Kansas farms. *Crop Prot* 26(7): 1021-1030 .
39. Trematerra, P. (2002). Use of pheromones in integrated pest management of stored-products. *Encyclopedia of Pest Management*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1–4.
40. Trematerra, P., Athanassiou, C., Stejskal, V., Sciarretta, A., Kavallieratos, N. and Palyvos, N. (2011), Large-scale mating disruption of *Ephestia* spp. and *Plodia interpunctella* in Czech Republic, Greece and Italy. *J Appl Entomol*, 135: 749–762.
41. Tripathi, A. K., Upadhyay, S., Bhuiyan, M. and Bhattacharya, P. R. (2009), A review on prospects of essential oils as biopesticide in insect-pest management. *J Pharmacogn Phytother* 1 (5), 052-063.
42. Trostanetsky, A. and Kostyukovsky, M. (2008). Transovarial activity of Novaluron on egg hatch and subsequent development of larvae of *Tribolium castaneum*. *Phytoparasitica* 36(1): 38-41.
43. Tsfadia, O., Azrielli, A., Falach, L., Zada, A., Roelofs, W. and Rafaeli, A. (2008). Pheromone Biosynthetic Pathways: PBAN-Regulated Rate-Limiting Steps and Differential Expression of Desaturase Genes in Moth Species. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 38: 552-567.
44. Tunç I., Berger B.M., Erler F. and Dağlı F. (2000). Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insect. *J Stored Prod Res* 36 : 161–168.
45. Williams, P., Hepworth, G., Goubran, F., Muhunthan, M. and Dunn K. (2000). Phosphine as a replacement for methyl bromide for postharvest disinfestation of citrus. *Postharvest Biol Technol* 19: 193–199.

נספחים: טבלאות ואיורים

טבלה 1. דינאמיקה של אוכלוסיות העשים מזיקי מחסן באתרי אחסון חיטה מקומית.
2010

אוכלוסיות העשים מספר זחלים ממוצע בדוגמאות הגרעינים של 0.5 ק"ג								מחסן	אתר
1.11	12.10	11.10	10.10	9.10	8.10	7.10	6.10		
0	0	0	0	איוד	0.2	0	0	דרור 1	יושיביה
0	0	0	0	איוד	1.3	0.5	0	דרור 2	
0	0	0	0	איוד	0.3	0.2	0	כנרת	
0	0	0	איוד	0.3	0.2	0	0	תבור	מנפסת העמק
0	0	0	איוד	0.5	0	0	0	ארבל	
0	0	0	איוד	1.3	1.2	0	0	גלבוע	

2011

אוכלוסיות העשים מספר זחלים ממוצע בדוגמאות הגרעינים של 0.5 ק"ג							מחסן	אתר
12.11	11.11	10.11	9.11	8.11	7.11	6.11		
0	0.3	0	איוד	0	0	0	דרור 1	יושיביה
0	0	0	איוד	0	0	0	דרור 2	
0	0.2	0	איוד	0	0	0	כנרת	
0.2	0.15	0	איוד	0	0	0	רוזה 1	
0	0	0	איוד	0.2	0.15	0	רוזה 2	מנפסת העמק
0	0	0	איוד	0.8	0	0	תבור	
0	0	0	איוד	2.3	0	0	ארבל	
0	0	0	איוד	0.8	0	0	גלבוע	
3.75	1.0	0.3	ערפול	2.8	1.1	0	מחסן 2	

2012-2013

אוכלוסיות העשים מספר זחלים ממוצע בדוגמאות הגרעינים של 0.5 ק"ג									מחסן	אתר
3.13	2.13	1.13	12.12	11.12	10.12	9.12	8.12	7.12		
0	0.31	0	0	0	איוד	-	0	0	דרור 1	יושיביה
0	-	0	0	-	איוד	-	0	0	דרור 2	
0	0	0	0	0	איוד	-	0	0	כנרת 1	
0	0	0	0	0	איוד	-	0	0	כנרת 2	
0.15	0.24	0	0	0	איוד	-	0	0.25	רוזה 1	
0.3	-	0	-	0	איוד	-	0	0	רוזה 2	
-	-	0	0	0	איוד	0	0	-	גורן 1	
-	-	-	0	-	איוד	0	0	-	גורן 2	
-	0	0	0	איוד	0	0	0.33	0.11	תבור	מנפסת העמק
0.11	0	0	0	איוד	0	0	0.16	0.16	ארבל	
-	-	-	-	איוד	0	0	0.2	0.2	גלבוע	
0.83	0	0	0	איוד	0	0	0.16	0.14	חרמון	
0.11	0	0	0	איוד	0	0	0.4	0.2	כרמל	

טבלה 2. התפתחות עש הקמח ההודי ללא ובנוכחות פרומון לבלבול הזכרים. אוכלוסייה התחלתית כ-300 בוגרים (2011).

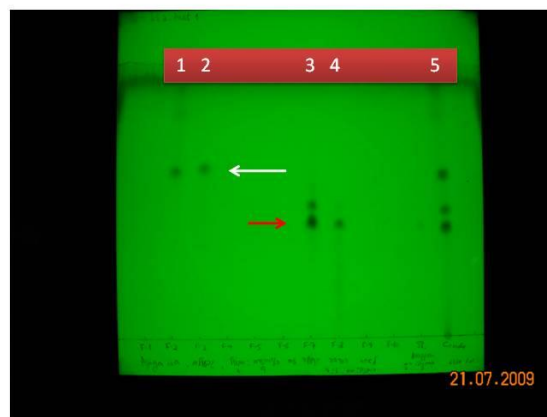
מס' בוגרים שהתפתחו בחדר גידול				מס' בוגרים שנלכדו במחסן		טיפול
במלכודות מזון סה"כ	במלכודת מזון (בקערות) סה"כ	בצנצנות סה"כ	במלכודת מזון (בצנצנת) אחת	במלכודות פרומון סה"כ	במלכודת פרומון אחת	
4283	2723	1560	312±24	658	165±8	בלבול
4370	3176	1194	239±21	543	136±8	בקורת

טבלה 3. יעילות שיטת בלבול הזכרים של עש הקמח ההודי. אוכלוסייה התחלתית כ-40 בוגרים (2012).

