# בִּיו-בִּיטָאוּן

## חדשות המועילים בחקלאות

גיליון 9, אביב תשע"ה 2015

**4 חוטפי המוחות**
שאול גינזברג

**21 בומבוס באגס**
פרופ' רפי שטרן

**30 ביו-תים**
גבי צונץ

**32 ביו-בי במבט גלובלי**
לירית פורת גריטון


תם שמת

# תוכן העניינים

## ביו-דעת


4 **חוטפי המוחות - תקציר מנשיונל ג'אוגרפיק**
שאול גינזברג

6 **הדברה ביולוגית של גורמי מחלות בצמחים**
ד"ר דוד עזרא

11 **וירוסים - מדבירים מיקרוביאליים ייחודיים של מזיקים חקלאיים**
פרופ' נור צ'חנובסקי

14 **שמן עץ התה כמקור לפיתוח קוטל פטריות טבעי**
פרופ' משה ראובני

18 **פטריות תוקפות חרקים**
ד"ר דנה מנט


## מהמחקר ומהשדה


21 **השפעת דבורי בומבוס על יעילות ההאבקה של דבורי דבש באגס**
פרופ' רפי שטרן

27 **האבקה והגנת הצומח באגס תמונת מצב 2014**
ישראל דורון

29 **אקולוגיה חברתית**

30 **ביו-תים**
גבי צונץ

32 **ביו-בי במבט גלובלי**
לירית פורת גריטון

34 **הדברה משולבת בעגבניה**
עמית שדה

36 **למה ישראל מוכרת זבובים עקרים לירדן?**
יעל פרוינד אברהם


## מילון מונחים וקיצורים

**פילוגנטי:** חקר הקרבה האבולוציונית בין קבוצות אורגניזמים שונות.

**הידרפוביה:** דחייה ממים.

**טורגור:** לחץ נוזלים בתוך התא, שמקנה לצמח את יציבותו.

**וירוס (נגיף):** טפיל מוחלט בגודל מיקרוסקופי שתלוי בתא חי מארח כדי להתרבות.

**מיקרואורגניזם:** יצורון שניתן לראותו רק בעזרת מיקרוסקופ.

**סימביוזה:** צוותאות, יחסי גומלין בין מיני אורגניזמים שונים החיים בצמידות.

**שמן אתרי:** חומרים נדיפים המקנים לצמח ארומטי את ריחו האופייני.

**טרפנים:** קבוצה של תרכובות אורגניות בצמחים, המהווים מטבוליטים משניים שמשמשים בצמח כחומרי סיכה, ריח, הגנה וצבע, וכן שמנים אתריים.

**פיטוטוקסי:** השפעה רעילה של תרכובת על רקמה צמחית.

**תכשיר פרוטקנטי:** חומר המקנה הגנה לצמח.


**ביו-ביטאון** חדשות המועילים בחקלאות **אביב תשע"ה 2015**

**עורך ראשי:** שאול גינזברג
**עורכת משנה:** הילה אונא
**עריכה לשונית:** הניה קובלינר
**עיצוב ועריכה גרפית:** מיכל רוזנפלד, סטודיו סקיצה
**הדפסה:** דפוס העיר העתיקה
**תמונות:** עובדי החברה
**צילום השער:** ליאור גינזברג.
אבא מרסס בניסוי של ביו-תים
**ייעוץ מדעי:** ד"ר שמעון שטיינברג, ד"ר גל יעקבי, ד"ר אורה הס, שאול אביאל.

**כתובת המערכת:** ביו-בי שדה אליהו בע"מ. קיבוץ שדה אליהו 10810

**הביטאון מודפס על נייר נטול עץ**

כל ההמלצות בביטאון הנן בגדר ייעוץ מקצועי-כללי בלבד. ביצוע על פי ייעוץ זה הנו על אחריות המבצע בלבד, וזאת בשל תנאים משתנים העשויים להשפיע על האופן של יישום מקצועי נכון.

# דבר המנכ"ל

## שאול בשיא

שלום לכולם,
דברים אלו נכתבים שבוע לפני הבחירות בישראל, ואני מניח שבאופן טבעי בעת הזו כל אחד מסכם לעצמו את מידת שביעות רצונו מהתוצאות - האם הוא מרוצה, מאוכזב או שמא סתם אדיש?
אך לטעמי, כחקלאים, לא זה העיקר. עבורנו מעניינות יותר השאלות: מי התמנה לשר החקלאות? מי המנכ"ל? האם זהו שוב תיק ניחומים, או אולי (והלוואי) הנושא במשרה רואה את עתיד החקלאות בישראל כמטרה נעלה?
לקוראי ביו-ביטאון יש נגיעה וחיבה לחקלאות, באופן טבעי (תרתי משמע). חלקנו הגדול אף מתפרנס מכך. אתגרי החקלאות העומדים לפתחנו נעשים מורכבים משנה לשנה. האם נמצאה מנהיגות הולמת?
אני מטריד אתכם בהגיגים אלו מכיוון שנושאים רבים הקשורים לעבודתה היומיומית של ביו-בי, בתחומים שונים, קשורים באופן ישיר למשרד החקלאות. למשל: אישורי יבוא של מוצרים מיקרוביאליים ושל נמטודות מועילות, סובסידיות ממשלתיות בפיתוח פתרונות הדברה ביולוגית לעגבניות ולגידולים אחרים, תמיכה במגדלי הדרים המיישמים זבובים עקרים, שיתופי פעולה מחקריים עם מכון וולקני, ועוד ועוד.
כמו בכל מדינה מתוקנת, התלות שלנו - כאזרחים וכחקלאים - במשרדי הממשלה היא גדולה, ואני תקווה שנראה שיפור בהתייחסות וברצינות של ראשי המשרד.
אצלנו בביו-בי, ברוך ה', עסקים כרגיל - ממשיכים לפתח מוצרים חדשים לטובת המגדלים. בביטאון זה תוכלו להתרשם מהמאמצים של ביו-בי להוסיף ל'חבילת הפתרונות למגדל' גם מוצרים שאינם פרוקי רגליים מועילים, אלא כאלו המבוססים על וירוסים, פטריות, חיידקים, מיצוי שמנים ופרומונים. בזמן הקרוב תשמעו חדשות על חידושים בסל המוצרים של ביו-בי, עבורכם.

**בחירות (ותוצאות) טובות!**

# דבר העורך

## שאול גינזברג

שלום לכם, קוראים יקרים,
כאשר נשב לסדר בליל חג הפסח, ודאי נסביר לילדינו ולנכדינו שהסיבה לאכילת המצה היא החיפזון שבו יצאו אבותינו ממצרים.
האם זאת באמת הסיבה היחידה? לו היו לאבותינו עוד שמונה-עשר רגעים ובצקם היה מחמיץ, לא היינו מחויבים באכילת המצה? זה לא נשמע הגיוני שכל הבלגן שאנחנו עושים לפני הפסח ובמהלכו, נובע רק מחסרונה של "רבע שעה היסטורית".
יתרה מכך, מפשט המקרא נובע שאת השה לקורבן הפסח כבר לקחו בעשירי לחודש, והציווי לאכול את הקורבן עם המצות נאמר עוד קודם לכן.
אם כך, ברור שאין זה חיפזון מקרי אלא חיפזון שתוכנן מראש.
מה ההסבר לחיפזון המתוכנן?
המילה 'חמץ' מזכירה את המילה 'להחמיץ'. את מה? את ההזדמנות!
המילה 'מצה' מזכירה את המילה 'למצות'. את מה? את ההזדמנות!
גם באותיות ההבדל קטן מאוד - מצ"ה מול חמ"צ.
אותו הבדל קטן בין האותיות ה' ל-ח' מזכיר גם את ההבדל המשמעותי בין עם עבדים שמיצה את ההזדמנות לגאולה, לבין עם עבדים שעלול היה להחמיץ את ההזדמנות לתמיד. חז"ל מלמדים אותנו שבני ישראל עמדו לפני נקודת אל-חזור בגלות. על כן היה צורך ליצור חיפזון בהחלטה ובביצוע.
ההתפתחויות בביו-בי נעשות בשיקול דעת ובמתינות, תוך הקשבה לרחשי החקלאים בשטח ולקריאתו של היקום לנצל הזדמנויות בלתי חוזרות לשמור עליו. בביו-ביטאון שלפניכם תוכלו למצוא קריאת כיוון לתחום המיקרוביאלי, שגם אותו ביו-בי חוקרת ומפתחת.
אני מאחל לכולנו שלא נחמיץ אף הזדמנות ונזכה למצות את המירב האפשרי.

**חג שמח וקריאה מהנה**

# חוטפי המוחות

## חלומות הבלהה של הטבע

### תקציר מהמאמר המלא: שאול גינזברג

בגיליון נובמבר 2014 של המהדורה הישראלית **של מגזין נשיונל ג'יאוגרפיק** דיווח הכתב **קארל זימר** על עולם הזוועות, שבו טפילים כופים על הפונדקאים שלהם למלא אחר מאווייהם.
תודתנו ל**דפנה רז**, עורכת המהדורה הישראלית, שנתנה לנו אישור לפרסם בביו-ביטאון העוסק בתחום המיקרוביולוגיה, תקציר ממאמר זה ואת תמונת השער.

**מושית שתים-עשרה הנקודות נהפכת לזומבי**

כולנו מכירים את **המושיות**. הן ידועות כטורפים רעבתניים ומתוחכמים, שיכולים לבלוע כמה אלפי כנימות עלה במהלך חייהן. כנפי החפייה היפות שלהן בצבעי אדום ושחור, משמשות למעשה סימן אזהרה לטורפים. כשהטורף מנסה לתקוף אותה, מפרישה המושית מפרקי רגליה דם מהול בארס. הטורף טועם את הדם המר ויורק את החיפושית. כך לומדים הטורפים להתרחק מהמושית בראותם את כנפי החפייה.
אך גם חיי המושית אינן מושלמים. גם עליהם יש איום משמעותי ומסוכן - הצרעה **ברקון המושית** *(Dinocampus cocccinellae)*. נקבת הצרעה מטילה ביצה בגופה של המושית. הזחל שבוקע ניזון מהנוזלים שממלאים את חלל הגוף וכשהוא הופך לפרט בוגר, הוא נחלץ החוצה מבעד לחרך בשלד החיצוני של המושית. למרות שהמושית השתחררה מהברקון, הוא ממשיך לשלוט במוחה. בשעה שהזחל מתגלם מתחת לגופה של המושית, המושית נשארת במקומה ושומרת עליו. בתקופת ההתגלמות, הברקון עלול ליפול קורבן למגוון חרקים רעבים, אך כשאחד הטורפים מתקרב אל גולם הצרעה, המושית פורשת כנפיה ומבריחה אותו. המושית משמשת כשומרת נאמנה על גולם הצרעה במשך כשבוע, עד לגיחתו. לאחר גיחת הבוגר מהגולם, המושית מסיימת חייה.

**אדונים ומשרתים נוספים**

מדענים גילו שהתופעה אותה תיאר **קארל זימר** אינה ייחודית רק למושיות ומתרחשת אצל מגוון גדול של פונדקאים, כולל דגים ויונקים.
כותב המאמר נותן דוגמאות נוספות למנגנוני אבטחה טפיליים:
**זבוב** שמטפיל את **דבורת הבומבוס** גורם לה להתחפר באדמה בסתיו, רגע לפני שהוא מגיח ממנה ומתגלם. בתוך האדמה, גולם הזבוב מוגן הן מפני טורפים והן מפגעי החורף.
**הפלסמודיום** הנו טפיל חד-תאי שמספר מינים שלו גורמים למחלת המלריה באדם. את שלבי חייו הראשונים, לפני הדבקת האדם, הוא עובר בתוך **יתוש האנופילס**. כדי להפחית את סיכון המחיצה של היתוש בידי האדם בעת העקיצה ומציצת הדם, גורם הפלסמודיום ליתוש להירתע מדם, אך כשהפלסמודיום בוגר דיו הוא גורם ליתוש לשנות את התנהגותו מהקצה לקצה. היתוש הופך לתזזיתי וצמא דם ומרבה בעקיצות. גם אם ימות היתוש בשלב הזה בידי האדם, את הטפיל הוא כבר העביר הלאה.
מינים רבים של **דגים** נוטים להתרחק מפני המים, כדי להתחמק מעופות המים, אבל דגים שנדבקים ב**תולעים שטוחות** שוחים יותר זמן קרוב לפני המים, במצב שבו הבטן הכסופה שלהם מנצנצת כלפי מעלה וקוראת לעופות לבוא ולטרוף אותם. הטריפה חשובה לתולעים כי רק בתוך מעי העוף הם משלימים את מחזור חייהם ומגיעים לבגרות.
טפיל מהמין **טוקסופלזמה גונדי** יכול לתקוף חולדות, עכברים ויונקים אחרים, וליצור אלפי ציסטות במוחם. חלק ממחזור חייו הוא משלים במעי החתול, אך אין לו דרך לעבור ממוח החולדה למעי החתול אלא על ידי שליטה התנהגותית. מסתבר שחולדות שנתקפות בטוקסופלזמה מאבדות את הפחד הרגיל שלהן מפני ריח החתולים, ואף מגלות סקרנות לריח של שתן החתולים. כך הופכות החולדות לטרף נוח על ידי החתול, ומגבירות את הסיכוי שהטוקסופלזמה ישלים את מחזור חייו.

**הטפילים שולטים**

במאמר מובא הסבר המוצע בספרו של **ריצ'רד דוקינס** "הגֶן האנוכי" לחידות המסקרנות: מדוע המוטציות והברירה הטבעית מובילות להופעתם של כוחות מפחידים כאלה? מה גורם לפונדקאי להבטיח את ההישרדות של מי שפוגע בו במקום להילחם על חייו?
על פי דוקינס, המוטציה עשויה להועיל או להזיק לטפיל. מוטציה בטפיל שמשפיעה על התנהגות הפונדקאי לטובה תהפוך שכיחה יותר, ומוטציה שמשפיעה לרעה עלולה להיעלם או להקטין את שכיחותה. אם צרעה רוכשת מוטציה שכופה על המושית הפונדקאית שלה לשמש שומרת ראש, לדוגמה, ישרדו הצאצאים הנושאים את

התכונה הזאת, משום שפחות מהם ייהרגו על ידי טורפים. **פרדריק ליברסאט** מאוניברסיטת בן גוריון מסביר את ההתקפה המרושעת של צרעה מהמין *Ampulex compressa*. הצרעה עוקצת **תיקן** והוא נהפך לפסיבי. אחר כך היא מוליכה את הקורבן המסומם למחילה על ידי משיכה במחוש שלו. התיקן מסוגל לנוע, אך הוא פסיבי לחלוטין. הצרעה מטילה ביצה בתחתית בטן התיקן, והתיקן עומד במקומו בשעה שזחל הצרעה יוצא מהביצה ומתחפר בבטנו. ליברסאט ועמיתיו מצאו שהצרעה מחדירה את העוקץ שלה במומחיות למוח התיקן, בדיוק לאזורים ששולטים בתנועה. היא מציפה את הנוירונים במוח בתמהיל של מוליכים עצביים, שהשפעתם דומה לזו של סמים פסיכואקטיביים ובכך הם מדכאים את תגובת התיקן לסכנה ולהימלטות. המדענים לא מצאו את תמהיל החומרים הכימיים, אך התופעות שפענחו משתלבות היטב עם התיאוריה של דוקינס. הגנים שמקודדים את מולקולות הארס מגייסים את התיקן לשירות תכנית ההישרדות של הצרעה על ידי כך שהם מספקים בית גידול אידיאלי לצאצאיה.

**עמוד השער של נשיונל ג'יאוגרפיק, נובמבר 2014. בתמונה: מושית שנעקצה על ידי צרעת ברקון המושית נושאת את הביצה שהטילה הצרעה בתוכה, ומגנה על הזחל הבוקע ממנה ומתגלם.**
**צילום:** ANAND VARMA

**לצפייה בסרטון סירקו את הברקוד**
←

## מפעילי הבובות

במעט מקרים מתחילים המדענים לזהות במדויק את הגנים בטפיל השולטים בהתנהגות הפונדקאי.

נגיפי **בָּקולו**, לדוגמה, מדביקים את זחלי העש **טוואית האלון** וכמה מינים אחרים של עשים ופרפרים. הטפיל פולש לתאי הפונדקאי, משתלט עליהם וגורם להם לייצר נגיפים חדשים. כשהנגיף מוכן לעזוב את הפונדקאי, הזחל משנה את התנהגותו. הוא הופך תזזיתי ואוכל ללא הפסקה. בהמשך הוא מתחיל לטפס על הצמח. במקום לעצור באתרים בטוחים הרחק מהישג ידם של טורפים, הוא מתיישב בחלק העליון של העלים או על גזע העץ, ושם טורפים יכולים לאתר אותו בקלות.

כשנגיפי הבקולו בשלים ומוכנים להתפשט, גנים מסוימים מתחילים לפעול בתאי הזחל ומייצרים שטף של אנזימים שמפרקים את בעל החיים. כאשר הזחל מתמוסס, נגיפים המצופים בגבישים, מופצים על העלים, שם הם ייאכלו על ידי זחלים חדשים.

בעיני **קלי הובר ודיוויד יוז** מהאוניברסיטה בפנסילבניה, הטיפוס על העץ הוא דוגמה נהדרת להשפעה ההתנהגותית. בכך שהנגיף גרם לפונדקאי לטפס על העץ, הוא הגדיל את הסיכוי שלו להדביק פונדקאי חדש. החוקרים מפנסילבניה בדקו את הגנים של הנגיף. כאשר שיתקו החוקרים גן יחיד בנגיף, המכונה "אגט" (egt), המשיך הווירוס להדביק את תאי הזחל ולהשתכפל כפי שעשה מקודם, ואפילו הפך את הזחל לעיסה, אך לא היה יכול לגרום לזחל לטפס על עצים.

התנהגותו של בעל חיים מושפעת בדרך כלל על ידי כמה גנים וכל אחד תורם תרומה קטנה לתוצאה הסופית. לכן סביר להניח שרוב הטפילים שולטים בפונדקאים שלהם באמצעות שלל גנים משל עצמם.

באוניברסיטת **מונטריאול** נמצאה תגלית מפתיעה שמסבירה את הקשר בין **ברקון המושית למושית שתים-עשרה הנקודות.**

החוקרים מצאו שכאשר הצרעה מטילה ביצה לתוך המושית, היא מזריקה גם תערובת של חומרים כימיים ונגיף שמתרבה בשחלות הצרעה. כמה עדויות מצביעות על כך שהנגיף הוא זה שמשתק את המושית ומגן על גולם הצרעה מפני פולשים. האינטרסים האבולוציוניים של הנגיף והצרעה מתלכדים. המושית שומרת הראש מביאה להתרבות הצרעות, והתרבות הצרעות מובילה להתרבות הנגיפים. התהליך האבולוציוני שלהם מתקדם בכך שהגנים שלהם משתפים פעולה בהסבת המושית לזומבי.

מי הוא מפעיל הבובות האמיתי? האם הברקון הוא המפעיל או שמא יש מי שמפעיל אותו?

את זה ודאי נקרא במאמר הבא בנושא, שיפורסם בעתיד בנשיונל ג'יאוגרפיק.

# הדברה ביולוגית של גורמי מחלות בצמחים

**ד"ר דוד עזרא**

המחלקה למחלות צמחים וחקר העשבים, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, בית דגן

הדברה ביולוגית מוגדרת כהדברתם של אורגניזמים מזיקים על ידי אורגניזמים אחרים אשר משמשים כטורפים, פרזיטים או פתוגנים של המזיק. כשמתייחסים להדברה ביולוגית של גורמי מחלות אפשר להוסיף להגדרה זו גם את המושג "אנטגוניסטים" - מיקרואורגניזמים המפריעים למזיק בדרכים שונות וכך מונעים או מעכבים את התפתחות המחלה.

בהתמודדות עם גורמי מחלות פטרייתיים מקובלות מספר גישות מרכזיות:

1. שימוש בווירוסים של פטריות (Mycoviruses)
2. שימוש בפטריות פרזיטיות (Mycoparasites)
3. השראת עמידות בעזרת חשיפה לפטריות וחיידקים מועילים
4. אנטגוניזם

## שימוש בווירוסים של פטריות - Mycoviruses

מיקווירוסים הנם וירוסים התוקפים פטריות. בשונה מווירוסים נפוצים אחרים הידועים לנו, לווירוסים אלה אין מעטפת והם אינם מופצים בדרכים "מקובלות". דרך אחת בה וירוסים אלה מדביקים את הפונדקאי שלהם, היא על ידי איחוי תפטיר פטריות (anastomosis) של פטריה נגועה בווירוס עם תפטיר נקי. חלקיקי הווירוס מועברים לתפטיר הנקי שהופך אגב כך לנגוע. הדרך השנייה היא על ידי הפצת נבגים נגועים של הפטריה המאכסנת.

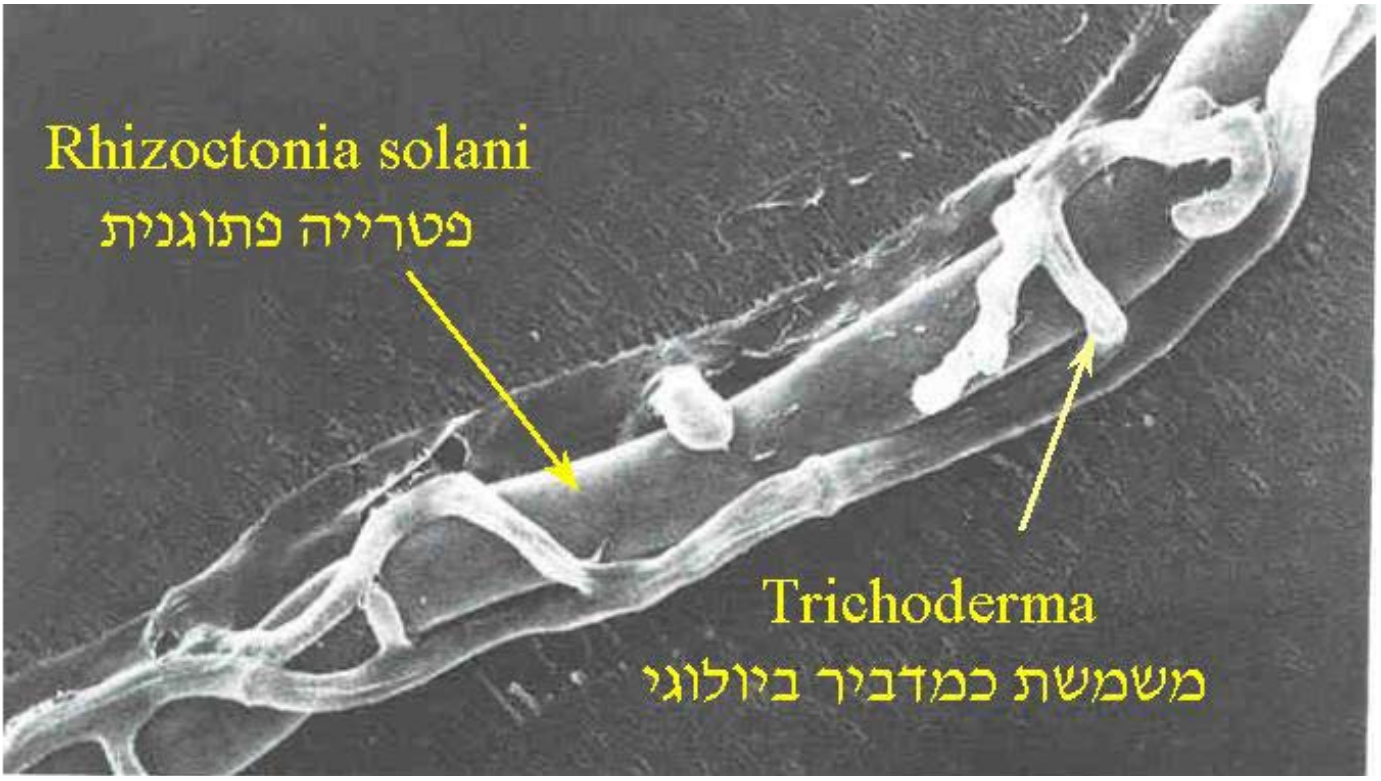
מיקווירוסים הם וירוסים נפוצים מאוד יחסית (למעלה מ-250 ידועים), ונמצאים בפטריות רבות. הם יכולים להיות ssRNA, dsRNA, ולאחרונה התגלו גם וירוסי DNA בקבוצה זו. לרוב, אין לווירוסים אלה כל השפעה על הפטריה המאכסנת והם נחשבים לווירוסים קריפטים. עם זאת, מספר וירוסים התגלו כבעלי יכולת להיטיב עם הפטריה המאכסנת ולשפר את יכולתה לגדול ולשרוד, בעוד אחרים התגלו כבעלי יכולת להזיק לפטריה.

וירוסים היודעים להשפיע על פטריות פתוגניות מחוללות מחלות נקראים וירוסים היפווירולנטים והם המעניינים ביותר מבחינת האפשרות לנצלם בהדברה ביולוגית. עיקר התופעות הנגרמות על ידם הן: עיכוב גדילה של הפטריה המאכסנת, פגיעה ביכולתה ליצר נבגים וגופי רבייה והפצתם, ופגיעה בווירולנטיות של הפטריה המאכסנת - כלומר, ביכולתה להפעיל את התהליכים המביאים להתפתחות מחלה בצמח הפונדקאי.

