

דו"ח מסכם לתכנית מחקר מספר: 91-052020

אפריל 2023 שנת מחקר 3 מתוך 3

נושא המחקר: קידום ממשק מניעה והדברה של כנימות מגן באבוקדו על רקע שינויי אקולוגיים וממשקיים בענף

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות במסגרת תמיכות במופ"ם האזוריים

ע"י

חוקרת ראשית: ד"ר ליאורה שאלתיאל הרפז^{1,2}, lioraamit@bezeqint.net

חוקרים שותפים: ד"ר דנה מנט³, ד"ר יונתן מעוז⁴, איתן רכט⁵, ד"ר Massimo Giorgini⁶, פרופ' צביקה מנדל³

¹מו"פ צפון/ מיגל; ²מכללה אקדמית תל-חי; ³מינהל המחקר החקלאי. ⁴ שולחן מגדלי האבוקדו במועצת הצמחים, ⁵

השירותים להגנת הצומח ולביקורת משרד החקלאות Institute for Sustainable Plant Protection National ⁶

Research Council, Portici איטליה

תוכן עניינים

1-2	תקציר מדעי
3	מבוא
3-8	מטרות ומשימות המחקר ופירוט מהלך הניסויים
8-19	התוצאות
20-23	דיון ומסקנות
23	רשימת ספרות

תקציר

תיאור הבעיה: ענף האבוקדו הוא מהמובילים בחקלאות הישראלית ומתרחב והולך. הענף מנהל את ממשק המזיקים באמצעים ידידותיים לסביבה. במטעי האבוקדו בישראל מוכרים מינים רבים של כנימות מגן העלולים לגרום לנזקים כבדים אם וכאשר תגרם פגיעה באויביהם הטבעיים. מטעי האבוקדו נתונים לשינויים אקלימיים וממשקיים העלולים לשנות את עוצמות הנזק הנגרם ע"י אוכלוסיות כנימות המגן על כל המשתמע מכך לענף. השינויים הצפויים הם בשלושה מישורים עיקריים: א) שינויים אקלימיים בשל ההתחממות הגלובלית והשפעתה על שכיחות הכנימות ואויביהן הטבעיים, ב) שינויים הנובעים משימוש בתכשירי הדברה חדשים, ג) שינויים במבנה האוכלוסיות והרכבן כתוצאה מחדירת כנימות מגן חדשות ואויבים טבעיים חדשים למערכת. **מטרות המחקר הרב שנתי היו:** 1. בחינה עדכנית של אוכלוסיות כנימות המגן בגידול האבוקדו בישראל, תוך דגש על הכנימות הממוגנות בשל אלימותן הרבה כלפי הצמח הפונדקאי; 2. בחינה של האויבים הטבעיים של הכנימות הממוגנות במטעי האבוקדו בישראל, תוך דגש על שתי קבוצות, צרעות טפילות ופטריות אנטומופיתוגניות; 3. בחינה של בתי הגידול בהם מתפרצות איציות סייש ואיצרייה מצרית במטעי האבוקדו בצפון הארץ, לחקור את גורמי ההדברה הביולוגית של שני מיני האיציות הנ"ל, ולברר את האפשרויות ליעל את ההדברה הטבעית של שני מיני האיצריה באמצעות אויבים טבעיים ספציפיים; 4. בחינה עקרונית של השפעת השימוש בתכשירי הדברה, המיושמים כנגד פגעים מתפרצים שונים במטעי האבוקדו, על כנימות המגן ואויביהן הטבעיים.

לשם מימוש מטרות המחקר בוצעו המשימות הבאות בתקופת הדו"ח (הרב שנתי): א. מערכת דגימות אקראיות של כנימות המגן האורגניזמים הרלוונטיים המלווים באמצעות סקרים במטעי אבוקדו נטועים בזנים העיקריים ובאיזורי הגידול החשובים בארץ. במקביל התבצע גם דיגום מכוון וממוקד במטעים בהם דווח על התפרצויות. ב. זיהוי מורפולוגי של הכנימות הממוגנות, הכנת המתקנים ואפיון מורפולוגי. ג. זיהוי מורפולוגי באמצעות מתקנים מיקרוסקופיים של הצרעות הטפילות והטורפים ד. בידוד פטריות אנטומופיתוגניות באוכלוסיות מתפרצות של כנימות ממוגנות, אפיון המורפולוגי והמולקולארי. ה. ביצוע מבחני קוך לפטריות האנטומופיתוגניות שבדדו כנגד מיני כנימות ממוגנות שכיחים במטע האבוקדו. ו. בחינה של השפעת השימוש בתכשירי הדברה המיושמים במטע כנגד מזיקים נוספים כדי לבדוק האם הם גורמים להתפרצויות של כנימות מגן ע"י ניתוח ממשקי ההדברה במטעים שדווח בהם על התפרצויות המזיקים והן באמצעות הפרות איזון יזומות במטעים באמצעות חומרי הדברה. ז. בחינה של הספרות המקצועית ויצרת קשר עם אנשי מקצוע באיזורים בעולם בהם עשויים להימצא אויבים טבעיים ספציפיים של האיציות. ח. הכנת מדריך למגדלים של מיני כנימות המגן המצויות במטעי אבוקדו בישראל המלווה במגדיר למיני הכנימות הנפוצות. ט. גיבוש המלצות מימשק כלליות למגדלים

תוצאות לתקופת הדו"ח

בשנת המחקר הראשונה בשני מחזורי הדגימה בהם נבדקו 4800 עלים מהם נאספו 1467 פרטים שעברו זיהוי מורפולוגי. פרטים אלה כללו 16 מיני כנימות מגן מ-4 משפחות. נמצאו הבדלים ברורים ברמת השכיחות של הכנימות בין הזנים השונים כאשר הזנים אטינגר והאס היו המאוכלסים ביותר בעוד שהזן לאמב האס הכי פחות מאוכלסים. שכיחות גבוהה יחסית של כמה ממיני הכנימות התקבלה בדרום הארץ ומספר הפרטים הגבוה ביותר נימצא בדרום ואחריו בגליל העליון. בשנה זו המחקר כלל גם חיבור מגדיר שדה לכנימות המגן המופיעות באבוקדו שהיווה בסיס למדריך ולמגדיר שנכתבו בשנת המחקר השלישית. בנוסף התקבלו 76 תבדידי פטריות מכנימות מגן שנאספו במטעים, והוחל בתהליך הזיהוי, בשנה זו מהם זוהו 4 תבדידים מהסוג *Beauveria*.

בשנת המחקר השנייה בשני מחזורי הדגימה נאספו בסה"כ 3000 עלים מהם נמצאו 930 נגועים (סה"כ 3719 פרטים של כנימות. כל הפרטים שנאספו בשתי עונות הדיגום עברו אפיון מורפולוגי ונמצאו אותם מינים שנמצאו גם בעונת הדיגום הקודמת. מתוך פרטים אלו נאספו גם 10 מינים של צרעות טפילות ומין של מושיט. בנוסף נערך בידוד

הפטטריות אנטומופתוגניות מכנימות ממוגנות שנתקפו. עד כה התקבלו 76 תרבויות טהורות של פטריות שעברו אפיון מורפולוגי לאחר זיהוי פילוגנטי ב-NCBI וזוהו מספר מינים. בהפרות איזון מכוונת שנעשו בחמישה מטעים לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפול לביקורת. במסגרת קידום מהלכים ליבוא אויבים טבעיים של האיטריות במטעי האבוקדו יצרנו קשר עם חוקרים מובילים בתחום מאוסטרליה ומהודו. והסתמנה האפשרות שניתן יהיה לנסות ולאתר בהודו את האויבים הטבעיים הספציפיים של מיני האיטריות. הפנייה לגורמים בענף האבוקדו למימון של הסקר הנדרש ע"י החוקר ההודי עד כה לא נענתה.

בשנת המחקר השלישית המשכנו במעקב אחר כנימות המגן המופיעות באתרי התפרצויות מכוונים וכאלו שאינם מכוונים וניתחנו יחד את תוצאות האיסופים מכל שנות המחקר. פרטים אלו כללו 12 מינים שנמצאו בדיגום האקראי ועוד 6 מינים במוקדי הנגיעות סה"כ 18 מיני כנימות מגן מ-4 משפחות שונות מבין 12 מיני הכנימות שנאספו בדיגום האקראי היו הבדלים מובהקים בשכיחותן (כאשר המין הנפוץ ביותר היה המגינית השחורה *Chrysomphalus aonidum* שהיוותה 51% מפרטי הכנימות שנמצאו ואחריה איצריית סיישל שכללה 21% מפרטי הכנימות שנאספו. בשנה השלישית התמקדנו בעיקר בפטריות האנטומופתוגניות, המשכנו באיסופן במטעים בהם ניצפו התפרצויות וערכנו בידוד וזיהוי מורפולוגי וגנטי וכן בניה של עצים פילוגנטיים למינים שנאספו בכל שנות המחקר. בנוסף ערכנו מבחני קוך ומבחנים להדברת איצריית סיישל באמצעות הפטריות שנמצאו במטעים בהשוואה לתכשיר פטריה מסחרי הקיים בשוק. המשכנו באיסוף מידע על השפעת טיפולי הדברה על הפרות איזון ועל התפרצויות ולבסוף על סמך ממצאי המחקר והספרות הכנו מדריך והמגדיר לכנימות המגן באבוקדו נמצאים באתר מו"פ צפון וזמינים לאנשי מקצוע ולציבור הרחב בקישור

<https://mop-zafon.org.il/sites/default/files/uploads/pdf-:files/articles/%D7%9E%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%9A%20%D7%9C%D7%9B%D7%A0%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%AA%20%D7%9E%D7%92%D7%9F%20%D7%91%D7%90%D7%91%D7%95%D7%A7%D7%93%D7%95%20%D7%90%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%9C%202023.pdf>

לסיכום: בסיום שלוש שנות המחקר עמדנו כמעט בכל מטרות המחקר: ערכנו בחינה עדכנית של אוכלוסיות כנימות המגן בגידול האבוקדו בישראל. לא מצאנו כנימות מגן חדשות ואיתרנו במחקר 18 מתוך 27 המינים הידועים בארץ. איפיינו את האזורים בהן כל אחד מהמינים בולט בשכיחותו ובאלו זני אבוקדו. איתרנו אויבים טבעיים של הכנימות הללו עם דגש על הפטריות האנטומופתוגניות התוקפות את כנימות המגן במטעי אבוקדו בישראל- חידוש בקנה מידה עולמי. בחנו את אפשרות ההדברה של איצריית סיישל באמצעות אחת הפטריות האנטומופתוגניות שבודדנו מהשדה תוך השוואה לפטרייה אנטומופתוגנית המצוייה בשימוש מסחרי. מצאנו שגורמי הפרת מאזן הפוגעים באויבים הטבעיים הוא כנראה אחד הגורמים המעוררים התפרצויות של כנימות המגן במטע האבוקדו אם כי יש הבדלי רגישות ניכרים בין המינים. הממצאים שהושגו היו הבסיס להכנת מדריך למגדלים ולמדריכים אודות מיני כנימות המגן במטעי אבוקדו בישראל. המדריך כולל מידע על המינים השונים, מוצאם, איזורי התפוצה שלהן, הזנים המועדפים עליהן ואויביהן הטבעיים. לצד המדריך הוכן מגדיר (מפתח וויזואלי) למיני הכנימות הנפוצים, ללא הצורך בהכנת מתקנים מיקרוסקופיים. גיבשנו המלצות ממשק הכוללות הימנעות משימוש בתכשירי הדברה, כולל קוטלי פטריות, כדי למנוע הפרת איזון ולהמשיך להסתמך ככל האפשר על אויבים טבעיים. זאת כולל המלצה להשתמש בפטריות אנטומופתוגניות באופן ממוקד כנגד האיטריות במיקרים בהן קיימת התפרצות המסכנת את המטע כאשר אין עדיין אויבים טבעיים יעילים דיין על מנת לרסן את אוכלוסיותיהן.

משימות בהן לא עמדנו - לא הצלחנו לבצע זיהוי מולקולארי של כנימות המגן מאחר ולא היה לנו די תקציב לכך. במסגרת קידום מהלכים ליבוא אויבים טבעיים של האיטריות במטעי האבוקדו יצרנו קשר עם חוקרים מובילים בתחום מאוסטרליה ומהודו. בעקבות דיונים אלה הסתמנה האפשרות שניתן יהיה לנסות ולאתר בהודו את האויבים הטבעיים הספציפיים של מיני האיטריות. נעשתה פנייה לגורמים בענף האבוקדו למימון של הסקר הנדרש לביצוע בעזרת החוקר ההודי המתמחה בטקסונומיה של כנימות מגן. לדאבוננו הנכונות של החוקר הנ"ל טרם נענתה ולכן לא התקדמנו בנושא זה.

