

עבודת גמר בחקלאות  
השפעת האור על כושר הרבייה  
של הצרעה הטפילה **Anagyrus pseudococci**



מגישה : תהילה נגוסה

בית ספר : אולפנת כפר פינס

ת.ז : 21222384

מנחים : שאול אביאל מחברת bio bee ונועם גבע מהחממה

שנת לימודים - תשע"ז-תשע"ח

המחקר התבצע בחווה החקלאית "החממה האקולוגית" בעין  
שמר מנשה

## תוכן עניינים:

### עמ'

1. תקציר.....2
2. מבוא.....3
3. מהלך המחקר.....7
4. שיטות וחומרים.....9
5. תוצאות.....13
6. דיון ומסקנות.....17
7. תודות.....18
8. ביבליוגרפיה.....19
9. נספחים.....20

### טבלאות ואיורים:

- 13..... טבלה מס' 1: ממוצע צאצאים לנקבה, טבלת השוואה בין ניסוי 2 ל-3
- 9..... גרף מספר 1: טמפרטורת פנים החממית במהלך הניסוי
- איור מספר 1: אחוז הנקבות מתוך האוכלוסייה כפונקציה של שעות אור/חושך, בטיפולים השונים.....14
- איור מספר 2: מספר צאצאים בממוצע לנקבה, כפונקציה של שעות אור/חושך, בטיפולים השונים.....15
- 16..... איור מספר 3: שילוב בין מספר צאצאים לאחוז הנקבות

## תקציר:

בחקלאות בכל העולם קיימת בעיה של כנימה קמחית *Planococcus citri* המזיקה לצמח. רוב החקלאים משתמשים נגד הכנימות בהדברה כימית, אך זהו אינו פתרון מיטבי, כיוון שחומרי הדברה כימית קוטלים כל צורת חיים ומזהמים את מי התהום. בתגובה לכך התפתחה הדברה ביולוגית, בה משתמשים באויב הטבעי של המזיק לצורך הדברה. הדברה ביולוגית בריאה יותר ויעילה יותר לטווח ארוך.

בעבודה הזו בדקתי את השפעת האור על כושר הרבייה של הצרעה הטפילה "צרעת האנגירוס" *Anagyrus pseudococci*, טפיל פנימי של קמחית ההדר. כל האורגניזמים מתרבים בעונה מסוימת שנקראת עונת הרבייה, המושפעת מהפוטופריודה. עונתיות זו מגבילה את כמות התוצרת ואת התקופה שבה מקבלים אותה. בחברת ביו בי מגדלים חרקים ואקריות מועילים באופן מסחרי לשיווק לצורך הדברה. צרעת האנגירוס הינה אחד האורגניזמים אותם מגדל ומפיץ המפעל למטרת הדברה ביולוגית. נכון להיום, על אף יתרונותיה הרבים, עדיין ההדברה הביולוגית יקרה יחסית להדברה הכימית, ובמידה ואנו מעוניינים לעודד את השימוש בה, עלינו לחפש דרכים לייעל ולדייק את הגידול של החרקים והאקריות המועילים. מטרת מחקר זה הינה למצוא משטר אור שבו גידול הצרעה יהיה הטוב ביותר, כלומר שאחוזי הנקבות והטפילות יצאו הגבוהים ביותר. ידע זה יסייע לייעל ולדייק את הגידול, ובהמשך יכול לסייע בהוזלת ייצור הצרעות הטפיליות, ובטווח הארוך לעודד את החקלאים להשתמש בהדברה ביולוגית על פני הדברה כימית, והסביבה שבה אנו חיים תהפוך לבריאה יותר.

שאלת החקר המרכזית במחקר היתה מהו משך החשיפה היממתית המיטבי לאור (מהם יחסי אור/חושך אופטימליים) בהם תתקבל רבייה מרבית בגידול המוני של צרעת האנגירוס?

### בדקתי את הטיפולים הבאים:

- L0 - ללא שעות אור כלל
- L8 - 8 שעות אור ו- 16 שעות חושך
- L16 - 16 שעות אור ו- 8 שעות חושך
- L24 - אור לאורך כל היממה, 24 שעות.

בניסוי מצאתי כי אחוז הנקבות הגבוה ביותר הופיע בטיפולים L24 ו-L16, וממוצע הצאצאים הגבוה ביותר בטיפולים L8, L16, L24.

משמעות התוצאות הינה כי יש השפעה חיובית לחשיפת האור על אחוז הנקבות ועל ממוצע הצאצאים. לאור מסקנות הניסוי, למפעל כדאי להשתמש בהרבה שעות אור L24, מכיוון שבטיפול זה קיבלתי את התוצאה הגבוהה ביותר לאחוז הנקבות. יחד עם זאת, ניתן לחשוף את הצרעות לאור גם לפי הטיפול של L16 מכיוון שלא היה הבדל מובהק בין L16 ל- L24, וכך ניתן לחסוך עלויות של כסף וחשמל.

## 1. מבוא:

מדענים צופים כי בשנת 2050 תגיע אוכלוסיית העולם ל-9.1 מיליארד בני אדם, 34% יותר מאשר היום. על מנת להאכיל אוכלוסייה צפויה זו, יהיה צורך להכפיל את רמות יצור המזון. הפתרון לכך נמצא בחקלאות, שהיא הדרך לספק מזון לאוכלוסיות בעולם, אך גם לחקלאות בעיות רבות, אחת מהמרכזיות בהן היא המזיקים, הפוגעים בתנובה החקלאית. יתכן כי הפתרון לבעיה זו נמצא בהדברה משולבת.<sup>1</sup>

אסקור מספר מושגים הרלבנטיים למחקר זה:

### חקלאות

חקלאות היא כל צורות המשק והפעולות המכוונות להפקת חומר גלם מפרי האדמה ומתנובת חיות הבית לצורכי מזון ותעשייה. החקלאות היא בסיס קיומן של כל החברות האנושיות שהגיעו לכלל התיישבות.

