


דוח מסכם לתוכנית מחקר מס' 20-01-0170	1
	2
אפיון רגישות זני גזר שונים לפסילת הגזר ולמחלת הצהבון לשיפור התמודדות עם מחלת הצהבון בגזר	3
	4
מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות	5
	6
ע"י	7
ד"ר מוופק אבדאח : המחלקה למדעי הצמח. mwafaq@volcani.agri.gov.il	8
ד"ר ליאורה שאלתיאל-הרפז : מו"פ צפון/מיגל. liora@migal.org.il	9
ד"ר אופיר בהר : המחלקה למחלות צמחים וחקר עשבים. ofirb@volcani.agri.gov.il	10
שאול גרף : מו"פ צפון. shaoulgraph@gmail.com	11
	12
	13
	14
	15
מאי 2022	16
הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.	17
הניסויים מהווים המלצות לחקלאים : כן	18
חתימת החוקר	19
	22
	23
	24
	25
	26
	27
	28
	29
	30
	31
	32
	33
	34
	35
	36
	37
	38
	39
	40
	41
	42
	43
	44
	45
	46
	47
	48
	49

מס' עמוד	כותרת
1	פרטי המחקר
2	תקציר
4	מבוא
5	תוצאות עיקריות
9	דיון
11	רשימת ספרות מצוטטת

51

52

תקציר

53

54 **הצגת הבעיה** - פסילת הגזר היא מזיק ספציפי הגורם לנזק בגזר. אוכלסיית הפסילה מקיימת בשדה הגזר
 55 כמה דורות בשנה במהלך הגידול. עיקר נזקה נובע מהיותה הווקטור של גורם מחלת הצהבון בגזר. כתוצאה
 56 מכך, נפגעת רמת היבול המשווק ואיכותו באותה עונה, ואם אין טיפול מתאים - נפגעות חלקות נוספות
 57 באזור בעונות העוקבות. בשנים האחרונות מתרבות התפרצויות פסילת הגזר בישראל. בשל היותה וקטור
 58 של צהבון הגזר, החקלאים מרבים לרסס כנגדה, ומתגלים קשיים רבים בהדברתה. זאת מכיוון שהיא
 59 מפתחת עמידות לקבוצות שונות של תכשירי הדברה. בנוסף, בגלל תכשירי ההדברה נגרמים נזקים לסביבה
 60 כמו פגיעה בדבורים. כיוון שכך יש צורך לבדוק שיטות נוספות לבקרת אוכלוסיית הפסילה, כמקובל
 61 במסגרת הגישה המשולבת לבקרת מזיקים (IPM), כגון זנים עמידים לפסילה או למחלה ו/או מציאת
 62 חומרים שיגרמו לדחיתה מהצמחים או חומרים מושכים שיאפשרו את השימוש במלכודות לכידת יתר או
 63 פיתוח זנים עמידים. **לפיכך יעד המחקר** - לזהות זני גזר העמידים לפסילה ולגורם מחלת הצהבון, כמקור
 64 עתידי לזנים חלופיים לזנים הרגישים וכמקור גנים לעמידות למחלה וגם כמקור לחומרי דחיה או קטילה
 65 טבעיים של פסילת הגזר. **ומטרות המחקר הן**: א. איפיון רגישות זני גזר שונים לפסילת הגזר. ב. איפיון
 66 רגישות זני גזר שונים למחלת הצהבון. ג. זיהוי חומרים טבעיים הגורמים לדחיה או קטילה של פסילת הגזר
 67 שמקורם, בזני גזר שונים.

שיטות עבודה

68

בשנת המחקר הראשונה :

69

1. גידול במעבדה של צמחי גזר מהזנים השונים: 9 זני גזר צבעוניים ו- 5 מינים גזר בר: גזר מצוי
 70 (*Daucus bortei* Ten), גזר קיפח (*Daucus carota* L.), גזר החוף, (*Daucus glaber* (Forssk.) Thell)
 71 וגזר זהוב (*Daucus aureus* Desf)
 72 גדול מעבדתי של פסילות הגזר הנושאות את מחלת הצהבון.
 73 קביעת רמת ההעדפה של פסילת הגזר לזני הגזר השונים בניסויי בחירה וללא בחירה.
 74 קביעת רמת ההתפתחות של הפסילה על הזנים השונים.
 75 בדיקת את פרופיל הנדיפים המשוחרר מהעלים של כל הזנים בעזרת GC-MS.
 76 בחינת מידת רגישות זני הגזר השונים למחלת הצהבון.
 77

בשנת המחקר השנייה:

78

1. גידול בבת רשת צמחי גזר Nairobi ושלושה זני גזר בר 21793, 20497, ו- 20465 (זנים אילו התגלו
 79 **כבעלי ערכים קיצוניים בניסוי הראשון, כלומר שני הזנים שהייתה עליהם הכי פחות הזנה ו/או**
 80 **הטלה בהשוואה לזן המסחרי Nairobi**).
 81 גדול מעבדתי של פסילות הגזר הנושאות את מחלת הצהבון.
 82 זיהוי החומרים המעורבים בעמידות בזנים העמידים.
 83 בדיקת השפעת החומרים המעורבים בעמידות לפסילת הגזר בניסוי מעבדה.
 84

בשנת המחקר השלישית:

86

1. לצורך בדיקת הדברה של אוכלסיית הפסילה בתנאי שדה באמצעות ריסוס החומר הטבעי המיטבי שמצאנו
 87 בגזר מזן הבר העמיד ביצענו ניסוי בחלקת גזר מסחרית מהזן ניירובי ובדקנו 4 טיפולים:
 88 א. ריסוס החומר הטבעי Sabinene בריכוז שזיהינו בצמח ביחד עם הממס (Gum Arabica) + הליוגופרית
 89 כנגד הקימחון, ב. ביקורת של הממס בלבד (Gum Arabica) + הליוגופרית כנגד הקימחון, ג. הטיפול
 90 המסחרי שכלל טלסטאר (Bifenthrin) כנגד הפסילות והליוגופרית כנגד הקימחון וד. הליוגופרית בלבד.
 91