האבוקדו הוא הנמרץ והמתרחב ביותר מבין ענפי הפירות בישראל, במקביל גם שטחי המטעים המניבים הולכים ומתרחבים. הממשק הנהוג בענף האבוקדו כנגד המזיקים מסתמך כמעט באופן בלעדי על אמצעים ידידותיים לסביבה, גם בשל העובדה שכמעט כל מיני המזיקים הקשים האופייניים מרוסנים בהצלחה ע"י אויבים טבעיים. ידע שהתבסס על תשתית סקרים ומחקרים שנערכו בעבר בשילוב הקפדה על שימוש באמצעים ידידותיים לסביבה היווה את הבסיס לגיבוש ענף שממשק ההדברה של מזיקים בו קרוב לזה המקובל בחקלאות אורגנית. בעשור האחרון התבססו במטעי האבוקדו גם מזיקים בקטגוריה אחרת המחייבים חשיבה שונה כמו איצריית סיישל *Icerya seychellarum* ועש התפוח המדומה *Thaumatotibia leucotreta*. על כך יש להוסיף את קומפלקס פטריות הבוטריאוספרייה, והצורך להתמודד עם נזקי חיפושית האמברוזיה *Euwallacea fornicates*. קומפלקס פגעים אלו, יחד עם גורמים סביבתיים אחרים, כמו שינויי האקלים, השימוש במים מושבים ופלישה של מזיקים חדשים, הולך ומטיל צל על האפשרות להישען רק על ההדברה הביולוגית שהושגה במטעי האבוקדו, כפי שהדבר מתבטא בהתפרצות של מזיקים אלימים כמו, איצריות וכנימות ממוגנות (מגיניתיים) Diaspididae. דרוש לפיכך ידע משמעותי נוסף שיאפשר התמודדות עם קבוצת מזיקים אלו על מנת להבטיח את המשך ההסתמכות על ממשק מזיקים ידידותי לסביבה בניהול מטעי האבוקדו.

במטעי האבוקדו בישראל מתקיים מגוון של כנימות מגן, מהן תשעה מיני כנימות ממוגנות ושלושה מיני איצריות, כנימות מגן אלו עלולות לגרום לנזקים כבדים למטעי אבוקדו, כאשר עוצמת האלימות הבסיסית שלהן נגזרת מרגישות מין העץ (או הזן). כמעט כל מיני כנימות המגן במטעי האבוקדו בישראל הם פולשים, כמה מהם נחשבים מזיקים קלים של אבוקדו, זאת גם בשל חוסר התאמה לצמח הפונדקאי, אחרים אלימותם נבלמת בהצלחה רבה בעיקר ע"י אויבים טבעיים. שלוש קבוצות עיקריות של אויבים טבעיים פעילות כנגד כנימות המגן בכלל ובמטעי האבוקדו בפרט. הקבוצה החשובה ביותר הן צרעות טפיליות. קבוצה חשובה אחרת של אויבים טבעיים של כנימות המגן הם הטורפים, בעיקר מיני מושיות וקבוצה שלישית של אויבים טבעיים הן הפטריות האנטומופיתוגניות. פתוגנים של כנימות ממוגנות לא נחקרו בישראל וכמעט בכלל לא במדינות השכנות, כך שאין כל מידע אודותם ממטעי אבוקדו בישראל. יש לציין שדווקא המיקרו-אקלים במטעי האבוקדו בישראל מתאים לפעילות הדברתית של הפטריות האנטומופיתוגניות ולפיכך אנו משערים שיש להן תרומה רבה בהדברה המוצלחת של כנימות המגן כיום. בשל כך יש חשיבות רבה להבין הן את השכיחות והתרומה לריסון אוכלוסיות כנימות מגן בבית גידול זה.

זה עשרות שנים שלא נערך מחקר יסודי הבוחן את אוכלוסיות כנימות המגן והאויבים הטבעיים המלווים אותן במטעי אבוקדו בארץ. לפיכך יש עניין רב לבחון את אוכלוסיות כנימות המגן בענף, לעמוד על השינויים בשכיחות המינים המזיקים והמועילים וללמוד את השפעת גורמים אנטומופיתוגניים על ריסון חלק מהמינים המזיקים. המחקר הנוכחי אמור לגשר על פערי ידע אלו ולפיכך **מטרות המחקר הרב שנתי היו:** 1. בחינה עדכנית של כנימות המגן בגידול האבוקדו בישראל, תוך דגש על המגיניתיים בשל אלימותם הרבה כלפי הצמח הפונדקאי; 2. בחינה של האויבים הטבעיים של המגיניתיים במטעי האבוקדו בישראל, תוך דגש על שתי קבוצות, צרעות שהן טפילים ראשוניים

ממשפחת Aphelinidae ופטטריות אנטומופיתוגניות; 3. בחינה של בתי הגידול בהם מתפרצות איצריית סיישל ואיצרייה מצרית במטעי האבוקדו בצפון הארץ, לחקור את גורמי ההדברה הביולוגית של שני מיני האיצריות הנ"ל, ולברר את אפשרויות ליעל את ההדברה הטבעית של שני מיני אלה באמצעות אויבים טבעיים ספציפיים; 4. בחינה של השפעת טיפולי הדברה שננקטים כנגד מזיקים מתפרצים בענף האבוקדו על כנימות המגן ואויביהן הטבעיים.

משימות המחקר לכל תקופתו

לשם מימוש מטרות המחקר בוצעו המשימות הבאות בתקופת הדו"ח (הרב שנתי): א. דיגום של כנימות המגן ואיתם האורגניזמים המלווים באמצעות סקרים בדיגום אקראי במטעי אבוקדו יעודיים, נטועים בזנים העיקריים, בבתי הגידול החשובים בארץ. במקביל התבצע דיגום ממוקד במטעים בהם דווח על התפרצויות. **ב.** זיהוי מורפולוגי של כנימות המגן, הכנת המתקנים ואפיון מורפולוגי. **ג.** זיהוי מורפולוגי באמצעות מתקנים מיקרוסקופיים של הצרעות הטפילות והטורפים **ד.** בידוד הפטריות האנטומופיתוגניות מאוכלוסיות מתפרצות של כנימות המגן, הדגרתן ואפיון המורפולוגי והמולקולארי. **ה.** ביצוע מבחני קוך של הפטריות האנטומופיתוגניות על מיני המגיניתיים השכיחים במטע האבוקדו. **ו.** בחינה של השפעת השימוש בתכשירי הדברה המיושמים במטע כנגד מזיקים נוספים כדי לבחון האם הם גורמים להתפרצויות של כנימות מגן, אילו מיני כנימות מגיבים להפרה הן ע"י בחינת ממשקי ההדברה במטעים שדווח בהם על התפרצויות המזיקים והן על ידי ביצוע הפרות איזון יזומות במטעים באמצעות חומרי הדברה. **ז.** בחינה של הספרות המקצועית ויצרת קשר עם אנשי מקצוע באיזורים בעולם בהם עשויים להימצא אויבים טבעיים ספציפיים של האיצריות. **ח.** הכנת מדריך למגדלים של מיני כנימות המגן המצויות במטעי אבוקדו בישראל. לצד המדריך הוכן גם מגדיר למיני הכנימות הנפוצות. **ט.** גיבוש המלצות למגדלים

פירוט הניסויים ותוצאות המחקר לכל תקופת המחקר (1.1.21-31.12.22)

שיטות ואמצעים

א. ביצוע הדגימות ואיסוף האורגניזמים לזיהוי - בשנות המחקר הראשונה והשנייה ערכנו דגימות אחידות אקראיות במטעי אבוקדו ב-12 משקים שנקבעו מראש (טבלה 1) ובכל משק נדגמו 3 חלקות סה"כ 36 חלקות (4 אזורים X 3 משקים לאיזור X 3 חלקות למשק), ובנוסף ביצענו דגימות מכוונות במטעים בהם נרשמו התפרצויות של אחד או יותר ממיני הכנימות (להלן). הדגימה האקראית התפרסה בארבעה אזורים על בסיס גאוגרפי: א) עמק החולה שבגליל העליון; ב) הגליל המערבי; ג) אזור המרכז; ד) אזור הדרום. בכל אזור נבחרו מטעים ב-3 משקים ובכל משק 3 חלקות הנטועות באחד מזני האבוקדו כמפורט בטבלה 1. בכל חלקה נדגמו 10 עצים באקראי, מכל עץ נלקחו 20 עלים בוגרים, בגובה של מטר וחצי מעל פני הקרקע, סה"כ 200 עלים לחלקה. הדגימות הללו נערכו פעמים כל שנה הדגימה הראשונה התקיימה במהלך הקיץ (ממאי ועד יולי) והדגימה הנוספת התבצעה בסתיו (נובמבר).

מעקב אחר התפרצויות של כנימות מגן ואיסוף אויבים טבעיים (פרוקי רגליים ופטריות) במוקדי ההתפרצות נערך במשך שלוש שנות המחקר ע"פ דיווחי החקלאים. בכל מוקד התפרצות נדגמו 10 עצים ובכל אחד נבדקו ארבע ענפים ועשרה פירות לנוכחות כנימות ואויבים טבעיים.

ב. זיהוי מורפולוגי של כנימות המגן - הפרטים שנאספו בשטח הובאו למעבדה. הפרטים החיים צולמו (תוך התייחסות לשכבת המגן ולגוף הנקבה מתחת לשכבת המגן זכרים ודרגות צעירות). מהנקבות הבוגרות הוסר המגן והנקבות נאספו והופרדו כך שבשליש מהנקבות (וכל הדרגות הצעירות והזכרים) הושמו באתנול <96% והועברו להקפאה לטובת שימור לשימוש עתידי, השאר הועברו לאפיון מורפולוגי. הליך הזיהוי המורפולוגי מתבצע באמצעות שימוש במיקרוסקופ אור. המאפיינים המורפולוגיים מתועדים באמצעות צילום והפרטים מאופיינים לרמת המין באמצעות מפתחות מורפולוגיים של המינים בקבוצת כנימות המגן ומגדיר שדה שהוכן ע"י איתן רכט מהשירותים להגנת הצומח בשנת המחקר הראשונה. מהפרטים המיועדים לזיהוי מורפולוגי הופק DNA בהתבסס על הפרוטוקול של Normark et al. (2019) בטרם יחל הליך הקיבוע.

הזיהוי המולקולארי אמור היה להתבצע בשירותים להגנת הצומח אך מאז הוגש המחקר נעשו שינויים במעבדות ואין אפשרות לבצע שם יותר עבודה מולקולרית שאיננה קשורה ישירות לזיהוי דגימות מחקלאים. ניתן לעשות את העבודה המולקולרית דרך מעבדות חיצוניות, אך העלות הגבוהה (שלא תוקצבה מראש בתוכנית כי סברנו שהבדיקות תעשה ללא עלות) לא אפשרה את ביצוע הבדיקות במסגרת מחקר.

ג. זיהוי מורפולוגי באמצעות מתקנים מיקרוסקופיים של הצרעות הטפילות והטורפים - בנוסף לדיגום המתואר בסעיף א, התבצעו בשנת המחקר הראשונה והשניה דגימות ייחודיות בחלקות מטע שדווח בהן על התפרצויות של הכנימות. הדגימות התבצעו כדלקמן: בכל מטע נדגמו 10 עצים ובכל אחד נבדקו ארבע ענפים ועשרה פירות. ענפי אבוקדו, ופירות אבוקדו נושאי כנימות הובאו למעבדה, קטעי עלים וענפונים ונשמרו בצלחות פטרי ופירות נושאי כנימות הוכנסו לכלובי פלסטיק. הכלים נשמרו בתאורה טבעית בטמפרטורת החדר. אחת ליומיים הכלים נבדקו והצרעות שהגיחו נשמרו באתנול 95% עד לבדיקה נוספת שכללה מיון ראשוני. הפרטים עברו למתקנים מיקרוסקופיים בבלזאם פנולי להגדרה בהגדלה של X 100 או X 200 במיקרוסקופ.

טבלה 1 - פירוט המשקים וזני האבוקדו שנדגמו דגימה אקראית בכל אזור (סה"כ 36 חלקות)

האיזור	המשקים	הזנים (שם וקוד)					
		אטינגר ET-	האס- HA	לאמב האס-BL	פינקרטון- PK	ג'ם-GEM	ריז-RE
גליל עליון (עמק החולה)	מעין ברוך, איילת השחר, כפר הנשיא	X		X	X		
גליל מערבי	געתון, שבי ציון, כפר מסריק		X	X		X	
מרכז	כפר גליקסון, מעגן מיכאל, ניר אליהו	X	X		X		
דרום	נירים, מח"ע (משקי חבל עזה), נגבה/משואות יצחק	X	X				X

ד. זיהוי הפטריות האנטומופתוגניות המצויות באוכלוסיות מתפרצות של כנימות מגן, בידוד ואפיון מורפולוגי ומולקולארי.

