

דוח לתוכנית מחקר מס' 26-11-147-17

זיהוי הגורמים לרגישות זני שקד לצרעת השקד כאמצעי לשיפור ממשק ההדברה

Detecting the causes for differences in the susceptibility of almond species to *Eurytoma amygdali*, as a means of improving the integrated pest management interface

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

מופק אבדאח: המחלקה למדעי הצמח, מרכז מחקר נווה-יער

חיים ראובני: המרכז להדברה משולבת, מו"פ צפון

דורון הולנד: המחלקה למטעים, מרכז מחקר נווה-יער

עירית בר יעקב: המחלקה למטעים, מרכז מחקר נווה-יער

זאב פרקש: המרכז להדברה משולבת, מו"פ צפון

Mwafaq Ibdah, Plant Science, Newe Yaar Research Center.

mwafaq@volcani.agri.gov.il

01-05-2019

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן



חתימת החוקר

רשימת פרסומים שנבעו מהמחקר: אין

תקציר

הצגת הבעיה - צרעת השקד *Eurytoma amygdali* היא מזיק ספציפי הגורם לנזק ישיר בפירות עצי השקד. השקדים הנגועים אינם מתפתחים באותה העונה ופקעי הפרי נפגעים לצמיתות. כך, נגרם נזק ליבול גם בעונות העוקבות. שקדים נגועים נשארים כמומיות על העצים ומהם מתפתחות הצרעות באותו מטע בעונה העוקבת. להדברת הצרעה נעשה שימוש בזרחנים אורגנים ותכשירים סיסטמיים רחבי טווח אחרים לקטילת הזחלים בתוך הפרי. במחקר הקדמי מצאנו הבדלים ברגישות זני השקד לצרעה ובכוונתנו להתמקד בבדיקת הגורמים לרגישות הזן.

חשיבות ומטרות - צרעת השקד היא מזיק מפתח בגידול השקד וענף השקד נמצא בתנופת פיתוח ושואף להפחית את השימוש בתכשירים מסוכנים לאדם ולסביבה כחלק מהמגמה העולמית לשימוש באמצעים ידידותיים בחקלאות המודרנית. מטרת המחקר העיקרית היא לזהות את הגורמים להבדלים בעמידות זני השקד לצרעה כדי לפתח אמצעים בררניים לשיפור ההדברה וככלי לטיפול גנטי של הזן.

מטרות המשנה להשגת המטרה העיקרית הן:

1. קביעת רמת הרגישות של זני השקד לצרעת השקד.
2. מיצוי וזיהוי נדיפים מזני שקד רגישים ועמידים.
3. קביעת ההשפעה של הנדיפים על התנהגות צרעת השקד באולפקטומטר.

מהלך ושיטות עבודה

1. בדיקת רגישות זני השקד לצרעה באוסף של מעל 60 זנים בחלקת המאגר הגנטי של עצי פרי נשירים בנווה יער על רקע חופשי מקוטלי חרקים.
2. בדיקת פרופיל הנדיפים המשוחרר בתקופת הפריחה והחנטה במדגם של שלושה זנים עמידים לעומת שלושה רגישים ובהשוואה לאפרסק ומכלואי שקד אפרסק שהוא מין הקרוב פילוגנטית לשקד ואינו רגיש כלל לצרעה.
3. קביעת ההשפעה של הנדיפים הצמחיים על התנהגות בוגרי צרעת השקד.

תוצאות עיקריות:

1. נמצאו הבדלים ברורים ברמת הרגישות של זני השקד לצרעת השקד.
2. יצורנו פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהחנטים, מהעלים ומהפרחים של זנים וטיפוסים שונים של שקדים רגישים ועמידים תוך שימוש בשיטת ה-SPME-GC-MS.
3. לא קיבלנו תגובה במנהרת רוח של בוגרי הצרעה שנחשפו לנדיפים הצמחיים שזוהו בזנים הרגישים.

מסקנות והמלצות:

תוצאות של אנליזה לחומרים שהופקו מחנטים ובאופן כללי נמצאו מספר חומרים החשודים כמעורבים בדחייה וחומרים המעורבים במשיכה של הצרעה, להלן: המונוטרפן linalool והסיסטרפנים β -

caryophyllene ו- α -humulene והפנול Benzeneacetaldehyde ו- methyl salicylate ו- benzenacetone מספקים עמידות לזן השקד (פרגיל, 21-331 ו-273-772) כנראה, על ידי דחיית צרעת השקד. המונוטרפנן β -cyclocitral שנמצא בחנטים של הזנים הרגילים (תלמים, אום אל פחם, ולבד) וכנראה מעורבים במשיכת צרעת השקד.

חומרים החשודים כמעורבים במשיכה נבדקו במנהרת רוח במערכת אולפקטומטר במטרה לבחון את השפעתם על התנהגות הצרעה. לא התקבלה תגובה של הבוגרים לנדיפים הנחשבים כמושכים ויש מקום לבחון את השפעתם המשולבת.

מבוא ותיאור הבעיה

צרעת השקד היא מזיק ספציפי הגורם לנזק ישיר בפירות עצי השקד. השקדים הנגועים אינם מתפתחים באותה העונה ופקעי הפרי נפגעים לצמיתות. השקדים הנגועים נשארים כמומיות על העצים ומהם מתפתחות הצרעות באותו מטע בעונה העוקבת.

למטעי השקד חשיבות מבחינה חקלאית וכלכלית. הפרי מועדף בשל יתרונותיו הבריאותיים והאפשרויות ליצוא. צמחים מייצרים מגוון גדול של נדיפים אורגניים, חלקם מושכים מזיקים פוטנציאליים וחלקם דוחים מזיקים ובכך מהווים הגנה ישירה לצמח. הנדיפים הנפוצים ביותר הינם טרפנים, פנולים ותרכובות המכילות חנקן. יתכן שהבדלים בחומרים הנדיפים המשוחררים מזני השקד השונים הם הגורמים לתגובה שונה של צרעת השקד ולהעדפותיה לזן מסוים. נוסף על כך ידוע כי זני האפרסק הקרובים פילוגנטית לשקד וזני מכלוא של שקד אפרסק, אינם נתקפים כלל על ידי צרעת השקד. על מנת להבין את ההבדלים בעמידות זני השקד לצרעת השקד, התמקדנו במחקר ביצור פרופילים מטבולומיים מפורטים לחנטים על ידי GC-MS בתשעה זני שקד בעמידות שונות (רגיש, בינוני ועמיד) וכן, זן אפרסק ואפרסק מורכב על שקד.