יעילות הטיפול (%)	יחס לביקורת ב' (%)	מס' העשים F ₂ (כל הדרגות)	יעילות הטיפול (%)	יחס לביקורת ב' (%)	מס' העשים F ₁ (בוגרים)	שיטת ספירת העשים F ₁	טיפול
-	-	-	-	151.6	1086	מלכודות פרומון	ביקורת א'
-	100	4595	-	100	716	מלכודות מזון	ביקורת ב'
85.2	14.8	682	70.3	29.7	231	מלכודות מזון	בלבול הזכרים



איור 1. (A) : צמחי *Ajuga* משלושה מינים שונים (*A. orientalis*, *A. chamaepitys*, *A. iva*) שנאספו ממקומות שונים בארץ (הגליל, הגולן והנגב).
 (B) : ניסוי לאקלם ולתרבות את צמחי הבר בבית צמיחה בנוה יער.



איור 2 : תוצאות ההפרדה של phytoecdysteroids מצמח חד שפה (*Ajuga iva*) על פלטת TLC. ערוצים 3,4 מייצגים אקדיסטרום מסומן בחץ אדום. ערוצים 1,2 מייצגים ציאסטרום מסומן בחץ לבן. ערוץ 5, מייצג אקדיסטרום מסחרי בתור סטנדרט.

טבלה 4. השפעתם של פיטואקדיסטרוידיים מ- *Ajuga sp.* (איסוף 2009) על התפתחות חיפושית הקמח (מביצה עד בוגר).

טיפול	גיחת הבוגרים (%)	משך התפתחות (ימים)	בקיעת הזחלים (%)
<i>A. iva</i> crude 2009	90	70.0 ± 20.7 A*	84
<i>A. iva</i> F7 2009	100	24.1 ± 0.7 B	90
<i>A. iva</i> F8 2009	100	24.4 ± 0.7 B	82
<i>A. chai</i> F4	90	23.6 ± 0.4 B	90
<i>A. chai</i> F5	90	27.2 ± 1.5 B	83
20-hydroxyecdysone 1000ppm	90	25.6 ± 0.9 B	93
20-hydroxyecdysone 2000ppm	90	27.4 ± 1.1 B	-
Actellic50 16ppm	0	-	-
Rimon10 10ppm	0	-	-
בקורת עם אצטון	90	22.9 ± 0.5 B	94
בקורת ללא אצטון	100	23.1 ± 0.7 B	92

* - מובהקות על פי מבחן Student $P \geq 0.95$

טבלה 5. השפעתם של פיטואקדיסטרוידיים מ- *Ajuga iva* איסוף 2009 ו- 2010 על התפתחות זחלים של חיפושית הקמח (מביצה עד בוגר).

טיפול	גיחת הבוגרים (%)	משך התפתחות (ימים)
<i>Ajuga iva</i> F1	100	30.7±1.03 B*
<i>Ajuga iva</i> F2	100	30.2±0.81 B
<i>Ajuga iva</i> F3	100	31.2±0.49 B
<i>Ajuga iva</i> F4	100	29.5±1.16 B
<i>Ajuga iva</i> F5	100	31.0±0.80 B
<i>Ajuga iva</i> F6	70	32.1±0.46 B
<i>Ajuga iva</i> F7	90	30.1±0.84 B
<i>Ajuga iva</i> F8	100	29.5±1.39 B
<i>Ajuga iva</i> F9	100	28.7±0.87 B
<i>Ajuga iva</i> F10	100	31.9±1.08 B
Crude <i>Ajuga iva</i> 2010	100	33.4±0.76 B
Crude <i>Ajuga iva</i> 2009	90	A42.8±79.7
בקורת עם אצטון	90	28.6±0.69 B
בקורת ללא אצטון	90	26.4±0.38 B

* - מובהקות על פי מבחן Student $P \geq 0.95$

F1-F10 - פרקציות של מיצויים מ- *Ajuga iva* מאיסוף 2010.

טבלה 6. השפעתם של פיטואקדיסטרויידים מ- *Ajuga iva* איסוף 2011 על התפתחות זחלים של חיפושית הקמח (מביצה עד בוגר)

טיפול	גיחת הבוגרים (%)	משך התפתחות (ימים)
Crude <i>Ajuga iva</i> 2011	100	24.9±0.6 A*
<i>Ajuga iva</i> F8 2011	100	24.2±0.3 A
בקורת עם אצטון	100	24.3±0.4 A
בקורת ללא אצטון	100	24.0±0.3 A

*- מובהקות על פי מבחן Student, $P \geq 0.95$

טבלה 7. השפעתם של פיטואקדיסטרויידים מ- *Ajuga iva* איסוף 2012 על התפתחות זחלים של חיפושית הקמח (מביצה עד בוגר)

טיפול	גיחת הבוגרים (%)	משך התפתחות (ימים)
Crude <i>Ajuga iva</i> 2012 (Ethyl acetate)	90	39.3±1.6 A*
Crude <i>Ajuga iva</i> 2012 (Methanol+H ₂ O)	100	25.7±0.4 B
<i>Ajuga iva</i> F5 2012 (Methanol+H ₂ O)	100	26.0±0.7 B
<i>Ajuga iva</i> F6 2012 (Methanol+H ₂ O)	100	26.2±0.8 B
<i>Ajuga iva</i> F8 2012 (Ethyl acetate)	100	25.2±0.4 B
סטנדרט Makisterone	100	27.5±0.9 B
בקורת עם אצטון	90	26.4±0.7 B
בקורת ללא אצטון	90	25.3±0.5 B