סקר מיני פטריות אנטומופתוגניות כלל פרטים חשודים כמאולחים בדגימות השגרתיות ובמקביל גם איסופים מכוונים במוקדי התפרצויות במושב רגבה, ובקיבוצים עברון, עין שמר, מענית ואיילת השחר. כל הפרטים של כנימות המגן שנאספו עברו בדיקה פרטנית לאילוח בפטריות. פרטים שנמצאו עם סימנים החשודים כפטריתיים הובאו למעבדה ועברו תהליך בידוד לשם אפיון והגדרת הפטריות. במטע מושב רגבה נלקחו עלים מזן אבוקדו גליל עם איצריה מצרית (*Icerya aegyptiaca*) ובזן אבוקדו ארד נלקחו עלים מאוכלסים בכנימת השעווה הפלורידית (*Ceroplastes floridensis*). בקיבוץ עברון נלקחו עלי הזן ארדיט וגליל עם הכנימה האגסית (*Protopulvinaria pyriiformis*). בדיגום אביב נאספו עין שמר ומענית כנימה שחורה רכה *Parasaissetia nigra* מזן אבוקדו GEM. נלקחו 20 עלים מכל אוכלוסייה של מין כנימה שמחקר. העלים הוכנסו לצלחות פטרי עם נייר פילטר לח והודגרו ב-27 מעלות צלסיוס. לאחר הדגרה והופעה של תפטיר על גבי הכנימות, והפרטים המאולחים תועדו באמצעות צילום. נלקחה דגימת תפטיר להכנת משטח מיקרוסקופי וניתן להם מספר מזהה. לאחר התייעוד, הפרטים הונחו על מצע PDA בתוספת אנטיביוטיקה 100 µg/ml Chloramphenicol על מנת למנוע התפתחות חיידקים ולעודד צימוח של קורים פטרייתיים על פני גוף הכנימות. לאחר צימוח קורי התפטיר על מצע המזון התבצעה העברת דגימה למצע חדש לשם המשך ריבוי ולבידוד. מושבת הפטרייה שמשה לזריעת בידוד לקבלת תרבית טהורה. מהתרבויות הטהורות נדגמו קורים ונושאי נבגים לטובת הכנת משטחים אשר שימשו לאפיון מורפולוגי שנעשה באמצעות מיקרוסקופ אור בהתאם לספרות המקובלת. המשטח המיקרוסקופי מקובע באמצעות לקטופנול כחול. המאפיינים המורפולוגיים והמושבות מתועדים באמצעות צילום. המאפיינים המורפולוגיים הושושו לפטריות דומות וזהות מהספרות. אפיון פילוגנטי התבצע באמצעות הגברת שני מקטעי DNA גנומי; Small ribosomal subunit (SSU), Translation elongation factor alpha (TEF) (NCBI <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> Kepler et al., 2017). הרצף המתקבל השווה מול מאגר המידע NCBI. היות ולכנימות מהמין איצריה מצרית (יש שכבה עבה של שעווה ולא נראה בברור מופע פטרייתי הן עברו שטיפה באתנול 70% ובאקונומיקה 0.3% להסרת שכבת השעווה בטרם ההדגרה.

בניית עצים פילוגנטיים מולקולריים של הפטריות שבודדו

לצורך ניתוחים פילוגנטיים השתמשנו בנתונים משני גנים גרעיניים: תת-היחידה הקטנה של גנים ריבוזומליים מקודדי גרעיניים (SSU) וגורם התארכות תרגום גנים מקודד 1 אלפא (TEF). הרצפים של גנים אלה הורדו ממסד הנתונים של (NCBI <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) בהתבסס על עבודתם הקודמת של (Kepler et al., 2017) טבלה 2 (taxa 120) (נספח 3). לפיכך, 38 פטריות רוצפו 9 סתיו 2020 ו-10 מקיץ 2021 ומסתיו 2021: .

הרצפים נותחו באמצעות תוכנת MAFFT v.7 (<https://mafft.cbrc.jp/alignment/server>) ; עץ פילוגנטי נבנה באמצעות v0.9.0 (RAxML-NG) (Kozlov et al., 2019) שהינו כלי לבניית עצים פילוגנטי המבוסס על קריטריון

האופטימליות של סבירות מרבית (ML) ומודל GTR+G של החלפת נוקלאוטידים. ותוכנת iTOL (<https://itol.embl.de/login.cgi>) שימשה להצגת העצים.

ה. ביצוע מבחן קוך של הפטריה האנטמופוטוגנית *Cordyceps confragosa* והערכת הוירולנטיות שלה על איצריית סיישל

במהלך המחקר בודדה פטרייה אנטמופוטוגנית אשר זוהתה לראשונה בישראל, *Cordyceps confragosa*. כדי להעריך את הפתוגניות ומידת האלימות של הפטרייה האנטמופוטוגנית *C. confragosa* שבודדה מכנימות בדגימה, כנגד איצריית סיישל *I. seychellarum* פעילותה הושוותה לזו של הפטריה האנטמופוטוגנית *Beauveria bassiana* GHA (מוצר מסחרי המיוצר ע"י BotaniGard, LAM, ארה"ב ומשווק בישראל). לשם כך נקצרו נבגים מתבדידי *C. confragosa* באמצעות לולאה מרובעת סטרילית ומהילה בתמיסה בריכוז 0.01% Triton X-100 במים מזוקקים. התמיסה סוננה דרך שתי שכבות של בד גזה כדי להפריד את הנבגים מקורים ושאריות מצע מזון. ריכוזי הנבגים נקבעו על ידי המוציטומטר ודוללו עד לריכוז סופי של 1×10^8 , נבגים/מ"ל עבור *C. confragosa* ו- 1×10^7 , נבגים/מ"ל עבור *B. bassiana*.

פרטים של האיצריה מגידול מעבדה נטבלו בתרחיף הנבגים (טיפולים) ובמים (בקרה). איצריות בדרגות התפתחות שונות שנחשפו לכל אחד מהטיפולים הונחו על נייר פילטר לח בצלוחית פטרי בקוטר 55 מ"מ עם מכסה של 20 מ"מ שכוסה ברשת עדינה כדי לאפשר אוורור ונאטמו בפרפילם כדי למנוע בריחת הכנימות. צלחות הבדיקה הודגרו ב 25°C בחושך. כל טיפול נערך ב 5 חזרות עם 5 כנימות בגיל ידוע בכל חזרה. כל הניסויים בוצעו 3 פעמים. שיעור התמותה של הכנימות נבדק מדי יום. בסוף הניסוי, שיעור הנבגים על הגופות הוערך על ידי בדיקת מיקרוסקופית כדי לאשר כי מקרי התמותה נגרמו על ידי אילוח של התבדידים הפטרייתיים.

ו. השפעת השימוש בתכשירי הדברה המיושמים במטע

מימשקי ההדברה כנגד פגעים במטע חשודים כגורמי התפרצויות של כנימות מגן, לברור סוגיה זו וש אילו מינים אכן מתפרצים, ביצענו שתי פעולות: הראשונה איתור חלקות שדווח בהן על התפרצויות כנימות מגן ובחינת ממשקי ההדברה במטעים שננקטו ע"י מידע שהתקבל מהמגדל. סקר זה בוצע בשנות המחקר הראשונה והשלישית ב 12 משקים שונים מצפון הארץ עד דרומה (רגבה, עברון, מענית, געתון, יראון, בחן, נורדיה, שילר, עין שמר, משואות יצחק, סעד ונגבה). במקביל, ביצענו גם ניסויים מבוקרים של הפרות איזון יזומות באמצעות תכשירי הדברה החשודים כמפרי מאזן. ניסויים אלו נערכו בשנת המחקר השניה ב 5 משקים בגליל המערבי ובחוף הכרמל (רגבה, עברון, ראש הנקרה מעין צבי ומעגן מיכאל). הניסויים בוצעו בחלקות אבוקדו מזן גליל (זן המאוכלס במגוון רחב יחסית של פרוקי רגליים בהשוואה לזני אבוקדו אחרים), כאשר בכל משק נבחרה חלקה אחת. בכל החלקות בוצע בחודש יוני ריסוס ספרטה סופר המורשה לשימוש במטעי האבוקדו נגד תריפס הסחלב (להוסיף שם מדעי), מאפייני הריסוס: ריכוז 0.08%, נפח

תרסיס ל 300 ליטר\דונם, נסיעה איטית של 1.6 קמ"ש. לאחר הריסוס נבחרה באופן אקראי בכל חלקה בקבוצה של ארבעה עצי טיפול סמוכים ובשורה מרוחקת ארבעה עצי ביקורת. המקבץ בא להבטיח את ההשפעה של ההפרה המחקר חלקה. על מנת להעצים מעט את הפרת המאזן עצי הטיפול היו נתונים לשני איבוקים נוספים בקאולין. מטרת הקאולין לדמות את ההשפעה המוכרת של אבק כמפר מאזן ביולוגי. את השפעת הפרת המאזן המכוונת בחנו באמצעות דגימה של 20 עלים מכל אחד מהעצים בקבוצת הטיפול והביקורת (4 עצים בקבוצת הטיפול ו-4 עצים בקבוצת הביקורת סה"כ 160 עלים בכל חלקת ניסוי).

ז. בחינה של הספרות המיקצועית ויצרת קשר עם אנשי מקצוע באזורים בעולם בהם עשויים להימצא אויבים טבעיים ספציפיים של האיטריות- בוצעה באמצעות חילופי מידע והערכות עם עמיתי מחקר של פרופ' צביקה מנדל במדינות היעד.

ח. הכנת מדריך למגדלים של מיני כנימות המגן המצויות במטעי אבוקדו בישראל

הכנת המדריך לכנימות המגן באבוקדו והמגדיר למיני הכנימות הנפוצות בענף זה התבצעה על סמך נתוני המחקר התלת שנתי ועל סמך מידע מהספרות. מדריך למגדלים הוא בפורמט דיגיטלי שיפורסם בקרוב גם בפורמט קשיח. בנוסף צורף למדריך גם מגדיר שדה בשני האופנים.

ניתוח סטטיסטי- להשוואת התפלגות הפרטים בין מיני הכנימות השונים, המשפחות השונות זני האבוקדו השונים והאזורים הגיאוגרפיים נערך מבחן χ^2 , שהשוו את ההתפלגות המצויה להתפלגות הצפויה בהנחה של שכיחות אחידה. השוואות של מספרי הכנימות בין העונות או בין טיפולי ההפרה בוצעה בעזרת מבחני T. כל המבחנים הללו נערכו בתוכנת JMP®pro 16.0.

כדי להעריך את הקשר בין צפיפות הכנימות לבין מספר הפטריות האנטומופתוגניות שבודדו בדיגום מאוכלוסיות הכנימות השונות, נעשה שימוש במודל מעורב ליניארי עם טרנספורמציות sqrt והחבילה $r^2_nakagawa$. כדי לברר האם יש קשר בין זן האבוקדו למיני הפטריות. התוצאות נותחו ב- בעזרת מבחן ANOVA חד-כיווני. השוואות התמותה של הכנימות בהשפעת הפטריות בוצעו על שיעור התמותה אחרי טרנספורמציה ארקסינוס ונותח במבחן REML ואחריו מבחן HSD של טוקי להשוואות מרובות בין הממוצעים מבחנים אלו נערכו בעזרת תוכנת RStudio 2022.02.0 version and JMP version 14 (SAS Institute Inc.).

תוצאות המחקר לתקופת הדו"ח (1.1.20-31.12.22)

א. ביצוע הדגימות ואיסוף האורגניזמים לזיהוי.

בשתי שנות המחקר הראשונות ערכנו פעמים כל שנה (באביב ובסתיו) דיגום אקראי 36 חלקות (סה"כ 4 סבבי דיגום) ובנוסף בכל שלוש השנים ערכנו דיגומים מכוונים במוקדי התפרצות של כנימות ב-12 משקים (2 ממשקי המדגם ועוד 10 נוספים עליהם קיבלנו מידע מהמגדלים ומדריכי הגידול). בשלוש שנות המחקר אספנו 7800 עלים בדיגום האקראי במטעים, מהם נמצאו 2762 עלים מאוכלסים (כלומר 35.4% נגיעות) ועליהם נמצאו 13,338 פרטים של כנימות מגן. בנוסף, בדיגומים, מכוונים במוקדי נגיעות אספנו כ-600 כנימות נוספות וכולן הועברו לזיהוי מורפולוגי.