### משפחת הקמחיתיים (Pseudococcidae)

גופן של משפחת הקמחיתיים הוא סגלגל או מאורך, ומגיע עד לאורך של 8 מ"מ. לקמחיתיים שני זוגות של פתחי נשימה שנמצאים בחזה, הגוף מכוסה כולו בשעווה לבנה, ורודה או סגולה בצדדים מופרשים גדילי שעווה, כאשר העיטורים הם בצורת חרוט (cerati). ההטלה נעשית לתוך שקי ביצים, העשויים מחוטי שעווה שמפזרות נקבות הקמחיתיים במקומות שונים, ומתוך הביצה בוקע זחלן צהבהב בעל שש רגליים אשר פורץ את מעטה השעווה. לאחר דרגת הזחלן (דרגה ראשונה) עוברת הכנימה שני נשלים נוספים, בסיומם נוצר בוגר ממין זכר, או לחילופין שלושה נשלים המובילים לבוגר ממין נקבה. בתנאים אופטימליים (טמפרטורה 26°C ולחות יחסית 60%) משלימה הקמחית מחזור חיים מביצה ועד לבוגר בתוך 30 יום.<sup>32</sup>

**קמחית ההדר** (*Planococcus citri* (Risso) (Insecta: Hemiptera: Pseudococcidae)) (ראה נספח)

קמחית ההדר הינה חרק קטן, ביצתי, בעל יכולת תנועה מוגבלת, מכוסה בגדילי שעווה באורכים שונים. קמחית ההדר הינה מזיק כלל עולמי בעל טווח פונדקאים רחב. הקמחית מאלחת צמחים רבים מאוד ומזיקה בייחוד בהדרים. קמחית זו מעדיפה מקומות סתר, למשל בין פירות הדר או מתחת לעוקץ הפרי. הקמחית גורמת לנזק ישיר ועקיף לצמח הפונדקאי על-ידי מציצת נוזלי הצמח מצינורות ההובלה שלו. הנזק הישיר מתבטא בעיוות והצהבה של העלווה, המלווה לעתים בנשירת עלים. גם פרחים ופירות עלולים לנשור. הנזק העקיף נוצר בגלל הכמות הרבה של טל-דבש המופרשת על ידי הכנימה. לכנימה יש צורך בחלבונים הנמצאים בצמח לצורך התפתחות ולכן היא

<sup>1</sup> fao, How to feed the world in 2050

<sup>2</sup> פרופסור חיים הלפרין, האינציקלופדיה לחקלאות, כרך 3, תל אביב תשל"ו.

<sup>3</sup> החי והצומח של ארץ ישראל, אנציקלופדיה שימושית מאוירת, משרד הביטחון-החברה להגנת הטבע 1985. כרך 3, חרקים

מוצצת את נוזלי הצמח ואת עודף הגלוקוז היא מפרישה, הפרשה מתוקה זו נדבקת לעלווה שם היא משמשת מצע גידול לפטריות ונוצרת פייחת, הגורמת להחלשת הצמח בגלל שכבת הכיסוי המונעת פוטוסינתזה. בנוסף, נמלים נמשכות אל הטל דבש שמפרישה הכנימה, והיא אף מוגנת כמעט תמיד ע"י הנמלים, ובכך פיתחו ביניהן יחסי גומלין.<sup>4</sup>

## הדברה בעולם

### הדברת מזיקים יכולה להתקיים בשלוש דרכים:

1. **הדברה כימית:** זוהי שיטת ההדברה הנפוצה והקלה ביותר בהתמודדות עם מזיקים. במשך השנים פותחו עוד ועוד חומרי הדברה כימיים. אחת הבעיות המרכזיות שהתגלו בחומרי ההדברה הכימיים הינה יעילותם הפוחתת ככל שהשימוש בהם עולה. המזיקים עשויים לפתח עמידות בפני חומרי הדברה. כתוצאה מכך גם כמויות גדולות של חומרים לא מצליחות להדבירם באופן יעיל. החקלאים עושים שימוש בחומרי הדברה כימיים חריפים. חומרי הדברה הם חומרים בעלי פעילות ביולוגית המסוגלים לקטול צורות שונות של בעלי חיים על ידי פגיעה בתהליכים חיוניים כגון נשימה, עיכול ובמערכת העצבים, ויכולים לפגוע באדם ובעלי החיים כאחד. במקרה של חדירת כמות גדולה לגוף על ידי בליעה, נשימה או בספיגה דרך העור, עלולה להתפתח הרעלה המחייבת טיפול רפואי מהיר. שאריות חומרי הדברה בקרקע עלולה לחלחל ולהביא לזיהום מי תהום, לפגוע באורגניזמים חיים ובשרשרת המזון.<sup>5</sup>

2. **הדברה ביולוגית:** כשמשמשים במונח "לוחמה ביולוגית" הכוונה לשימוש בגורמים ביוטיים לדיכוי אורגניזם שאינו רצוי לנו. בהדברה ביולוגית קיימות שלוש דרכים:

- הדברה ביולוגית קלאסית: בשיטה זו מייבאים אויבים טבעיים שיכולים להתבסס בבית הגידול.
- תגבור: הפצה של אויבים טבעיים באופן תקופתי ובכמויות גדולות. השיטה מהירה יחסית מכיוון שהאויב לא מתבסס בבית הגידול.
- שימור: עידוד האויבים הטבעיים תוך כדי שינויים בבית גידול.

להדברה הביולוגית יתרונות גדולים על ההדברה הכימית. היא בריאה יותר, יעילה לזמן ממושך, בטוחה לאורגניזמים אחרים שאינם המזיק ומביאה להפחתה בשאריות של חומרי ההדברה. מצד שני, להדברה ביולוגית גם חסרונות: היא יקרה, כושר ההישרדות של המועילים נמוך בתנאי סביבה שאינם מיטביים, השיטה איטית יחסית, ההדברה לא סופית, במקרה של הכנסת אויב טבעי יכול להתרחש הפרה של איזון אקולוגי וכאמור הכנסת אויב טבעי הוא צעד בלתי הפיך.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> <http://biobee.co.il/%D7%94%D7%93%D7%91%D7%92> מאתר. כניסה אחרונה 21/11/2017

<sup>5</sup> פרופסור חיים הלפרין, האנציקלופדיה לחקלאות, כרך 3, תל אביב תשל"ו.

<sup>6</sup> נדלה מתוך אתר אינטרנט

[http://www.moag.gov.il/ppis/Yechidot/PlantsRetain/publications/Documents/hadbara\\_bio\\_2013/](http://www.moag.gov.il/ppis/Yechidot/PlantsRetain/publications/Documents/hadbara_bio_2013/) pdf כניסה אחרונה 2017\11\21

3. **(I.P.M. Integrated Pest Management) – הדברה משולבת**: הדברה משולבת כוללת מגוון טכניקות ואפשרויות, שהעיקרון העומד מאחוריהן הוא הפעלה של אויבים טבעיים המשתייכים לכל מיני קבוצות כנגד מזיקים בחקלאות תוך שילוב ושימוש מזערי גם בחומרים כימיים. ההדברה המשולבת כוללת מעקב אחר סביבת המחיה של המזיקים וצורת ההתרבות שלהם. זוהי אחת השיטות הנפוצות והמועילות ביותר כיום, ובעזרתה נמצאו אויבים טבעיים רבים לרוב המזיקים בחקלאות ובטבע בכלל.

