



פיתוח פרוטוקולים יעילים לניטור ולהדברת נמלת האש הקטנה במטעי אבוקדו ובננות מאי-אוקטובר 2024

גלעד בן צבי¹, נמרוד אבן², כרמית ארד-סופר⁴, יונתן מעוז³, יעל הזה⁴, אורטל בחשיאן²,
עדי רמות¹, אור קומאי¹, ויערה ארזי¹

1 - מאל"י - המעבדה האנטומולוגית לאקולוגיה יישומית, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב

2 - אגף הפירות, שה"מ, משרד החקלאות וביטחון המזון

3 - שולחן אבוקדו

4 - אגף ענפי שירות, שה"מ, משרד החקלאות וביטחון המזון

קרן מחקרי שה"מ, מחקר מס' 12766-23



צילום: עוז ריטנר

נמלת האש הקטנה בעולם ובישראל

נמלת האש הקטנה (*Wasmannia auropunctata*) (תמונה 1) נחשבת לאחד ממאה המינים הפולשים ההרסניים ביותר בעולם (Lowe et al., 2000; Global Invasive Species Database, 2024). הנמלה מפתחת מושבות ענק בנות מאות אלפי פרטים וגורמת לפגיעה קשה מאוד באיכות החיים של בני האדם ובמערכות אקולוגיות באזורי הפלישה.



תמונה 1: פועלת נמלת האש הקטנה [צילום: עוז ריטנר]

זהו מין חובב לחות, שמקורו באמריקה הטרופית. נמלת האש הקטנה מקננת ומשחרת למזון בקרקע וכן על עצים ושיחים, שעליהם היא יכולה להתקיים בלי לרדת לקרקע. היא אינה בונה קן אלא מנצלת חורים קטנים וסדקים או את החלל שמתחת לעלים, לעציצים ולאבנים. מושבה אחת יכולה לכלול עשרות מלכות (וידן ורנן, 2018).

האוכלוסיות הפולשות של נמלת האש הקטנה מפתחות מנגנון רבייה ייחודי, המוביל לזהות גנטית מוחלטת בין מלכה לבין צאצאיותיה המלכות (Fournier et al., 2005), וכך אין תחרות בין המושבות שהן מקימות, ונוצרת 'מושבת על'. נמלים אלה אינן עורכות מעוף כלולות, והווקטור של התפשטותן הוא שינוע חומר גנטי וחקלאי נגוע (וידן ורנן, 2018).

מקור הנמלה הוא בדרום אמריקה, אך עד היום פלשה לעשרות מדינות בעולם: תחילה בעיקר לאיים באוקיינוס השקט ולאפריקה, אך היום גם לצפון אמריקה, לאוסטרליה, לאירופה ולאסיה (Wetterer, 2013; Espadaler et al., 2018; Global Biodiversity Information Facility, 2022; Montgomery et al., 2022). בישראל התגלתה הנמלה בשנת 2005 בעמק הירדן (Vonshak et al., 2010), וכיום ידועים למעלה מ-700 אתרים שאליהם פלשה בכל רחבי הארץ, כולל באזורים מדבריים (בן צבי וחוברין, 2024). ככל הידוע עד כה, כל האוכלוסיות בישראל זהות גנטית (כרמל הרולד, מידע בעל פה), כך שאין ביניהן תחרות ואין אינטראקציות אגרסיביות. מלבד יישובים רבים, הנמלה התפשטה גם לשמורות טבע ולשטחים פתוחים, שיש בהם גופי מים

טבעיים, וכן לשטחים חקלאיים המושקים כל השנה, כגון מטעים (תמונה 2). ברור שללא נקיטת צעדים מעשיים משמעותיים, תוך שנים אחדות צפויים כל שטחי המטעים בישראל להיות נגועים (רנן וחובריו, 2018; וידן ורנן, 2018). לפי הערכות המשרד להגנת הסביבה, צפויה מדינת ישראל להפסיד מעל 1.2 מיליארד ש"ח מדי שנה בעשור בשל נזקי הנמלה ביישובים, בחקלאות ובתיירות (צבן וקוטינסקי, 2013).



תמונה 2: מטע בננה הנגוע בנמלת האש הקטנה [צילום: כרמית סופר-ארד]

הנזק של נמלת האש הקטנה לחקלאות

הפגיעה הפוטנציאלית של הנמלה בחקלאות מתרחשת בשלושה אופנים שונים:

א. נזק לגידול: הנמלה ידועה ממקומות אחרים שפלשה אליהם כמטפחת כנימות המזיקות לגידולים חקלאיים. עד היום נחקרו בעיקר גידולים טרופיים, כגון טארו, יאם וקסאבה, אבל גם בטטה (Fasi et al., 2013). בישראל לא נערך עדיין מחקר על התופעה, אך תצפיות ראשוניות (כרמית סופר-ארד, מידע בעל פה) מעידות על קיום אינטראקציות בין נמלת האש לכנימות במתארים חקלאיים ואחרים.

ב. פגיעה בעובדים החקלאיים: הפגיעה הקשה ביותר היא הפגיעה ביכולת לבצע עבודות אגרוטכניות בשטח, בעיקר במטעים: עקיצות הנמלים, הנושרות לעתים קרובות מהעצים על העובדים החקלאיים בשטחי הגידול, הובילו להפסקת עבודות אלו בשטחים רבים במדינות שונות שאליהן פלשה הנמלה (Fasi et al., 2015; Vanderwoude et al., 2016). בישראל הפגיעה הולכת ומתרחבת עם התפשטות הנמלה. לא ידוע לנו על מגננון שמתעד זאת בצורה מסודרת, אך התלונות המגיעות אלינו (כרמית סופר ארד, מידע בעל פה) הולכות ומתרבות.

ג. פגיעה פוטנציאלית בשיווק התוצרת: יש כמה מדינות ברחבי העולם השוקלות לאסור יבוא של תוצרת חקלאית ממדינות ומאיים הנגועים בנמלת האש הקטנה, ומספרן אף צפוי לגדול בעתיד (Vanderwoude et al., 2021; Montgomery et al., 2022).

ידועים מקרים מעטים בלבד של הצלחה בהדברה עד כדי ביעור מוחלט של הנמלה באתר נגוע בישראל, ובכל המקרים הללו האתר היה בראשיתה של הפלישה והנגיעות הייתה נמוכה בלבד. גם באתרים נגועים במידה רבה תועדה הצלחה בהפחתה משמעותית של כמות הנמלים, אך משך הזמן עד התרבותה המחודשת תלוי בתכשיר, בפרוטוקול ובתנאי השטח (בן צבי וחובריו, 2020). עד היום, 20 שנה לאחר התגלותה בישראל, אין עדיין פתרון הדברתי המניח את הדעת, למרות שבשנים האחרונות חלה התקדמות רבה בבחינת התכשירים וביעול הפרוטוקולים (בן צבי וחובריו, 2020; אלרון וחובריה, 2021). עיקר המחקרים נערכו בשטחי גינון, במשתלות ובשטחים טבעיים אקוויים (בן צבי וחובריו, 2021; 2022; 2022; ויינברג ופדרמן, 2021), אבל במתארים חקלאיים לא נערכו, למיטב ידיעתנו, מחקרים הדברתיים, והחקלאים טיפלו בבעיה על פי תפיסתם. עם זאת, במספר מדינות בעולם (ובראשן הוואי) נצבר ניסיון רב בטיפול בפלישת נמלת האש הקטנה, והיא אף מוגרה בהצלחה מלאה בשטחים מסוימים. מסקירת פרוטוקולים של הדברה שזכו להצלחה בעולם, מסתמן שבמקומות שונים הצליחו לשפר את יעילות הטיפול לאורך זמן ולהקטין את יכולת הנמלה לפתח עמידות באמצעות יישומם של תכשירים המכילים חומרים פעילים שונים או שילוב של חומרים עם מנגנוני פעולה שונים (Causton et al., 2005; Vanderwoude et al., 2010; 2015).