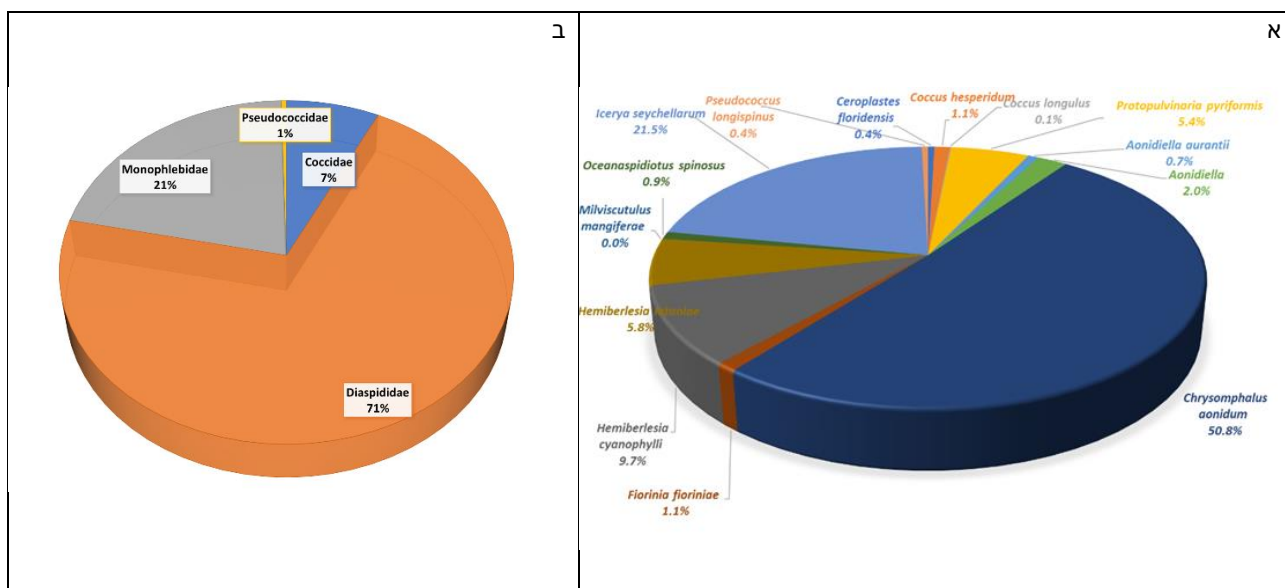
ב. זיהוי מורפולוגי של כנימות המגן

כל הפרטים שנאספו עברו זיהוי מורפולוגי. פרטים אלו כללו 18 מיני כנימות מגן מ-4 משפחות שונות (טבלה 2). מבין 12 מיני הכנימות שנאספו בדיגום האקראי היו הבדלים מובהקים בשכיחותן ($\chi^2=400, DF=15, P<0.0001$) כאשר המין הנפוץ ביותר היה המגינית השחורה *Chrysomphalus aonidum* שהיוותה 51% מפרטי הכנימות שנמצאו ואחריה איצריית סיישל שכללה 21% מפרטי הכנימות שנאספו (איור 1א.).

טבלה 2- מיני כנימות המגן שנמצאו במטעי האבוקדו בשלוש שנות המחקר

משפחה	מין הכנימה	שם עברי	קוד (כפי שמופיע בטבלאות ובאיורים)
כנימות רכות Coccidae	<i>Ceroplastes floridensis</i>	כנימת השעווה הפלורידית	CFL
	<i>Coccus hesperidum</i>	כנימה חומה רכה	CHE
	<i>Coccus longulus</i>	--	CLO
	<i>Milviscutulus mangiferae</i>	כנימת המנגו הרכה	MMA
	<i>Protopulvinaria pyrififormis</i>	כנימה רכה דמוית האגס	PPY
	<i>Parasaissetia nigra</i> *	כנימה רכה שחורה	PPN
כנימות ממוגנות Diaspididae	<i>Aonidiella aurantii</i>	מגינת אדומה מצויה	AAU
	<i>Aonidiella orientalis</i> *	מגינת אדומה מזרחית	AOO
	<i>Chrysomphalus aonidum</i>	מגינת שחורה	CAO
	<i>Fiorinia fioriniae</i> *	-	FFI
	<i>Hemiberlesia cyanophylli</i>		HCY
	<i>Hemiberlesia lataniae</i>		HLA
	<i>Oceanaspidotus spinosus</i>		OSP
קמחיות Pseudococcidae	<i>Planococcus citri</i> *	קמחית ההדר	PLC
	<i>Pseudococcus longispinus</i>	קמחית זנובה	PLO
	<i>Phenacoccus solenopsis</i> *	קמחית מנוקדת	PNS
איצרייות Monophlebidae	<i>Icerya seychellarum</i>	איצריית סיישל	ISE
	<i>Icerya aegyptiaca</i> *	איצריה מצרית	IAE

* מינים שנמצאו בדגימה המכוונת אך לא בדגימה האקראית

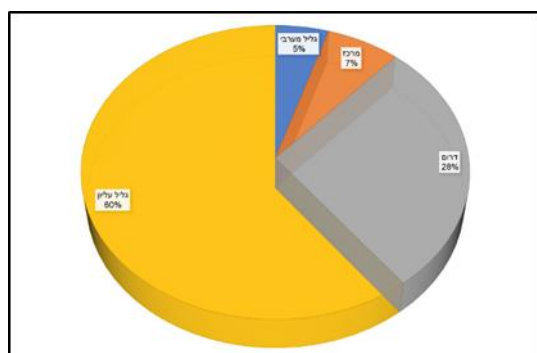


איור 1- שכיחות מיני כנימות המגן שנמצאו בדיגום האקראי 12 משקים ב-4 אזורים בארץ בשנים 2020 ו-2021. התפלגות מספר פרטים לכל מין. ב. התפלגות מספר פרטים לכל משפחה.

כאשר משווים את ההבדלים במספר פרטי הכנימות מכל משפחה (איור 1.ב.) גם כן ההבדלים מובהקים ($\chi^2=118, DF=3, P<0.0001$), משפחת המגינתיים (Diaspididae) היא הנפוצה ביותר.

בבחינת ההבדלים בהתפלגות מיני הכנימות בין הזנים השונים (טבלה 3) נמצאו הבדלים מובהקים המצביעים על כך שההתפלגות איננה אחידה ($\text{Pearson } \chi^2=1629, p<0.0001, N=2762, DF=75$), כאשר בזן אטינגר הנגיעות היתה הגבוהה ביותר (42.6%) לעומת הזנים האחרים, כאשר הזן שניפגע הכי פחות היה GEM (1.21%). בנוסף ניתן לראות שהקמחית הזנובה נמצאה בשכיחות הגבוהה דווקא בזן האס (58%) בעוד שכנימת השעוה הפלורידית נמצאה בשכיחות הגבוהה ביותר דווקא בזן פינקרטון (75%) כאשר בשאר הכנימות לא נרשמה מגמה של להעדפה משמעותית.

כשבחנו את שיעור הנגיעות בכנימות ביחס לאזורי הדיגום נמצאו הבדלים מובהקים (איור 2) $\text{Pearson test } \chi^2$ ($=2623, p<0.0001, N=2762, DF=45$) כאשר בעצים בעמק החולה שבגליל העליון נמצאה הנוכחות הגבוהה ביותר של כנימות ולאחריו הדרום.



איור 2. התפלגות הנגיעות בכנימות המגן השונות שנבדגמו באזורי הארץ השונים במשך שנתיים ב-4 מחזורי דיגום אקראי (שלוש חלקות בכל איזור -סה"כ 7800 עלים).

כשבדקנו את השפעת העונה על כמות הכנימות מצאנו שבדיגום הסתווי יש במובהק יותר כנימות לעלה מאשר בדיגום בתחילת הקיץ (6.05 ± 0.31 , לעומת 3.44 ± 0.21 ממוצע ושגיאת תקן בהתאמה; $t = -27.59$, $p < 0.0001$). (6.75).

טבלה 3- התפלגות מיני הכנימות (שורה עליונה) לבין זני האבוקדו השונים (תור שמאלי) כאשר count מתייחס למספר העלים הנגועים בכל מין, Total% מתייחס לאחוז הנגיעות מסה"כ הפרטים שנספרו כאשר Col% מתייחס להתפלגות הנגיעות של כל כנימה בכל אחד מהזנים ביחס לנוכחותה בזנים אחרים ו Row% מתייחס לנוכחות היחסית של כל כנימה בכל זן ביחס לכנימות האחרות באותו זן. **באדום** מסומנים הערכים הקיצוניים >40% של התפלגות מיני הכנימות בכל אחד מהזנים.

Count Total % Col % Row %	AAU	AON	CAO	CFL	CHE	CLO	FFI	HCY	HLA	ISE	MMA	OSP	PLO	PPY	UCO	UDI	Total
לאמב האס	2 0.07 5.71 0.44	59 2.14 38.06 12.91	250 9.05 24.83 54.70	4 0.14 8.89 0.88	17 0.62 16.04 3.72	1 0.04 9.09 0.22	0 0.00 0.00 0.00	42 1.52 12.24 9.19	48 1.74 16.05 10.50	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	8 0.29 14.04 1.75	2 0.07 8.33 0.44	3 0.11 1.63 0.66	4 0.14 10.00 0.88	17 0.62 26.15 3.72	457 16.55
אטינגר	10 0.36 28.57 0.85	57 2.06 36.77 4.84	565 20.46 56.11 48.00	2 0.07 4.44 0.17	6 0.22 5.66 0.51	3 0.11 27.27 0.25	7 0.25 53.85 0.59	139 5.03 40.52 11.81	147 5.32 49.16 12.49	172 6.23 45.87 14.61	0 0.00 0.00 0.00	16 0.58 28.07 1.36	7 0.25 29.17 0.59	14 0.51 7.61 1.19	11 0.40 27.50 0.93	21 0.76 32.31 1.78	1177 42.61
ג'ם	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	1 0.04 0.94 3.23	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	4 0.14 1.17 12.90	9 0.33 3.01 29.03	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	14 0.51 24.56 45.16	0 0.00 0.00 0.00	2 0.07 1.09 6.45	0 0.00 0.00 0.00	1 0.04 1.54 3.23	31 1.12
האס	5 0.18 14.29 1.20	0 0.00 0.00 0.00	4 0.14 0.40 0.96	4 0.14 8.89 0.96	39 1.41 36.79 9.33	0 0.00 0.00 0.00	3 0.11 23.08 0.72	46 1.67 13.41 11.00	43 1.56 14.38 10.29	158 5.72 42.13 37.80	1 0.04 33.33 0.24	5 0.18 8.77 1.20	14 0.51 58.33 3.35	76 2.75 41.30 18.18	14 0.51 35.00 3.35	6 0.22 9.23 1.44	418 15.13
פנקרטון	5 0.18 14.29 0.97	39 1.41 25.16 7.59	182 6.59 18.07 35.41	34 1.23 75.56 6.61	31 1.12 29.25 6.03	2 0.07 18.18 0.39	3 0.11 23.08 0.58	90 3.26 26.24 17.51	43 1.56 14.38 8.37	8 0.29 2.13 1.56	1 0.04 33.33 0.19	10 0.36 17.54 1.95	1 0.04 4.17 0.19	41 1.48 22.28 7.98	9 0.33 22.50 1.75	15 0.54 23.08 2.92	514 18.61
ריד	13 0.47 37.14 7.88	0 0.00 0.00 0.00	6 0.22 0.60 3.64	1 0.04 2.22 0.61	12 0.43 11.32 7.27	5 0.18 45.45 3.03	0 0.00 0.00 0.00	22 0.80 6.41 13.33	9 0.33 3.01 5.45	37 1.34 9.87 22.42	1 0.04 33.33 0.61	4 0.14 7.02 2.42	0 0.00 0.00 0.00	48 1.74 26.09 29.09	2 0.07 5.00 1.21	5 0.18 7.69 3.03	165 5.97
Total	35 1.27	155 5.61	1007 36.46	45 1.63	106 3.84	11 0.40	13 0.47	343 12.42	299 10.83	375 13.58	3 0.11	57 2.06	24 0.87	184 6.66	40 1.45	65 2.35	2762

זיהוי האויבים הטבעיים של אוכלוסיות הכנימות (צרעות טפילות וטורפים)

