

חוברת יום העיון של נקודת ח"ן

2020



שירות ההדרכה והמקצוע

האגודה הישראלית
לאקולוגיה ולמדעי הסביבה



נקודת ח"ן

לקידום ערכי גוף וסביבה באזורים חקלאיים בישראל



עריכת לשון: ענבר קמחי-אנגרט

עיצוב: *Touch*

תל-אביב, נובמבר 2020

תוכן עניינים

4	עופות נודדים מעניקים שירותי מערכת אקולוגית של הדברה ביולוגית לשדות בערבה הדרומית ג'סיקה שקרמן, נועם וייס, סבטלנה דוברינין
6	הערכת תועלות ונזקים אקולוגיים, חקלאיים וכלכליים של שולי שדות מסוגים שונים יעל מנדליק, משה קול, טהר רוט, עליזה פליישר, ביאטה שוורץ
20	נטלפי חרקים מדבריים ותרומתם כספקי שירותי מערכת אקולוגית במטעי תמרים כרמי קורין, יובל ארזי, מיכל סגולי, ג'סיקה שקרמן
22	ניתוח ההשפעות הסביבתיות של גידולים חקלאיים: יישום לדוגמה עבור תפוחי אדמה נאוה חרובי, שרית שלהבת, ברכה גל
33	אוזון – משכבת הגנה עד קטילת מזיקי חקלאות מסוימים יורם גרשמן, ליאורה שאלתיאל-הרפז, מיקי נוי, קליף להב, כרמית סופר-ארד, ריקה קדושים

ABSTRACTS

Natural pest control provided by birds in field crops in the southern Arava	43
Jessica Schäckermann, Noam Weiss, Svetlana Dobrinin	
Evaluating the ecological, agricultural and economic cost-benefit ratios of different types of field edges	45
Yael Mandelik, Moshe Coll, Tohar Roth, Aliza Fleischer, Beata Schwartz	
The ecological services of desert-dwelling insectivorous bats in date plantations	46
Carmi Korine, Yuval Arzi, Michal Segoli, Jessica Schäckerman	
The environmental impact budget as a tool in farmers' decision making	48
Nava Haruvy, Sarit Shalhevet, Bracha Gal	
Ozone – from a protective layer to treatment of (some) agricultural pests	50
Yoram Gerchman, Liora Shealtiel-Harpaz, Miki Noi, Clif Lahav, Carmit Sofer-Arad, Rika Kdoshim	

עופות נודדים מעניקים שירותי מערכת אקולוגית של הדברה ביולוגית לשדות בערבה הדרומית

ג'סיקה שקרמן, מו"פ חקלאי ערבה דרומית ומו"פ מדבר וים המלח
נועם וייס, מרכז הצפרות אילת
בטלנה דוברינין, שירות ההדרכה והמקצוע (שה"מ), משרד החקלאות

רקע

הנזקים הכלכליים, שגורמים חרקים, זחליהם וכנימות בערבה, משמעותיים מאוד בגידולי השדה השונים. נמצא שעופות נותנים שירותי מערכת אקולוגית חשובים לחקלאות, בדמות הדברת מזיקים ביולוגית (Koh, 2008; Kross et al., 2016; Milligan et al., 2016), שיעילה בגידולי שדה שונים (Karp et al., 2016) ובעלת ערך כלכלי משמעותי (Kellermann et al., 2008). הערבה הדרומית נמצאת על אחד מנתיבי הנדידה העמוסים בעולם של עופות נודדים (Shirihai et al., 1996), לצד חקלאות ענפה שנמצאת במגמת התרחבות. העופות הנודדים נמשכים לשדות כדי לאכול ולצבור אנרגיה להמשך נדידתם.

מטרת המחקר ושיטות

מטרת המחקר הייתה הבנת שירותי המערכת שהעופות הנודדים מעניקים לשדות בערבה הדרומית, כדי לאפשר את הגברתם. המחקר בדק את המגוון והשכיחות של מיני העופות הפוקדים את השדות בזמן נדידת הסתיו. נוסף על כך, המחקר בדק את מבנה בית הגידול (השדה) וכן מדדים חקלאיים, כגון הכמות והסוג של החרקים המזיקים (כנימות, תריפסאים, זחלים של עשי לילה ועוד).

ממצאים עיקריים

מזיקים או מינים מסוימים של עופות בוחרים גידולים אחרים כאזור שיחור מזון, ושהשירות של הדברת מזיקים שהם מעניקים משתנה גם על ציר עונת הנדידה. מידע זה שימושי עבור החקלאי המעוניין למשוך אל שדותיו עופות אוכלי חרקים כדי להגביר את השירות של הדברת מזיקים שהם מעניקים לו. החקלאי צריך לדעת אילו עופות מתאימים להדברת כל סוג של צאנו ש-74% מהעופות בתוך השדה הם אוכלי חרקים, לעומת רק 33-40% מהם בסביבותיו. העופות אוכלי החרקים היו מצויים יותר בשדה באופן מובהק, מה שמצביע על כך שהשדה הוא מקור משיכה לעופות אלה. ממצאנו כי בכל גידול סוגי העופות היו שונים, ושהמגוון והשכיחות של מיני העופות הנודדים השתנו לאורך עונת נדידת הסתיו. נתונים אלה מצביעים

מזיקים, מתי הם מגיעים לאזור בנדידתם, ומהם מרכיבי בית הגידול המועדפים עליהם. כמעט כל העופות הנוודים שנצפו בשדות היו אוכלי חרקים, בעוד בקרב העופות שאינם נוודים היו גם אוכלי כול, אוכלי זרעים וטורפים. מצאנו גם כי שכיחות העופות הייתה גבוהה באופן מובהק כשכמות המזיק תריפס הטבק (*Thrips tabaci* Lindeman) הייתה גבוהה בגידול הבצל. צפינו בעופות ניזונים מהתריפס בבצל באופן תדיר. מין העוף שהראה את הקשר המובהק ביותר לשכיחות התריפס היה הפפיון אדום הגרון (*Anthus cervinus*). אם כן, מין זה הוא מדביר פוטנציאלי של המזיק תריפס בבצל, ויש לו פוטנציאל להדברת תריפס גם בגידולים אחרים.

מזיקים, מתי הם מגיעים לאזור בנדידתם, ומהם מרכיבי בית הגידול המועדפים עליהם. כמעט כל העופות הנוודים שנצפו בשדות היו אוכלי חרקים, בעוד בקרב העופות שאינם נוודים היו גם אוכלי כול, אוכלי זרעים וטורפים. מצאנו גם כי שכיחות העופות הייתה גבוהה באופן מובהק כשכמות המזיק תריפס הטבק (*Thrips*

דיון וסיכום

את מועדי הגעתם ועזיבתם את האזור ואת מרכיבי בית הגידול המועדפים עליהם. אם נוכל להגביר את שכיחות העופות הללו בשדות או להאריך את שהייתם בהם על ידי התאמת בית הגידול של השדה או בעזרת אמצעים שונים אחרים, ייתכן שנוכל להגביר את שירותי המערכת האלה וליצור הדברה ביולוגית יעילה.

וצאות המחקר מציגות את העופות אוכלי החרקים, בדגש על המינים הנוודים שבהם, כבעלי פוטנציאל גבוה מאוד לספק הדברה ביולוגית של חרקים מזיקים בחקלאות בערבה הדרומית. הם מעניקים שירות מערכת אקולוגית בעל ערך רב לחקלאי האזור. על החקלאי שמעוניין להיעזר בשירות מערכת זה להבין את השפעת מיני העופות השונים על הגידול,

מקורות

- Karp DS, Mendenhall CD, Sandí RF, Chaumont N, Ehrlich PR, and Hadly GC. 2013. Forest bolsters bird abundance, pest control and coffee yield. *Ecology Letters* **16**: 1339–1347.
- Kellermann JL, Johnson MD, Stercho AM, and Hackett SC. 2008. Ecological and economic services provided by birds on Jamaican Blue Mountain coffee farms. *Conservation Biology* **22**: 1177–1185.
- Koh LP. 2008. Birds defend oil palms from herbivorous insects. *Ecological Applications* **18**: 821–825.
- Kross SM, Kelsey TR, McColl CJ, and Townsend JM. 2016. Field-scale habitat complexity enhances avian conservation and avian-mediated pest-control services in an intensive agricultural crop. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **225**: 140–149.
- Milligan MC, Johnson MD, Garfinkel M, Smith CJ, and Njoroge P. 2016. Quantifying pest control services by birds and ants in Kenyan coffee farms. *Biological Conservation* **194**: 58–65.
- Shirihai H, Dovrat E, Christie DA, and Harris A. 1996. *The Birds of Israel*. Academic Press.

הערכת תועלות ונזקים אקולוגיים, חקלאיים וכלכליים של שולי שדות מסוגים שונים

יעל מנדליק, משה קול, טהר רוט, המחלקה לאנטומולוגיה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש ר.ה. סמית', האוניברסיטה העברית בירושלים
עליזה פליישר, ביאטה שוורץ, המחלקה לכלכלת ניהול וסביבה, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ע"ש ר.ה. סמית', האוניברסיטה העברית בירושלים

מטרת המיזם ושאלות המחקר

שדות, ואת ההבדלים בין טיפוסים מרכזיים של שולי שדות באזור שפלת יהודה, וזאת כדי לקדם את ההבנה לגבי תפקודו של כלי זה בהתאם למאפייניו.

בדו"ח הנוכחי מובאות תוצאות ראשוניות של ניתוח ההבדלים האקולוגיים בין הסוגים השונים של צמחיית שולי שדות. המשך הניתוחים האקולוגיים והכלכליים מבוצע בימים אלה.

שולי שדות עם צמחיית בר יכולים לספק שירותי מערכת אקולוגית חשובים לחקלאות, ולכן הם כלי מרכזי בקידום חקלאות בת-קיימא בעולם. עם זאת, מעט ידוע על יכולתם של סוגים שונים של שולי שדות בארץ לעודד התבססות של חרקים מועילים לעומת מזיקים, ומהו מאזן התועלת והנזק שהם מספקים לשטח החקלאי הסמוך. פער ידע זה משמעותי במיוחד באזורים ים תיכוניים. המחקר בוחן את מאזן התועלת והנזק האקולוגיים והחקלאיים שמספקים חרקים בשולי

שיטות

ים תיכוניים, יערות נטועים ושדות חקלאיים ומטעים (פרלברג ואח', 2016). הדגימה נערכה באביב-קיץ 2020 לאורך זמן גידול החמניות (אפריל-יוני). המחקר כלל 20 חלקות דגימה מארבעה סוגים: בתה (5), יער נטוע (5), צומח עשבוני (5) ושדות אבטיח (5) (איור 1).

