

בחירת דרכים חלופיות למתיל ברומיד בחיטוי תמרים

פיני סריג, אבי סטרומזה – מו"פ בקעת הירדן
חיים אורן - שה"מ, משרד החקלאות

תקציר

דרישות השוק האירופי המשותף להפסקת השימוש במתיל ברומיד ובכלל זה לחיטוי תמרים מחייבים את מגדלי ומשווקי התמרים ואת מערכת המחקר התומכת, להיערך למציאת תחליפים מספקים מבעוד מועד. לאורך 3 שנים בוצעו במו"פ בקעת הירדן מספר ניסויים לבחינת כיוונים שונים לחיטוי פרי שלא באמצעות מתיל ברומיד.

ניסויים אלה היוו בדיקה פרי למינרית והם כללו מבחני יעילות בהרחקת החרקים מסביבת הפרי ומתוכו וכן בחינת הקטילה. בנוסף נבחנת השפעת הטיפול על איכותו האורגנולפטית של הפרי, על כושר אחסונו ועל חיי המדף שלו.

כיווני הבדיקה כללו

א. כיוון הנקוט בתמרים אורגניים והכולל שימוש בטמפרטורה גבוהה לזמן קצר. טכניקה זו הנקוטה בפועל לא נבדקה בהיבט של השפעה על איכות הפרי ולא בסטנדרטים המחמירים להימצאות חרקים או שרידי חרקים בפרי, הנקוטים במוצרים שאינם אורגניים.

ב. בשנת הניסוי הראשונה, נבדקו אלטרנטיבות חיטוי בכלורו-פיקרין ובפוספין. בדיקות אלה בוצעו בפרי שניגדד מעצים שאשכולותיהם כוסו ברשת. הבדיקות שבוצעו בבית האריזה, במכולות המשמשות לחיטוי מסחרי של פרי במתיל ברומיד, נכשלו, בעיקר בשל הקושי הטכני בישום התכשירים.

ג. בשנת הניסוי השנייה, בוצע מעבר לכלים קטנים יותר (מיכלי דולב), תוך התמקדות על טיפול חדש באוזון בהשוואה לטיפול חום ולטיפול המסחרי במתיל ברומיד. בניסויים אלה שבוצעו בפרי טרי שנגדד במטע מסחרי (תומר), הייתה רמת נגיעות מזערית, באופן שיוצר בעיית רקע המקשה על בחינת

יעילות החיטוי. בשנה הנוכחית התקבלו תוצאות מבטיחות בכל הקשור לעמידות הפרי לאוזון ולהעדר פגיעה אורגנולפטית בפרי. טיפול זה הורחב בפרוטוקול של דחיקת החרקים אל מחוץ לפרי באמצעות פחמן דו חמצני ולאחר מכן השמדתם באמצעות האוזון. הניסויים באוזון בוצעו הן במכולה מסחרית (ביא"ר נתיב הגדוד) והן בחרקים בכלי קיבול. תמותת החרקים השונים הייתה בלתי מספקת כנראה עקב תפוקות אוזון בלתי מספיקות.

ד. בשנת הניסוי האחרונה, ניבדק תכשיר אוסטרלי חדש, שאושר לשימוש בגידולים חקלאיים שונים ובכללם בתמרים. התכשיר המכיל אתיל פורם, בשמו המסחרי וואפרמיט, נמצא יעיל כמעט כמו המתיל ברומיד, בדחיקת וקטילת דרגות שונות של חיפושיות קרפ ופילוס.

ניסויים אלה מהווים בסיס טוב להמשך בדיקות בקנה מידה מסחרי.

מבוא

דרישות השוק האירופי המשותף להפסקת השימוש במתיל ברומיד ובכלל זה לצורך חיטוי תמרים, מחייבים את מערכת המחקר להיערך למציאת תחליפים מספקים מבעוד מועד.

פרי, עם הגעתו מהמטע וטרם כניסתו למערך האחסון/מיון מחוטא ע"פ הנוהג.

לחיטוי מטרה מוגדרת של "דחיקת" כל החרקים בגלגולם הנייד, אל מחוץ לפרי וקטילתם מחוץ לפרי וקטילת דרגות סטטיות (ביצים וגלמים) בתוך הפרי.