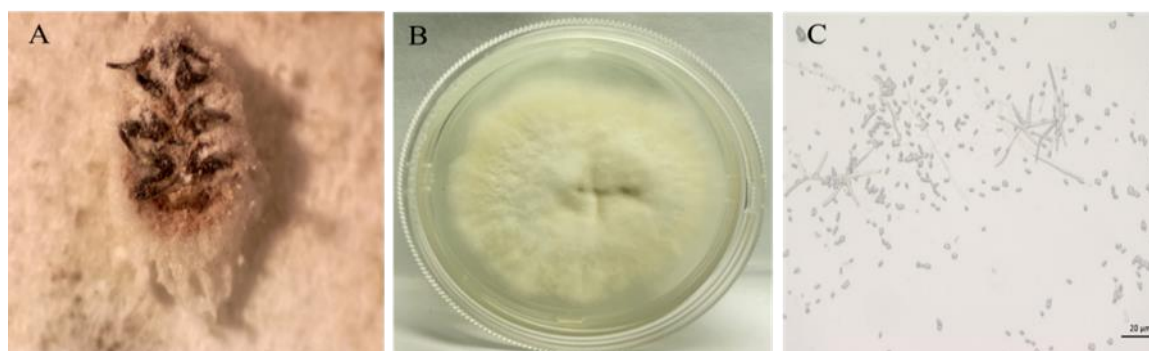
בניטור אויבים טבעיים בחיפוש האקראיים ובמוקדי הנגיעות בשתי שנות המחקר הראשונות נמצאו סה"כ 71 פרטים של צרעות טפילות (48 פרטים בשנה הראשונה 23 פרטים בשנה השנייה). הן נמצאו במינים של כנימות רכות מגינתיים, קמחיתיים ובמספר כנימות נוספות שאינן משתייכות לעל-משפחת כנימות המגן (שנמצאו גם הן במוקדי הנגיעות), רובן זוהו לרמת המין או המשפחה ושייכות ל 12 מינים מ 3 ממשפחות, Encyrtidae ו- Aphelinidae ו- Peromalidae (טבלה 4). בחלק ממני הכנימות נמצאו מספר טפילים (למשל מפרטים של הכנימה החומה הרכה הגיחו 2 מינים שונים או מהקמחית המנוקדת הגיחו 5 מינים שונים. ובחלק מהמקרים אותו טפיל נימצא במינים שונים של כנימות. בנוסף נמצאו 6 פרטים של מושיות (Coccinellidae) משני מינים *Pharoscymnus varius*, *Scymnus* sp. במוקד התפרצות של קמחית מנוקדת. הצרעות והמושיות זוהו מפרטים שנאספו בזנים גליל, פינקרטון, ג'ם-GEM וארדיט אך אין די נתונים כדי ליחס רמת שכיחות או שעורי טפילות לזן אבוקדו מסוים.

טבלה 4 – מיני הצרעות הטפילות שזוהו על כנימות המגן השונות

שם הכנימה	הצרעה הטפילית שהגיחה מין, סוג (משפחה)
כנימה רכה דמוית האגס <i>Protopulvinaria pyrifomis</i>	<i>Cheiloneurus</i> sp. (Encyrtidae)
כנימה רכה דמוית האגס <i>Protopulvinaria pyrifomis</i>	<i>Metaphycus swirskii</i> (Encyrtidae)
כנימה חומה רכה <i>Coccus hesperidum</i>	<i>Pachyneuron concolor</i> (Peromalidae)
כנימה חומה רכה <i>Coccus hesperidum</i>	<i>Scutellista caerulea</i> (Peromalidae)
מגינית ההמיברלזיה <i>Hemiberlesia lataniae</i>	<i>Encarsia citrina</i> (Aphelinidae)
מגינית שחורה <i>Chrysomphalus aonidum</i>	<i>Pteroptrix smithi</i> (Aphelinidae)
קמחית מנוקדת <i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Pseudleptomastix squamulata</i> (Encyrtidae)
קמחית מנוקדת <i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Cheiloneurus</i> sp. (Encyrtidae)
קמחית מנוקדת <i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Aenasius arizonensis</i> (Encyrtidae)
קמחית מנוקדת <i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Cheiloneurus</i> sp. (Encyrtidae)
קמחית מנוקדת <i>Phenacoccus solenopsis</i>	<i>Aenasius arizonensis</i> . (Encyrtidae)
כנימות מגן שונות (לא הוגדרו)	<i>Aphelinid</i> sp. (Aphelinidae)
כנימת עש צמרית- <i>Aleurothrixus floccosus</i>	<i>Cales noacki</i> (Aphelinidae)
כנימת עש הצהובה- <i>Parabemisia myricae</i>	<i>Eretmocerus debachi</i> (Aphelinidae)

ד. בידוד הפטריות אנטומופיתוגניות מכנימות ממוגנות שנתקפו, הדגרתן ואפיונם המורפולוגי והמולקולארי

בשלוש עונות האיסוף נאספו 488 כנימות מגן ממוקדי התפרצויות מהן נמצאו 180 פרטים עם סימנים של מופע פיטרייתי. פרטים אלו שמשו להדגרה על מנת לבדוד את הפטריות שהתפתחו עליהם ולייצר תרביות טהורות להמשך זיהוי (איור 3). כך התקבלו 235 תרביות טהורות של פטריות (טבלה 5). זיהוי התבדידים הסתמך על אפיון מורפולוגי, ריצוף מקטעים ב-DNA ושיוך פילוגנטי על סמך מאגרי מידע כגון NCBI (איורים 4,5,6).



איור 3 שלבי הבידוד: (A) כנימה מהמין איצריה מצרית *I. aegyptiaca* עם מופע פיטרייתי אחרי הדגרה ראשונה. (B) מושבה של הפטרייה שבודדה מהאיצריה לאחר בידוד. (C) צילום מבעד למיקרוסקופ של הקורים, נושאי הנבגים והנבגים של הפטרייה שזוהתה בהמשך בעזרת ריצוף גנטי ומידע מהספרות כפטרייה מהמין *Cordyceps confragosa*.

מהתוצאות נמצא שקיימת מגמת עלייה בשעורי ההדבקה בין עונות השנה, כאשר בסתיו 2021 אחוז ההדבקה היה הגבוה ביותר 84.27% (טבלה 5). נבחנה השאלה האם יש הבדל בהרכב מיני הפטריות בין כנימות המגן בעונות השנה השונות והאם יש אינטראקציה בין גורם העונה, מיני הכנימות ומספר הפטריות שבודדו מהכנימות, אך זו לא נמצאה כאינטראקציה מובהקת ($p=0.277$, $F_{8,171}=1.29$). לפיכך, הנתונים של העונות השונות אוחדו ונותחו בעזרת ניתוח שונות חד כיווני. גם כאן לא נמצא הבדל משמעותי ($p=0.164$, $F_{4,167}=1.647$). כמו כן נבדק ההבדל בהרכב מיני הפטריות בין זני האבוקדו ולא נמצאה השפעה משמעותית של זן האבוקדו על מספר הפטריות התוקפות את הכנימות המאכלסות אותו ($p=0.265$, $F_{3,168}=1.332$).

בקיץ 2020 זוהו 23 מיני פטריות שבודדו מ 3 מיני כנימות: כנימה רכה דמוית האגס *Protopulvinaria pyriformis* כנימת השעווה הפלורידית *Ceroplastes floridensis* והאיצריה המצרית *Icerya aegyptiaca*, שנימצאו על זני האבוקדו ארדיט, ארד וגליל בהתאמה (איור 4). בעונה זו נמצאו הבדלים בהתפלגות מיני הפטריות על גבי הכנימות השונות (איור 4). כמו כן, ניתן לראות כי ישנם כמה מיני פטריות המשותפים לשלושת מיני הכנימות גם יחד. *C. confragosa*. קיימים גם מספר מינים המשותפים רק לשתיים מהכנימות למשל *Penicillium steckii*, *Penicillium citrinum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Trichothecium roseum*, *Aspergillus niger*, *Alternaria sp.*, *Aspergillus tamarisii*, *Trichoderma asperellum* ובלבד כגון *Simplicillium lanosoniveum* (איור 4).

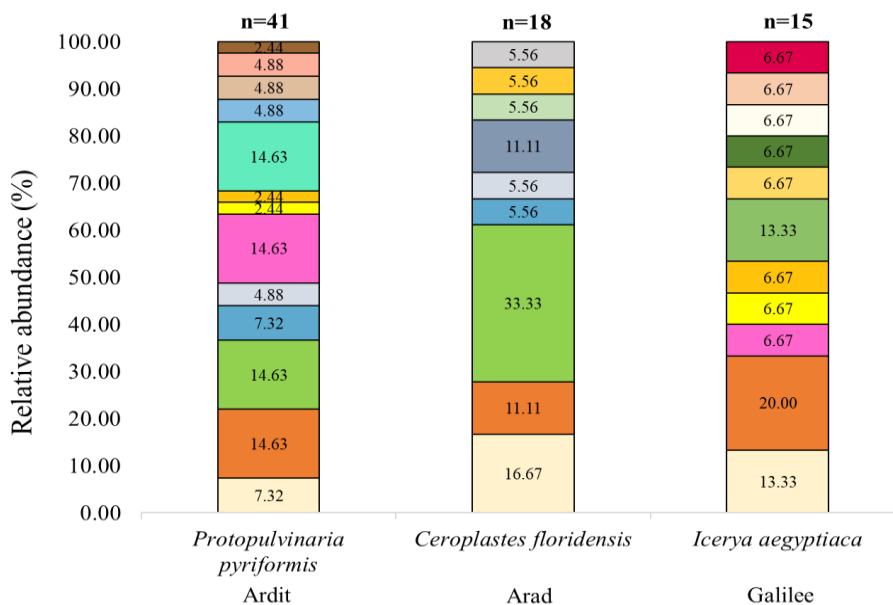
בקיץ 2021 זוהו 24 מיני פטריות משלושה מיני כנימות: שנים משותפים לשנה הקודמת (כנימה רכה דמוית האגס וכנימת השעווה הפלורידית) ובנוסף כנימה רכה שחורה *Parasaissetia nigra* על זני האבוקדו ארד, גליל ו-GEM בהתאמה (איור 5). הפטריות המשותפות לשלוש הכנימות היו *T. roseum* ו-*F. solani*. בעונה זו הפטרייה *C. confragosa* נמצאה בשני מיני כנימות שונות מהעונה הקודמת, היו יותר מינים ספציפיים ייחודיים לכל פטריה (איור 5).

טבלה 5 . מספר הכנימות שנבדקו בכל עונה, מספר הכנימות הנגועות בפטריות שנמצאו, מספר תבדידי הפטריה לכל מין* ומדד שאנון ויבר למגוון.

* מספר התבדידים עולה על מספר מיני הכנימות הנגועות מכיוון שלעיתים בודדו מספר מיני פטריות מפרט אחד של כנימה

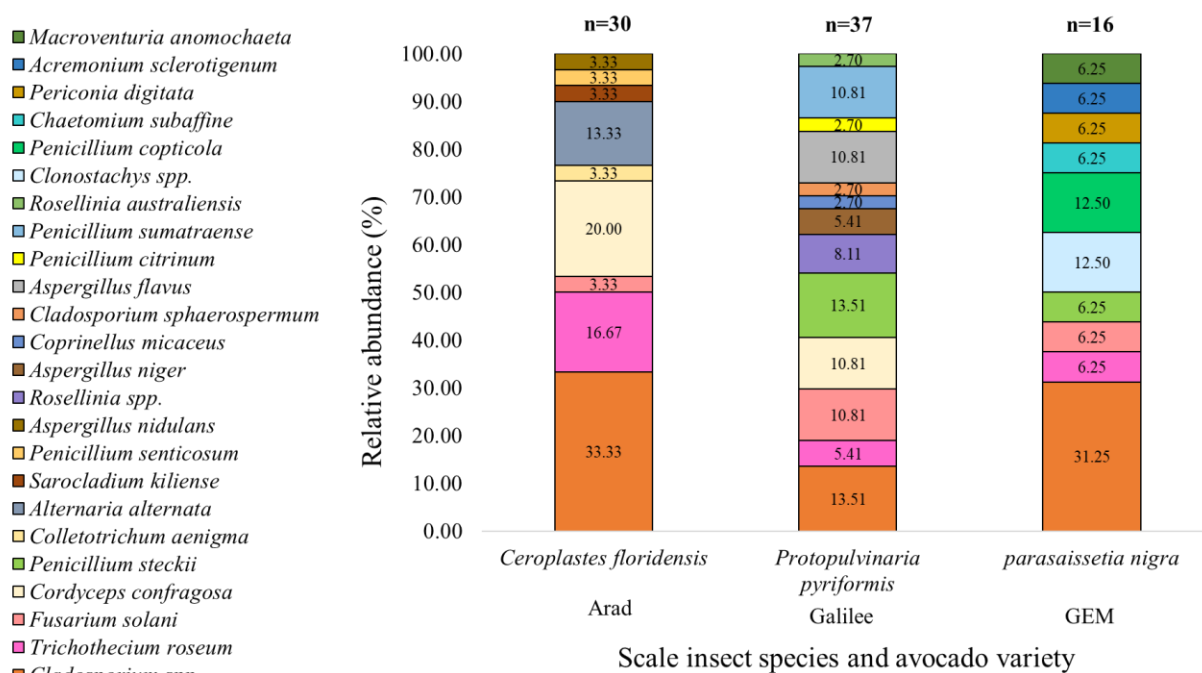
Fall 2020				
Scale species	Total Number of tested specimens	Scales with fungal forms	Fungal isolates	SW index
<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	90	33	41	1.6
<i>Icerya aegyptiaca</i>	63	13	15	1.59
<i>Ceroplastes floridensis</i>	75	16	18	1.42
Sum of all	228	62	74	
% of total aphid	±	27.19	32.46	
Summer 2021				
Scale species	Total Number of tested specimens	Scales with fungal forms	Fungal isolates	SW index
<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	81	27	38	2.41
<i>parasaissetia nigra</i>	29	15	17	1.75
<i>Ceroplastes floridensis</i>	61	17	31	1.82
Sum of all	171	59	86	
% of total aphid	±	34.5	50.29	
Fall 2021				
Scale species	Total Number of tested specimens	Scales with fungal forms	Fungal isolates	SW index
<i>Icerya seychellarum</i>	23	18	21	2.28
<i>Ceroplastes floridensis</i>	12	10	15	2.03
<i>Icerya aegyptiaca</i>	54	31	39	2.27
Sum of all	89	59	75	
% of total aphid	±	66.29	84.27	