*- מובהקות על פי מבחן Student, $P \geq 0.99$

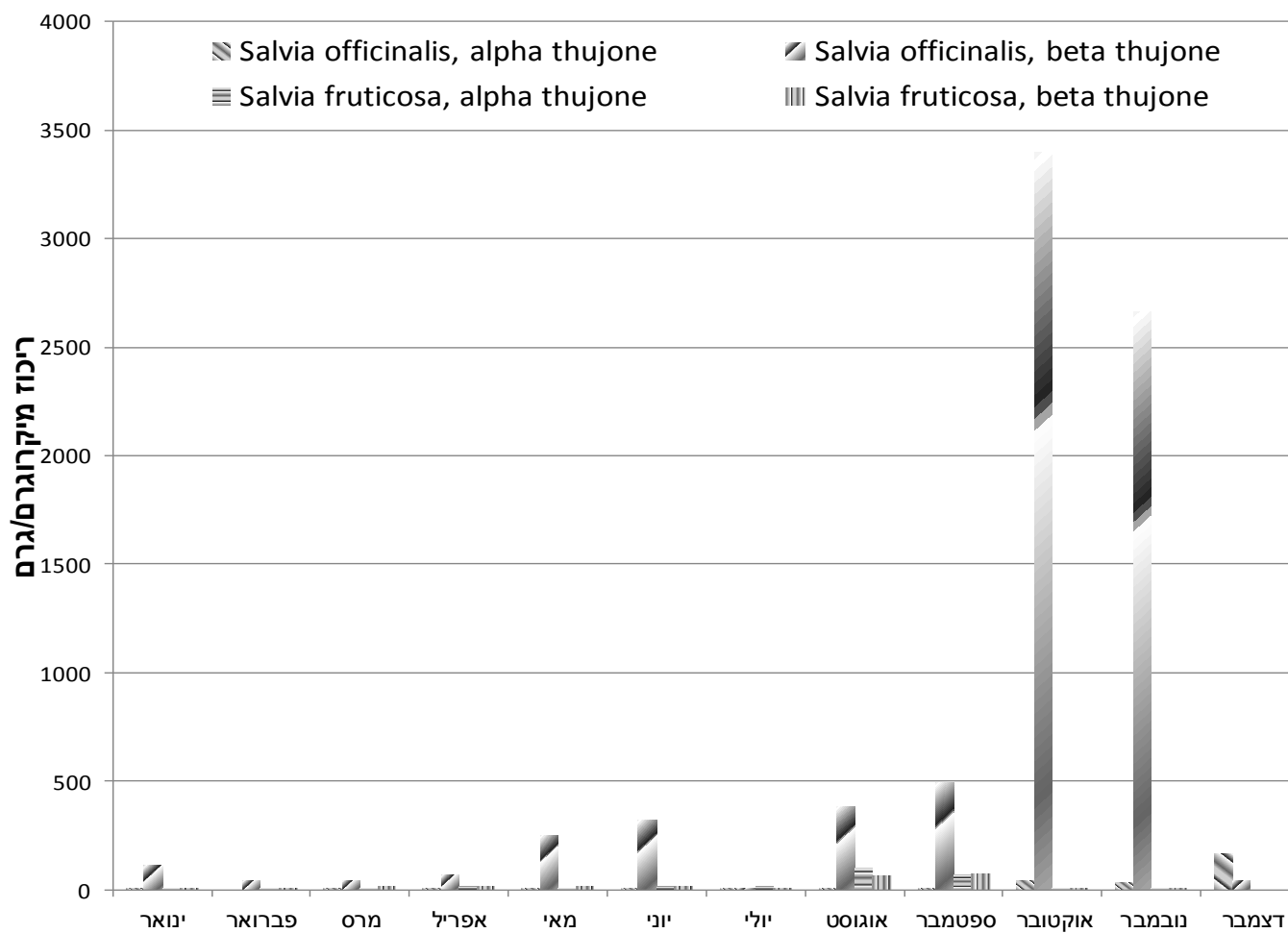
טבלה 8. הרכב השמן האתרי (%) בחלקים שונים של צמח מרווה דלמטית *Salvia officinalis*

(ערכים ממוצעים של תשעה יבולים)

צמח שלם	גבעולים	תפרחת	ניצנים		עלים		מרכיב השמן האתרי
			משניים	ראשיים	צעירים	בוגרים	
0.70	0.17	1.77	0.60	0.70	0.69	0.64	α -pinene
2.59	0.73	9.74	2.81	3.22	2.28	1.39	β -pinene
11.14	4.07	21.07	10.39	12.44	12.04	13.35	1,8-cineole
59.75	73.10	33.86	57.91	56.73	59.87	64.44	α -thujone
6.02	6.65	3.65	6.55	6.42	6.61	7.10	β -thujone
2.73	0.47	4.15	2.07	2.17	1.70	0.78	β -caryophyllene
0.53	1.10	0.08	0.41	0.20	0.63	1.12	p-cymene
7.21	2.44	6.70	6.18	7.02	5.12	2.49	α -humulene
7.35	7.40	13.47	10.27	8.86	8.71	6.56	viridiflorol
1.95	3.87	5.51	2.81	2.25	2.34	2.13	manool

טבלה 9. פעילות פומיגנטית של שמנים אתרים מצמחי מרווה שונים בחלל. זמן החשיפה 24 שעות.

תמותת הבוגרים 7 ימים לאחר האיוד (%)				ריכוז μL/L	שמן אתרי
אורזית משוננת החזה	נובר התבואה	חיפושית הקמח	חדקונית האורז		
25	25	5	5	5	מרווה מרושתת 28/81
40	80	0	90	10	
25	70	0	15	5	מרווה משולשת 68
95	100	5	85	10	
5	65	5	20	5	מרווה משולשת 8/83
65	90	5	90	10	
45	75	5	20	5	מרווה משולשת 53/82
90	100	0	60	10	
15	65	5	35	5	מרווה משולשת 52/82
50	80	0	85	10	
20	55	0	5	5	מרווה משולשת 53/81
100	100	0	95	10	
5	5	0	0	5	מרווה משולשת 23/81
30	70	0	50	10	
45	40	5	45	5	מרווה ריחנית 3/83
80	95	0	50	10	
25	75	0	10	5	מרווה רפואית 18/9
85	100	0	100	10	
10	55	0	0	5	מרווה רפואית 9/83
80	80	0	35	10	
0	20	0	60	5	Salvia grandifolia 4/83
50	50	0	95	10	
15	25	5	75	5	Salvia grandifolia 35/83
70	80	5	90	10	
75	70	0	100	5	מרווה דלמטית 32/6
90	95	5	100	10	
40	70	5	100	5	מרווה מרושתת 29/81
75	90	5	100	10	
40	30	0	85	5	מרווה מרושתת 26/83
85	60	0	100	10	
25	25	5	70	5	מרווה מרושתת 30/82
65	40	10	100	10	
0	30	5	85	5	מרווה מרושתת 30/81
45	45	0	95	10	
5	40	0	85	5	מרווה מרושתת 27/83
85	60	0	100	10	
20	75	5	60	5	מרווה מרושתת 33/83
85	80	10	100	10	
5	15	0	0	0	בקורת

