

מטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקיפה

מטרת על: פיתוח אמצעי טבעי, יעיל וזול לפירוק פסולת אורגנית מקומית לקבלת קומפוסט בשל ומזון עתיר חלבונים להאכלת בע"ח.

מטרות משנה: (1) אפיון הדרישות התזונתיות והשפעת תנאי הסביבה על גידול BSF, ומניעת התפתחות מזיקים ומתחרים לזבוב. (2) פיתוח פרוטוקולים לגידול מסיבי של BSF על מצעי מזון המבוססים על פסולת צמחית חקלאית. (3) פיתוח פרוטוקולים לקבלת קומפוסט בשל יעיל ליישום בחקלאות מתוצר הלוואי של התהליך. (4) פיתוח פרוטוקול לקבלת פרה-גלמים וגלמים של BSF מתוצרי הלוואי של התהליך שיהיו בעלי ערך ביוכימי גבוה ליישומם כמזון עתיר חלבון להזנת בע"ח.

מטרות שנה רביעית (1) עיבוד פסולת צמחית חקלאית בצורה מקומית. (2) אפיון הקומפוסט, הפרה-גלמים והגלמים. (3) הפיכת הקומפוסט ליישומי ומיטיבי בחקלאות.

אנא פרט מהם הניסויים שבוצעו על-פי תוכנית העבודה תוך התאמה למטרות המחקר כפי שהופיעו בהצעה המקיפה

1. בחינת גידול זח"ש על מצעי פסולת צמחית חקלאית מקומית.
2. אפיון יחס הזנה מיטבי בין מספר רימות למסת מצע.
3. בחינת טכנולוגיות מתקדמות לגידול זח"ש בקנה מידה גדול.
4. בחינת שיטות לייבוש חומרי הגלם.
5. אנליזות להרכב ביוכימי-תזונתי של הזח"ש.
6. בחינת הקשר בין תנאי גידול הרימות למסתם ולזמן התפתחותם.
7. בחינת שיטות להפרדת רימות לבנות משאריות מצע הגידול.
8. בחינת השפעת דור 1 לעומת דור 2 הגדלים על אותו מצע מזון על יעילות פירוקם את המצע.
9. בחינת השפעת הזנה חד-פעמית בהשוואה להזנה דו-שלבית.
10. בחינת שיטות ייבוש זח"ש.
11. בחינת השפעת התשה אנזימתית על צבע קמח זח"ש בחיי מדף.
12. השפעת חיי מדף של 3 חודשים בתנאי חדר על הרכב תזונתי של קמח זח"ש.
13. אפיון כימי של קומפוסט-זחש ושל תוצרי לוואי גידול הזח"ש.
14. אפיון המיקרו-פאונה בקומפוסט זח"ש.
15. בדיקת השפעת הקומפוסט ותוצרי הלוואי של גידול הזח"ש על נביטת זרעים.
16. בדיקת השפעת הקומפוסט ותוצרי הלוואי של גידול הזח"ש על גידול צמחים.
17. הקמת מתקנים לטיפול בפסולות מקומיות ואפיון התהליך ותוצריו.
18. ניטור פליטת גזי חממה ממתקן זח"ש.
19. מדידת יחידות ריח במקור.
20. מבחן שטח חובבני לבחינת המרחק לסף ריח.
21. תחשיב כדאיות השקעה במתקן יצור זח"ש על בסיס פסולת ת"ע ומבשלת בירה

מהם עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח?

1. גידול זח"ש על מצעי פסולת צמחית חקלאית מקומית- רגלי פטריות ותוצרי תעשיית הבירה (לתת ונוזל שמרים) עתירי החלבון, נמצאו מתאימים להעלאת ריכוז החלבון בתערובות ההזנה המבוססות על פסולת צמחית חקלאית לרימות.
2. אפיון יחס הזנה מיטבי בין מספר רימות למסת מצע- יחס 1:2 נמצא כמתאים ביותר לקבלת מסת רימות מיטיבה ולהפחתת פסולת.