מטרות המחקר:

- א. בחינת פרוטוקולים של הדברה, כולל תכשירים שונים מהארץ ומהעולם, שהוכיחו יעילות גבוהה במתארים אחרים.
- ב. בניית פרוטוקול ניטור והדברה יעיל להתמודדות עם נמלת האש הקטנה בשטחי בננות ואבוקדו נגועים.
- ג. בחינת השפעת הטיפולים היעילים על אוכלוסיות פרוקי רגליים במטעים.

שיטות

מערך הניסוי – אתרים, חזרות וטיפולים:

הניסוי נערך בשני מטעי בננה (שניהם בגבע כרמל) ובשני מטעי אבוקדו (בעין כרמל ובבית זרע), שהיו ברמת נגיעות גבוהה בנמלת האש הקטנה לפני תחילת הניסוי. בכל מטע נבחרו 4 חלקות נגועות, וכל חלקה כזו שימשה כחזרה לכל הטיפולים (איור 3). בכל חלקת ניסוי (חזרה) באבוקדו היה סט של 18 שורות, כשבכל שלוש שורות יושם טיפול אחר. בכל חלקת ניסוי בבננות היה סט של 12 שורות, כשבכל 2 שורות יושם טיפול אחר. כל חזרה של טיפול בוצעה בשטח של 0.6-1 דונם בבננות, ו-1.5-2 דונם באבוקדו.



איור 3: חלקות המחקר במטעי האבוקדו בעין כרמל (למעלה) ובבית זרע (שני מלמעלה);
ובמטעי הבננה בגבע כרמל - בדרום-מזרח (שלישי מלמעלה) ובצפון-מערב (למטה)

בניסוי נבחנו 6 טיפולים, כאשר טיפול 2 חולק לשתי שיטות יישום:

1. ביקורת – נגוע ולא מטופל
2. פיתיון גרגרי מבוסס פיפרוניל (וולקנו, 0.05% פיפרוניל וחומר אינרטי, דורקי) – הטיפול התברואתי המקובל. חסרונות: טיפול קרקעי בלבד; רגיש ללחות; יקר יחסית. יתרונות: סלקטיבי; אמור להגיע לכל הקסטות במושבה, כולל מלכה וולד. הפיזור נעשה בשתי שיטות: בשני שלישים מהשטח בוצע פיזור במקבצים של 50 גרם לכל עץ (בממוצע 2000 גרם לדונם), ובשליש הנותר בוצע יישום באמצעות תחנות האכלה (16 גרם לתחנה), שהונחו כל שני עצים (בממוצע 500 גרם לדונם, תמונות 5-4). החסרונות של תחנות ההאכלה: טיפול יקר יותר; דורש עבודה מרובה בהנחה הראשונית; מפוזר על פני פחות נקודות בשטח; עלול להיפגע מחיות בר או מעבודות חקלאיות לא זהירות. היתרונות: סלקטיביות מקסימלית – אין זליגה של החומר למינים שאינם מיני המטרה או לקרקע; אין פגיעה בחומר על ידי לחות או קרינה ישירה, כך שהוא זמין במשך זמן רב יותר.
3. תרכיז רחיק מבוסס פירתרואיד עם חומר אינרטי המיושם בריסוס (רעם, 10% ביפנטרין, RPC, 40 ל"ד' בריכוז של 0.96% ביפנטרין). חסרונות: לא סלקטיבי; מיושם על הקרקע ובתחתית הגזעים בלבד, כדי שלא יגיע לפרי; אפשרי לשימוש רק במטעים עם שמלת עץ גבוהה (תמונה 6). יתרונות: זול; יעיל ברמת הפועלות; ייתכן שמגיע ישירות אל תוך הקן בריסוס. תרכיז זה יושם בשטחי האבוקדו באמצעות מוט משכיב, ובשטחי הבננה באמצעות מרסס גב.
4. פתיון ג'ל מבוסס מג"ח בריסוס (טנגו, 4.9% S-methoprene וחומר אינרטי, רימי, 1 ל"ד' בריכוז 0.25% S-methoprene). יושם בריסוס סלקטיבי בענף אחד בכל עץ או בית ובקרקע הסמוכה אליהם. חסרונות: השפעה איטית; השקעת עבודה מרובה ביישום (תמונה 7). יתרונות: פיזור על הקרקע והעצים; אין רגישות ללחות; סלקטיבי; אמור להגיע לכל הקסטות במושבה.
5. תרחיק קפסולות מבוסס זרחן אורגני, המיושם בריסוס (ספקטרום, כלורפיריפוס בריכוז 250 גרם לליטר, אדמה-אגן, 40 ל"ד' בריכוז 0.25% כלורפיריפוס). חסרונות: לא סלקטיבי; לא ברור עד כמה משפיע על כל הקסטות במושבה; מיושם על הקרקע ועל תחתית הגזעים בלבד, כדי שלא יגיע לפרי; מוגבל לשני יישומים בעונה מקסימום. יתרונות: זול; יעילות מוכחת ברמת הפועלות. בגידול אבוקדו יושם באמצעות מוט משכיב, ובגידול בננה – באמצעות מרסס גב.
6. שילוב של טיפולים 4 ו-5 – יישום של טנגו וכעבור 10 ימים יישום של ספקטרום במינונים המפורטים בטיפולים 4 ו-5. חסרונות: יישום רב-שלבי. יתרונות: טיפול בכל הקסטות בקן; השפעה לטווח הקצר ולטווח הארוך במשולב.



תמונה 4: יישום "וולקנו" בתחנות האכלה



תמונה 5: תחנת האכלה עם "וולקנו" על צינור טפטפת



תמונה 6: ריסוס "רעם" במרסס גב



תמונה 7: הכנת "טנגו"

מועדי היישום

היו עד 5 סבבי יישום בכל מטע, והטיפולים השונים בוצעו במשך 1-4 סבבים, על פי מגבלות הטיפול שפורטו לעיל ועל פי נתוני הנגיעות שהתקבלו בניטור. כך למשל, התכשיר רעם יושם בבננות פעם אחת בלבד, משום שבניטור שלאחר היישום הראשון לא הייתה נגיעות כלל. חשוב לציין שבשל עיכוב בהשגת היתר לניסוי, ה'רעם' יושם רק החל מספטמבר 2024, בעוד ששאר התכשירים יושמו מיוני 2024 ואילך.