מטרות המחקר:

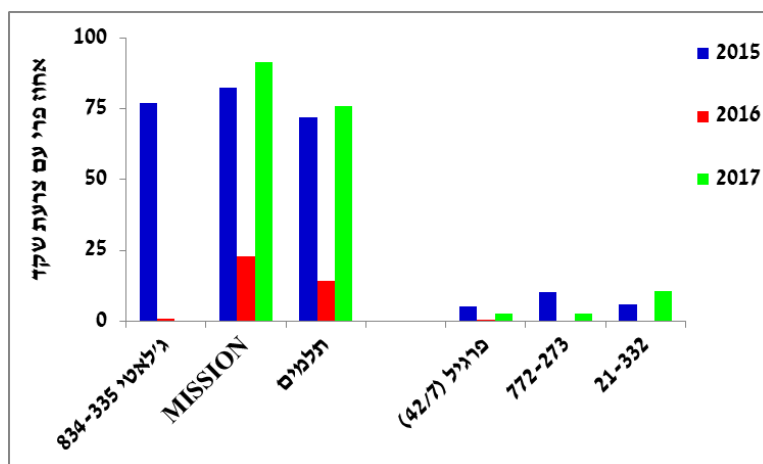
מטרת העל של תוכנית זאת היא לזהות את הזנים ואת הגורמים להבדלים בעמידות זני השקד לצרעה כדי לפתח אמצעים בדרגים לשיפור ההדברה וככלי לטיפול גנטי של הזן. מטרת המשנה להשגת המטרה העיקרית הן:

1. קביעת רמת הרגישות של זני השקד לצרעת השקד.
2. מיצוי וזיהוי נדיפים מזני שקד רגילים ועמידים.
3. קביעת ההשפעה של הנדיפים על התנהגות צרעת השקד באולפקטומטר.

עיקרי הניסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו לתקופת הדו"ח

למימוש מטרה 1- בדיקת רגישות זני השקד לצרעת השקד, נערך מעקב אחר רמת הנזק של צרעת השקד בזני השקד השונים (% מומיות) על רקע חופשי מקוטלי חרקים. המחקר נערך במשך שתי עונות עוקבות (2016-2017) בחלקת המאגר הגנטי של זני שקד בנווה יער המכילה מעל 100 זוגות של זנים וטיפוסים

שונים של שקד הנטועים בזוגות. רמת הרגישות של הזנים נקבעה לפי רמת הנגיעות בצרעה המתבטאת בסימנים חיצוניים של שקדים מצומקים בגוון חום-צהוב (מומיות) שאינם מתנתקים בקלות מהעץ. עם הופעת סימני הנגיעות (במהלך חודש יוני), נקטפו ונפתחו כל השקדים הנגועים כדי לבדוק את נוכחות זחל הצרעה בגלעין ולאמת את גורם הנזק. בבדיקה זאת התקבל גיבוי למידע ההקדמי מעונות קודמות (2015) המתייחס להבדלים ברמת הנגיעות ורמת הרגישות של זני השקד לצרעה כאשר, בזנים רגישים (כגון גלאטי, MISSION, ו-תלמים) נמצאה נגיעות גבוהה לעומת זנים שבהם נמצאה נגיעות נמוכה (זנים עמידים; כגון פרגיל, 772-273 ו-21-332) (איור 1).

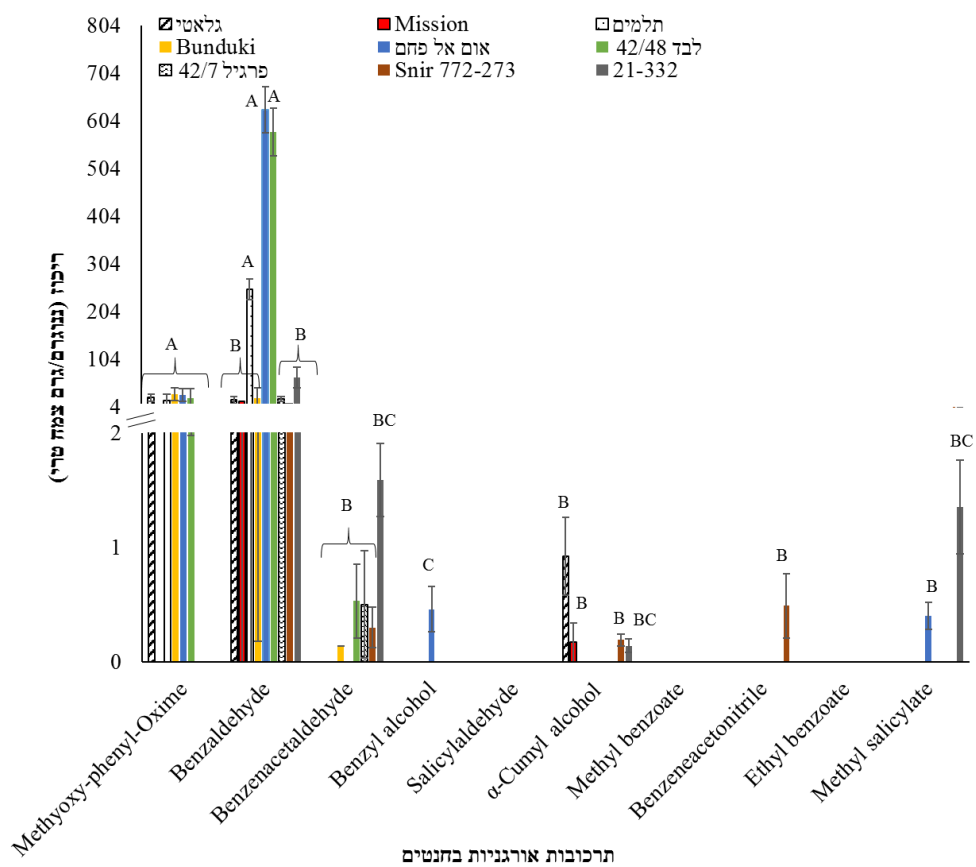


איור 1: רמת הרגישות של זני השקד על רקע רמות שונות של אוכלוסיית צרעת השקד, בחלקת אוסף זנים בנווה יער.

