

מחקר משותף בחסות ארגון המזון והחקלאות (FAO) והסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית (IAEA)

בחינת יישום בו זמני של שיטת הכחדת זכרים יחד עם שיטת זכרים מעוקרים להדברת זבובי פירות מה- Dacine

Assessment of Simultaneous Application of SIT and MAT to Enhance Dacine Fruit Fly Management

פגישת חוקרים ראשונה - 15-19.7.2019 - וינה, אוסטריה

דו"ח נסיעה מאת:

ד"ר יואב גזית - מנהל

המכון להדברה ביולוגית, ענף ההדרים, מועצת הצמחים

חלק ראשון - תכנית העבודה.

שבט ה-Dacini. שבט של זבובי פירות בו נמנים מספר זבובים בעלי חשיבות כלכלית רבה מאוד ביניהם זבוב האפרסק (*Bactrocera zonata*), מיודעינו. אצל חלק מהמינים בקבוצה, הזכרים נמשכים לחומרי משיכה ידועים כמו מתיל יוגנול (ME) שהוא חומר שכיח בעולם הצמח, נמצא בעלווה, בשורשים בגבעולים ובפירות של המון צמחים כמו בזיל ושומר. ME מושך זכרים של זבוב האפרסק ושל זבוב הפירות המזרחי (the oriental fruit fly). החומר קיו-לור (Q-lure) מושך זכרים של זבוב הפירות של קווינסלנד (Queensland fruit fly) וגם הוא מצוי בכמה צמחים כמו צמחים מהסוג פתל. משיכת הזכרים לחומרים אלו כל כך חזקה שעל בסיסה פותחה "שיטה להכחדת זכרים" או באנגלית – Male Annihilation Technique או בקיצור – **MAT**. בשיטה זו תולים בשטח בקבוקים עם מים ומעט חומר משיכה (זה אופן היישום בארץ) או שמפזרים פיתיונות של החומר משולב עם חומר הדברה. הרעיון הוא שהזכרים שנמשכים נקטלים והנקבות נשארות לא מופרות. הצלחת השיטה תלויה בגודל האוכלוסייה ההתחלתי ובמידת הגירת זכרים מחוץ לשטח המטופל. כנראה שבמקומות מבודדים (באיים, למשל) או כשרמת האוכלוסייה מאוד נמוכה, ההצלחה רבה יותר. במקביל, בכמה מעבדות בעולם מפתחים את שיטת החרקים המעוקרים (**SIT** - Sterile Insect Technique). אולם בשונה משיטת ה-SIT נגד זבוב הפירות הים תיכוני שנחקרת ומתפתחת באופן נמרץ כבר כמה עשרות שנים, ה-SIT נגד הזבובים משבט ה-Dacini הרבה פחות מפותח מרוב הבחינות ונראה שסיכויי ההצלחה שלו נמוכים אם ישתמשו בו כאמצעי בלעדי.

לשם כך התכנסנו. לכאורה, שתי השיטות SIT ו-MAT סותרות זו את זו: האחת מתבססת על הצפת השטח בזכרים מעוקרים שימצאו ויזדווגו עם הנקבות הפוריות ויגרמו להן להטיל ביצים עקרות והשנייה, משמידה את כל הזכרים באשר הם (גם אם הם מעוקרים). אבל החקלאות העולמית מצמצמת את השימוש בחומרי הדברה ודוחפת לאמץ שיטות הדברה עם פחות השלכות סביבתיות כמו שתי השיטות הללו. הרעיון של המחקר הנוכחי הוא לבחון האם ניתן למצוא דרך לשלב בין שתי השיטות באופן שיגביר את יעילותן ואת סיכויי ההצלחה בהדברת הזבובים. למשל, האם ניתן להפחית את