טבלה 1: מועדי היישומים של התכשירים השונים במטעי אבוקדו ובננות

אתר סבב	אבוקדו עין כרמל	אבוקדו בית זרע	בננה גבע כרמל דרום-מזרח	בננה גבע כרמל דרום-מערב
סבב 1 - וולקנו	5.6	26.6	5.6	4.7
סבב 1 - טנגו	5.6	27.6	5.6	10.7
סבב 1 - ספקטרום	17.6	12.7	19.6	24.7
סבב 2 - וולקנו	4.7	1.8	4.7	15.8
סבב 2 - טנגו	10.7	5.8	10.7	18.8
סבב 2 - ספקטרום	18.7	15.8	22.7	3.9
סבב 3 - וולקנו	15.8	8.9	15.8	8.9
סבב 4 - וולקנו	8.9	-	8.9	-
סבב 1 - רעם	17.9	22.9	18.9	18.9
סבב 2 - רעם	23.10	22.10	-	-

פרוטוקול הניטור ומועדיו

הניטור נערך רק בשורה המרכזית מבין שלוש השורות באבוקדו, או בצדדים הפונים לעבר השורה השנייה בשתי השורות בבננות, כדי להפחית אפקט שוליים. בכל ניטור הנחנו 15 פיתיונות במבה (תמונה 8) לאורך השורה במרחקים של 5 מטרים, בצמוד לצינורות הטפטפת, אך במקומות לא רטובים, ולצדם הצבנו דגלים לצורך סימון הפיתיון (תמונה 9), שנאספו לאחר כ-45 דקות. נבחנו נוכחות קטגוריאלית של נמלת האש על הפיתיון (0=אין / 1=בודדות / 2=עשרות / 3=מאות).

הניטורים נערכו במועדים שלהלן:

- בזמן 0, כלומר לפני היישום הראשון
- שבוע לאחר סבב היישום הראשון
- 3-4 שבועות אחרי כל אחד מ-5 סבבי היישום (ולפני הסבב הבא)



תמונה 8: פיתיון במבה הצמוד לטפטפת ועליו עשרות פועלות של נמלת האש



תמונה 9: פיתיון במבה המסומן בדגל

ניתוח סטטיסטי

באמצעות Generalized linear mixed models (אחד לבננה ואחד לאבוקדו) נותחו ההשפעות של הטיפול, מספר היישומים, הזמן שעבר מאז היישום האחרון, האתר, החלקה והעונה - על המספר הקטגורי של הפועלות הנמצאות על הפיתיון.

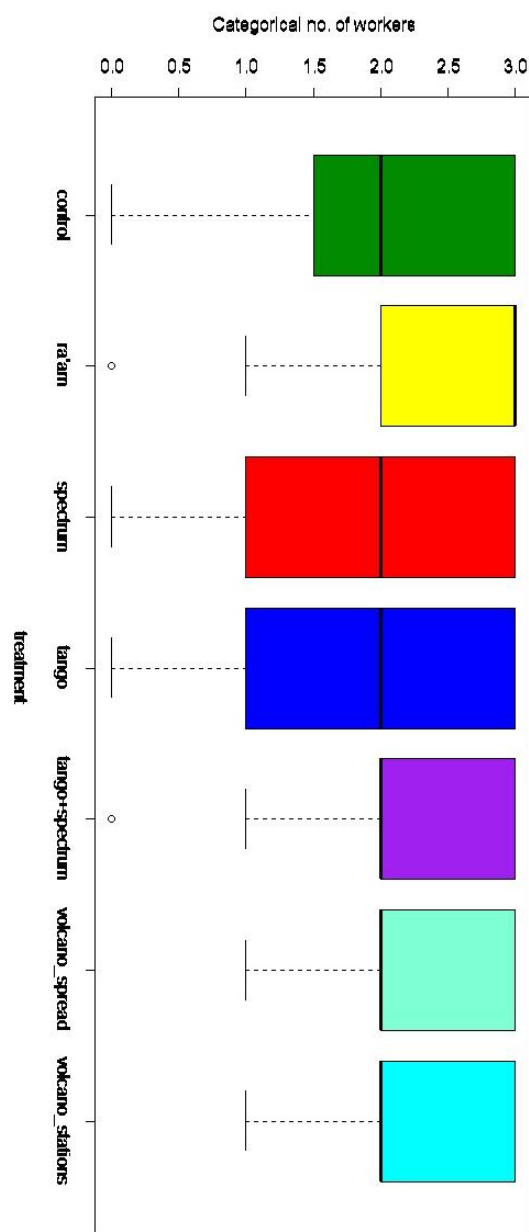
המשך הניסוי

לניסוי יהיו שני שלבי המשך נוספים באביב 2025, עם תחילת עונת הפעילות של נמלת האש:
 א. ניטור נוסף של כל החלקות, כדי לבחון השפעות ארוכות טווח של כל טיפול.
 ב. דיגום בשיטת ההכאה (Beating) במימון רט"ג. דיגום זה נועד לבחון שני היבטים נוספים: נוכחות נמלי אש על העצים, והשפעת הטיפולים השונים על חברת החרקים הארבוריאליים (שוכני העצים). בכל דגימה נדגום 10 ענפים מ-5 עצים סמוכים. בכל חזרה נדגום 2 דגימות, כך שיהיו 8 דגימות בכל טיפול בכל מטע, ובסך הכול

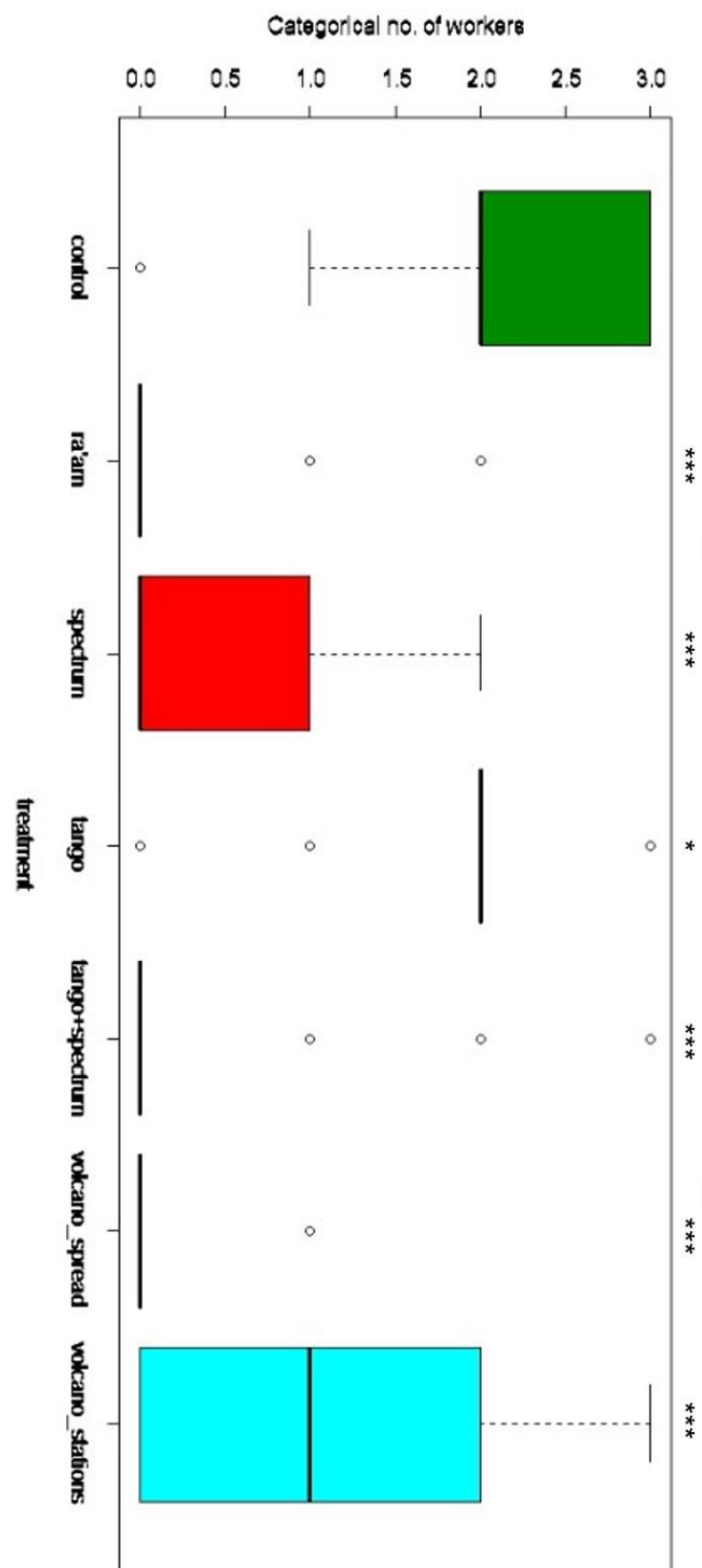
יתקבלו 192 דגימות. החרקים שייאספו ימוינו לרמת ה-morphospecies וינותחו סטטיסטית למספרי נמלי האש ולמדדים שונים, כמו שפע, עושר מינים ומגוון.