**דרך אחת בה מיקווירוסים אלה מדביקים את הפונדקאי שלהם, היא על ידי איחוי תפטיר פטריות (anastomosis) של פטריה נגועה בווירוס עם תפטיר נקי. חלקיקי הווירוס מועברים לתפטיר הנקי שהופך אגב כך לנגוע.**

**הדרך השנייה היא על ידי הפצת נבגים נגועים של הפטריה המאכסנת**

אחת הדוגמאות הידועות ביותר להדברה ביולוגית על ידי וירוס של פטריות היא מחלת כימשון עצי הערמון (Chestnut blight disease) הנגרמת על ידי פטריה בשם Cryphonectria parasitica. פטריה זו הגיעה לארצות הברית בשנת 1904 לערך, כפי הנראה בתוך משטח עץ ששימש משלוח סחורה מסין. הפטריה הצליחה להדביק ולהרוג את כל עצי הערמונים בצפון-אמריקה כך שעד שנת 1950 נשארו עצים בודדים, מבודדים, שאינם נגועים במחלה. גורם המחלה עצמו חודר לעץ ומתבסס בקליפה. העץ מנסה להתמודד עם הפולש על ידי יצירת רקמה שעמית שתפקידה לבודד את הפטריה במטרה למנוע ממנה להמשיך ולהתפתח. למרות זאת, הפטריה ממשיכה להתפתח, וכתוצאה מכך קליפת העץ




**פטריה תוקפת פטריה פתוגנית**

מתבקעת ונמנעת תנועת מוטמעים בעץ, דבר הגורם להתמוטטות הענפים, הגזע והעץ כולו.

כ-25 שנים לאחר הגעת הפטריה לארצות הברית, היא הגיעה גם לאירופה, שם תקפה וגרמה למחלה בזן האירופי של הערמונים. באירופה שמו לב שישנם עצים המראים תסמינים מוחלשים של המחלה, אך לא מתים ממנה. בבידוד גורם המחלה מהעצים הנגועים, בודדה הפטריה גורמת המחלה, אך בתרביות, היא נראתה שונה מהפטריה מארצות הברית (ייצרה פחות פיגמנטציה). לאחר מחקר רב, התברר כי התבדיד הלא-וירולנטי (היפווירולנטי) נושא וירוס dsRNA, הנמצא בציטופלסמה של הפטריה, מקושר לתופעת ההיפווירולנטיות של הפטריה. בנוסף, נמצא שווירוס זה מועבר מפטריה נגועה לתפטיר פטריה נקייה. החוקר הצרפתי Jean Grente, שחקר את התופעה, הדביק עצים חולים בפטריה הנגועה בווירוס. ההדבקה הובילה להחלמה של העצים ועקב כך השימוש בפטריה ההיפווירולנטית למניעת המחלה בעצים באירופה הפך לנפוץ מאוד ולמעשה, המחלה כבר לא מהווה בעיה באירופה. למרבה הצער, הפטריה שנמצאה באירופה אינה יעילה כנגד זן הפטריה האמריקאי. עד היום לא נמצא וירוס מקביל בעל השפעה ברורה על זן הפטריה הפתוגנית האמריקאית והחוקרים ממשיכים לחפש.

מאז הגילויים הראשונים של וירוסים היפווירולנטים, זוהו ואופיינו עוד מאות וירוסים כאלה, ביניהם וירוסים התוקפים פטריות בעלות משמעות חקלאית גבוהה, כמו: Fusarium sp., Sclerotinia sp. Botrytis sp. ועוד.

## שימוש בפטריות פרזיטיות כנגד פטריות אחרות - Mycoparasites

פטריות פרזיטיות (מיקופרזיטיות) הנן פטריות התוקפות קורי פטריה אחרת בכדי לגרום לה לנזק ולהתקיים על התפטיר של הפטריה המותקפת. התופעה התגלתה ותוארה לראשונה ב-1932 על ידי Weindling שהבחין כי הפטריה Trichodorma lignorum גדלה על תפטיר פטריות קרקע במצעי מזון במעבדה. מאז נמצאו עוד מספר רב של פטריות פרזיטיות, ביניהן:

Coniothyrium sp., Gliocladium sp., Phytium sp., Talaromyces sp. Laetisaria sp. ועוד. מרבית הפטריות שנלמדו פועלות בסביבת הקרקע. מסתבר שכדי שהן יפעלו ביעילות, נדרש להן מקור מזון אורגני בקרקע. כלומר, הוספה של מקור אורגני לקרקע עוזרת לפעילות הפטריות נגד פתוגנים גורמי מחלות. בהרבה מהמקרים (בייחוד טריכודרמה) פעילות הפטריה הפרזיטית הייתה גבוהה יותר בקרקעות לא מאוכלסות, כמו, לדוגמה, כאלה שעברו טיפול בקוטלי פטריות וחיידקים ורק לאחר מכן הפרזיטית הוספה להם. בנוסף, מסתבר שכמות הפטריות הפרזיטיות שצריך להוסיף לקרקעות בכדי שהן יפעלו ברמה מספקת, צריכה להיות יחסית מאוד גבוהה.

פטריות מיקופרזיטיות יכולות להיות מועילות מאוד כשמדובר בשימוש בהן כמדבירות ביולוגיות, אך הן יכולות גם להיות הרסניות, במיוחד כאשר הן מצליחות להגיע למרבדי גידול מסחריים של פטריות מאכל. התוצאה בדרך כלל היא הרס מוחלט של מרבדי הגידול והפסד כספי ←

גדול למגדלים. מנגנון הפעולה של פטריות אלה, כפי הנראה, שונה בין המינים השונים. במקרה של טריכודרמה, שהיא מיקופרזיט נקרוטרופי - הורג את הפונדקאי שלו וניזון מתכולתו - אפשר לראות את הפטריה גדלה מסביב לתפטיר הפטריה אותה היא תוקפת. בשלב מאוחר יותר ישנה הפרשה של אנזימים המפרקים את תפטיר הפטריה המותקפת, והפטריה המתקיפה מנצלת את תכולת התא הנשפכת מהתאים המתפרקים. מיקופרזיטים ביוטרופיים- מנצלים את הפונדקאי שלהם מבלי להרוג אותו - חודרים לתאי הפונדקאי שלהם על ידי איברים ייחודיים דמויי מצצנים המייצרים חורים קטנים בתאי הפונדקאי, או על ידי יצירת אוסטוריה (מבנה החודר לתוך תא הפונדקאי) אשר מספקת להם את כל המרכיבים מתוך תא הפונדקאי.

פטריות מיקופרזיטיות אמנם מאוד נפוצות בקרקע, אך ישנן דוגמאות גם לכאלה המתקיימות על נוף הצמחים, למשל: Trichoderma stromaticum תוקפת את הפטריה הפתוגנית Crinipellis perniciosa, אשר גורמת למחלת Witches Broom בקקאו, הפוגעת בענפי הצמח אך גם בפירות הקקאו וגורמת לריקבונם. דוגמה נוספת היא Sphaerellopsis filum התוקפת פטריות שונות מה- Uredinales, הגורמות למחלות חילדון במיני דשא.

**פטריות מיקופרזיטיות יכולות להיות מועילות מאוד כשמדובר בשימוש בהן כמדבירות ביולוגיות, אך הן יכולות גם להיות הרסניות, במיוחד כאשר הן מצליחות להגיע למרבדי גידול מסחריים של פטריות מאכל. התוצאה בדרך כלל היא הרס מוחלט של מרבדי הגידול והפסד כספי גדול למגדלים**

### השראת עמידות בעזרת חשיפה לפטריות וחיידקים מועילים

השראת עמידות מערכתית (Induced systemic resistance - ISR) היא תגובה הגנתית מוגברת של הצמח השלם, גם באזורים מרוחקים מאזור ההדבקה, המעוררת בצמח בשל חשיפה מקומית שלו לאורגניזם מועיל, בדרך כלל חיידק, פטריה או משרן כימי. הדוגמאות הראשונות לתופעה זו הודגמו בשנת 1991 על ידי חשיפת שורשי צמחים לחיידקים מעודדי גדילה (PGPR), שבעקבותיה חלקיו העליונים של הצמח הראו עמידות גבוהה לפתוגן הגורם בו מחלה. בנוסף, נמדדה הפרשה גבוהה באופן מהותי של חומרים פיטואלקסינים מיקרוביאליים באתר ההדבקה בפתוגן. בהמשך נמצאו גם פטריות לא פתוגניות שגרמו לאותה תוצאה (PGRF). המשמעות של מערכת זו היא שחשיפה של הצמח לחיידק או לפטריה מועילים (מעודדי גדילה), או כאלה שאינם גורמים לו מחלה, גורמת למערכת ההגנה של הצמח להיכנס למצב המתנה בו המערכת משופעלת ומוכנה לקראת התקפה של גורמי נזק שונים, כגון: פתוגנים גורמי מחלות או מזיקים. כאשר הפתוגן מתקיף את הצמח, המערכות כבר מוכנות לקראתו ולכן תגובת הצמח היא מידית וחזקה פי כמה מתגובת צמח שאינו מעורער. מצב זה גורם לכך שסיכויי ההדבקה והתפתחות המחלה קטנים משמעותית בצמחים מעוררים. השראה כזאת נגרמת לא רק מחיידקים ופטריות קרקע באזור השורשים, אלא גם ממיקרואורגניזמים המאכלסים את חלקי הצמח העליונים, כגון: אפיפיטים - שחיים על פני הצמח, ואנדופיטים - שחיים בתוך רקמת הצמח. גם חומרים כימיים הנחשבים למשרנים כימיים יכולים לגרום לתופעה זו. לדוגמה, חומצה זרחיתית (phosphite) ידועה כמשרן ומשמשת בתכשירים מסחריים להתמודדות עם מחלות בצמחים. לעתים גם חומרים משניים שונים המופרשים על ידי מיקרואורגניזמים הנמצאים על הצמח ובתוכו, יכולים לגרום להשראת עמידות בצמח. תועדה גם השראת עמידות כתוצאה מהתקפת חרקים. במקרים כאלה, לא רק שהצמח מפעיל מערכות הגנה בחלקיו המרוחקים, אלא ישנה לעתים גם הפרשה של חומרים נדיפים, אשר עשויים להשפיע על צמחים אחרים בסביבתם שנערכים בעצמם להתקפת החרקים על ידי הפעלת מערכת ההגנה שלהם. יתרה מכך, נדיפים אלה משמשים כסיגנלים המושכים חרקים טורפים כנגד המזיק.

המנגנונים המקושרים להשראת עמידות הנם מנגנונים מורכבים מאוד ולא נדונים במאמר זה. לקריאה נוספת והעמקה בנושא זה מומלץ לקרוא את המאמר המסכם של Pieterse et al. 2014, וישנם עוד רבים אחרים.

### אנטגוניזם

תחת ההגדרה "אנטגוניזם" אפשר לכלול מנגנוני פעולה שונים, ביניהם: תפיסת נישת המחיה של הפתוגנים גורמי המחלות על ידי מיקרואורגניזמים שאינם גורמים מחלה.

אפשרות ראשונה היא התרבות הפטריות והחיידקים באותם מקומות בהם אמורים היו הפתוגנים להתבסס. הם מנצלים את מקורות המזון ומונעים פיזית את התבססות הפתוגנים והתפתחותם, ועקב כך את יכולתם לגרום מחלה לפונדקאי. דוגמה למיקרואורגניזם כזה הוא חיידק בשם (Agrobacterium radiobacter K-1026) המתבסס באותן נישות מחיה של Agrobacterium tumefaciens, חיידק היודע לתקוף צמחים רבים על ידי החדרת מקטע DNA המקודד לחומרי מזון המשמשים רק אותו לתאי הצמח. כך הוא גורם למחלת עפצים (סרטן בצמחים) הפוגעת קשות בצמח וביכולתו לייצר פרי או ירק, ולעתים אף למותו של הצמח. התבססות מוקדמת של (A. radiobacter K-1026) על גבי הצמחים עוזרת למנוע את התפתחות מחלת העפצים על ידי A. tumefaciens.

אפשרות שנייה היא antibiosis - כלומר, מיקרואורגניזמים המפרישים לסביבת מחייתם חומרים בעלי פעילות ביולוגית נגד מיקרואורגניזמים אחרים. חומרים אלה, המיוצרים על ידי הפטריות או החיידקים המועילים אינם מכוונים לטובת הצמח כמובן, אלא במטרה להילחם בחיידקים ופטריות אחרים המתחרים איתם על מזון ונישת המחיה. הצמח, מבחינתו, מרוויח הגנה מקומית מפני פתוגנים הנפגעים גם הם מחומרים אלה. בחלק מהמקרים, חומרים אלה לא רק שמשפיעים מקומית על מיקרואורגניזמים מזיקים, אלא גם מפעילים את מערכות ההגנה הסיסטמיות של הצמח וגורמות לו להיכנס למצב מוכנות כנגד גורמי מחלה ומזיקים. יתרה מכך, הם אף גורמים לעמידות הצמח כנגד מצבי עקה, כגון: יובש, מליחות, טמפרטורות קיצוניות, ואפילו גדילה באזורים מזוהמים באופן קיצוני.

פטריות אנדופיטיות הנן פטריות החיות את מרבית מחזור חייהן בתוך הצמח הפונדקאי מבלי לגרום לתסמינים הנראים בצמח. רבות מביניהן מקיימות יחסי מוטליזם (שיתוף) עם הצמח הפונדקאי שלהן ומועילות לו. ישנן דוגמאות רבות לאנדופיטים שבודדו מצמחים עשבוניים ומעוצים, אשר מפרישים חומרים משניים בעלי פעילות ביולוגית אנטיביוטית. הדוגמה הידועה ביותר והנלמדת ביותר היא של פטריה בשם Neotyphodium sp. פטריה זו מאכלסת עשב גבוה (סוג של דשא) בצורה אנדופיטית תוך יחסי שיתוף עם העשב. עשב מאוכלס יודע להתמודד טוב יותר עם תנאי יובש קשים, בעל צמיחה מוגברת, והוא עמיד להתקפת חרקים, למחלות ולרעיית יתר על ידי בעלי חיים. הפטריה מקנה לעשב תכונות אלה על ידי הפרשת שלושה חומרים אלקלואידים לתוכו. שניים מהם (loline, peramine) ידועים כחומרים מדבירי חרקים, והשלישי (ergovaline) נחשב לרעיל לבעלי חיים וגורם לתופעה הנקראת טוקסיקוסיס. בתופעה זו, בעלי חיים הניזונים מהעשב מתנהגים כשיכורים, סובלים מאיבוד משקל, איבוד היכולת לווסת את חום הגוף שלהם ומהפלות מרובות. מאז גילוי העשב והפטריה שבו, נמצאו עשבים אחרים בהם קיים שיתוף דומה, אך עם פטריות שאינן מפרישות חומרים מזיקים או רעילים, אלא רק כאלה המקנים יתרונות לצמח ולאדם. כיום עשב זה (שנקרא קנטאקי 31 על שם המקום ושנת הגילוי שלו), משמש בעיקר למדשאות ולא למאכל בעלי חיים. ישנן עוד דוגמאות רבות לאנדופיטים המייצרים חומרים משניים לתועלת האדם כתרופות וכחומרים ממקור טבעי להדברה. דוגמה בעלת משמעות גדולה בתחום הרפואה היא פטריה אנדופיטית בשם Nodulisporium sylviforme שהתגלתה בשנת 1993 בעץ Pacific Yew. מהקליפה של עץ זה מפיקים תרופה כימוטרפית בשם Taxol, בדרך שדורשת כריתה של מספר גדול מאוד של עצים. כתוצאה מכך, העלויות של החומר הנן גבוהות מאוד. נמצא כי הפטריה האנדופיטית מפרישה למצע המזון בו היא גדלה במעבדה, כמויות קטנות אך לא מבוטלות של Taxol. הממצא פתח לראשונה את האפשרות לייצור התרופה על ידי פרמנטציה של הפטריה בתנאי מעבדה. דוגמה נוספת ומעניינת לא פחות היא פטריה אנדופיטית בשם Muscodor albus, המפרישה לסביבתה חומרים פעילים ביולוגית, נדיפים. חומרים אלה נמצאו כבעלי יכולת לדכא ולעצור את התפתחותן של מחלות אחסון בפירות ופרחים. לחומרים המופרשים מהפטריה גם יש יכולת פעילות נגד חרקים, שאפשר לנצל ביישומים שונים, לדוגמה, בטיפול בפרחים לפני משלוח כנגד חרקי הסגר. אחד השימושים

**חומצה זרחיתית (phosphite) ידועה כמשרן ומשמשת בתכשירים מסחריים להתמודדות עם מחלות בצמחים. לעתים גם חומרים משניים שונים המופרשים על ידי מיקרואורגניזמים הנמצאים על הצמח ובתוכו, יכולים לגרום להשראת עמידות בצמח. תועדה גם השראת עמידות כתוצאה מהתקפת חרקים**

צילום: דוד עזרא

**בחינת אנדופיטים לפעילות ביולוגית כנגד פטריות מחוללות מחלות לצמחים**
**א. חיידק אנדופיטי והשפעתו על ארבע פטריות במבחני מעבדה. אפשר לראות את קו הנסיגה של הפטריה בחזית אל מול החיידק (ימין ושמאל).**
**ב. פטריה אנדופיטית והשפעתה על ארבע פטריות במבחני מעבדה. ניתן לראות שפטריות מסוימות לא גדלו כלל מהשפעת החומרים המופרשים על ידי הפטריה האנדורפטית למצע הגידול (הצד הימני של הצלחת).**
**ההשפעה על עיכוב הגדילה נעשית לאחר לפחות שלושה ימים, ומושווה לביקורת - אותן פטריות הגדלות על צלחת דומה ללא נוכחות המדביר הפוטנציאלי.**

הפחות-צפויים שנעשו בפטריה זו הנו טיפול בצואת אדם, כחלק מהמרכיבים של בתי שימוש ניידים. נמצא שהפטריה מצליחה לדכא את גדילתם של חיידקים ופטריות ובכך למנוע את פיזורם.

## סיכום

הדברה ביולוגית של גורמי מחלות הנו תחום שנחקר בעבר וממשיך גם היום למשוך תשומת לב רבה. ההתפתחויות בכל מישורי התחום, הנן רבות, בעיקר עקב התפתחות שיטות הלימוד של המנגנונים המעורבים, והאפשרויות בגילוי מיקרואורגניזמים וחומרים חדשים לשימוש בחקלאות, ברפואה ובכלל. אין ספק שתרומת המחקר בתחום זה להפחתת חומרי ההדברה הרעילים בהם נעשה שימוש בחקלאות מהווה פוטנציאל גדול, אבל עדיין יש הרבה לחקור וללמוד בכדי שהשימוש במדבירים ביולוגיים אלה יהיה יעיל וכדאי כלכלית לחקלאי.

**אין ספק שתרומת המחקר בתחום זה להפחתת חומרי ההדברה הרעילים בהם נעשה שימוש בחקלאות מהווה פוטנציאל גדול, אבל עדיין יש הרבה לחקור וללמוד בכדי שהשימוש במדבירים ביולוגיים אלה יהיה יעיל וכדאי כלכלית לחקלאי**

מציאת מדבירים ביולוגיים לשימוש כנגד גורמי מחלות בעצים עשויה להוות פתרון חשוב בעיקר כנגד אלה הנקראות 'מחלות סיסטמיות', בהן גורמי המחלה נמצאים בתוך החלקים המעוצים של העץ, לשם לא מגיעים חומרי ההדברה הכימיים. מדבירים ביולוגיים החיים באזורים אלה יכולים לתת מענה המשתמש באחת מדרכי הפעולה המתוארות לעיל.

במעבדתנו במכון וולקני אנחנו מנסים להבין את הפטריות גורמות המחלות לעצי פרי, ובמקביל למצוא מדבירים ביולוגיים הן לשימוש ספציפי כנגד מחלות אלה, והן כמקור לחומרים חדשים להדברה ירוקה ממקור טבעי.

**ספרות**

Induced Systemic Resistance by Beneficial Microbes
Annual Review of phytopathology 52: 347-375

# וירוסים - מדבירים מיקרוביאליים ייחודיים של מזיקים חקלאיים

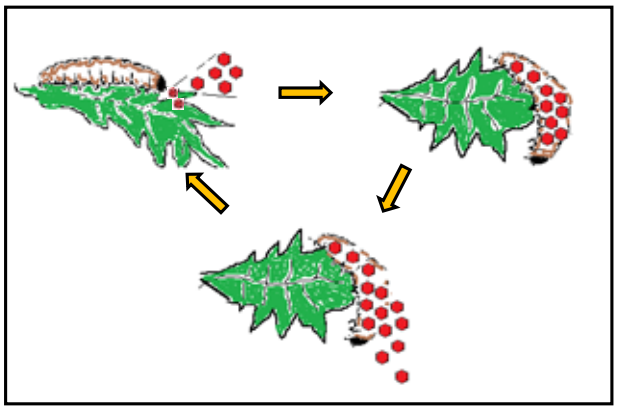
**פרופסור נור צ'חנובסקי**
מינהל המחקר החקלאי, המחלקה לאנטומולוגיה ונמטולוגיה, מרכז וולקני, בית דגן

הדרישה העולמית להגבלת השימוש במדבירים כימיים של מזיקים חקלאים בעלי טווח רחב ובלתי ספציפי, גורמת להפסקת ייצורם של חומרי הדברה רבים. מלאי הכלים העומדים לשימוש החקלאי כנגד מזיקים שונים מצטמצם. תופעה זאת, היוצרת אפקט מצטבר לאורך הזמן, מניעה, מאלצת ומזינה את המחקר והפיתוח של ביופסטיצידים להדברת מזיקים ידידותית לסביבה ולאדם. מגמה זאת מאפשרת הסתכלות מחודשת ובשלה יותר על שימושם של וירוסים פתוגניים לחרקים בחקלאות. כך, יחד עם זמינותן והתפתחותן של טכנולוגיות מתקדמות לגילוי מהיר של מיקרואורגניזמים, נפתחות הזדמנויות חדשות לפיתוח ומסחור של וירוסים פתוגניים לחרקים להדברת מזיקים חקלאיים.
לדגימת הפוטנציאל זה נעיין בקצרה בביולוגיה וביישום של הבקולווירוסים והנודיווירוסים כביופסטיצידים.

## בקולווירוסים

הבקולווירוסים ('בקולו' - מקל, בלטינית) שייכים למשפחה גדולה של וירוסי DNA הנחקרת ביותר מבין הנגיפים התוקפים חסרי חוליות בלבד ובמיוחד חרקים. הווירוסים האלה נמצאים בטבע על עלים ונוף, עטופים בגביש חלבוני המאפשר להם לשרוד בתנאי הסביבה. הגבישים הוויראליים נאכלים עם עלי הצמח על ידי זחלי החרק וכך חודרים למערכת העיכול שלו. זחלי פרפראים, למשל, אוכלים את נגיפי הבקולו הנוקלאופוליהדרווירוסים עטופים בגביש פאוני (פוליהדרה), והגרנולווירוסים עטופים בגרנולה. בשל תנאי החומציות של המעי התיכון (pH בסיסי), הגביש מתפרק וחלקיקי הווירוס הארוזים בו משתחררים ומדביקים את תאי האפיתליה שבמעי. בהמשך הם חודרים למערכת הנשימה והלימפה של החרק ומשם מתפזרים ומדביקים את איבריו החיוניים. בסוף ההדבקה הזחל הנגוע מלא במיליוני-מיליונים של גבישים המכילים בקולווירוסים (מעל 109 חלקיקים). כמו כן, כתוצאה מהשפעת הווירוס, הזחל מטפס גבוה על ענפים ועלים ושם מתמוטט ומת. בשל הפרשות של אנזימים מפרקי קוטיקולה המושרות על ידי הווירוס, גופתו של הזחל רכה ושברירית וכל נגיעה בה על ידי עלה או ענף גורמת לקריעת הקוטיקולה ופיזור מיליוני וירוסים חדשים בנוף. וירוסים אלה מיועדים להתחלת מחזור חיים חדש של הנגיף בפונדקאי מתאים שיאכל אותם.

**בסוף ההדבקה הזחל הנגוע מלא במיליוני-מיליונים של גבישים המכילים בקולווירוסים. כמו כן, כתוצאה מהשפעת הווירוס, הזחל מטפס גבוה על ענפים ועלים ושם מתמוטט ומת**



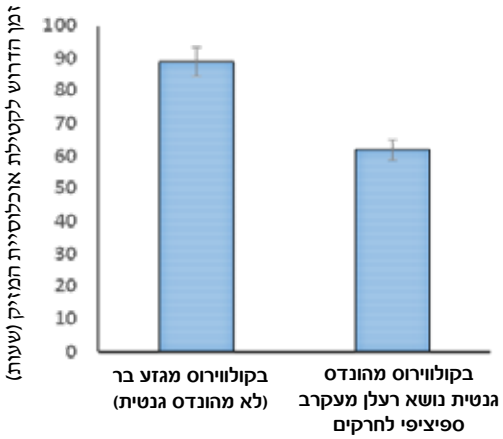
**מחזור חיים של בקולווירוס**

## יתרונות וחסרונות של בקולווירוסים

וירוס זה איננו מדבק ליונקים ולאדם ובדרך כלל מותאם לפונדקאי שלו. מכאן נובע שיתרונותיהם של הבקולווירוסים

הנם הספציפיות ורמת הבטיחות הגבוהה שלהם. כמו כן, ניתן לשלבם בהדברה משולבת, כי אינם יכולים להדביק בעלי חוליות בכלל וחרקים שאינם פונדקאים בפרט.
חיסרון אחד של הבקולווירוסים הוא חוסר עמידות של הגבישים לקרינת השמש. בעיה זו טופלה בהצלחה על ידי מציאת תואריות מתאימות לפיזור הווירוס.
חיסרון שני הוא זמן הפעולה הארוך-יחסית הדרוש לקטילת המזיק. הפתרונות השונים שפותחו על מנת להתגבר על כך נחלקים לשתי גישות עיקריות:
א. גישות קלסיות, שכוללות בידודם של זני בקולווירוסים אלימים יותר ו\או שילובי זנים של הווירוסים הללו, שמאפשרים לפתח מוצרים להדברת מזיקים שונים.
ב. גישות המבוססות על הנדסה גנטית של בקולווירוסים עם גנים שתוצריהם גרמו לקטילה מהירה ו\או מוגברת של המזיק.
היום קיימים בשוק מוצרי הדברה של מזיקים שונים, המבוססים על הגישה הקלסית, ומגמה זו ממשיכה להתפתח.
הגישות המבוססות על הנדסה גנטית נחלו הצלחות מרשימות בניסויי מעבדה ובניסויי שדה (ראו איור המדגים קיצור משמעותי בזמן הדרוש לקטילת מזיק של וירוס מהונדס לעומת וירוס מגזע בר), אך לקראת סוף העשור האחרון של המאה הקודמת התקדמותן נעצרה, בשל קשיי רגולציה וכן בשל האופן שהמוצר נתפס בדעת הקהל. למשל, היחס השלילי בשוק האירופאי למיקרואורגניזמים מהונדסים גנטית (GMO) הכולל גם התייחסות לווירוסים מהונדסים גנטית. גם בארצות הברית, בה הגישה להנדסה גנטית יותר ליברלית, חלה האטה בהתקדמות הנושא, בשל התחרות הגבוהה לווירוסים המהונדסים גנטית מול כניסתם המסיבית לשוק של צמחים מהונדסים.
כעת קיימת התעניינות מחודשת בגישה זאת וביישומיה.