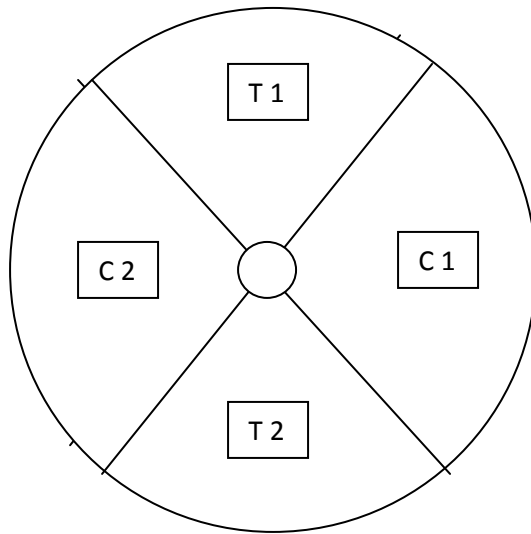


איור 3. תכולת אלפה- ובטא- טוג'ון בצמחי מרווה שונים במשך השנה

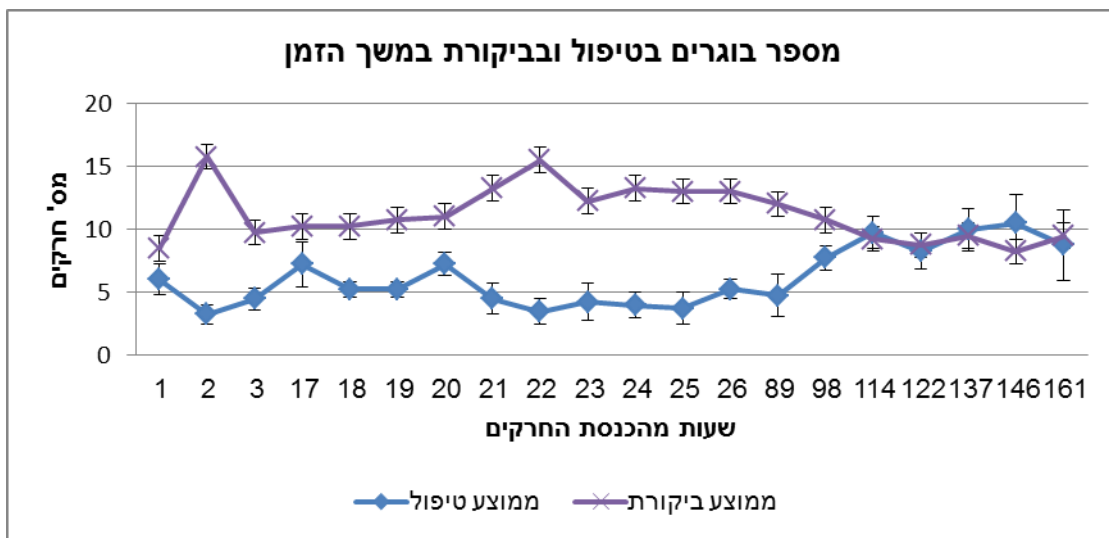
טבלה 10. פעילות פומיגנטית של שמנים אתרים מצמחי מרווה שונים בגרעיני חיטה. זמן החשיפה 7 ימים.

אחוז תמותה								ריכוז µl/l	השמן
ספירה ב'- לאחר 14 ימים				ספירה א'- לאחר 7 ימים					
חיפושית הקמח	אורזית משוננת החזה	נובר התבואה	חדקונית האורז	חיפושית הקמח	אורזית משוננת החזה	נובר התבואה	חדקונית האורז		
11.7±1.7	81.7±10.1	26.7±12	51.7±15.9	5±0	70±15.3	5±0	13.3±1.7	30	מרווה דלמטית 32/6
6.7±3.3	100±0	18.3±1.7	45±20.2	5±2.9	100±0	10±2.9	23.3±11.7	30	מרווה מרושתת 29/81
8.3±1.7	100±0	13.3±1.7	11.7±6	5±0	100±0	5±0	10±5	30	מרווה משולשת 68
10±4.1	100±0	30±8.2	42.5±18.4	2.5±2	100±0	5±4.1	5.3±4.3	50	מרווה דלמטית 32/6
5±0	91.7±8.3	26.7±1.7	10±2.9	3.3±1.7	85±7.6	20±2.9	3.3±1.7	50	מרווה מרושתת 29/81
18.7±10.4	100±0	46.7±10.1	43.3±6.7	3.3±1.7	100±0	13.3±1.7	13.3±1.7	50	מרווה משולשת 68
-	-	-	-	20±2.9	71.7±13.3	28.3±7.3	33.3±16.4	100	מרווה דלמטית 32/6
-	-	-	-	18.3±9.3	88.3±6.7	35±0	83.3±12	100	מרווה מרושתת 29/81
-	-	-	-	5±2.9	65±18	61.7±6.7	13.3±10.9	100	מרווה משולשת 68