- *Fusarium spp.*
- *Stemphylium spp.*
- *Simplicillium lanosoniveum*
- *Trichoderma asperellum*
- *Aspergillus spp.*
- *Aspergillus tamarii*
- *Alternaria tenuissima*
- *Cladosporium ramotenellum*
- *Penicillium corylophilum*
- *Alternaria spp.*
- *Aspergillus niger*
- *Passalora fulva*
- *Penicillium coffeae*
- *Penicillium sumatrense*
- *Penicillium spp.*
- *Cladosporium cladosporioides*
- *Penicillium citrinum*
- *Trichothecium roseum*
- *Lasioidiplodia theobromae*
- *Penicillium thiersii*
- *Penicillium steckii*
- *Cladosporium spp.*
- *Cordyceps confragosa*



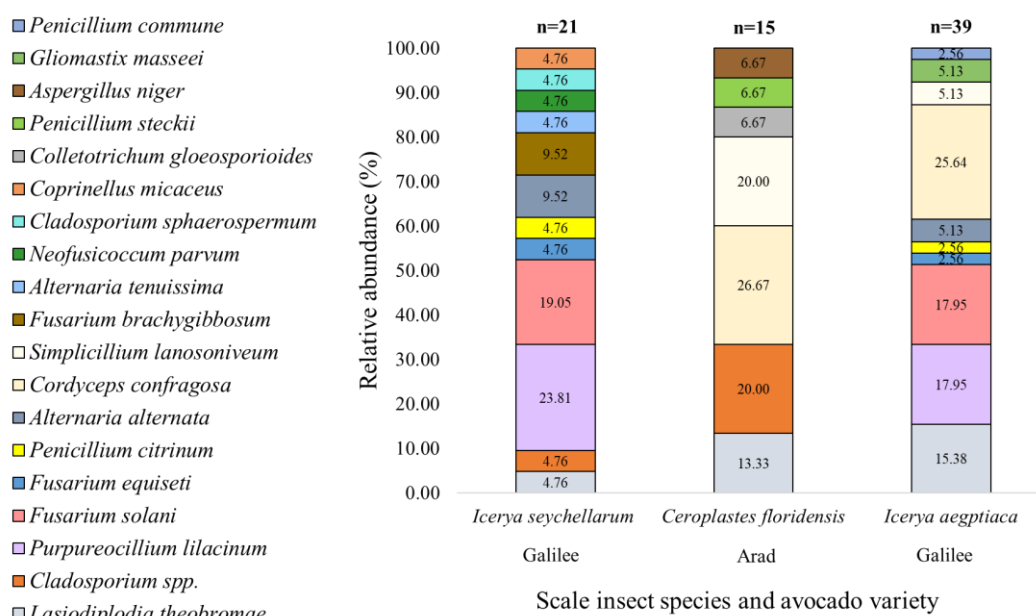
Scale insect species and avocado variety

איור 4 – מיני הפטריות שנמצאו בקיץ 2020 ושכיחותן היחסית על כל מין של כנימה בזני האבוקדו השונים



איור 5 – מיני הפטריות שנימצאו בקיץ 2021 ושכיחותן היחסית על כל מין של כנימה בזני האבוקדו השונים

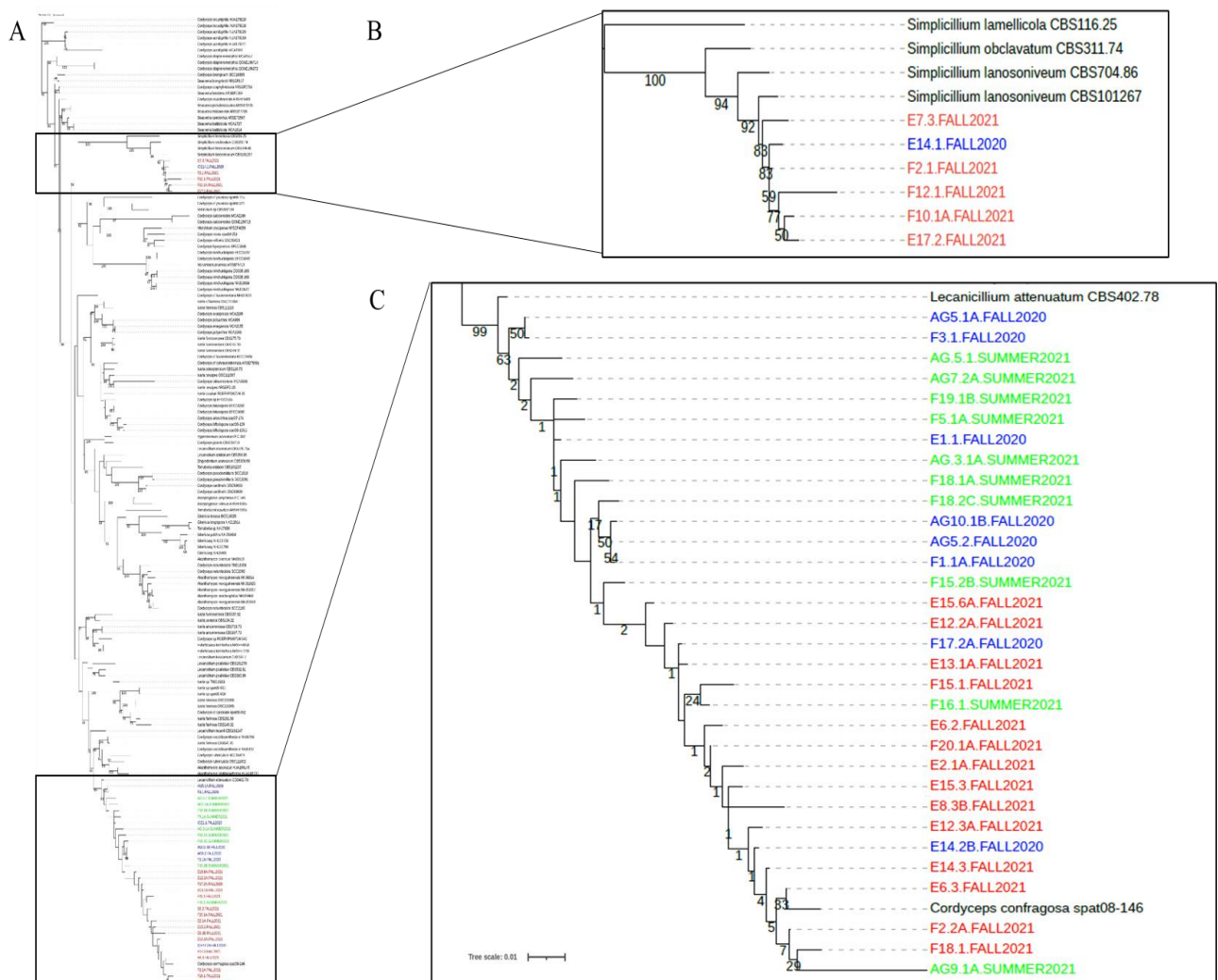
בסתיו 2021 זהו 19 מיני פטריות על 3 מיני כנימות- איצרית סישל ואיצרית מיצרית על הזן גליל, כנימת השעווה הפלורידית על הזן ארד (איור 6) בעונה זו לא נמצאו מיני פטריות משותפות לשלושת מיני הכנימות אך נמצאו מינים שהיו משותפים לשני מיני כנימות או ייחודיים למין אחד בלבד *F. solani*, *P. citrinum*, *A. alternata*, *C. confragosa*, *S. lanosoniveum*, *P. steckii*, *A. niger* (איור 6)



איור 6 – מיני הפטריות שנימצאו בסתיו 2021 ושכיחותן היחסית על כל מין של כנימה בזני האבוקדו השונים

בניית עץ פילוגנטי מולקולארי

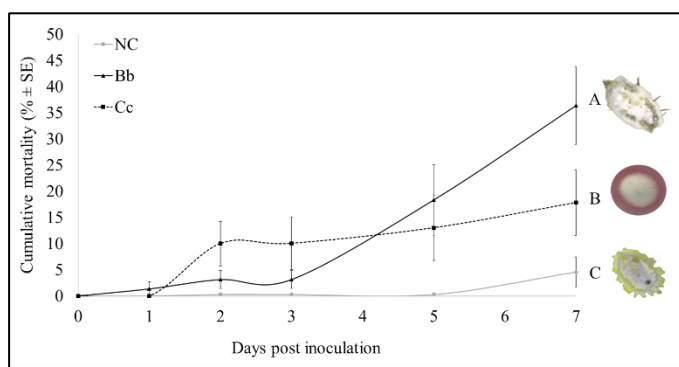
כדי לתמוך בתוצאות ניתוח הריצוף, נבחרו שני מינים עיקריים של פטריות הידועים בספרות כאנטומופיתוגניים, לניתוח פילוגנטי מולקולארי. מאגר המידע המשולב כלל 158 טקסונים על סמך מידע על שני גנים גרעיניים (SSU ו-TEF). על פי העץ הפילוגנטי, שש פטריות מתוך 38 שנבחרו היו קשורות למינים *Simplicillium lanosoniveum* בדרגת ודאות של 94% ו-32 קשורים למינים *C. confragosa* ו-*Lecanicillium attenuatum* בדרגת ודאות של 99% (איור 7).



איור 7. עץ פילוגנטי: (A) ניתוח פילוגנטי של פטריות שנבחרו בשלוש העונות. מערך הנתונים כלל 158 רצפים על סמך מידע של שני גנים גרעיניים (SSU ו-TEF). הריצוף בוצע באמצעות תוכנית MAFFT ו-RAXML-NG. רצפים צבועים באדום ממקורם מסתיו 2021, בירוק מקיץ 2021 ובחול מסתיו 2020. (B) הגדלה של *Simplicillium lanosoniveum* clade ו-(C) הגדלה של *Cordyceps confragosa* clade ו-*Lecanicillium attenuatum*.

ה. ביצוע מבחן קוך של הפטריה האנטומופטוגנית *Cordyceps confragosa* והערכת הוירולנטיות שלה לאיצריית סישל

כדי לבצע מבחן קוך של הפטריה *C. confragosa* שבדדה מאיצריה מצרית ומכנימת השעוה הפלורידית ולהעריך את מידת האלימות והפתוגניות שלה היא הושוותה לזן מסחרי של הפטריה *B. bassiana-GHA* שידוע כפטריה אנטומופטוגנית יעילה. המבחן הביולוגי נערך על פרטים של איצריית סישל שנטבלו בתערובת של שני תבדילים שלה והם הושוו לפטריה המסחרית *B. bassiana* ולמים (בקרה). מבחן הקוך הוכיח שהפטריה *C. confragosa* שבדדה מכנימות מגן בשדה אכן התפתחה וקטלה את איצריית סישל אך מידת האלימות שלה היתה מתונה בהשוואה ל- ??? בהשוואה בין הטיפולים נמצאו הבדלים משמעותיים כאשר שיעורי התמותה היו 17%, 36% ו 4% עבור איצריה שטופלה *B. bassiana* ב *C. confragosa* וביקורת שלילית, בהתאמה ($F_{2,568.2} = 97.824$ p < 0.0001) (איור 8).