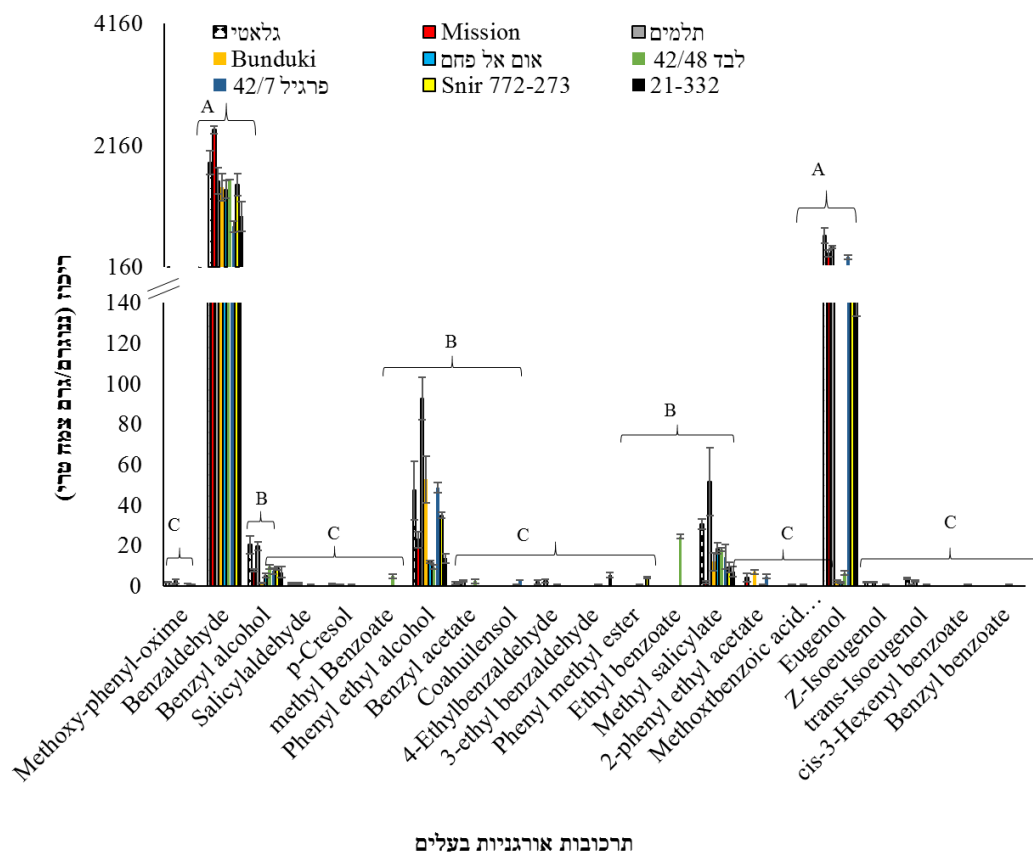
למימוש מטרה 2 - מיצוי וזיהוי נדיפים מזני שקד רגישים ועמידים, **נאספו נדיפים מחננטים, מעלים ומהפרחים** של אותם הזנים שביטאו הבדלים ברמת הנגיעות במחקר ההקדמי ומזנים נוספים שביטאו נגיעות נמוכה.

יצרנו פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהחננטים מעלים, ומהפרחים של זנים וטיפוסים שונים של שקדים רגישים ועמידים תוך שימוש בשיטת ה-SPME-GC-MS (Table 1-3). חנטים, עלים ופרחים (כל איבר בנפרד, בשש חזרות ביולוגיות), נטחנו והוכנסו לתוך מיכל אטום עם פקק שכולל אטם סיליקון הכולל 1g NaCl ו-7ml 20% NaCl, עם תוסף כמות ידועה של 2-hepatone-1mg/kg כסטנדרט. מחט ה-SPME נחדרה דרך האטם. המיכל הוחזק ב-50°C לעידוד הנידוף, למשך 30 דקות. מחט ה-SPME נשלפה ותכולת הנדיפים נבדקה על מכשיר ה-GC-MS (Agilent Technologies, CA, USA). מכשיר ה-GC-MS מצויד בקולונה קפילרית מסוג Rtx-5SIL 30m x 0.25 mm x 0.25µm. זיהוי הנדיפים העיקריים נעשה ע"י השוואת ספקטרום מסות וזמן יציאה מהקולונה (Retention Index) לאלו של דוגמאות ידועות ודוגמאות מספריית 14 Nest10 wiley של מכשיר ה-GC-MS. הניתוח נערך בתוכנת Chemstation ולאחר מכן בוצע וידוא של כל חומר וכימותו בצמח.

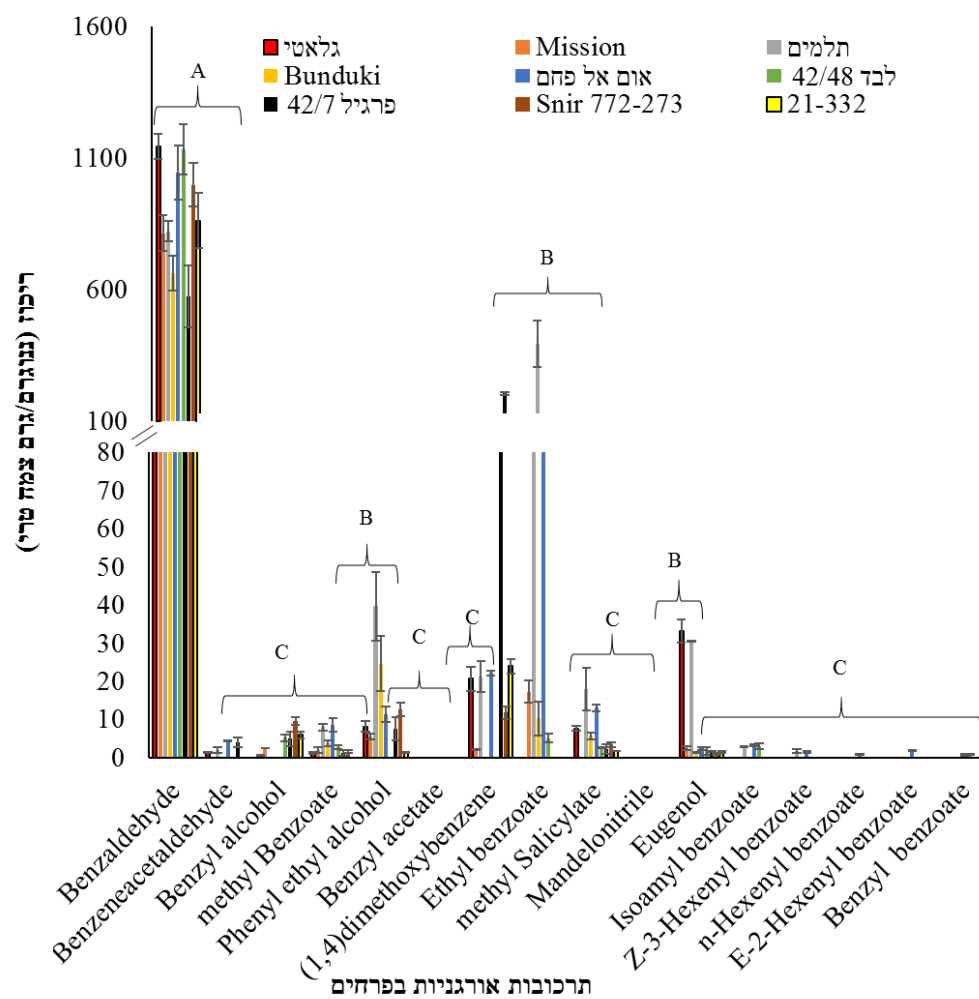
מתוך כל החומרים שהתקבלו נבחרו הנדיפים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית (איורים 2-10, Table 1-3).