תוצאות

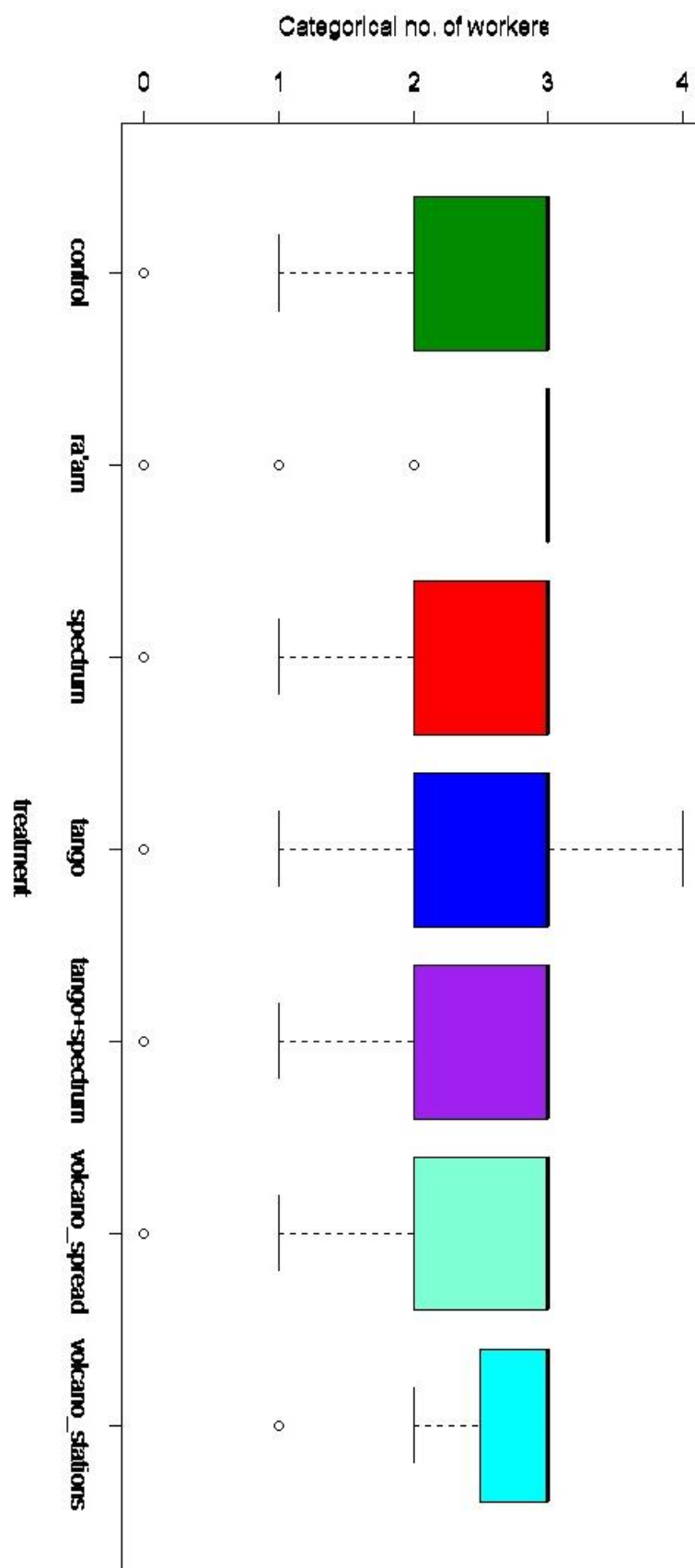
איורים 10-11 מציגים את התוצאות באבוקדו בניטור זמן 0 ובניטור האחרון, בחלוקה לטיפולים השונים. איורים 12-13 מציגים את אותן תוצאות בבננה. איור 14 מציג את תוצאות כל הניטורים בפילוח לפי מטעים, טיפולים ויישומים.



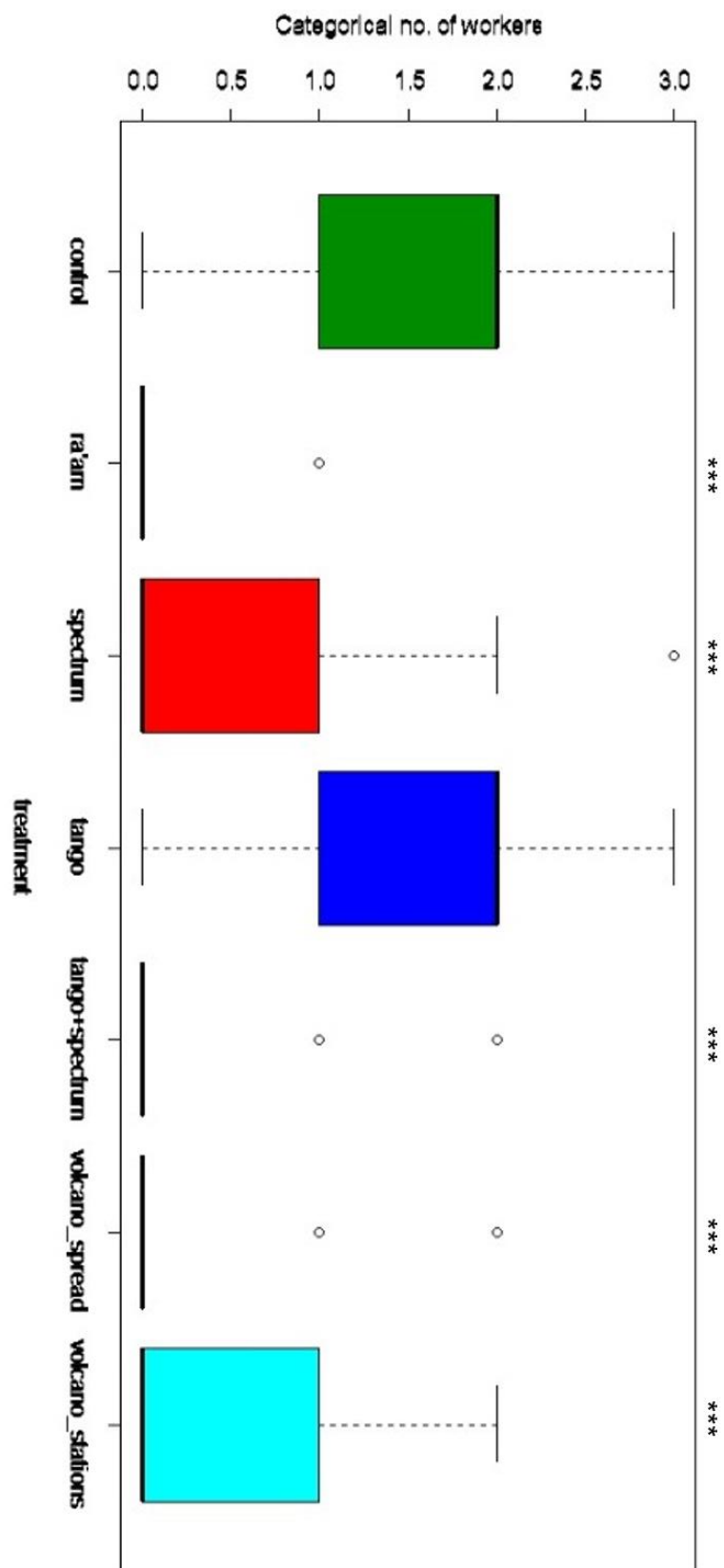
איור 10: תוצאות ניטור זמן 0 באבוקדו. הקו האופקי העבה הוא החציון. המלבן הצבעוני הוא טווח התוצאות שבין הרבעון הראשון לרבעון השלישי. הקו האנכי מייצג את כל טווח התוצאות, למעט תוצאות חריגות (outliers) המסומנות כנקודות. הצבעים השונים מתארים את כמות היישומים של התכשיר שבוצעו עד הניטור הרלוונטי. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים.