**וירוס זה איננו מדבק ליונקים ולאדם ובדרך כלל מותאם לפונדקאי שלו. מכאן נובע שיתרונותיהם של הבקולווירוסים הנם הספציפיות ורמת הבטיחות הגבוהה שלהם. כמו כן, ניתן לשלבם בהדברה משולבת, כי אינם יכולים להדביק בעלי חוליות בכלל וחרקים שאינם פונדקאים בפרט**




**הקטנת זמן קטילת זחלי הליקוורפה ארמיגירה על ידי בקולווירוס מהונדס גנטית**

### מוצרים מבוססי בקולווירוסים

בקולווירוסים ניתנים לפיזור בשטח בעזרת אמצעים אגרוטכניים רגילים כריסוס מהקרקע, פיזור מהאוויר וכו'.
כיום קיימים מוצרים מבוססים על בקולווירוסים (גרנולוויורסים ונוקלאופוליהדרווירוסים) והדרך פתוחה לפיתוח מוצרים נוספים ליישומם במזיקים חדשים.
חברות שונות הוציאו לשוק מדבירים ויראליים. לדוגמה:

- Madex ו- Cyd-X נגד עש התפוח, Cryptex נגד עש התפוח המדומה, המבוססים על גרנולווירוסים.
- Helicovex ו- Gemstar נגד מיני הליקוורפה שונים, ו- Littovir נגד פרודניה, המבוססים על נוקלאופוליהדרווירוס.

בנוסף, בקולוויורסים שימשו ומשמשים כמדבירים ביולוגיים של מזיקים שונים ביקות, גידולי שדה ותה בסין, ושל מזיק הסויה, תנשמית השעועית (Anticarsia gemmattalis), בברזיל.
ב- 2012 יוצרו 1600 טון של קוטלי חרקים מבוססים על

בקולווירוסים בסין - כ-0.2% מכלל קוטלי החרקים המזיקים במדינה. בשל הוצאת קוטלי חרקים כימיים משימוש בסין, גוברת מגמת החדרת מדבירים ויראליים. כיום יש 11 מדבירים ויראליים מסחריים בסין, ומשנת 2012 קיימת הכוונה ממשלתית למתן יתרון ותמיכה למפתחים ביופסטיצידים ולמשתמשים בהם.

**ב-2012 יוצרו 1600 טון של קוטלי חרקים מבוססים על בקולווירוסים בסין - כ-0.2% מכלל קוטלי החרקים המזיקים במדינה. כיום יש 11 מדבירים ויראליים מסחריים בסין, ומשנת 2012 קיימת הכוונה ממשלתית למתן יתרון ותמיכה למפתחים ביופסטיצידים ולמשתמשים בהם**

### הדברה של מזיקים קשים בעזרת נודיווירוסים

בשנות השבעים של המאה הקודמת היוותה קרנפית הדקל (Oryctes rhinoceros) איום משמעותי לגידולי דקלי הקוקוס במזרח הרחוק (בפאפואה-גיניאה החדשה, סמואה, איי מלדיבי וכו'). יכולת הקרנפית לקנן בגזע העץ העמידה מכשול קשה להדברתה באמצעים קונבנציונליים. לפתרון הבעיה הוזעק ד"ר אלויס הוגר, מדרמסטאט, גרמניה, שחקר פתוגנים של הקרנפית וגילה וירוס דמוי בקולו (שהיום שמו Oryctes nudivirus), אשר משויך למשפחת הנודיווירוסים. הוא זיהה שווירוס זה תוקף את הבוגרים ואת הדרנים של הקרנפית וגורם למותם. ליישומו בהדברת המזיק, הווירוס הופק בכמות גדולה. חיפושיות בוגרות הואכלו או הוצפו בווירוס, ופוזרו בשטח. הרגלי הקרנפית להתקהל בגזע העץ העבירו את הפתוגן לקרנפיות אחרות שנדבקו בווירוס ובהמשך פיזרו אותו לחלקים אחרים של אוכלוסיית המזיק תוך יצירת מחלה אפיזואוטית. המשך התפשטותה של המחלה הוויראלית גרם לירידה משמעותית של אוכלוסיית המזיק, ותפוצתו דעכה באזור שהיה אנדמי, לרווחת החקלאים והייצור החקלאי.

### חידושים בהדברת מזיקים קשים בעזרת וירוסים

בשנים האחרונות קבוצות מחקר בספרד, בארצות הברית ובמקומות אחרים בעולם מיישמות גישות של שילוב כמה זני בקולווירוסים בתוארית אחת, על מנת להגביר את יעילותם בשדה. לדוגמה, גישה זאת מיושמת בפיתוח ומסחור של מדביר כנגד הליקווירפה (הליוטיס) במוצר מסחרי המבוסס על נוקלאופוליהדרווירוס Vivusmax, שמקורו בחברה אוסטרלית.

כמו כן, היום יש באפשרותנו יכולת לזהות אוכלוסיות שלמות של מיקרואורגניזמים מפונדקאים שונים על ידי קביעה בו-זמנית של רצף חומצות הגרעין של המיקרואורגניזמים המדביקים או הנישאים על ידי החרקים עצמם (בשיטת ריצוף עמוק - deep sequencing. לעיבוד המידע הרב שמתקבל מגילוי אוכלוסיות וירוסים בחרק, נעזרים בשיטות מחשוב מתקדם של הביואינפורמטיקה, המאפשרות זיהוי ראשוני של וירוסים קיימים וחדשים בחרק. כתוצאה מכך מתקבל מידע רב על וירוסים שיכולים להוות פתוגנים ייחודיים של המזיק. מידע זה משמש כבסיס לזיהוי הווירוס באוכלוסיית המזיק ולבידודו. בהמשך נבדקים יכולתו של הווירוס לקטול את המזיק ביעילות, וייחודו כקוטל המזיק. כך ניתן לגלות וירוסים פתוגנים ספציפיים לחרקים במהירות וליישמם בהדברת מזיקים.

**לעיבוד המידע הרב שמתקבל מגילוי אוכלוסיות וירוסים בחרק, נעזרים בשיטות מחשוב מתקדם של הביואינפורמטיקה, המאפשרות זיהוי ראשוני של וירוסים קיימים וחדשים בחרק. כתוצאה מכך מתקבל מידע רב על וירוסים שיכולים להוות פתוגנים ייחודיים של המזיק**

במרכז להדברה מיקרוביאלית של מינהל המחקר החקלאי אנחנו נוקטים בשילוב הגישה הזאת עם הניסיון שלנו בביולוגיית מדבירים ויראליים, לחקר ופיתוח ביופסטיצידים ייחודיים למזיקים קשים, כחידקונית הדקל האדומה ואחרים.

# שמן עץ התה
# כמקור לפיתוח קוטל פטריות טבעי

## מרעיון לפיתוח ויישום בגידולי חקלאות

**פרופסור משה ראובני**
המכון לחקר הגולן, אוניברסיטת חיפה, קצרין. חברת סטוקטון, ישראל

### רקע

גורמי מחלות בצמחים, כמו חיידקים ופטריות התוקפים את נוף הצמחים, גורמים לנזקים קשים בגידולי חקלאות ולפגיעה קשה ברמת היבול ובאיכותו. קיימות שיטות רבות להדברת מחלות אלו, כמו למשל: טיפוח זנים עמידים, הדברה ביולוגית, שימוש בתכשירים אורגניים, קוטלי פטריות סינתטיים, ועוד. על אף המגמה המתרחבת בעולם להפחית את השימוש בחומרי הדברה סינתטיים, הרעילים לאדם ולסביבה, עדיין רב השימוש בתכשירים אלו בארץ ובעולם והם מהווים מרכיב עיקרי בהדברת מחלות צמחים. ההדברה בממשק הכימי הקונבנציונלי מוגבלת בעיקר לתכשירים שאינם שאריים ברקמות הצמח. הדברת המחלות בממשק האורגני מתבססת בעיקר על תכשירי גופרית ונחושת, המלכלכים את הפרי והעלים ויעילותם מוגבלת. במקרה של גופרית היעילות פוחתת מאוד בטמפרטורות נמוכות.

שמנים אתריים ו/או מרכיבים שלהם דווחו בעבר כבעלי פעילות כנגד מיני פטריות או חיידקים מחוללי מחלות בצמחים. ברם, שמנים אלו, או מולקולות שונות שלהם, ברובם הגדול לא פותחו לתכשירים מסחריים כקוטלי מחלות בצמחים. הסיבה לכך נעוצה אולי בעלות הגבוהה של חומרי הגלם או בהיעדר הידע לפרמול מתאים של חומרים אלו.

### פיתוח שמן עץ התה
### כחומר פעיל לקוטלי מחלות בצמחים

שמן עץ התה האוסטרלי הוא שמן אתרי המופק באמצעות זיקוק באדי קיטור מצמחי *Melaleuca alternifolia*. השמן מכיל מרכיבים רבים, בעיקר תרכובות של טרפנים (חד, דו וסקטרפנים) ותרכובות אלכוהוליות שלהם. שמן עץ התה ו/או מרכיביו דווחו בספרות המדעית כיעילים נגד פטריות וחיידקים התוקפים בעלי חיים, וכשימושיים גם כחומר חיטוי, ריפוי פצעים, קוסמטיקה ועוד.

בשנת 2001 העלה בפניי דני נויפלד את הפוטנציאל של שימוש בשמן זה כנגד גורמי מחלות בצמחי חקלאות. בניסויים הקדמיים במעבדה הוא אכן נמצא יעיל כנגד מספר פטריות פיטופתוגניות. ביוזמה משותפת, הוקמה במסגרת החממה הטכנולוגית בקצרין חברת ביומור, שבהמשך מוזגה בתוך חברת סטוקטון, ששמה לה למטרה לפתח את השמן כחומר פעיל כנגד מחלות בצמחים.

שלב הפיתוח הראשוני היה לפרמל את השמן על מנת לאפשר את ערבובו בתוך מים ולמנוע את הפיטוטוקסיות שלו בעת ריסוסו על הרקמה הצמחית. פותחה תוארית טבעית, שבה יצרנו תחליב מרוכז (EC) שאיפשר את הבחינה של החומר כנגד מחלות גם על רקמות צמחיות. תוארית זו ואחרות נבחנו על מספר רב של מחלות בצמחים ונמצאו כיעילות בהדברתן. הניסויים הראשונים בוצעו במעבדה לבחינת יעילות התואריות בעיכוב נביטת נבגי פטריות או גידול תפטיר בצלחת. בהמשך בוצעו ניסויים על צמחים שגודלו בעציצים, רוססו במינונים שונים של התואריות ולאחר מכן אולחו באופן מלאכותי בנבגי הפטריות השונות. התוצאות הראשוניות שהתקבלו היו מאוד מעודדות והראו כי הן יעילות במינון מסחרי וללא פיטוטקסיות על רקמות הצמח. ניסוי השדה הראשון בוצע בסוף שנת 2012 על צמחי מלפפון שגודלו בחממה אורגנית במושב כחל בצפון. תוצאות ניסוי זה הראו בבירור כי ריסוסים של החומר במרווחים של 7-10 ימים הפחיתו באופן מובהק את רמת הנגיעות בקמחון ובכשותית על

**שיחי עץ התה בקציר. צילום באוסטרליה: משה ראובני**

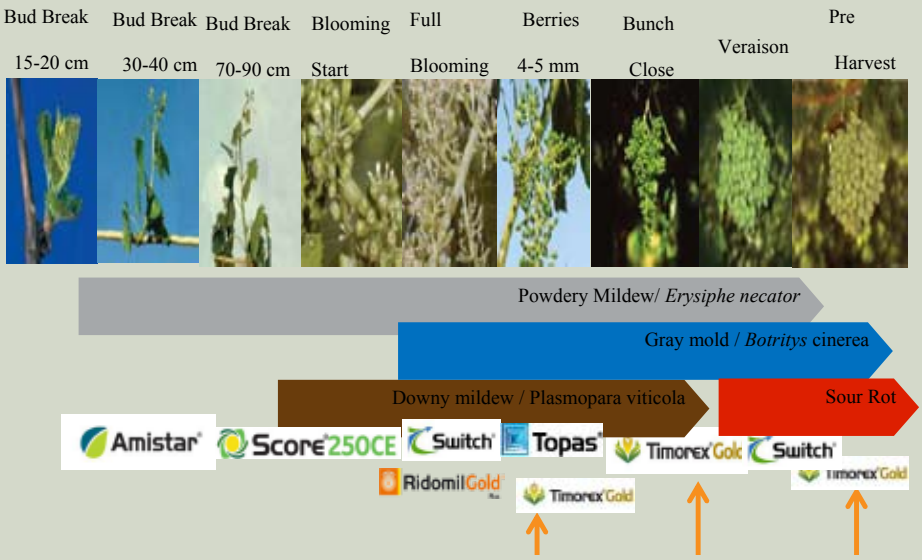
הצמחים, בהשוואה לטיפול סטנדרטי בתכשיר שהכיל את השמן המינרלי נימגארד + קוצייד (נחושת הידרוקסיד) ולצמחי הביקורת הלא-מטופלים.
במהלך השנים הראשונות פותחו מספר תואריות, כאשר הבולטת ביניהן היא של התכשיר טימורקס גולד המכיל 23.8% שמן עץ התה ומרכיבים טבעיים אינרטיים אחרים לייצוב התוארית.

### טימורקס גולד - קוטל מחלות טבעי

טימורקס גולד הוא תכשיר טבעי המבוסס על מיצוי צמחי שפותח על ידינו, כפי שפורט לעיל, להדברת מחלות צמחים בממשק הקונבנציונלי והאורגני. מאז פיתוחו, בוצעו בעשור האחרון מאות ניסויים בארץ ובעולם לבחינת יעילותו כנגד טווח רחב של מחלות צמחים במגוון גידולי חקלאות. טימורקס גולד נמצא יעיל בהדברת מחלות מקבוצות שונות בגידולי שדה, פרחים, מיני ירקות, צמחי תבלין, בננה, גפנים, ועצי פרי שונים. רוב הניסויים שבוצעו ועיקר השימוש בתכשיר הם בממשק הקונבנציונלי. בממשק האורגני הוא משמש כחלופה טבעית לתכשירי גופרית, נחושת ושמנים מינרליים.
טימורקס גולד הדביר ביעילות פטריות פיטופתוגניות הכוללות מחוללי קמחונות, כשותיות, חלדונות, מיני אלטרנריה, עובשים (בוטריטיס, קלדוספוריום), ריקבון חמוץ בגפן, צרקוספורה, סקלרוטינה (בעיקר בצמחי חסה), אנטרקנוז, ריזוקטוניה וסיגטוקה שחורה בבננה. כנגד רוב הפתוגנים, התכשיר יעיל במינונים של 1-1.5 ליטר להקטר, פרט לסיגטוקה בבננה שם המינון נמוך יותר.

### שילוב טימורקס גולד בתכניות ריסוס

לאור ממצאים אלו בחנה גם חברת 'סינגנטה' העולמית את יעילותו של התכשיר והחליטה לכלול אותו בין המוצרים שהיא מפיצה במספר מדינות. לאור תוצאות הניסויים הרבים שנערכו על ידה, נבנו תכניות ריסוס לשימוש בתכשיר, או לבדו, או בתערובת עם תכשירים כימיים, או באלטרנציה עמם, להדברת מחלות בגידולים שונים. מקוצר היריעה נדגים זאת בשני גידולים חשובים: גפן ועגבניה. בניסויים רבים שבוצעו בארץ ובמדינות אחרות בעולם - כמו: צ'ילה, פרו, ארגנטינה, בולגריה, ארצות הברית, קנדה, אירופה ועוד - נמצא התכשיר כיעיל מאוד בהדברת מחלת הקמחון בגפן, כאשר ניתן לבדו במינון של 1-1.5 ליטר להקטר. יעילותו הייתה דומה לזו של קוטלי הפטריות המסחריים. התכשיר היה יעיל גם כנגד כשותית בגפן בהשוואה לביקורת לא מטופלת, אך במידה פחותה מזו של התכשירים הסיסטמיים המסחריים. בנוסף, נמצא התכשיר יעיל מאוד כנגד עובש אפור הנגרם על ידי בוטריטיס וכנגד ריקבון חמוץ המתפתח על האשכולות בשלבי הגידול המתקדמים לפני הבציר. יעילות זו הייתה בחלק מהניסויים דומה לזו של התכשירים הסינתטיים, אך ברוב המקרים הוא נמצא יעיל כאשר ניתן באלטרנציה לאחר קוטל פטריות סינתטי. באופן דומה, נמצא התכשיר ←




**איור 1**
**תכנית ריסוס שהוכנה על ידי חברת סינגנטה לשילובו של טימורקס גולד בהדברת מחלות נוף בגפן. שילובו של טימורקס גולד בתכנית הדברת מחלות אלו (לבד או באלטרנציה) הביא לפחיתה של לפחות 25% בשימוש בקוטלי פטריות כימיים סינתטיים.**

יעיל כאשר ניתן לבד כנגד מספר מחלות בעגבניה כמו קמחון, קמחונית, חלפת, ומחלות בקטריאליות הנגרמות על ידי פסודומונס וקסנטומונס. כנגד עובש אפור, בדומה לגפן, שילובו באלטרנציה עם תכשיר סינתטי היה יעיל מאוד.

תכניות הריסוס שהוכנו לשני גידולים אלו מוצגות באיורים 1 (גפן) ו-2 (עגבניה), ובהן משולב הטימורקס ו/או אחד מהתכשירים הכימיים המומלצים כנגד כל אחת מהמחלות בהתאם לרמת יעילותו ובהתאם לשלבי התפתחות הצמח והשלב הפנולוגי הרגיש לאותה מחלה. השימוש בתכניות אלו הביא לפחיתה ניכרת של מעל 25% בשימוש בחומרי הדברה כימיים, ללא ירידה ביעילות ההדברה, אך עם הפחתה של הסיכון בהתפתחות עמידות וברמת השאריות בפרי.

### מנגנון הפעילות של טימורקס גולד

בעבודות רבות שבוצעו על ידינו במהלך העשור האחרון במעבדה ובשדה נמצא כי עיקר פעילות התכשיר היא מניעתית. עם זאת, במחלות רבות נמצא התכשיר כבעל פעילות תגובתית חזקה מאוד. פעילויות אלו באות לידי ביטוי ביכולת התכשיר לעכב או למנוע אחד או יותר מהשלבים הבאים:

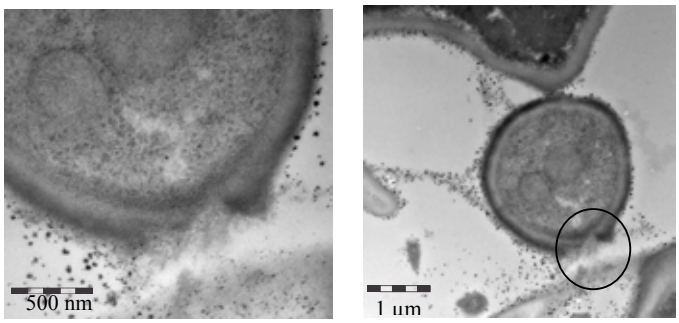
- לעכב ו/או למנוע נביטת נבגי פטריות
- לעכב גידול תפטיר הפטריה
- לעכב ו/או למנוע התפשטות הכתם
- לעכב נביגה של הפטריה על רקמות נגועות.

טימורקס גולד פועל כתכשיר פרוטקטני, אך הוא גם בעל תכונות לחדירה לחללים הבין-תאיים של תאי מזופיל העלה.

הפעילות של טימורקס גולד כנגד טווח רחב של מחוללי מחלות בצמחים, קשורה למנגנון ואופי פעילותו כנגד תאי הפטריה. בספרות מדווח כי לחומר הפעיל של התכשיר (טרפנים שונים) יכולת לפגוע באתרים שונים של חלקי תא הפטריה. בניסויים שבוצעו על ידי חוקרים אוסטרלים בתאי שמרים, שמן עץ התה ומרכיביו פגעו בתהליך הנשימה ומעבר האלקטרונים המתרחש במטוכונדריה. כמו כן נמצא כי החומר פגע במנגנון חדירות הממברנה והגביר את חדירותה. שני מנגנונים אלו הם מנגנונים כלליים בתאי פטריות שיכולים להסביר את פעילותו רחבת הטווח של התכשיר.

**שמן עץ התה ומרכיביו פגעו בתהליך הנשימה ומעבר האלקטרונים המתרחש במטוכונדריה**

זאת ועוד, במחקר שביצענו בשנים האחרונות בשיתוף עם אוניברסיטאות קוסטה ריקה ופלורידה הצגנו באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני חודר, מנגנון כללי וייחודי המסביר את יעילותו הרבה של התכשיר כנגד מחלת סיגטוקה שחורה ואחרות. מתברר כי כאשר עלים של בננה הנגועים בסיגטוקה שחורה טופלו בטימורקס גולד, הם הראו פחיתה ניכרת בכמות חתכים של תפטירי הפטריה בחללים הבין-תאיים של רקמת מזופיל העלה, בהשוואה לצמחים לא מטופלים או המטופלים בקוטלי פטריות סינתטיים. יתרה מזו, נצפו שינויים ניכרים במבנה ממברנת התא ודופן תא הפטריה. נמצא כי הממברנה הייתה במקרים רבים בלתי מושלמת ונצפה הרס של קטע מדופן תא הפטריה (**תמונה 1**).



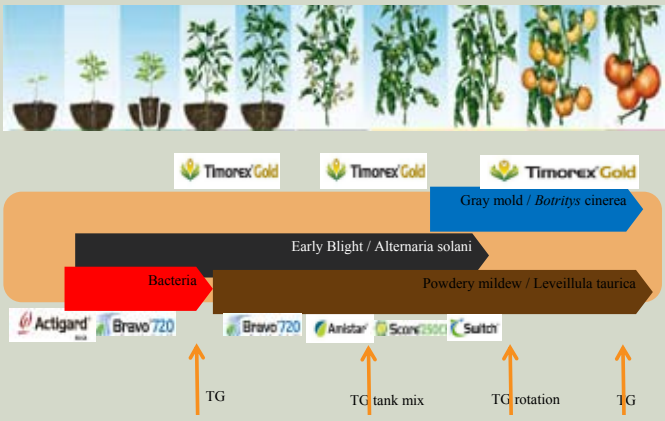

**תמונה 1**
**חתכים של תפטיר הפטריה בחלל הבין-תאי של רקמת המזופיל של עלה בננה, המראים את השפעת טימורקס גולד על שלמות הממברנה ושבירת דופן התא.**
**מימין בהגדלה קטנה (פי 20,000) ומשמאל בהגדלה גדולה (פי 50,000).**

פגיעה זו בממברנה ובדופן התא הובילה כנראה, ל"זליגה" החוצה של תוכן תא הפטריה ולתמותת התאים. עובדה זו מסבירה את הפחיתה הרבה בחתכים של תפטירי הפטריה שנצפו בעקבות טיפול זה. מנגנון זה של פגיעה בממברנה ובדופן התא הוא מנגנון כללי ומסביר את היעילות הגבוהה של התכשיר כנגד טווח רחב של פטריות בגידולים שונים, וכמובן את פעילותו התגובתית הגבוהה, גם כאשר רוסס על כתמים קיימים. לאור מנגנון פעילות זה, סווג התכשיר על ידי FRAC כבעל מנגנון ייחודי וחדש הפוגע בממברנה (קוד 7F). המנגנונים שתוארו לעיל והעובדה כי החומר הפעיל מכיל תרכובות רבות של טרפנים, הופכים את התכשיר לכלי חשוב בשילובו בממשק ההדברה ומניעת עמידות. ראוי לציין כי עד כה לא נצפתה עמידות לתכשיר ונראה כי עקב הסיבות הנ"ל, הסיכוי לכך הוא קטן מאוד.
החומר הפעיל הוכר על ידי האיחוד האירופי, נכלל ברשימותיו ודורג כחומר בעל סיכון נמוך. מאחר ולא נמצאו שאריות של החומר, אין גם צורך בהמתנה של ימים רבים לאחר הקטיף, וזו נעה בין אפס לארבעה ימים, בהתאם לדרישות במדינות השונות. התכשיר מורשה לשימוש מסחרי ב-29 מדינות הכוללות את מרכז, דרום וצפון אמריקה (כולל קנדה ו-EPA בארצות הברית), פיליפינים, אוסטרליה ועוד מדינות נוספות במזרח-אירופה. הוא נמצא בשלבי רישוי מתקדמים ב-EU.
לסיכום, ראוי לציין כי במינונים המסחריים טימורקס גולד אינו פיטוטוקסי לצמחים, אינו מלכלך את הפרי ואינו פוגע באויבים טבעיים. אין ספק, שטימורקס גולד, כקוטל פטריות טבעי, מגדיל את "סל" התכשירים למגדל ומהווה תרומה חשובה למגדלים, בהדברת טווח רחב של מחלות באמצעים ידידותיים בחקלאות האורגנית והקונבנציונלית.