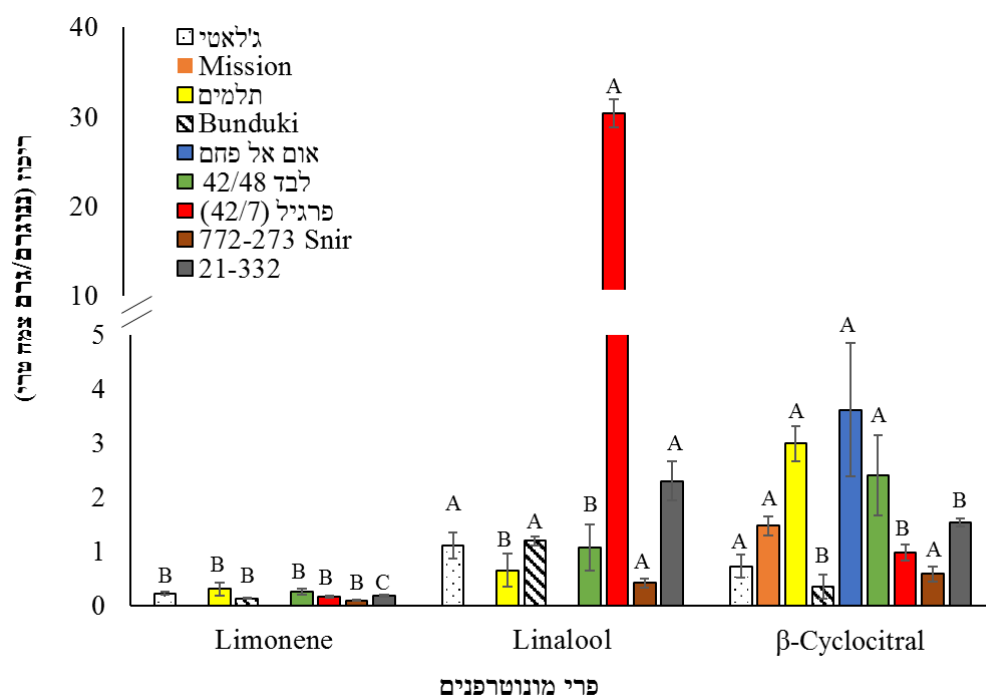
איור 2: ריכוז תרכובות אורגניות בחנטיים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית לזני השקד השונים.



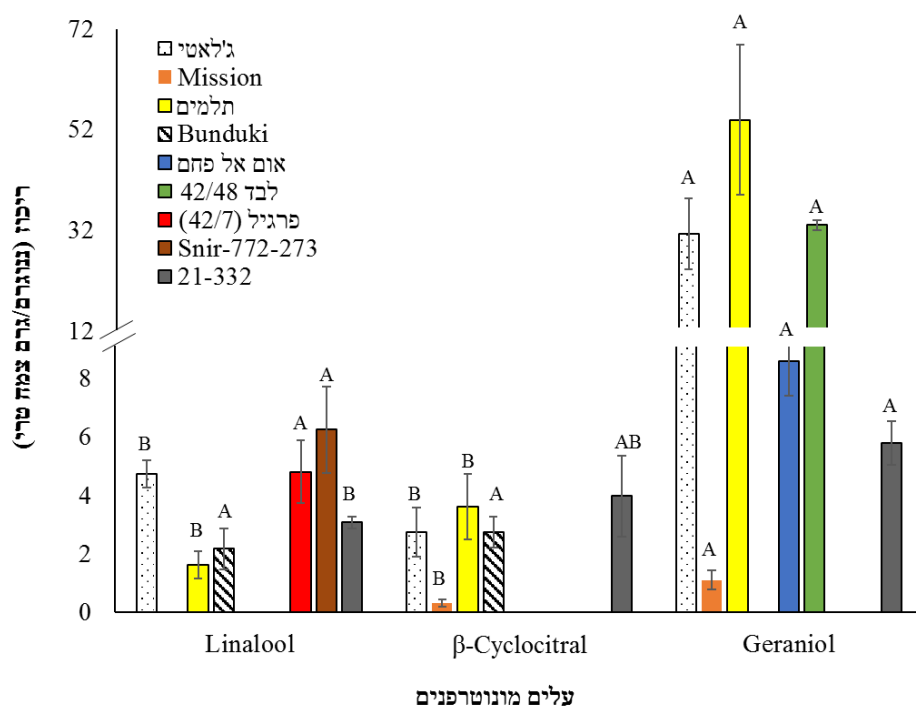
איור 3: ריכוז תרכובות אורגניות בעלים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית לזני השקד השונים.