במשך כל תקופת המחקר, אחת לשבועיים דגמנו את אוכלוסיית הפסילות הבוגרות בכל חלקה בעזרת	92
רשת הנפה ובנוסף דגמנו 5 צמחים מכל חלקת טיפול לנוכחות ביצי פסילות ונימפות. בסוף הגידול אספנו	93
2 מטר ערוגה מכל חזרה, שקלנו את היבול וביצענו הערכת נגיעות (אחוז וחומרה) בצהבון הגזר על ידי	94
הערכת סימפטומים באופן ויזואלי.	95
	96
תוצאות עיקריות:	97
<u>בשנת המחקר הראשונה</u>	98
1. נמצאו הבדלים ברורים ברמת ההעדפה של פסילת הגזר לזני הגזר השונים.	99
2. נמצאו הבדלים מובהקים ברמת ההתפתחות של הפסילות על זני הגזר השונים.	100
3. לא נמצאו הבדלים ברמת רגישות זני הגזר למחלת הצהבון.	101
4. ייצרנו פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהעלים של זנים שונים של גזר תוך שימוש בשיטת ה-SPME-GC-MS.	102
	103
<u>בשנת המחקר השנייה</u>	104
1. לא נמצאו הבדלים ברמת רגישות זני הגזר למחלת הצהבון.	105
2. ייצרנו פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהעלים של זנים שונים של גזר Nairobi ושלושה זני גזר בר 20497, 21793 ו-20465 תוך שימוש בשיטת ה-SPME-GC-MS וזיהינו שמספר חומרים נדיפים מופרשים ביתר לאחר אילוח בפסילות (infested with psylla).	106
	107
3. בתנאי מעבדה, בבדיקת השפעת החומרים apiol, myristicin, sabinene ו- α -asarone בריכוז שנמצא בצמח, מצאנו שהם פגעו בהשרדותן של הנימפות וכן בהטלת הביצים.	108
	109
	110
<u>בשנת המחקר השלישית</u>	111
כאשר בדקנו בשדה מסחרי של גזר בעמק החולה, את השפעת ריסוס החומר sabinene במינון השווה למינון שנמצא בצמח, בהשוואה לטיפול המסחרי כנגד פסילה (טלסטאר) נמצא ש-sabinene פגע בהשרדותן של הבוגרים בדומה לתכשיר המסחרי או אף באופן עדיף עליו. לא נמצאה פגיעה בביצי הפסילה אך ניכרה מגמת פגיעה בנימפות שלא היתה שונה במובהק מהתכשיר המסחרי.	112
	113
	114
	115
מסקנות ודיון:	116
פסילת הגזר הראתה העדפה לזן הבר 21793 בניסויי בחירה. בניסויים ללא בחירה לא נמצאו הבדלים מובהקים ברמת העדפה ולא נמצאו הבדלים בבחינת מידת ההתפתחות של הפסילות על הזנים השונים. מתוצאות של אנליזה לחומרים שהופקו מהעלים נמצאו מספר חומרים החשודים כמעורבים במשיכה של פסלת הגזר, להלן: המונוטרפן sabinene והפנול פרופאנויד elemicin. בנוסף נמצאו חומרים אלו עולים בצמחי גזר שאולחו בפסילות- כנראה כתגובה של הגזר וכנראה גם הם מעורבים במשיכת פסילת הגזר.	117
	118
	119
	120
	121
	122
פסילת הגזר הראתה העדפה לזני הבר 21793 ו-20497 בניסויי בחירה. בניסויים ללא בחירה לא נמצאו הבדלים מובהקים ברמת העדפה אך נמצאו הבדלים מובהקים במידת ההתפתחות של הפסילות על הזנים השונים, כאשר שיעור ההשרדות הגבוה ביותר נמצא בזן המסחרי הכתום ושיעור ההשרדות הנמוך ביותר בזן 21793. תוצאות אלו מפתיעות בהשוואה לניסויי הבחירה מכיוון שבהם עולה שדווקא שני הזנים המועדפים ע"י הפסילות 21793 ו-20497 והם אלו שההשרדות הפסילות עליהם היא הנמוכה ביותר. יתכן שתוצאות אלו שמצביעות על אפשרות להשתמש בצמחים אלו כצמחי מלכודת שהפסילות תעדפנה אותם ע"פ הזן המסחרי אך ההשרדות שלהם עליהן תהיה הנמוכה ביותר כאשר אולי עלינו על צמחים שהם מהסוג של dead end trap. מתוצאות בדיקת השפעת החומרים apiol, myristicin, sabinene ו- α -asarone בתנאי מעבדה בריכוז שנמצא בצמח, מצאנו שהם פגעו בהשרדותן של נימפות וכן על הטלת הביצים.	123
	124
	125
	126
	127
	128
	129
	130
	131
מתוצאות בדיקת השפעת החומר sabinene בתנאי שדה בריכוז שנמצא בצמח, מצאנו שהוא פוגע בהשרדות הבוגרים בדומה לחומר המסחרי המקובל טלסטאר ויכול אולי, להוות בסיס לפיתוח תכשיר הדברה ממקור טבעי להדברת בוגרים של פסילת הגזר.	132
	133
	134
	135
	136
	137
	138
	139
מבוא	139