**תודות**
אני מבקש להודות לידידי דני נויפלד, שפתח בפניי לראשונה את הצוהר לפוטנציאל הגלום בשמן עץ התה בתחום הגנת הצומח, שלא היה מוכר עד אז. הצלחתו של התכשיר בגידולים רבים בעולם נזקפת לזכותם של פטר וזיו תירוש על השקעת המשאבים והמאמצים הרבים, וכמובן תודות לשיתוף הפעולה הפורה של כל החברים בחברת ביומור, שפעלה בקצרין, וכל החברים הפועלים בארץ ובמדינות רבות בעולם במסגרת חברת סטוקטון.

**ספרות**

Carson, C. F. and Riley, T. V. 1995. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of Maleleuca alternifolia. J. Appl. Bacteriol. 78:264-269.
Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Gustafson, J. E., Warmington, J. R. and Wyllie, S. G. 2001. Determining the antimicrobial actions of tea tree oil. Molecules 6:87-91.
Hammer, K. A., Carson, C. F. and Riley, T. V. 2004. Antifungal effects of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil and its components on Candida albicans, Candida glabrata and Saccharomyces cerevisiae. J. Antimicrobiol. Chemother. 53:1081–1085.
Reuveni, M., Pipko, G., Neifeld, D., Finkelstein, E. Malka, B., and Hornik, Y. 2006. New organic formulations of essential tea tree oil for the control of plant diseases. Vegetable Crops News 42: 77-85.
Reuveni, M., Neifeld, D., Dayan, D and Kotzer, Y. 2009. BM-608 – A novel organic product based on essential tea tree oil for the control of fungal diseases in tomato. Acta Hortic. 808:129-132.
Reuveni, M. and Tirosh, Z. 2012. Timorex Gold – A perfect solution for protecting food production for the 21st century. International Innovation, 6: 41-43. (UK), McCluskey B. (Ed.).




**איור 2**
**תכנית ריסוס שהוכנה על ידי חברת סינגנטה לשילובו של טימורקס גולד בהדברת מחלות נוף בצמחי עגבניה. שילובו של טימורקס גולד בתכנית הדברת מחלות אלו (לבד או באלטרנציה) הביא לפחיתה של לפחות 25% בשימוש בקוטלי פטריות כימיים סינתטיים.**

# פטריות תוקפות חרקים

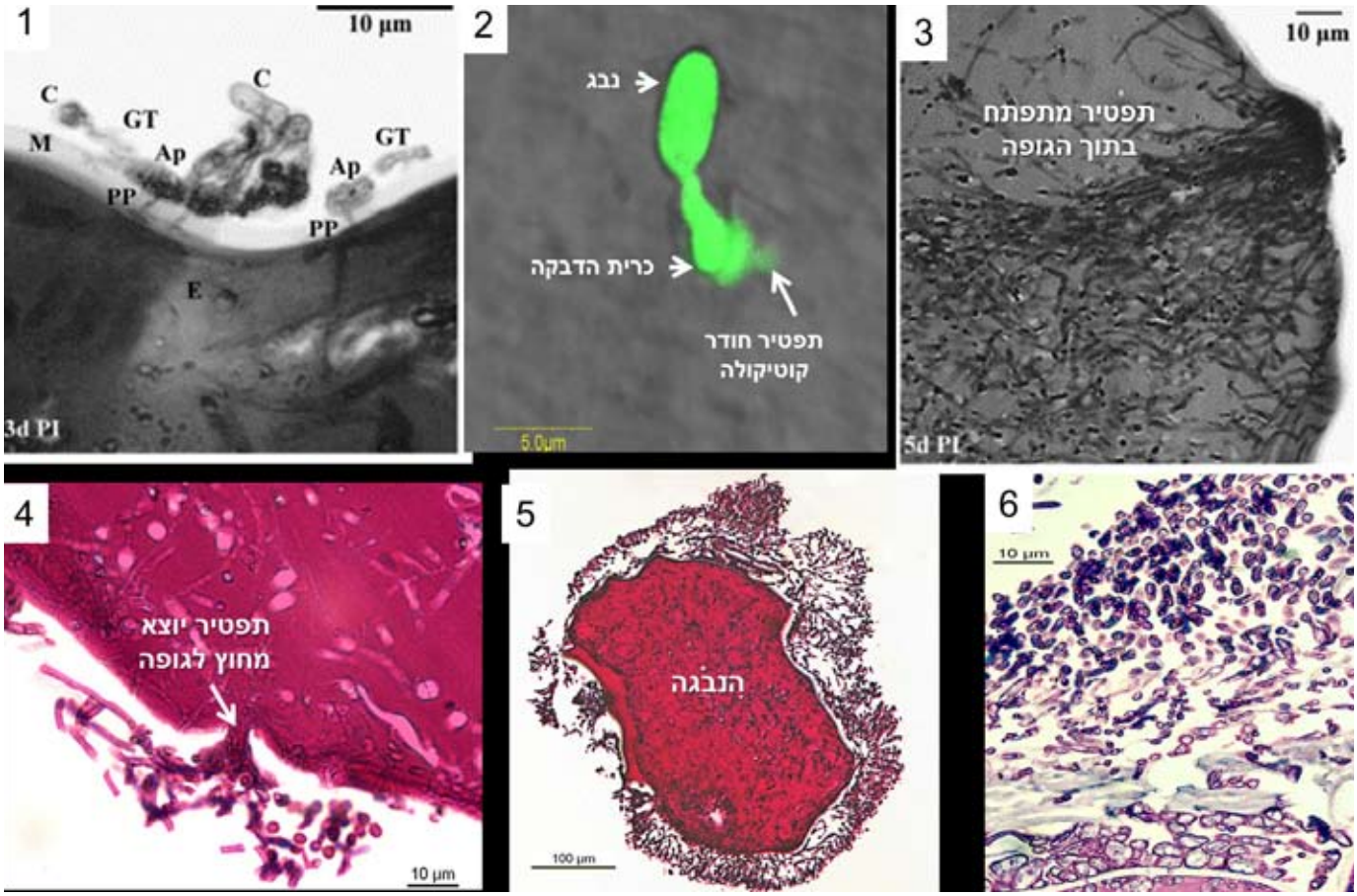
**ד"ר דנה מנט**
מינהל המחקר החקלאי, מכון וולקני

פרוקי רגליים מהווים את הקבוצה המגוונת ביותר של בעלי חיים, אשר מכילה מעל מיליון מינים שונים המאכלסים נישות שונות ומגוונות. מבחינת החקלאות העולמית, פרוקי רגליים מהווים את האיום הקשה ביותר, הן מבחינת נזק והן מבחינת יכולת בקרה. למרבית המזיקים פרוקי הרגליים מחזור חיים קצר, אשר מאפשר בין היתר פיתוח עמידויות לחומרי הדברה כימיים. במרץ 2009, לאחר בחינה מחודשת של חומרי ההדברה הכימיים הקיימים בשוק, אסר האיחוד האירופאי 67% מהם לשימוש. החקלאים נשארו מול שוקת שבורה בהתמודדות עם מזיקים פרוקי רגליים. איסור זה העלה את קרנם של גורמי ההדברה הביולוגיים, והמיקרוביאלים ביניהם, הכוללים נמטודות, חיידקים, וירוסים ופטריות תוקפות חרקים.

פטריות תוקפות חרקים הן קבוצה מגוונת ביותר המתפרשת על פני סדרות ומשפחות סיסטמטיות שונות הנפוצות בכל אקוסיסטמה יבשתית. חלק ממיני הפטריות הוא כה נפוץ כך שניתן לבודדן, החל מיערות הגשם בדרום-אמריקה וכלה בחוג הארקטי. חשיבותן במערכת האקולוגית רבה בוויסות אוכלוסיות פרוקי רגליים.

## קבוצות עיקריות של פטריות תוקפות חרקים

מגוון הפטריות תוקפות חרקים הוא עצום, וכולל מעל 700 מינים מזוהים. מבחינה פילוגנטית הן מתפרסות על פני כ-100 סדרות (Order) שונות, כאשר מרבית המינים הידועים משתייכים ל: Glomeromycota Entomophthorales ו-Ascomycota: Hypocreales. אצל מינים רבים, המשתייכים למערכת ה-Ascomycota, לא ידוע שלב ההתפתחות המיני, ולכן הם מתוארים על פי רוב כ-anamorphs, חסרי שלב מיני. אולם אצל חלק מהמינים המשתייכים למערכת זו, בעיקר מהמינים Cordyceps ו-Torrubiella, שלב ההתפתחות המיני ידוע. לאחרונה אף הוכח קשר פילוגנטי בין המין Cordyceps (טלאומורפי, מיני) לבין המין Beauveria (אנאמורפי, א-מיני). ממחקרים אחרונים העוסקים בשיוך הסיסטמתי

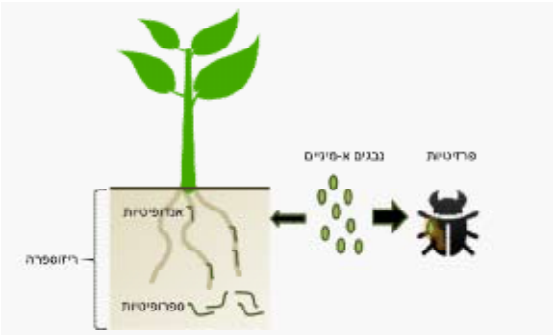



**תמונה 1: שלבים במחזור חיים של פטריה תוקפת חרקים. צילום: ד"ר דנה מנט וחובריה**

של פטריות אלו, מתברר כי האקולוגיה ומחזורי החיים של פטריות אלו ברובם אינם ידועים. פטריות המשתייכות לסדרת ה-Hypocreales אינן פרזיטיות אובליגטוריות ולכן קל יחסית לגדלן על מצעי מזון שונים ולפתח מהם תכשירים מסחריים לשימוש בענפי חקלאות שונים.

## ביולוגיה ומחזור חיים של פטריות מסדרת ה-Hypocreales

מחזור החיים של פטריות תוקפות חרקים מורכב וכולל שני שלבים: שלב פרזיטי, בו הפטריה תוקפת פונדקאי, ושלב ספרופיטי אשר מתרחש לאחר מותו של הפונדקאי (תמונה 1). בניגוד לגורמי מחלה אחרים הידועים בחרקים - כגון: חיידקים ווירוסים, אשר חודרים לחרק באופן פסיבי דרך המזון - פטריות תוקפות חרקים חודרות לפונדקאי באופן פעיל דרך הקוטיקולה (מעטפת הגוף של פרוקי רגליים). הנבגים - יחידות ההדבקה של הפטריה - מכוסים במעטפת אשר בה ארוגים חלבונים ורב-סוכרים. המעטפת הידרופובית ולכן הנבגים נצמדים לקוטיקולה של הפונדקאי בקשרים הידרופוביים ובלתי ספציפיים. שיעור ההיצמדות אינו מרמז על מידת רגישותו של הפונדקאי לפטריה, אך הצלחת ההיצמדות של הנבג הכרחית לתחילת ההדבקה. משנצמד, הנבג נובט וקצהו מתחיל להתמיין למבנה הדבקה ייחודי - כרית ההדבקה, appressorium, המבססת את הקשר בין הנבג לקוטיקולה. הגורמים המעוררים את ההתמיינות של קצה הנבט לכרית ההדבקה כוללים תכונות פיסיקליות וכימיות של המשטח. כרית ההדבקה מכילה גרעין תא, ומכוסה בשכבת מלנין, למעט באזור המגע עם הקוטיקולה. בתוך כרית ההדבקה עולה ריכוז הגליצרול אשר גורם לעליית לחץ הטורגור התוך-תאי. מכרית ההדבקה מופרשים אנזימים מפרקי קוטיקולה אשר יחד עם הלחץ הרב המופעל כנגדה מאפשרים לתפטיר הפטריה לחדור אל תוך חלל הגוף של הפונדקאי. בתוך גוף הפונדקאי, הפטריה מתפתחת כגופי-תפטיר אשר נעים בהמולימפה (מערכת הדם של פרוקי רגליים) ומתיישבים באיברי הגוף השונים. בהמולימפה, הפטריה מפרישה מגוון גדול של חומרים החשודים כרעלנים, אך משמעותם בהתפתחות המחלה ומות הפונדקאי אינם ברורים. הפונדקאי מת הן מרעב פיזיולוגי והן מפגיעה פיזית שגורמת הפטריה.




**תמונה 2: פטריות תוקפות חרקים נמצאות בחלק ממחזור חייהם בסימביוזה בצמח כאנדופיטים.**

תגובת מערכות החיסון, הן התאית והן ההומורלית, אינה ספציפית כלפי הפטריה ואינה יעילה. תאי ההמולימפה מקיפים את תפטיר הפטריה, אך התפטיר מצליח לחמוק אל מחוץ לתאים הלוכדים אותו. לאחר מות הפונדקאי, תפטיר הפטריה מאכלס את חלל הגוף כליל. בתנאי לחות יחסית גבוהה, התפטיר פורץ דרך הקוטיקולה של הפונדקאי ומנביג על פני הגופה. לנבגים החדשים יכולת להדביק פונדקאים חדשים.

מחקרים מהשנים האחרונות מצביעים על כך שפטריות אלו נמצאות בקרקע באסוציאציה חזקה עם בית השורשים של צמחים שונים, ואף מתפתחות בצמח בסימביוזה כאנדופיטים. במסגרת יחסי הגומלין הסימביוטיים האלו, הפטריה התוקפת חרקים בקרקע מעבירה חנקן שמקורו מהפונדקאי המומת אל רקמת הצמח. מעבר לכך, פטריות אלו, בעיקר מהסוג Metarhizium, תוארו כאנטגוניסטיות כלפי פטריות תוקפות צמחים וכלפי יצורים חד-תאיים שוכני קרקע. שכיחותם הרבה בקרקעות בכל רחבי העולם יחד עם תגליות נוספות של רובדי הפעולה שלהן מצביעות על אקולוגיה מורכבת אשר הבנתה יכולה לתרום לשימוש נכון ומדויק בפטריות אלו.

## מעבר בין פונדקאים ואפיזואוטיקה

הישרדות ותפוצת הפטריות בסביבה תלויה בהצלחת ההדבקה של פונדקאים ויכולתן לבסס קיום ספרופיטי בהיעדר פונדקאי, בעיקר בפטריות מסדרת ה-Hypocreales. אמצעי העברה חשוב ביותר הוא על ידי פרוקי רגליים אשר אינם רגישים לפטריה ומשמשים כווקטורים להעברת נבגים לסביבות חדשות. לפטריות המשתייכות לסדרת ה-Hypocreales טווח פונדקאים רחב - משמע, תבדיד ממין מסוים יהיה אלים כלפי פרוקי רגליים מסדרות שונות. תכונה זו משמעותית ביותר למעבר ההדבקה בתוך אוכלוסיות של פרוקי רגליים וביניהן. ההעברה של נבגים בין פרטים מודבקים לבריאים נעשית באופן מכני, בעקבות מגע. ממחקרים שבוצעו בפונדקאים שונים לא נצפתה העברה אנכית קלאסית של הדבקה מהורה לצאצאים, למרות שקיימת העברת הדבקה לצאצאים אשר באים במגע עם הורה חולה. לדוגמה, במחקר שבוצע בקרציות קשות נצפה מעבר של תפטיר הפטריה מנקבות מתות לתטולת הביצים שלצדן. אך בחינת השחלות והביצים הלא-מוטלות לא הראתה

נגיעות בפטריה.
התפרצות של מחלה פטרייתית הנו אירוע נדיר יחסית אף על פי שפטריות ממינים מסוימים מלוות אוכלוסיות פרוקי הרגליים דרך קבע. התפרצות של מחלה פטרייתית המובילה להתמוטטות אוכלוסיית הפונדקאי, מתרחשת על פי רוב לאחר עלייה משמעותית באוכלוסיית הפונדקאי. הסיבה לכך, בין היתר, נעוצה בצפיפות האוכלוסייה, רגישות האוכלוסייה לפטריה ועלייה במספר מקרי העברת ההדבקה בקרב האוכלוסייה. לא אחת נראה שבעוד שחלק מהפרטים באוכלוסייה נגועים בפטריה, פרטים אחרים הבאים במגע ישיר עמם אינם חולים. עמידות של פרט או אוכלוסיית פרטים להדבקה בפטריות תלויה במספר גורמים רב, כגון: מין הפונדקאי, דרגת ההתפתחות שלו, מצב פיסיולוגי, התנהגות הפונדקאי המודבק בפטריה, מין ותבדיד הפטריה.

**תמונה 3: מעבר תפטיר הפטריה מנקבה מתה לתטולת ביצים שצמודה אליה**
**צילום: ד"ר דנה מנט וחובריה**

## שימושים ובעיותיהם

מחקרים רבים לאורך השנים בחנו את הבטיחות בשימוש בפטריות תוקפות חרקים מבחינת השפעתן על יצורים שאינם מטרת ההדברה, כגון: טורפים, מאביקים, פרזיטואידים, יצורים שוכני קרקע שונים, יצורים שוכני מים, וצמחים. כמו כן נבדקה השפעתן על חולייתנים, כגון: דגים, דו-חיים, זוחלים, עופות ויונקים. כלל המחקרים הצביעו על כך שפטריות תוקפות חרקים מסדרת ה-Hypocreales אינן מהוות סיכון לכלל היצורים המוזכרים לעיל, אינן מפרישות רעלנים לסביבה בריכוזים מהווי סכנה לבריאות הציבור והחי, ולכן בטוחות לשימוש.
קיימות כמה גישות לגבי השימוש בפטריות תוקפות חרקים כמדביר ביולוגי, ובכל גישה חשובה הבנת הביולוגיה של הפטריה ושל המזיק, ויכולת ניטור הפטריה והמזיק בשטח. הגישות העיקריות לפיזור של פטריות תוקפות חרקים הן: המחסנת (inoculative) והמציפה (inundative).
בגישה המחסנת מפזרים את הפטריה כאשר אוכלוסיית המזיק קטנה, בריכוזים נמוכים יחסית במשך כל עונת הגידול, כאשר והציפייה היא שהפטריה תתבסס בקרב האוכלוסייה ותמוטט אותה לאורך כל תקופת הגידול. בגישה המציפה מפזרים את הפטריה בריכוזים גבוהים ככל הניתן, על מנת למוטט את אוכלוסיית המזיק בפרק זמן קצר ביותר, ללא ציפייה להתבסות של הפטריה בבית הגידול, בדומה לשימוש בחומרי הדברה כימיים.

עיקר התכשירים המסחריים של פטריות תוקפות חרקים מתבססים על פטריות מסדרת ה-Hypocreales ומהמינים Metarhizium spp., Beauveria spp. ו-Isaria fumosorosea. מיני פטריות אלו גדלות באופן יחסי בקלות רבה וללא צורך בפונדקאי להתרבות. התכשירים מבוססים בדרך כלל על נבגים א-מיניים ומשווקים כאמולסית שמן, כאבקה רחיפה במים או כחלקיקים גרנולריים המאוכלסים בנבגים. הבעיה המרכזית בשימוש בגורמי הדברה מיקרוביאליים, ובכללן פטריות תוקפות חרקים, היא הקושי לחזות את הצלחת הפיזור של מחולל המחלה בתנאי שדה והיעדר פורמולציה ייעודית לבתי הגידול השונים. ניסויי מעבדה מקדימים אינם מדד לחיזוי הצלחת הפטריה בשדה אף על פי שהנם חשובים לשם בחירת התבדיד המתאים וריכוז הנבגים הנדרש ליישום מוצלח, כמו גם בטיחות השימוש בפטריה לסביבה.
הצלחת פטריות תוקפות חרקים ביישום בשטח, תלויה במספר רב של גורמים סביבתיים, אקלימיים וממשקיים, אך גם באופן השימוש ופיזור נבגי הפטריה. פטריות תוקפות חרקים רגישות מאוד לתנאי סביבה, בעיקר לטמפרטורות קיצוניות, ללחות יחסית נמוכה ולקרינה. ניתן להתגבר על רגישות זו על ידי פיתוח פורמולציה אשר שמה דגש על שיפור חיי המדף של התכשיר, שיפור הישרדות הפטריה בתנאי שדה ושיפור יעילות היישום. בנוסף, קיימות שיטות מגוונות ליישום יעיל של נבגי הפטריה מעבר לריסוס ופיזור בקרקע, כגון: שימוש בפרוקי רגליים להעברת הנבגים לנישות נסתרות, יישום הנבגים במלכודות פרומון ושימוש בפרטים נגועים להעברת ההדבקה לכלל אוכלוסיית המזיק. ברחבי העולם קיים יישום מסחרי של פטריות תוקפות חרקים כנגד מגוון מזיקים רב המצויים בנישות שונות. בישראל אינו קיים שימוש בפטריות אלו, ומגוון התכשירים המבוססים על פטריות תוקפות חרקים קטן. עקב איסור השימוש במספר הולך ועולה של חומרי הדברה כימיים, יש להניח שבעתיד ייעשה שימוש רב יותר בגורמי הדברה מיקרוביאליים, בכללם פטריות תוקפות חרקים במסגרת ממשקי ההדברה של מזיקים שונים.

**לצפייה בסרטונים סירקו את הברקודים**

# השפעת דבורי הבומבוס על יעילות ההאבקה של דבורי הדבש, כמות היבול וגודל הפרי באגס

**פרופסור רפי שטרן, ד"ר גל ספיר, צליל בראס,**
**גיא עצמון** - מו"פ צפון, קריית שמונה
**רמי אברהמי** - מטע ברעם, **עודד טאובה** - מטע ראש פינה,
**ארנון אלוש, אלעד שטרן** - ביו-בי, שדה אליהו

שיתוף הפעולה בין עלון "הנוטע" ל"ביו-ביטאון" ממשיך. תודה לאסתי אשכול, עורכת עלון "הנוטע", שניאותה להעביר לנו את המאמר שפורסם אצלם לראשונה.
תודה גם לפרופסור רפי שטרן וצוותו על שיתוף הפעולה ארוך השנים במחקר ובשדה.

**לדבורי הבומבוס המוצבות בכוורות במטעי אגס, כתוספת לכוורות דבורי הדבש, פוטנציאל לשפר את שיעורי החנטה, מספר הפירות בקטיף וגודל הפרי. במחקר זה נבחנו לראשונה יחסי הגומלין בין שני מיני הדבורים, וכן האפשרות לשיפור היבול וגודל הפרי באמצעות העלאת מספר הזרעים בפרי, על ידי תוספת של דבורי בומבוס למטע האגס**

## מבוא

בשנים האחרונות נמצא כי לדבורי בומבוס (Bombus terrestris) המוצבות בכוורות במטעי אגס, כתוספת לכוורות דבורי הדבש (Apis mellifera), פוטנציאל לשפר את גודל הפרי באמצעות העלאת מספר הזרעים (1). עוד נמצא כי יש לדבורים אלו גם יכולת לשפר את שיעורי החנטה ובכך להעלות את מספר הפירות הסופי בקטיף (2). היתרון הגדול של דבורי הבומבוס נראה היטב בשנת 2011, שהתאפיינה במזג אוויר חורפי במהלך הפריחה, מה שהקשה מאוד על פעילות דבורי הדבש, אך לא הפריע כלל לפעילות דבורי הבומבוס. תוצאה דומה של שיפור התקבלה גם ב-2012, למרות שהייתה זו שנה מצוינת מבחינת חפיפת פריחה של זנים ופעילות (3).
ב-2013 נעשה ניסיון לבחון את דרך ההצבה האופטימלית של הכוורות במטע - לאורך השורה, כפי שנעשה עד היום, לעומת הצבה מרוכזת בשולי החלקה, בדומה להצבת כוורות של דבורי דבש.
בשנים 2013 ו-2014 נבחנו לראשונה יחסי הגומלין בין שני מיני הדבורים ונעשה ניסיון לברר האם הם חיוביים או שליליים להאבקה. המטרה בניסוי זה הייתה להמשיך

**מדידת גודל הפרי בניסוי**

ולבחון את שיפור היבול וגודל הפרי באמצעות העלאת מספר הזרעים בפרי דרך תוספת של דבורי בומבוס למטע האגס.

## ניסויי 2013

### חומרים ושיטות

הניסויים נערכו במטעי ברעם וראש פינה. כוורות של דבורי הדבש (להלן HB) הוכנסו בכל החלקות בדירוג וביחס סופי של כוורת אחת לארבעה דונם כפי שנעשה עד היום במסחר - הצבה ראשונה ב-17.3 והצבה שנייה ב-19.3. כוורות של דבורי הבומבוס (להלן BB) הוכנסו בתחילת הפריחה, ב-15.3, ביחס האופטימלי שנמצא, כוורת אחת לדונם (1:1). בכל מטע נבחנו שלושה טיפולים: שני טיפולים של הצבת כוורות - לאורך השורה (BB לאורך), מול ריכוז בשולי החלקה (BB מקובץ), לעומת ביקורת ללא תוספת של דבורי בומבוס.

### מבנה הניסויים

בכל אחד משני המטעים הנבדקים ובכל אחד משני הזנים שבכל מטע, 'ספדונה' ו'קוסציה', נבדקו עשרה עצים לטיפול: ביקורת - ללא BB, BB לאורך, BB מקובץ.
סך הכול נבדקו שני מטעים X שני זנים X שלושה טיפולים X עשרה עצים לטיפול = 120 עצים.
בכל טיפול, מטע וזן נבדקו המדדים הבאים:
א. פעילות דבורי דבש ודבורי בומבוס במהלך הפריחה נבדקה באמצעות ספירת דבורים לעץ וניידות דבורים משורה לשורה (מ'ספדונה' ל'קוסציה') לדקה.
ב. הערכת יבול ב-20 עצים מכל טיפול.
ג. מספר הזרעים לפרי ב-20 פירות אקראיים מכל טיפול.