שיטה זו היא הנפוצה ביותר בבתי גידול רבים, כפתרון לכך שהדברה ביולוגית לבדה אינה מספקת והדברה כימית פוגעת בסביבה ובאורגניזמים. בהדברה משולבת משתמשים בעת הצורך באמצעי הדברה פיזיקליים כמו רשתות נגד חרקים ומלכודות דבק. בנוסף לכך הדברה משולבת נשענת על חומרי הדברה כימיים מותרים.<sup>7</sup>

### משפחת האנצירטיים

בטבע ישנן צורות שונות של יחסים הדדיים. החיים בצוותא נקראים סימביוזה (symbiosis). אחת מצורות היחסים ההדדיים היא טפילות, כאשר שיצור אחד נטפל ליצור אחר, פונדקאי, וחי 'על חשבוננו'. טפיל הוא החי בתוך הפונדקאי שלו או עליו, במשך התפתחותו, ולפעמים גם בחלק ממצב בגרותו. על-פי רוב מכלה טפיל את הפונדקאי על ידי שהוא אוכל את תוכו או מחלישו. משפחת האנצירטיים הם משפחה של צרעות טפיליות. אורך הגוף נע בין 6-1 מ"מ וצבעי גופן מגוונים-שחור, לבן וצהוב. לאנצירטיים יש שתי לוחיות משולשות (axillae) על גבי החזה האמצעי, וקוץ קפיצה על השוק האמצעי. רוב המינים הם טפילי כנימות, אבל יש גם טפילי פשפשאים, חיפושיות, זבובאים, דבוראים, עינפזיים ואף קרציות. מספר המינים מגיע לאלפים וחלקם הגדול מועיל לבני האדם, שכן הם אויבים של מזיקי החקלאות.<sup>8</sup>

### צרעת האנגירוס: *Anagyrus pseudococi*. Girault (Insecta: Hymenoptera : Encyrtidae). (נספח 2)

שייכת למחלקת החרקים, סדרת הדבוראים. משמשת כאויב טבעי יעיל לכנימות קמחיות כגון קמחית ההדר, קמחית הגפן וקמחית הברוש. אורך גוף הנקבה 2-3 מ"מ, צבעה חום ומחושיה מפוספסים בשחור ולבן. הזכר קטן מן הנקבה, אורך גופו 0.8-0.9 מ"מ וצבעו שחור. בניגוד לטפילים רבים *A. Pseudococi* לא רגיש ליובש. *A. pseudococi* היא דו-הורית, היינו: מביצים מופרות תתפתחנה נקבות ומביצים בלתי מופרות יתפתחו זכרים. לפני ההטלה בוחנת הצרעה הטפילית את הפונדקאי באמצעות מחושיה משך מספר שניות. לאחר מכן מסתובבת כשחלק גופה האחורי פונה לכיוון הכנימה, ואז מחדירה את צינור ההטלה שלה אל בין גדילי השעווה שבצדדי גופה של הקמחית. הצרעה מטילה ביצה בודדת בתוך גופו של הפונדקאי. פעולת ההטלה אורכת כ- 15-20 שניות. הזחל שבוקע מביצת הטפיל ניזון מאבריה הפנימיים של הכנימה הקמחית ועובר 5 דרגות התפתחות עד

<sup>7</sup> נדלה מתוך אתר אינטרנט

[הדברה ביולוגית משולבת - ביו-בי שדה אליהוביו בי ישראל](#) | כניסה אחרונה 2017\11\21

<sup>8</sup> החי והצומח של ארץ ישראל, אנציקלופדיה שימושית מאוירת, משרד הביטחון-החברה להגנת הטבע 1985. כרך 3, חרקים.

אשר מתגלם בתוך הכנימה שהופכת בינתיים לחנוט ("מומיה"). משך ההתפתחות של צרעת האנגירוס, מביצה עד בוגר, תלוי טמפרטורה. בטמפרטורה של  $17.5^{\circ}\text{C}$  תמשך ההתפתחות 40.5 יום. מאידך בטמפרטורה של  $26^{\circ}\text{C}$  תמשך ההתפתחות 14 יום. הזכר משלים את התפתחותו מעט יותר מהר מהנקבה. הצרעה הטפילית מטילה כ- 15 ביצים ליום כשהפונדקאי נמצא ללא הגבלה.<sup>9</sup>

### פוטופריודה - Photoperiodism

פוטופריודה (זמן האור) היא תגובתם הפיזיולוגית של אורגניזמים שונים לזמני היום והלילה. תהליך זה מתרחש בבעלי חיים וגם בצמחים, אורך שעות היום והלילה חשובים לבעלי חיים מכיוון שבעזרתם הם יודעים את עונות השנה. כל האורגניזמים מתרבים בעונה מסוימת, המכונה עונת הרבייה, הם קולטים מידע מהסביבה החיצונית שמתורגם לאותות ביולוגים שמניעים רצף תהליכים שקשורים לרבייה. לפוטופריודה יש השפעה על רבייה באורגניזמים. במחקר שנערך ע"י Thomas A. Wehr הוכח כי מצויות בקופים ובבני אדם פונקציות של מערכות המושפעת ממשך השינוי של העונה וכי ניתן לגרות את הפוריות על ידי הארכת זמן האור. עדויות היסטוריות וניסוייות מצביעות על כך שתגובות אנושיות לשינויים עונתיים בצילום הטבעי היו חזקות יותר לפני המהפכה התעשייתית, ולאחר מכן הן נדחקו יותר ויותר על ידי שינויים בסביבה הפיזית.<sup>110</sup>

<sup>9</sup> - <http://biobee.co.il/%D7%94%D7%93%D7%91%>

<sup>10</sup> Photoperiodism in Humans and Other Primates: Evidence and Implications

Thomas A. Wehr First Published August 1, 2001

<sup>11</sup> האוניברסיטה הפתוחה, "רביית היונקים"

## 2. מהלך המחקר

### מטרת המחקר:

ידועה השפעת הפוטופריודה (Photoperiodism השפעת האור), על אורגניזמים שונים. בחברת "ביו-בי מערכות ביולוגיות" עוסקים מעל 20 שנה בגידול המוני של צרעת האנגירוס. לאחרונה נתקלו באגף הייצור של צרעת האנגירוס במפעל בתופעות שהטילו ספק באשר לכושר הרבייה של הצרעות במשטרי אור וחושך שונים. כתוצאה מכך נכנס המפעל לסדרת ניסיונות במסגרת מחקר ופיתוח על מנת למצוא את שיטות הגידול המיטביות שיגבירו את התפוקה וכפועל יוצא יוזילו את הייצור. עבודה זו שייכת למסגרת שהוסברה לעיל ואמורה לבדוק את העצמה ושיעור הפוריות של הצרעה במשטרי אור/חושך שונים. לתוצאות הבדיקה תהיינה השלכות מעשיות על המשך תהליך הייצור.