אזור המחקר ומערך הדגימה

המחקר התבצע בשמונה שדות חמניות ובכתמי שטחים טבעיים וטבעיים למחצה, הסמוכים לשדות חמניות באזור שפלת יהודה. האזור מאופיין בפסיפס של שטחים טבעיים הכוללים חורש טבעי, שיחייה ובתה

איור 1 | אזור המחקר ופיזור החלקות - חלקות בתה (אדום), חלקות צומח עשבוני (צהוב), חלקות יער נטוע (ירוק) וחלקות אבטיח (כתום)



<p>חד-שנתיים ורב-שנתיים;</p>	<p>סוג בית הגידול נקבע על פי תצורת הצומח הדומיננטית בכתם שחלקת הדגימה מוקמה בתוכו:</p>
<p>נטוע – שוליים שיש בהם דומיננטיות של עצים נטועים ותת-יער של עשבוניים (עצים מסוגים שונים: חרוב, אורן, זית) (איור 3);</p>	<p>בתה – שוליים שיש בהם דומיננטיות של רחבי עלים פורחים, בעיקר מצליבים ומורכבים (איור 2);</p>
<p>אבטיח – שדה אבטיח הצמוד לשדה החמניות.</p>	<p>עשבוני – שוליים שיש בהם דומיננטיות של דגניים</p>

איור 2 | שדה חמניות פורח סמוך לשול בתה ליד קיבוץ נחשון



איור 3 | שדה חמניות פורח סמוך לשול נטוע ליד קיבוץ נחשון



גדול מטווח התעופה של מרבית החרקים שהדגימה התמקדה בהם). נקודות הדגימה בתוך שדה החמניות מוקמו במרחק של 10 מטר מגבול השטח הטבעי בדגימת המזיקים והאויבים הטבעיים וכ-2 מטר ממנו בדגימת המאביקים.

כל חלקת דגימה כללה שני חלקים צמודים – שדה החמניות (400 מ"ר) והשול הסמוך אליו (400 מ"ר) (איור 4). הדגימה התבצעה במקביל בשדה החמניות ובשול הסמוך לו. המרחק המינימלי בין החלקות היה 500 מטרים, כדי לאפשר חוסר תלות ביניהן (מרחק זה

איור 4 | תיאור של מיקום חלקת הדגימה (ריבועים אדומים) בשול הסמוך לשדה החמניות (בירוק) ובשדה החמניות (בצהוב)



איסוף הנתונים

יבשים חלולים), צומח עשבוני יבש, קרקע חשופה, מחטים, אבנים ומשטח סלע. בוצעה גם הערכה של אחוז רחבי העלים לעומת הדגניים מכלל הצומח בחישוק. מנתונים אלה חושב אחוז הכיסוי הצמחי הכולל של הקרקע כסכום האלמנטים הצמחיים בתכסית וכמדד למגוון כיסויי קרקע. נוסף על כך, נרשמו מיני העצים והשיחים הדומיננטיים בחלקה.

מדידת תנאי מזג אוויר: פעילות חרקים מושפעת ממזג האוויר, על כן הדגימה נעשתה בתנאי מזג אוויר מתאימים. מדדי מזג האוויר נקבעו באמצעות מכשירי מדידה לפני כל דגימה (בבוקר ובשעות הצהריים). אם התנאים חרגו מהטווח האמור, הדגימה נדחתה או הופסקה.

דגימת אויבים טבעיים ומזיקים: באמצעות שואב חרקים מסוג InsectaZooka 2888A נלקחו דגימות משדה החמניות ומשטח השול הסמוך. בשאיבת החמניות הופעל השואב במשך שלוש דקות בעוצמה החזקה ביותר. השאיבה בוצעה תוך כדי הליכה איטית לאורך החלקה מקצה אחד עד הקצה השני של החלקה. תוך כדי ההליכה הוצמדה פיית השואב לצמחי החמניות

הדגימה נערכה בשלושה סבבים בהתאם לשלב הגידול ולמדדים הרלוונטיים. באפריל, כאשר צמחי החמניות צעירים (איור 5), נערכו סקרי מזיקים ואויבים טבעיים וכן שירותי הדברה-טריפה על ידי חרקים טורפים, וטפילות על ידי צרעות טפיליות. במאי, בשיא תקופת הפריחה של החמניות, נערך סקר מאביקים בשדות ובשוליים. באוגוסט, שלב ההבשלה וייבוש הקרקעות, נערך קציר של יבול לצורך כימות של שיעור החנטה והיבול. הדגימה בוצעה רק בתנאי מזג אוויר שמתאימים לפעילות חרקים (פירוט בהמשך).

דגימה ואפיון של הצומח והתכסית: בכל חלקה נדגמו צומח ותכסית קרקע כדי לאפיין את כמות משאבי המזון והקינון בה. עשרה חישוקים בקוטר של מטר נפרסו לאורך החלקה מקצה לקצה במרווחים של כ-2 מטר. בשטח שבתוך החישוק זהו הפרחים הפורחים עד רמת המין, ונספרו הפרחים או התפרחות. בכל חישוק נעשתה הערכה חזותית של תכסית הקרקע בחלוקה לקטגוריות שיש להן משמעות כמצע או כחומרי קינון לקבוצות חרקים שונות, ובפרט לדבורי בר: צומח עשבוני, צומח מעוצה, פריחה, צומח יבש לקינון בתוכו (כולל צמחים



דגימת דבורי בר: כדי לדגום בצורה מייצגת ככל שניתן את חברת דבורי הבר בבית הגידול שולבו שיטות מדידה משלימות:

א. מלכודות מים. קערות פלסטיק צבעוניות עם מים ומעט סבון (לשבירת מתח הפנים) הוצבו על הקרקע ובגובה לשם לכידת דבורים אשר נמשכות לצבע ולמים. בכל חלקה פוזרו 24 מלכודות (עומק 5 ס"מ וקוטר 15 ס"מ). המלכודות היו בצבעים לבן, כחול וצהוב, ששילוב שלהם נמצא יעיל בתפיסת מגוון מינים רחב של חרקים שנמשכים לצבעי פריחה (Campbell and Hanula, 2007). המלכודות נפרסו בבוקר הדגימה. 12 מלכודות נפרסו בשדה החמניות, מחציתן מונחות על הקרקע ומחציתן בגובה פריחת החמניות על עמוד באורך כמטר וחצי (איור 6). 12 מלכודות נוספות נפרסו בשול, והונחו על הקרקע כך שצמחייה לא תסתיר אותן. המלכודות נאספו לאחר שבע שעות.

ב. דגימה ברשת ובמבחנה. איסוף דבורי בר בצורה פעילה ובררנית באמצעות רשת חרקים או מבחנה נעשה בכל חלקות השול והחמניות, בהתאמה, על ידי אותו דוגם כדי למנוע הטיית הדגימה נערכה במשך 15 דקות נטו, והדוגם סקר במהלכן

שלאורך החתך. שאיבה בצמחיית השוליים נעשתה באופן דומה במשך שתי דקות בעוצמה 6. החרקים נשאבו דרך רשת aluminum Mesh 40*40. בשואב נוטים להישאב חרקים קטנים שתעופתם איטית, ושלא מצליחים להתנגד לעוצמת היניקה. הדגימה שנאספה הוקפאה עם פתק ובו כל פרטי האיסוף.

כימות רמות הטריפה: בשדות אותרו צמחי חמניות עם מושבות של כנימות עלה עליהם. על צמחים שונים שנגועים בכנימות עלה סומנו שמונה עלים, ונספרו הכנימות בכל עלה. ארבעה מהעלים כוסו בשקית מרשת אורגנזה צפופה, וארבעה עלים נותרו חשופים. כעבור יומיים נספרו בשנית הכנימות על העלים (המכוסים והלא מכוסים).

שיעור טפילות: מכל שדה נאספו שלושה-ארבעה עלי חמנית נגועים בכנימות עלה (מושבות); האיסוף נערך באופן אקראי מצמחים שונים ולא סמוכים בחלקה. הכנימות שעל העלים נספרו, והעלים עם הכנימות נלקחו למעבדה והוכנסו לכלובי הגחה כך שפטוטר העלים נמצאה בכלי עם מים כדי לשמור אותם חיוניים. כעבור שמונה ימים נספרו בכל כלוב הכנימות והצרעות הטפיליות שהגיחו.



דגימת חיפושיות פעילות קרקע: בשול בכל חלקה הונחו חמש מלכודות נפילה במרווחים שווים למשך שבע שעות. המלכודת עשויה פלסטיק, והונחה בעומק של 15 ס"מ כדי למנוע יציאה של פרוקי רגליים שנפלו לתוכה. פרוקי הרגליים שנתפסו נאספו, נשמרו בהקפאה, ומויננו לרמת הסדרה.

מידת חנטה ויבול: נערך קטיף של קרקפות יבשות ובשלות (איור 7) כ-60 יום מהפריחה. הקרקפות נקטפו מהחלקה בשדה החמניות שסקר המאביקים נערך בו. מכל חלקה נקצרו שלוש חמניות בגודל בינוני – קוטרן נע בין 11 ל-15 ס"מ.

את שטח החלקה בהליכה איטית. זמן הטיפול בדבורה שנלכדה לא נכלל בזמן הדגימה. לשיטה זו הטיית חסר למיני דבורים קטנות ומהירות תעופה (Westphal et al., 2008).

ג. שואב חרקים. בשואב נתפסות, אם כי בכמות נמוכה יחסית, גם דבורי בר ודבש.

דגימת אויבים טבעיים: בעזרת שואב חרקים ייעודי נערכה שאיבה של פרחי החמניות במשך שתי דקות בעוצמה החזקה ביותר במטרה ללכוד צרעות טפיליות המגיעות לצוף שבפרחי החמניות.



במזיקים. לצורך הערכת משקל יובשו הזרעים מכל קרקפת בתנור ב-60 מעלות, נשקלו, וחושב המשקל הממוצע לזרע. נספרו גרעינים שניזקו או שנמצאו בהם מזיקים במהלך בדיקת מדגם הגרעינים, כדי לקבל מדד של אחוז הגרעינים שנפגעו ממזיקים (איור 8).