### תוצאות ודיון

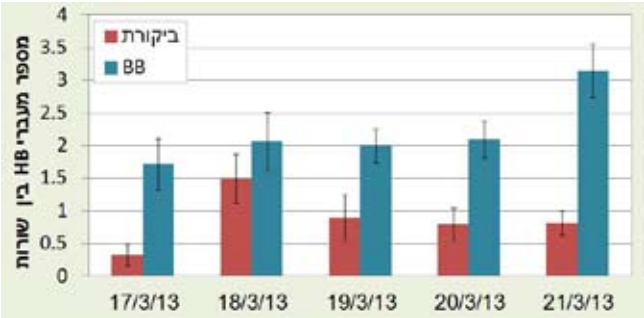
#### נתוני פריחה ואקלים:

חורף 2012-13 היה חם יחסית עם מעט שעות קור ביחס לממוצע הרב-שנתי. ב-15.3 נרשמו טמפרטורות מקסימום של 30°C, מה שגרם להאצת ההתעוררות ולפריחה מוקדמת. הפריחה החלה כבר ב-15.3 ושיאה היה ב-19.3 - הקדמה של כעשרה ימים מהממוצע הרב-שנתי. כתוצאה מהקדמת הפריחה הוכנסו כוורות הבומבוס כבר ב-15.3, עם פתיחת הפרחים הראשונים, ולא כשבוע לאחר מכן, כפי שתוכנן.
בתקופת הפריחה עצמה שררו בדרך כלל טמפרטורות נמוכות יחסית. ב-16-18.3 היה קריר - 13-14°C בבוקר ומקסימום 16-18°C בצהריים, מעונן ולעתים גשום. רק בשיא הפריחה, ב-19-20.3, עלו הטמפרטורות ל- 20-22°C ופעילות דבורי הדבש עלתה בהתאם. לאחר מכן המשיכו הטמפרטורות לטפס עד קרוב ל-30°C .

**זרעים באגס מזן קוסציה מחלקה BB+HB (מימין), לעומת חלקת HB (משמאל)**

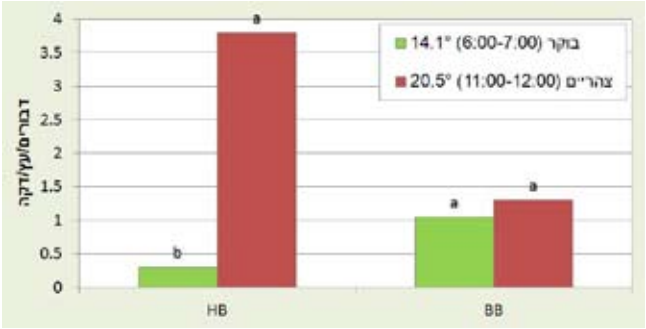
#### פעילות הדבורים:

בשנות הניסוי הראשונות לבחינת תוספת דבורי בומבוס למטע נבדקה פעילות דבורי הדבש (HB) באמצעות בחינת מספרן לעץ בדקה בלבד, מתוך הנחה שאם פעילותן על העץ לא תרד - כפי שאכן היה בעבר (1) - סימן שהכנסת דבורי הבומבוס למטע לא מבריחה אותן ועל כן לא מזיקה. בשנת 2013 נבחנה לראשונה גם ניידותן של דבורי הדבש בין השורות מתוך מחשבה חיובית. כלומר, נעשה ניסיון לבחון את ההנחה לפיה דבורי הבומבוס לא רק שאינן מצמצמות את פעילות דבורי הדבש על העצים, אלא ייתכן שאף מגבירות את ניידותן בין השורות ובעיקר בין ה'קוסציה' ל'ספדונה'.
לשם כך נבדקו שלושה סוגי פעילות של הדבורים:
1. מספר דבורי דבש לעץ:
תוצאות המעקב בראש פינה מוכיחות שוב שמספר ה-HB לעץ לא ירד בהשוואה ל-BB שהוצבו במקובץ. עם זאת, בהשוואה להצבת BB לאורך השורה, כפי שנהוג היה עד היום בניסויים, נצפתה ירידה. לעומת זאת, בפעילות HB על העצים בברעם לא רק שלא נראתה ירידה, אלא אף הגברה על העצים בכל אחד מימי הפריחה (תוצאות לא מוצגות).
2. ניידות דבורי דבש בין השורות:
להפתעתנו, ניידות HB בין השורות הוגברה באופן משמעותי ומובהק בימי הפריחה, ובעיקר משיא הפריחה והלאה. תוצאה זו בלטה מאוד בראש פינה, אך גם בברעם בשניים מתוך שלושה ימי בדיקה (תוצאות לא מוצגות). ההבדלים בניידות בין שני טיפולי הצבת ה-BB, לאורך מול מקובץ, לא היו מובהקים, אך ההבדלים בינם לבין הביקורת, ובמיוחד בממוצע של שני טיפולי ה-BB, היו מובהקים במרבית ימי הפריחה (איור 1).
3. פעילות דבורי בומבוס על העצים:
התוצאות בראש פינה ובברעם מראות כי בשני טיפולי ה-BB נצפו דבורה אחת או שתיים/עץ/דקה, בהשוואה לביקורת, בה הייתה נוכחות אפסית של BB. לא נמצאו הבדלים בין הצבת ה-BB לאורך או במקובץ (תוצאות לא מוצגות).




**איור 1: ניידותן של דבורי הדבש בין השורות בטיפול הביקורת (HB בלבד) ובתוספת דבורי הבומבוס (BB - ממוצע של הטיפול לאורך והטיפול המקובץ), ראש פינה 2013 - שיא הפריחה היה ב-19.3.**

הגברת ניידות ה-HB בטיפולי ה-BB ניתנת להסבר אולי בכך שדבורי הבומבוס יצאו לרעות על העצים כבר בשעות הבוקר המוקדמות ביותר, כמעט מאור ראשון, והגיעו לשיאן עם כ-1 BB/עץ/דקה על אף שטמפרטורות הבוקר היו נמוכות - מתחת ל-15°C. דבורי הדבש, לעומת זאת, היו באותן שעות הבוקר בפעילות כמעט אפסית - 0.25 /עץ/דקה (איור 2).




**איור 2: השפעת טמפרטורת הסביבה בבוקר (7:00-6:00) ובצהריים (12:00-11:00) על פעילות דבורי הדבש (HB) ודבורי הבומבוס (BB) על עצי האגס**
**- אותיות שונות על העמודות, בכל קבוצת דבורים בנפרד, מציינות הבדל מובהק בין שני מועדי הבדיקה - בוקר לעומת צהריים, ראש פינה 2013.**
**- הבדיקה נערכה ב-18.3, יום אחד לפני שיא פריחה, ומייצגת את פעילות הדבורים במרבית ימי הפריחה בעונת 2013.**
**- תוצאות פעילות BB על העצים הנן ממוצע של שתי חלקות הטיפול (לאורך ומקובץ). תוצאות פעילות HB הן מטיפול הביקורת (HB בלבד).**

כתוצאה מכך 'רוקנו' דבורי הבומבוס את הפרחים מצוף ואבקה. דבורי הדבש ש'יצאו לעבודה' כשעתיים לאחר מכן, בשעה 8:00, כשהטמפרטורות החלו לעלות לכיוון 14-15°C, מצאו בחיפושיהן פרחים ריקים למחצה מצוף ואבקה, ולאחר כמה ניסיונות נוספים על העץ עזבו אותו וחיפשו מקור חדש בשורה חדשה.

## יבול ומספר זרעים:

בשני המטעים ובשני הזנים נמצאו יותר זרעים לפרי ויבולים גבוהים יותר בשני טיפולי ה-BB בהשוואה לביקורת (טבלה 1). במרבית המקרים, ההבדלים בין טיפולי ה-BB לטיפול הביקורת (HB בלבד) היו מובהקים סטטיסטית. ההבדלים בין שני טיפולי הצבת כוורות ה-BB לאורך השורה או במקובץ לא היו מובהקים באף מקרה.

**טבלה 1: השפעת תוספת דבורי בומבוס (BB) בהצבתן לאורך השורה (BB לאורך) או במקובץ (BB מקובץ) על מספר הזרעים לפרי והיבול לעץ בזנים 'קוסציה' ו'ספדונה' במטעי ראש פינה וברעם, 2013**

| זן | מטע | יבול (ק"ג/עץ)[1] | | | מספר זרעים לפרי[2] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ביקורת[3] | BB לאורך[4] | BB מקובץ[5] | ביקורת | BB לאורך | BB מקובץ |
| 'קוסציה' | ראש פינה | 24.5b | 28.5a | 29.8a | 4.7b | 6.6a | 7.1a |
| | ברעם | 29.0b | 33.3ab | 34.0a | 5.3a | 6.8a | 6.5a |
| 'ספדונה' | ראש פינה | 29.0b | 35.0a | 35.0a | 2.6b | 4.2a | 4.3a |
| | ברעם | 29.5b | 36.0a | 36.3a | 3.0b | 4.0ab | 4.4a |

**תוצאות באותה השורה, בכל פרמטר נבדק, המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק.**

**1. 20 עצים לטיפול בכל מטע ובכל זן.**
**2. 20 פירות אקראיים מכל טיפול.**
**3. ביקורת - דבורי דבש (HB בלבד).**
**4. BB לאורך = דבורי דבש (HB) + דבורי בומבוס (BB) לאורך השורה בתוך המטע.**
**5. BB מקובץ = HB + BB בקבוצה מחוץ למטע.**

## ניסויי 2014

### חומרים ושיטות

הניסויים ב-2014 על עצי האגס היו במתכונת דומה לניסויי 2013 ובאותם המטעים, בראש פינה וברעם. עם זאת, לאחר שלא נמצא ב-2013 יתרון להצבת כוורות BB לאורך השורה לעומת הצבה מקובצת, נבדקו רק שני טיפולים: HB בלבד כביקורת, מול BB שהיה בפועל HB+BB. כוורות דבורי הבומבוס הוצבו בראש פינה לאורך השורה, וברעם במקובץ. מעקב אחר פעילותן נערך רק במטע ברעם, בו הייתה פריחה שופעת בשני זני האגס וחפיפה טובה ביניהם.

## תוצאות ודיון

### מעקב פעילות דבורים בברעם:

שוב, בדומה ל-2013, הוגברה ניידות HB בין השורות כתוצאה מנוכחות BB במטע. התוצאות המפורטות מוצגות בדו"ח 2014 של מו"פ צפון. (3)

### יבול ומספר זרעים בשני הזנים:

**'קוסציה':**

בשני המטעים התקבלו יותר זרעים לפרי בטיפולי BB בהשוואה לביקורת של HB בלבד. עם זאת, ניכרים הבדלים בין המטעים (טבלה 2). במטע ראש פינה, בו מספר הזרעים הממוצע ב'קוסציה' עמד על 4.6 בלבד (שווה ערך לממוצע ב'קוסציה' על פני כל השנים), הצליח טיפול ה-BB להעלות את מספר הזרעים הממוצע ל-7.8. כלומר, תוספת מובהקת של 3.2 זרעים לפרי - עלייה של 70%. לעומת זאת, במטע ברעם, בו מספר הזרעים ההתחלתי בביקורת היה הרבה יותר גבוה, העלייה במספר הזרעים הייתה קטנה יותר - מ-6.5 בביקורת ל-7.0 זרעים בטיפול BB. כלומר, תוספת של 0.5 זרע לפרי - עלייה של 8% בלבד. מכאן ניתן ללמוד שוב, כמו בעבר, שככל שמספר הזרעים בביקורת (HB בלבד) נמוך יותר, הסיכוי להעלאת מספר הזרעים באמצעות תוספת BB גבוה יותר.

כתוצאה מהעלאת מספר הזרעים, התקבלה בשני המטעים תוספת משמעותית ומובהקת לקוטר הפרי. עם זאת, תוספת הגודל של הפרי בראש פינה הרבה יותר משמעותית מאשר בברעם: מ-51.2 מ"מ בביקורת ל-57.4 מ"מ בטיפול הבומבוס. כלומר, מפרי המוגדר במסחר כקטן וכפודה מחיר נמוך, לפרי גדול הפודה מחיר גבוה יותר.

המתאם החיובי והמובהק בין מספר הזרעים שבפרי לבין גודלו (איור 3) מראה שוב, כבעבר, שלזרעים תפקיד מרכזי בהתפתחות פרי גדול, וככל שמספרם עולה הפרי גדול יותר, ללא קשר לעומס היבול. בראש פינה תרם כל זרע 2 מ"מ לקוטר הפרי (איור 3א) ובברעם 1.5 מ"מ (איור 3ב). מכאן, שתוספת של שניים-שלושה זרעים לפרי ב'קוסציה' מסיטה את קוטר הפרי מפרי מסחרי קטן לפרי גדול.

**לתוספת דבורי בומבוס למטעי האגס השפעה חיובית ביותר על שיפור ההאבקה הזרה, שמביאה להגדלת מספר הזרעים בפרי ומכאן להגדלת הפרי. לראשונה נמצא ששיפור ההאבקה הזרה הושג לא רק הודות להארכת משך הפעילות של ההאבקה אלא גם, ובעיקר, הודות להשפעתן החיובית על התנהגות דבורי הדבש כמאביקות.**

| זן | מטע | יבול (ק"ג/עץ) | | זרעים לפרי | | קוטר פרי (מ"מ) | | משקל פרי (ג') | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ביקורת | BB | ביקורת | BB | ביקורת | BB | ביקורת | BB |
| 'קוסציה' | ראש פינה | 25.0b | 35.0a | 4.6b | 7.8a | 51.2b | 57.4a | | |
| | ברעם | 38.0a | 42.0a | 6.5a | 7.0a | 48.3b | 49.7a | 80.3b | 90.5a |
| 'ספדונה' | ראש פינה | 15.5b | 20.0a | 2.6b | 3.6a | 61.6b | 67.8a | | |
| | ברעם | 57.9a | 58.8a | 3.2b | 4.3a | 54.8b | 60.2a | 97.6b | 123.2a |

**טבלה 2: השפעת תוספת דבורי בומבוס (BB) על היבול הכללי, מספר הזרעים לפרי, קוטר הפרי ומשקלו בזנים 'קוסציה' ו'ספדונה' במטעי ראש פינה וברעם, 2014**

**- היבול הוא ממוצע של עשרה עצים לכל טיפול (ביקורת או BB) בכל זן ובכל מטע.**

**- מספר הזרעים לפרי, קוטרו ומשקלו הנם ממדגם של 20 פירות לזן בכל טיפול במטע ראש פינה ו-100 פירות לזן בכל טיפול במטע ברעם.**

**- תוצאות באותה השורה, בכל פרמטר נבדק, המלוות באותיות שונות, נבדלות זו מזו באופן מובהק.**

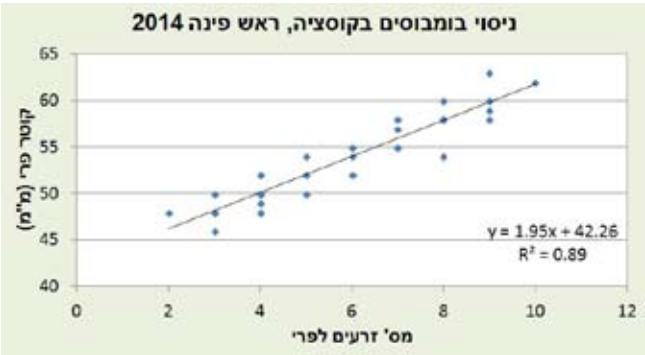
**'ספדונה':**

התמונה דומה לתוצאות שהוצגו בזן 'קוסציה', אם כי מספר הזרעים ההתחלתי ב'ספדונה' נמוך כמו תמיד (טבלה 2): בראש פינה 2.6 זרעים בלבד בביקורת (HB), לעומת 3.6 בתוספת BB. בברעם 3.2 זרעים בביקורת, לעומת 4.1 זרעים בתוספת BB. כלומר, בשני המקומות התקבלה תוספת של כ-1 זרע לפרי, סך הכול תוספת של כ-40%. עם זאת, כאשר בוחנים את התפלגות שיעור הפירות לפי מספר הזרעים בכל פרי ולא מסתפקים במספר הממוצע של זרעים לפרי, מגלים כי בטיפול הביקורת 80% מהפירות היו עם 0-4 זרעים בלבד לפרי, ורק 20% היו עם חמישה זרעים ומעלה, זאת לעומת טיפול ה-BB בו היו פי 2 פירות (41%) עם חמישה זרעים ומעלה (איור 4). כלומר, הייתה הסטה משמעותית לכיוון של פירות עם מספר זרעים גבוה יותר בין טיפול הביקורת לטיפול ה-BB .

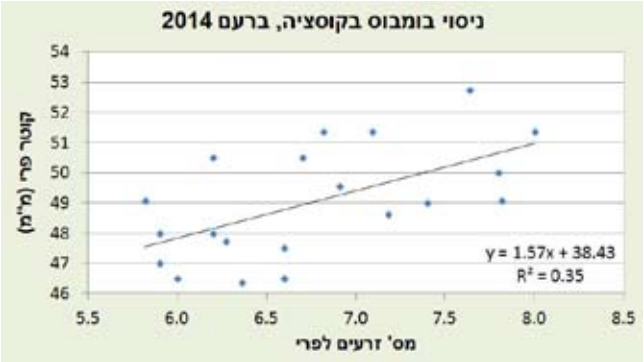
כתוצאה מהמספר ההתחלתי הנמוך של זרעים בפרי, יש ב'ספדונה' הרבה מקום לשיפור ואכן, ניתן לראות תוספת משמעותית מאוד לגודל הפרי: בראש פינה מ-61.6 מ"מ בביקורת ל-67.8 מ"מ בטיפול ה-BB. כלומר, מרבית פירות ה'ספדונה' עברו מהגודל הבינוני לגדול, כשהביטוי הכספי לכך הוא כמובן משמעותי ביותר. במטע ברעם, בו היו עומסי יבול כבדים בעצי ה'ספדונה' (טבלה 2), הפרי הממוצע היה בדרך כלל קטן מהפרי בראש פינה, אך ההבדלים בין שני טיפולי הדבורים היו גבוהים משמעותית גם שם: 54.8 מ"מ בביקורת (97.6 ג'/פרי) לעומת 60.2 מ"מ (123.2 ג'/פרי) בתוספת ה-BB (טבלה 2). כמו ב'קוסציה', גם ב'ספדונה' התקבל מתאם חיובי ומובהק בין מספר הזרעים לקוטר הפרי (איור 5). בראש פינה תרם כל זרע 4 מ"מ לקוטר הפרי (איור 5א). במטע ברעם - בו היה מספר התחלתי של זרעים גבוה מזה שבראש פינה - התקבלה תרומה רבה מאוד של 5 מ"מ במעבר משלושה לארבעה זרעים, אולם מחמישה זרעים ומעלה לא היה שינוי בגודל הפרי (איור 5ב).

מנתוני התפלגות הפירות לגודל (איור 6), עולה שאכן יבול הפרי מעל 65 מ"מ בתוספת הבומבוס היה גבוה משמעותית (פי 2.5) מזה שבטיפול הביקורת. לעומת זאת, יבול הפרי הקטן בטיפול הבומבוס היה רק מחצית מיבול הפרי הקטן בביקורת. סך הכול תוספת יבול הפרי מעל 60 מ"מ, הייתה 12.3 ק"ג/עץ, כלומר, כ-1.2 טון/דונם תוספת של פרי גדול.

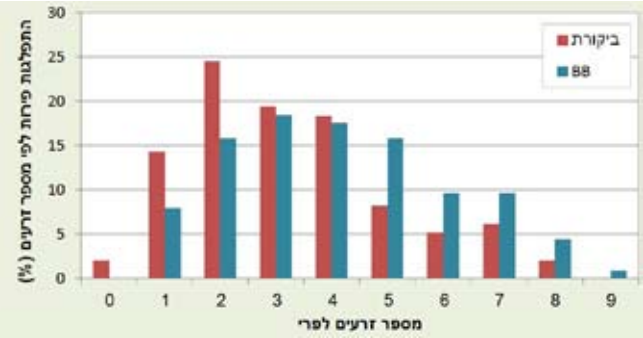
(א)



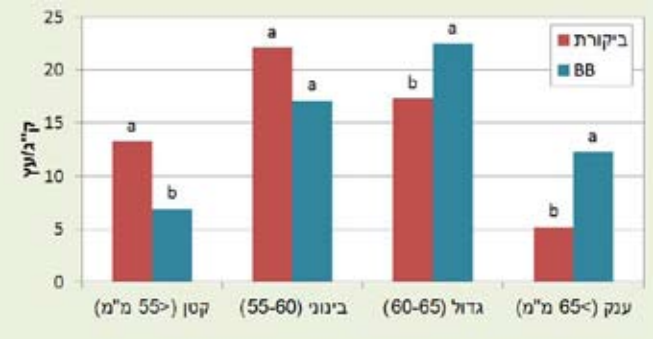

(ב)




**איור 3: המתאם בין מספר הזרעים לפרי לבין קוטר הפרי בזן 'קוסציה' בראש פינה (א) ובברעם (ב).**
**בראש פינה כל נקודה מייצגת פרי בודד, סך הכול 40 פירות למדגם.**
**בברעם כל נקודה מייצגת ממוצע של עשרה פירות לעץ, סך הכול 200 פירות למדגם.**




**איור 4: התפלגות פירות 'ספדונה' לפי מספר זרעים בפרי בטיפול הביקורת (HB), לעומת טיפול הבומבוס (BB), ברעם 2014**



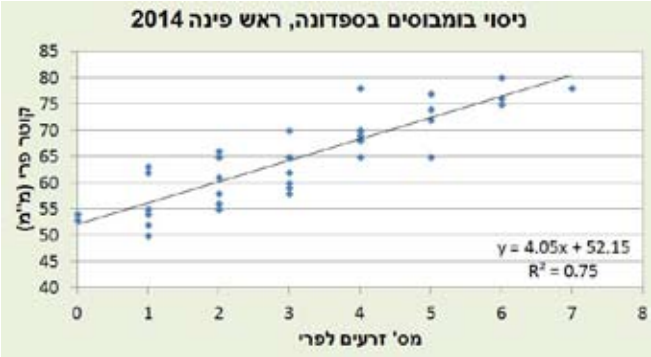

**איור 6: התפלגות הפירות לגודל בזן 'ספדונה', ברעם 2014.**

## מסקנות

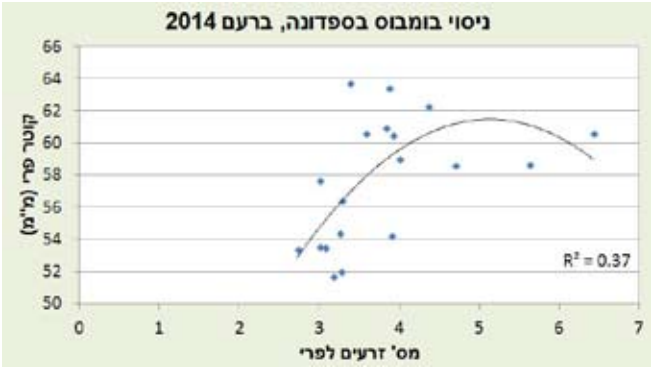
לתוספת דבורי בומבוס למטעי האגס השפעה חיובית ביותר על שיפור ההאבקה הזרה, שמביאה להגדלת מספר הזרעים בפרי ומכאן להגדלת הפרי. לראשונה נמצא ששיפור ההאבקה הזרה הושג לא רק הודות להארכת משך הפעילות של ההאבקה, בעיקר בשעתיים הראשונות והקרירות של הבוקר בהן דבורי הדבש אינן פעילות (אך שחרור האבקה מהפרחים ורצפטיביות הצלקות שלהן דווקא בשיאן), שהתבטאה בניידות גבוהה יותר בין שורות המפרה למופרה.

כאשר מספר הזרעים בביקורת (דבורי דבש בלבד) גבוה מחמישה או שישה זרעים לפרי עקב תנאי האבקה והפריה מצטיינים (כפי שהיה ב'קוסציה' בברעם 2014), תוספת הזרעים בטיפולי הבומבוס קטנה יחסית. למרות זאת, ההשפעה החיובית על גודל הפרי עדיין ניכרת. בזן 'ספדונה', בו מספר הזרעים תמיד נמוך מאוד - ממוצע של 2 עד 3 זרעים לפרי בלבד - יש לתוספת דבורי הבומבוס השפעה רבה ביותר על העלאת מספר הזרעים ומכאן על

**(א)**




**(ב)**




**איור 5: המתאם בין מספר הזרעים לפרי לקוטר הפרי בזן 'ספדונה' בראש פינה (א) ובברעם (ב), 2014**
**בראש פינה כל נקודה מייצגת פרי בודד, סך הכול 40 פירות למ"דגם. בברעם כל נקודה מייצגת ממוצע של עשרה פירות לעץ, סך הכול 200 פירות למדגם.**

גודל הפרי.

להצבת כוורות בומבוס לאורך השורה אין יתרון בהשוואה להצבתן באופן מקובץ בשולי המטע. בכל הפרמטרים הנבדקים - פעילות דבורים, מספר זרעים לפרי ויבול לעץ, התקבלו תוצאות דומות. מכאן, שאין כל מניעה להצבת כוורות בומבוס בדומה להצבת כוורות דבורי דבש, כלומר בקבוצות גדולות ובשולי המטע. נראה שזה אף יותר נוח, הן לנוטעים (מניעת התהפכות הכוורות מרוחות או בעת ריסוסי מפוח) והן לדבוראים.