המשיכה של הזבובים המעוקרים לחומר המשיכה כך שלא ייפגעו משיטת ה-MAT? או האם יש דרך לשפר את כושרם המיני (אונם) של הזבובים המעוקרים כדי להגביר את הסיכוי שהנקבות תבחרנה להזדווג עמם? לשאלות הללו נלוות שאלות קטנות יותר כמו מה בכלל שיעור האוכלוסייה שמגיבה לחומרי המשיכה? האם זכרים שנחשפו פעם אחת לחומר ימשכו אליו פחות בעתיד? האם הזבובים חייבים לאכול את החומר או שדי בחשיפה לריח (ארומה) שלו? האם הקרנת הזבובים בתהליך העיקור משפיעה על משיכתם לחומר? סביב שאלות אלה הוקמה קבוצה של 21 חוקרים מ-16 מדינות: אוסטרליה, ארה"ב, בנגלדש, ברזיל, דרום אפריקה, הודו, וייטנאם, ישראל, מאוריציוס, מלזיה, ניו-זילנד, סין, צ'כיה, צרפת, קניה ותאילנד. קבוצה זו תחקור את השאלות הנ"ל על שבעה זבובים מה-Dacini, בנוסף לקבוצה חברו שישה משקיפים מהם שניים מהארץ: ד"ר דוד נסטל (וולקני) וד"ר גל יעקובי (ביובי).

ההרצאה שלי. המפגש היה עמוס, כל יום התחיל בשעה 08:30 והסתיים בשעה 17:00 כשביום שישי עבדנו "רק" עד 14:30. ביומיים הראשונים הציגו כל חברי הקבוצה את התוכניות שלהם למחקר ואת עבודתם. לכל אחד נתנה חצי שעה להרצות כולל זמן לשאלות. כיון שמדובר במפגש הראשון של התחלת הפרויקט (Kickoff meeting), בחרתי להציג רק את היכולות שלנו בגידול ובעבודה עם זבוב האפרסק ללא תוצאות (עוד אין הרבה, אבל יש כמה מעניינות...). הצגתי את מתקן ההסגר שהועמד לרשותנו בשירותים להגנת הצומח ולביקורת המיועד לגידול זבוב האפרסק; את שיטת הגידול של המושבה ואת גודלה; ניסויים שונים שניתן לבצע בתנאי חדר בכלובים בקנה מידה קטן; כמו בדיקת הרעילות של מספר חומרי הדברה כולל הממצא שלנו אודות אי רעילות המלתיון לזבוב האפרסק, שזכה לפרסום בשנת 2017 בעיתון האמריקאי "Florida Entomologist"; הצגת כלובי הרשת הגדולים שענף ההדרים במועצת הצמחים הקים עבור המחקרים של המכון בחוות המטעים בצריפין, כלובים בהם יש עצי הדר ושמאפשרים לבצע בדיקות בתנאים דמויי פרדס; הצגת היכולות שלנו בניסויים של סימון ולכידה של זבובים מסומנים באבקה פלורוסנטית; וכן הצגתי את היכולת שלנו להקרין גלמים של זבובים במתקן ההקרנה של ביובי.

גזור והדבק. למרות הדמיון הרב שיש בין אחדים ממיני הזבובים, זבובי הפירות אינם בגדר "גזור והדבק". מה שנכון בזבוב אחד, לא בהכרח קיים באחר. למשל, השיטה המבוססת על מתיל יוגנול ומלתיון להנחת זכרים הותאמה לזבוב הפירות המזרחי. החל מגילוי זבוב האפרסק בארץ, הועתקה השיטה ויושמה נגדו. לקח הרבה זמן עד שגילינו שהמלתיון אינו רעיל לזבוב האפרסק. דוגמא נוספת - למרות שיש מחקרים שמראים בצורה ברורה את המסלול הכימי שעובר המתיל יוגנול ומשתלב בתהליך יצירת פרומון המין של זבוב הפירות המזרחי, עדין לוט הערפל על תפקיד החומר בזבובים אחרים שגם נמשכים אליו (למשל זבוב האפרסק). על זבוב הפירות המזרחי מסופר שהוא כל כך להוט אחר המתיל יוגנול שהוא מסוגל לאכול אותו עד שבטנו מתפקעת, לעומתו לא ראינו תגובת אכילה דומה של החומר עם זבוב האפרסק, רחוק מכך, במעבדה נראה שהזבוב נדחה מריכוז גבוה, לפחות בתחילת החשיפה.