מטרת המחקר היא בדיקת כושר הרבייה ועוצמת הפוריות של צרעת האנגירוס תחת משטרי אור/חושך שונים.

המחקר יכול להועיל בגידול מיטבי של הצרעות וגם בחיסכון. המחקר יכול לעזור לייעל את הגידול המסחרי-חקלאי של הצרעה הטפילה *Anagyrus pseudococci*. הן מהבחינה של חסכון באנרגיה אם יש צורך בפחות שעות אור לגידול, והן מהבחינה של לדעת באיזה משטרי אור/חושך לגדל את הצרעות כדי לקבל את כמות צרעות המרבית.

### שאלת המחקר:

מהו משך החשיפה הימתית המיטבי לאור (מהם יחסי אור/חושך אופטימליים) בהם תתקבל רבייה מרבית בגידול המוני של צרעת האנגירוס?

### במחקר נבדקו 4 טיפולים:

L0 - גידול הצרעות במשטר חושך משך 24 שעות.

L8 - גידול הצרעות במשטר של 8 שעות אור ו- 16 שעות חושך.

L16 - גידול הצרעות במשטר של 16 שעות אור ו- 8 שעות חושך.

L24 - גידול הצרעות במשטר של אור משך 24 שעות.

### משתנה תלוי:

עוצמת הרבייה שבאה לידי ביטוי במספר הבוגרים, זכרים ונקבות, שיגילו מן הקמחיות החנוטות (המטופלות) בכל טיפול וטיפול.

### משתנה בלתי תלוי:

זמן האור/חושך לפי הטיפולים השונים.



## ביקורת והשוואה בניסוי:

המטרה של קבוצת ביקורת במחקרים מדעיים היא לבדוק האם אכן המשתנה הבלתי תלוי הוא זה שהשפיע על המשתנה התלוי. בניסוי שלנו מכיוון שלא ניתן לעשות קבוצת ביקורת ללא המשתנה הבלתי תלוי (טיפול נוסף השפעה של אורחושך), הביקורת בניסוי היא הטיפולים עצמם, כלומר ביקורת פנימית השוואתית: כל טיפול משמש מערכת ייחוס לכל אחד מהטיפולים האחרים.

## השערת המחקר:

בחשיפה של אורחושך 8/16 (בניסוי שלנו L16) הוא תנאי מיטבי לגידול צרעות *Anagyrus pseudococci*. הביסוס הביולוגי להשערה הוא שישנם מספר גורמים המהווים מארג של תנאי גידול אופטימליים עבור צרעת האנגירוס. בטבע שיא פעילותה של הצרעה הינו בחודשים אפריל-מאי-יוני. התפתחות דור נמשכת בקיץ כשבועיים וחצי ואילו בחורף 3-4 חודשים. ההופעה שלהן בטבע היא התאמה אבולוציונית למחזור החיים שלה. בגידול מסחרי קיים ביטול יחסי של תנאי הגידול והשפעתם.

במחקר זה נשאלת השאלה מהו בעצם משקלה של התאורה כגורם בפוריות הצרעות. האם משך התאורה משפיע על פוריות הצרעה וכפועל יוצא מכך, על פוטנציאל ההטפלה שלה.

### 3. שיטות וחומרים

#### השפעת הטמפרטורה על ההתפתחות וממוצא הצאצאים לנקבה של הצרעה *Anagyrus pseudococi* (מתוך פרסום של המעבדות להדברה ביולוגית)

ממוצא מספר צאצאים לנקבה ל-5 שעות	ממוצע משך התפתחות מביצה ועד בוגר (ימים)	טמפרטורה
2.17	40.5	18
4.43	29	20
2.93	16.8	24
4.23	14	26
7.37	10.5	30

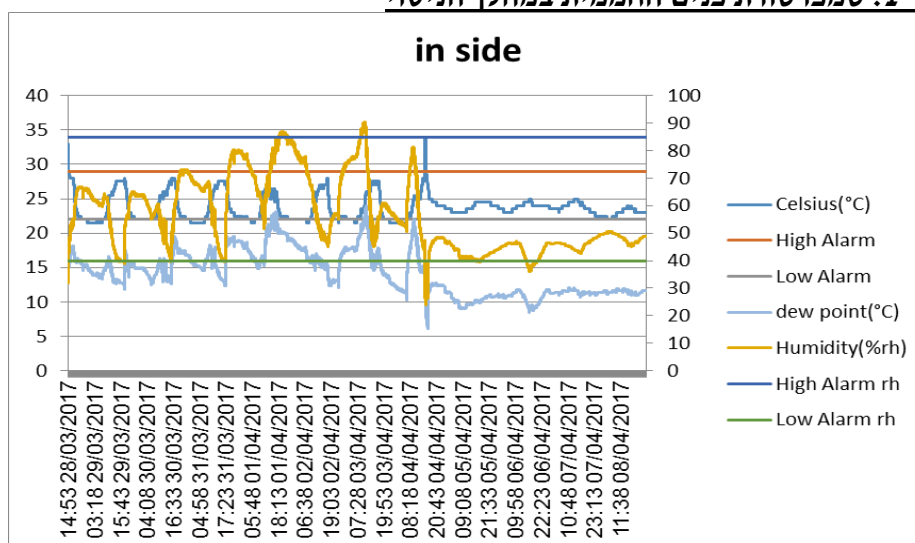
בטבלה המוצגת אנו רואים את תוצאות ההתפתחות בטמפרטורות שונות.

מחקרים רבים מראים את השפעת הטמפרטורה והלחות על משך ההתפתחות וממוצע הצאצאים של הטפיל. במחקר שנערך ב-2003 הגיעו למסקנה שהטמפרטורה המיטבית היא 27.6<sup>12</sup>.

את המחקר ערכתי בתוך שטח חממית שגודלה 4 מ"ר, במהלך המחקר שמרנו על גורמים קבועים טמפרטורת הסביבה הייתה 24-26 מ"צ, לחות יחסית 50-80% ורמת פד"ח מקסימלית: 800 ח"מ.