הטכניקה הרווחת בישראל עובדת בפרוטוקול המבוסס על הזרמה של 30 ג"ר חיטוי לכל מטר מעוקב של נפח מחוטא. (במכולה שניפחה כ-66 מ"מ"ק, מוזרמים כ 2 ק"ג, מתיל ברומיד). הפרי מושהה באווירה רווית מתיל ברומיד למשך 4 שעות ולאחר אוורור מוצא מהמכולה.

מתיל ברומיד (מכונה גם ברומומתאן) CH_3Br הוא גז חסר צבע ובעל ריח דומה לשל כלורופורם. החומר משמש בתעשיית המזון ובחקלאות להדברה וחיטוי. על בני אדם הוא פועל כגז הזיה בריכוז נמוך.

בגלל פגיעתו בשכבת האוזון, נאסר השימוש בו בפרוטוקול מונטריאול על ידי 183 מדינות,

לרבות ישראל. התכשיר אמור לצאת משימוש (פרט לשימושים מאושרים) עד שנת 2005 במדינות המפותחות ועד שנת 2015 במדינות המתפתחות. מתיל ברומיד מופק על ידי הגבה של מתאנול עם חומצה הידרוברומית.

התרכובת קיימת גם במקורות טבעיים, כמו באצות מסוימות ובצמחים מסוימים, (מצליבים).

מטרת המחקר הנוכחי איתור תחליף לשימוש במתיל ברומיד לחיטוי תמרים לאחר הגדיד

לחומרים האלטרנטיביים למתיל ברומיד הוגדרו הדרישות הבאות:

1. לא (הרבה) פחות יעיל ממתיל ברומיד
2. פחות מזיק סביבתית
3. פחות רעיל למשתמש

הכיוונים האפשריים לתחליפי מתיל ברומיד:

1. חימום
2. אוזון O₃
3. פחמן דו חמצני CO₂
4. אתיל פורמט
5. שילובים (פחמן דו חמצני עם תוספות)

אלטרנטיבות לטיפול המסחרי, נבחנו בשני כיוונים. כיוון אורגני שכלל חיטוי תרמי ע"י חימום הפרי וכן חיטוי באוזון. הכיוון השני מתמקד בתכשירים כימיים המוגדרים כרעילים פחות ממתיל ברומיד.

חימום פרי כאמצעי לחיטוי, נקוט בתמרים אורגניים וכולל שימוש בטמפרטורה גבוהה לזמן קצר. טכניקה זו הנקוטה בפועל לא נבדקה בהיבט של השפעה על איכות הפרי ולא בסטנדרטים המחמירים להימצאות חרקים או שרידי חרקים בפרי, הנקוטים במוצרים שאינם אורגניים. בסיור שנערך בקיץ 2004 במטעי ארה"ב, למדנו כי פרי המשווק בתוך ארה"ב סמוך לגדיד אינו עובר כלל חיטוי. רק פרי שמיועד לאחסון ארוך ו/או פרי המיועד לשיווק לאירופה או אוסטרליה עובר חיטוי במתיל ברומיד. מגדלים פרטיים איתם נפגשנו אינם מחטאים במתיל ברומיד כלל, כאשר להנחת הפרי ע"ג משטחי אספלט לגמר יבוש, מייחסים

השפעה דומה לזו של החיטוי בחום. התהליך ניקרא בעגה המקצועית המקומית, פיסטור.

חימום

1. דחיקת חרקים אל מחוץ לפרי. בד"כ לתחתית האזור המחומם.
2. השמדת חרקים במנגנון הקרוי "דנטורציה של חלבונים"

מגבלות השיטה

1. אין קטילה של ביצים
2. טמפרטורה במרכז המשטח ופנים הפרי נמוכה משמעותית מטמפרטורה חיצונית (פתיר ביצירת מרווחים בין ארגזים וסחרור חום)
3. פגיעה באיכות הפרי – שלפוח, ייבוש יתר

אוזון

מולקולה המורכבת משלושה אטומים של חמצן (במקום 2 במבנה הנפוץ). האוזון הינו גז בלתי יציב, רעיל מאוד. מחמצן חזק ביותר. מצוי בסטוספרה של כדור הארץ. מסנן את הקרינה האולטרה סגולית המזיקה של השמש ולכן חיוני לקיום תקין של החיים על פני כדור הארץ.