חזרות. היו נושאים שחזרו בזבובים שונים בחומרים שונים ועל ידי חוקרים שונים: האם ניתן להפחית את המשיכה לחומרים על ידי חשיפה מקדמת של ה**בוגרים** לריח של החומר (ארומה-תרפיה)? האם האכלת **רימות** במזון מלאכותי שמכיל כמויות קטנות של חומר המשיכה, תביא לקבלת בוגרים שיהיו אדישים יחסית לריח, כלומר שיהיה אפשר לשחרר אותם בשטח בלי חשש שיפגעו משיטת ה-MAT? מה קורה לשילוב של חומר המשיכה עם חומר ההדברה לאורך זמן, כאשר היעילות של אחד המרכיבים פוחתת, האם חשיפת זבובי בר לחומר המשיכה לא מורעל תמנע מהם להימשך בעתיד לפיתיון המורעל ובכך תפחית מיעילות ה-MAT?

ממחוש לבחנין. מספר מעבדות בעולם בודקות השפעה של חומרי משיכה ישירות על מחוש החרק בשיטה שנקראת Electroantennography (EAG) בין אם במחוש מבודד, בין אם במחוש מחובר רק לראש ובין אם במחוש מחובר לחרק החי: מצמידים אלקטרודות למחוש, חושפים אותו לחומרים שונים ובודקים אם ובאיזה רמה המחוש מגיב באות חשמלי (עצבי). באופן זה ניתן לזהות מרכיבים שמעוררים תגובה במחוש – ולאפיין, למשל, את המרכיבים הפעילים מתוך תערובת של חומרים נדיפים מהצמח או לזהות מרכיבים פעילים בתערובת חומרים נדיפים שמשחררים חרקים בשעה שהם

קוראים (calling) לבני/ בנות זוג. מחוש החרק מחובר למכשור אנליטי המיועד לזיהוי והפרדה של חומרים (כמו כרומטוגרפיה גזית) ולמעשה משמש כחיישן ביולוגי לזיהוי חומרים מעוררי תגובה. שיטה זו הצביעה על שורה של חומרים מעוררי תגובה בזבובים שלא הכירו לפני כן. אבל לשיטה לפחות שתי בעיות: (1) תגובה חשמלית של המחוש לא בהכרח מצביעה על משיכה – ייתכן שזו דווקא תגובה אחרת, למשל דחייה. (2) מסתבר שבזבובים (ואולי גם בחרקים אחרים) המחושים אינם איברי החוש הבלעדיים לריחות. לזבובים ליד ובין המחושים יש "גפי פה" שנקראים מקסילה. למקסילה יש איברי חישה שנקראים "בחניני המקסילה" (maxillary palp) ומסתבר שחשיבותם במשיכה המינית עולה על זו של המחושים.