אחרי שקראתי בספרות על החשיבות שיש לטמפרטורה ולחות היה חשוב לשמור את אותם גורמים קבועים כדי שבניסוי באמת תהיה השפעה של הגורם הבלתי תלוי בלבד על המשתנה התלוי ולכן בחממית הוצב אוגר נתונים שמדד כל כמה דקות את הטמפרטורה ואת הלחות.

#### גרף מספר 1: טמפרטורת פנים החממית במהלך הניסוי



Temperature-dependent\_development\_of\_Anagyrus\_pse<sup>12</sup>

## הכנות לניסוי:

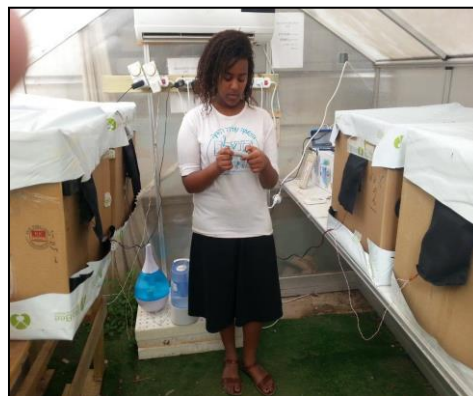
במפעל bio bee שאבתי לתוך מבחנה זוג צרעות, זכר ונקבה בגיל יום לאחר גיחה.



הכנסתי כל זוג לתוך גביע פלסטיק סגור ומאוורר בנפח 1 ליטר עם נבטי תפוחי אדמה מאולחים בכמות גדולה של קמחיות.



ארזתי כל 10 גביעים בקרטון אטום לאור חיצוני ומאוורר אקטיבית באמצעות ונטה. גודל ממדי האריזה: אורך: 58 ס"מ. רוחב: 48 ס"מ. גובה: 50 ס"מ. בכל קרטון התקנתי תיאורה מסוג נורות לד SMD2835 (פולטת אור לבן, טווח טמפ' K5000-6000K קלווין) (ראה נספח) עם משך פעילות בהתאם לטיפול הספציפי. הניסוי כלל 4 טיפולים, 10 חזרות בכל טיפול. הגביעים סומנו בהתאם לטיפולים השונים.



### מהלך הניסוי:

#### הניסוי נחלק לשלושה שלבים:

**שלב ראשון:** שלב השיסוי: לקחתי בכל פעם זוג צרעות ושמתי אותם בגביעים המאולחים בכנימה קמחית (ראה שלב הכנות לעיל). שלב זה נמשך שבוע ימים.



**שלב השני:** שלב הגיחה: הוצאתי את הגביעים מהקרטון. לכל גביע התקנתי משפך וסתמתי אותו במבחנה עם נייר דבש, את הגביע עצמו עטפתי בבד שחור. מכיוון שהחרק נמשך לאור (phototropis) הצרעות שהגוחו עלו אל תוך המבחנות. במשך 3 שבועות ערכתי ניטור (מעקב) גיחה והתוצאות.

**שלב שלישי:** סיכום: עם תום הניסוי סיכמתי הנתונים.



## ניתוח סטטיסטי

עיבוד הנתונים וניתוחם בוצעו באמצעות תכנת אקסל (Excel).

ניתוח הנתונים הוא חד גורמי, הופעל מבחן t (Student T test) לבחינת השונות בין הטיפולים השונים. לכל עמודה בגרף הוכנסה שגיאת התקן של המדגם.

## מהלך המחקר

מהלך המחקר כלל 3 ניסויים.

1) ניסוי מקדים (פיילוט),

2) ניסוי מקיף ראשון.

3) ניסוי מקיף שני.

בתחילת המחקר נערך ניסוי מקדים שבו בדקתי רק את טיפולים L8 ו-L16. ניסוי זה נתן לי מיומנות וביטחון להתקדם לניסוי הגדול לאחר שראיתי שהכל עובד בהצלחה. בניסוי הגדול נתקלתי בתקלה: התוצאות בניסוי היו "מוזרות" ולא ברורות ומהימנות. בתוצאות, שאינן מוצגות כאן, ניתן היה לראות שבניסוי המקיף הראשון ממוצע הצרעות היה נמוך ביותר ולמעשה לא אמת. על כן החלטנו לחזור על הניסוי בשנית. את הניסוי המקיף השני ביצעתי בדומה לניסוי הראשון אבל ללא ניטור שוטף. הכנסתי זוג צרעות לתוך גביע ולאחר 20 יום, במעבדת המפעל (ביו ספרתי את הצרעות שהיו בתוך הגביע. התוצאות של הניסוי השלישי היו אמינות. לאחר מכן ערכנו השוואה בין התוצאות של הניסוי הגדול לבין הניסוי השני. לדעתנו הסיבה לתוצאות "המוזרות" היו שהצרעות היו במצב של עקה (סטריס).



## 4. תוצאות

שאלת המחקר הייתה מהו משך החשיפה היממתית המיטבי לאור (מהם יחסי אור/חושך אופטימליים) בהם תתקבל רבייה מרבית בגידול המוני של צרעת האנגירוס:

השערת המחקר הייתה שחשיפה של אור/חושך 8/16 (בניסוי שלנו L16) הוא תנאי מיטבי לגידול צרעות *Anagyrus pseudococci* בגידול המוני.

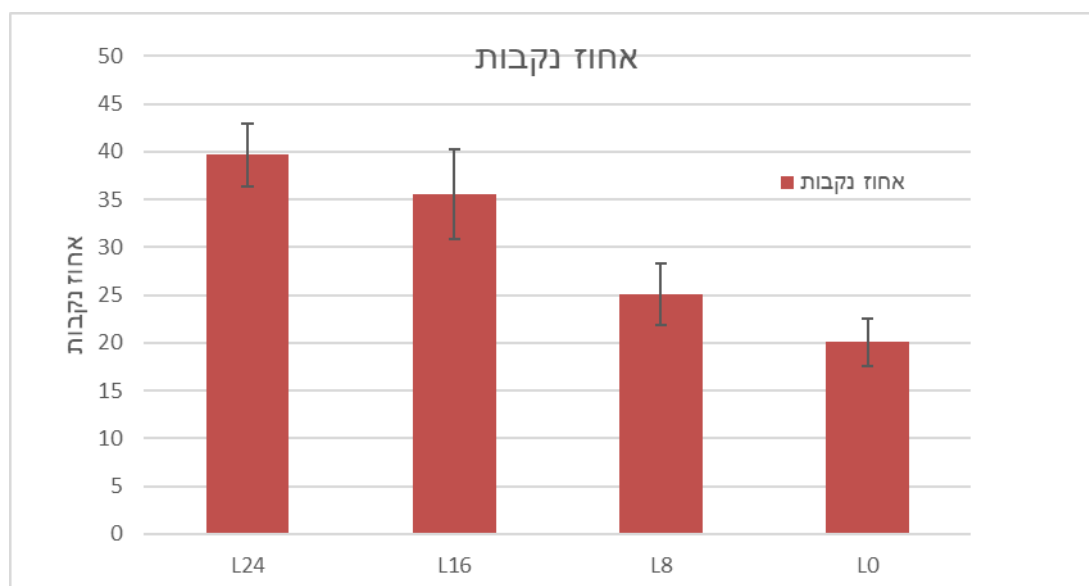
**טבלה מספר 1: ממוצע צאצאים לנקבה, טבלת השוואה בין ניסוי 2 ל-3:**