שיעור חנטה, משקל זרעים ומזיקים: לצורך הערכת שיעור החנטה בפרחי החמניות, הוצאו מכל קרקפת בנפרד כל הגרעינים לכלי, ועורבבו היטב. נלקח מדגם של 100 גרעינים אשר פוצחו ונבדקו. נספרו ותועדו גרעינים עם זרעים, ללא זרעים וגרעינים נגועים

איור 8 | ימין: גרעיני חמנייה פגועים ממזיקים; שמאל: זרעים של חמנייה מגרעינים שפוצחו



תוצאות ומסקנות ראשוניות

האבטיח נמצאו שפע ועושר פריחה נמוכים ביחס לשוליים הלא-חקלאיים (להוציא את שפע הפריחה בשוליים הנטועים בדגימה במאי (איורים 9, 10)). במדדי כיסוי הצומח השונים – כיסוי צומח כללי (איור 11), יחס כיסוי דגניים/רחבי עלים (איור 12), ויחס כיסוי עשבוני/מעוצה (איור 13) – לא נמצאו הבדלים בין שלושת סוגי השוליים הלא-חקלאיים. תוצאות ראשוניות אלה מלמדות כי נוכחותו של שול שאינו חקלאי חשובה להעשרת השטח בפריחה (גיוון וכמות הפריחה), אולם לסוג השול חשיבות מוגבלת בהיבט זה.

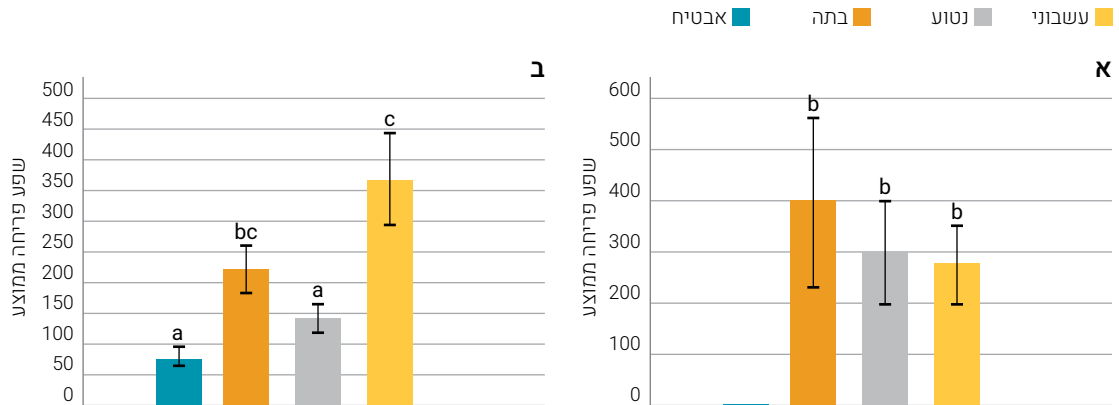
חשוב להדגיש כי עיבוד הנתונים וניתוחם נמצאים בראשיתם, וייתכנו שינויים בתוצאות עם העמקת הניתוחים, המבוצעים בימים אלה, ועם קבלת נתוני עושר המינים עבור החרקים שנדגמו.

מאפייני הצומח והפריחה

ככלל, עיקר ההבדלים בין סוגי השוליים השונים במאפייני הפריחה והצומח היו בהשוואת השול החקלאי (אבטיח) לשוליים הלא-חקלאיים; השוליים הלא-חקלאיים לא נבדלו ביניהם במדדי הצומח להוציא את שפע הפריחה בדגימה המאוחרת (מאי). כצפוי, בשדות

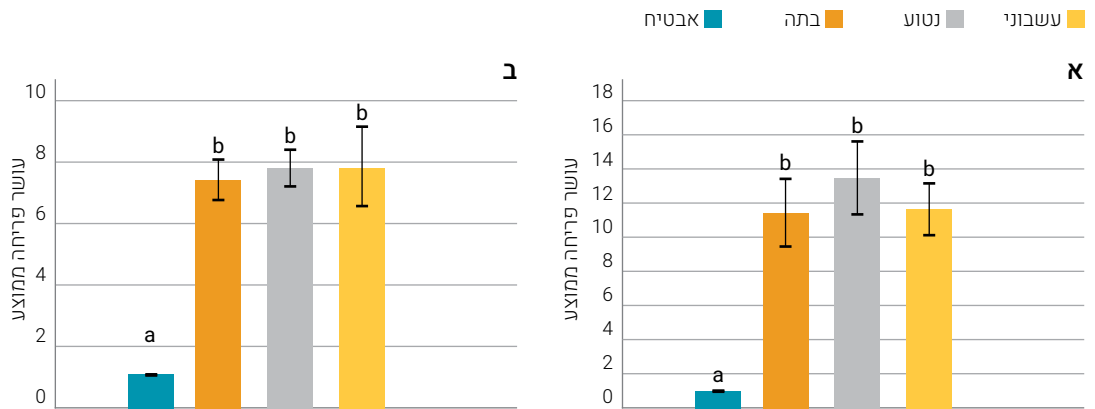
איור 9 | שפע פריחה ממוצע לחלקה בשול הסמוך לשדה, בחלוקה לסוג השוליים

א. דגימה באפריל (LMER, $\chi^2=50$, $P<0.001$); ב. דגימה במאי (GLMM, $\chi^2=15$, $P=0.001$). במבחן המשך: אבטיח ובתה (tukey, $t=2.9$, $P=0.01$), עשבוני ונטוע (tukey, $t=2.7$, $P=0.02$), אבטיח ועשבוני (tukey, $t=4.5$, $P<0.001$)

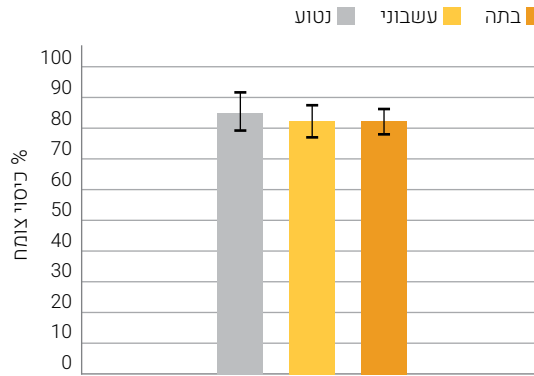


איור 10 | עושר פריחה ממוצע לחלקה בשול הסמוך לשדה, בחלוקה לסוג השוליים

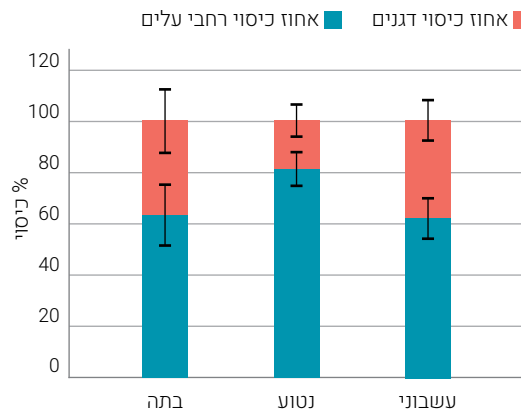
א. דגימה באפריל (GLMM, $\chi^2=26$, $P<0.001$); ב. דגימה במאי (GLMM, $\chi^2=32$, $P<0.001$)



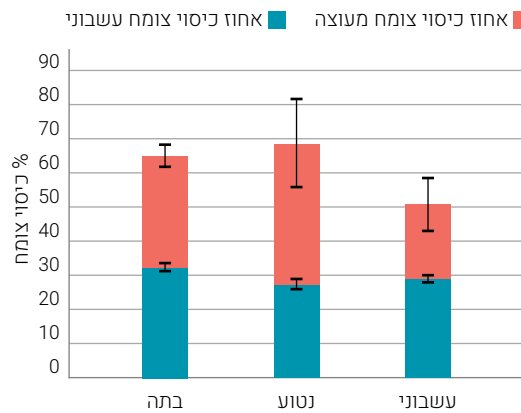
איור 11 | אחוז כיסוי ממוצע של צומח בשול הסמוך לשדה בדגימה באפריל, בחלוקה לסוג השוליים (LMER, $\chi^2=0.19, P=0.9$)



איור 12 | אחוז כיסוי ממוצע של צמחים דגניים (LMER, $\chi^2=3.9, P=0.1$) לעומת צמחים רחבי עלים (LMER, $\chi^2=3.2, P=0.1$) בדגימה באפריל בשטח הטבעי והטבעי למחצה הסמוך לשדה, בחלוקה לסוג השוליים



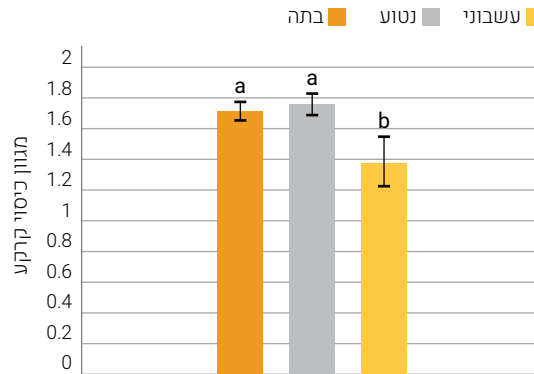
איור 13 | אחוז כיסוי ממוצע של צומח עשבוני (ANOVA, $F=0.2, P=0.8$) ומעוצה (ANOVA, $F=1.01, P=0.3$) בשטח בשול הטבעי והטבעי למחצה הסמוך לשדה בדגימה במאי, בחלוקה לסוג השוליים



תכסית הקרקע

נמצא מגוון גבוה באופן מובהק של סוגי תכסית הקרקע (מייצג מגוון של מצעים וחומרי קינון לחרקים, ובפרט לדבורי בר) בשולי הבתה והיער הנטוע, ביחס לשוליים עשבוניים (איור 14).