140	ענף הגזר הוא אחד הענפים הרווחיים והחשובים בישראל ובעולם. היקף הייצור העולמי של גזר היה יותר
141	מ 38 מליון טון בשנת 2014 (http://faostat.fao.org). בישראל גידול הגזר הגיע ל כ-40000 דונם עם יבול של
142	יותר מ 300 אלף טון לשנת (נתוני FAOSTAT 2014). בשנים האחרונות עולה הביקוש בישראל וכן הביקוש
143	המקומי והעולמי לגזר לרמה גבוהה, שבה הייצור העולמי אינו מדביק את הביקוש. כתוצאה מכך מחיר
144	הגזר בארץ ובעולם עולה בהתמדה ואינו צפוי לרדת בעשור הקרוב. הביקוש הרב איננו רק לצריכת השורש
145	למאכל אלא גם למוצרים השונים שמפיקים ממנו, למשל חומרים בריאותיים כדוגמת קרטנואידיים ומעכבי
146	חימצון כגון אנטוציאנינים הנוצרים בגזרים צבעוניים שונים ומהווים בנוסף מקור לאשלגן ולויטמינים
147	שונים. כתוצאה מכך סביב גידול הגזר מתפתחת תעשייה נרחבת של הגזר ומוצריו.. לפיכך, צפוי שענף הגזר
148	בעולם ילך ויתרחב תוך שימת דגש על מוצר בעל ערך בריאותי גבוה ונטול רעלים. אחד החסמים בגידול
149	הגזר ובעיקר בניסיון להגיע לגידול מופחת רעלים היא פסילת הגזר המהווה מזיק מפתח בגידול .
150	פסילת הגזר - ישנם מספר מינים של פסילות (Hemiptera: Psyllidae) הניזונות מגזר בעולם <i>Trioza</i>
151	<i>apicalis</i> Foerster בצפון אירופה והמינים <i>Bactericera trigonica</i> (Hodkinson) ו- <i>Bactericera nigricornis</i> (Foerster)
152	(Nehlin et al., 1996 ; Nissinen et al., 2005 ; Bactericera nigricornis (Foerster). באיזור הים התיכון. Nehlin et al., 1996 ;
153	Nissinen et al., 2012 ; Seljåsen et al., 2013) <i>B. trigonica</i> הינה המין הנפוץ בארץ והיא ניזונה באופן
154	בלעדי ממינים של סוככים. עיקר נזקיה לגזר נובע מהיותה הוקטור של גורם מחלת הצהבון בגזר, העלולה
155	לגרום נזקים קשים ליבול ולפסילתו. (Seljåsen et al., 2013) הפסילה מקיימת בשדה הגזר כמה דורות בשנה
156	במהלך הגידול. כך, נפגעת רמת היבול המשוק באותה עונה ואם אין טיפול מתאים נפגעות חלקות נוספות
157	באיזור בעונות העוקבות. הביולוגיה של מזיק זה נלמדה בארץ ובעולם ביסודיות (Nehlin et al., 1996 ;
158	Gera et al., 2011 ; Nissinen et al., 2012 ; Seljåsen et al., 2013). והיא מוכרת כמזיק ספציפי לגזר, גם
159	במדינות נוספות באגן הים התיכון ואירופה. (Seljåsen et al., 2013) בשנים האחרונות מתרבות התפרצויות
160	פסילת הגזר בישראל בפרט ובמזרח התיכון בכלל. בשל היותה וקטור של צהבון הגזר החקלאים מרבים
161	לרסס כנגדה וברחבי הארץ יש המרססים גם 20 פעמים בעונה (ש 500/ריסוס/דונם) , ועם זאת מתגלים
162	קשיים רבים בהדברתה כיוון, שהיא מפתחת עמידות לקבוצות שונות של תכשירי הדברה. (Pree et al.,)
163	1990) במקביל הולכת וגוברת המודעות למחירם האקולוגי והכלכלי הכבד של השימוש בתכשירים אלו.
164	כיוון שכך יש צורך לבדוק שיטות נוספות לבקרת אוכלוסיית הפסילה, כמקובל במסגרת הגישה המשולבת
165	לבקרת מזיקים (IPM), כגון זנים עמידים לפסילה או למחלה ו/או מציאת חומרים שיגרמו לדחיתה
166	מהצמחים או חומרים מושכים שיאפשרו את השימוש במלכודות ללכידת יתר או פיתוח זנים עמידים.
167	למרות חשיבותה הרבה של פסילה זו כמזיק לגזר בארץ ובארצות נוספות, נכון להיום הידע על גורמי
168	המשיכה או הדחייה שלה לגזר מועט מאוד ולא ידוע האם קיימים הבדלים במידת המשיכה והרגישות של
169	זני גזר שונים לפסילה.
170	ידוע לנו שיכולות להיות אפשרויות שונות להבדלים במידת המשיכה והרגישות של זני גזר שונים לפסילות
171	הנובעים מיצירת מגוון רחב של חומרים נדיפים ולא נדיפים. (Nehlin et al., 1996 ; Nissinen et al., 2005)
172	למשל Seljåsen וחבריו (Seljåsen et al., 2013) מצאו עליה ביצירת חומרים בגזר אחרי תקיפת פסילת
173	הגזר ששייכים לטרפינים כולל מרכבים נדיפים ארומטים.
174	ישנם חומרים ארומטים רבים הידועים בספרות כחומרים הגורמים לדחייה או משיכה של חרקים. (De
175	Moraes et al., 2001 ; Dudareva et al., 2004 ; War et al., 2011 ; McCormick et al., 2012 ; Seljåsen et
176	al., 2013) נדיפים שונים (מונוטרפנים וססקוויטרפנים) הראו פעילות הגנה של צמחים כנגד חרקים
177	צמחוניים. בטבק למשל מצאו כי חומרים השייכים לססקוויטרפנים α -humulene ו- E - β -caryophyllene,
178	דחו את העש המזיק <i>Heliothis virescens</i> . (De Moraes et al., 2001) (E,E) - α -Farnesin הגן על צמחי
179	מלפפון <i>Cucumis sativus</i> מפני אקרית הקורים <i>Tetranychus urticae</i> (Mercke et al., 2004) (E) - β -
180	Ocimene מ- <i>Lotus japonicas</i> שהגן על קיטנית מפני אקרית הקורים, (Arimura et al., 2004) ו- (E) - β -
181	caryophyllene שהגן על התירס (<i>Zea mays</i>) מפני עש הלפיגמה (<i>Spodoptera exigua</i> Hübner) (Degen et
182	al., 2004). ישנם גם חומרים ארומטים נדיפים הגורמים לדחיה של חרקים מהצמחים כגון
183	methylsalicylic acid שגרם לדחיית העש, <i>Mamestra brassicae</i> הגורם לנזק בכרוב, (De Boer et al.,)
184	2004) אבל גם למשיכת אויביו הטבעיים כגון הארי נמל <i>Chrysopa nigricornis</i> . (James, 2003) הנדיפים
185	הללו יכולים להגן על הצמח כהגנה ישירה המופנית כנגד תוקפי הצמח, (Dicke et al., 2000) או בהגנה

186 עקיפה בה הצמח מעודד אויבים טבעיים כנגד ההרביורים הניזונים ממנו. ([De Moraes et al., 2001](#) ;

187 [Vancanneyt et al., 2001](#))

188 **לפיכך יעד המחקר** - לזהות זני גזר העמידים לפסילה ולגורם מחלת הצהבון, כמקור עתידי לזנים חלופיים

189 לזנים הרגישים וכמקור גנים לעמידות למחלה וגם כמקור לחומרי דחיה או קטילה טבעיים של פסילת הגזר.

190 **מטרות המחקר להשגת יעד זה הן :**

- 191 א. איפיון רגישות זני גזר שונים לפסילת הגזר.
- 192 ב. איפיון רגישות זני גזר שונים למחלת הצהבון.
- 193 ג. זיהוי חומרים טבעיים הגורמים לדחיה או קטילה של פסילת הגזר שמקורם, בזני גזר שונים.

195 **עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת כל המחקר**

196 **בשנת המחקר הראשונה**

197 **בניסוי בחירה** בבית הרשת בנווה יער נמצאו הבדלים ברורים ברמת ההעדפה של פסילת הגזר לזני הגזר

198 השונים כאשר הזן המסחרי הכתום הנפוץ ביותר- נירובי (orange) נמצא כזן הכי פחות מועדף על הפסילה-

199 לא היתה עליו כלל הטלה בעוד שזן הבר 21793 היה המועדף ביותר. בניסויי הטלה ללא בחירה לא נמצאו

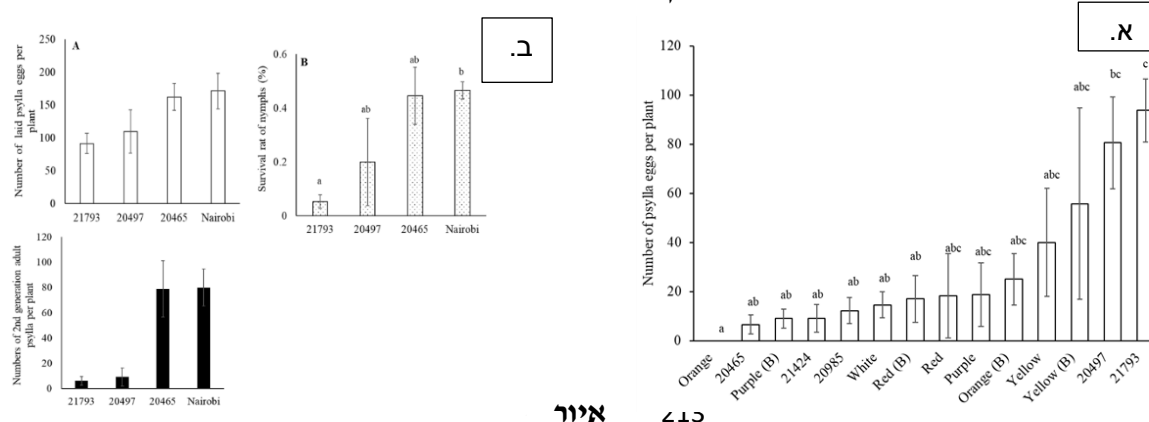
200 הבדלים בין הזנים (איור 1 א. 1).