3. בחינת טכנולוגיות מתקדמות לגידול זח"ש בקנה מידה גדול- נבחנו שיטה סטטית ושיטה דינאמית של גידול בראקטור תוך שימוש בבוחש ובקרת טמפ'. התקבלו בעיות בגידול בעקבות תנאים אנאירוביים שהתפתחו בריאקטור.
4. בחינת שיטות לייבוש חומרי הגלם- השיטה הסולארית נמצאה כיעילה יותר על-פני הייבוש בלחץ גבוה.
5. תוצאות אנליזות לבחינת הרכב ביוכימי-תזונתי של הזח"ש הראו שהזנת הרימות בפסולת צמחית חקלאית שומרת על ערכים תזונתיים של הרימות בדומה למצוין בספרות, וכי הרכב זה מתאים להזנת מגוון בע"ח.
6. בניית מודל מתמטי רב ממדי לתיאור הקשר בין תנאי גידול הרימות למסתם ולזמן התפתחותם.
7. נבחנו מגוון שיטות, אך אף אחת לא נמצאה יעילה מספיק לשימוש תעשייתי עתידי.
8. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין יעילות דור 1 לדור 2 בפירוק פסולות.
9. הזנה דו שלבית הייתה יעילה מהזנה חד פעמית הן מבחינת גידול הרימות והן מבחינת יחס המרת מסת מזון למסת רימות.
10. בחינת שיטות ייבוש זח"ש- ייבוש זח"ש טחון בתנור בטמפ' גבוהה (105 מ"צ) נמצא כשיטה הטובה ביותר, כל שיטות היבוש האחרות גרמו לזיהום חומר הגלם ולריחות רעים.
11. הטבלת רימות במים רותחים למשך 20 שניות גרם לעיכוב התפתחות פגמנטציה כהה בקמח וברימות השלמות, כנראה בעקבות התשה אנזימתית.
12. קמח אחרי התשה אנזימתית וייבוש לא השתנה בריכוז החלבונים וחומצות השומן בעקבות 3 חודשי חיי מדף בתנאי חדר.
13. אפיון כימי של קומפוסט-זחש ושל תוצרי לוואי גידול הזח"ש.
14. אפיון המיקרו-פאונה בקומפוסט זח"ש- בקומפוסט מצויים חיידקים, שמרים ופטריות חוטיות. חלק מזני המיקרואורגניזמים שנמצאו בעלי יכולת לפרק כיטין.
15. בדיקת השפעת הקומפוסט ותוצרי הלוואי של גידול הזח"ש על נביטת זרעים- תכונות הקומפוסט תלויות במצע המזון, בת"ע הם היו פיטוטוקסיים ובשאר ההרכבים לא. תוצרי הלוואי נשלים ופגרי בוגרים נמצאו פיטו-סטטיים, קופסאות הגלמים נמצאו פיטו-טוקסיים.
16. בדיקת השפעת הקומפוסט ותוצרי הלוואי של גידול הזח"ש על גידול צמחים, תכונות הקומפוסט תלויות במצע המזון, בת"ע הם נמצאו פיטו-טוקסיים ואילו בתערובת ת"ע ופטריות או ת"ע ופסולת בירה הם נמצאו כבעלי ערך דישוני. כל תוצרי הלוואי של גידול הזח"ש נמצאו כבעלי ערך דישוני.
17. הקמת מתקנים לטיפול בפסולות מקומיות ואפיון התהליך ותוצריו. מתקן בראשית השתמש ב- 250 ק"ג פסולת, מהם התקבלו 11.6% רימות טריות ומהן ניתן להפיק 3.3 ק"ג חלבון, 1.5 ק"ג ליפידים ו 20 ק"ג קומפוסט-זח"ש. מתקן שלזינגר השתמש ב- 1.15 טון פסולת מהם התקבלו 9.0% רימות טריות שמהן ניתן להפיק 4.55 ק"ג חלבון ו- 3.47 ק"ג ליפידים.
18. ניטור פליטת גזי חממה ממתקן זח"ש הראה כי גז החממה היחיד הנפלט מהמתקן היה פד"ח.
19. במתקן ת"ע ות"ע עם פטריות נמצאו 5500 ו- 4500 יחידות ריח במקור, ללא הבדלים סטטיסטיים בין התוצאות.
20. מבחן שטח חובבני לבחינת המרחק לסף ריח- סף הריח במתקן שלזינגר היה 2.5 מטר, אך הריח שהורגש היה נעים, במרחק 1 מטר הריח הפך ללא נעים. בימין אורד הריח היה רק במקור, ואילו במוסינזון סף הריח היה ב- 1.5 מטר והוגדר כלא נעים, וככל שהתקרבו את המתקן הריח הלא נעים התגבר.
21. מתקן יצור זח"ש על בסיס פסולת ת"ע ומבשלת בירה נמצא כלכלי כאשר המתקן מוכר זח"ש טרי מצונן בדרגה 5. החישובים נערכו מתוצאות פיילוט חורף בהם קיימת הוצאה כלכלית לחימום המתקן.