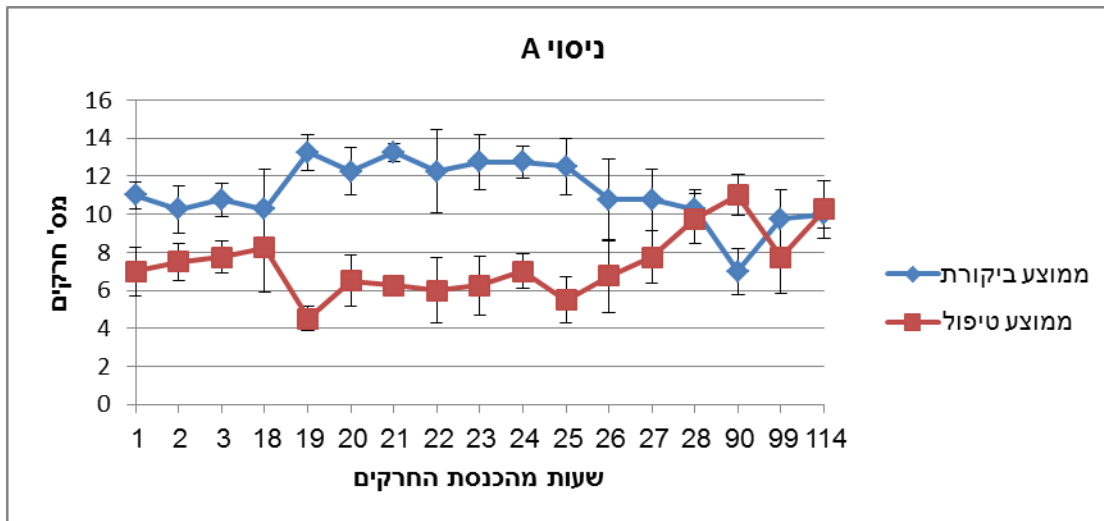
T-טיפול. C- בקורת



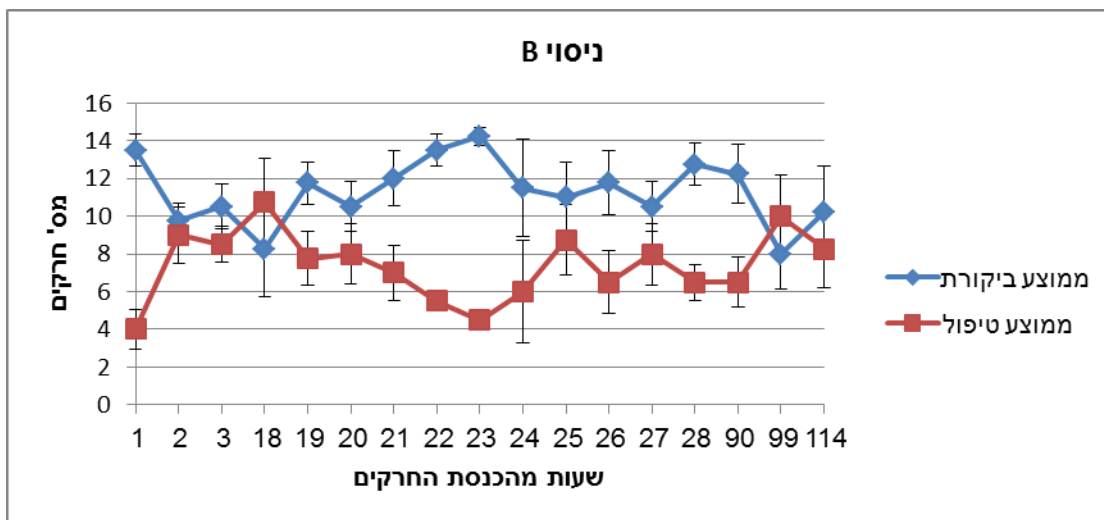
איור 4 : סידור חלוקת הצלחות ל 4 רבעים



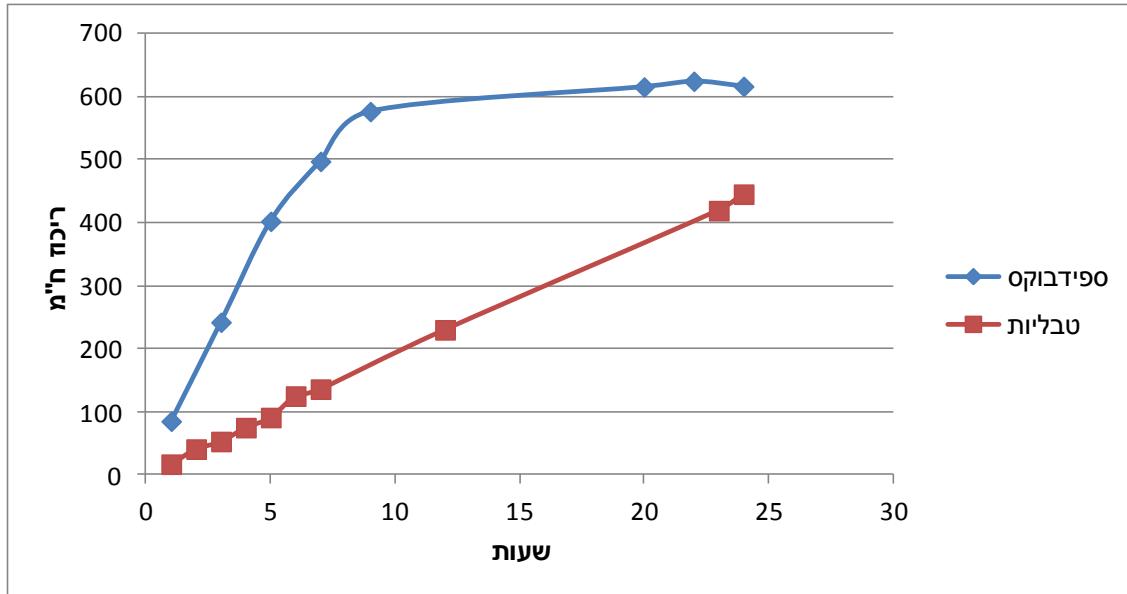
איור 5. דחיית בוגרים של חיפושית הקמח על ידי שמן אתרי ממרווה דלמטית 32/6 בשעות 1-98 נמצא הבדל מובהק בין הטיפול לביקורת ($P < 0.0001$)



איור 6: ניסוי ב' A חיטה ישנה, חרקים חדשים
 בשעות 1-99 נמצא הבדל מובהק בין הטיפול לביקורת ($P < 0.0001$)



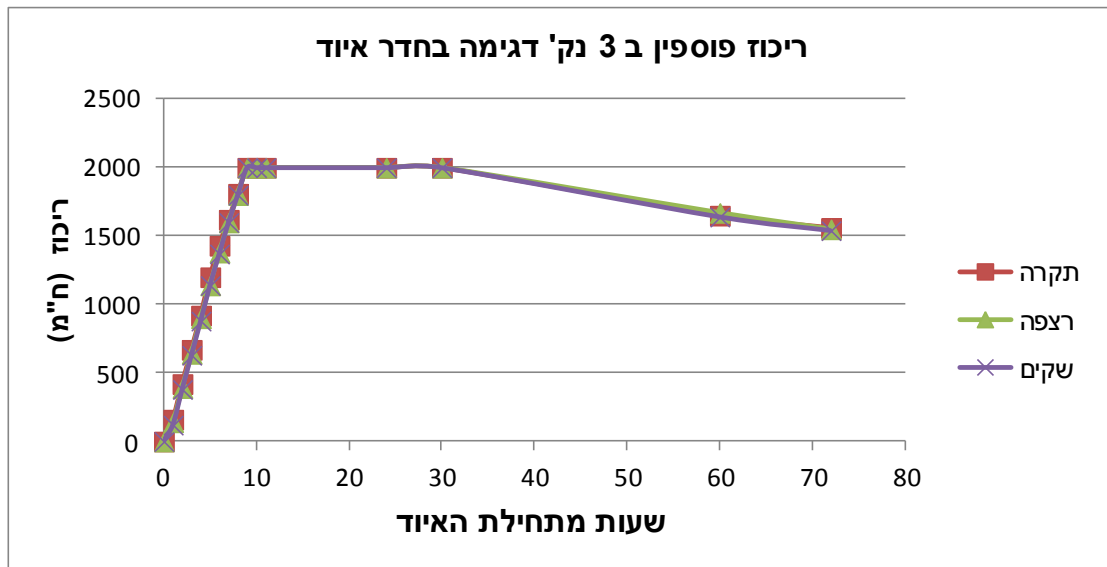
איור 7: ניסוי ב' B חיטה חדשה חרקים ישנים
 בשעות 1-99 נמצא הבדל מובהק בין הטיפול לביקורת ($P < 0.0001$)