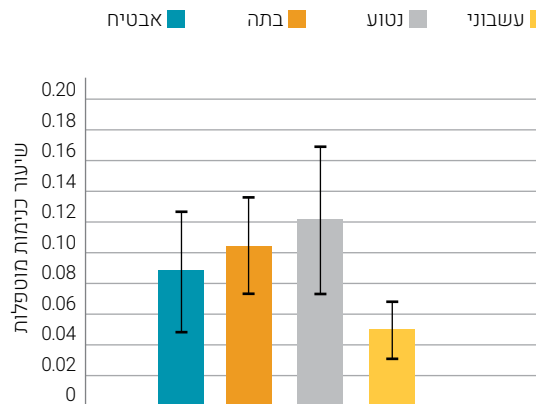
איור 14 | מגוון Shannon-Weaver ממוצע (אינדקס מגוון H) של סוגי כיסויי הקרקע השונים, בחלוקה לסוג השוליים
(LMER, $\chi^2=15.3$ P<0.001). מבחן המשך: בתה-עשבוני (tukey, t=3.2, P=0.01), עשבוני-נטוע (tukey, t=-3.8, P=0.004)



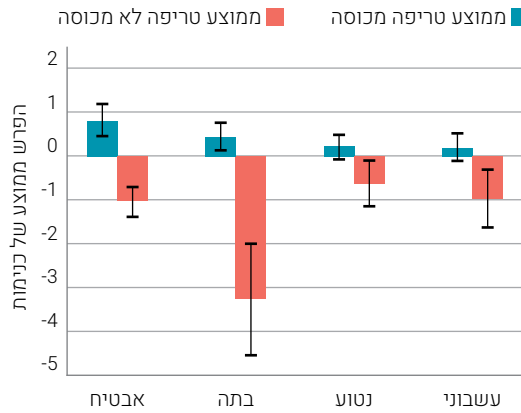
מזיקים ואיבים טבעיים

לא נמצאו הבדלים מובהקים בין סוגי השוליים השונים בשיעור הכנימות המוטפלות (איור 15) ובהפרש של מספר הכנימות עם טורפים ובלעדיהם (איור 16). כלומר, לא נמצאו הבדלים בתפקוד איבים הטבעיים (טורפים ופרזיטואידים) בין סוגי השוליים השונים.

איור 15 | שיעור ממוצע של כנימות מוטפלות בחלוקה לסוג השוליים (LMER, $\chi^2=2.6$, P=0.44)



איור 16 | הפרש ממוצע של כנימות שנספרו על עלי חמנייה מכוסים (LMER, $\chi^2=2.2$, $P=0.52$) ולא מכוסים (LMER, $\chi^2=5.8$, $P=0.12$) בפער של 48 שעות, בחלוקה לסוג השוליים

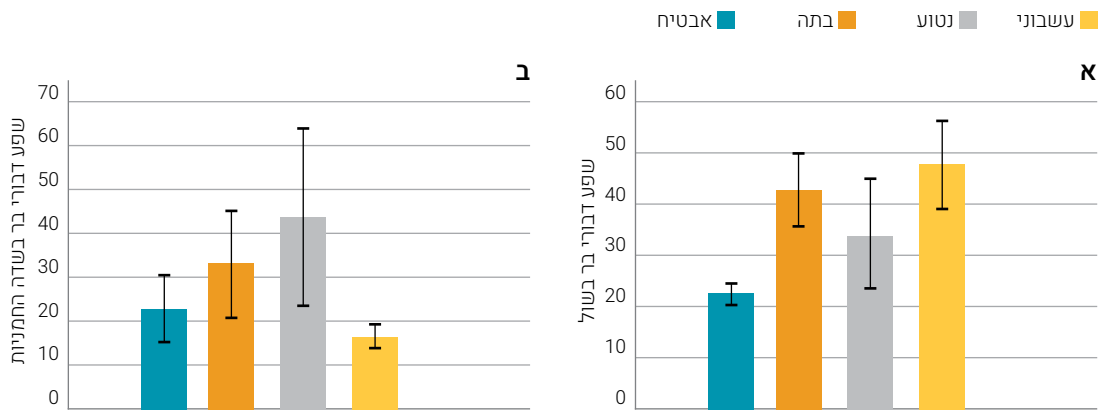


מאבקים

לא נמצאו הבדלים מובהקים בשפע דבורי הבר בסוגי השוליים השונים ובשדה החמניות הצמוד (איור 17 א, ב, בהתאמה). הדבורים טרם הוגדרו ולכן לא ניתן לבחון הבדלים בעושר מיני הדבורים בשלב זה.

איור 17 | שפע ממוצע של דברי בר

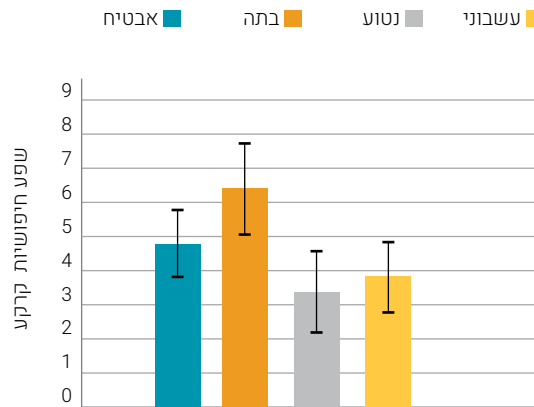
א. בשול הסמוך לשדה, בחלוקה לסוג השוליים (GLMM, $\chi^2=6.02$, $P=0.11$); ב. בתוך שדה החמניות, בחלוקה לסוג השוליים (GLMM, $\chi^2=2.6$, $P=0.44$)



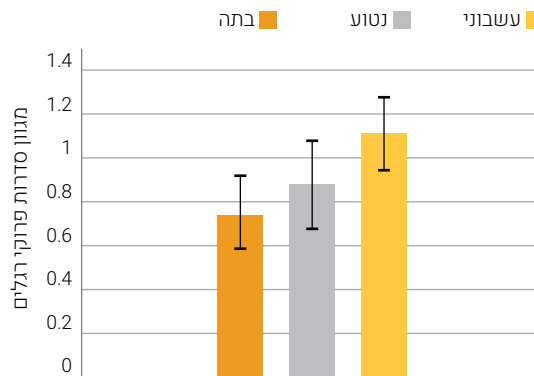
מגוון מינים

לא נמצאו הבדלים מובהקים בשפע חיפושיות הקרקע (אינדיקטור למגוון מינים) (איור 18) ובמגוון סדרות פרוקי הרגלים (איור 19) שנדגמו בסוגי השוליים השונים. החיפושיות טרם הוגדרו ולכן לא ניתן לבחון הבדלים בעושר מיני החיפושיות בשלב זה.

איור 18 | שפע ממוצע של חיפושיות קרקע (מלכודות נפילה) בשול הסמוך לשדה, בחלוקה לסוג השוליים (GLMM, $\chi^2=0.13$, $P=0.9$)



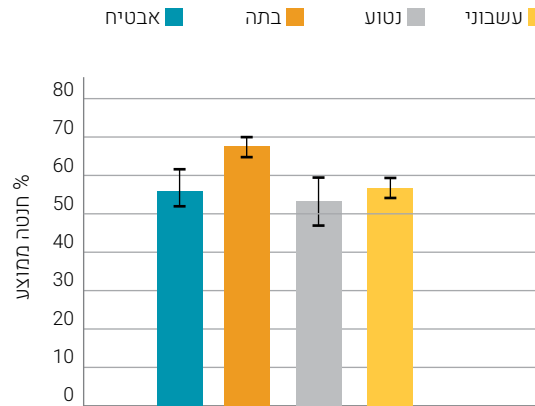
איור 19 | מגוון Shannon-Weaver ממוצע (אינדקס מגוון H) של סדרות פרוקי רגלים במלכודות הנפילה, בחלוקה לסוג השוליים (LMER, $\chi^2=7.1$, $P=0.06$)



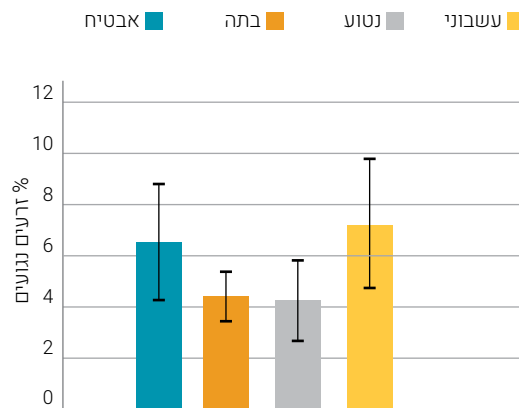
חנטה

לא נמצאו הבדלים מובהקים בין סוגי השוליים השונים באחוז חנטת הזרעים (איור 20), בשיעור הזרעים שנפגעו ממזיקים (איור 21) או במשקל הזרעים הממוצע (איור 22).

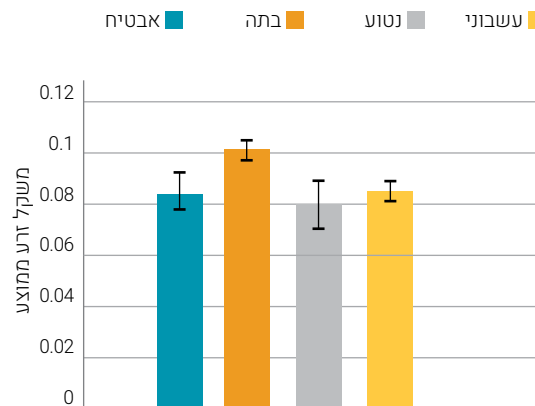
איור 20 | אחוז חנטה ממוצע בחלוקה לסוג השול (LMER, $\chi^2=3.9$, $P=0.26$)



איור 21 | אחוז ממוצע של זרעים נגועים בחלוקה לסוג השול (LMER, $\chi^2=2.8$, $P=0.41$)



איור 22 | משקל זרע ממוצע בחלוקה לסוג השול (LMER, $\chi^2=2.79$, $P=0.42$)



סיכום

תוצאות הראשוניות שהתקבלו עד כה מראות כי במערכת האגרואקולוגית בשפלת יהודה קיימת שונות רבה במרבית המדדים הנבחנים בתוך סוגי השוליים השונים (על פי קווי השגיאה ביחס לממוצע בכל סוג שול). כלומר, בחלקות המחקר השונות נמצאו הבדלים ניכרים במשאבי הפריחה, בחברות פרוקי הרגליים ובתפקודן, אולם הסיווג הראשוני לסוגי השוליים השונים אינו מבטא בצורה טובה את השונות הזו. אנו ממשיכים בנייתוחים לבחינת מדדים חלופיים לסוג סוגי השוליים במערכת האגרואקולוגית הנבחנת.

מקורות

פרלברג א, לבל מ, טסלר נ, אורן א, רון מ, שמש ב, קדם א, חביב א, ידוב ש ורמון א. 2016. בא"פ לכיש – סקר ניתוח והערכה של ערכי טבע. תל-אביב: מכון דש"א.

Campbell JW and Hanula JL. 2007. Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation* **11**: 399-408.

Westphal C, Bommarco R, Carre G, Lamborn E, Morison N, Petanidou T, Potts SG, Roberts SPM, Szentgyorgyi H, Tscheulin T, Vaissiere BE, Woyciechowski M, Biesmeijer JC, Kunin WE, Settele J, and Steffan-Dewenter I. 2008. Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs* **78**: 653-671.