201 **בניסוי ללא בחירה** נמצאו הבדלים מובהקים בשיעור ההישרדות של הפסילות על זני הגזר השונים. כאשר

202 שיעור ההישרדות הגבוה ביותר נמצא בזן המסחרי הכתום בו כ-50% מהביצים בקעו והתפתחו והגיעו

203 לדרגת בוגר ושיעור ההישרדות הנמוך ביותר בזן 21793 בו שיעור ההישרדות עמד על פחות מ 1% ולא נמצאו

204 הבדלים ברמת רגישות זני הגזר למחלת הצהבון (איור 1 ב. 1).



איור 1

214 1 - מספר ביצי הפסילה הממוצע שהוטלו בכל זן בניסוי בחירה (א); הטלה הישרדות והתפתחות הפסילות

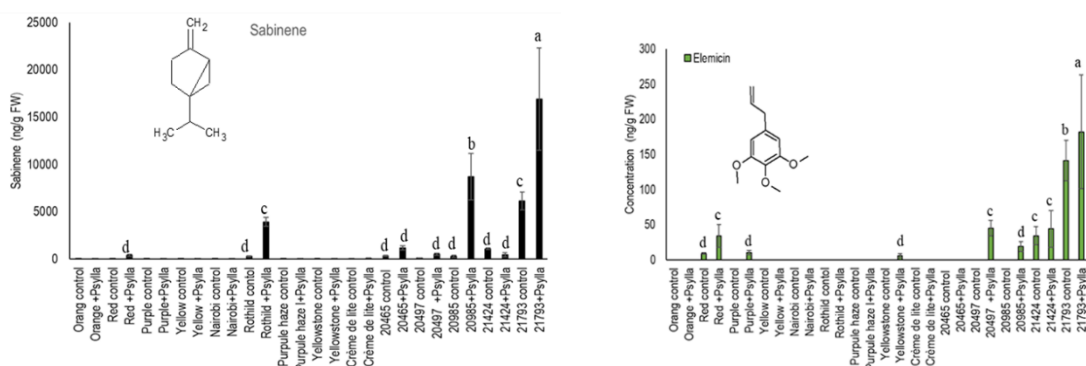
215 על 4 זני גזר בניסוי ללא בחירה (ב).

216

217 ביצרת פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהעלים של זנים שונים של גזר תוך שימוש

218 בשיטת ה SPME-GC-MS זיהו שמספר חומרים נדיפים מופרשים ביותר לאחר הם מאולחים בפסילות

219 (איור 2).

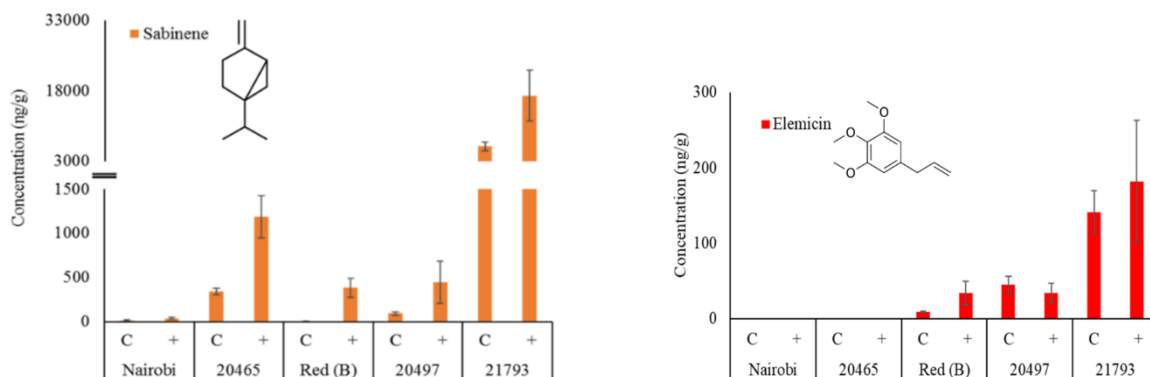


221

222 **איור 2**: ריכוז sabinene ו-elemicin בעלים של זני גזר צבעוניים שונים וגזר בר לפני ואחרי האילוח עם

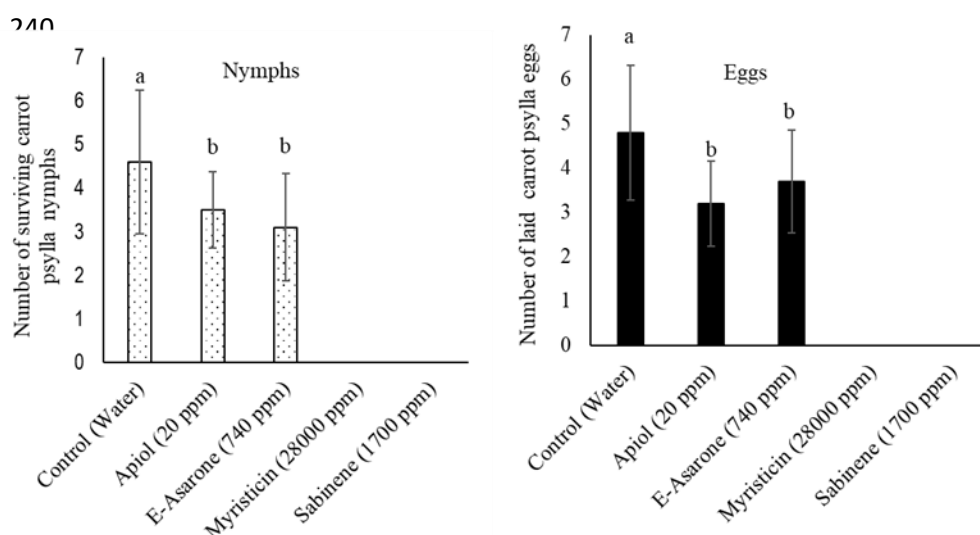
223 פסילת הגזר

עסקנו ביצרת פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהעלים של זנים שונים של גזר Nairobi
 ושלושה זני גזר בר 20497, 21793 ו- 20465 תוך שימוש בשיטת ה SPME-GC-MS וזיהינו שמספר
 חומרים נדיפים מופרשים ביתר לאחר האילוח בפסילות (איור 3).



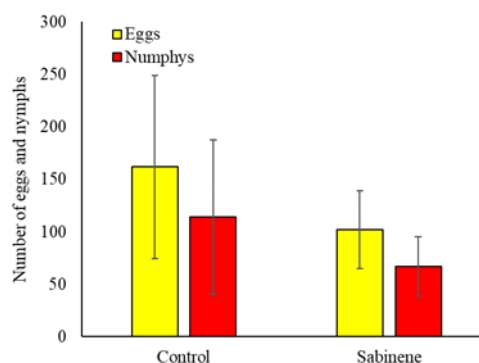
איור 3 : עליה בריכוז החומרים הנדיפים sabinene ו- elemicin לאחר האילוח עם הפסילה

כאשר בדקנו בתנאי מעבדה את השפעת החומרים apiol, E-asarone, myristicin, sabinene במינון השווה
 למינון שנמצא בצמח, על פסילת הגזר נימצא ש- myristicin ו sabinene פגעו באופן משמעותי בהטלת
 הביצים ובהשרדותן של נימפות ובוגרות (איור 4).