שימושים של אוזון :

1. חיטוי מים קודם לאריזתם בבקבוקים. תקיפה כימית של מזהמים המצויים במים ובפרט מי שתייה, בריכות שחיה ומי שופכין מטהרים. ניקוי והבהרה של אריגים.
2. טיפול רפואי בדלקות קשות לריפוי שאינן מגיבות לאנטיביוטיקה, הרפס, סיבוכי סוכרת וכלי דם בצורת טיפול חיצוני, הזרקת אוזון ורידית והזרמת אוזון לאזורי דלקת.

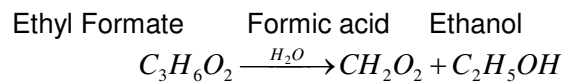
יצור אוזון ע"י התפרקות חשמלית

באמצעות יצירת פלזמה על ידי התפרקות חשמלית ניתן לקבל 10% אוזון. זוהי השיטה בה מייצרים אוזון לצרכים תעשייתיים ורפואיים. כאשר ההתפרקות החשמלית היא דרך אוויר נוצרות גם תחמוצות חנקן כתוצר לוואי. הקפדה על אוויר יבש מונעת היווצרות של חומצה חנקתית (מהמגע בין אדי מים לתחמוצת חנקן). שיפור הניצולת מושג על ידי הזרמת חמצן במקום אוויר.

שימושי אוזון בחקלאות מגוונים וכוללים: חיטוי קרקע, ריסוס חממות, שטיפה של פירות וירקות, חיטוי גזי לתוצרת יבשה, שימוש באחסנה בקירור של פירות וירקות, אחסנה יבשה לגרעינים וזרעים. האוזון מורשה בשימוש לגידולים אורגניים

אתיל פורמט – ואפרמיט

Vapormate הוא תכשיר קוטל חרקים המכיל Ethyl Formate ו- CO_2 ה-Ethyl Formate עובר הידרוליזה בגוף החרק ונוצר Formic acid ו-Ethanol



ה-Formic acid מעכב את פעילות האנזים Cytochrome c oxidase

תכשירים נוספים שנבדקו בבדיקה ראשונית ונפסלו מסיבות שונות היו פוספין - זרחן מימני (PH_3), משמש לחיטוי חרקים באחסנה יבשה של אורז, חיטה, קמח, חומס וכד', לגז המצוי בשימוש מסחרי, ריח חריף של שום/דגים מסריחים בגלל המצאות מעט דיפוספין הנוצר במיכל. וכלורופיקרין - תכשיר ממשפחת הכלורו-פלואר-קרבוניס.

חומרים ושיטות

1. הפרי - הפרי לניסוי בשנתיים ראשונות נאסף בבית האריזה המרכזי בבקעה (טרנזיט הביקעה) מפרי של מטעים מסחריים, שנגדד מעצים שאשכולותיהם כוסו ברשת, בצפיפות הרגילה (לא רשתות למניעת כניסת חרקים). בגלל מיעוט מזיקים בשנה שלישית הוחלף הפרי בזן חלאווי, שמקורו בחוות עדן. הפרי ניבחר משום שהיה נגוע בצורה קשה בקרפופילוס.
2. אתרי הניסוי - הטיפול המסחרי במתיל ברומיד בוצע בבית האריזה במכולה המיועדת לכך כאשר שאר הטיפולים בוצעו בשנת 2006 בפרי מאותו משלוח,

במיכלי דולב, בעלי מכסה, בתחנת הנסיונות. בשנת 2007 בוצעו הנסיונות בבית האריזה במושב נתיב הגדוד. בשנת 2008 בוצעו הנסיונות בחוות עדן, שם נדגם הפרי.

3. היקף – בשנת 2006, בכל מחזור טיפול נבדקו 4 ארגזי גדיד, עם 4 ק"ג של פרי בכל אחד. כל ארגז הוכנס לשק רשת 18 מאש (שקים לעטיפת אשכולות). בשנת 2007 בוצע הטיפול במשטחי פרי שלמים במכולה שהוכשרה לכך. בשנת 2008 נבדקו 8 ארגזי גדיד בכל טיפול כשבכל אחד מהם, שכבת פרי אחת, במשקל ממוצע של 2 ק"ג.