עטלפי חרקים מדבריים ותרומתם כספקי שירותי מערכת אקולוגית במטעי תמרים

כרמי קורין, יובל ארזי, מיכל סגולי, המחלקה לאקולוגיה מדברית, המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, הקריה בשדה בוקר, מדרשת בן-גוריון
ג'סיקה שקרמן, מו"פ חקלאי ערבה דרומית ומו"פ מדבר וים המלח

מבוא

הגללים של עטלפי חרקים שנלכדו במטעי התמרים ומצאנו כי מינים שונים ניזונים ממזיקי התמר, ובהם מזיקים כלכליים חשובים, כגון עש התמר הקטן ועש התמר הגדול. ממצאים אלה היו בסיס למחקר הנוכחי שהתמקד במציאת דרכים להעשרת פעילות העטלפים במטעי התמרים בערבה הדרומית. בחנו את השימוש בבריכות מים מלאכותיות וקטנות, שמבוסס על הידע כי עטלפים בטבע שותים תוך כדי תעופה ולכן צריכים "משטחי" מים כדי לשתות. נוסף על כך, בחנו את הקשר בין פעילות העטלפים לשכיחות המזיקים, והתמקדנו בעש התמר הקטן (*Batrachedra amydrula*). חזינו כי פעילות העטלפים תעלה עם מילוי הבריכות, וכי נמצא מתאם בין העלייה בפעילות לצפיפות עש התמר הקטן.

עטלפי חרקים מספקים שירותי בקרה ביולוגית באמצעות טרף של מגוון רחב של מזיקי חקלאות, ובהם מזיקי חקלאות קשים ביותר. נוסף על כך, ישנם גם ממצאים המורים כי העטלפים מווסתים את האוכלוסיות של אותם מזיקים חקלאיים. נכון להיום חלק ניכר מהמחקר על עטלפי חרקים במערכות חקלאיות מכוון להגדלת פעילותם במערכות אלה על בסיס גישות המבוססות על ידע אקולוגי. במסגרת מחקר מקדים הקלטנו בקיץ 2018 11 מיני עטלפי חרקים ששיחררו למזון במטעי התמרים בערבה הדרומית. מינים אלה הם 65% מכלל עטלפי המדבר, ופעילותם הייתה מבין הגבוהות ביותר שהוקלטו באזורים מדבריים בישראל. נוסף על כך, במסגרת המחקר המקדים ניתחנו את

שיטות

(תחילת אפריל). ניטור העטלפים נעשה באמצעות גלאי עטלפים המיועד להקלטת הקולות העל-שמעיים, ומאפשר לאמוד את עושר מיני העטלפים ופעילותם באמצעות ניתוח קולות בתוכנת מחשב. במקביל לניטור העטלפים ספרנו את כמות פרטי עש התמר הקטן באמצעות מלכודות פרומון. הניסוי כלל שמונה בריכות בגודל של $0.3 \times 2 \times 3$ מטר, והתוצאות עובדו באמצעות מבחני שונות במודל ה-GLM וברגרסיות ליניאריות.

המחקר נערך במטעי התמרים של קיבוץ סמר במהלך החודשים פברואר-אפריל 2020, וכונן להופעת הדור הראשון של עש התמר הקטן. הניסוי כלל שלושה שלבים: א. הקמת בריכות (ביקורת); ב. מילוי הבריכות במים (טיפול); ג. ריקון המים מהבריכות (ביקורת שנייה). השלב של מילוי המים תואם לשלב שבו התפרצות העש גבוהה (במהלך מרץ), וסיום הניסוי (שלב שלישי) תואם לפני מתן הריסוס הראשון כנגדו

תוצאות

הבריכות. לא נמצא מתאם בין פעילות העטלפים למספר העשים שנלכדו במלכודות הפרומונים, אך השינוי בדגם פעילות העטלפים והעשים היה דומה, ובשניהם הייתה ירידה מובהקת לאורך תקופת הניסוי.

במהלך הניסוי שיחררו למזון 13 מינים של עטלפי חרקים במטעי התמרים, בהם מין עטלף נדיר ביותר בישראל (בלומף שחור, *Barbastella leucomelas*). נמצא כי עושר המינים ופעילות העטלפים עלו באופן מובהק בשלב של מילוי המים בבריכות, וירדו עם ריקון

דיון ומסקנות

היבול ולהקטנת כמות הריסוסים עולה כיום בגידולים חקלאיים שונים. מחקר זה ודומים לו מאפשרים לבחון את השימוש בכלים ידידותיים מבוססי ידע אקולוגי להגברת הנוכחות של אויבים טבעיים. תוצאות המחקר מדגישות גם את החשיבות של חקלאות תומכת סביבה לקיום מגוון גבוה של עטלפי חרקים מדבריים, שחלק מהם נדירים ביותר, שמספקים שירותי מערכת חיוניים כאויבים טבעיים למזיקים.

תוצאות הניסוי מורות כי לשימוש בבריכות מים מלאכותיות וקטנות יש השפעה חיובית על העושר והפעילות של עטלפי חרקים במטעי התמרים בערבה הדרומית, שהם גם אויבים טבעיים למזיקי התמר. כלי זה וכלים דומים לו הם אמצעים פשוטים וקלים לתפעול על ידי החקלאים, ואינם דורשים השקעת זמן ומשאבים רבים. עם זאת, לכל כלי ממשק בחקלאות יש גם חסרונות שונים, הניתנים לטיפול. הדרישה לשימוש בכלים ידידותיים וארוכי טווח לשיפור איכות

ניתוח ההשפעות הסביבתיות של גידולים חקלאיים: יישום לדוגמה עבור תפוחי אדמה

נאוה חרובי, המכללה האקדמית נתניה

שרית שלהבת, יועצת בתחום ניתוח מחזור חיים

ברכה גל, היחידה לכלכלת הייצור, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.

צפיר גרינהוט ושחר פינקוביץ משירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות ופיתוח הכפר סייעו רבות בייעוץ למחקר

רקע

הקונוונציונלית יש פחות השפעות סביבתיות מאשר לחקלאות האורגנית (חרובי ושללהבת, 2010).

לפיכך, הגענו למסקנה כי החקלאים צריכים לקבל מידע אובייקטיבי על ההשפעות הסביבתיות של תשומות הייצור ושל שיטות העיבוד שלהם. המידע צריך לכלול לא רק את סך ההשפעה הכוללת על הסביבה, אלא גם השפעות לפי קטגוריות סביבתיות שונות, כגון שינוי אקלים, כדי שיאפשר לחקלאים להתמקד בתחומים החשובים להם. והדבר החשוב ביותר – על המידע להיות בנוי כך שיהיה קל להבנה ונוח לגישה עבור החקלאים.

תיאור המיזם

בנינו תחשיב של ההשפעה הסביבתית של גידול תפוחי אדמה בפירוט לפי כל תשומה ולפי קטגוריות שונות של השפעות סביבתיות. התחשיב בנוי כך שניתן לצרפו לתחשיבים הכלכליים של שה"מ (שירות ההדרכה והמקצוע) הקיימים באינטרנט לצורך גישה נוחה למגדלים. מכיוון שהמגדלים כבר מכירים את מבנה התחשיב הכלכלי של שה"מ, ניתחנו את שיטות הגידול ואת התשומות בהתאם למבנה הנתונים בתחשיבי שה"מ. צירוף התחשיב הסביבתי לתחשיב הכלכלי של שה"מ באינטרנט מאפשר להציג בפני החקלאים את ההשלכות הסביבתיות של הגידול וזאת בד בבד עם המידע הכלכלי.

רבים מהחקלאים בארץ מודעים להשפעה המשמעותית של החקלאות על הסביבה, ומעוניינים לאמץ שיטות גידול משמרות סביבה, אך חסר להם ידע על הדרכים היעילות ביותר לעשות זאת ועל עלותן הכלכלית. נוסף על כך, רבים מהחקלאים מודעים בעיקר להשפעות של גורמים הנראים לעין, כגון שימוש בחומרי הדברה, ולא להשפעות בתחומים בעלי חשיבות מרכזית לסביבה, כגון השימוש באנרגיה ממשאבים מתכלים, הפחתת הפליטה של גזי חממה ושימור המערכת האקולוגית (בנדס-יעקב ואח', 2014).

גם חקלאים בעלי מודעות גבוהה לנושאים סביבתיים, המשקיעים מאמץ רב בפיתוח חקלאות משמרת סביבה, אינם נוקטים בהכרח את הפעולות היעילות ביותר לשימור הסביבה. לדוגמה, מחקרים קודמים בארץ ובעולם מצאו כי אף על פי שגם דשנים וגם חומרי הדברה נחשבים מזיקים לסביבה, מבחינת ההשפעה הסביבתית הכוללת – דשנים גורמים נזק רב יותר, מכיוון שתהליך הייצור שלהם כרוך בשימוש במשאבי אנרגיה מתכלים בכמות גדולה בהרבה. היות שכך, חשוב יותר להתמקד בשימוש מושכל בדשנים מאשר בהפחתת חומרי הדברה. חקלאים רבים עוברים לחקלאות אורגנית למטרת שימור הסביבה, אך ההשפעה הסביבתית של מעבר זה בפועל תלויה בגידול הספציפי. לדוגמה, נמצא כי במקרים רבים בגידולי המטעים בארץ לחקלאות

מטרת המחקר

הסביבתי החשוב ביותר, יעדיף להתמקד בתשומות המשפיעות ביותר על שינוי האקלים, ואילו חקלאי המעוניין בעיקר בהפחתת הנזק הסביבתי לו ולעובדיו משאיפת חלקיקים, יעדיף להתמקד בתשומות המשפיעות ביותר על הנזק הבריאותי משאיפת חלקיקים.

יתרה מכך, מידע זה מאפשר לכל בעלי העניין, הכוללים גם את משרד החקלאות ומקבלי החלטות אחרים, נגישות קלה למידע על ההשפעות הסביבתיות של המרכיבים השונים בתהליך הייצור החקלאי, כולל ההשפעה של כל פעולה חקלאית בנפרד (לדוגמה, חריש, דישון בשיטות שונות) ושל תשומות הייצור (לדוגמה, דשנים וחומרי הדברה – בפירוט לגבי כל חומר בנפרד).

מטרת המחקר היא לספק לחקלאים את המידע הדרוש לקבלת החלטות שיפחיתו את ההשפעה הסביבתית שלהם, בדרך שתהיה נגישה וקלה להבנה עבורם.