אנא פרט והסבר כיצד הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח או חלק מהן

המטרות הושגו על-ידי שילוב של ניסויי מעבדה, ניסויי עציצים והקמת מתקני פיילוט תוך שילוב ארבע הקבוצות המעורבות במחקר ממכללת תל-חי, חוות מתתיהו, חוות זרעית ומיגל. בנוסף נעזרנו במומחים בתחומים שאינם תחומי ההתמחות שלנו או כעזרה או כשיתופי פעולה. לדוגמה העזרה וההנחיה בניטור גזי החממה ויחידות הריח שנעשו במסגרת סדנה בינלאומית שאורגנה ע"י ד"ר יעל לאור (נווה יער) וד"ר דיוויד פרקר (מדען אורח מטקסס), שם הסדנה: International Workshop on Emission of GHGs, VOCs and Odors in the Agricultural Environment. שיתוף הפעולה עם ד"ר רואי גוטמן (מיגל) בניסויי הזנת עכברים במזון מבוסס חלבון זח"ש. שיתוף פעולה עם ד"ר חן כץ (מיגל) בביולוגיה המולקולארית לזיהוי המיקרו-פאונה בקומפוסט הזח"ש. עזרתו של מר אבי סלומון בבחינת ההיתכנות הכלכלית. כמו כן נעזרנו בחברת ביובי ובד"ר שמעון שטיינברג הן באספקת הרימות והן בליווי הצמוד, העצות הטובות והתמיכה.

עיבוד הרימות לקמח התאפשר תודות לתמיכתם של יק"א ישראל ועזרתו של זאב מילר אשר בזכותם הוקמה המעבדה לעיבוד חרקים במכללת תל-חי ונרכש הציד החיוני לעיבוד ואנליזת החרקים. בנוסף, חלק ניכר מעבודת המחקר בוצע במסגרת עבודות המסטר של סטודנטים לתואר שני וחלקים אחרים בוצעו במסגרת עבודות גמר של סטודנטים לתואר ראשון.

בהתאם להצעה המקיפה, ציין מה התבצע מתוך טבלת המשימות ואבני דרך, כולל אבני דרך כמותיות (סעיפים IV-VI).

מתוך טבלת המשימות בוצעו כל המשימות. "התמודדות עם חרקים מתחרים" אשר מופיע בטבלת המשימות בשנה ד' בוצע כבר בשנה ג' ואינו מפורט בדוח זה. בנוסף, ההישג של שנה ד' מתואר כ"הקמת מתקנים בתפעול מקומי של החקלאי". אנחנו הקמנו מתקנים, אך בגלל שינויים והתקדמות בתחום החרקים להזנה בארץ ובעולם דרגת הרימות איתן תכננו לעבוד בזמן כתיבת הצעת המחקר (רימות דרגה 6 שמפרידות עצמן מהמצע) איננה רלוונטית כיום מבחינה כלכלית, ומכיוון שטרם פתרנו את בעיית הפרדת הרימות בדרגה 5 משאריות המצע, פרוטוקול העבודה עדיין לא נוח לתפעול ולא העברנו את התפעול לידי החקלאים.

אבני הדרך הכמותיים המצוינים בהצעת המחקר מתייחסים לכמות ויעילות מתקנים לעיבוד פסולת באמצעות זח"ש. לסעיפים אלה נתנו תשובה על-פי מתקני הפיילוט שהעמדנו, אך שוב, בגלל שפרוטוקול העבודה לא כולל שיטה יעילה להפרדת הרימות בדרגה 5 ומאפשר תהליך כלכלי, לא שיווקנו את המתקנים חוץ מאשר בכפרי הנוער בהם מסתמכים על אוכלוסיית זח"ש טבעית מקומית ולכן עלות אחזקת המתקנים אפסית ואין צורך להפריד הרימות בדרגה 5 שמכירתם אמורה לכסות את מחיר סטרטר הרימות ולהניב רווח.