8 שעות אור, 16 חושך		16 שעות אור, 8 חושך		24 שעות חושך		24 שעות אור		
זכרים	נקבות	זכרים	נקבות	זכרים	נקבות	זכרים	נקבות	
2.46	2.43	0.6	0.13	1.63	1.86	0.76	0.43	ניסוי 2
14.2	5.9	12.5	4.8	4.8	1	12.9	7.9	ניסוי 3

מהטבלה ניתן ללמוד שבטיפול L24 (24 שעות אור) קבלנו את מספר הצאצאים הגבוה ביותר. לאחר מכן בטיפולים L16 (16 שעות אור) ו-L8 (8 שעות אור) קבלנו תוצאות דומות, בטיפול L0 (חושך בלבד) התוצאות היו נמוכות.

את תוצאות הטבלה הצגתי בצורה של שלושה איורים: אחוז הנקבות שנתקבל בטיפולים השונים, אחוז הטיפילות הכללי, וצרוף שניהם ביחד.

**איור מספר 1: אחוז הנקבות שנתקבלו מתוך האוכלוסייה המוטפלת כפונקציה של שעות אור/חושך, בטיפולים השונים:**

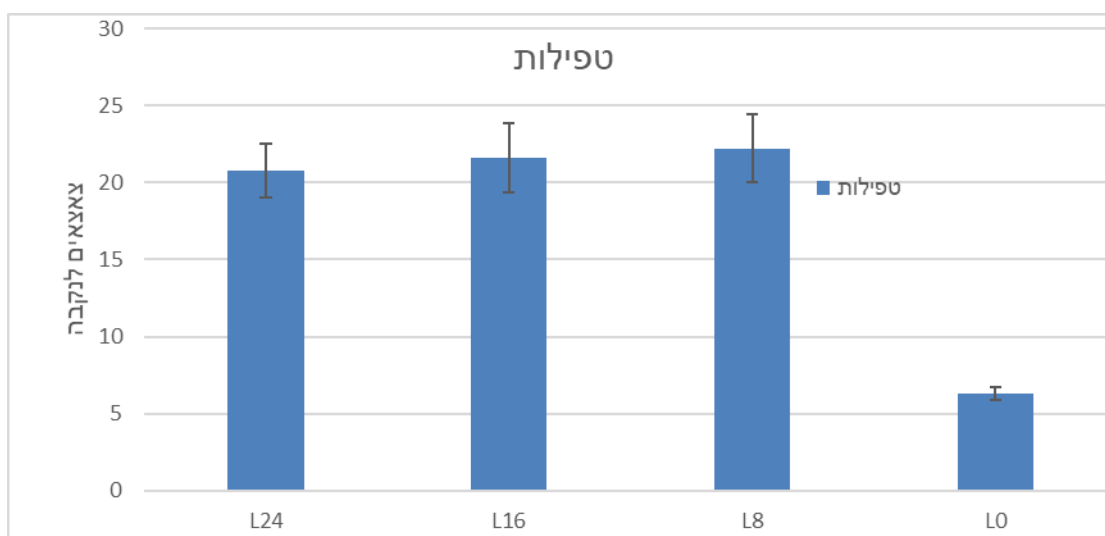


האיור מציג את אחוז הנקבות מתוך כלל האוכלוסייה של הצרעות שהגיוחו, בהתאם לטיפול. העמודות מייצגות את אחוז הנקבות באוכלוסייה שהתקבלו כתוצאה מטיפולי ההטפלה השונים: L0, L8, L16, L24.

באיור ניתן לראות שיש קשר בין שעות החשיפה לאור לבין אחוז הנקבות. כלומר שיש קשר חיובי בין שעות האור לאחוז הנקבות שנתקבלו.

כשמפזרים את צרעת האנגירוס (*Anagyrus pseudococci*) בשטח, יש צורך שיחס הזוויגים יהיה לפחות 50% נקבות<sup>13</sup>. מספר הנקבות מאוד חשוב, מכיוון שהנקבות הן אלו שמטפילות את הכנימות. הממצא מחזק את השערת המחקר הראשונית שלי. השערת המחקר שלי הייתה שטיפול של 16 שעות אור, יניב את התוצאה המיטבית, אחוז נקבות גבוה. ניתן לראות בגרף, שהטיפול L16 נתן תוצאות טובות יותר מאשר הטיפולים L8 ו-L0. ממצא מעניין, הוא שבטיפול L24, הושגו תוצאות טובות עוד יותר מהטיפול L16. אמנם, ההבדל אינו מובהק, אך בכל זאת קיים הבדל לפי התוצאות של ניסוי זה. כדאי, לפי תוצאות אלו, לבדוק האם כדאי להאריך בייצור ההמוני את משך החשיפה של הצרעות לאור.

**איור מספר 2: מספר צאצאים (זכרים ונקבות) בממוצע לנקבה, כפונקציה של שעות אור/חושך, בטיפולים השונים:**



הגרף מציג את מספר הצאצאים בממוצע לנקבה, בהתאם לטיפול. העמודה הימנית ביותר בגרף: L0 – ללא חשיפה לאור. העמודה השנייה: L8 – 8 שעות אור ביממה ו-16 שעות חושך. העמודה השלישית: L16 – 16 שעות אור ביממה, 8 שעות חושך. העמודה הרביעית: L24: 24 שעות אור.