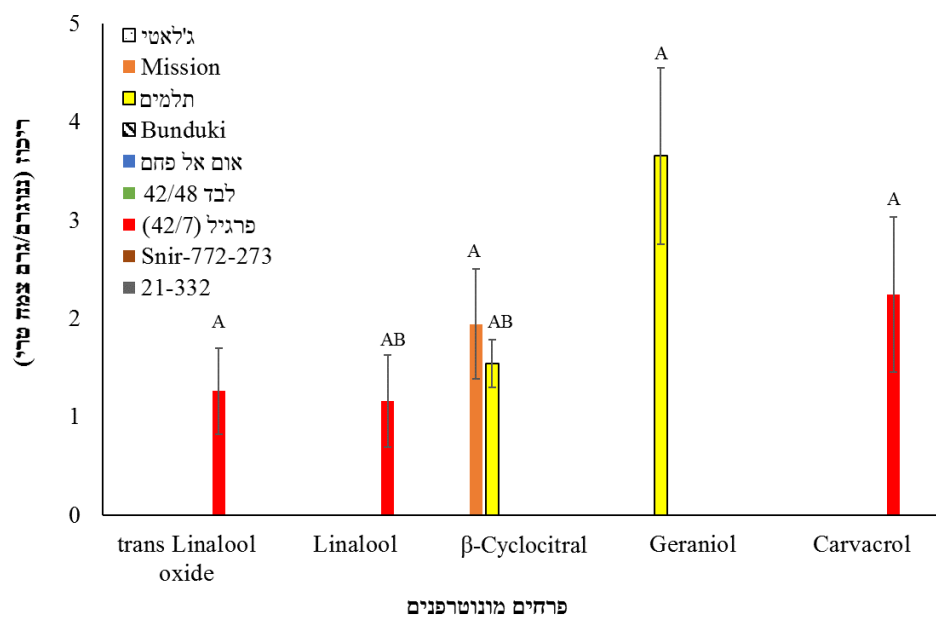
איור 4: ריכוז תרכובות אורגניות בפרחים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית לזני השקד השונים.



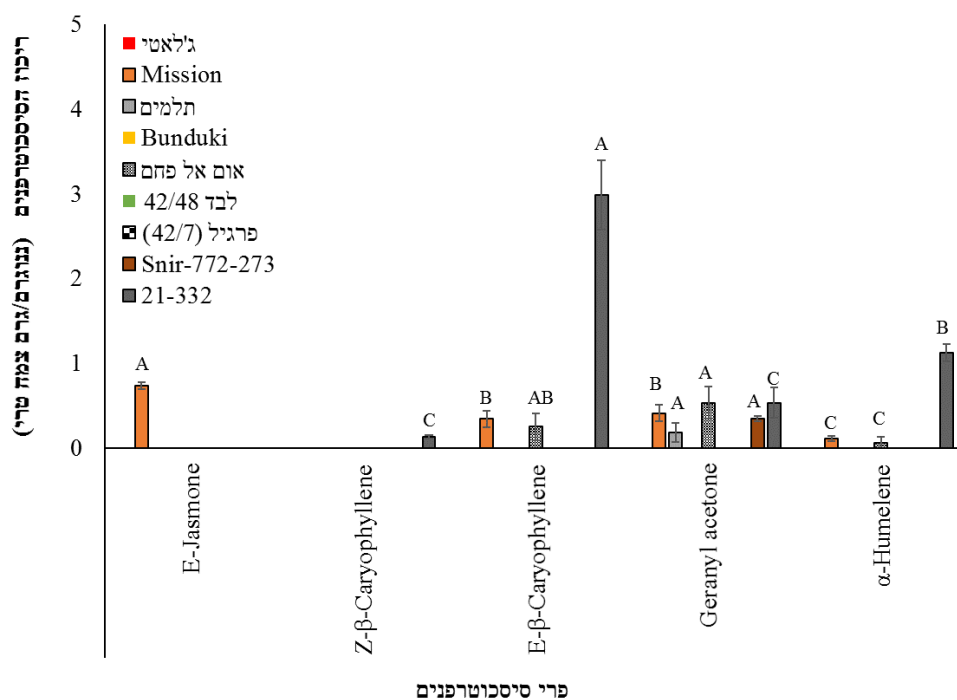
איור 5: ריכוז המונוטרפנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית **מחנטים** של זני השקד השונים.



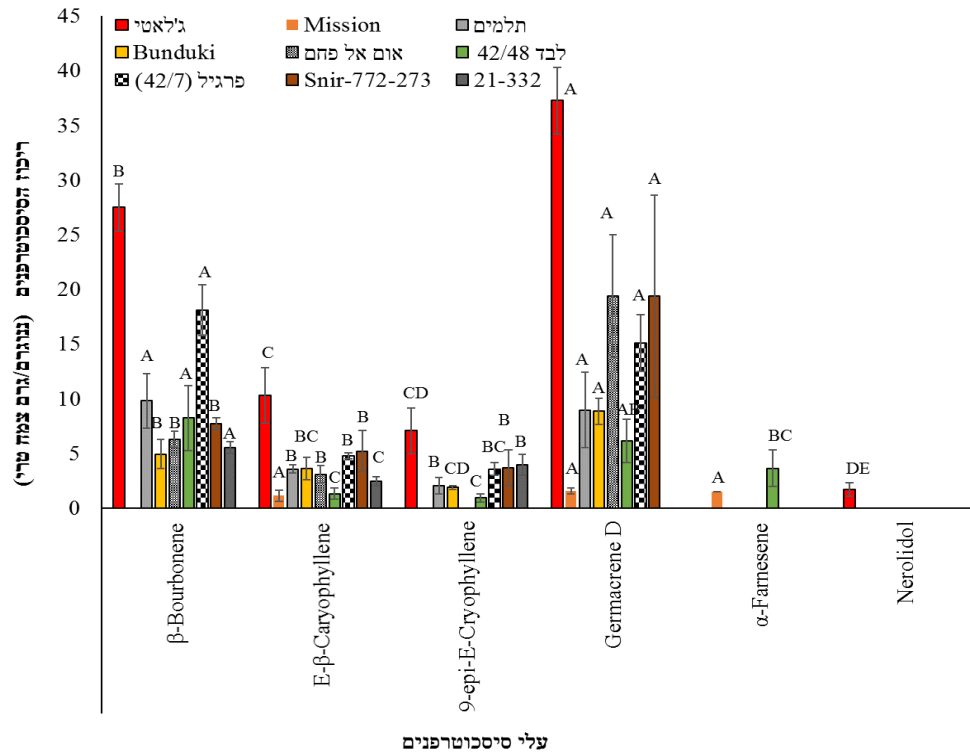
איור 6: ריכוז המונוטרפנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית **מעלים** של זני השקד השונים.