איור 4. ממוצע סה"כ ביצים, ונימפות לפסילת הגזר לאחר שבועיים בטיפול החומרים, apiol, E-asarone, myristicin, sabinene במערכת סגורה לבחינת נדיפים.

כאשר בדקנו את השפעת ריסוס החומר sabinene, (במינון ששווה למינון שנמצא בצמח) בניסוי עציצים
 שנערך בבית רשת על פסילת הגזר נימצא ש- sabinene פגע בהטלת ביצים ובהשרדותן של הנימפות (איור
 5).



איור 5. ממוצע סה"כ ביצים, ונימפות לפסילת הגזר לאחר שבועיים בריסוס ב sabinene בבית רשת.

בשנת המחקר השלישית

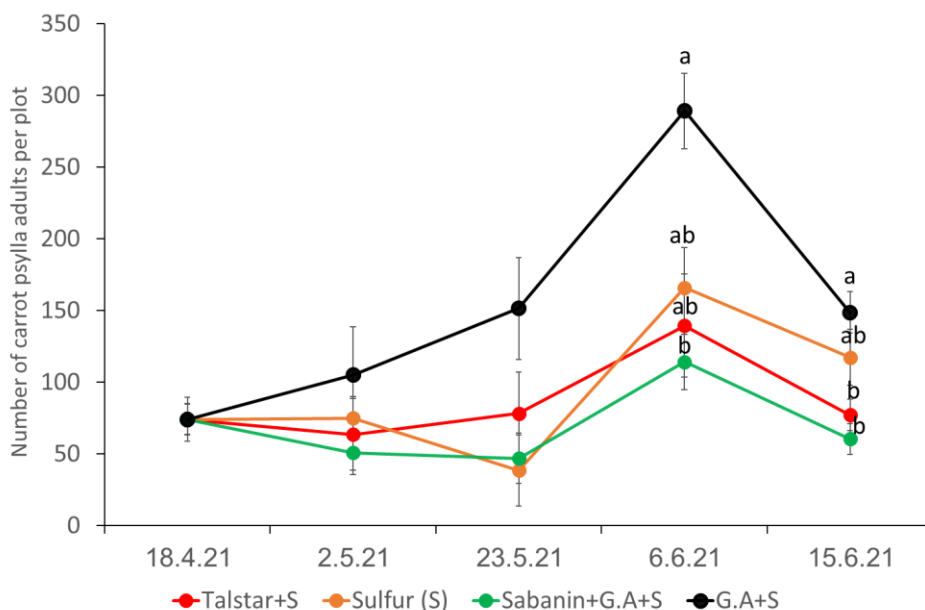
ביצענו ניסוי בחלקת גזר מסחרית מהזן ניירובי, בסמוך לתחנת המחקר בחוות המטעים בעמק החולה, לצורך בדיקת הדברה של אוכלסיית הפסילה בתנאי שדה באמצעות ריסוס החומר הטבעי המיטבי sabinene שמצאנו בגזר מזן הבר העמיד בסיכום עם המגדל, שטח של כ-5 דונם מהחלקה המסחרית הוקצה למחקר ולא רוסס בטיפולים המסחריים. רצועת חייץ של כ-100 מ' הושארה בין החלק המסחרי לחלקת הניסוי, שפוצלה לחלקות טיפול בגודל של 20 מ"ר כל חלקת טיפול ובהן בדקנו 4 טיפולים: ריסוס החומר הטבעי Sabinene בריכוז שזיהינו בצמח ביחד עם הממס (Gum Arabica) + הליוגופרית כנגד הקימחון, ב. ביקורת של הממס בלבד (Gum Arabica) + הליוגופרית כנגד הקימחון, ג. הטיפול המסחרי שכלל טלסטאר (Bifenthrin) כנגד הפסילות והליוגופרית כנגד הקימחון וד. וביקורת של הליוגופרית בלבד. בין חלקות הטיפול היה מרחק של 5 מ' (מרווח של 10 מ"ר). הניסוי הוצב במערך של בלוקים באקראי עם 4 חזרות לכל טיפול. החומרים רוססו בהתאם להנחיית המדריך המלווה בתדירות המתאימה לתכשיר המסחרי (אחת ל-10 ימים). טיפול בהליוגופרית (200 סמ"ק לדונם נגד מחלות ניתן על השטח של כל חלקות הניסוי בהתאם להנחיות המדריך. בדיקת הבוגרים נערכה בעזרת רשת חרקים שהונפה בהליכה איטית לאורך כל חלקת ניסוי. תכולת הרשת נאספה לשקית ונלקחה למעבדה שם נספרו מספר הבוגרים בכל חלקת ניסוי. בנוסף דגמנו 5 צמחים מכל חלקת ניסוי ובמעבדה עליהם נבחנו לנוכחות ביצי פסילות ונימפות. בסוף הגידול אספנו 2 מטר ערוגה מכל חזרה, שקלנו את היבול וביצענו הערכת נגיעות (אחוז וחומרה) בצהובן הגזר על ידי הערכת סימפטומים באופן ויזואלי.

ניתוח הנתונים:

התוצאות נותחו בעזרת מבחני ANOVA להשוואת רמת הנגיעות של אוכלסיית המזיק בין הטיפולים במועדי הדיגום השונים. מאחר והסתבר שרמת הבוגרים בספירת ה-0 היתה במיקרה שונה באופן מובהק בין הטיפולים ערכנו תיקנון לנתונים בו כפלנו את נתוני ספירות הבוגרים במקדם, שחושב כיחס בין נתוני הדגימה הגבוהה ביותר בספירת ה-0 באותו בלוק לדגימה בחלקת הדגימה. הנתונים עברו טרנספורמציה שורש ריבועי לפני הניתוח הסטטיסטי ונתוני הנגיעות בקטיף עברו טרנספורמציה arcsin. המבחנים נערכו בעזרת תוכנת SAS inst. 2016 JMP®.