מה בקבוצה ברמת הכותרת. באוסטרליה קבוצה אחת בודקת את השפעת מושכני הזכר על התנהגות הרבייה של כמה מינים של זבובים מהקבוצה. קבוצה שנייה בודקת השפעה של חומר ממקור צמחי (raspberry ketone) על זבוב הפירות של קווינסלנד וקבוצה שלישית בודקת אפשרות ליישם את שיטת הזבובים המעוקרים על זבוב זה; בברזיל בודקים את ההשפעה של חשיפה מוקדמת למתיל יוגנול על התנהגותו המינית ועל משך החיים של זבוב הקרמבולה; בדרום אפריקה, בודקים השלכות סביבתיות ופיסיולוגיות ליישום משולב של SIT ו-MAT נגד זבוב הפירות המזרחי; בהוואי (ארה"ב) בודקים השפעה של חומרים טבעיים קשורים למתיל יוגנול על הגברה או הפחתה של תגובת הזכר של זבוב הפירות המזרחי; בווייטנאם בודקים את ההשפעה של האכלת בוגרים של זבוב פירות הגויאבה במתיל יוגנול; במלזיה קבוצה אחת מנסה לפתח זן של זבוב הפירות המזרחי אדיש למתיל יוגנול ממנו לפתח זבובים מעוקרים שלא יפגעו משיטת ה-MAT ובקבוצה שנייה בודקים אפשרות לשלב בגידול של זבוב הקרמבולה הורמונים מווסתי גדילה של חרקים על מנת לשפר את ההדברה המשולבת של MAT עם SIT; בניו-זילנד אין זבובי פירות אבל יש איום גדול שיחדרו, לכן הם חוקרים בעיקר ברמת מודלים ובודקים יעילות של שילוב SIT ו-MAT להפחתת אוכלוסייה של זבובי פירות; בצ'כיה חוקרים חומרים המצויים הקוטיקולה של הזבוב במטרה ליצור כלים כימו-אקולוגיים להדברת זבובי פירות; באי הצרפתי ראוניון שבאוקיאנוס ההודי עובדים על האקולוגיה של זבובי הפירות שפלושו אליו ועל מידת האלימות ההדדית שלהם. הם מצאו שזבוב האפרסק דחק את זבוב הפירות הים תיכוני ואילו זבוב הפירות המזרחי, שחדר לאי לפני כשנתיים, דחק את זבוב האפרסק. קבוצה נוספת בודקת אפשרות לבצע שם SIT נגד זבוב הפירות המזרחי וקבוצה שלישית מתמקדת החוש הריח של זבובי הפירות ובחומרים צמחיים שונים במטרה למצוא חומרי משיכה חדשים; בקניה בודקים את ההשפעה של חשיפה מוקדמת של זבוב הפירות המזרחי למתיל יוגנול על משיכת הזבוב לחומר בתנאים דמויי שדה; בסין נבדקת השפעת מתיל יוגנול באכילה על אכילה חוזרת ועל התנהגות מינית של זבוב הפירות המזרחי, בהקשר של שימוש בזבובים מעוקרים.

חלק שני - כתיבת דו"ח הפגישה

מעבר לדוח עצמו, כתיבת הדו"ח נועדה ליישר קו בין החוקרים ולמקם כל אחד מהם בצורה מדויקת ויעילה במארג המחקר. לכן לכתיבת הדו"ח הוקדש חלק ניכר מהפגישה. תחילה הועלה קובץ בסיסי של הדו"ח לתיקיה אינטרנטית (Google-Drive) עם הרשאות כניסה לכל החברים ואחר כך כל אחד תיקן וערך בדו"ח תחילה את החלק שלו במחקר ואחר כך גם את שאר חלקי הדו"ח. מלאכת העריכה הסתיימה בצהרי יום שישי כאשר הגרסה האחרונה שלו הועברה אל שלושה דוברי אנגלית להגהה ולעריכה. עריכת הדו"ח תסתיים תוך חודש ואוכל להעביר אותו לכל המעוניין.

בתמונה – חברי קבוצת ה- RCM על רקע הבניין החדש של המחלקה האנטומולוגית של סבא"א בסייברסדורף



חלק שלישי - סיור במעבדת סבא"א

ירוק מקנאה. המעבדות של סבא"א נמצאות סמוך לעירה Seibersdorf המרוחקת כ-30 ק"מ מוינה (כשעה נסיעה ממרכז ווינה). לפני כחמש שנים התארחתי שם במשך שבוע, בדגש על המחקר בטיפולים אחר קטיף (ראה דו"ח מאוקטובר 2014). במתחם מגוון מחלקות כשלמחלקה לאנטומולוגיה יש מספר מעבדות (ביניהן המעבדה לזבובי פירות). בסייברסדורף מגדלים את החרקים הקשורים לפרויקטים שסבא"א מעורבת בהם כשחלק גדול קשור לשיטת החרקים המעוקרים. מחוץ למספר רב של מינים של זבובי הפירות, הם מגדלים יתושים וזבובי צה-צה (Tsetse) למחקר ב SIT, דרוזופילה סוזוקי (מין מאיים של זבוב תסיסה שתוקף פירות בשלים) וכן יש שם מחלקה שלמה למחקר גנטי ולמחקר מיקרוביאלי על חרקים. בחודש הבא המעבדה תעבור למבנה דו קומתי חדש המרוחק כ-200 מטר מהישן, זהו מבנה מרשים ביותר (ומעורר קנאה...) שנבנה מהמסד ועד הטפחות באופן ייעודי לגידול ולמחקר על חרקים. כל דבר נלקח שם בחשבון כולל לקחים מהמבנה הוותיק. הדלתות האטומות במסדרונות, בכניסות הכפולות ובין החדרים למניעת בריחה של חרקים, ההפרדה המוחלטת בין מדורי המחלקה, התאורה מבוקרת, האקלים בכל חדר מבוקר. בקומת הקרקע יש אולם להקרנת החרקים עם קירות מעובים בהתאם ועם מתקן גמא (עדין בניילונים) עם קובלט-60 לנפח הקרנה של 15 ליטר (דומה ל- GammaCell2000) ויהיה בו גם מאיץ אלקטרונים לקרינת בטא. בנוסף, בבניין שני אולמות רחבי ידיים לבדיקת התנהגות חרקים בכלובים גדולים.