איור 8- תמותה מצטברת (% ± SE) של *Icerya seychellarum* שטופלה בתבדילי *Cordyceps confragosa* (Cc) ו *Beauveria bassiana-GHA* (Bb) ובנימות שטופלו במים היוו ביקורת שלילית (Nc) לביקורת שלילית. טיפולים שסומנו באותיות שונות נבדלים זה מזה באופן מובהק ע"פ מבחן Tukey HSD ($p < 0.001$). מימין: צילומי איצריה שטופלה (מלמעלה למטה ב *Beauveria bassiana*, *Cordyceps confragosa*, ביקורת שלילית).

ו. בחינה של השפעת השימוש בתכשירי הדברה המיושמים במטע כנגד מזיקים נוספים ובירור האם הם גורמים להתפרצויות של כנימות מגן הן ע"י בחינת ממשקי ההדברה במטעים שדווח בהן על התפרצויות המזיקים והן על ידי ביצוע הפרות איזון יזומות במטעים באמצעות תכשירי הדברה.

בבחינת ממשקי ההדברה במטעים שדווח בהן על התפרצויות בשנים 2020 ו 2021 נמצאו התפרצויות של 9 מיני כנימות מגן: כנימה רכה דמויית אגס, כנימה פלורידית, איצריה מצרית, כנימה חומה רכה, מגנית שחורה, קימחית מנוקדת, איצריית סיישל וקימחית ההדר, נציגות של כל הארבעת המשפחות (טבלה 6). ב 30% מהמקרים קדם טיפול כימי להתפרצות אך במרבית המקרים (70%) לא דווח על טיפול כימי כלשהו שקדם להתפרצות. מניתוח ההתפרצויות של האיצריות ניתן ללמוד שהאיצרית סישל התפרצה פעמים רבות, בעיקר במשקי הדרום אך גם בקבוצת שילר – כלומר ניכרת מגמת הצפנה שלה, לעומתה על איצריה מצרית התקבל רק דיווח אחד.

טבלה 6 בחינת ממשקי ההדברה במטעים שדווח בהן על התפרצויות בשנים 2020 ו 2021 הכוללים את שם המשק, המזיק שהתפרץ והאם היה טיפול כימי לפני ההתפרצות ומהו.

שנה	משק	מזיק	טיפול לפני ההתפרצות
2020	עברון	כנימה רכה דמויית אגס- <i>Protopulvinaria pyriformis</i>	ספרטה
	רגבה	כנימה פלורידית- <i>Ceroplastes floridensis</i>	ספרטה
	רגבה	איצריה מצרית- <i>Icerya aegyptiaca</i>	ספרטה

מענית	כנימה חומה רכה- <i>Coccus hesperidum</i>	שמן EOS
נחשונים	מגנית שחורה- <i>Chrysomphalus aonidum</i>	שמן לבנולה
יראון	קימחית מנוקדת- <i>Phenacoccus solenopsis</i>	ללא
בחן	כנימה פלורידית- <i>Ceroplastes floridensis</i>	ללא
נורדיה	כנימה רכה דמויית אגס- <i>Protopulvinaria pyriformis</i>	ללא
שילר	איצריית סיישל- <i>Icerya seychellarum</i>	ללא
געתון	קימחית ההדר- <i>Planococcus citri</i>	ללא
עין שמר	כנימה חומה רכה- <i>Coccus hesperidum</i>	ללא
מענית	כנימה חומה רכה- <i>Coccus hesperidum</i>	ללא
עברון	כנימה רכה דמויית אגס- <i>Protopulvinaria pyriformis</i>	ללא
עברון	כנימה רכה דמויית אגס- <i>Protopulvinaria pyriformis</i>	ללא
רגבה	כנימה פלורידית- <i>Ceroplastes floridensis</i>	ללא
רגבה	קימחית ההדר- <i>Planococcus citri</i>	ללא
משואות יצחק, נגבה, סעד ומשקים נוספים בדרום	איצריית סיישל- <i>Icerya seychellarum</i>	ללא

בניסוי הפרת המאזן היזומה שהתרחש ב-5 משקים שונים נמצאו 11 מיני כנימות שאת רובן ניתן היה להגדיר לרמת המין ומיעוטן לדרגת המשפחה בלבד (טבלה 7). מניתוח הנתונים עולה, שלא נימצא הבדל מובהק בין הטיפולים כאשר מסתכלים על סך כל אוכלוסיית כנימות המגן ($F_{1,4}=4.23, p=0.11$). כאשר מנתחים את השפעת הפרת האיזון על כל מין כנימה בנפרד מוצאים הבדלים בין המגמות כאשר בשני מיני הכנימות: כנימת השעווה הפלורידית: *Ceroplastes floridensis* והכנימה השחורה *Chrysomphalus aonidum* טיפולי הריסוס הובילו למגמה המצביעה על עליית האוכלוסייה ולעומתם בשני מיני הכנימות: איצריה מצרית ומגינית האבוקדו *Hemiberlesia cyanophylli* נראה שהטיפול בתכשיר ההדברה תרם למגמה המצביעה על הפחתת מספר הכנימות אך נתונים אלו לא היו מובהקים. בחמשת מיני הכנימות האחרים שנמצאו לא ניכרה מגמה כלשהי. כשבחנו את השפעת טיפולי הריסוס על משפחות הכנימות (לא לכל מין בנפרד) עדיין התוצאות אינן מובהקות, אך בכנימות הרכות ישנה מגמה שההפרה גורמת לעליה באוכלוסייה בעוד שבמגיניותיים הטיפול הכימי דווקא מוביל למגמת ירידה באוכלוסייה. לפיכך בשלב זה אנו לא יכולים להצביע על הפרת איזון משמעותית כתוצאה מפעולות ההדברה שננקטו, אך יש להמשיך ולעקוב ביחוד במיני הכנימות הרכות בהן הייתה מגמה המצביעה על הפרת איזון. יש כמובן לקחת בחשבון שהפרה חד פעמית במסגרת חלון זמן מוגבל, על שטח זעיר מכלל המטע עלולה לדעוך במהירות בשל חדירה מהירה של אויבים טבעיים מהעצים השכנים, מצב שאינו קיים בהפרת מאזן ברמת החלקה.

טבלה 7 – מספר פרטי כנימות המגן השונות שנמצאו בחלקות בהן נעשתה הפרת איזון מכוונת בעזרת תכשירי הדברה

סל"כ כנימות\משק וטיפול	מעין צבי הפרה	מעין צבי ביקורת	מעגן מיכאל הפרה	מעגן מיכאל ביקורת	רגבה הפרה	רגבה ביקורת	עברון הפרה	עברון ביקורת	ראש הנקרה הפרה	ראש הנקרה ביקורת
אצירה מצרית- <i>Icerya aegyptiaca</i>	9	142	0	0	0	0	6	0	0	0
כנימת לטנייה- <i>Hemiberlesia lataniae</i>	51	1	3	5	3	9	22	61	0	0
מגינית - <i>Diaspididae</i>	14	130	12	38	12	18	20	17	0	0
כנימה רכה- <i>Coccidae</i>	2	3	2	5	0	0	1	0	0	0
כנימה פלורידית- <i>Ceroplastes floridensis</i>	0	0	0	0	35	11	4	6	1	0
כנימה רכה דמויית אגס- <i>Protopulvinaria pyrifomis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
כנימה רכה מאורכת - <i>Coccus longulus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
מגינית האבוקדו - <i>Hemiberlesia cyanophylli</i>	3	269	11	80	1	14	0	0	201	600
מגינית הפיוריניה - <i>Fiorinia fioriniae</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
כנימה חומה רכה- <i>Coccus hesperidum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
מגינית שחורה- <i>Chrysomphalus aonidum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14

ז. בחינה של הספרות המקצועית ויצרת קשר עם אנשי מקצוע באזורים בעולם בהם עשויים להימצא אויבים טבעיים ספציפיים של האצירות.

הסוג איצירה הוא הגדול ביותר בשבט iceryine וכולל 37 מינים ברחבי העולם. (Unruh & Gullan 2008ab) חקר 27 מהמינים שהיו לפנייהם וקבעו שמונה קבוצות ועל פי חלוקה זו מיני האצירה בישראל משתייכים כל אחד לקבוצה נפרדת. כל חמשת המינים השייכים לקבוצת seychellarum מופיעים בהודו ומכאן שככל הנראה זה אזור התפוצה שלהם, ושם צפויים להימצא גם אויביהם הספציפיים. אם יוצאים מתוך ההנחה שהאויבים הטבעיים הספציפיים ככל הנראה משותפים למיני הקבוצה, יש סיכוי סביר לגלות אותם בהודו. זה היה הרקע לפנייה למדען ההודי Dr Sunil Joshi מומחה בטאכסונומיה של מיני איצירה, וככל הנראה שותף פוטנציאלי אולטימטיבי לאיתור אויבים טבעיים לשני מיני האצירות, סיישל והמצרית.

Dr Sunil Joshi, Principal Scientist, Head of Division (In Charge), Division of Germplasm Collection and Characterization, ICAR-National Bureau of Agricultural Insect Resources , Post Bag No. 2491, H.A. Farm Post, Bellary Road, Bengaluru 560 024, Karnataka, India

החוקר Dr Joshi בהחלט הביע נכונות לשיתוף פעולה. עד כה לא הייתה הענות של אנשי הענף לשקול את המהלך ואנו מקווים שבהמשך הם יאשרו את התקציב (הצנוע) שנדרש על מנת להתחיל לפעול בכיוון זה בדומה להצלחה של יבוא האויב הטבעי לקמחית הפפאיה. העדויות על פעילות בהודו על זבוב טפיל מהסוג *Cryptochetum* באוכלוסיית איצריית סיישל שם מאששת את היתכנות למצוא אויב טבעי יעיל של הכנימה באזור זה. יש לציין שאחד ממיני ה *Cryptochetum* מאוסטרליה הוא אויב טבעי יעיל של איצריית ההדרים גם בישראל.

ח. הכנת מדריך למגדלים של מיני כנימות המגן המצויות במטעי אבוקדו בישראל המלווה במגדיר למיני הכנימות הנפוצות. על סמך נתוני המחקר התלת שנתי ועל סמך מידע מהספרות הכנו מדריך למגדלים בפורמט דיגיטלי שיפורסם בהמשך גם בפורמט קשיח המכיל מידע על כל 27 מיני כנימות המגן הידועות בארץ ממטעי אבוקדו הכולל רקע קצר על כל כנימה, תמונה שלה במעבדה ובשדה, מידע על היכן ניתן למצוא אותה בארץ ועל אילו זנים באופן מיוחד, והאם נמצאו אויבים טבעיים שלה, תמונות שלהם ומידע באילו תנאים היא מתפרצת. בנוסף צורף למדריך גם מגדיר שדה. מגדיר השדה הוא יחיד מסוגו המאפשר הגדרה עד לרמת המין של מיני כנימות המגן השכיחים במטעי האבוקדו בישראל ללא צורך בהכנת מתקנים מקרוסקופיים. את המדריך והמגדיר ניתן למצוא באתר מו"פ צפון בקישור הבא:

<https://mop-zafon.org.il/sites/default/files/uploads/pdf-files/articles/%D7%9E%D7%93%D7%A8%D7%99%D7%9A%20%D7%9C%D7%9B%D7%A0%D7%99%D7%9E%D7%95%D7%AA%20%D7%9E%D7%92%D7%9F%20%D7%91%D7%90%D7%91%D7%95%D7%A7%D7%93%D7%95%20%D7%90%D7%A4%D7%A8%D7%99%D7%9C%202023.pdf>

דיון ומסקנות

מערכות הדגימות פורסות תמונה עדכנית וברורה של אוכלוסיות כנימות המגן במטעי האבוקדו בישראל. מטבע הדברים היו מינים שלא התגלו בסקר. הדבר נובע מסיבות אחדות: (1) מנדירותן בשל הדברה ביולוגית מצוינת, ולא נקרתה התפרצות שלהם שידענו עליה כמו במקרה של קמחית הפפאיה *Paracoccus marginatus* (2) התאמה נמוכה של עצי אבוקדו בוגרים להתפתחותן, (כמו במקרה של כנימת השעווה של התאנה *Ceroplastes rusci*, (3) לא התקיים אירוע אקלימי חריג היוצר תנאים לשגשוגן כמו במקרה של קמחית חבויה *Pseudococcus cryptus* או קמחית הפריזייה *Ferrisia malvastra* (4) הדיגום מהעלווה באזור בגובה מסוים לא כלל את כנימות המגן שמאכלסות בד"כ את מערכת השורשים, כמו קמחית האננס *Dysmicoccus brevipes*. (5) וקמחיות שעוברות לאכלס את הכותרת התחתונה מהעשבייה הסמוכה כמו במקרה של קמחית מנוקדת *Phenococcus solenopsis*. השילוב של מיעוט צמחייה מלווה בחלקות הדגימה והדברה ביולוגית טובה הביאו לכך הקמחית הנ"ל לא נצפתה. הכנימות השכיחות יותר הן ממשפחת המגיניתיים, אך גם הן מופיעות באוכלוסיות קטנות וכמעט תמיד מודברות היטב, בד"כ ע"י צרעות טפיליות.