איור

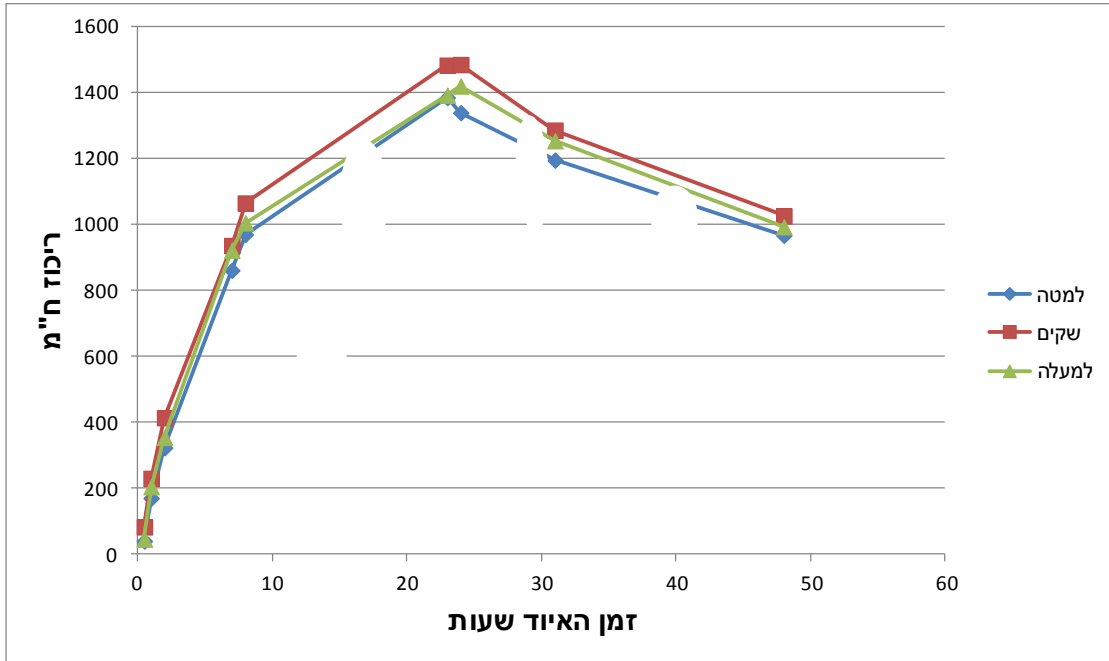
איור 8. ריכוז של פוספין באיוד על ידי הספידבוקס ובטכנולוגיה מקובלת על ידי הטבליות.

2 גרם למ"ק, 24 שעות.

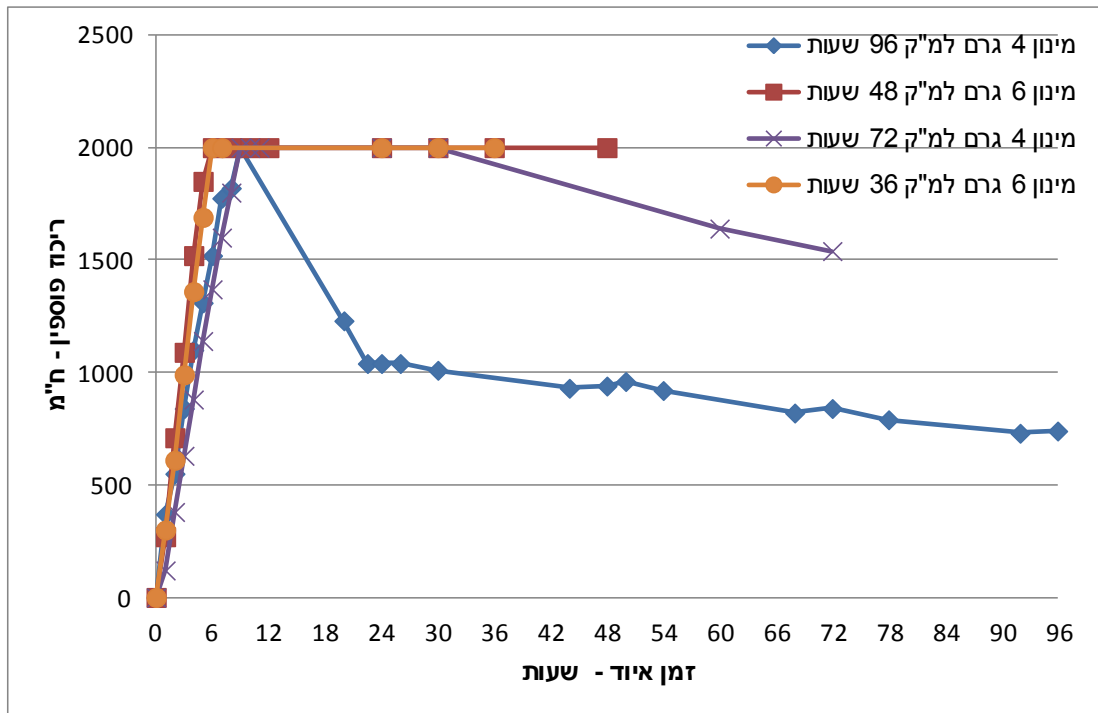


איור 9. ריכוז פוספין באיוד על ידי הספידבוקס המשופר בנקודות דגימה שונות.

4 גרם למ"ק, 72 שעות.



איור 10. ריכוז של פוספיין בטיפול מסחרי על ידי הספידבוקס. מושב גבעת כוח. ערימת שקים עם גרעינים שונים בנפח של 30 מ"ק. 3 גרם למ"ק, 48 שעות.



איור 11. ריכוז פוספיין באיוד על ידי הספידבוקס המשופר במשטרים שונים של איוד.