מטרת תחשיב ההשפעות הסביבתיות היא לסייע לחקלאים המעוניינים בכך לתרום לשיפור הסביבה. נתוני התחשיב מאפשרים לחקלאים לכמת את ההשפעה הסביבתית של כל אחת מתשומות הייצור שלהם, כדי להחליט באילו גורמים להתמקד כדי להביא לתרומה הגדולה ביותר לסביבה – לדוגמה, האם עדיף להשקיע בהפחתת חומרי הדברה, בדישון מדויק, או בשימוש יעיל יותר במכשור חקלאי? פירוט ההשפעות הסביבתיות לפי קטגוריה יאפשר לחקלאים להתאים את החלטותיהם למסגרת העדיפויות האישיות שלהם. לדוגמה, חקלאי הסבור כי שינוי האקלים הוא הנושא

שיטת המחקר

בלבד. הניתוח נעשה עבור שלוש יחידות פונקציונליות: השפעות סביבתיות לטונה תפוחי אדמה; השפעות סביבתיות לדונם ייצור; השפעות סביבתיות למ"ק מים. הניתוח ליחידת מים אינו נפוץ, אך הוא חשוב במיוחד בתנאי הארץ.

איור 1 מציג את תרשים הזרימה של התהליכים הכרוכים בגידול תפוחי אדמה ובשיווקם. ניתוח שלבי הגידול מבוסס על מבנה התחשיב הכלכלי של שה"מ, וכולל את המרכיבים האלה:

שיטת הניתוח של ההשפעות הסביבתיות מבוססת על ניתוח מחזור חיים (Life Cycle Assessment). זוהי שיטה המנתחת את ההשפעות הסביבתיות של כל גורם ייצור "מהעריסה עד לקבר": החל בשלב הראשוני של כריית חומרי הגלם, דרך תהליכי הייצור של המפעלים שמייצרים את המיכון והכימיקלים לשימוש בשדה, וכלה בשלב סיום השימוש במוצר והשלכתו. הניתוח מתבסס על מאגרי מידע בין-לאומיים, הכוללים את ההשפעות הסביבתיות של כל חומר ותהליך ייצור לאורך מחזור החיים.

מכיוון שהניתוח מיועד לשימוש החקלאים, הגבלנו את היקף הניתוח מהשלב הראשוני ועד לשער בית האריזה

1. תהליך העיבוד בשדה:
 - תהליכי הייצור של המכונה וחישוב החלק שניתן לייחס לעיבוד דונם בשדה. תהליכי הייצור הם במידה רבה פונקציה של סוג המכונה, משקל המכונה וגודלה.
 - שימוש בדלק
 - חומרים אחרים בשימוש (שמן סיכה)
 - אחסון המכונה (מבנה האחסון הנדרש, ששטחו נוסף לשטח העיבוד)
 - שלב ההיפטרות מהמכונה
 - הניתוח של תהליכי הייצור של המיכון מבוסס על תהליכי ייצור באירופה והעברת המיכון לשווייץ. במחקר המשך נוכל להוסיף גם את מרכיב ההובלה של המיכון לארץ.
 2. פקעות תפוחי אדמה:
 - ההשפעות הסביבתיות של גידול הפקעות נלקחו ממאגרים בין-לאומיים.
 - מרכיב ההובלה של הפקעות לא הובא בחשבון, מכיוון שניתחנו את הגידול עבור תפוחי אדמה בסתיו, שמתבסס על פקעות מקומיות. במחקר המשך שיכלול ניתוח לפי זנים, נוכל להוסיף גם את מרכיב ההובלה מחו"ל לגידול בעונת האביב.
 3. מים כמשאב טבע: השימוש מבוסס על ניתוחים קודמים שנעשו באופן ספציפי עבור ישראל.
 4. תהליכי ההשקיה: הניתוח מבוסס על נתוני ארה"ב, וכולל את השימוש במשאבות לשאיבת המים, הובלת המים והתשתית הנדרשת. במחקר המשך ניתן להוסיף ניתוח מפורט יותר של התהליך שיתייחס לגורמים מקומיים, כגון צריכת החשמל בנתוני הארץ.
 5. דשנים: הנתונים לקוחים מהתחשיב ומותאמים לחומרים הדומים ביותר בבסיס הנתונים הקיים.
 6. חומרי הדברה: הנתונים לקוחים מהתחשיב. ההשפעות הסביבתיות מתבססות על הרכב החומרים הפעילים בכל חומר הדברה.
 7. אריזה בשדה במכלי עץ.
 8. תהליכי מיון ושקילה: החישוב מבוסס על ההשפעות הסביבתיות של תהליכים אלה באירופה.
 9. שטיפה וחיטוי: כרבע מתפוחי האדמה בארץ עוברים תהליך חיטוי. לניתוח השתמשנו בפרסומים בין-לאומיים על שיטות החיטוי המקובלות.
10. שימוש בבית אריזה: מבוסס על השטח שטונה תפוחי אדמה תופסת בבית אריזה, ועל השימוש היחסי במכונת אריזה לטונה.
 11. הובלה: תפוחי אדמה מועברים לשוק המקומי במשאיות רגילות. הובלת תפוחי אדמה ליצוא נעשית במכולה מקוררת. הניתוח מבוסס על גידול לשוק המקומי, ולפיכך אינו כולל את מרכיב הקירור.
 12. אחסון: גם כאן קיימות שתי אפשרויות – אחסון בקירור, המקובל בחו"ל, ואחסון שלא בקירור. הניתוח מבוסס על אחסון ממוצע למשך שלושה חודשים.
 13. אריזה לשוק המקומי: התבססנו על ניתוח אריזה בשקיות פוליאטילן. כמות החומר מבוססת על היחס בין משקל השקיות למשקל תפוחי האדמה. ההשפעות מבוססות על השפעות הייצור של השקיות לפי נתונים בין-לאומיים.
 14. תשתיות בשדה: הנחנו שכל דונם שדה מעובד מלווה גם ב-3 מ"ר של תשתית חקלאית, כולל שבילים וכבישים לצורך הגישה לשדה. הניתוח מתייחס להשפעה שנתית של תשתית המחזיקה מעמד שנים רבות.
 15. ריבית ושונות: הנתונים בסעיף זה הם נתונים פיננסיים. לפיכך, התבססנו על ניתוח ההשפעות הסביבתיות של שירותים פיננסיים ושירותים חקלאיים באיחוד האירופי לפי עלות, בהתאמה לעלויות בארץ.
 16. היטלים ועמלת שיווק לשוק מקומי: גם כאן הנתונים פיננסיים, ולכן השתמשנו בניתוח ההשפעות לפי עלויות באיחוד האירופי. הנחנו שהעלות מתחלקת שווה בשווה בין הוצאות על שיווק סיטונאי להוצאות על שירותים עסקיים שונים.
 17. שימוש בשטח לעיבוד: השימוש בדונם אדמה לעיבוד חקלאי הוא אחד המרכיבים החשובים בהשפעות הסביבתיות של החקלאות. הניתוח מבוסס על שימוש בקרקע כמשאב טבע, בהתבסס על ההשפעות הסביבתיות בחו"ל.
 18. אשפה: הנחנו שהחלק של התוצרת שנפסל לשימוש הופך ברובו לאשפה אורגנית (Biowaste). בתהליך הייצור והאחסון נוצרת גם אשפה נוספת, שלא נכללה בניתוח.



(et al., 2016). הפרסום כולל את ההסבר על מרכיבי השיטה, פירוט האינדיקטורים ויחידות התחשיב עבור כל קטגוריה, ושקלול המרכיבים השונים עבור כל מדד.

מגבלות השיטה

הניתוח מבוסס על הפליטות כפי שהן ניתנות בבסיסי הנתונים הבין-לאומיים. לפיכך, המחקר אינו מתייחס למיקום החלקה במרחב ולהשפעות הסביבתיות הספציפיות הקשורות לנושא זה. התאמת מקדמי ההמרה למקרה הישראלי מחייבת מחקר מעמיק מעבר להיקף המחקר הנוכחי, ויכולה להיות בסיס למחקרי המשך בנושא.

לצורך הניתוח השתמשנו בתוכנת סימה פרו. תוכנה זו כוללת מספר שיטות לחישוב ההשפעות הסביבתיות. עקב המגבלות הקיימות בכל שיטה, השתמשנו בשיטות שיטות הנותנות תוצאות שונות במידה מסוימת. לחישוב ההשפעות הסביבתיות הכוללות השתמשנו בשיטת TRACI 2.1 V1.04, US-Canadian 2008 (Bare, 2011). לניתוח ההשפעות הסביבתיות לפי קטגוריות (בריאות האדם, מערכת אקולוגית ומשאבים מתכלים) השתמשנו בשיטת ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.00, המאפשרת ניתוח מפורט יותר. ההסבר על כל אחד מהמדדים, הצגת הנתונים המרכיבים כל מדד ודרך חישוב המדד מופיעים בפרסומים המקוריים על פיתוח השיטה (Huijbregts)

ממצאים עיקריים

בניתוח משוקלל של סך כל ההשפעות של גידול תפוחי אדמה על הסביבה נמצא כי הדשנים אחראים ל-37% מהן. בניתוח לפי קטגוריות נמצא כי הם אחראים ל-30% מההשפעות על בריאות האדם, ל-25% מההשפעות על המערכת האקולוגית, ול-49% מההשפעות על משאבים מתכלים. מתוך הדשנים, השימוש בסופר פוספטים הוא הגורם העיקרי להשפעות על בריאות האדם והמערכת האקולוגית. אם בודקים את ההשפעה על משאבים מתכלים מסתבר כי גם לאמון החנקתי ולאוריאה יש חלק חשוב בה. תוצאה זו דומה לתוצאות של ניתוחי מחזור חיים קודמים של גידולים חקלאיים. ההשפעות הסביבתיות של תהליך ההשקיה, כולל השימוש במים כמשאב טבע, הן הגבוהות ביותר, ומתקרבות למחצית מכלל ההשפעות על בריאות האדם והמערכת האקולוגית. שלב האחסון הוא השלישי בגודלו, ואחראי ל-22% מסך כל ההשפעות הסביבתיות הכוללות של הגידול.

תוצאות הניתוח כוללות את ההשפעה הסביבתית לדונם גידול, את ההשפעה הסביבתית לטונה ואת ההשפעה הסביבתית למ"ק מים.

כדי לענות על השאלה "באילו גורמים כדאי לחקלאים להתמקד כדי למזער את הפגיעה בסביבה?", נוח ביותר לבחון את ההשפעות באחוזים. לוח 1 מראה את תרומת גורמי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות, באחוזים. העמודה הימנית מראה את ההתפלגות לפי סך כל ההשפעות הסביבתיות מכל הסוגים. שלוש העמודות משמאל מראות את תרומת גורמי הייצור להשפעות סביבתיות לפי קטגוריות שונות: בריאות האדם, המערכת האקולוגית ומשאבים מתכלים. התחשיב מציג רק את הגורמים המופיעים בתחשיב הכלכלי של שה"מ. מכיוון שהניתוח הכולל והניתוח לפי קטגוריות נעשו בשיטות שונות, העמודה המציגה את סך כל ההשפעות אינה שקלול של ההשפעות לפי קטגוריה, ויכולה להיות שונה מהן באופן מהותי.