4. בדיקות – הבדיקות כללו הימצאות חרקים מתים או חיים בתוך הרשתות (או בדולבים) בתום הטיפול. במחצית מהפרי המטופל בוצעה בדיקה ויזואלית לאיתור מזיקים נותרים ובדיקה אורגנולפטית לאיתור שינויים במרקם או בטעם הפרי. המחצית הנותרת אוחסנה בתוך השקים, ב 4 מ"צ למשך חודש, הועברה לחיי מדף (25 מ"צ) למשך שבוע ונבדקה באותה צורה לאיתור מזיקים ולאיכות פרי.

5. טיפולים :

א. שנת 2006 - בשנת הנסיון הראשונה, נבחנו הטיפולים הבאים :

1. היקש - ללא חיטוי.
2. טיפול מסחרי – מתיל ברומיד – 30 ג"ר/ממ"ק, 4 שעות.
3. חימום – 4 שעות חימום ב – 45 מ"צ.
4. פחמן דו חמצני (CO_2) – 25 דקות של הזרמת הגז ממיכל לתוך הדולב.
5. כלורו פיקרין – תכשיר ממשפחת הכלורו-פלוואר-קרבוניים, יושם בפרוטוקול זהה לזה של המתיל ברומיד.
6. פוספין – יושם בדומה למתיל ברומיד.



איור 1: משטח תמרים עטוף הרמטית אליו הוזרם אוזון

ב. שנת 2007

על בסיס תוצאות שנה ראשונה, נבחנו בשנה השנייה הטיפולים הבאים:

1. היקש - ללא חיטוי.
2. טיפול מסחרי - מתיל ברומיד - 30 ג"ר/ממ"ק, 4 שעות.
3. חימום - 4 שעות חימום ב - 45 מ"צ.
4. אוזון (O_3) - יוצר במחולל אוזון שסופק ע"י חב' אוזון סנטר והוזרם במשך 4 שעות למכולה ששהתה בבית האריזה בנתיב הגדוד. הניסוי בוצע בדגש על שילוב פחמן דו חמצני ואוזון. בניסוי זה היה ברור שהפרי מאולח בחיפושיות תסיסה מקב. קרפופילוס והטיפול החל ב 30 דקות של הזרמת פחמן דו חמצני ל"דחיקת חרקים" ולאחריו 4 שעות בהזרמה ממחולל אוזון. נבדקו שני מחוללי אוזון א. הספק של 7 גר"שעה ב. הספק של 24 גר"שעה

קטילת החיפושיות, בנפרד מהפרי התבצע ב2007 בנתיב הגדוד ובמעבדת חברת 'אוזון סנטר'. במהלך הניסוי הוכנסו זחלים וחיפושיות לתוך כלי זכוכית של 4 ליטר והוזרם לתוך הכלי אוזון גזי בריכוז גבוה ע"י גנרטור אוזון

בדיקה ראשונה בוצעה בספיקה מקסימאלית של 6 גר' אוזון לשעה. גנרטור האוזון הוזן בחמצן מבלון בזרימה של חצי ליטר חמצן לדקה. לאחר 5 דקות נרשמה תמותה של 100% של החיפושיות והזחלים.

במעבדת "אוזון סנטר" נבדק מהו ריכוז האוזון המינימאלי הנדרש להשמדת המזיקים ומהו זמן החשיפה המינימאלי הנדרש. הניסוי התבצע בכלי זכוכית בקיבולת של 4 ליטר. הזחלים והחיפושיות חולקו לשני שלבי ניסוי. בסט הראשון של הניסוי הוכנסו חצי מכמות הזחלים והחיפושיות לכלי הזכוכית, גנרטור אוזון בעל כושר ייצור מקסימלי של 200 מ"ג לשעה המשתמש באוויר רגיל כחומר גלם. ריכוז האוזון המופק מגנרטור זה הינו כ 1 PPM (1 חלק אוזון למליון חלקים אויר). הגנרטור הופעל למשך 1 דקה ולאחר מכן 10 דקות הפסקה כאשר הכלי נשאר אטום. לאחר 5 סיבובים כל הזחלים והחיפושיות הושמדו. בסט השני של הניסוי הוכנסה חצי מכמות הזחלים והחיפושיות, אותו גנרטור אוזון הופעל למשך 5 דקות ולאחר מכן הושאר הכלי סגור למשך 50 דקות. נראתה השמדה מסוימת, 50% מהזחלים והחיפושיות נשארו בחיים.