טבלה 10. תמותה (%) של חרקי מחסן עיקריים באיוד בפוספין תוך שימוש במכשיר ה-Speedbox (המודל הבסיסי) בריכוזים וזמני חשיפה שונים (גרם/מ"קXשעות).

72X6	36X6	24X6	92X4	72X4	48X4	24X2	הדרגה	החרק
100	100	99	100	100	100	59	בוגר	חדקונית האורז
100	100	100	100	100	100	77	זחל	
91	68	62	93	88	84	50	גולם	
100	100	100	100	100	100	95	בוגר	נובר התבואה
100	100	80	100	100	100	76	זחל	
100	88	75	100	100	97	82	גולם	
100	100	100	100	100	100	100	בוגר	אורזית משוננת החזה
100	100	100	100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	100	100	100	בוגר	חיפושית הקמח
100	100	100	100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	100	100	100	בוגר	עורית הגרגירים
100	100	100	100	100	100	90	זחל	
100	100	100	100	100	100	79	גולם	
100	100	100	100	100	100	100	בוגר	זרעית המכותמת
100	100	100	100	100	97	95	זחל	
100	95	-	100	100	99.8	-	גולם	
100	100	100	100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	100	100	100	זחל	עש הקמח ההודי
100	100	100	100	100	100	100	גולם	
100	98	80	100	100	100	83	ביצה	
100	100	100	100	100	100	100	זחל	עש הדבלים
100	100	100	100	100	100	100	גולם	
100	87	21	100	100	98	71	ביצה	

בביקורת תמותת החרקים הייתה 0-5%.

טבלה 11.1. תמותה (%) של חרקי מחסן עיקריים באיוד בפוספין תוך שימוש במכשיר ה-Speedbox (המודל המשופר) בריכוזים וזמני חשיפה שונים (גרם/מ"קXשעות).

החרק	הדרגה	72X4	96X4	36X6	48X6	72X6	48X8	60X8
חדקונית האורז	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	88	93	68	91	100	100	100
	ביצה	100	100	86	100	100	100	100
נובר התבואה	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	88	100	100	100	100
	ביצה	100	100	100	100	100	100	100
אורזית משוננת החזה	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	100	100	100	100	100
	ביצה	100	100	100	100	100	100	100
חיפושית הקמח	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	100	100	100	100	100
	ביצה	100	100	100	100	100	100	100
עורית הגרגירים	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	100	100	100	100	100
זרעית המכותמת	בוגר	100	100	100	100	100	100	100
	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	95	100	100	100	100
	ביצה	100	100	100	100	100	100	100
עש הקמח ההודי	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	100	100	100	100	100
	ביצה	100	100	98	100	100	100	100
עש הדבלים	זחל	100	100	100	100	100	100	100
	גולם	100	100	100	100	100	100	100
	ביצה	100	100	95	100	100	100	100

בביקורת תמותת החרקים הייתה 0-5%.

טבלה 11.2. תמותה (%) של חרקי מחסן עיקריים באיוד בפוספין תוך שימוש במכשיר ה-Speedbox (המודל המשופר) בריכוזים וזמני חשיפה שונים (גרם/מ"קXשעות) בניסויים מסחריים.

איוד מכולה		איוד ערימת שקים		הדרגה	החרק
48X8	72X6	* 96X4	72X4		
100	100	100	100	בוגר	חדקונית האורז
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	בוגר	נובר התבואה
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	בוגר	אורזית משוננת החזה
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	בוגר	חיפושית הקמח
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	בוגר	עורית הגרגירים
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	בוגר	זרעית המכותמת
100	100	100	100	זחל	
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	זחל	עש הקמח ההודי
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	
100	100	100	100	זחל	עש הדבלים
100	100	100	100	גולם	
100	100	100	100	ביצה	

בביקורת תמותת החרקים הייתה 0-5%. * - הטיפול בוצע בטמפרטורה נמוכה של 6-8 מ"צ

טבלה 12. יעילות של אבקות אינרטייות DDDE - Inerto נגד חרקים מזיקי מחסן עיקריים בדרגת בוגר.

תמותת הבוגרים (%)				זמן חשיפה, ימים	ריכוז, גרם/ק"ג
חדקונית האורז	נובר התבואה	חיפושית הקמח	אורזית משוננת החזה		
82	23	2	67	14	0.5
92	37	3	86	21	
94	47	5	88	30	
96	61	13	92	14	1
100	77	59	97	21	
	90	82	100	30	
93	67	11	96	14	2
100	84	72	10	21	
	86	96	100	30	
100	75	52	100	14	4
	90	96		21	
	96	98		30	
100	100	100	100	14	סטנדרט
2	0	0	3	14	בקורת
2	11	2	8	21	
8	13	2	19	30	

טבלה 13. ההשפעה של טיפול באבקות אינרטייות DDDE – Inerto על התפתחות אוכלוסיות של דור חדש F1 של חרקים מזיקי מחסן עיקריים. זמן חשיפה חודשיים.

מספר בוגרים של דור חדש F1, חודשיים לאחר הטיפול				ריכוז, גרם/ק"ג
חדקונית האורז	נובר התבואה	חיפושית הקמח	אורזית משוננת החזה	
-	171	-	-	0.5
10	179	20	0	1
1	102	5	10	2
0	85	0	0	4
330	173	90	120	בקורת

טבלה 14. יעילותו של ספינוסד נגד בוגרים של חדקונית האורז *Sitophilus oryzae*

(אחוזי תמותה)

אילוח לאחר הטיפול (חודשים)				טיפול
9	6	3	0.5	
100	95	100	100	ספינוסד 0.5 ח"מ
100	100	100	100	ספינוסד 1.0 ח"מ
100	100	100	100	ספינוסד 2.0 ח"מ
67	60	100	100	ספינוסד 1.0 + קשת 0.5
100	100	100	100	אקטליק + קשת

טבלה 15. יעילותו של ספינוסד נגד חרקי מחסן עיקריים בדרגת בוגר 6 חודשים לאחר הטיפול (אחוזי תמותה)

טיפול	חיפושית הקמח	אורזית משוננת החזה	חדקונית האורז	נובר התבואה
ספינוסד 0.5	25±10 c	73±13 b	95±1 a	78±9 b
ספינוסד 1.0	30±9 c	37±6 c	100 a	100 a
ספינוסד 2.0	61±11 b	95±5 a	100 a	100 a
ספינוסד 1.0+קשת 0.5	59±10 b	90±10 ab	60±20 b	100 a
אקטליק + קשת	100 a	100 a	100 a	87±11 ab

טבלה 16. מנעת הנזק של עורית הגרגרים על ידי טיפול בנובלורון. אילוח מייד לאחר הטיפול. ניסוי מעבדה.