לוח 1 | התפלגות ההשפעות הסביבתיות באחוזים

הלוח מראה את התרומה היחסית של גורמי הייצור השונים להשפעות הסביבתיות של הגידול: בסך הכול ולפי שלוש קטגוריות של השפעות סביבתיות. תיאור הסעיפים לקוח מהתחשיב הכלכלי של שה"מ. ניתוח ההשפעות הסביבתיות הכוללות נעשה בשיטת TRACI, בעוד שניתוח ההשפעות לפי קטגוריות נעשה בשיטת ReCiPe. מכיוון שכך, העמודה הימנית אינה שקלול של העמודות שמשמאל לה, ואף עשויה להיות שונה מהן באופן מהותי.

השפעות סביבתיות לפי קטגוריות			סך כל ההשפעות הסביבתיות	תיאור הסעיף בתחשיב
משאבים מתכלים	המערכת האקולוגית	בריאות האדם		
1.38%	0.45%	0.56%	0.62%	חריש 25 ס"מ
0.28%	0.15%	0.16%	0.19%	החלקה
0.82%	0.28%	0.34%	0.38%	תילום
0.30%	0.10%	0.12%	0.18%	פיזור זבל אורגני
0.82%	0.28%	0.34%	0.38%	תיחוח
0.82%	0.28%	0.34%	0.38%	עירוג
0.12%	0.07%	0.07%	0.11%	ריסוס חומרי הדברה
2.20%	0.25%	0.32%	0.26%	עבודת טרקטור ללא עיבודים
0.67%	0.39%	0.41%	0.69%	זריעת תפוחי אדמה
7.42%	2.26%	2.67%	3.21%	סך כל הכנת השטח והמיכון
0.62%	2.07%	0.99%	10.16%	פקעות זריעה – תפוחי אדמה
0.62%	2.07%	0.99%	10.16%	סך כל השתילים
16.36%	0.78%	1.38%	0.60%	אמון חנקתי נוזלי
8.16%	2.61%	2.67%	1.97%	אוריאה
22.78%	20.99%	24.99%	33.67%	סופר פוספט מגורען
1.62%	1.01%	0.99%	1.03%	אשלגן כלורי
48.91%	25.39%	30.02%	37.27%	סך כל הדשן
0.01%	0.00%	0.01%	0.02%	קונפידור
0.10%	0.15%	0.23%	0.35%	רידומיל גולד
0.02%	0.00%	0.01%	0.01%	סנקור
0.10%	0.02%	0.03%	0.01%	רגלון
0.36%	0.53%	0.80%	1.22%	מנצידן
0.11%	0.01%	0.04%	0.08%	ברבו
0.23%	0.07%	0.35%	0.98%	מנקור

השפעות סביבתיות לפי קטגוריות				
משאבים מתכלים	המערכת האקולוגית	בריאות האדם	סך כל ההשפעות הסביבתיות	תיאור הסעיף בתחשיב
0.02%	0.00%	0.01%	0.02%	סיגנום
0.03%	0.00%	0.01%	0.01%	סלסט בנפח נמוך
0.01%	0.00%	0.01%	0.01%	מוליט
1.01%	0.79%	1.48%	2.71%	סך כל ההדברה
16.67%	54.59%	48.75%	18.02%	מים
16.67%	54.59%	48.75%	18.02%	סך כל המים
0.35%	0.05%	0.09%	0.03%	ריבית להון חוזר
3.37%	0.49%	0.89%	0.31%	שונות
3.72%	0.53%	0.98%	0.33%	סך כל הריבית והשונות
2.73%	2.16%	2.23%	3.27%	הוצאת תפוחי אדמה בקומביין
0.48%	0.55%	0.11%	0.44%	שימוש במכלים
0.47%	0.13%	0.32%	0.98%	מיון, שטיפה, אריזה ושקילת תפוחי אדמה
2.89%	0.27%	0.50%	0.90%	הובלת תפוחי אדמה
5.72%	10.11%	9.78%	21.93%	אחסון תפוחי אדמה (כולל שימוש במכלים)
0.61%	0.03%	0.06%	0.11%	חומרי אריזה תפוחי אדמה
8.75%	1.12%	2.12%	0.67%	היטלים ועמלת שיווק לשוק מקומי
21.65%	14.37%	15.11%	28.29%	סך כל הקטיף, המיון, האריזה והשיווק
100%	100%	100%	100%	סך כל ההוצאות השוטפות

ההשפעה נובעת מתהליכי שאיבת המים והובלתם לצורך תהליך ההשקיה. עם זאת, גם לעצם ניצול המים כמשאב טבע יש השפעה חשובה, והוא תורם ל-14% מסך ההשפעות הסביבתיות. בסך הכול נראה כי הגורמים העיקריים להשפעות על בריאות האדם הם תהליך ההשקיה (35%) והסופר פוספטים (25%).

איור 3 מציג ניתוח ספציפי של תרומת הגורמים השונים בתהליך הייצור של הסופר פוספטים לסך כל ההשפעה שלהם על בריאות האדם. האיור מראה כי השימוש בחשמל בתהליכי הייצור השונים גורם נזק רב יותר מאשר השימוש בכימיקלים עצמם.

איור 2 מראה את תרשים הזרימה של ההשפעות הסביבתיות על בריאות האדם ואת התרומה של כל תהליך באחוזים מסך כל ההשפעה. הגורמים העיקריים להשפעות הסביבתיות הם (משמאל לימין): סופר פוספטים, חומר ההדברה מניידן, מים ואחסון. הריבועים מתחת להם מראים את הגורמים העיקריים להשפעה של כל תהליך: הגורם העיקרי להשפעות הסביבתיות של הסופר פוספטים הוא תהליך הייצור שלהם. הגורם העיקרי להשפעה של חומר ההדברה מניידן הוא תהליך הייצור של החומר הפעיל מנקוזב. כאשר בוחנים את ההשפעה הסביבתית של השימוש במים, נראה כי רוב

בחינת ההשפעה על חלקיקים עדינים באוויר מראה כי ההשפעה העיקרית נובעת משימוש בדשנים (62%). ההשפעות הסביבתיות של הפעולות השונות בשדה על בריאות האדם נגרמות בעיקר מעצם הפעולה, היות שהחלקיקים מפוזרים בזמן הפעולה.

בחינת ההשפעה של חומרים מסרטנים ושל חומרים לא-מסרטנים על בריאות האדם מעלה כי השלב הסופי במחזור החיים – השלכה לאשפה או שרפה של שאריות החומרים – הוא הגורם העיקרי לנזקים.

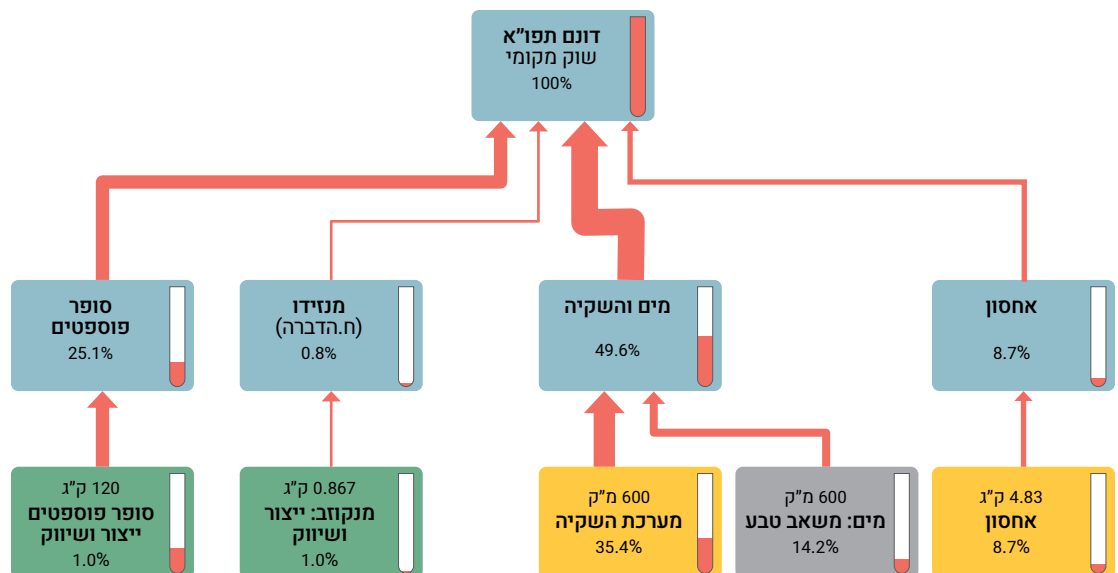
תהליכי הכנת השטח והמיכון תורמים אחוזים בודדים מסך כל ההשפעה הסביבתית, לבד מההשפעה על תהליכי יצירת האוזון, שתורמים 13% מסך כל הנזק של האוזון לבריאות האדם, ו-11% מהנזק של האוזון למערכת האקולוגית. הגורם העיקרי לנזק הסביבתי הנובע מתהליכים אלה הוא תהליך הייצור של המיכון החקלאי הנדרש, ובעיקר תהליכי הייצור של הטרקטורים המשמשים בתהליכי העיבוד. הנזקים הסביבתיים הנגרמים בתהליכי האריזה והאחסון, לבד מהשימוש בחומרי אריזה, נובעים במידה רבה מתהליכי בניית בית האריזה.

איור 4 מציג את ההשפעה של תהליכי הייצור השונים על ריכוז החלקיקים הזעירים באוויר ועל שינוי האקלים העולמי. ההשפעה נמדדת לפי הפגיעה הנגרמת לבריאות האדם. המדד לפגיעה בבריאות הוא DALY (Disability Adjusted Life Years), הכולל את משך הזמן שהאדם סובל מבעיות בריאות ואת הירידה בתוחלת החיים. איור 5 מציג את ההשפעה על המערכת האקולוגית. השפעה זו נמדדת במספר הזנים האבודים בשנה (Species/year). ניתן לראות כי השימוש בדשנים הוא הגורם המרכזי לפגיעה בבריאות האדם, והשימוש במים להשקיה הוא הגורם המרכזי לפגיעה במערכת האקולוגית.