האוכלוסיות הנמוכות, נשאו מספרים אפסיים של כנימות עם טפיליות אקטיבית. רוב הכנימות שעלו בדגימה מרוב המינים היו מתות כתוצאה של טפיליות, פעילות של טורפים ופטריות אנטומופתוגניות. לפיכך מספר הפרטים של צרעות טפיליות שהצחילו להגיח במערכת הדגימה הייתה קטנה מאד, ובחלט בשונה מהציפיות שהיו למבצעי המחקר בתחילת הדרך. המינים שהתקבלו מייצגים רק חלק ממיני טפילים הפעילים ככל הנראה במטעי האבוקדו. השגת מידע על המגוון כולו היה מחייב שורה של צעדים ואמצעים שלא היו אפשריים בהתאמה לתקציב המחקר שהתקבל. שקלנו במהלך המחקר לאילו קבוצות אויבים טבעיים ראוי לתת עדיפות, והגענו למסקנה שיש להתמקד יותר

במיקרוארגניזמים אנטומופיתוגניים היות זו קבוצה שאודותיה אין למעשה כל מידע ממטעי האבוקדו בישראל. החלטה זו אלצה אותנו לצמצם את היקף הבדיקות של הקבוצות האחרות.

איצריית סיישל היא הכנימה שמופיעה בצפיפות הגבוהה ביותר. אמנם אוכלוסיות של כנימה זו נתקפות ע"י המושית הטורפת נוביוס (*Novius cardinalis* לשעבר רודליה) של איצריית ההדרים ולעיתים בעוצמה רבה, אך טורף זה די יעיל על מנת לרסן את אוכלוסיית איצריית סיישל. בשנים הראשונות לאחר חדירתה בישראל היא הופיעה בעיקר במטעים בדרם הארץ, ומאוחר יותר באזור רחובות. בשנת המחקר האחרונה התבססה הכנימה במטעי האבוקדו בגליל המערבי. מובן שאיצריית סיישל טרם 'השלימה' את התבססותה בכל חלקי הארץ. יש לשער שהיא תמשיך ותגרום לנזקים נרחבים במטעי האבוקדו. לכן ראוי לחזור ולשקול את איתור אויביה הטבעיים הספציפיים. בתחילת המחקר נושא זה היה בחזקת נעלם. כיום, בעקבות סקרי ספרות נמצינו ודיונים עם טאכסונומים המומחים בקבוצה זו של כנימות, יש מידע ברור היכן אפשר למוצאם, וכל מה שנותר זה לקבל את ההחלטה לפעול בכיוון זה.

הממצאים אודות פעילותן של פטריות אנטומופיתוגניות באוכלוסיות של כנימות המגן השונות ובאוכלוסיות מתפרצות של האיצריה המצרית אינם מפתיעים. המיקרואקלים המאפיין את מטעי האבוקדו בחלט מעודד שגשוג של קבוצה זו. לכן גם אין זה מפתיע שעלו ממצאים חדשים למדע במסגרת פעילות זו כמו הפעילות של פטריות אלו במושבות של איצרייה מצרית. זהו זיהוי ראשון בישראל של הפטרייה *A. muscarius*. הפטרייה *Verticillium lecanii* מוכרת בישראל זה מכבר מאוכלוסיות של כנימות רכות גם באוכלוסיות של *P. pyrifomis* בפרדסים מושקים השקייה עילית (Mendel et al. 1982, Kenneth, 1988). מעבר למידע זה, קיים קושי לפי שעה להתייחס לראשוניות הממצאים ביחס לפטריות האנטומופיתוגניות הנוספות שזוהו במחקר הנוכחי עקב השינויים בהגדרות הטקסונומיות שהתבצעו ב-20 השנים האחרונות בתחום הטקסונומיה של פטריות בכלל ופטריות אנטומופיתוגניות בפרט. אך באופן כללי מעטים המחקרים העוסקים באפיון נוכחות טבעית של פטריות אנטומופיתוגניות בכנימות מגן.

התוצאות מצביעות על כך שמינים שונים של EPF כמו *Cordyceps confragosa* ו-*Simplicillium lanosoniveum* השייכות למשפחת ה- Cordycipitaceae התגלו על כנימות מגן במטעי האבוקדו. נמצא שמגוון הפטריות על כנימת המגן *Ceroplastes floridensis* היה הגבוה ביותר מבין כל מיני הכנימות שנדגמו ובין עונת הסתיו 2020 ועונת הסתיו 2021 דוגמה לכך שישנו אפקט עונתי. למרות זאת, הרכב הפטריות המבודדות לא היה מובהק בין העונות השונות, זני האבוקדו ומיני כנימות המגן. כמו כן, על מנת להעריך את מידת הוירולנטיות של הפטרייה *Cordyceps confragosa* שבדדה וזוהתה מכנימות המגן *Icerya aegyptiaca* ו-*Ceroplastes floridensis*, נעשה מבחן ביולוגי המשווה בינה לבין הפטרייה המסחרית *Beauveria bassiana*-GHA כלפי כנימת המגן (Hemiptera: *Icerya seychellarum* Margarodidae) שנבחרה כחרק מודל. התוצאות הראו כי שתי הפטריות הדגימו שיעורי תמותה ניכרים של הכנימות ביחס לביקורת אולם הפטרייה *Beauveria bassiana* הפגינה יכולות וירולנטיות גבוהות באופן מובהק מהפטרייה *C. confragosa*.

המידע שהתקבל ממחקר זה מאפשר להעריך את הנוכחות, השכיחות והוירולנטיות של פטריות אנטומופתוגניות כגורם מווסת באוכלוסיות כנימות המגן. כמו כן, אמנם מגבלות המחקר לא אפשרו בחינה כמותית של הפטריות כגורם תמותה באוכלוסיות הכנימות תוצאות המחקר מצביעות בברור על חשיבותן של פטריות אנטומופתוגניות בבית גידול זה. לפיכך מתבקשת המסקנה לגבי חשיבות שימור המיקרופלורה המצויה באופן טבעי במטעי האבוקדו והמשמעות שיש לכל הצורך לבחון בזהירות רבה שימוש בקוטלי פטריות בבית גידול זה.

הפרת המאזן המלאכותית שבוצעה במהלך השנה האחרונה לא חוללה שינוי מהותי באוכלוסיית הכנימות. חשוב לציין שלא קל היה לקבל את הסכמת המגדלים גם להפרה מוגבלת חד פעמית.

אין ספק שהעמקת הידע על האויבים הטבעיים מבין פרוקי הרגליים תחייב ביצוע פעולות הפרה נרחבות וממושכות יותר.

ט. מסקנות והמלצות למגדלים

1) בעניין כנימות המגן במטעי האבוקדו: ממצאי תוכנית המחקר מצביעים בבירור שההקפדה האופיינית לממשק המזיקים בענף זה נושא פירות בדמות עושר של אויבים טבעיים המרסנים ביעילות רבה את רוב מיני כנימות המגן הרבים המתקיימים בבית גידול זה.

2) בעניין מזיקים מתפרצים: השכיחות הרבה של מגינתיים כמו המגינית השחורה והמגינית האדומה, בעמקים הפנימיים מחייבת תשומת לב. אמנם מינים אלה לא עברו את הסף המצדיק התערבות בתכשירים כימיים אבל שינויי האקלים, כמו עליית הטמפרטורות, ומחזורי טמפרטורה נמוכים מאד בחודשי החורף מכים בעיקר באוכלוסיית הצרעות הטפיליות וחומרת הנזק עלולה להתעצם. לכן דווקא באזורים אלה יש להקפיד יותר על הימנעות משימוש בקוטלי חרקים כימיים, גם עם התכשירים הנחשבים קלים ומורשים בחקלאות אורגנית.

3) בעניין שימור הפלורה של הפטריות האנטומופתוגניות, אנו ממליצים למגדלים לבחון בזהירות שימוש בתכשירים קוטלי פטריות כנגד פתוגנים במטע כמו קומפלקס הבוטריאוספרייה. פטריות אנטומופתוגניות מתחרות עם פתוגניים צמחיים ולכן ראוי לאפיין קבוצה זו גם מהיבט זה ולשמר את פעילותם האנטוגוניסטית.

4) מגדלי האבוקדו מתמודדים עם מזיקים מקבוצות אחרות שהדברתם הטבעית אינה יעילה דייה. יש להמשיך לבחון תכשירים חדשים נגד מזיקים כמו תריפסים או עשים על מנת להימנע משימוש בתכשירים כימיים. תכשירי פטריות אנטומופתוגניות עשויים לתת תשובה גם במקרים אלה.

5) בעניין מינים פולשים חדשים. איצריית סיישל היא מין הפולש האחרון המשמעותי. הנזק שכנימה זו מסוגלת לחולל עלול לדרבן את המגדלים לחפש פתרונות קלים על בסיס תכשירים כימיים. לכן ראוי שהשקיע במאמץ לייבא לישראל אויבים טבעיים שידבירו את אוכלוסיות הכנימה. התרחבות גידול האבוקדו באגן הים התיכון יהווה מצע מתאים להתבססות מיני מזיקים חדשים בתדירות גבוהה. לפיכך מומלץ למגדלים לחזור לתפיסה שהייתה נהוגה בענף בשנות

השבעים והשמונים של המאה ה-20. ולפעול באופן עקבי בתחום ההדברה הבילוגית בענף. כך לדוגמה תריפס הסחלב, שמאיים על הענף, והדברתו עלולה לגרום להפרות מאזן של כנימות מגן, נתון להדברה בילוגית טובה באיזורי תפוצתו הטבעית. ריסונו באמצעות אויבים טבעיים תיטיב בעקיפין גם עם האויבים הטבעיים של כנימות המגן.

הבעת תודה

תודה לד"ר עדי פיגנבאום (מנהל המחקר החקלאי) עבור סיוע בביואינפורמטיקה, לקרן התמיכה במו"פים של משרד החקלאות ולשולחן מגדלי האבוקדו על מימון המחקר

רשימת ספרות מצוטטת

- סבירסקי, א., ויסוקי, מ. ו- יזהר, י. 2002. מזיקי עצי פרי סובטרופיים בישראל. מועצת הפירות, תל אביב, 285 עמ'
- Kepler, R. M., Luangsa-Ard, J. J., Hywel-Jones, N. L., Quandt, C. A., Sung, G. H., Rehner, S. A., Aime, M. C., Henkel, T. W., Sanjuan, T., Zare, R., Chen, M., Li, Z., Rossman, A. Y., Spatafora, J. W., & Shrestha, B. (2017). A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA Fungus*, 8(2). <https://doi.org/10.5598/ima fungus.2017.08.02.08>
- Kozlov, A. M., Darriba, D., Flouri, T., Morel, B., & Stamatakis, A. (2019). RAXML-NG: A fast, scalable and user-friendly tool for maximum likelihood phylogenetic inference. *Bioinformatics*, 35(21). <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btz305>
- Mendel, Z., Podoler, H. and Rosen, D. (1982) Population dynamics of the Mediterranean black scale *Saissetia oleae* (Oliv.) on citrus in Israel. 3. Occurrence of a yellow form. *J. Entomol. Soc. Sth. Afr.* 45: 227-229.
- Mendel Z., Protasov A., Dori-Bachash M., Maoz Y., Margalit O., Palevsky E., Maymon M., Elazar M., Golan O. & Freeman S. 2016: Background and current situation about the ambrosia beetle and its fungal symbionts in avocado plantation in
- Normark, Benjamin B., Akiko Okusu, Geoffrey E. Morse, Daniel A. Peterson, Takao Itioka & Scott A. Schneider. 2019. Phylogeny and classification of armored scale insects (Hemiptera: Coccoomorpha: Diaspididae). *Zootaxa*, 4616(1): 1–98.
- Unruh, C.M. & Gullan, P.J. (2008a) Molecular data reveal convergent reproductive strategies in iceryine scale insects (Hemiptera: Coccoidea: Monophlebidae), allowing the re-interpretation of morphology and a revised generic classification. *Systematic Entomology*, 33, 8–50. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.2007.00404.x>
- Unruh, C.M. & Gullan, P.J. (2008b) Identification guide to species in the scale insect tribe Iceryini (Coccoidea: Monophlebidae). *Zootaxa*, 1803 (1), 1–106.