תוצאות

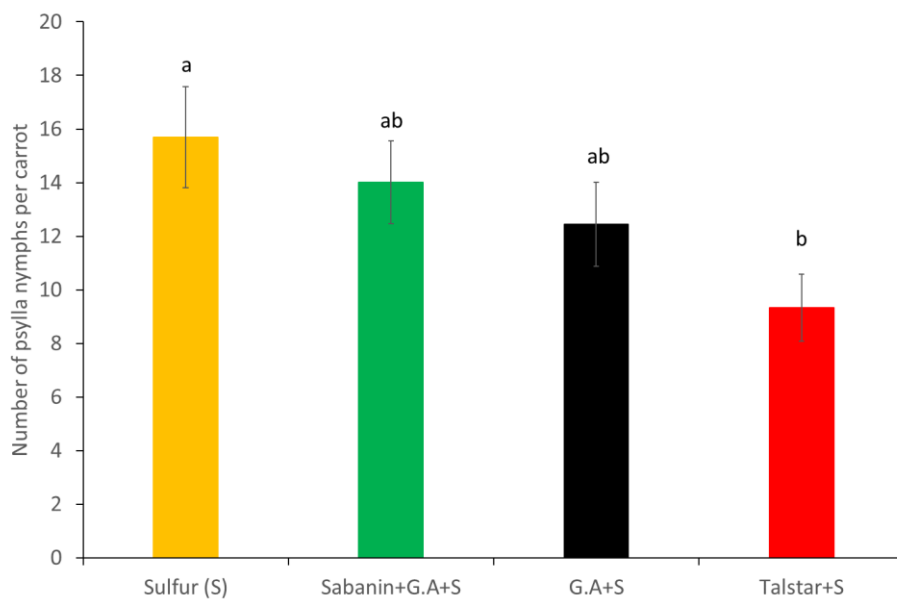
כאשר בדקנו בשדה מסחרי של גזר בעמק החולה, את השפעת ריסוס החומר Sabinene במינון השווה למינון שנמצא בצמח בהשוואה לטיפול המסחרי כנגד פסילה (טלסטאר) וטיפול מסחרי כנגד קימחון (הליוגופרית) על פסילת הגזר נמצא ש-Sabinene פגע בהישרדותם של הבוגרים כמו תכשיר ההדברה המסחרי ופחות באופן מובהק מהביקורת (איור 6).



איור 6- סה"כ בוגרי פסילת הגזר (ממוצע \pm שגיאת תקן) כל שבועיים מתחילת הניסוי בטיפולים השונים:

ריסוס ב Sabinene שהומס בממס Gum Arabica (G.A) בהשוואה לביקורת של הממס בלבד ולטיפול

303 המסחרי Talstar וגופרית (S) בשדה מסחרי של גזר. נקודות באותו מועד עם אותיות שונות מעליהן נבדלות
 304 זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.
 305
 306 גם בנוכחות הנימפות על עלי הגזר שדגמנו מצאנו הבדלים מובהקים בין הטיפולים ($F_{3,57}=2.76, p=0.049$)
 307 כאשר הטיפול המסחרי הוביל לאוכלוסיית הנימפות הנמוכה ביותר אך הטיפול ב Sabanin לא ניבדל ממנו
 308 באופן מובהק (איור 7). לעומת זאת לא נמצאו הבדלים מובהקים במספר ביצי הפסילות בין הטיפולים
 309 השונים ($F_{3,57}=0.63, p=0.59$).



325 **איור 7-** סה"כ נימפות פסילת הגזר (ממוצע ± שגיאת תקן) שנמצאו בטיפולים השונים: ריסוס ב Sabinene
 326 שהומס בממס Gum Arabica (G.A) בהשוואה לביקורת של הממס בלבד ולטיפול המסחרי Talstar
 327 וגופרית (S) בשדה מסחרי של גזר. עמודות עם אותיות שונות מעליהן נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$
 328 ע"פ מבחן Tukey HSD.

329
 330 כאשר בדקנו את יבול הגזר בטיפולים השונים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בין מספר ומשקל
 331 הגזרים הבריאים ואלו עם תסמיני מחלה (טבלה 1).

332
 333
 334
 335
 336 **טבלה 1:** התפלגות יבול הגזר הבריא וזה עם תסמיני הצהבון בטיפולים השונים

הטיפול	משקל גזר בריא (ק"ג)	מספר גזרים בריאים	מספר גזרים עם תסמינים	משקל גזרים עם תסמינים (ק"ג)
ביקורת משקית (גופרית + טלסטאר)	5.025 ± 0.6	67.25 ± 15	45.75 ± 6.7	3.92 ± 0.7
ביקורת גופרית (ללא קוטל מזיקים)	5.085 ± 1.4	65.75 ± 24	40.25 ± 7.5	3.81 ± 1.1
סבנין (עם ממס) + גופרית	5.56 ± 0.7	73 ± 9	47.25 ± 15	4.35 ± 1.1
ביקורת ממס + גופרית	5.465 ± 2.3	72.75 ± 25	48.5 ± 20	3.94 ± 1.2

337
 338 **דין**
 339 מטרת עבודה זו היתה לזהות זני גזר העמידים לפסילה ולגורם מחלת הצהבון, כמקור עתידי לזנים חלופיים
 340 לזנים הרגישים וכמקור גנים לעמידות למחלה וגם כמקור לחומרי דחיה או קטילה טבעיים של פסילת הגזר.
 341 בשנה הראשונה מצאנו כי יש הבדל מובהק בהעדפת ההטלה של פסילת הגזר בין הזנים כאשר הזן המסחרי
 342 הכתום הנפוץ ביותר - נירובי Nairobi נימצא כזן הכי פחות מועדף על הפסילה. בניסוי בחירה לא היתה
 343 עליו כלל הטלה, בעוד שזן הבר 21793 היה המועדף ביותר ומאידך הישרדות הפסילה היתה הגבוהה ביותר
 344 בזן נירובי ונמוכה ביותר בזן הבר המועדף. לעומת זאת לא מצאנו הבדלים ברגישות הזנים השונים למחלת
 345 הצהבון. בנוסף במסגרת עבודה זו עסקנו בזיהוי הגורמים הכימיים להבדלים ברמת ההעדפה וההישרדות
 346 של פסילת הגזר בזני הגזר נירובי ובשלושה זני גזר בר 21793 20497 המועדפים, ו- 20465 הביילתי מועדף

347 (זנים אילו התגלו כבעלי ערכים קיצוניים בניסוי הראשון, כלומר שני הזנים שהייתה עליהם הכי פחות

348 הזנה ו/או הטלה והשניים עם הכי הרבה). לשם כך, בדקנו בעזרת מכשיר ה-GC-MS את מהות המרכיבים

349 הנדיפים בעלים כאשר אלו נתונים להתקפת פסילות לעומת מצבם ללא נוכחות פסילות. נמצאו שינויים

350 בריכוזי החומרים הנדיפים שכוללים מונוטרפנים, ססקוטרפנים ו-phenypepanoid ועוד תרכובות

351 אחרות בעלי הגזר לאחר הדגרה עם וללא פסילת הגזר. כך שהתקבלו חומרים שריכוזם עלה בנוכחות

352 הפסילות וחומרים שריכוזם ירד, בנוסף לחומרים שהתבטאו בדוגמה המטופלת (בנוכחות הפסילות) ולא

353 התבטאו בביקורת (בהעדר הפסילות). החומרים הנדיפים בצמחים נחשבים למטאבוליטים שינוניים במנגנון

354 ההגנה הישירה אשר מאפשרת לצמח להתמודד עם התוקף ע"י דחייתו ו/או פגיעה בתפקודו או ע"י משיכת

355 אויב טבעי למזיק.

356 נדיפים שונים רבים הידועים בספרות כחומרים הגורמים לדחייה או משיכה של חרקים (De Moraes et al.