איור 11: תוצאות הניטור האחרון באבוקדו. לפרטי מקרא הדיאגרמה - ראה כתובית באיור 10.
 מובהקות: * $p < 0.05$; *** $p < 0.001$



איור 12: תוצאות ניטור זמן 0 בבננה. לפרטי מקרא הדיאגרמה - ראה כתובית באיור 10.



איור 13: תוצאות הניסוי האחרון בבגנה. לפרטי מקרא הדיאגרמה - ראה כתובית באיור 10.
 מובהקות: *** $p < 0.001$

התוצאות מראות שההבדלים בין הטיפולים לפני היישום הראשון היו קטנים יחסית (איורים 10 ו-12) ושכל הטיפולים הראו יעילות מובהקת בהורדת הנגיעות ביחס לביקורת, הן באבוקדו והן בבננה (איורים 11 ו-13). עם זאת, היו ביניהם הבדלים מובהקים ביעילות: הוולקנו בפיזור הראה את הנגיעות הנמוכה ביותר ביחס לביקורת ($z=-8.463$, $p<2e^{-16}$), אחריו הרעם ($z=-8.154$, $p<2e^{-16}$), אחריו הטנגו+ספקטרום ($z=-7.833$, $p=8.63e^{-15}$), אחריהם הספקטרום ($z=-7.357$, $p=3.79e^{-13}$), אחר כך הוולקנו בתחנות ($z=-6.922$, $p=4.46e^{-12}$), ולבסוף הטנגו בלבד ($z=-2.14$, $p=0.03239$).

הנגיעות עלתה, ככל שעברו יותר ימים בין היישום האחרון לבין הניטור ($z=-3.97$, $p=7.2e^{-05}$). עם זאת, טיפולים שונים הראו מידת עלייה שונה ביחס לביקורת (שלא הראתה בדרך כלל עלייה בנגיעות, כי לא היה בה יישום). להלן ההדרגתיות בעלייה מהגדולה ביותר ועד המעטה ביותר, לפי הסדר: העלייה הגדולה ביותר הייתה בוולקנו בפיזור ($z=8.623$, $p<2e^{-16}$), אחר כך בוולקנו בתחנות ($z=7.713$, $p=1.23e^{-14}$), בספקטרום ($z=3.093$, $p=0.001985$), ברעם ($z=2.608$, $p=0.009106$), בטנגו ($z=2.295$, $p=0.021741$), והעלייה הנמוכה ביותר הייתה בטנגו+ספקטרום ($z=1.671$, $p=0.094673$). מידת עלייה נמוכה בנגיעות ביחס לביקורת מצביעה על עמידות גבוהה של ההשפעה (טנגו+ספקטרום, רעם, ספקטרום) או לחלופין, על מיעוט השפעה של היישום עצמו (טנגו).

באופן צפוי, הנגיעות ירדה ביחס לביקורת ככל שהיו יותר סבבים של יישום ($z=-3.647$, $p=0.000265$), אך האפקט של כל סבב יישום ביחס לביקורת היה שונה במובהק בין חלק מהטיפולים: הירידה הדרמטית ביותר עבור סבב יישום הייתה בטנגו+ספקטרום ($z=-12.104$, $p<2e^{-16}$), אחר כך בספקטרום ($z=-9.659$, $p<2e^{-16}$), אחר כך בוולקנו בפיזור ($z=-5.568$, $p=2.58e^{-08}$), אחריהם ברעם ($z=-3.077$, $p=0.00209$), בוולקנו בתחנות ($z=-2.103$, $p=0.035496$), ולבסוף בטנגו ($z=-1.768$, $p=0.077089$). ירידה גדולה בכל סבב יישום (טנגו+ספקטרום, ספקטרום, וולקנו פיזור) מעידה על יעילות גבוהה. לעומת זאת, ירידה ממוצעת קטנה יכולה להעיד על שני דברים הפוכים: יעילות נמוכה של היישום (טנגו, וולקנו בתחנות) או יעילות גבוהה מאוד של היישום הראשון, שאחריה אין שיפור משמעותי (רעם).

השפעה חשובה נוספת הייתה השפעת העונתיות, כך שעד אוגוסט הייתה עלייה בנגיעות ($z=4.804$, $p=1.56e^{-1}$), ומספטמבר החלה ירידה בנגיעות ($z=-10.998$, $p<2e^{-16}$). המגמה הזו ניכרה היטב בנגיעות בחלקות הביקורת (איור 14).

בנוסף, היו כמה חלקות שהראו במהלך הניסוי, בעיקר בניטור זמן 0, נגיעות נמוכה במובהק מחלקות אחרות: חלקה 3 בבית זרע ($z=-2.47$, $p=0.024634$), חלקה 2 בגבע כרמל צפון-מערב ($z=-2.539$, $p=0.018317$), חלקה 1 בגבע כרמל דרום-מזרח ($z=-2.15$, $p=0.03239$) וחלקה 2 בגבע כרמל צפון-מזרח ($z=-2.991$, $p=0.00278$).