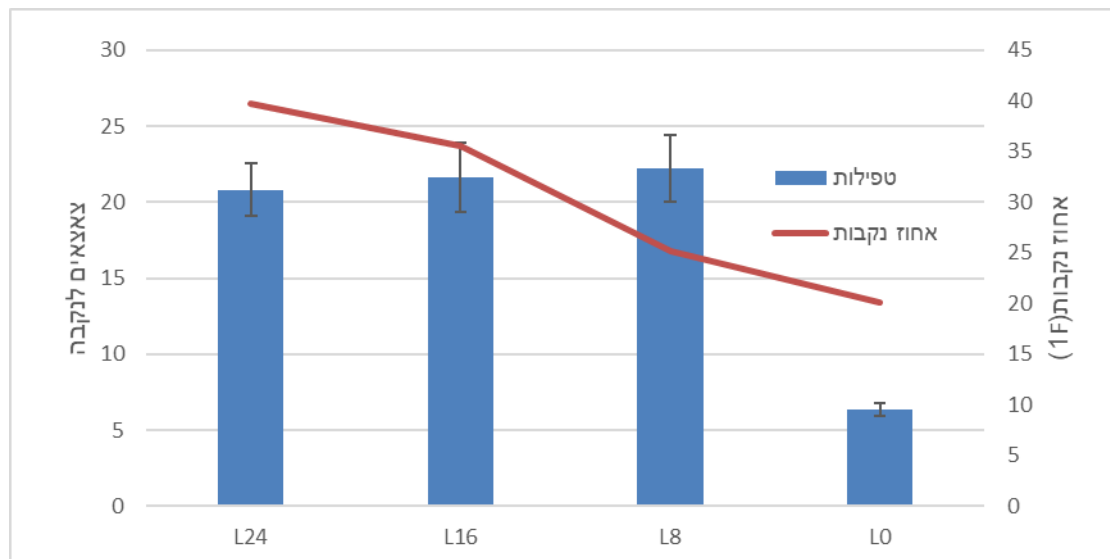
<sup>13</sup> לפי חוברת לחקלאי בהוצאת bio bee

באיור ניתן לראות שיש קשר מסוים בין שעות החשיפה לאור לבין מספר הצאצאים. כלומר, אין קשר מובהק בין שעות האור למספר הצאצאים בטיפולים המוארים. מאידך, בטיפול החשוך, שכולל אפס שעות אור, התוצאה נמוכה באופן מובהק. כאשר אנו ממשיכים להעלות את מספר שעות החשיפה לאור, משמונה, לשש עשרה לעשרים וארבע שעות אור, מספר הצאצאים יורד בצורה מתונה חסרת משמעות סטטיסטית.

הממצאים באיור מחלישים את ההשערה, אך לא באופן מובהק. באיור ניתן לראות, שהטיפול L8 הביא למספר הצאצאים הממוצע הגבוה ביותר לנקבה.

השערת המחקר שלי היתה שטיפול של 16 שעות אור, יביא את התוצאה המיטבית, אחוז נקבות גבוה. ניתן לראות באיור מספר 1, שהטיפול L16 נתן תוצאות טובות יותר מאשר הטיפולים L8 ו-L0. ממצא מעניין הוא שבטיפול L24, הושגו תוצאות טובות עוד יותר מהטיפול L16. אמנם, ההבדל אינו מובהק, אך בכל זאת קיים הבדל לפי התוצאות של ניסוי זה. על כן כדאי, לפי תוצאות אלו, להמשיך ולבדוק האם כדאי להאריך את משך החשיפה של הצרעות לאור.

**איור מספר 4: שילוב בין מספר צאצאים לאחוז הנקבות:**



באיור הזה שילבתי את אחוז הנקבות עם הטפילות. האיור מציג את אחוז הנקבות מתוך כלל האוכלוסייה של הצרעות, בהתאם לטיפול ואת מספר הצאצאים בממוצע לנקבה, בהתאם לטיפול. הטיפול הימני ביותר בגרף: L0 – ללא חשיפה לאור. הטיפול השני: L8 – 8 שעות אור ביממה ו- 16 שעות חושך. הטיפול השלישי: L16 – 16 שעות אור ביממה, 8 שעות חושך. הטיפול הרביעי: L24: 24 שעות אור. בצד ימין של האיור מוצג המידרג (סקלה) של אחוז הנקבות, שמוצג באיור כעקומה אדומה. בצד שמאל מוצג המידרג של ממוצע הצאצאים לנקבה. נתון זה מופיע באיור בעמודות כחולות.



מטבלה זאת אפשר להבין שיש הבדל מובהק בין L24, L16, L8 לטיפול L0 הן באחוז הנקבות והן במספר צאצאים. במפעל של חברת "ביו בי" מרבים את הצרעות בגידול המוני ב-16 שעות אור.

בסיכומו של דבר תוצאות הניסוי מציגות שתי עובדות מעניינות:

- (1) אחוז הנקבות שמתקבלות עולה עם העלייה במשך התאורה, אף שלא במובהק.
- (2) האוכלוסייה המוטפלת הכללית (סך צאצאים לנקבה מטפילה) לא משתנה באופן מובהק במשכי האור של הטיפולים השונים אך יורדת במובהק בטיפול החשוך L0.

## 5. דיון ומסקנות:

הנושא של המחקר היה השפעת של פוטופריודה על הצרעה הטפילה *Anagyrus pseudococci* להלן צרעת האנגירוס. המחקר חלוצי בתחום החקלאות והתוצאות חדשניות. בעוד כמה שנים אוכלוסיית העולם תגדל ב-34%, וכדי להאכיל את כל האנשים יש צורך להכפיל את כמות יצור המזון. בגידול החקלאים נתקלים בבעיה של מזיקים שפוגעים בתנובת החקלאות. כיום, רוב החקלאים משתמשים בהדברה כימית מכיוון שזה יותר זול ופשוט, אבל שימוש בהדברה כימית מעלה נזקים רבים לסביבה ונזקים לבריאות האדם שמשתמש בתוצרת חקלאית. כיום ישנה מודעות גבוהה יותר לסביבה ולבריאות, ולכן כפתרון לבעיית הדברה כימית משתמשים בממשק של הדברה משולבת. בממשק זה משתמשים בעיקר בהדברה ביולוגית באמצעות אויבים טבעיים עם השלמה של חומרים כימיים רכים ידידותיים לסביבה. בחרתי בצרעת האנגירוס כפתרון לבעיה. רוב בעלי החיים מתרבים במועד מסוים. במפעל יש אפשרות לנטרל כמה שאפשר גורמים מגבילים ולכן אם תמצא הדרך שבה האויב הטבעי יכול להתרבות בכמות גדולה, בעלות נמוכה עבור החקלאי, יותר חקלאים יעדיפו הדברה ביולוגית ומשולבת על פני הדברה כימית. העולם יהפוך לנקי יותר ובנוסף תנובת החקלאות תגדל ויהיה אפשר להאכיל את אוכלוסיית העולם שגדלה משנה לשנה.