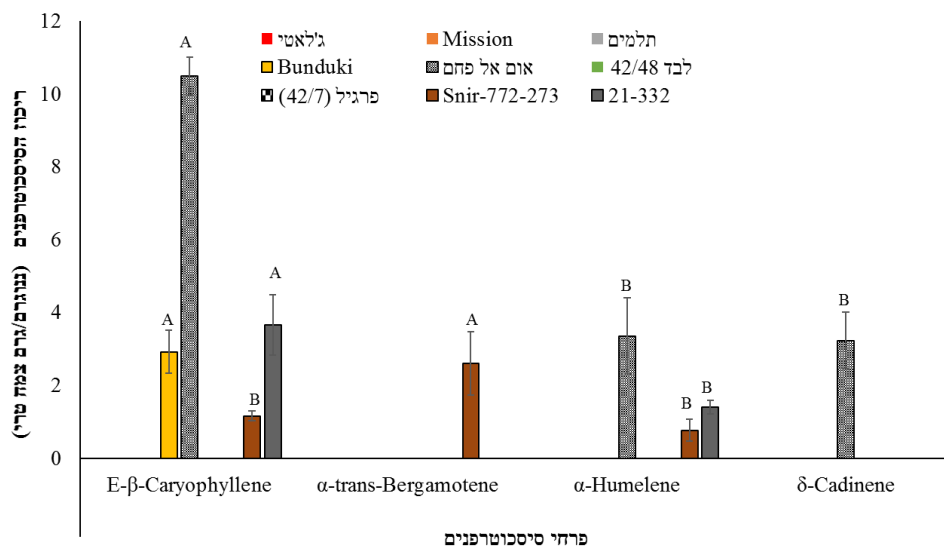
איור 7: ריכוז המונוטרפנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית מפרחים של זני השקד השונים.



איור 8: ריכוז הסיסכורפנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית מחנטיים של זני השקד השונים.



איור 9: ריכוז הסיסטרופנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית מעלים של זני השקד השונים.



איור 10: ריכוז הסיסטרופנים בעלי אחוז השכיחות הגדול ביותר יחסית מפרחים של זני השקד השונים.

למימוש מטרה 3 - קביעת ההשפעה של הנדיפים על התנהגות צרעת השקד ב-Y-tube אולפקטומטר. לצורך זה אספנו בתחילת חודש פברואר (לפני מועד הגיחה של הבוגרים במטע) כ- 300 מומיות ממטעי שקד מסחריים והחזקנו בקירור בחשיכה. בשיטה זאת שלטנו על מועד הגיחה של הצרעות והתאמתו לצרכי הניסוי. כדי לקבל בוגרים במצב ביולוגי ידוע (גיל ומצב הפוריות) הוצאנו מהקירור, לקראת כל ניסוי, מספר מומיות מתוכנן והעברנו כבודדות לתוך מבחנות בנפח של 50 מ"ל עם סגר מאוורר. אחת ליום בדקנו את המבחנות, מיינו את הפרטים שהגיחו לזוויגים השונים והעברנו את הזוויגים לכלובי הזדווגות למשך 24 שעות (מניסיוננו הפרטים מזוודגים בטווח זמן זה). בשיטה זאת ניתן היה לשלוט גם על הזוויג וגם על גיל הפרטים בניסוי. את הנקבות המזווגות העברנו לניסוי באולפקטומטר. ייצבנו נקבות מזווגות בצינור הראשי של מערכת Y-tube באולפקטומטר, כאשר בזרוע אחת היה 200 מיקרוליטר של החומר הנבדק מוספג בצמר גפן ובזרוע השנייה צמר גפן מוספג באותה הכמות בממס בלבד (מתנול). צמר הגפן הוחזק בתוך צינור זכוכית הפקוק בשני הצדדים בעזרת רשת שהוכנס כשרוול בתוך זרועות ה-Y-tube. מערכת ה-Y-tube נמצאת בתוך מנהרת הרוח שבה מוזרם אויר, בקצב קבוע ובטמפרטורה קבועה, מכיוון הזרועות אל כיוון הזרוע הראשית. פרטים הנמשכים לאחת הזרועות נצמדים לרשת הסוגרת את צינור הזכוכית מבלי לבוא במגע עם צמר הגפן. כך, ניתן היה לקבוע איזה מהזרועות הועדפה על נקבות הצרעה. במבחן העיקרי ערכנו ניסויים להשוואת ההתנהגות של הנקבות המזווגות (6-10 חזרות לכל ניסוי), מול החומרים הנדיפים בשני ריכוזים שונים (ריכוז צמחי וריכוז גבוה פי 10), בהשוואה לממס בלבד. הנדיפים שנבדקו נמצאו בחנטים, בעלים ובפרחים בזנים הרגישים ונחשדו כגורמים מושכים: Tetradeane, β -caryophellene, β -cylocitral, eugenol, isoeugenol מתוכם בדקנו את הנדיפים (תוצרת חברת sigma) המפורטים בטבלה 4. בכל הבדיקות שנערכו בריכוזים השונים לא התקבלה תגובה של נקבות הצרעה אל מקור החומר הנדיף (טבלה 4).

טבלה 4. תגובת נקבות מזווגות (N=6-10) של צרעת השקד לנדיפים במערכת אולפקטומטר.

שם התכשיר	ריכוזים (ppm)	ביקורת	יש/אין תגובה
Tetradecane	0.0015 \ 0.01	מתנול	אין
Isoeugenol	0.0035 \ 0.01	מתנול	אין
Eugenol	0.0030 \ 0.01	מתנול	אין
β -Cylocitral	0.0015 \ 0.01	מתנול	אין
β -Cryophellene	0.0015 \ 0.01	מתנול	אין

א. רגישות זני השקד לצרעת השקד

נמצאו הבדלים משמעותיים ברמת הנגיעות בצרעת השקד בזנים השונים, אותם ניתן לחלק לשני קטגוריות (איור 1): רמת נגיעות גבוהה של מעל 50% (להלן "זנים רגישים"), נגיעות נמוכה מתחת ל- 14% (להלן "זנים עמידים"). בקבוצת הזנים שביטאה רגישות גבוהה יחסית לצרעה בעונת 2015 נכללו אותם זנים שביטאו רגישות גם בעונת 2017 – תלמים (מעל 80% שקדים נגועים), Mission (מעל 63% שקדים נגועים) וג'לאטי (מעל 60% שקדים נגועים). זנים אלו ביטאו נגיעות נמוכה בעונת 2016 (איור 1). ייתכן שההבדלים ברמת הנגיעות בשלוש העונות נובעים מהבדלים ברמת האוכלוסייה של צרעת השקד.