מסקנות והמלצות

הטיפולים היעילים ביותר

שלושה טיפולים הראו יעילות גבוהה במיוחד, כלהלן:

א. וולקנו בפיזור הוא הטיפול שהשיג נגיעות נמוכה ביותר, אם כי ההבדל בינו לבין שני הטיפולים היעילים האחרים אינו מובהק. תכשיר זה אמור להגיע לכל הקסטות במושבה, כולל מלכה וולד. יש לו גם יתרונות סביבתיים משמעותיים: הסלקטיביות שלו גבוהה בגלל הפיתיון הממוקד, ויש בו מינון נמוך במיוחד של חומר פעיל. לוולקנו שלושה חסרונות בולטים: 1. יישום קרקעי בלבד, כלומר אין אפשרות לפזר ולטפל בצורה טובה בעצים (אפשר לפזר במידה מוגבלת בפיצולי ענפים). מומלץ לערוך תצפיות על לקיחת התכשיר מהקרקע

לעצים על ידי הפועלות, בכדי להבין אם יישום קרקעי יעיל בהדברת מושבות נמלים ארבוריאליות. 2. התכשיר רגיש ללחות, ולכן נדרש יישום ממוקד באתרים יבשים. 3. היקף העבודה ועלות היישום: נדרשים הרבה סבבי יישום; היישום הוא בפיזור ידני שדורש יחסית הרבה עבודה; ועלות החומרים גבוהה יחסית. ייתכן שכדאי לחסוך עבודה באמצעות פיזור ממוכן, אך יש לקחת בחשבון את בזבז החומר המושם על מצעים לחים. חיסרון סביבתי של הטיפול הוא רעילות החומר הפעיל לדבורים, מה שמחייב זהירות ביישום: אמנם המינון הנמוך של החומר הפעיל והפיתיון הסלקטיבי לנמלים הופכים את פגיעתו הפוטנציאלית של התכשיר בדבורים למוגבלת, אך עדיין מומלץ ליישם בעונות שבהן הכוורות אינן מוצבות בשטח (מחוץ לעונת החנטה). כמו כן, מומלץ לבחון בניסוי את אטרקטיביות התכשיר לדבורי דבש. על אף הסיכון הפוטנציאלי, זהו עדיין הטיפול המומלץ סביבתית מבין שלושת היעילים, כל עוד אין בידינו נתונים לגבי השפעת הטיפולים השונים על חברת פרוקי הרגליים.

על מנת לדייק את הפרוטוקול, יש לבחון יישום כמות קטנה יותר של התכשיר בכל נקודת פיזור, לאור כמויות התכשיר שנותרו בשטח זמן רב לאחר סבבי היישום. יש גם מקום לבחון שילוב של התכשיר עם התכשיר רעם, כדי להפחית את מספר סבבי היישום.

ב. רעם הוא הטיפול שהביא לירידה המהירה ביותר בנגיעות בסבב היישום הראשון, מה שהוביל, להערכתנו, לשיפור משני בלבד ביישום השני, ולכן התוצאה הסופית של הירידה בנגיעות ליישום לא הייתה גבוהה בשימוש בו. עם זאת, במטע שבו היישום הראשון השיג תוצאות פחות טובות (עין כרמל), היישום השני שיפר דרמטית את מצב הנגיעות.

חשוב לסייג מעט את התוצאות ולציין שבשל עיכוב בהשגת היתר לעריכת הניסוי, היישומים של ה'רעם' נערכו לקראת סוף העונה, ומשמעות הדבר היא כי ייתכן שירידת הנגיעות הכללית האופיינית לסתיו שיפרה במעט את התוצאות של הרעם, ובנוסף לא היה מרווח זמן בין היישום האחרון לבין הניטור האחרון, כפי שהיה בטנגו+ספקטרום, למשל.

נדרשת השוואה של יעילות ה'רעם' אל מול תכשירים מבוססי-ביפנטרין, שאין להם חומר אינרטי, כדי לבחון אם יש משיכה של נמלים המייעלת את הקטילה ב'רעם'. ה'רעם' הוא גם הזול ביותר מבין שלושת הטיפולים היעילים שנבחנו בניסוי. חסרונותיו העיקריים הם סביבתיים: הסלקטיביות שלו נמוכה; היציבות שלו מחייבת זהירות ביישום; הוא מרוסס רק על הקרקע ועל תחתית הגזע כדי לא לזלוג לפרי; רעילותו לדבורים מחייבת יישום שלא בעונת החנטה, כדי לא לפגוע בכוורות המוצבות בשטח.

ג. טנגו+ספקטרום: זהו הטיפול שהביא לירידה המהירה ביותר בנגיעות לסבב יישום (תוך הסתייגות - ראה לעיל לגבי ה'רעם'), ושהראה את העלייה המתונה ביותר בנגיעות לאורך זמן בעקבות היישום (גם כאן לא ברור אם הוא יותר מוצלח מה'רעם', כיוון שה'רעם', כאמור לעיל, יושם מאוחר יחסית במהלך הניסוי, ולא בוצע ניטור שנמדדה בו הנגיעות לאחר פרק זמן ארוך מהיישום האחרון).

לטיפול זה יש יתרון פוטנציאלי גדול בהיותו טיפול המשלב יישום ראשוני של פיתיון מבוסס-מג"ח (טנגו) המיועד למלכה ולזולד, ובעקבותיו יישום של קוטל מגע (ספקטרום) הפוגע בפועלות. יש כאן שילוב של השפעה לטווח הקצר ולטווח הארוך. בנוסף, הוא מטפל הן בקרקע (טנגו וספקטרום) והן בנוף העץ (טנגו). לאור היעילות הנמוכה והיעדר השפעה ארוכת-טווח של הטנגו לבדו, היעילות המשופרת של הטיפול המשולב ביחס לספקטרום לבדו מפתיעה. נראה שגם היעילות הנמוכה הנ"ל מוסיפה ליעילות של הספקטרום ויוצרת אפקט סינרגטי. מעניין לבחון את התוצאות ארוכות הטווח באביב 2025 ולראות אם היתרון לעומת הספקטרום לבדו נשאר או אף גדל.

לטיפול זה כמה חסרונות מרכזיים: הכנת הטנגו דורשת עבודה רבה. בנוסף, הספקטרום מבוסס זרחן אורגני, שהסלקטיביות שלו נמוכה, והוא עלול להיפסל לשימוש בשנים הקרובות. מומלץ, לפיכך, לבחון את שילובו של הטנגו עם קוטלי מגע אחרים המיושמים בריסוס, כמו רעם, וכן עם פיתיונות מהירי פעולה כוולקנו.

הטיפולים שגילו פחות יעילות

שלושה טיפולים הראו יעילות פחות גבוהה:

א. ספקטרום: הספקטרום הראה יעילות גבוהה, אך עדיין נמוכה במובהק מזו של שלושת הטיפולים היעילים. היתרון הגדול שלו מתבטא בהיותו זול ליישום וביעילותו הרבה ברמת הפועלות, שכבר הוכחה בטיפולים בעבר. אולם הוא עלול להיאסר לשימוש בשנים הקרובות. בנוסף, הוא מוגבל לשני יישומים בעונה; מיושם רק על הקרקע ובתחתית הגזע; ולא ברור עד כמה הוא לבדו משפיע על הקסטות האחרות במושבה מלבד על הפועלות.