357 [al., 2001](#); [Dudareva et al., 2004](#); [War et al., 2011](#); [Seljåsen et al., 2013](#)). לאחר שזיהינו את החומרים

358 הנדיפים הללו בדקנו את השפעת החומרים apiol, myristicin, sabinene ו- α -asarone בריכוז שנמצא

359 בצמח בתנאי מעבדה מבוקרים על הישרדות הפסילות. חשוב לציין שהחומרים myristicin ו-sabinene

360 בריכוז שנמצא בצמח, פגעו באופן משמעותי בהישרדותן של נימפות וכן על בהטלת הביצים. Nissine

361 וחובריו ([Nissinen et al., 2005](#)) מצאו גם הם עליה ביצירת החומר sabinene בגזר אחרי תקיפת פסילת

362 הגזר מהמין המצוי באירופה *Trioza apicalis* Foerster מכאן הסקנו שחומרים אלו מקנים עמידות לגזר

363 ולכן יצאנו עם sabinene לניסוי בשדה.

364

365 Anderbrant וחובריו ([Anderbrant et al., 2020](#)) הראו תגובות אלקטרופיזיולוגיות של פסילת גזר לחומרים

366 נדיפים מגזר כגון terpinolene, terpinene-4-ol ו-(Z)-3-hexenal. באנליזת שאנו ערכנו של חומרים

367 נדיפים בעלי הגזר זיהינו רק terpinolene ולא מצאנו שינויים בריכוז שלו כתגובה להזנה ע"י פסילות לעומת

368 מצבים ללא נוכחות פסילות.

369 במחקר שאנו ערכנו בו חיפשנו זני גזר עמידים לפסילת הגזר מצאנו כי ישנם הבדלים בהעדפה והישרדות של

370 פסילת הגזר על זני גזר שונים. המימצא המעניין ביותר היה שזן הבר 21793 היה המועדף ביותר על הפסילה

371 להטלה, אך בו גם נימצא שיעור ההישרדות הנמוך ביותר ועמד על פחות מ-1% - דבר המרמז על כך שיתכן

372 ומצאנו זן שיכול אולי לשמש כ"צמח מלכודת חסר מוצא" ([Hokkanen, 1991](#); [Shelton et al.,](#)

373 [2006](#)). ([Khan et al., 2004](#)).

374 . חרקים (כמו בע"ח אחרים) נמשכים אל צמחים ממינים שונים או משפחות שונות בעוצמה שונה. זוהי

375 העדפה הנובעת, בסופו של דבר, מהתפוקה השונה שמפיק החרק מצמחים אלו. ניתן לעשות שימוש בהעדפה

376 זו ע"י שימוש בצמחים המועדפים כדי למשוך את המזיקים מגידול המטרה. תחום זה, של שימוש בצמח

377 ממין אחד כדי להגן על גידול מסויים ממין שני מוכר כ"צמחי מלכודת"-Trap plant ([Shelton et al.,](#)

378 [2006](#)) ההגנה על גידול המטרה מושגת ע"י מניעת המזיקים מהגעה אליו באמצעות "צמחי היקף" או ע"י

379 ריכוז אוכלסיית המזיק בחלק מסוים של השדה והדברתו רק שם. צמחי המלכודת ניתנים למניפולציה

380 בזמן ובמרחב למשיכת המזיקים במועד קריטי לגידול או לפנולוגיה של אוכלסיית המזיק. עד היום גידולי

381 מלכודת שימשו ומשמשים בתפקיד מכריע כנגד מספר רב של מזיקים במגוון גידולים בעולם בארצות

382 כארה"ב (לדוגמא נגד חיפושית בד *Acalymma vittatum* (F.) בגידולי דלועים ([Hoffmann et al., 1996](#)),

383 קנדה (לדוגמא כנגד העש *Agriotes obscurus* בגידול תות ([Vernon, 2005](#)), באוסטרליה (לדוגמא כנגד

384 הפשפש בכותנה *Creontiades dilutus* בגידול כותנה ([Mensah et al., 1997](#)), בניזילאנד (כנגד מגוון

385 פשפשים בתירס ([Rea et al., 2002](#)) פינלנד (לדוגמא כנגד החיפושית *Melighetes aeneus* F. בכרובית

386 ([Hokkanen, 1991](#)), באפריקה (לדוגמא כנגד נוברים בתירס ([Kebede et al., 2018](#)) או באיטליה (לדוגמא

387 לאחרונה כנגד נמטודות באורז ([Sacchi et al., 2021](#)) הזנים שמצאנו יוכלו לשמש כצמח מלכודת חסר

388 מוצא (dead end plant) שמושכים את המזיק אליהם אך גם קוטלים אותו ([Shelton et al., 2004](#)) תופעה

389 קיימת אך נדירה ולמיטב ידיעתנו מעולם לא דווחה לגבי גזר.

390 על פי התוצאות הקודמות שהראו שזן הבר 21793 היה המועדף ביותר על הפסילה אך הישרדותה עליו

391 הנמוכה ביותר, מכאן עולה כי זן זה מפריש חומרים המושכים את פסילת הגזר וחומרים שהם פוגעים

392 בהישרדות הפסילה. בבדיקת הפרופיל המטבולי של הזן 21793 נמצא שהחומרים העיקריים המופרשים

393 מהזן 21793 הם myristicin ו-sabinene. החומר myristicin לא נבדק במחקר זה עקב העלויות הגבוהות

394 של החומר (שלא ניתן היה לכסותה בתקציב המחקר) והכמות שהיתה בידינו לניסוי מעבדה לא היתה

395 גדולה דיה לבדיקה בניסוי ריסוס בשדה, לכן הוחלט להסתפק בבדיקת השפעת החומר sabinene על פסילת