ג. שנת 2008

בשנת 2008 הושם דגש על שימוש בוופרמייט עם דגש על ניסוי בפרי מאולח. טיפול הוופרמייט בוצע ע"פ הנחיות היבואן (חברת כצ"ט) ובליוי הרפרנט לתכשיר בחברה מר ארווין לנדלר. האתיל פורמט מהול בדו תחמוצת הפחמן הוזרם בכמות של 420 גר' לממ"ק. משך ההזרמה היה 12 שעות ולאחריהן 6 שעות איורור. טיפול המתיל ברומיד בוצע בבית האריזה במתכונת המסחרית של השנים הקודמות.

תוצאות

טבלה מס 1 מסכמת את ה יעילות של האלטרנטיבות השונות לחיטוי פרי.

טבלה 1: סכום טכניקות אלטרנטיביות לחיטוי תמר לאחר גדיד

חסרונות	יתרונות	אחוז קטילה	שיטה
	נקי	85.4	חימום
מסוכן בשימוש, צרכן אנרגיה, ממושך	נקי	82.5	אוזון
יקר, ממושך	נקי	63.4	CO2
מסבך ומייקר	משפר תוצאה, מקצר זמן	85.2	שילוב CO2 + O3
ארוך, יקר	נקי יחסית	94.2	אתיל פורמט
ארוך, מזהם, יקר, מסוכן	יעיל להפליא	98.8	מתיל ברומיד

בשתי שנות הניסוי הראשונות, בפרי שהגיע משלושה מטעים מסחריים שונים, התקבלה רמת נגיעות מיזערית, בפרי שניגדד לניסוי. בתנאים אלה נוצרה בעית רקע המקשה על בחינת יעילות החיטוי בדחיקה וקטילת חרקים. לפיכך בשתי השנים לא נימצאו הבדלים מובהקים ברמת החרקים מיד לאחר הטיפול ולאחר איחסון בין הטיפולים השונים.

בשנת 2006 אובחו טעמי לוואי בטעימת פרי מטיפול הפוספין בטעימה שבוצעה מיד לאחר החיטוי. לפיכך הוחלט להפסיק את בדיקת החיטוי בדרך זו. באותה שנה הוחלט על השמטת הטיפול בכלורופיקרין עקב הכללתו ברשימת החומרים המיועדים להיאסר או להיות מוגבלים בשימוש.

בשנת 2006 התקבלו תוצאות מבטיחות בכל הקשור לעמידות הפרי לאוזון ולהעדר פגיעה אורגנולפטית בפרי. העובדה שהפרי לא ניפגע בטעמו ולא נפגע במשך חיי המדף הצדיקה המשך בדיקת האוזון כתחליף חיטוי.

בבדיקה שבוצעה ב 2007 בכלי זכוכית שהכיל זחלי קרפופילוס בנפח 4 ליטר, שלתוכו הוזרם אויר מעורב באוזון. נימדד לאחר 5 דקות, בחלקו התחתון של הכלי ריכוז אוזון של כ PPM1 .

(צפיפות האוזון 2.144 ג"ר/מ"ק לעומת 1.98 ג"ר/מ"ק דו תחמוצת הפחמן , 1.429 ג"ר/מ"ק חמצן ו 1.293 ג"ר/מ"ק אויר ולכן האוזון נוטה להצטבר בחלק התחתון של הכלי). בתנאים אלה התקבלה קטילה חלקית ובלתי מספקת של הזחלים.

בחינת הוופרמייט התבצעה הן בכלים בנפח מוגבל והן במיכל של מטר מעוקב, טבלה מס' 2 מתארת ניסוי בכלים שמטרתו לבחון את המינון הנדרש להדברה יעלה וכלכלית

טבלה 2: ניסוי מעבדה לבחינת מינון אופטימלי של וופרמייט לטיפול בחרקים.

שיעור הישרדות החרקים בביקורת	שיעור יציאת החרקים מהפרי	שיעור הדברה	מינון גר/מ ³	תאריך ביצוע
57 %	89.2 %	100 %	420	11.3.2008
92.9 %	50 %	100 %	420	18.3.2008
98.3 %	72.5 %	100 %	350	7.4.2008
66.7 %	68.5 %	79 %	280	22.4.2008
42.3 %	74.8 %	98.6 %	350	5.5.2008
	<u>71 %</u>			<u>ממוצע</u>

מהטבלה עולה כי מינון של 350 גר' למטר מעוקב מאפשר הדברה מספקת. אולם בניסוי בפרי במיכל, נעשה שימוש במינון הגבוה יותר (420 גר' למטר מעוקב).