ב. וולקנו בתחנות: היעילות של תחנות ההאכלה עם הוולקנו בהפחתת הנגיעות הייתה גבוהה, אך נמוכה במובהק מזו של הספקטרום, וכמובן מזו של הוולקנו בפיזור. היתרונות של הטיפול ברורים: זו השיטה הסלקטיבית ביותר, עם פגיעה אפסית במינים שאינם מיני המטרה ובלי זליגה של החומר לקרקע. בנוסף התכשיר יכול להישאר פעיל זמן רב בתוך התחנה בהיעדר לחות או קרינה ישירה. עם זאת, מדובר בטיפול הדורש עבודה בהיקף הגדול ביותר ובעלות הגבוהה ביותר, אך בינתיים יעילותו אינה מספיק גבוהה כדי להצדיק זאת. הסיבות לכך יכולות להיות כמות קטנה מדי של התכשיר (בערך פי 5 פחות מאשר בטיפול הוולקנו בפיזור), מספר נקודות פיזור קטן מדי (חצי מנקודות הפיזור בטיפול הוולקנו בפיזור) או אי-לקיחה מספקת של החומר מהתחנות (בגלל סתימת הפתח התחתון של התחנה או מסיבות אחרות). כמו כן, מצאנו שההגנה מפני לחות אינה מובטחת – יש למקם את התחנה במרחק מקסימלי מחור הטפטפת. חשוב לבחון את ההשפעה ארוכת הטווח של הטיפול באביב 2025 ולראות אם היא מוסיפה ליעילות הראשונית שלו ומקנה לו יתרון על פני טיפולים אחרים.

על פי תוצאות הביניים, נראה שהטיפול בעזרת תחנות האכלה עם פיתיון מבוסס-פיפרוניל תקף בשני מקרים:

א. שטח רגיש במיוחד מבחינה סביבתית;

ב. קיים צורך להתחיל את הטיפול בנמלים בתוך עונת החנטה.

ג. טנגו: היעילות של הטנגו לבדו הייתה הנמוכה ביותר מכל היישומים, אם כי עדיין הביאה לירידה מובהקת בנגיעות ביחס לביקורת. בשל אי-הצלחתו יישמנו אותו פעמיים בלבד ואז הפסקנו. היתרונות הפוטנציאליים של הטיפול רבים: מדובר בתכשיר סלקטיבי במיוחד שאפשר ליישמו גם על הקרקע וגם על העצים; הוא פוגע במלכה ובוולד; אינו רגיש ללחות; השימוש בו בהוואי הוכח כמוצלח. כל אלה הביאו אותנו לבחון אותו לראשונה בישראל. החסרונות המרכזיים שלו הם העבודה הרבה המושקעת בהכנת התכשיר ליישום וההשפעה האיטית שלו, וכן הוא אינו פוגע בפועלות. סיבות אלה בשילוב יעילותו הנמוכה שתועדה, מהווים את הבסיס לכך שבשלב זה אין אנו ממליצים על קידומו בטיפול בנמלת האש בפני עצמו. עם זאת, יש לבחון באביב 2025 אם נרשמת השפעה ארוכת טווח שלא זוהתה קודם לכן. בנוסף, הצלחתו הגדולה בשילוב עם ספקטרום דורשת מחשבה על רישומו כחלק מפרוטוקול המשלב כמה תכשירים.

המלצות רישוי ויישום

אנו ממליצים לרשות ברישוי חקלאי את התכשיר "וולקנו". מספר היישומים המומלץ אינו מוגבל, אך נדרש אינטרוול של שלושה-ארבעה שבועות בין יישום ליישום. חשוב להתחיל ביישום רק בסוף עונת ההאבקה, לאחר הוצאת הכוורות מהשטח. מומלץ לפזרו במקבצים בכל עץ או בית (פיזור רגיל עם מדשנת עלול להוביל לאיבוד

חומר רב בשטחים לחים), אך יש לשקול את הפחתת המינונים מ-50 גרם לכל עץ/בית ל-20-30 גרם, לאור הכמות הגדולה של החומר שלא נלקחה.

כמו כן, אנו ממליצים לקדם את הרישוי החקלאי של התכשיר 'רעם'. חשוב שהרישוי יקודם בכפוף לשתי בדיקות נוספות: א. השוואת יעילותו ליעילות תכשירים חקלאיים מבוססי ביפנטרין אחרים, שלא יכולים להיות מושכנים פוטנציאליים של הנמלים; ב. בדיקת השפעתו ארוכת הטווח על חברת פרוקי הרגליים הארבוריאליים. החומר הפעיל יציב, והפיתיון עלול למשוך גם מינים שאינם מיני המטרה, לכן יש חשיבות לבדיקה זו. יש לשקול אם להגביל את כמות היישומים. בכל מקרה, באבוקדו נדרשים כנראה שני יישומים, בעוד שבבננה ייתכן שמספיק יישום אחד. ניתן ליישמו הן במרסס עם מפוח גב והן עם מוט משכיב. היישום חייב להתבצע כך שלא יהיה חשש של הגעת ביפנטרין לפרי: ברגע שיש פרי לקראת הבשלה על העץ, יש ליישם רק על הקרקע ובתחתית הגזע או הגזעול. בעונות שבהן אין פרי במטע או שיש עוד זמן רב עד להבשלתו, ניתן ליישם גם בנוף העץ. כמו כן, יש להימנע מיישום בעונת החנטה, כדי שלא לפגוע בכוורות המוצבות בשטח. מומלץ להתנות את יישום הרעם בניטור שבדק נוכחות נמלת האש או בעדויות ברורות אחרות לנגיעות רחבה שלה.

בנוסף, אנו ממליצים לקדם את הרישוי של הטנגו לקראת ניסויי ההמשך, שבהם הוא ייבדק עם חומרים נוספים. אמנם בניסוי הנוכחי הטנגו נתן תוצאות טובות רק בשילוב עם ספקטרום, שההערכה היא שהוא עתיד לצאת משימוש בשנים הקרובות, אך יש לו פוטנציאל גבוה לשפר את הביצועים של 'רעם' או 'וולקנו'.

המשך המחקר הנוכחי

במחקר הנוכחי צפויים עוד שני שלבים, שיתבצעו באביב 2025:

א. ניטור אחרון של חלקות הניסוי: מטרתו לבחון את משך הזמן שבו נשמרת יעילותם של הטיפוליים השונים - אם מושגת הפחתת נגיעות ארוכת טווח או שיש עלייה מחודשת של הנמלה ונדרש המשך יישומם גם בעונות הבאות.

ב. ניטור חרקים ארבוריאליים (שוכני עצים) בשיטת הביטינג (הכאות על ענפי העץ תוך שימוש במגש שעליו נופלים פרוקי רגלים ואחרים מהענפים שהוכו).

מטרתו הראשונה של ניטור זה היא לבחון אם יש דמיון בין נגיעות הנמלים על הקרקע לנגיעות הנמלים על העצים, ואם הטיפוליים השונים נבדלים זה מזה בהשפעתם ארוכת הטווח על נגיעות הנמלים בעצים. בדיקה זו חשובה משום שחלק מהטיפוליים היו קרקעיים בלבד, חלקם הגיע לתחתית הגזע, וחלק מהם יושמו גם על נוף העץ.

מטרתו השנייה של ניטור זה היא לבדוק מה השפעת הטיפוליים השונים על חברת פרוקי הרגליים הארבוריאליים, כולל התמקדות במיני מאביקים, מזיקים ואויבים טבעיים. השפעה זו עשויה להיות ישירה (פגיעה או אי-פגיעה בפרוקי רגליים שאינם מיני המטרה) או עקיפה (פגיעה או אי-פגיעה בנמלת האש הקטנה, שנגיעות גבוהה בה פוגעת במיני פרוקי רגליים רבים).

המלצות למחקרי המשך

כדי לשפר את הפרוטוקולים ולדייק אותם עוד יותר, חשוב לערוך מחקרי המשך שיבחנו את הנקודות הבאות:
א. האם יש פעילות חורפית של פועלות (ואם כן באילו אזורים בישראל), אשר תאפשר הדברת פיתיונות חורפית יעילה?