מהן המסקנות המדעיות ומהן ההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו?

מסקנות המחקר הן כי מתקן לטיפול מקומי של פסולות בעזרת זח"ש יכול להתאים למגוון גדול של פסולות ולהיות כלכלי. בכל המקרים יש לערבב את הפסולות בהתאם לדרישות התזונתיות של הרימות ולספק להם תנאי גידול מתאימים. יש צורך להמשיך ולחקור את הנושא בעיקר בגלל הצורך למציאת פתרון יעיל להפרדת רימות בדרגה 5 מהמצע. יישום המחקר יתאפשר לאחר מציאת הפתרון להפרדת הרימות.

מהן הבעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה ומה אמורה להיות ההתייחסות בהמשך?

יש לפתור את בעיית הפרדת הרימות בדרגה 5 מהפסולת. יש לחזור ולבחון אלטרנטיבות להפרדה זו בהתאם לתנאים המתאימים לישראל.

יש לציין כי בזמן כתיבת הצעת המחקר לא התייחסנו לרימות בדרגה 5 אלא לרימות בדרגה 6 שמפרידות עצמן לבד מהפסולת, מכיוון שכל הספרות ושוק הרימות לפני 4-5 שנים התייחסו לרימות בדרגה 6. רק ב 2-3 השנים האחרונות השתנתה הגישה העולמית הן במחקר והן בתעשייה, וכיום אין דרישה לרימות דרגה 6 אלא רק בדרגה 5.

הפצת הידע בכנסים :

1. Noked, O., Martinez, J.-J.I., Jonas-Levi, A. (2015). New Research in the Galilee and its Surrounds. 17th Meeting. "Nutritional quality of honeybee (*Apis mellifera*) pupae compared to black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)". Tel-Hai College (Poster).
2. Jonas Levi, A., Danay, O., Shaltiel-Harpaz, L. & Martinez, J.-J.I. (2016). The 18th Congress of Galilee Research. "The black soldier fly – a biotechnological tool to manage agricultural wastes and produce feed matter". Tel-Hai College. P. 45 (Lecture).
3. Jonas-Levi, A., Shaltiel-Harpaz, L., Danay, O., Martinez, J.-J.I. (2016) 1st International Conference on Bio-resource Technology for Bioenergy, Bio-products & Environmental Sustainability. "Decomposition of waste by black soldier fly larvae can be controlled". Sitges, Spain. #316 (Poster).
4. Jonas-Levi A, Fialko M, Shaltiel L, Danay O, Martinez JJI. (2017). *Black soldier fly- environmental effects on waste decomposition and nutritional values*. Galilee Researches 2016, Tel Hai College (Article in Hebrew, Abstract in English).
5. Shaltiel-Harpaz L, Martinez JJI, Danay O, Jonas-Levi A. (2017). The 5th International Entomophagous Insects Conference. Post-harvest utilization of the Black soldier fly BSF to reduce pest populations from agricultural wastes. Kyoto, Japan (Lecture).
6. Levy, D., Katz, C., Shaltiel-Harpaz, L., Jonas-Levi, A. (2017). 19th Congress of Galilee Research. "The effect of the *Hermeticia illucens* on the concentrations of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Brasilinese* as a phytophogen model". Tel-Hai College (Poster).
7. Levy D, Jonas-Levi A, Katz C. (2017). 19th Congress of Galilee Research. Black soldier fly larvae overcome mould contamination in their environment. Tel-Hai College (Lecture).
8. Shaltiel-Harpaz, L., Jonas-Levi, A., Danay, O., Martinez, J.-J.I., Fichtman, B., Harel, A. (2017) Insect Symbionts: Plasticity in Confronting Environmental Challenges. "The microbial gut community of BSF (*Hermetia illucens*) is affected by the consumption of different agricultural wastes". Ben-Gurion University of the Negev Sede-Boqer Campus (Invited Lecture).
9. Shaltiel-Harpaz, L., Martinez, J.-J.I., Danay, O., Jonas-Levi, A. (2018) Afula Convention on Beneficial Expressions of Insects. The black soldier fly's contribution to the environment: sustainable reduction of organic wastes. Afula (Invited Lecture).
10. Jonas-Levi, A., Martinez, J.-J.I., Danay, O., Shaltiel-Harpaz, L. (2018). The fourth International INSECTA Conference. Processing of agricultural plant waste using the Black Soldier Fly larvae causes germination reduction in various weed types. Giessen, Germany (Lecture).
11. Jonas-Levi, A., Tzemach Tamar (2018). The fourth International INSECTA Conference. A mathematical model describing the larvae growth rate depending on environmental conditions is a convenient tool for optimizing the growth process. Giessen, Germany (Lecture).