למעלה, מימין כלוב גידול לזבובי צה-צה, מידי כמה זמן מניחים את הכלוב על צדו על גבי ממברנת סיליקון שמתחתה יש דם של בעלי חיים (מבית מטבחים, דם שעבר חיטוי בהקרנה) והזבובים ניזונים מהדם מבעד לרשת הכלוב. באמצע, כלוב גידול ליתוש "הנמר האסיאתי" עליו מונח שרוול של דם להאכלת הנקבות, משמאל זבוב האפרסק עם בטן וורודה-כתומה כתוצאה מאבקת הגור שמוספת למזון הזחלים.

למטה, אחד משני האולמות הייעודיים לניסויי התנהגות בכלובי רשת גדולים. ניתן להכניס לאולם זה 10 כלובים בשתי שורות ולאולם הנפרד שלידו 8 כלובים. רצפת האולם מכוסה בשכבה של חצץ גס, האקלים בו מבוקר, התאורה נשלטת לגמרי כשבנוסף יש חלונות בתקרה (אור יום חיצוני) שניתן להצל אותם לגמרי. מהתקרה משתלשטים כבלי תקשורת שמאפשרים להכניס לכל כלוב יחידות מדידה שונות.



חלק רביעי - שיחות שת"פ עם עמיתים

ד"ר לואיס וניצ'קובה (אוניברסיטת מנדל, ברנו, צ'כיה) – המעבדה של לואיס מבצעת בדיקות אנליטיות של חומרים שמיוצרים בקוטיקולה שעל פני גוף החרקים. בשיחה עניינתי אותה באפשרות לשת"פ על מחקר אנליטי בזבוב הפירות הים תיכוני (כמודל). בקרוב היא תשלח לי פרוטוקול לניסוי ראשוני שאני מקווה שיצליח ושיסלול דרך למחקר מעניין שיצא לפועל.

ד"ר וינסנט ג'קוב (CIRAD – מכון המחקר החקלאי הצרפתי בראוניון, צרפת) – וינסנט הוא נירו-ביולוג שעוסק באלקטרו-אנטנוגרמה בזבובי פירות. עניינתי אותו בפיתוח מבחן ביולוגי למשיכת זבובי פירות תוך כדי תעופה ואני מקווה שמעבר לשיחה פוריה נעלה את הרעיון פסים של מחקר מעניין כשבכל מקרה במחקר יתבצע במעבדה המצויידת שלו.

נושיין פטל (דוקטורנטית, במשרד החקלאות, רדוווט, מאוריציוס) – במאוריציוס נמצא הפרויקט הגדול ביותר של זבובים מעוקרים נגד זבוב האפרסק. יש להם הרבה ידע טכני של הגידול עצמו ושל המחקר על התנהגות הרבייה שלו. נושיין תוכל לסייע לי ביצירת פרוטוקול למבחן הזדווגות לזבוב שידרוש מאתנו להגיע למעבדה בשעות הערב ולעשות את המבחן מצויידים בפנסי לד... אני שוקל לנסות זאת פעם פעמיים ולו רק כדי לראות אם התוצאות מצדיקות.

פגישת הפורום הבאה

בעוד קצת פחות משנה וחצי, בסין.