**ספרות**


1. זיסוביץ ע., רז א., שניידר ד., גולדווי מ., טאובה ע., רביב ז., רושנסקי א., רטנר י., וינברג י., אלוש א., שטיינברג ש., פנחסי נ., שטרן ר. (2010): "אגס: תוספת דבורי בומבוס למטע לשיפור האבקה, הפריה, יבולים וגודל פרי". 'עלון הנוטע' 64 (6): 39-43.
2. Zisovich H., Goldway M., Schneider D., Steinberg S., Stern E., Stern R.A. (2012): Adding bumblebees (Bombus terrestris) to pear orchards increases seed number per fruit, fruit set, fruit size and yield. J. Hort. Sci. and Biotech. 87: 353-359.
3. שטרן ר. (2011, 2012): בחינת תוספת דבורי בומבוס למטעי האגס. דוחות למו"פ צפון.

# האבקה והגנת הצומח באגס[1]

**ישראל דורון**
ממ"ר גרעיניים, שה"מ, משרד החקלאות

**ענף האגס מתמודד בשנים האחרונות עם מגוון בעיות, בהן פוריות נמוכה ופחיתה ביבולים, סל זנים דל, יבוא, חירכון ועוד. במקביל יש לנו צוות מקצועי יוצא מהכלל, מגדלים מצוינים וחוקרים מהשורה הראשונה, וכולם כאחד תורמים את חלקם בקידום הענף. בסקירה שנתית זו אנו מביאים את עיקרי העבודה והפעילות במחקר, בהדרכה ובמטע**

**בומבוס עמוס אבקה בצמידות בעת האבקת אגס**

ענף האגס בארץ נשען על שני זנים עיקריים, 'ספדונה' ו'קוסציה', שניהם קיציים, עסיסיים, ואהובים על הצרכן הישראלי, גם אם אין הם נחשבים לאיכותיים וכמעט שאינם מוכרים בעולם. בשנים האחרונות הוחדר לארץ זן אגס קיצי חדש בשם 'אטרוסקה', המתאים לגידול באזורי ההר, מבשיל בחודש יוני, פריו גדול אך הוא רגיש מאוד לחירכון.

בשנים האחרונות שרוי הענף בארץ במשבר משולש: מחלת החירכון שנדון בה בהמשך, פוריות נמוכה והוצאות גבוהות. יבולי 2013 היו נמוכים מאוד - כ-21 אלף טון בלבד, וזאת לאחר יבולי שיא שלא ידענו כמותם של כ-40 אלף טון ב-2012. היום, נכון לספטמבר 2014, המטעים עומדים אחרי קטיף וההערכה מדברת על כ-25 אלף טון של פרי גדול ואיכותי. וצרה נלווית: היבולים הנמוכים של 2013 הביאו השנה לייבוא שיא של כ-7,000 טון אגסים...

## הגנת הצומח

הענף מתמודד כבר למעלה מ-15 שנה עם שני איומים עיקריים: מחלת החירכון, והמזיק פסילת האגס.

### מחלת החירכון *(Fire blight)*

מחלה זו, הנגרמת בעקבות פעילותו של החידק Erwinia amylovora, הביאה באמצע שנות התשעים של המאה הקודמת לצמצום ניכר בשטחי האגס באזור חדרה והגליל המערבי, וגרמה נזקים רבים בשאר אזורי הארץ. בעקבות האיום החמור על הענף הופעל בעבר פרויקט מיוחד לנושא, אותו ניהלו עמוס הרפז ויונתן שאולסקי. לאחר מחקר ממושך, בראשותו של פרופסור דני שטיינברג, נרגע החירכון, אך שב וחזר בגדול ב-2010. גם כאן הוקם מיזם מיוחד - אותו מנהל עד היום חגי שוורץ, בשיתוף פעולה עם ד"ר מרים זילברשטיין כרכזת מקצועית ובהנחייתו המקצועית של פרופסור שטיינברג – לניטור ולעצירת התקדמות המחלה.

ב-2010, בעקבות נזקי החירכון, נעקרו 1,000 דונם מטעי אגס באזור הצפון, וב-5,000 דונם נוספים בוצע סילוק נוף,

1. חלקים הקשורים לביו-בי מתוך סקירה כללית, שפורסמה ב"עלון הנוטע", 9.2014

מה שפגע ביבול. צוות החירכון פעל אינטנסיבית בתחום הניטור, תגבור המודעות ושיתוף הנוטעים, ואכן, במהלך 2011 ראינו האטה בהתקדמות הנזקים. ב-2012 הנזק שנרשם היה קטן ביותר, וב-2013 נזקי החירכון היו מעטים ונראו בעיקר באזור מטולה, שם נעקרו השנה כ-400 דונם.

בניסויים שבוצעו בתכשירים שונים הוברר כי התכשיר המרכזי לטיפול במחלה, הסטרנר (Oxolinic acid), אינו יעיל דיו. השנה, 2014, המחלה נמצאת אמנם בשליטה, אך האיום לא חלף ויעילותו של הסטרנר ממשיכה לרדת, מה שמחייב את המגדלים לנקוט אסטרטגיות התמודדות נוספות, כמו צמצום הצמיחה.

ב-2012 הועמד ניסוי חדש שעניינו עיצוב עצי אגס בדרך שתפחית את רגישותם לחירכון. עיצוב כזה, כך אנו מקווים, יאפשר המשך קיומו של הענף בארץ. בניסוי זה ראינו כי בעץ מרוסן צמיחה נזקי החירכון פחותים בהרבה מאשר בעץ בעל צמיחה חזקה. עם זאת, אל לנו להיתפס לשאננות: מי שמגדל אגס חייב להיות מקצוען, לטפל היטב במטע ולצמצם למינימום את רגישות העץ לחירכון.

### פסילת האגס *(Cacopsylla bidens Sulc)*

הטיפול במזיק זה התנהל בעבר במתכונת פרויקט, אך בשנים האחרונות הוא הופסק, והחוקרים המטפלים בו כיום הם ד"ר חיים ראובני וד"ר ליאורה שאלתיאלי-הרפז ממו"פ צפון.

הבעיה העיקרית בפגע זה כיום היא העלות הגבוהה של הדברתו, כמו גם נזקים רבים הנגרמים לקליפת הפרי בהשפעת חומרי הריסוס. השנה, 2014, היא שנה חמישית ברציפות בה אנו רואים בחלק גדול מהשטחים השתפרות ניכרת בהדברה, וזאת כתוצאה ממדיניות הדברה אותה מובילה המדריכה הפרטית סמדר אידלין-הררי. על פי מדיניות זו, הטיפול במזיק מתחיל מוקדם, עוד בחודשי החורף, וכתוצאה מכך המשך הטיפול בתכשירים מצומצם, ונראות הצלחה בהדברה ופחיתה מרשימה של נזקי הפסילה בקליפת הפרי. נזקי הריסוס השנה פחותים, ובעיקר מורגש הדבר אצל מי שלא הצליח להדביר את המזיק בתחילת הדרך. כיום הפעילות בתחום פסילת האגס מתרכזת בשתי חלקות מחקר, המראות כי אם לא משתמשים בתכשירים הפוגעים באויבים הטבעיים ניתן להגיע לקטיף ללא נזקים. אם כן, האתגר הבא בטיפול בפסילה הוא עידוד האויבים טבעיים, ובוודאי ללא שימוש בתכשירים הפוגעים בהם.

**בעזרת מחקריו של פרופ' שטרן הוגברו גם ההאבקה וההפריה, כאשר בשנים האחרונות הוכיח כי לדבורי בומבוס תרומה לעבודתן של דבורי הדבש וניתן באמצעותן להגביר עוד את הפוריות במטע**

### פוריות ואיכות פרי

בשנה האחרונה עלתה מאוד מודעות המגדלים למצב הכלכלי הקשה של הענף. הוצאות הייצור הגבוהות עקב שני הפגעים המרכזיים שצוינו, בתוספת היבול הנמוך וברקע מחירי הפרי הנקבעים על פי היצע וביקוש, מביאים את המגדלים לחיפוש פתרונות ייעול מידיים, או לנטישת חלקות ותיקות ולא רווחיות. היום ברור כי באזור ההר קל יותר להגיע ליבולים גבוהים וענף האגס ינדוד מן הסתם להר הגבוה. בה בעת נדרש מעבר לזנים פוריים יותר, מה שמחדד יותר את הצורך בהגברת הפוריות ובהבאת זנים חדשים ואיכותיים. מצב זה, כמו גם איום הייבוא, מחייב השקעת מאמצים ותקציבים וכך, באמצעות המחקר וההדרכה, אנו מתקדמים.

לאחר מחקר רב-שנים של פרופ' רפי שטרן ממו"פ צפון, שולבו בגידול חומרי צמיחה המגדילים את הפרי וכבר הפכו לטיפול מסחרי מקובל. בעזרת מחקריו של פרופ' שטרן הוגברו גם ההאבקה וההפריה, כאשר בשנים האחרונות הוכיח כי לדבורי בומבוס תרומה לעבודתן של דבורי הדבש וניתן באמצעותן להגביר עוד את הפוריות במטע. עם זאת, יש לעשות עוד כדי להבטיח הפריה מיטבית. פעולות לשיפור היבול וגודל הפרי ניכרות ביבולים הרב-שנתיים, כאשר בשנים האחרונות נראית יציבות בהיקף השטחים הנושאים פרי - כ-13 אלף דונם עם יבול של 25-30 אלף טון בממוצע רב-שנתי, עם פרי גדול ואיכותי מבעבר (להוציא כמובן את יבולי 2013 המחפירים...).

# אקולוגיה חברתית

## כוורת בומבוס של ביו-בי בחממה האקולוגית בעין שמר

החממה האקולוגית בעין שמר היא מרכז חינוכי חדשני הנועד להעשיר, להעמיק ולהרחיב את הלמידה הבית-ספרית, לסייע בחיבור התלמידים לעולם המחקר והתעשייה, ולייצר עם התלמידים חוויית למידה משמעותית עבורם.

כחלק מהחיבור לתעשייה, התלמידים מבצעים בחממה עבודות מחקר בתחום ההדברה הביולוגית והאבקה, בהדרכת עובדי חברת ביו-בי. במקביל, מתארחים בחממה גם סטודנטים מאוניברסיטת MIT בארצות הברית, שמבצעים מחקרים שונים הקשורים בלימודיהם.

אביטל גבע, מנהל החממה האקולוגית, מתקין כרזה של ביו-בי בחממה

הכוורת של ביו-בי עם המצלמה שמשדרת

במוזיאון העירוני בפתח תקוה מוצגת בימים אלו תערוכה בנושא "חקלאות מקומית באמנות עכשווית". אחד משנים-עשר המיצגים הוא של האמן והמחנך אביטל גבע, מנהל החממה האקולוגית בעין שמר. המיצג מבטא באופן מקורי את גישתו החינוכית והייחודית, על ידי שידור חי מכוורת הבומבוס שמוצבת בחממה האקולוגית. מומלץ לבקר בתערוכה!

**לצפייה בסרטון מחיי הכוורת סרקו את הברקוד**

# בִּיו-תִּים (תכשירים ירוקים מועילים)

**גבי צונץ**, מנהל אבטחת איכות, ביו-בי

במסגרת מדיניות החברה להוספת מקורות הכנסה ורווח, התחלנו בפעילות של הכנסת מוצרים חדשים לסל המוצרים המסורתיים שלנו. מוצרים אלו לא בהכרח ביולוגיים ולא מיוצרים במפעל, לפחות בשלב הראשון. בהמשך אנו מצפים להזדמנויות בהן נזהה ונשיג מוצרים אשר יוכלו להיות מיוצרים אצלנו. בשלב זה אנו מהווים מתווך בין היצרנים לחקלאים, תוך ניצול מערך שירות השדה שלנו.

פקחינו המקצועיים - שמכירים את צורכי החקלאים ונמצאים בקשר רציף עם הלקוחות - יכולים להציע את המוצרים החדשים לפי התאמתם לשטח.

מנהל הפעילות באגף החדש הוא **אוהד אבירם**, בן קיבוץ סעד, המתגורר בשדה נחום.

אוהד הוא אגרונום, בוגר הפקולטה לחקלאות, בעל ניסיון עשיר בעבודה בחברות כימיקלים וניהול שיווקם במספר מקומות בארץ ובעולם.

אוהד מסביר כי תהליך הכנסת המוצרים כולל ביקורים בתערוכות שונות ברחבי העולם, קשירת קשרים עם חברות בארץ ובחו"ל למציאת חומרים מתאימים, רישוי החומרים, ניסיונות בשטח וכו'.

תהליך הכנסת חומרים לשוק מתבצע באחד מהתהליכים הבאים:

תהליך קצר - הפצת חומר מוכן, שאפשר למוכרו מידית.

תהליך בינוני - ביצוע ניסיונות חדשים במוצר מסחרי קיים, על מנת לקבל רישוי להפיצו.

תהליך ארוך - כניסה לשוק הבין-לאומי עם ייצור, שיווק ומכירה של מוצרים אשר יהיו בבעלות מלאה של ביו-בי.

בשלב זה אנו מטפלים במספר מוצרים בו-זמנית:

- "**תמר-טק**" - תערובת שמנים צמחיים להדברת אקריות בגידולים שונים. זהו החומר הראשון "שלנו", אחרי שחתמנו על הסכם שיווק של המוצר מהחברה שפיתחה אותו.
- הכנסת מוצרים נוספים לטיפול **בזבוב הים תיכוני**.
- "**רקוויאם**" – קיבלנו זכויות הפצה לתכשיר חדש בארץ שמיוצר על ידי חברת באייר הגרמנית (BAYER). התכשיר יעיל בעיקר נגד כנימת עש הטבק, אך גם נגד מזיקים נוספים.

**תמונות מניסוי ביו-תים במלפפון:**
**תמר-טק נגד קמחון במלפפון. מימין (לבן) היקש, משמאל (ירוק) מינון מטרה.**

יחד עם אוהד עובדים **שאול גינזברג**, המבצע את הניסיונות בשטח, **ושוקי שיינבום**, כיועץ מקצועי (בחצי משרה).

כרגע עובדים על תכנון הקמת מחסנים ומקום לאריזת המוצרים, בנפרד מאריזת המוצרים הביולוגיים, ועל קבלת היתר רעלים המחויב לפי חוק, כדי להשיג רישוי למכירת חומרי הדברה.

אוהד מציין לטובה את ה"כניסה החלקה" שלו לעבודה בביו-בי, שאותה גילה כחברה מקצועית, קיבוצית ומשפחתית.

# חדש בביו-בי
# ניתן להשיג במשביר לחקלאי

BAYER

REQUIEM

ريكويم

# רקויאם

## תרכיז מתחלב

10 ליטר

10 Liters

**קוטל חרקים להדברת מזיקים בירקות, במנגו, בתבלינים ובפרחים**
**פעילות התכשיר להדברת אקריות וכנימת עש הטבק מוגבלת**

**התכולה:** טרפנים סינטטים הזהים למיצוי מצמח כף האווז - 16.75%
**כללי:** רקויאם הינו קוטל חרקים המורכב מטרפנים בהרכב זהה למיצוי מצמח כף האווז. החומר פעיל במגע וגורם לייבוש המזיקים הרגישים, מנגנון הפעולה הכללי מפחית למינימום את הסיכוי לפיתוח עמידות. מנגנון פעולתו מחייב יישום בלחץ גבוה ובנפח תרסיס גבוה והקפדה על כיסוי מלא של המזיקים. משך פעילות החומר קצר ולכן מומלץ בירקות ליישם לפחות 2-3 יישומים באינטרוול של כחמישה ימים, ובמנגו 2 יישומים באינטרוול של 10-14 ימים. התכשיר סלקטיבי לדבורים ולאויבים טבעיים. **כדי להבטיח פעילות אופטימלית יש ליישם בשעות אחה"צ-ערב.**

**דרגת רעילות:** מסוכן (דרגה IV)
**מספר או"ם:** 3082
מספר אצווה: ראה מודפס על האריזה
Batch No: Printed on packing

מיוצר על ידי: AgraQuest de Mexico s.a. de c.v., Mexico
עבור: Bayer CropScience AG, Germany
רשיון השירותים להגנת הצומח ולבקורת 4277/הצ/15

**לא לשימוש ביתי - לשימוש חקלאי בלבד!** **קרא בעיון את התוית לפני השימוש** ليس للاستعمال المنزلي !

משווק על ידי: BioBee Integrated Crop Solutions

בעל הרישוי:
לוכסמבורג תעשיות בע"מ
לוכסמבורג תעשיות בע"מ
www.luxembourg.co.il טל: 03-796 4300

172-1/511
**עדכון תוית:** ינואר 2015
**Label updating:** January 2015

| הגידול | הפגע | מינון (סמ"ק/ד') בנפח תרסיס 50 - 100 ל'/ד' | ריכוז (%) בנפח מעל 100 ל'/ד' | ריסוס אחרון לפני קטיף (ימים) |
|---|---|---|---|---|
| עגבניה (1),(2), חציל, פלפל | אקרית אדומה מצויה, כנימת עש הטבק | 500 | 0.5 | 3 |
| עגבניה (2) | טוטה אבסולוטה | - | 0.5% רק בשילוב עם אמפליגו 0.02% | 3 |
| פלפל | תריפס קליפורני | 500 | 0.5% בשילוב טרייסר 80 סמ"ק/ד' | 3 |
| כרוב, כרובית, ברוקולי, קולורבי (3) | כנימת עש הטבק | 500 | 0.5 | 3 |
| קישוא, מלפפון, אבטיח, דלעת | כנימת עש הטבק | 500 | 0.5 | 3 |
| תות שדה | אקרית אדומה מצויה | 500 | 0.5 | 3 |
| מנגו | כנימת המנגו | - | 0.5 | 3 |
| פרחים(4): ורדים, מנדבילה, סולידגו, ארליה, גבסנית, חרצית | אקרית אדומה מצויה, כנימת עש הטבק | 500 | 0.5 | - |
| תבלינים: בזיל, לואיזה, מנטה, אורגנו, קורנית, רוזמרין, מרוה, סטיביה, שמיר, כוסברה, סלרי, עירית, בצל ירוק, מנגולד | כנימת עש הטבק | 500 | 0.5 | 3 |
| **שטיפת תבלינים לאחר קטיף(5):** בזיל, מנטה, רוזמרין, קורנית, מרוה, טרגון, אורגנו | פרודניה, כנימת עש הטבק, כנימת עלה, אקרית אדומה מצויה | - | 1 | - |

# ביו-בי במבט גלובלי

**לירית פורת גריטון**

אחראית קשרי לקוחות במדינות דוברות רוסית ובחברות-בנות, ביו-בי

### דו"ח מכנס חברות-בנות

בנובמבר 2014 קיימה ביו-בי את הכנס השנתי של חברות-בנות מחו"ל. בכנס השתתפו נציגים מביו-בי קולומביה, ביו-בי רוסיה, ביו-בי הודו וביו-בי צ'ילה.

תכנית היום הראשון כללה דיון והצגת סיכום של כל חברת-בת מפעילותה בשנת 2014. בהמשך היום התקיימו ישיבות הנהלה של כל חברה בנפרד, לאישור התכנית השנתית בכל אתר. למרות מזג האוויר הגשום, הצלחנו לתמרן בין הממטרים ולהשתתף בסיור לילי מרשים בבית שאן העתיקה. קינחנו בארוחת ערב חגיגית.

ביום השני הזמינה ביו-בי כאורח כבוד את פרופסור ראלף אודלך (Ralf Udo Ehlers) מחברת E-nema, גרמניה. בחברה זו מייצרים נמטודות מועילות, שמיועדות להדברת מגוון פגעים. פרופסור אוד העביר מספר הרצאות שקשורות לייצור הנמטודות וליישומן. בחלק השני של היום הוא לימד כיצד עושים בקרת איכות לנמטודות במעבדה. בחלק השלישי של היום יצאו הפרופסור, הצוות המקצועי ומנהלי החברות-בנות לסיור במטע תמרים אורגני שבנתיב הגדוד. בחלקת התמרים למדו איך מתמודדים עם חדקונית הדקל וכיצד מיישמים את הנמטודות המועילות נגד המזיק.

החלק האחרון של ההשתלמות התמקד בסיעור מוחות רב-לאומי, למציאת פתרונות לבעיית התריפס.

כנסים מעין אלו מהדקים את הקשרים ונותנים לנו ולשותפים שלנו שמעבר לים, תחושה של משפחה אחת. התהליכים הללו משפיעים על כל הפעילות והעשייה המשותפות במשך השנה כולה.

### דו"ח מסמינר הדברה ביולוגית-משולבת בירקות ובפרחים לאנשי מקצוע מבלרוס

פעם בשנה, בארבע השנים האחרונות, ביו-בי מארחת סמינר הדברה ביולוגית משולבת של אנשי מקצוע ומנהלי חוות ממדינות דוברות רוסית.

בשבוע הראשון של נובמבר 2014 הגיעו להתארח בביו-בי 19 אגרונומים בכירים ומנהלי חוות מבלרוס.

הסמינר נמשך ארבעה ימים, במהלכם הקבוצה נהנתה מהרצאות מקצועיות, סיורים בשטח וחוויות תיירותיות בכנרת ובירושלים.

הרצאתו של פרופסור ראלף לעובדי ביו-בי

התכנית כללה הרצאות של אנשי המו"פ והמקצוע בביו-בי, סיור במעבדה לזיהוי אויבים טבעיים, סיור במפעל, כולל הסברים בנושא בקרת איכות, וסיור מקצועי באזור הבשור שכלל הרצאה של אורי יפה בנושא התמר-טק והרצאה של סבטלנה דוברינין, מדריכת שה"מ, בנושא מחלות בעגבניות. התמקדנו בנושאים שהטרידו במיוחד את המשתתפים, כמו התמודדות טובה עם רכנף הנזידיאוקוריס. לנושא זה הקדשנו חצי יום, שכלל הרצאה ודיון מורחב בהובלת ארנון אלוש וויטה הללי.

כמובן שגם הפעם לא ויתרנו על סיור מעניין בקיבוץ שדה אליהו, אשר תמיד מרתק את כל האורחים ומעלה שאלות והתפעלות מסגנון החיים המיוחד.

את השבוע חתמו החברים הבלרוסים בירושלים - "הגשמת חלום חיים", אמרה יקטרינה פיטרובנה (בת 74, מנהלת חוות ירקות של 700 דונם במינסק).

**תמונת מחזור של משתתפי הסמינר שיזמה ביו-בי לאנשי מקצוע מבלרוס**

## סקירה על ביו-בי בהודו

אניל, מנהל ביו-בי הודו

(תרגום: גבי צונץ)

ביו- בי הודו עוסקת כיום במתן פתרונות הדברה משולבת למגדלי ענבים באזור נאשיק במדינת מהרשטרא שבמערב-הודו, ולמגדלי פרחים וירקות באזור בנגלור שבדרום-הודו.

העונה התחילה בסמינר רב-משתתפים שהתקיים ב-7 באוגוסט בנאשיק. לפני הסמינר, ביקר הצוות במספר כרמים, להיכרות ממקור ראשון עם מצב המזיקים השונים. המידע שנאסף במהלך הביקור בכרמים היה שימושי מאוד בסמינר, ויצר מכנה משותף מידי בין הדוברים ובין הקהל.

בדרך כלל, עונת בציר הענבים מתחילה בסביבות אוקטובר, והסמינר תוכנן לפני שיא הפעילות של המזיק העיקרי בכרמים - הכנימה הקמחית.

הדוברים העיקריים בסמינר היו רמי פרידמן, משהל"ה כהן, צפריר בר ואג'יט - מנהל פעילות ביו-בי באזור נאשיק.

רמי הציג מצגת על ביו-בי ופעילותה הכללית.

משהל"ה ואג'יט העבירו הדרכה מעשית בזיהוי המזיקים - כנימה קמחית בעיקר - וניטורם, והדגישו את החשיבות של פעילויות אלו בהדברה משולבת.

משהל"ה הסביר שנוכחות האויבים הטבעיים המקומיים בכרמים היא חשובה, ולכן יש להשתמש בדרכים השונות לטיפול ומניעה של הגעת נמלים העוזרות לקמחיות ונלחמות באויבים הטבעיים המפוזרים.

צפריר הסביר לצוות ההודי ולכורמים את תורת השימוש בנמטודות מועילות - EPN, ואת יעילותן בהדברת מזיקים בעייתיים, כגון: נוברים בגפנים וחדקונית בדקלים. כמו כן, הדגיש צפריר את חשיבות ההקפדה על היישום בשטח, על בקרת איכות המוצרים לפני הפיזור, על הכנת החומר לפיזור ויישום נכון של החומר בחלקות.

מוצרים של מספר ספקים מקומיים הובאו להדגמה, והנוכחים יכלו לבחון אותם תחת בינוקולר.

ביו-בי הודו חתמה על חוזה חדש לטיפול בחלקת ורדים בגודל 20 דונם בחווה חדשה שהוקמה בטומקור. הפיזורים הראשונים כבר בוצעו והדיווחים משם מראים על התבססות טובה של הפרסימיליס.

# הדברה משולבת בעגבניה - סיכום עונת 2014

**עמית שדה**, שירות שדה בכיר, ביו-בי

ביו-בי החלה את הפעילות המסחרית בתחום ההדברה המשולבת בגידול העגבניה בשנת 2012. לאחר הצלחות ראשוניות ותגובות טובות מצד החקלאים, בעיקר על רקע הקושי בהדברת האקרית האדומה, התחלנו להתקדם בפיתוח ובשיווק. בשלוש השנים האחרונות, מספר החקלאים שאימצו את השיטה והיקף החלקות המטופלות עלו משמעותית בכל שנה. ניתן לומר שכמעט כל מי שהתנסה, היה מרוצה מאוד והרחיב את השימוש לחלקות נוספות. גם בשנה האחרונה סיפקנו ללקוחותינו שילוב מנצח של פיקוח מזיקים מקצועי ביותר וחומר ביולוגי באיכות גבוהה, שיחדיו איפשרו לחקלאים להתמודד עם הפגעים השונים בצורה מיטבית.