12. Fialko, M., Martinez, J.-J.I., Jonas-Levi, A., Gutman, R. (2018). The fourth International INSECTA Conference. Bees meal and cuticle-poor Black Soldier Fly meal used as a sole source of protein, show casein-matching body weight and body protein gain as well as casein-matching body protein retention efficiency in C57BL/6 mice. Giessen, Germany (Lecture).
13. Levy, D., Katz, C., Jonas-Levi, A. (2018). The fourth International INSECTA Conference. Volatile Compounds Emitted During Black Soldier Fly Larvae Rearing, Show Antagonistic Effect toward Molds. Giessen, Germany (Poster).
14. Gutman, R., Fialko, M., Martinez, J.-J.I., Jonas-Levi, A. (2019). 20th Congress of Galilee Research. The use of cuticle-poor insect meal as a single protein source was compatible to casein by body weight gain, protein formation, and protein conversion efficiencies in C57BL/6 mice. Tel-Hai College (Lecture).
15. Biber, R., Jonas-Levi, A. (2018). 20th Congress of Galilee Research. *Hermetia illucens* larvae inhibit weed germination. Tel-Hai College (Lecture).
16. Tzemach, T., Jonas-Levi, A. (2018). 20th Congress of Galilee Research. A new mathematical approach to predict optimal environmental conditions in the larval growth process. Tel-Hai College (Lecture).

הערות / הסבר

מחקר אינטגרטיבי זה התאפשר הודות לעזרתם, תמיכתם, הנחייתם וליוויים של רבים במהלך כל שנות המחקר. להלן רשימת תודות לשנת המחקר הרביעית של המחקר.

תודות למדען הראשי משרד החקלאות ופיתוח הכפר על התמיכה במחקר זה, ליק"א ישראל ולמנכ"ל זאב מילר על הקמת המעבדה לעיבוד חרקים והציוד לעיבוד חרקים איתם עבדנו במחקר, למכללה האקדמית תל-חי על התמיכה במחקר, לחוות מתתיהו, חוות המטעים וחוות זרעית על חדרי הגידול, הציוד, חומרי הגלם והתמיכה; לחברי הוועדה המלווה של המחקר - פרופ' מיכה רביב, ד"ר שמעון שטיינברג וד"ר איתי אופטובסקי על הליווי והתמיכה; למנהלי ועובדי חברת ביו-בי שדה אליהו- שמעון שטיינברג, יובל בראון, ענבר דגן-שוסטר, שחר כרמי על עזרתם ועל אספקת רימות הזח"ש למחקר;

לד"ר חן כץ על הליווי בבחינת המיקרואורגניזמים בקומפוסט, לד"ר רואי גוטמן על ניסויי הזנת העכברים בקמח זח"ש, לד"ר תמר צמח על המודל המתמטי, לד"ר יעל לאור ופרופ' דיוויד פרקר על ההנחיה בניטור הריחות, לד"ר שחר ברעם על ניטור גזי החממה, לד"ר מרים זילברשטיין, מר אבי סלומון, יובל עוגני ויוסי הלפרין על העזרה בבחינת ההתכנות הכלכלית, לד"ר גדעון ווינטרס על שיתוף הפעולה עם חוות יאיר, לאייל יונאי מנהל בית אריזה בראשית על שיתוף הפעולה ופסולת תפוחי העץ, לינון תמיר ממבשלת בזלת על פסולת תעשיית הבירה, למנשה לוי שעזר עם המתקנים והבעיות הטכניות;

לטכנאים ולסטודנטים נירית אזוב, סיוון אינטייב, שוש פלס, נחום שמי, סיוון מרגלית, רונה ביבר, דורון לוי, מתן פיאלקו, אחמד מוסה, נביה עומרי, לוטם אזולאי ויגל כוכבי על הביצוע המסור של המחקר.