הגזר בניסוי ריסוס בשדה מסחרי של גזר בעמק החולה. תוצאות ניסוי השדה הצביעו על כך שמידת הפגיעה	396
של ה-sabinene במינון השווה למינונו בצמח לריסוס	397
בריסוס ב כנגד פסילת הגזר, ובהשוואתו לטיפולים ביקורת משקית (טלסטאר וגופרית), ביקורת גופרית	398
וביקורת ממס, התקבל מספר הפסילות הבוגרות הנמוך ביותר לאורך כל תקופת הניסוי ובעיקר בסופה אם	399
כי מספרים אלו לא היו שונים מובהקים מהטיפול המשקי. בבחינת השפעת הטיפולים על דרגת הנימפות של	400
הפסילה המספר הנמוך ביותר נימצא דוקא בטיפול המשקי אך גם כאן לא נימצא הבדל מובהק בין החומר	401
הטבעי sabinene למשקי המקובל. בהשוואת מספר גזרים הבריאים ומשקלם בין הטיפולים השונים לא	402
היה הבדל וגם במספר ומשקל הגזרים עם תסמיני מחלה בטיפולים השונים לא היה הבדל. דבר המעיד גם	403
הוא על כך שהחומר sabinene במינון הנבדק היתה השפעה דומה כמו לקוטל החרקים הסינטטי (טלסטאר)	404
שנמצא בשימוש כנגד פסילת הגזר.	405
בהמשך מומלץ לחזור על עוד ניסויי שדה ולהמשיך ולבדוק השפעת החומר sabinene במינונים יותר גבוהים	406
ועם קומבינציות שונות עם חומרים אחרים החשודים ביכולת קטילת הפסילה הפסילה כמו elemicin .	407
	408
	409
	410
	411
<u>רשימת ספרות מצוטטת</u>	412
	413
Anderbrant O, Yuvaraj JK, Høgetveit LA, Nissinen AI, Andersson MN (2020)	414
Electrophysiological responses of carrot psyllids (<i>Trioza apicalis</i>), in different phases of	415
their life cycle, to volatile carrot and conifer compounds. <i>Journal of Applied Entomology</i>	416
144: 236-240	417
Arimura G-i, Ozawa R, Kugimiya S, Takabayashi J, Bohlmann J (2004) Herbivore-induced	418
defense response in a model legume. Two-spotted spider mites induce emission of (<i>E</i>)-	419
β -ocimene and transcript accumulation of (<i>E</i>)- β -ocimene synthase in <i>Lotus japonicus</i> .	420
<i>Plant Physiology</i> 135: 1976-1983	421
De Boer JG, Dicke M (2004) Experience with methyl salicylate affects behavioural responses of a	422
predatory mite to blends of herbivore-induced plant volatiles. <i>Entomologia</i>	423
<i>Experimentalis et Applicata</i> 110: 181-189	424
De Moraes CM, Mescher MC, Tumlinson JH (2001) Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles	425
repel conspecific females. <i>Nature</i> 410: 577-580	426
Degen T, Dillmann C, Marion-Poll F, Turlings TC (2004) High genetic variability of herbivore-	427
induced volatile emission within a broad range of maize inbred lines. <i>Plant physiology</i>	428
135: 1928-1938	429
Dicke M, Loon JJ (2000) Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary	430
context. <i>Entomologia experimentalis et applicata</i> 97: 237-249	431
Dudareva N, Pichersky E, Gershenzon J (2004) Biochemistry of plant volatiles. <i>Plant physiology</i>	432
135: 1893-1902	433
Gera A, Maslennin L, Weintraub PG, Mawassi M (2011) Phytoplasma and spiropasma diseases in	434
open-field crops in Israel. <i>Bulletin of Insectology</i> 64	435
Hoffmann MP, Kirkwyland JJ, Smith RF, Long RF (1996) Field Tests with Kairomone-Baited	436
Traps for Cucumber Beetles and Corn Rootworms in Cucurbits. <i>Environmental</i>	437
<i>Entomology</i> 25: 1173-1181	438
Hokkanen HM (1991) Trap cropping in pest management. <i>Annual Review of Entomology</i> 36: 119-	439
138	440
James DG (2003) Field evaluation of herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial	441
insects: methyl salicylate and the green lacewing, <i>Chrysopa nigricornis</i> . <i>Journal of</i>	442
<i>chemical ecology</i> 29: 1601-1609	443

Kebede AZ, Johnston A, Schneiderman D, Bosnich W, Harris LJ (2018) Transcriptome profiling of two maize inbreds with distinct responses to <i>Gibberella</i> ear rot disease to identify candidate resistance genes. <i>BMC genomics</i> 19 : 1-12	444 445 446
Khan ZR, Pickett JA (2004) The ‘push-pull’ strategy for stemborer management: a case study in exploiting biodiversity and chemical ecology. <i>Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods</i> : 155-164	447 448 449
McCormick AC, Unsicker SB, Gershenzon J (2012) The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. <i>Trends in plant science</i> 17 : 303-310	450 451
Mensah R, Khan M (1997) Use of <i>Medicago sativa</i> (L.) interplantings/trap crops in the management of the green mirid, <i>Creontiades dilutus</i> (Stal) in commercial cotton in Australia. <i>International Journal of Pest Management</i> 43 : 197-202	452 453 454
Mercke P, Kappers IF, Verstappen FW, Vorst O, Dicke M, Bouwmeester HJ (2004) Combined transcript and metabolite analysis reveals genes involved in spider mite induced volatile formation in cucumber plants. <i>Plant Physiology</i> 135 : 2012-2024	455 456 457
Nehlin G, Valterová I, Borg-Karlson AK (1996) Monoterpenes released from Apiaceae and the egg-laying preferences of the carrot psyllid, <i>Trioza apicalis</i> . <i>Entomologia Experimentalis et Applicata</i> 80 : 83-86	458 459 460
Nissinen A, Ibrahim M, Kainulainen P, Tiilikkala K, Holopainen JK (2005) Influence of carrot psyllid (<i>Trioza apicalis</i>) feeding or exogenous limonene or methyl jasmonate treatment on composition of carrot (<i>Daucus carota</i>) leaf essential oil and headspace volatiles. <i>Journal of agricultural and food chemistry</i> 53 : 8631-8638	461 462 463 464
Nissinen A, Lemmetty A, Pihlava JM, Jauhiainen L, Munyaneza J, Vanhala P (2012) Effects of carrot psyllid (<i>Trioza apicalis</i>) feeding on carrot yield and content of sugars and phenolic compounds. <i>Annals of Applied Biology</i> 161 : 68-80	465 466 467
Pree D, Archibald D, Ker K, Cole K (1990) Occurrence of pyrethroid resistance in pear psylla (Homoptera: Psyllidae) populations from southern Ontario. <i>Journal of economic entomology</i> 83 : 2159-2163	468 469 470
Rea JH, Wratten SD, Sedcole R, Cameron PJ, Davis SI, Chapman RB (2002) Trap cropping to manage green vegetable bug <i>Nezara viridula</i> (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) in sweet corn in New Zealand. <i>Agricultural and Forest Entomology</i> 4 : 101-107	471 472 473
Sacchi S, Torrini G, Marianelli L, Mazza G, Fumagalli A, Cavagna B, Ciampitti M, Roversi PF (2021) Control of <i>Meloidogyne graminicola</i> a Root-Knot Nematode Using Rice Plants as Trap Crops: Preliminary Results. <i>Agriculture</i> 11 : 37	474 475 476
Seljåsen R, Vogt G, Olsen E, Lea P, Høgetveit LA, Tajet T, Meadow R, Bengtsson GB (2013) Influence of field attack by carrot psyllid (<i>Trioza apicalis</i> Forster) on sensory quality, antioxidant capacity and content of terpenes, falcarindiol and 6-methoxymellein of carrots (<i>Daucus carota</i> L.). <i>Journal of agricultural and food chemistry</i> 61 : 2831-2838	477 478 479 480
Shelton A, Badenes-Perez F (2006) Concepts and applications of trap cropping in pest management. <i>Annu. Rev. Entomol.</i> 51 : 285-308	481 482
Shelton A, Nault B (2004) Dead-end trap cropping: a technique to improve management of the diamondback moth, <i>Plutella xylostella</i> (Lepidoptera: Plutellidae). <i>Crop Protection</i> 23 : 497-503	483 484 485
Vancanneyt G, Sanz C, Farmaki T, Paneque M, Ortego F, Castañera P, Sánchez-Serrano JJ (2001) Hydroperoxide lyase depletion in transgenic potato plants leads to an increase in aphid performance. <i>Proceedings of the national academy of sciences</i> 98 : 8139-8144	486 487 488
Vernon RS (2005) Aggregation and mortality of <i>Agriotes obscurus</i> (Coleoptera: Elateridae) at insecticide-treated trap crops of wheat. <i>Journal of economic entomology</i> 98 : 1999-2005	489 490
War AR, Sharma HC, Paulraj MG, War MY, Ignacimuthu S (2011) Herbivore induced plant volatiles: their role in plant defense for pest management. <i>Plant signaling & behavior</i> 6 : 1973-1978	491 492 493 494