### מאפייני עונת 2014

מרבית שטחי גידול העגבניה הם בנגב, בשלושה אזורים: ביישובים סביב נתיבות, בחבל הבשור וביישובי פיתחת ניצנה. את העגבניה מגדלים כמובן כל השנה, אך מרבית השתילות החדשות מתבצעות באביב ובקיץ. שנת 2014 התאפיינה בשתילות בהיקפים מצומצמים במהלך האביב, ורק בחודש מאי החלו החקלאים לבצע שתילות בהיקף נרחב. שתילות אלו נמשכו לאורך כל הקיץ עד לסתיו. מרבית החקלאים (למעט חקלאי רמת נגב) בוחרים לגדל בבתי רשת פשוטים, ועונת הגידול נמשכת לרוב 4-5 חודשים בלבד, על רקע מחירים נמוכים וחוסר כדאיות כלכלית בהמשך הדליית הגידול. השנה, מזג האוויר היה מתון באופן יחסי ולא נרשמו כמעט גלי חום קיצוניים, אך המלחמה בעזה, שנמשכה כמעט חודשיים בשיא הקיץ, הקשתה מאוד על החקלאים בביצוע עבודות שוטפות (חוסר הביטחון ביציאה למרחבים חשופים, עובדים שברחו, וכדומה). רוב אנשי השדה של ביו-בי, הנותנים שירות בנגב, מתגוררים בעצמם ביישובי עוטף עזה, ולכן היינו צריכים למצוא דרך להמשיך ולספק את השירות לחקלאים תחת אש בשיא העונה ובאי-ודאות איך יסתיים כל יום שעובר. למרות זאת, ניתן לציין בגאווה שבמשך כל תקופת המלחמה, אנשי השדה של ביו-בי הגיעו לכל חלקה וחלקה של כל החקלאים, וסיפקו את השירות ואת החומר הביולוגי בזמן. זאת ההזדמנות גם לומר תודה לכל הצוות המסור שעסק במלאכה.

המזיק העיקרי בעגבניה - האקרית האדומה - הופיע כבכל שנה ופעילותו התעצמה עם עליית הטמפרטורות וכניסת הקיץ. למרות שכאמור, מזג האוויר היה "נורמלי", האקרית האדומה תקפה חזק בכל הגזרות ושוב ראינו כיצד חקלאים שיישמו הדברה ביולוגית הצליחו להדביר היטב את המזיק. לא אחת נקראנו לחלקה שטופלה בחומרים כימיים בלבד ושכבר כמעט נשרפה. במקרים לא מעטים הצלחנו להציל את החלקה, למרות שעל פי תפיסתנו, הליווי והיישום צריכים להתבצע משלב השתילה ולא בשלבים מתקדמים ומאוחרים. במרבית החלקות המטופלות שאותן ליווינו מתחילת הגידול, נרשמה הצלחה טובה בהדברת האקריות תוך שימוש מושכל ומשולב של פיזורי האקרית הטורפת פרסימיליס, וריסוס כימי באחד החומרים המשתלבים לצורך השגת איזון של האוכלוסיות. כפי שראינו בשנים קודמות וגם השנה, בעונת גידול טיפוסית מספר הריסוסים נגד אקריות הגיע לשניים עד שלושה (ובמקרים חריגים יותר מזה), אך כמובן שמספר זה נמוך משמעותית מחלקות מטופלות בכימיקלים בלבד שבהן הריסוס נגד אקריות נדרש לרוב בכל שבוע.

**במשך כל תקופת המלחמה, אנשי השדה של ביו-בי הגיעו לכל חלקה וחלקה של כל החקלאים, וסיפקו את השירות ואת החומר הביולוגי בזמן. זאת ההזדמנות גם לומר תודה לכל הצוות המסור שעסק במלאכה**

יש לציין גם את ריבוי הכישלונות בהדברה כימית, אם על רקע פיתוח עמידות של האקריות למגוון חומרי ההדברה, אם על רקע יישום לא מיטבי של חומר הריסוס.

בהקשר זה חשוב להזכיר שממשק ההדברה המשולבת מציע יתרון נוסף, והוא "שמירה" על חומרי ההדברה מפיתוח עמידות של המזיק כלפיהם שכן האקריות הטורפות שלנו יודעות לטרוף את כל האקריות המזיקות בשטח, גם אלו שפיתחו עמידות לחומרי הדברה...

## סיפור חוזר

מזיק נוסף שהולך ומתגבר בשנים האחרונות הוא התריפס הקליפורני. כבכל שנה, עיקר הקושי הוא באביב, עת המזיק מגיע בכמויות עצומות ולרוב טעון בווירוס הנבילה של העגבניה. גם השנה האתגר היה לשמור על החלקות שנשתלו באביב שלא יידבקו בווירוס, ועשינו זאת על ידי ניטור קפדני של פקחי המזיקים שלנו, שימוש במלכודות ניטור ייחודיות וליווי מקצועי של שירות השדה. ניתן לומר שבסך הכול לא נרשמו בעיות מיוחדות והחשיבות של עבודת פקח מזיקים מיומן שוב הוכיחה את עצמה. יש לציין שהתריפס פעיל גם לאורך הקיץ, ובייחוד בקיץ מתון כמו שהיה השנה, ולא אחת ראינו שיש להיזהר לא רק מהעברת הווירוס אלא גם מנזקים קוסמטיים שהתריפס עלול לגרום לפרי. גם במקרה זה ניטור של פקח מיומן יכול למנוע נזק רב.

כנימת עש הטבק עלולה לגרום לבעיות בחודשי הקיץ והסתיו. חלק מהחקלאים בוחרים בתבונה לגדל זן בעל סבילות לווירוס צהבון האמיר, דבר שיכול לחסוך ריסוסים רבים ונזק כלכלי. חשוב לציין שעדיין, ברוב השטחים בארץ, הגידול איננו סביל לווירוס, ולכן לא אפשרית הכנסה של מדביר ביולוגי נגד כנימת עש הטבק למערכת. יש לקוות שבשנים הקרובות יותר חקלאים יבחרו לגדל זנים סבילים בקיץ וכך יהיה פתח לשינוי המצב.

דבר נוסף הלוקה בחסר, הוא סגירת המבנים באופן לא מוקפד. יש לזכור תמיד שמה שנראה לעין של אדם כמבנה סגור, עשוי בהחלט להיות אוטוסטרדה פנימה לגן עדן בעיניו של חרק קטן. לכן ישנה חשיבות רבה להקפדה של החקלאי ולחיפוש דקדקני בכל פינה במבנה אחר פתחים קטנים.

בתחום המחלות, השנה נצפתה פעילות חזקה מאוד של קמחונות ובעיקר של קמחון, ייתכן בשל הקיץ המתון. הדבר ניכר במיוחד בחלקות שבפיתחת ניצנה, שם, למרות הטיפולים האינטנסיביים, חלקות רבות ניזוקו מאוד. כאן יש לציין חומר חדש שביו-בי החלה לשווק השנה- תמר-טק. מעבר להיותו קוטל אקריות טוב, חומר זה מסוגל גם לעכב ולהדביר קמחון. בחלקות תצפית בהן רוסס תמר-טק באופן קבוע בכל שבוע עד שבועיים, היה ניכר לעין שאין כמעט קמחון, בהשוואה לחלקות שטופלו במיטב קוטלי המחלות הכימיים.

מחלה נוספת שממשיכה להסב נזקים רבים היא מחלת הכיב החיידקי (קלביבקטר משיגיננזיס). למרות המודעות הרבה מצד החקלאים והקפדה על אגרוטכניקה שתמנע את הפצת המחלה, חלקות רבות במגוון אזורים נפגעו ואין ספק שהחקלאים משווים לפתרונות חדשים.

## מחקר ופיתוח

השנה ביו-בי השקיעה משאבים רבים בפעילות מו"פ שדה למציאת פתרונות חדשים להתמודדות עם מגוון מזיקים ומחלות בעגבניה. היקף הפעילות בנושא היה ללא תקדים, ועסק בתחומים רבים ומגוונים, שמטרתם לשפר את הקיים ולמצוא טכנולוגיות חדשות ופתרונות נוספים. יש לציין שעסקנו לא רק בשיפור הפתרון להתמודדות עם אקריות או מזיקים אחרים, אלא גם בפיתוח דרכים לטיפול בצמח כולו, בדגש על מחשבה מה קורה גם מתחת לקרקע ולא רק מעליה. אין ספק שדברים חדשים, מעניינים ואף מפתיעים, צפויים להיכנס לשימוש בעתיד הקרוב ועל כך נרחיב בבוא העת.

בשנת 2015 ביו-בי תמשיך להוביל בתחום ההדברה המשולבת בעגבניה. מה שעד לא מזמן היה בגדר הבלתי-אפשרי או הבלתי-פרקטי, הופך להיות כמעט המובן מאליו, כפי שקרה בפלפל. אין ספק שבגלל מרכזיותו של גידול העגבניה, אנו נמשיך לעשות כל מאמץ על מנת להצטיין ולהביא לחקלאי ישראל את הפתרונות המיטביים עבורם.

דיוקן
מקור ראשון

# למה ישראל מוכרת זבובים עקרים לירדן?*

**יעל פרוינד אברהם**, מקור ראשון

**למרות שהאירופאים אהבו את הרעיון, הפלסטינים החליטו שהם דוחים את ההמצאה. בינתיים, הזבובים המעוקרים של ישראל ממשיכים להציל פרדסים בעולם. השיטה: עיקור באמצעות הקרנה.**

רכב מסחרי גדול התקרב באחד מימי השבוע האחרון למעבר הגבול שליד גשר שייח' חוסיין. בצדו השני של המעבר חיכה לו בדריכות נציג ירדני. הרכב, כיאה לזכאי שירות VIP, עקף באלגנטיות את התור הארוך המשתרך, ואז עצר. הנהג ירד וניגש לתא האחורי, מתוכו שלף קופסת קלקר לבנה גדולה. החבילה הועברה תוך הנהוני שלום מנומסים לבן המדינה השכנה, שלא נדרש לפתוח אותה כדי לדעת מה יש בה. פעמיים בשבוע זורמת האספקה באין מפריע, במימון הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית. הנהג הישראלי סב על סנדליו, התניע את הרכב ונסע על רקע נופי העמק, עד שנבלע בחזרה בשערי קיבוץ שדה אליהו.

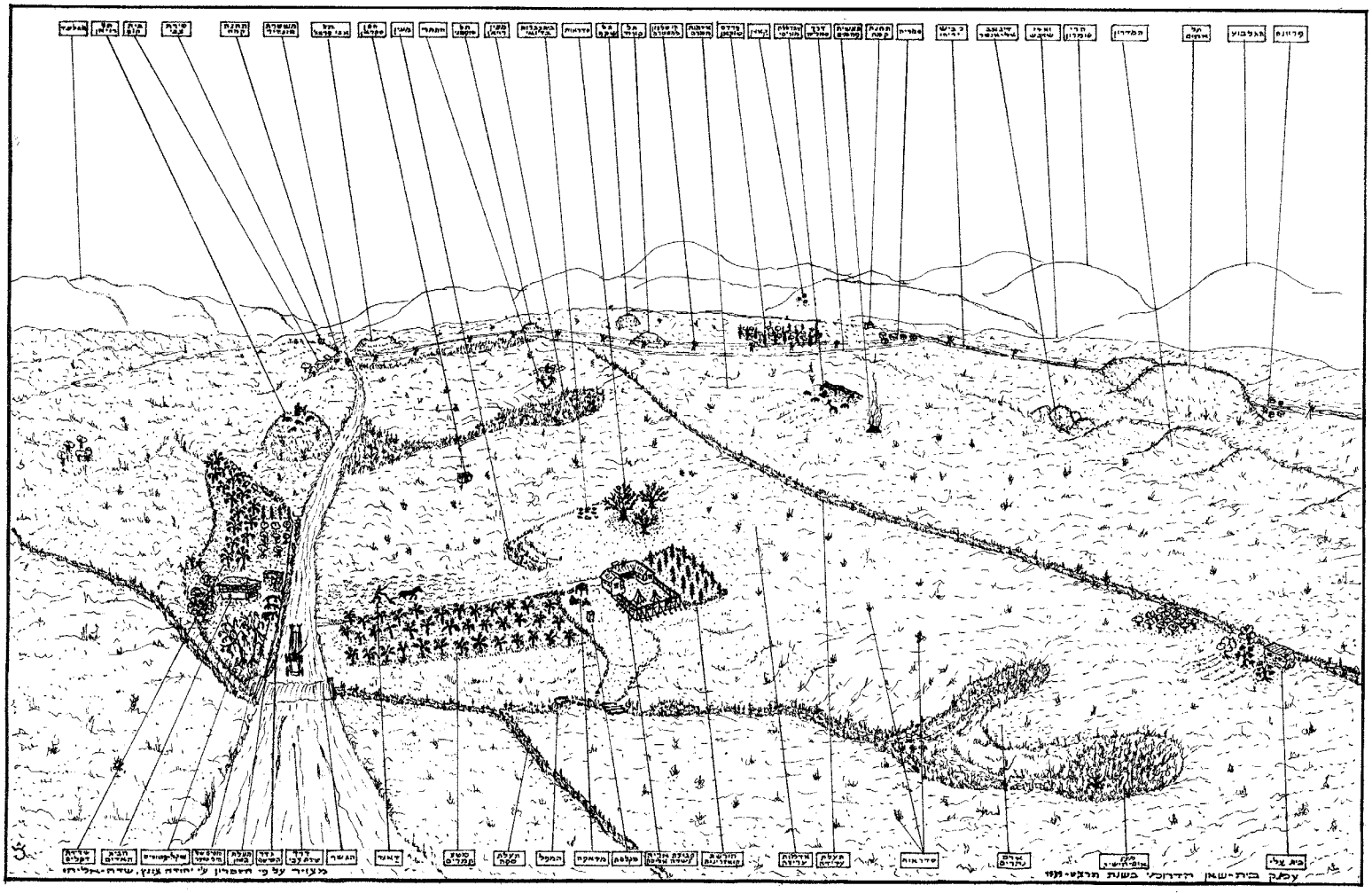
**פיזור "חומרי הדברה" על ידי משפחת דותן בערבה**

חודש וחצי קודם לכן היו דיילות אל-על טרודות כהרגלן במתן מענה לדרישות הבלתי - פוסקות של נוסעי הטיסה לזגרב. הן לא העלו בדעתן שעוד 5.5 מיליון נוסעים התמקמו בתא המטען של המטוס, ותפסו טרמפ לקרואטיה. מיליוני הנוסעים האלה נמצאו בשלב שללא ספק היה מזכיר לדיילות שבֶּעות הטיסות לא מעט מהלקוחות האנושיים: שלב הגולם. עם הגיעם למחוז חפצם, כולל טיסת קונקשן אחת לספליט, נשלחו הנוסעים החרישיים למה שמתקרא מתקן הגחה, שם קיבלו את התנאים האופטימליים כדי שיוכלו להגיח לאוויר העולם כזבובי פירות ים־תיכוניים. 5.5 מיליון הזבובים הבשלים נשלחו לחלקות פרי ההדר לאורך הגבול של קרואטיה ובוסניה. 750 אלף הזבובים שיגיחו ממתקן ההגחה בשוּנֶה שבירדן יפוזרו בחלקות הדרים באזור. במשכנם החדש יעשו את מה שהם יודעים לעשות הכי טוב: יחפשו נקבות.

אבל גם הזבוב התר אחר בת זוג, וגם הנקבה - שכן, באה לפה הרבה... - לא מודעים לעובדה שהזכרים יצאו לדרך רק אחרי ששהו זמן-מה במרכזו של מתקן הקרנה רדיואקטיבי. אחרי הבילוי המפוקפק וההגחה כבוגרים, הם יוכלו אמנם להתעופף כאוות נפשם ולמצות כל רגע לאורך חייהם הקצרים, אבל להוריש את התזזיתיות או את הקסם האישי לצאצאים - את זה לא יוכלו. החשיפה לקרינה במתקן הגרעיני השלישי בעוצמתו אחרי שני אחיו בישראל, שני הכורים, הפכה אותם למעוקרים.

אחרי ההזדווגות, הנקבה שמבחינתה הופרתה ומיצתה בהחלט את פרק ההוללות בחייה, תבחר לה תפוח עסיסי או רימון לתפארת, ותטיל כהרגלה ביצים בתוך קליפתו. למה להשאיר פרי יפה כל כך, אם אפשר לקלקל אותו. ללא הטיפול שהוענק לזבובים הזכרים במפעל ביו-בי

* פורסם לראשונה ב"דיוקן", ג' בשבט תשע"ה, 23.1.2015



**ציור מהזיכרון של השטח בו ממוקמת היום ביו-בי ב-1939 (יהודה צונץ ז"ל).**

(BioBee) בשדה אליהו, היו הביצים בוקעות. אחרי כמה ימים היו הזחלים חשים צורך להתגלם, מרהיבים עוד וקופצים באנג'י מהפרי אל הקרקע, בלי לחשוב על פצועים שהותירו בשטח - הפירות הפגועים שנושרים אל הקרקע בלתי אכילים, ופלח מאוכלוסיית העולם שזקוק לפירות הללו ומגיע לחרפת רעב.

הפתרון אליבא דשיטות הישנות היה ריסוס בכמויות מכובדות של חומרים כימיים - זרחן אורגני, למשל, שלפני שנתיים הוגבל משמעותית השימוש בו בעקבות מחקרים שהוכיחו פגיעות התפתחותיות בילדים. עם הידע המצטבר על הנזקים הסביבתיים והבריאותיים שגורמת ההדברה, נולדה התובנה שאת הפתרונות לפגעי החרקים צריך לשלב בממלכת הטבע. כך הגיעו, בין היתר, לשימוש בזבובים שנחשפו לכמות קרינה גבוהה פי עשרים מהרמה הקטלנית לאדם. אחרי הטיפול הרדיואקטיבי גם כשהזבוב אוהב ת'זבובית, דור המשך כבר לא ייצא מהם.

**אקרית הפרסימיליס, צרעת אנגירוס, פשפש נזידיוקוריס ושאר חרקים בעלי שמות בלתי קליטים, טסים מכאן ליעדים נחשקים כמו דרום-אפריקה, צ'ילה, הודו, קולומביה ועוד 28 מדינות בעולם, משל היו משוחרר טרי מהצבא**

"בתחילת הדרך עשינו ניסיונות בפרדס של אחד הקיבוצים באזור", מספר לי אופיר לוי, מנהל מפעל הדבורים והזבובים של ביו-בי, "נפגשתי עם מנהל הפרדס, קיבוצניק ותיק, והוא אומר לי 'אני לא מבין מה אתם מתרגשים כל כך מהריסוסים. כשאנחנו היינו ילדים, היינו באים לקטיף בפרדסים, יושבים פה לארוחת בוקר, שמים צלחות עם גבינה, וכשמטוס הריסוס עבר מלמעלה והטיפות השחורות נפלו על הגבינה, היינו מנגבים עם הפיתה ואוכלים'".

היום משתדלים להימנע מהתבלין הארומטי (עם הפיתה מנגבים צרה תעשייתית אחרת) ולרתום את תהליכי הטבע למלחמה נגד נזקי החקלאות.

"בקו הייצור ביו-פליי, שהוא מפעל לגידול המוני של זבוב הפירות, אנחנו מדמים את הטבע באמצעים מלאכותיים", אומר לי לוי כשאנחנו צועדים בין החממות, שם דרים בכיף משמידי החקלאות לצד אויביהם הטבעיים, אליהם עוד נגיע בהמשך. "בתוך חדרים מבוקרים אנחנו מייצרים למעשה את כל שלבי מחזור החיים של ←

הזבוב, ובסיומם נספק גלמים מעוקרים של זבובים זכרים, או זבובים מעוקרים המוכנים לפיזור בשטחים חקלאיים. הרעיון הבסיסי הוא גם להוריד את כמות האוכלוסייה, וגם למנוע ריסוס בחומרים כימיים".

### "קיבלנו מימון מהסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית"

את שערי ביו-בי - שכנרמז בשמו, התחיל מגידול דבורים לצורכי האבקה - יוצאים קלקרים עמוסי כל טוב. אקרית הפרסימיליס, צרעת אנגירוס, פשפש נזידיוקוריס ושאר חרקים בעלי שמות בלתי קליטים, טסים מכאן ליעדים נחשקים כמו דרום-אפריקה, צ'ילה, הודו, קולומביה ועוד 28 מדינות בעולם, משל היו משוחרר טרי מהצבא. מכל אלה, דווקא גולמי הזבוב שיצאו לקרואטיה, היעד האירופי היחיד למוצר הזבובי, קנו את לבם של עורכי העיתונים המקומיים, של כתב CNN, ושל יהלומן רוסי, שהתקשר ללוי וביקש להשתמש במתקן הגרעין לצביעת יהלומים. "הייצוא לקרואטיה הפך לידיעה מתוקשרת. מצחיק, אתה אף פעם לא יודע מה יעשה את הבאזז", אומר לוי. נו, לפחות כאן אנחנו יודעים מי עושה את הבזזז.

**כל המכונות כאן הן פיתוח מקומי. זה המפעל היחידי בעולם שבו האיסוף נעשה בצורה כזאת ממוכנת, ללא יד אדם. ביו-בי הוא גם מפעל המתבסס על עבודה עברית בלבד, כולל משוחררי צבא שמגיעים לכאן במסגרת עבודה מועדפת**

**תוך כמה זמן החקלאי, שמקבל חבילת זבובים, ירגיש הטבה במצב?**

"ההטבה באה לידי ביטוי כבר בשנה הראשונה, גם בהורדת כמות האוכלוסייה וגם במניעת ריסוס בחומרים כימיים. בפרויקטים באזור חבל הבשור הגענו למצב שמעשרים ריסוסים לעונה ירדנו לאפס. רק לעתים נדירות, בעת הצורך, השתמשנו בריסוס נקודתי עם חומרים רכים. במטעי המנגו בצפון הארץ, הודות לשימוש בטכניקה הזו, נרשמה ירידה של 70 אחוזים בשימוש בכימיקלים. יש מקומות בעולם שהגיעו להכחדה של זבובי הפירות, כמו בארצות הברית למשל, ועדיין ממשיכים לפזר כי יש טורפים שזקוקים לזבובים האלה. ביפן לפני הרבה שנים פרויקט הזבובים הושלם בהכחדה, והם הרשו לעצמם להפסיק לטפל, מתוך מחשבה של 'אנחנו אי, זבובים לא יגיעו לכאן במעוף'. והנה, אחרי כמה שנים המפגע שוב התפרץ. כך שגם באזורים שמגיעים להכחדה, צריך להמשיך לפזר בצורה מניעתית".

מעודכן בהנחיות הדיאטנים, הזבוב הים-תיכוני שחולש על חלקים נרחבים בגלובוס, מקפיד לאכול חמישה צבעים: הוא תוקף למעלה מ-250 סוגי פירות וירקות. בארץ מדובר על חמישים סוגי פירות וירקות - למעשה כמעט כל מה שאנחנו אוכלים כאן נמצא תחת הרובריקה הזאת. "המזיק הספציפי הזה בעייתי והרסני מאוד", אומר אלי שריר, סמנכ"ל התפעול בחברה ומי שמלווה אותי בכל הסיור בקומפלקס הענק הנפרש על פני מאתיים דונם לערך, "ההתפשטות שלו בעולם נובעת מהעברת פירות נגועים בביצי הזבוב ממדינה למדינה. כך הוא מגיע לארצות שלא היה בהן בעבר. כיוון שישראל היא יצואנית פירות הדר מקדמת דנא, מקפידים לבדוק את הפירות היטב לפני שהם עוזבים את גבולות הארץ, ואם מוצאים פרי נגוע - עוצרים את הייצוא".

ומה על שכנינו, אני שואלת. אחרי הכול, את זבוב הפירות לא מעניין קו ירוק שצויר על מפה, וגם נהרות לא ימנעו ממנו להרחיק למדינה השכנה ואז לחזור לטיול שורשים. "עוד לפני שנכנסנו לפרויקט הזבובים, לפני כמעט עשור, יובאו לערבה גלמים שייצר משרד החקלאות האמריקני", מספר שריר, "במקור הם נועדו לטיפול בחלקות בגואטמלה, מקסיקו ומדינות אחרות, ולהגן על ארצות הברית מפני הזבוב שאוהב את האקלים של חצי הכדור הדרומי. כאן הם יועדו לשימוש בירדן ובישראל ביחד. אז מדינת ישראל החליטה שהיא רוצה פרויקט כזה בכל הארץ, לא רק בערבה, ופנתה אלינו".

**ומה קורה אצל הפלשתינים?**

"תקופה ארוכה עשינו פרויקט לפלשתינים בנחל תרצה שבמזרח השומרון, כי הפרדסים באזור סבלו מאוד מהמזיק. בתחילה, הפרויקט היה במימון הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית, והכול היה בסדר מבחינת הרשות הפלשתינית. אחר כך המינהל האזרחי הביא תקציב כדי לתמוך בפרויקט, ובשלב מסוים החליטו ברשות שהם לא מעוניינים במימון, כי מדובר בכסף שמגיע מגורם ביטחוני. אני יכול רק להניח שהפלשתינים סובלים מנזקים, כי קשה מאוד לטפל בזבובים בדרכים

אחרות. חומרי ההדברה היעילים בהדרים יצאו משימוש ואי אפשר להשיג אותם יותר, ואירופה היום לא מוכנה לקבל פרי מרוסס בזרחן אורגני, כך שאין פתרון והזבוב ממשיך לעשות שמות בחקלאות".