השערת המחקר שלי הייתה שבטיפול L16 יתקבלו תוצאות גבוהות ומיטביות בגלל שבטבע שיא פעילותה של הצרעה הינו בחודשי האביב-קיץ וההופעה שלהן בטבע היא התאמה אבולוציונית למחזור החיים שלהן. מממצאים של מחקר זה, ניתן לראות שבטיפולים שבהם משך הזמן המואר היה ארוך יחסית, התוצאות שהתקבלו היו גבוהות. **בניסוי מצאתי את אחוז הנקבות הגבוה בטיפולים L24 ו- L16 ומספר צאצאים כללי גבוה בטיפולים L8, L16, L24.** המשמעות הינה שיש השפעה חיובית של חשיפת האור הן על אחוז הנקבות והן על כמות הצאצאים הכללית. התוצאות שהשגתי מחזקות את השערת המחקר כי אכן ביותר שעות אור קיבלתי תוצאות גבוהות יותר. התוצאות מצביעות על כך שלמפעל כדאי להשתמש בהרבה שעות אור L24 בגידול ההמוני של צרעת האנגירוס, היות ובטיפול הזה קיבלתי את התוצאה הגבוהה ביותר לאחוז הנקבות. מאידך, גם אם תהיה ירידה קלה במשך שעות האור וישמשו ב- L16 לא תהיה לכך משמעות קיצונית, כי לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים L16 ו- L24. אחוז הנקבות ב- L16 עדין גבוה וכך ניתן לחסוך עלויות גבוהות של אנרגיה. בהתבסס על כל זאת, לדעתי הצעד המתבקש מצד המפעל הוא להעלות בהדרגה את משך התאורה בייצור ההמוני ולעקוב אחר התוצאות.

בנוסף ברצוני לציין דבר מה בעקבות אירועי הניסוי המקיף הראשון: בניסוי זה נתקבלו תוצאות "מוזרות", קבלנו הרבה זכרים ומספר זעום של נקבות. ההשערה היא שהצרעות היו במצב של עקה, על כן חזרנו על הניסוי. למחקר העתידי אני חושבת שיש לברר בתחילה מה גורם לצרעות להיות בעקה ולדעת לטפל בהם בצורה טובה כדי לקבל תוצאה מיטבית.

## תודות

- תודה ענקית לשאול אביאל המנחה המסור שלי, שעזר לי ולימד אותי המון, ולא רק בחקלאות, וליווה אותי יד ביד במקצועיות רבה. תודה
- תודה לנועם גבע, מנהל החממה, שעזר לי בתהליך כתיבת העבודה.
- תודה רבה לנעם ברעם, בן שירות בחממה, שכיוון אותי ועזר לי בכתיבה של העבודה.
- אני מודה להורים היקרים שלי שתמכו בי בתהליך המחקר והיו לי אוזן קשבת וגם עזרו לי לכתוב את העבודה.
- תודה רבה לצוות מעבדה ביו בי, איל ורון על כל העזרה במפעל של ביו בי.
- תודה רבה למיכל כינרתי, רכזת פדגוגית באולפנת כפר פינס, ועזרה לי בכל בעיה אפשרית שצצה אני מעריכה את זה מאוד.
- תודה רבה לאיתי, שעזר לי במהלך הקריטי בקטע המעשי של העבודה.

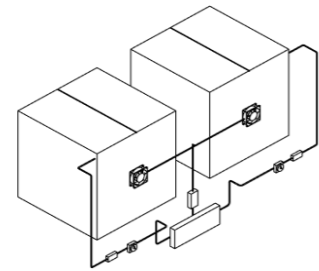
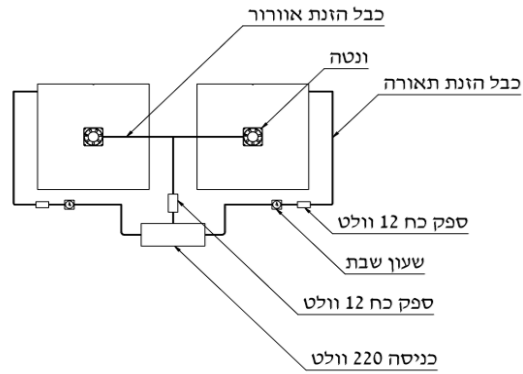
## ביבליוגרפיה

1. הלפרין, ח. (תשל"ו). **האנציקלופדיה לחקלאות**, כרך 3, תל אביב .
2. שטיינברג, ש. (1996). **הדברה ביולוגית של פרוקי רגלים (חרקים ואקריות) בחקלאות האורגנית**. מחקר חקלאי בישראל ח' (1-2) : 48-37
3. "החי והצומח של ארץ ישראל", **אנציקלופדיה שימושית מאוירת**, משרד הביטחון-החברה להגנת הטבע 1985. כרך 3, חרקים
4. אתר ביו בי, <http://biobee.co.il/>, **חברת ביו בי**, כניסה אחרונה 7/12/2017
5. "הדברה ביולוגית",  
[http://www.moag.gov.il/ppis/Yechidot/PlantsRetain/publications/Documents/had\\_bara\\_bio\\_2013/pdf](http://www.moag.gov.il/ppis/Yechidot/PlantsRetain/publications/Documents/had_bara_bio_2013/pdf), **משרד החקלאות ופיתוח הכפר**, 2013, תאריך כניסה אחרון 21/11/2017
6. האוניברסיטה הפתוחה, **"רביית היונקים"**
7. "How to feed the world in 2050", **FAO**, 2009
8. Wehr, T.(2001). **Photoperiodism in Humans and Other Primates: Evidence and Implications**
9. Temperature-dependent\_development\_of\_Anagyrus\_ps

## נספחים:

איור וצילום של מתקן אריזה-טיפול. לתוך אריזה זו הכנסנו 10 כלים עם נבטי

תפ"א מאולחים בקמחית ההדר:



צילום מתקן גיחה לאיסוף צרעות:



הטקסונומיה של קמחית ההדר :

בעלי חיים	ממלכה
פרוקי רגלים	מערכה
חרקים	מחלקה
פשפסאים	סדרה
כנימות	תת-סדרה
כנימות מגן	על משפחה
קמחיתיים	סוג
קמחית ההדר	מין

הטקסונומיה של צרעת האנגירוס :

בעלי חיים	ממלכה
פרוקי רגליים	מערכה
חרקים	מחלקה
דבוראים	סדרה
כלצידים	על משפחה
Tetracneminae	תת משפחה
אנגירוס	סוג
pseudococci	מין