ב. האם ה'רעם' שונה ביעילותו מתכשירי ביפנטרין דומים, ללא חומר אינרטי, כך שעשוי לתפקד כמושכן?
ג. מה מידת היעילות של שילובי תכשירים שלא נוסו עד כה (טנגו+רעם, וולקנו+רעם, טנגו+וולקנו) ביחס לטיפולים שנמצאו יעילים במחקר הנוכחי?

ד. האם יישום לסירוגין של תכשירים יעילים שונים מגביר את יעילותם ביחס ליישום של תכשיר אחד בלבד?
ה. מה הן העונות האופטימליות ליישום תכשירים כמו רעם, שיש להימנע מזליגתם לפרי?
ו. במעבדה – בחינת משיכת דבורים לוולקנו.

מקורות

אלרון, מ., חקלאי, ע. ובן צבי, ג. (2021). פרוטוקול לטיפול בנמלת האש הקטנה. המשרד להגנת הסביבה, אגף מזיקים, רשות הטבע והגנים וקרן קיימת לישראל.
בן צבי, ג., הרולד, כ. וגרא, א. (2020). בחינת תכשירים ופרוטוקולים להדברת נמלת האש ולמיגורה מעציצים, משתלות ושטחים פתוחים - דוח מחקר, רשות הטבע והגנים וקרן קיימת לישראל.
בן צבי, ג., שושן, ר., בן שחל, ע., עמית, ש., מיארה, י. ורמות, ע. (2021). בחינת פרקטיקות ניטור והדברה ידיוותית לסביבה של נמלת האש הקטנה. רשות הטבע והגנים.
בן צבי, ג., מיארה, י., רמות, ע., בן שחל, ע., שושן, ר., עמית, ש. ורנן, א. (2022). ניסוי אסטרטגיות הדברה למיגור נמלת האש - דוח ביניים. רשות הטבע והגנים.
בן צבי, ג. ורמות, ע. (2022). דוח ניסויי רישוי - הדברת נמלת האש בעציצים ע"י פיזור טלסטאר גרגרי והרטבה. קרן קיימת לישראל.
בן צבי, ג., אורן, ד. ולביא-אלון, נ. (2024 - בהכנה). תפוצת נמלת האש הקטנה בישראל על פי נתוני מדע אזרחי. דוח למשרד הגנת הסביבה ולרשות הטבע והגנים.
וידן, ע. ורנן, א. (2018) נמלת האש הקטנה - סקירת ספרות. פרסומי חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.
ויינברג, ט. ופדרמן, ר. (2021). תכנית להדברת נמלת האש הקטנה בגן השלושה ונחל הקיבוצים. רשות הטבע והגנים.
צבן, ש. וקוטינסקי, ט. (2013). מינים פולשים בישראל - עלות תועלת. המשרד להגנת הסביבה, אגף כלכלה ותקינה.
רנן, א., לביא, ד. ווידן, ע. (2018). מפת התפשטות נמלת האש הקטנה בישראל. פרסומי חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

Causton, C. E., Sevilla, C. R., and Porter, S. D. (2005). Eradication of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae), from Marchena Island, Galapagos: on the edge of success? *Florida Entomologist* 88(2): 159-168.

Espadaler, X., Pradera, C., and Santana, J. A. (2018). The first outdoor nesting population of *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera, Formicidae) in continental Europe. *Iberomyrmex* 10: 1-8.

Fasi, J., Brodie, G., & Vanderwoude, C. (2013). Increases in crop pests caused by *Wasmannia auropunctata* in Solomon Islands subsistence gardens. *Journal of Applied Entomology*, 137(8), 580-588.

- Fasi, J., Furlong, M. J., & Fisher, D. (2016). Subsistence farmers' management of infestations of the little fire ant in garden plots on Bauro, Makira Province, Solomon Islands. *Human Ecology*, 44(6), 765-774.
- Fournier, D., Estoup, A., Orivel, J., Foucaud, J., Jourdan, H., Breton, J. L., & Keller, L. (2005). Clonal reproduction by males and females in the little fire ant. *Nature*, 435(7046), 1230-1234.
- Global Biodiversity Information Facility. (2022). *Wasmannia auropunctata*. Retrieved from <https://www.gbif.org/species/1315391> on 12/12/2022.
- Global Invasive Species Database. (2024). 100 of the world's worst invasive alien species: *Wasmannia auropunctata*. Retrieved from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=58> on 16/8/2020.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. and De Poorter, M. (2000). 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group.
- Montgomery, M. P., Vanderwoude, C. and Lynch, A. J. J. (2015). Palatability of baits containing (S)-Methoprene to *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist* 98(2): 451-455.
- Montgomery, M. P., Vanderwoude, C., Lintermans, M., & Lynch, A. J. (2022). The Little Fire Ant (Hymenoptera: Formicidae): A Global Perspective. *Annals of the Entomological Society of America*, 115(6), 427-448.
- Vanderwoude, C., Onuma, K. and Reimer, N. (2010). Eradicating *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) from Maui, Hawaii: the use of combination treatments to control an arboreal invasive ant. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 42: 23-31
- Vanderwoude, C., Montgomery, M. P., Forester, H., Hensley, E., and Adachi, M. K. (2015). The history of little fire ant *Wasmannia auropunctata* Roger in the Hawaiian Islands: spread, control, and local eradication. *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 48: 39-50.
- Vanderwoude, C., Boudjelas, S., Gruber, M., Hoffmann, B., Oi, D., and Porter, S. (2021). Biosecurity plan for invasive ants in the Pacific region. In T. Pullaiah and M. R. Ielmini (eds.), *Invasive alien species: observations and issues from around the world*, vol. 2, pp. 275-288. John Wiley & Sons, Hoboken, USA.
- Vonshak, M., Dayan, T., Ionescu-Hirsh, A., Freidberg, A. and Hefetz, A. (2010). The little fire ant *Wasmannia auropunctata*: a new invasive species in the Middle East and its impact on the local arthropod fauna. *Biological Invasions*, 12: 1825-1837.
- Wetterer, J.K. (2013). Worldwide spread of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae). *Terrestrial Arthropod Reviews*, 6: 173-184.

תודות

לשלושת המגדלים שאפשרו לנו להשתמש בשטחיהם ועזרו בניהול המחקר בשטח וביישום התכשירים: עופר סלע מגבע כרמל, ניצן עומר מעין כרמל ודן קפשווק מבית זרע.
לאנשי חברות ההדברה: רימי, דורקי/לידור ו-RPC, וכן למפתחי Attractant, שסיפקו את תכשיריהם לניסוי ועבדו קשה ביישומם בשטח ובהשגת ההיתרים לעריכת ניסוי.
לקרן שה"מ על מימון המחקר.

האמור לעיל הינו בגדר עצה מקצועית בלבד ואינו מהווה חוות דעת מומחה לצורך הצגה כראיה בהליך משפטי.
על מקבל העצה לנהוג מנהג זהירות, ושימוש או הסתמכות על המידע המופיע לעיל הינו באחריות מקבל העצה בלבד.
אין להעתיק, להפיץ או להשתמש במסמך זה או בחלקים ממנו לצורך הליך משפטי כלשהו,
לא אישור מראש ובכתב של החתומים.

© שה"מ הוצאה לאור, 2025, עריכה לשונית: עדי סלוניקו, גרפיקה: לובה קמנצקי