### "פיתחנו טכנולוגיות שמאפשרות איסוף ביצים בשבת"

ננסה להיכנס לנעלי הזבוב המעוקר ולצעוד במשעולי כל אחד משלבי מחזור החיים שמזמנים לו הטבע והמפעל. זבוב הפירות הים-תיכוני מתחיל את חייו כביצה המוטלת בפרי, ממשיך כרימה הניזונה מרקמת הפרי, מתגלם בקרקע אחרי הקפיצה ההתאבדותית, ואז מגיח כבוגר. השלב הראשון אם כן הוא חדר ייצור הביצים. קודם כניסתנו לחדרי הייצור, שריר ולוי מתריעים חזור והתרע מפני ריח חזק ובלתי נעים שצפוי לי. הריח העוצמתי מגיע מהפרומון, המולקולה שמפרישים הזכרים בעולם החי כדי למשוך את הנקבות. לא מדובר בסנתוז, כאן נמצא הדבר האמיתי שאנחנו בני האדם לא מריחים בדרך כלל, אבל מצוי בחדר בכמות אדירה. למעשה, הזבוב שחמק מהכלוב בפינת החדר פתאום נראה לי נחמד מאוד.

לענייננו, לתוך תא שקוף מאורך מוכנסת תבנית של גלמים: הגלמים החומים הם זכרים, הלבנים - נקבות. לתא יוכנס גם כלי עם מים וכלי מזון: חלבון וסוכר שישמשו את הזבובים הטריים בהמשך.

יומיים אחרי על ציר הזמן, הזבוב הצעיר מגיח לתוך התא ואוכל את המזון. נצעד עוד ימינה, הזבובים מזדווגים, ותוך שלושה ימים הנקבות כבר חובקות ביצים. הן מטילות אותן לתוך רשת שמדמה בעבורן את הקליפה של הפרי. מולנו מתרחש רגע דרמטי: ביצה זערורית נשמטת מתוך איבר ההטלה. לא שאני מבינה מה רואים, אבל לא נעים לא לקחת חלק בהתרגשות של הסובבים.

הביצים דבוקות לרשת בשרשראות שנראות כמו נסורת, שבבים דקיקים שנופלים למסוע שנמצא תחת כל התאים. בכל 10-15 דקות המסוע משנע אותן לתוך תבנית מים, משם הן נאספות בנפה ונשלחות לאינקובציה למשך יומיים. "ביו־בי הוא מפעל ייצור הזבובים שומר השבת היחידי בעולם. כל האחרים עובדים 24/7, 365 ימים בשנה - ולכן היינו צריכים לפתח בעצמנו טכנולוגיות שמאפשרות לאסוף ביצים גם בשבת", מסביר שריר. "כל המכונות שאת רואה כאן הן פיתוח מקומי. זה המפעל היחידי בעולם שבו האיסוף נעשה בצורה כזאת ממוכנת, ללא יד אדם". כאן המקום להגיד שביו-בי הוא גם מפעל המתבסס על עבודה עברית בלבד, כולל משוחררי צבא שמגיעים לכאן במסגרת עבודה מועדפת.

צילום אוויר של אזור ביו-בי מ-1953

**"בקיץ אנחנו יוצאים לדרך שעה לפחות לפני הזריחה", אומר אבידע שנלר, טייס הפיזור הראשי. "הזבובים נמצאים מאחור בתוך ארגז, והמטילן יושב לידי מוכן ללחוץ על כפתור השחרור. בעזרת מצלמה הוא עוקב אחר כמות הזבובים והאם הם מתעוררים, כי אם כן משמע שהם לא מקוררים מספיק, ואנחנו עוברים לקצב פיזור מהיר יותר**

### יוצרים אצל הזבובים בעיות מגדריות

ממשיכים במבוכי המבנה, לעבר שני מכלי מתכת גדולים מבעבעים. מתחילת הסיור ניסיתי להבין מה תפקידן של הנקבות בשרשרת הייצור, שהרי הזבובים המעוקרים הם אלה שיישלחו לשדות ולפרדסים, והנקבות כנראה לא נשארות במטבח להכין צהריים. "מי שעושה את כל הנזק אלה הן הנקבות", אומר לוי ("בכלל בחיים", אני מוסיפה. "את אמרת", לוי מתנער), "הן מטילות את הביצים בתוך הפרי, וישנם שני נזקים: עצם העקיצה שפוגמת בפרי, והנזק שהרימות מסבות. אז אנחנו נפטרים מהנקבה". כן, ככה, היאורה השליכוה. בעודן ביצים הן ←

מחוממות ל-34 מעלות במשך 12 שעות, ובשל רגישותן של הנקבות (בגזע התעשייתי) לחום הן הולכות לעולם שכולו טוב.

אנחנו נכנסים לחדר לח ומיוזע, הטמפרטורה מבוקרת. במגשים מכוסים שוכבות הביצים המכילות זכרים על מצע מזון מלאכותי שמדמה את פנים הפרי. עם התנאים האופטימליים שמסופקים להם, הרימות בוקעות למה שהן מאמינות שהוא סיבי בננה או שזיף. אז הן מתחילות עם הבאנג'י. דמיינו את זה: ערמות של רימות עפות לרצפה מקומות המגשים, שערות ג'לי לבנבנות שהבינו שזה הכול או כלום. כמה מהן מתחילות לנוע לי על המגפיים, המרקם העיסתי הלבנבן משמש בשבילן דבק טוב, אחת מהן מבקשת עשר שקל כדי לנסוע לבאר שבע. עד שיתגלמו, הן נאספות למצע נסורת.

עם מרקם הקטניות החומות שמגיע בשלב הגולם, יש לי כבר חיבור קצת יותר טוב.

הגענו לשלב העיקור. במרכז החדר ניצבת חבית עופרת גדולה שבתוכה נמצא המקור הרדיואקטיבי. הידע הדרוש לביצוע התהליך הגיע מהסוכנות הבינלאומית לאנרגיה אטומית. הסוכנות, שמטרתה לקדם שימוש באנרגיה כזו לצרכים אזרחיים (ולא צבאיים), רצתה בקיומו של מפעל שיטפל בנושא של עיקור מזיקים באגן הים התיכון.

"למען הגידול השוטף במפעל, חלק מהגלמים אנחנו לא מעקרים. הם יגיעו לתאים שראינו בהתחלה על מנת לייצר את הדור הבא", מסביר לוי. שאר הגלמים נאספים לשקיות מהמתקן כשהם מקושטים בצבע ורוד זרחני. אם לסכם את המצב - גם מעקרים אותם, וגם יוצרים אצלם בעיות מגדריות. "לפני ההקרנה אנחנו צובעים את הגלמים בצבע פלורסנטי. לזבוב שעומד להגיח מתפתחת שלפוחית שמפצחת את עטיפת הגולם, וכך הצבע נדבק אליו ואז הוא מסומן - הוא קיבל חותמת, ולנו יש אפשרות לנטר".

שלושה מרכזי הגחה קיימים בישראל – בשדה אליהו, בקיבוץ גבולות ובערבה. בשטח הפרדסים, חשוב לציין, לא מפזרים גלמים, אלא זבובים בשלים מינית שישימו אפטר-שייב טוב וייצאו לעבודה. הם נשלחים על מגשים כשהם מורדמים בקור, ולאחר שיפוזרו ממטוס או מהקרקע על חלקות הגידולים המועדות לפורענות, הרוח והחום כבר ידאגו להעיר אותם תוך כדי צניחה חופשית.

"בקיץ אנחנו יוצאים לדרך שעה לפחות לפני הזריחה", אומר אבידע שנלר, טייס הפיזור הראשי, "הזבובים נמצאים מאחור בתוך ארגז, והמטילן יושב לידי מוכן ללחוץ על כפתור השחרור. בעזרת מצלמה הוא עוקב אחר כמות הזבובים והאם הם מתעוררים, כי אם כן משמע שהם לא מקוררים מספיק, ואנחנו עוברים לקצב פיזור מהיר יותר. הטיסה עצמה חווייתית מאוד ודורשת עמידה בלו"ז והטסה מאוד מדויקת, ולכן אנחנו עובדים עם תצ"א של האזור. אנחנו טסים באזורים יפים, החל מרמת הגולן וכלה באזור לכיש והערבה. הצד הפחות יפה בעניין הוא שלפעמים בדרך הביתה אתה מוצא כמה זבובים בכיס ובאוזניים".

חלקו של המפעל לא מסתיים בהעברת החומר לחקלאי, אלא ממשיך בצוותי שטח שמלווים את הלקוח כל משך ההדברה. "אנחנו מקפידים לפזר מלכודות כדי לקבל תמונת מצב - כמה מזיקים יש לנו בשטח, כמה מהם עקרים, ואנחנו לומדים מה היחס. סטטיסטית חייבים לשמור על מצב שבו רוב ההזדווגויות יהיו בין מעוקר ונקבות בר", אומר שריר.

### "האקרית הטורפת מסתערת על חברתה ללא רחם"

פרויקט הזבובים המעוקרים, שעשה כנפיים אל התודעה הציבורית, הוא רק חוליה אחת מתוך מגוון יישומים שרובם דרים תחת קורת גג אחת: ההדברה הביולוגית. במשפט ממצה אחד נגדיר הדברה ביולוגית כשימוש באורגניזמים חיים כדי להפחית אוכלוסיות של מזיקי צמחים. כלומר, שימוש בבעלי חיים "טובים" נגד ה"רעים" הפוגעים בענפי החקלאות.

**על פני 65 אלף מ"ר מיוצרים בשדה אליהו, בייצור המוני, אקריות טורפות ועוד אויבים טבעיים של המזיקים, במטרה לנהל את המלחמות שניסתה ההדברה הכימית להילחם ללא הצלחה יתרה. אולמות הייצור הם עשרות דונמים של חממות שבתוכן מגדלים צמחים, מעליהם גדלים המזיקים, ולצדם מטופחים האויבים הטבעיים**

אויבים טבעיים הנלחמים בחרקים המזיקים קיימים מאז ומתמיד, אבל רק ב-120 השנים האחרונות השכילו להשתמש בהם להדברה ביולוגית. ניקח למשל את אקרית הקורים, אורגניזם בן שמונה רגליים שלצורכי מיגון ותעבורה טווה קורים כמו עכביש, ומכאן שמו העברי (והלועזי - Spider Mite). קשה לראות את האקרית ללא זכוכית מגדלת, ועדיין בעזרת

2013

2010

2005

**התפתחותה של ביו-בי**

גפי פה נמרצים היא מוצצת, מייבשת והורסת עלים של גידולי ירקות, פרחים, צמחי נוי ועצי פרי ברחבי העולם. אבל לא לעולם חוסן - בטבע חיה גם שותפתה לסדרה, האקרית הטורפת, שמהירה ממנה, נחושה לא פחות, וקצב התפתחותה מהיר כמעט פי שניים מזה של אקרית הקורים. האקרית הטורפת מסתערת על חברתה ללא רחם, מוצצת את נוזלי הגוף שלה, ולא מהססת להשאיר גופות בשטח. כאן נכנסת לתמונה ההדברה הביולוגית: לפני חודש, למשל, נשלחו 160 מיליון אקריות טורפות בבקבוקונים קטנים לקליפורניה, ותוך כמה ימים כבר ניתן היה לראות את הגוויות המצוצות של אקרית הקורים שרועות על פני העלים (לתשומת לבכם, CNN).

אבנר הס, קיבוצניק משדה אליהו שאמון על בדיקת חומרי הדברה, מראה לי עלה של פלפל. עלה שגרתי, לא משהו ששווה להתעכב עליו. אבל אז, תחת עדשת הבינוקולר, נגלה מראה מרהיב של האקריות הטורפות בהמוניהן, ערימות של מושבות בעלי חיים/פרוקי רגליים אדומים במצב סמי-רדום בשל תנאי הקור שמזמנים להם. עשרות מהן יחד מגיעות לגודל של ראש סיכה.

על פני 65 אלף מ"ר מיוצרים בשדה אליהו, בייצור המוני, אקריות טורפות ועוד אויבים טבעיים של המזיקים, במטרה לנהל את המלחמות שניסתה ההדברה הכימית להילחם ללא הצלחה יתרה. אולמות הייצור הם עשרות דונמים של חממות שבתוכן מגדלים צמחים, מעליהם גדלים המזיקים, ולצדם מטופחים האויבים הטבעיים, המועילים לחקלאות, שהם התוצר המבוקש. הצוות האחראי יודע איך לאסוף אותם ולהפריד אותם בצורה כמעט מוחלטת מהצמח ומהמזיק - אבל אלה הסודות שלא מעוניינים כאן שהמצלמה שלנו תקלוט. שריר עושה בירורים מקיפים כדי לדעת לאיזו חממה כן יורשה לי להיכנס, וההחלטה נופלת - מלפפונים. אנחנו עולים על הרכב התפעולי ומגיעים לחממה המורשית.

"המלפפון שאנחנו מגדלים כאן הוא ללא ריסוסים, אבל המלפפון לא מעניין אותנו: אנחנו משתמשים בעלים בתור פלטפורמה", מספר שריר, "אנחנו מאלחים את העלים בכנימות עלה, שהן המזיק, ומשַׁסִים בהן את צרעת האפידיוס. הצרעה מטילה ביצה לתוך גוף הכנימה, מן הביצה בוקע זחל שניזון מגוף הכנימה וכך הורג אותה ומתגלם בתוכה. מה שנשלח לחקלאי הוא עטיפת גוף הכנימה שמכילה בתוכה את גולם הצרעה. תוצר זה אנו מכנים: מומיה. כך מרוויחים זמן, כי לפעמים הוא נשלח ליבשת מרוחקת. מהמומיה הזאת תגיח צרעה, תתבסס ותנמיך את פעילות המזיק עד לרמה מינימלית".

בעבר ייצאה ביו-בי לפרו צרעה טפילית אחרת, צרעת האנגירוס, להדברת הכנימה הקמחית. אחרי שנתיים הצרעה כבר התבססה בכל הפרדסים שדרומית ללימה הבירה ולא היה צורך בהמשך הטיפול. ובחזרה אלינו - מהדרמה המדממת שאמורה להתרחש על העלים כאן לא רואים כלום, הם נראים צחים. נו טוב, לפחות יצאנו עם שני מלפפונים, וכנראה עם מושבות חרקים זעירים ומזיקים שאפיץ לתומי לחקלאי המרכז.

מכאן אנחנו פוסעים לתוך חדרו של ד"ר שמעון שטיינברג - המוח של המקום, אם תשאלו את האנשים בחוץ. מנהל המו"פ, אם תשאלו את זה שבפנים. הוא מתגורר בתמרת שבעמק יזרעאל, ופסלון האיש הרץ שבחדר מזכיר לשריר ששטיינברג נמנה על קבוצת מייסדי מירוץ השליחים "הר לעמק" עוד בימי טרום הטרנד.

בהרצאת TED שנשא מול 300 איש ועסקה בהדברה הביולוגית - 1,500 אחרים אגב צבאו בחוץ על הדלתות כמו זבובים - הקדים שטיינברג ואמר שבעזרת זכוכית מגדלת אפשר לחזות בהדברה ביולוגית בחצר האחורית. אבל במקרה שלו אין צורך לצאת החוצה - הוא מתַחזק "חגיגת טבע על החלון". על הרשת בחלונו דבוקה תפיחה במרקם של עיסת נייר.

"מה שאת רואה כאן זו הטלה של גמל שלמה. מאות ביצים יש בתוך התיק הזה, שנמצא כאן כבר יותר משנתיים

←

כדי לייצר אותו הנקבה מפרישה חומר, מקציפה אותו בכפות שנמצאות בקצה הבטן שלה, ואז נוצר המעיל הזה שלתוכו היא מטילה את הביצים. וכל הנקבים האלה הם חורים שיצרו צרעות טפיליות. הן מטילות את הביצים שלהן בתוך תיק הביצים של הגמל, והזחלים שלהן הופכים להיות טפילים לביצי גמל שלמה. מדהים", עיניו בורקות. מדהים עוד יותר שעברו שנתיים והוא לא הוריד את זה מהחלון.

**אם הטבע עושה את שלו, למה יש צורך במפעל?**

"ההצלחה שהייתה לנו בפרו, קרתה גם במערכת רב-שנתית בקוויבק. היו לנו מטעים שבהם אויב טבעי יכול להתבסס מאוד ואז יכול להיווצר מצב של קאט-אוף, כלומר הכחדה מלאה של המזיק. הלוואי שירבו מקרים כאלה, זה יגביר את הביקוש. בגדול, עצם העובדה שלכל 'מזיק' - הגדרה סובייקטיבית לגמרי, כמובן - יש טורף משלו וטפיל משלו ומישהו שמחולל בתוכו איזושהי מחלה, זו תופעה טבעית. גם אם לא היינו מתערבים, היא קיימת ומתקיימת גם פה בחצר הבית. אנחנו כאן מנסים להעצים את תופעת הטבע הזו, כדי למצוא פתרון חלופי לחומרי הדברה".

כששטיינברג מדבר על פתרון חלופי, הוא מתכוון גם מבחינת היעילות וגם מבחינת העלות. "וזאת נקודה מאוד חשובה", הוא מבהיר, "כי הקטע הכלכלי-מסחרי הוא חלק בלתי נפרד מהעסק".

**הדברה ביולוגית לא יקרה יותר מריסוס?**

"תלוי לגופו של עניין. החבילה שאנחנו מספקים לגידול הפלפל נתגלתה כיעילה, וכמעט 90 אחוזים משטחי הפלפל בישראל מטופלים בדרך הזו. מדובר ב-20 אלף דונם שמתבצעת בהם הדברה ביולוגית, תוך הפחתה של 70-80 אחוז מהריסוסים הכימיים. בשנת 2008 ערך משרד החקלאות סקר, ומחיר החבילה שהצענו לפלפל היה בסדר גודל של עשרים אחוזים יותר מהחלופה הכימית. ואז קרה דבר מדהים: אחד המזיקים המרכזיים ביותר פיתח עמידות לחומרי ההדברה. כלומר, חקלאים ריססו וזה לא עבד. הם מצדם המשיכו לרסס כאילו חומר הריסוס הוא מים, ונכנסו למעגל קסם: ככל שאתה מרסס בתדירות ובמינונים גבוהים יותר, וככל שהלחץ על המזיקים מסיבי יותר, כך הם מסוגלים לפתח עמידות מהר יותר, אפילו תוך עונה. המהלך הזה העלה את מחירה של ההדברה הכימית באופן דרמטי, והמחיר של ההדברה הביולוגית התאזן ואף נהיה זול מהחלופה הכימית".

וכאן המקום להעלות נקודה אחת מקוממת: ההצלחה בהדברה הביולוגית בענף הפלפל, ועצם התמריץ להיכנס להדברה ממזערת ריסוסים, התקיימו בפלפל המיועד לייצוא. מדוע? כי בנֶכר אוכפים, בודקים, ולא נותנים לסחורה עמוסת חומרים כימיים להיכנס. הפלפל המקומי? שטויות, נעמיס על עצמנו עוד זרחן אורגני. לתשומת לבם של משרדי הבריאות והחקלאות.

**אתה מציין הפחתה של 80 אחוז, כלומר - 20 אחוזים מההדברה הכימית נמשכת.**

"מה שאנחנו מספקים מכונה 'הדברה ביולוגית משולבת'. זאת אומרת, יש אלמנט ביולוגי מרכזי - כמה חרקים מועילים שתוקפים כמה מזיקים - ומעת לעת צריך לעזור לגידול בצורה כימית. עכשיו בחורף, בפלפל ובתות, יש תקופה של ארבעה חודשים ללא ריסוסים בכלל. האויבים הטבעיים התבסס, האקריות הטורפות טורפות, הצרעות הטפיליות מטפילות, פרות משה רבנו טורפות והכול מגיע לאיזון. המזיק והאויב הטבעי חיים זה בצד זה, המגדל מבסוט ואין ריסוסים. באופן כללי כשהטמפרטורות יורדות, הן מאטות את כל המערכת. אבל מי שיאמר שהדברה ביולוגית משמעה אפס ריסוסים, שוגה.

**ההצלחה בהדברה הביולוגית בענף הפלפל, ועצם התמריץ להיכנס להדברה ממזערת ריסוסים, התקיימו בפלפל המיועד לייצוא. מדוע? כי בנֶכר אוכפים, בודקים, ולא נותנים לסחורה עמוסת חומרים כימיים להיכנס. הפלפל המקומי? שטויות, נעמיס על עצמנו עוד זרחן אורגני. לתשומת לבם של משרדי הבריאות והחקלאות**

"אנשים מהשורה חושבים שיש שתי קטגוריות של שחור-לבן: הדברה כימית קונבנציונלית, שהיא ריסוסים מפה ועד הודעה חדשה, והדברה ביולוגית, שהיא בלי ריסוס בכלל. אני יותר מעשרים שנה בביו-בי, ועדיין מתקשה להסביר לציבור הרחב את דרך האמצע, כמו שאומר הרמב"ם. גם אם לשיטת ההדברה יש ליבה ביולוגית חזקה, היא מגובה מעת לעת בכימי. מה שצריך הציבור להפנים הוא שהדברה ביולוגית מפחיתה למינימום את הסיכוי למצוא שאריות חומר כימי אסור בפרי. אין דבר כזה לא מרוסס, לא תמצאי מצב כזה אצל חקלאי מסחרי שאמור להתפרנס

**צוות הבינוי של ביו-בי בכיסוי גג לחממה.**

מגידוליו, גם אם הוא אורגני באידיאולוגיה. ואגיד לך עוד משהו, גם הציבור שקונה אורגני - קונה עם העיניים ורוצה שהתוצר יראה פיקס".

בינתיים הס, שאותו פגשנו קודם, מניח בצלוחיות שקופות מספר מדויק של "אויבים טבעיים" עם מינונים מדויקים של חומרי הדברה כימיים, ובודק האם החרקים הטובים שורדים. לצדם בצלחת מונחת קבוצת הביקורת, אויב טבעי שהתמזל מזלו והוזלפו עליו מים. "אנחנו למעשה נותנים לחברות ההדברה אישור, מה יכול לעבוד עם החרקים המועילים", אומר הס, "יש להן אינטרס לפתח מוצרים שיכולים להשתלב עם הדברה ביולוגית. אם אין לנו מענה למזיק מסוים, וחייבים לרסס, במקביל צריך לדאוג שלא להרוג את האויב הטבעי".

### העש שהרס לחובבי הקטשופ את הכיף

האם הדברה ביולוגית יכולה להתהפך נגד החקלאי? נראה שכן. לפני ארבע שנים נחת בישראל עש ששמו טוטה אבסולוטה, אויבן המושבע של העגבניות. כאן הוא שיחזר את ההצלחות המסחררות שלו באירופה: הזחלים פשטו על העלים, תקפו את הפירות וייבשו אותם למגינת לבם של חובבי הקטשופ. בביו-בי מצאו פתרון בדמות פשפש שטרף את ביצי העש. דא עקא, כשהפשפש רעב ובחוץ חם ויבש, הוא מסוגל למצוץ בעצמו מהצמח ולגרום את הנזק שהעש עצמו לא הספיק. אבל על אלה מחפות ההפתעות החיוביות.

"מה שיפה בהדברה משולבת הוא שלפעמים גם מתוך שלא לשמה בא לשמה, ויש לנו דוגמה פנטסטית מתות השדה", אומר שטיינברג, "סביב שדות התות יש עשב בר שנראה כמו חמנית קטנה. התברר שבתוך העשב הזה נמצאים פשפשים שמסוגלים לטרוף את אחד המזיקים החשובים שפעילים באביב - התריפס הקליפורני. הפשפשים המועילים נמצאים בפרחי העשבים כל השנה, ובדרך עלומה בסוף פברואר ותחילת מרץ הם יוצאים מהפרחים ועוברים לחלקת התות, שם הם מבצעים הדברה ביולוגית חינם אין כסף."

ענבר שוסטר-דגן, בכירה במחלקת המו"פ שפיתחה את הפעילות של ביו-פליי, הראתה במסגרת עבודת מאסטר שמתרחשת שם הדברה טבעית. "במשך שנתיים התקוטטתי עם מגדלי התותים. הם ביקשו שנביא פשפשים שאנחנו מפתחים נגד התריפס, ואני אמרתי להם 'האויב הטבעי שהוא טוב ממה שאנחנו מגדלים, נמצא אצלכם'. רק אחרי שענבר הוכיחה להם באותות ובמופתים את כל הדינמיקה סביב השנה, הם השתכנעו. היום שמונים אחוז ממגדלי התות לא משתמשים בחומרי הדברה נגד אותו מזיק, בגלל הסתמכותם על ההדברה הטבעית".

בחדרו של שטיינברג, ליד תיק ההטלה של נקבת הגמל, מבחין הצלם חד-העין באובייקט מעניין. "מה זה שם? K500?". אה הא! שטיינברג מחייך כנתפס על חם. לא סיטואציה פשוטה לאנטומולוג, "אבל מה לעשות, גם לי לפעמים יש בעיה עם נמלים".

כאן אני מגיעה לשאלה שמעניינת אותי מאז כניסתי לחדר: איך בן-אדם שלמד זואולוגיה וביולוגיה, וצבר ידע על מערכת היונקים והעופות, אדם שעושה רושם של אינטליגנט וניחן בחוש ראייה, בוחר לבלות את חייו עם חיפושית בשם מושית קריפטולמוס ופשפש כעור בשם אוריוס.

"תראי, בשנת 2016 יתקיים בארצות הברית כנס עולמי של החברה האונטומולוגית האמריקנית, וההערכה היא שהולכים להיות שם עשרת אלפים איש, אז כנראה אני בחברה טובה", צוחק שטיינברג, "ראיתי לא מזמן ראיון עם סופר שאמר שכל אחד מאיתנו, ראוי שישאיר איזה חותם

israel agritech אגריטק 15

# התערוכה הבינלאומית ה-19
# לטכנולוגיה חקלאית
# 28-30 באפריל 2015

גני התערוכה, תל אביב

## מוזמנים לבקר אותנו בביתן 10

BioBee
Biological Systems • BioFly

The Natural Solution Works.
ביו-בי והטבע עובדים בשבילך.