ב. פרופיל הנדיפים המשותף מחנטים, מעלים ומפרחים של זנים רגישים ועמידים לצרעת השקד

באנליזת GC-MS של פרופיל הנדיפים לחנטים, לעלים ולפרחים בזני שקד שביטאו הבדלים ברמת הנגיעות לצרעת השקד בשלוש העונות, נמצאו הבדלים בחומרים נדיפים המורכבים מטרפנים, ססקוטרפנים וחומרים ארומטים (איורים 2-10) (Table 1-3) כמפורט להלן.

א. מתוצאות ה-GC-MS מצאנו שזני השקד הרגישים בעלי אחוזים יותר גבוהים בתרכובות של

מונוטרפנים, ססקוטרפנים וחומרים ארומטים מהזנים העמידים (איורים 2-10). כך, הפנול benzenacetone ו- benzeneacetaldehyde ו- methyl salicylate, ו- α -cumyl alcohol ו- 21-331 ו- 772-273 העמידים לצרעת השקד (איור 2), יתכן שחומרים אלו מספקים את העמידות.

ב. מתוצאות ה-GC-MS מצאנו שהעלים של הזנים הרגישים מסנתזים יותר phenylpropanoids

מהזנים האחרים (Table 2 ו- איור 3). יתר על כן, מצאנו שהתרכובת האורגנית methoxy-phenyl-oxime נמצאת בחנטים בזנים הרגישים ואינה נמצאת כלל בזנים העמידים (Table 1).

ג. נמצא שהמרכיבים הפנולים השכיחים ביותר היו benzyl alcohol, phenylethyl alcohol, ו- methyl salicylate בלטה בזני השקד הרגישים (Table 2).

ד. המונוטרפן linalool נמצא בריכוז גבוה ביותר בחנטים של הזן העמיד פרג'יל (איור 5).

ה. מתוצאות ה-GC-MS מצאנו שהעלים מהזן השקד הרגיש ג'לאטי מיצר ריכוז יותר גבוה בתרכובות של הססקוטרפנים (איור 9). והססקוטרפנים השכיחים ביותר הם germacrane D ,

bourbonne, β - caryophellene ועוד אחרים (איור 9).

ו. מתוצאות ה-GC-MS מצאנו שהפרחים מהזן השקד אום-אלפחם מיצר ריכוז יותר גבוה של β -caryophellene בהשוואה לשאר זני השקד האחרים (איור 10 ו- Table 3).

ג. קביעת ההשפעה של הנדיפים על התנהגות צרעת השקד באולפקטומטר

חלק מהנדיפים שנמצאו בזנים הרגישים ונחשדו כגורמים מושכים, כגון: β -Tetradecane, β -caryophellene, eugenol, isoeugenol, ו- β -cylocitral נבדקו במערכת Y-tube באולפקטומטר,

כדי לקבוע את השפעת הנדיפים השונים על התנהגות צרעת השקד. בכל הבדיקות שנערכו בריכוזים השונים לא התקבלה תגובה של נקבות הצרעה אל מקור החומר הנדיף (טבלה 4). נציין, שבמערכת שבה עבדנו הצלחנו לקבל בעבר תגובה של זכרים אל נקבות בתולות של צרעת השקד וזאת היתה בעבורנו אינדיקציה שהמערכת מתאימה לבדיקת גורמי משיכה נדיפים. ייתכן שקיימים גורמי משיכה נוספים ויש מקום לבדוק שילובים שונים של הנדיפים.

למרות חשיבותה הרבה של הצרעה כמזיק, נכון להיום הידע על גורמי המשיכה או הדחייה של הצרעה לעצי שקד מועט מאוד ברמה הפיזיולוגית והכימית. באנליזת auto-HS-SPME-GC-MS של פרופיל הנדיפים לחנטים, לעלים, ולפרחים בזני שקד שהראו הבדלים ברמת הנגיעות לצרעת השקד, נמצאו הבדלים בחומרים נדיפים המורכבים ממונוטרפנים (monoterpenes), ססקוויטרפנים (sesquiterpenes) וחומרים ארומטים (aromatic compounds). לכן, תוצאות אלו מעידות על כך שכנראה לנדיפים ולארומטים יש תפקיד בעמידות ויתכן שזני שקד שונים מייצרים נדיפים שונים בחנטים, בעלים ובפרחים, השייכים לקבוצת המונוטרפנים והססקוויטרפנים. וכן, חומרים ארומטים נוספים הידועים בספרות כחומרים הגורמים לדחייה או משיכה של חרקים (Dudareva et al., 2001; War De Moraes et al., 2004; McCormick et al., 2012; et al., 2011). למשל De Moraes וחבריו (2001) מצאו כי חומרים שנוצרו בטבק (tobacco) שייכים לססקוויטרפנים α -humulene ו- β -caryophyllene, דחו את המזיק *Heliothis virescens*. נדיפים שונים (מונוטרפנים וססקוויטרפנים) הראו פעילות הגנה של צמחים כנגד חרקים צמחוניים כגון (β -ocimene - E,E- α -farnesene מ-*Merckia Cucumis sativus*) (Mercke et al., 2004) E- β -caryophyllene מ-*Lotus japonicas* (Arimura et al., 2004), ומ-*Zea mays* (Degen et al., 2004).

נדיפים שציינו לעיל יכולים להגן על הצמח כהגנה ישירה המופנית כנגד תוקפי הצמח (Pare and Tumlinson, 1999; Dicke and Van Loon, 2000), או בהגנה עקיפה בה הצמח מעודד אויבים טבעיים כנגד תוקפיו (DeMoraes et al., 2001; Vancanneyt et al., 2001). כך למשל, חומרים ארומטים נדיפים כגון, methylsalicylic acid גרם לדחייה של *Mamestra brassicae* הגורם לנזק בכרוב (De Boer and Dicke 2004), אבל גם למשיכת אויבים טבעיים *Chrysopa nigricornis* (James, 2003).