המינון שנמצא יעיל בכלים יושם במיכל של מטר מעוקב.



איור 2: הזרמה מבוקרת משקל של וופרמייט למיכל ולמשטח עטוף

סיכום ומסקנות

להלן התייחסות לכל אחת מהשיטות האלטרנטיביות שנוסו, ביחס לשיטה המיסחרית המקובלת.

א. חיטוי בחום

1. חיטוי בחום הינו דרך אפשרית, בעיקר לדחיקת חרקים. להשגת הטמפרטורה הרצויה, נידרשת חממה, ובחלק מהזמן נידרש חימום משלים.
2. לחימום הפרי השפעות, שליליות על איכות הפרי, שנילמדו בהיקשרים אחרים.

ב. דו תחמוצת הפחמן

1. השימוש בדו תחמוצת הפחמן להוצאת החיפושיות והזחלים מתוך התמרים עובד בהצלחה. בדרך זו לא מתקבלת קטילה ולכן דרך זו כלעצמה אינה יכולה להוות פתרון לחיטוי הפרי.

ג. אוזון

1. האוזון הכבד מהפחמן הדו חמצני וכן מהאוויר והחמצן זורם לחלק הנמוך של המכולה ומשמיד הזחלים והחיפושיות.
2. תערובת של אוזון ודו תחמוצת הפחמן מהווה את השכבה הנמוכה במכולה והיא אפקטיבית במיוחד להשמדת המזיקים.
3. במכולה שנפחה כ 100,000 ליטר אוויר. לצורך השגת ריכוז של 1 PPM אוזון, נדרש להשתמש בגנרטור אוזון המסוגל להפיק לפחות 100 גר' אוזון באופן מצטבר בזמן החיטוי, כאשר זמן החיטוי לא יפחת משעה. זמן מחצית החיים של אוזון גזי בטמפרטורה של 40 מעלות צלסיוס היא כ 14 שעות ולכן בזמן חיטוי של כ 4-5 שעות לא צפויה ירידה משמעותית בכמות האוזון כתוצאה מפירוק ספונטני.
4. ליישום מעשי, נדרש גנרטור אוזון של 24 גר' /שעה. גנרטור זה יוכל לספק את כמות האוזון הנדרשת במהלך 4 שעות חיטוי. הגנרטור יוזן מבלון חמצן.
5. בחיטוי אוזון אין נזקים קוסמטיים או אורגנולפטיים לפרי.
6. צפוי כי תערובת של אוזון ודו תחמוצת הפחמן, שגם הוא כבד מאוויר רגיל, תהווה את השכבה הנמוכה במכולה ותהיה אפקטיבית במיוחד להשמדת המזיקים אפילו יותר מהניסוי שנעשה ללא נוכחות פחמן דו חמצני.

ד. וואפורמייט

ה vapormate (אתיל פורמט נוזלי, מעורב בפחמן דו חמצני), מסתמן כטיפול כימי יעיל מאוד. הטיפול גורם הן לדחיקה והן לקטילה של קרפופילוס, גם בתנאי אילוח קשים וברמות אוכלוסיה גבוהות. התכשיר אינ מורשה בחקלאות האורגנית, אך הוא בטוח, ומזיק פחות ממתיל ברומיד. כפי הנראה עם השלמת תהליך רישויו, יתפוס הטיפול חלק ניכר מהטיפול המסחרי בבתי האריזה שפריים אינו מיועד לשוק האורגני.

תודות

תודתנו לרמי הברמן, מנהל טרנזיט הביקעה על הסיוע והתמיכה בשיא פעילות בית האריזה, לגיל טנא מנכ"ל "אוזון סנטר" על הסיוע בהעמדת טיפולי האוזון, לארווין לנדלר מחברת כצ"ט על הביצוע והסיוע בבחינת וופרמייט, לציון דקו מנהל חוות עדן ולצוותו על הסיוע ולשימרון ביטון ממ"ר מזיקי תמר על הסיוע בנושאי אנטמולוגיה.