טיפול	מספר זחלים			משקל גרעינים גרם			פחת %	
	ימים לאחר האילוח			ימים לאחר האילוח			ימים לאחר האילוח	
	200	100	0	200	100	0	200	100
נובלורון 1 ח"מ	0	0	20	41.03	40.87	40	0	0
נובלורון 2 ח"מ	0	0	20	41.10	40.96	40	0	0
נובלורון 3 ח"מ	0	0	20	41.43	41.22	40	0	0
סטנדרט	0	0	20	41.35	41.15	40	0	0
בקורת	2300	181	20	0	38.3	40	100	4.25

טבלה 17. יעילותו של נובלורון נגד חדקונית האורז. יישום בריסוס. ניסוי מעבדה

ימים לאחר האילוח				נפח התרסיס מ"לטון	ריכוז ח"מ
90 ימים		55 ימים			
יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים		
97.3	12±3 c	90.3	36±4 b	1000	4
98.2	8±5 c	91.1	33±6 b	2000	2
89.7	45±12 b	83.3	61±18 b	1000	2
83.9	70±14 b	85.7	53±5 b	1000	1
100	0 c	100	0 c	1000	סטנדרט
	438±61 a		368±92 a	1000	בקורת

טבלה 18 יעילותו של נובלורון נגד חדקונית האורז בניסוי חצי מסחרי. מסמיה, טון אחד, 1.5 ל/ט

אילוח 12 חודשים לאחר הטיפול				אילוח מיד לאחר הטיפול				טיפול
F ₂		F ₁		F ₂		F ₁		
יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	
100	0.5±0.3 b	83.2	14.8±1.8 b	99.7	3.3±1.0 b	81.8	9.3±1.7 b	נובלורון 2 ח"מ
100.0	0 b	95.4	4.0±1.4 b	99.9	0.6±0.4 b	94.1	3.0±0.8 b	נובלורון 4 ח"מ
		100	0 b			100	0 b	סטנדרט
0	2092.5±379.7 a	0	87.8±18.6 a	0	1033.8±199.1 a	0	51.0±23.3 a	בקורת

מבחן ANOVA ברמת מובהקות $p=0.05$

טבלה 19 יעילותו של נובלורון נגד נובר התבואה בניסוי חצי מסחרי. (מסמיה, טון אחד, 1.5 ל/ט).

אילוח 12 חודשים לאחר הטיפול				אילוח מיד לאחר הטיפול				טיפול
F ₂		F ₁		F ₂		F ₁		
יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	יעילות %	מס' בוגרים	
99.5	7.25±1.9 b	83.1	26.5±2.4 b	98.8	8.5±1.4 b	90.5	23.8±4.0 b	נובלורון 2 ח"מ
99.7	4.75±1.3 b	87.8	19.1±1.7 b	99.5	3.4±1.1 b	95.0	12.5±2.9 b	נובלורון 4 ח"מ
100	0 b	99.7	0.5±0.3 b			100.0	0 b	סטנדרט
0	1376±236.0 a	0	157.0±38.4 a	0	715.5±61.6 a	0.0	249.0±59.4 a	בקורת

מבחן ANOVA ברמת מובהקות $p=0.05$

טבלה 20. יעילותו של נובלורון נגד חדקונית האורז ונובר התבואה. ניסוי מסחרי. (נתיבות, 300 טון, 3 ח"מ, 1.5 ל/ט, דגני רות, 70-90 טון, 3 ח"מ, 0.3 ל/ט).

אילוח 9 חודשים לאחר הטיפול				אילוח 6 חודשים לאחר הטיפול				טיפול ומקום דגימה
נובר התבואה		חדקונית האורז		נובר התבואה		חדקונית האורז		
יעילות %	מס' בוגרים F ₁	יעילות %	מס' בוגרים F ₁	יעילות %	מס' בוגרים F ₁	יעילות %	מס' בוגרים F ₁	
94.9	11.3±5.8 b	98.3	9.3±2.9 b	97.8	3.7±2.2 b	95.7	5.7±2.7 b	נובלורון נתיבות, תחתית
90.6	21.0±4.6 b	95.8	23.7±9.7 b	92.2	13.3±2.7 b	91.2	11.7±2.8 b	נובלורון דגני רות, תחתית
96.1	8.7±4.4 b	95.7	24.3±1.8 b	84.3	26.7±5.8 b	89.3	14.3±1.5 b	נובלורון דגני רות, למעלה
87.5	28.0±3.0 b	98.8	6.3±1.5 b	95.7	8.0±5.0 b	99.2	1.0±0.6 b	סטנדרט דגני רות, תחתית
0	223.3±89.7 a	0	560.0±102.1 a	0	170.3±23.2 a	0	133.3±9.3 a	בקורת

מבחן ANOVA ברמת מובהקות

טבלה 21. השפעת טיפולים נבחרים באיוד בפוספין (6 גרם למ"ק 72 שעות) ובפרוטקטנטים (2 ג"ק"ג אבקות אינרטיות ו- 2 מ"ג/ק"ג נובלורון)

על איכות החיטה (הבדיקות בוצעו מעבדה של ד"ר בונפיל, מרכז גילת)

ALVEOGRAPH			לחות הקמח %	לחות הגרעינים %	גלוטן רטוב % NIR	תחולת חלבון % NIR	משקל הקטוליטרי ק"ג	משקל אלף גרם	זן (מוצא) החיטה	טיפול
W	L	P								
219	75	75	14.2	12.9	28.27	12.17	77.1	37.3	רוסית	פוספין
193	70	80	14.2	11.4	27.85	12.61	76.3	35.1	גליל	פוספין
217	74	75	14.1	13.4	27.55	12.34	75.8	36.1	רוסית	בקורת לפוספין
357	84	122	14.7	11.0	32.67	13.56	78.6	54.4	גדרה	נובלורון ומים
342	78	121	15.1	10.9	32.60	13.34	76.4	53.2	גדרה	מים
341	75	125	15.0	10.3	32.28	13.32	75.6	53.2	גדרה	אבקות אינרטיות
339	90	108	14.6	10.4	32.74	13.47	77.0	52.2	גדרה	בקורת