סיכום

צרעת השקד היא מזיק מפתח הגורם לנזק ישיר בפרי ולהפחתת היבול באותה העונה ובעונות הבאות כתוצאה מתמותת הדרבן הצמוד לשקד נגוע (מומיה). כדי לפתח ממשק להדברה משולבת ידידותית במטעי השקד נדרש למצוא, בשלב ראשון, אמצעים חליפיים להפחתת ברמת האוכלוסייה של הצרעה ושמידה על רמה נמוכה של האוכלוסייה בעתיד. במחקר זה נערך מעקב אחר ההבדלים ברגישות של זני השקד לצרעת השקד במטרה לזהות את הגורמים להבדלים ולפתח בעתיד אמצעים לשיפור ממשק ההדברה. באופן כללי, לא נמצא דפוס עקבי המבטא הבדלים ברגישות הזנים לצרעה בעונות הבדיקה השונות. זנים שבהם נמצאה נגיעות נמוכה בעונה הקודמת נמצאו בעונה העוקבת עם שיעור נגיעות גבוה. ההסבר העיקרי לכך הוא

הבדלים ברמת האוכלוסייה של צרעת השקד בעונות השונות אך, כדי לבסס השערה זאת נדרש מעקב רב-שנתי. לא נמצאו זנים שהצליחו להתחמק מהתקפת הצרעה בשל חנטה מאוחרת ביחס לתקופת פעילות הצרעה ולפיכך, נשללת האפשרות שסיבה זאת היא גורם להבדלים ברמת הנגיעות בזנים השונים. מספר מצומצם של זנים ביטא נגיעות נמוכה בשתי העונות ברציפות וייתכן שצריך להתמקד בזנים אלו כדי לברר את הגורמים להבדלים ברגישות הזנים לצרעה.

בין יתר הגורמים להבדלים ברגישות הזנים יכולים להיות חומרים נדיפים מהחנטים, מהעלים ומפרחים המשוחררים מהצמח. בבדיקה של פרופיל הנדיפים מהחנטים, מהעלים ומפרחים של זנים שבהם נמצאה נגיעות גבוהה (רגישים) לעומת זנים שבהם נמצאה נגיעות נמוכה (עמידים) נמצאו הבדלים במספר חומרים הידועים כבעלי פוטנציאל למשיכה או דחייה של חרקים. בכל הבדיקות שנערכו באולפקטומטר, בריכוזים השונים, לא התקבלה תגובה של נקבות הצרעה אל מקור החומר. ייתכן שקיימים גורמי משיכה נוספים הקשורים, בין היתר, לשילובים שונים של הנדיפים.

כדי לבסס את המידע על ההבדלים ברגישות זני השקד לצרעת השקד וברור הגורמים המעורבים בתהליך זה, נדרש מחקר המשך הכולל, בין היתר, זיהוי גנטי של זנים עמידים לעומת רגישים כבסיס למחקר כימי – אקולוגי שבו תיבחן השפעת תערובות כימיות למשיכה או דחייה של נקבות בתנאי מעבדה ושדה.

יכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
זיהוי הגורמים לרגישות זני שקד לצרעת השקד כאמצעי לשיפור ממשק ההדברה המשולבת : 1. קביעת רמת הרגישות של זני השקד לצרעת השקד. 2. מיצוי זיהוי נדיפים מזני שקד רגישים ועמידים. 3. בדיקת ההשפעה של הנדיפים על נקבות הצרעה באולפקטומטר
עיקרי התוצאות
1. נמצאו הבדלים ברמת הרגישות של הזנים השונים לצרעת השקד. 2. יצרנו פרופילים מטבולומיים מפורטים לחומרים נדיפים מהחנטים והעלים ומהפרחים של זנים וטיפוסים שונים של שקדים רגישים ועמידים תוך שימוש בשיטת ה-SPME-GC-MS. 3. לא התקבלה תגובת משיכה של נקבות הצרעה שנחשפו לנדיפים באולפקטומטר.
המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.
מטרות המחקר לתקופת הדו"ח הושגו במלואן.

בעיות שונותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר
ביצוע המחקר נמשך ללא תקלות ובכוונתנו לבסס, במחקר המשך, את המידע להבדלים ברגישות זני השקד לצרעת השקד גם בהיבט הגנטי ולהמשיך בביצוע ניסויים נוספים לבדיקת התגובה של בוגרי הצרעה לנדיפים.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; תוצאות המחקר פורסמו עד כה בכנס מדעי ובכנס של מגדלי השקד.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח (סמן אחת מהאופציות) ללא הגבלה

רשימת ספרות מצוטטת

- Arimura, G., Ozawa, R., Kugimiya, S., Takabayashi, J., Bohlmann, J. (2004). Herbivore-induced defense response in a model legume: Two-spotted spider mites, *Tetranychus urticae*, induce emission of (*E*)- β -ocimene and transcript accumulation of (*E*)- β -ocimene synthase in *Lotus japonicus*. *Plant Physiol.* 135: 1976-1983.
- McCormick, C. A., Unsicker, S.B., Gershenzon, J. (2012). The specificity of herbivore induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. *Trends Plant Sci.* 17:303-310.
- De Boer, J.G. and Dicke, M. (2004). Experience with methyl salicylate affects behavioral responses of a predatory mite to blends of herbivore-induced plant volatiles. *Entomol. Exp. Appl.* 110:181-189.
- De Moraes, C.M., Mescher, M.C., Thumlinson, J.M. (2001) Caterpillar-induced nocturnal plant volatiles repel conspecific females. *Nature* 29:577-580.
- Degen, T., Dillmann, C., Marion-Poll, F., Turlings, T.C.J. (2004). High genetic variability of herbivore-induced volatile emission within a broad range of maize inbred lines. *Plant Physiol.* 135: 1928-1938.
- Dicke, M., Van Loon, J.J.A. (2000). Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an evolutionary context. *Entomol. Exp. Appl.* 97: 237-249.
- Dudareva, N., Pichersky, E., Gershenzone, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiol.* 135:1893-1902.
- James, D.G. (2003). Field evaluation of herbivore-induced volatiles as attractants for beneficial insects: methyl salicylate and the green lacewing, *Chrysopa nigricornis*. *J. Chem. Ecol.* 29:1601-1609.

- Mercke, P., Kappers, I.F., Verstappen, F.W.A., Vorst, O., Dicke, M., Bouwmeester, H.J. (2004). Combined transcript and metabolite analysis reveals genes involved in spider mite induced volatile formation in cucumber plants. *Plant Physiol.* 135: 2012-2024.
- Vancanneyt, G., Sanz, C., Farmaki, T., Paneque, M., Ortego, F., Castanera, P., Sanchez-Serrano, J.J. (2001). Hydroperoxide lyase depletion in transgenic potato plants leads to an increase in aphid performance. *PNSA.* 98: 8139-8144.
- War, AR., Sharma, H. C., Paulraj, M. G., Mohd Yousf War, M.Y., Ignacimuthu S. (2011). Herbivore induced plant volatiles: Their role in plant defense for pest management. *Plant Signal Behav.* 6:1973-1978.