בחינת ההשפעה הספציפית על שינוי האקלים מעלה כי הדשנים הם הגורם העיקרי המשפיע – הם תורמים 41% מכלל הנזק הסביבתי. מתוכם הסופר פוספטים תורמים 23%, האמון החנקתי 10%, והאוריאה 6%. המים הם הגורם השני בגודלו (18%). תהליכי השירות הנלווים (כגון שירותים בנקאיים ושיווק) אחראים ל-18% מסך ההשפעות על שינוי האקלים.

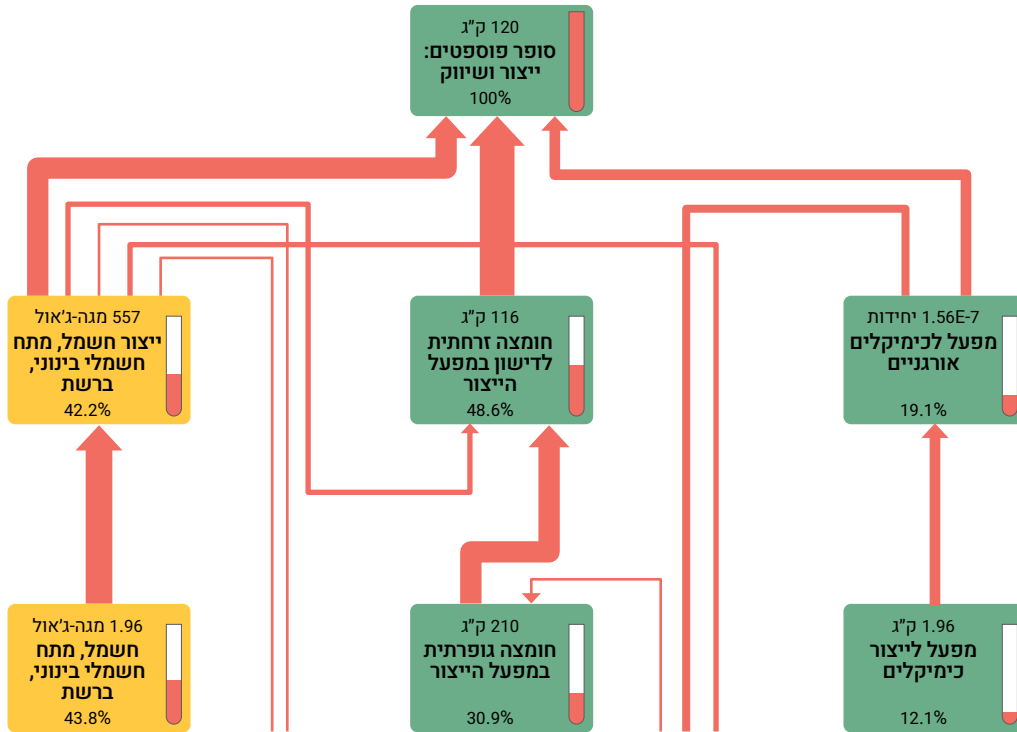
איור 2 | תרשים זרימה של ההשפעות הסביבתיות על בריאות האדם

האיור מראה את התרומה היחסית באחוזים של הגורמים העיקריים להשפעות הסביבתיות על בריאות האדם. המספרים בכל ריבוע מציגים את תרומת התהליך באחוזים מסך כל ההשפעה הסביבתית באותה קטגוריה. ה"מדחום" האדום שבצד ימין של הריבוע ממחיש את היקף התרומה. החיצים בין הריבועים מראים, לגבי כל תהליך, באילו תהליכי ייצור קודמים במחזור החיים הוא נעזר (החיצים המובילים אליו), ולאילו תהליכי ייצור בהמשך מחזור החיים הוא תורם (החיצים המובילים ממנו לתהליכים אחרים). עובי החיצים בין הריבועים ממחיש את היקף התרומה של כל תהליך ייצור נתון לתהליך הייצור שהוא מקושר אליו. התרשים מציג שתי רמות בלבד לשם המחשה, מכיוון שמעבר לכך מדובר בתרשים מסועף מדי להצגה.



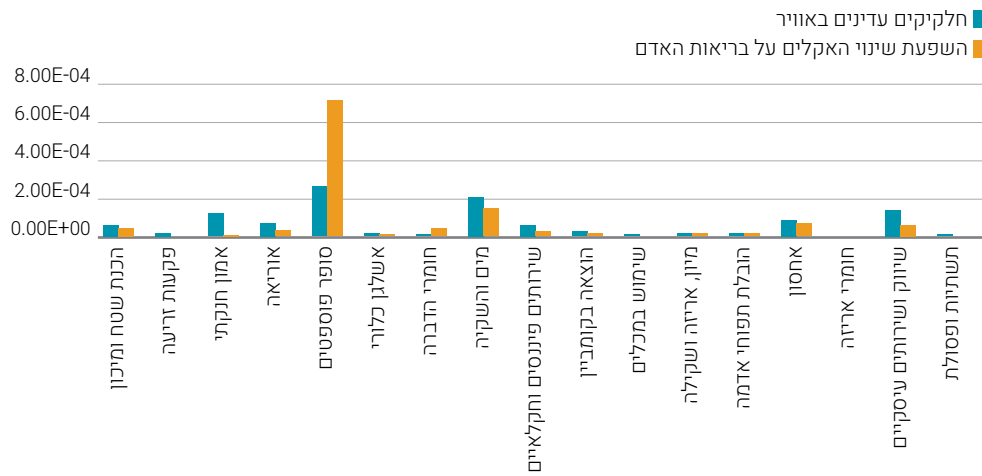
איור 3 | השפעות הסופר פוספטים על בריאות האדם

האיור מראה את התרומה היחסית באחוזים של הגורמים שונים בתהליך הייצור על בריאות האדם. הסבר מקיף על מבנה התרשים נתון באיור 2.



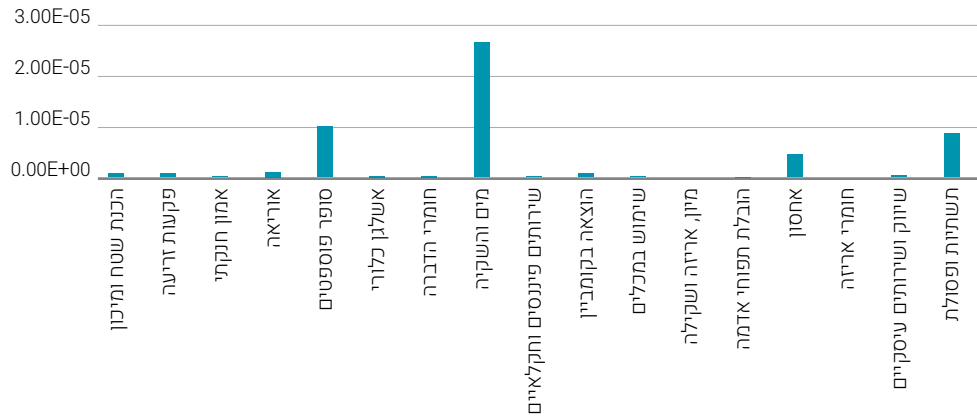
איור 4 | השפעת תהליכי הייצור על בריאות האדם

האיור מראה את ההשפעה של התהליכים על ריכוז חלקיקים עדינים באוויר ושינוי האקלים העולמי, מבחינת ההשלכות על בריאות האדם. היחידות מוצגות ב-DALY (Disability Adjusted Life Years), המבטא את מספר השנים שהאדם מאבד עקב פגיעה בבריאותו או מוות מוקדם.



איור 5 | השפעת תהליכי הייצור על המערכת האקולוגית

האיור מראה את ההשפעה של התהליכים על המערכת האקולוגית. ההשפעה נמדדת במספר הזנים האבודים בשנה (Species/year).



מסקנות והמלצות

מבחינת תהליכי האריזה, בעוד שלאריזה במכלי עץ יש השפעה סביבתית מינימלית, לשימוש בפלסטיק בשקיות לאריזה יש השפעה גדולה יחסית. לפיכך, בתכנון תהליך האריזה והשיווק רצוי להגדיל במידת האפשר את השימוש במכלי עץ על חשבון השימוש בשקיות. מכיוון שההשפעה הסביבתית של האריזה נובעת במידה רבה מעצם השימוש בבית האריזה, יכולת התמרון בתחום זה מוגבלת. בכל מקרה, בבניית בתי אריזה חדשים חשוב להשתמש בשיטות בנייה ידידותיות לסביבה במידת האפשר.

טבלאות ההשפעה הסביבתית הנוספות לתחשיב יכולות לסייע בהבנת הגורמים המשפיעים על הסביבה. לצורך יישום מעשי של המידע, יש לצרף לתוצאות הסברים והצעות מעשיות כיצד לצמצם את ההשפעה הסביבתית בכל קטגוריה, כמפורט לעיל.

מסקנות המיזם הן כי לקובעי מדיניות המעוניינים לבחור את תחומי ההשקעות שיביאו את מרב התועלת לסביבה, וכן לחקלאים המעוניינים להפחית את השפעותיהם הסביבתיות, השינוי ביבול הוא הדרך היעילה ביותר לצמצם את ההשפעות הסביבתיות לטונה. בבחינת ההשפעות הכוללות לדונם, הדרך היעילה ביותר לעשות זאת היא להפחית בכמות המים להשקיה, וכן לצמצם במידת האפשר את השימוש בדשנים, ובעיקר בסופר פוספטים.

מכיוון שההשפעה הכוללת של השימוש במיכון קטנה מזו של השימוש בחומרי הדישון, הרי שמבחינת הפחתת ההשפעות הסביבתיות, עדיף לעבור לדישון מדויק בכמות קטנה יותר לעיתים קרובות יותר (בהנחה שהדבר מאפשר להפחית את כמות הדשנים הכוללת), וזאת אף על פי שהמעבר כרוך בהגדלת השימוש במיכון. לגבי צמצום ההשפעה הסביבתית של השימוש במיכון, נראה כי הדרך היעילה ביותר היא לרכוש טרקטורים משומשים ולהאריך את משך חייהם ככל האפשר.

מקורות

בנדס-יעקב א, דוניץ ד, ברמניס ע וגלמן א. 2015. עמדות חקלאים על עשייה סביבתית. חוברת יום עיון נקודת ח"ן. ירושלים: נקודת ח"ן.

<http://ecoagriculture.campusteva.tau.ac.il/content/farmers-attitudes>

חרובי נ ושלמה ש. 2013. צריכת תוצרת חקלאית מול מיובאת – השוואת ערכים סביבתיים וחברתיים באמצעות ניתוח מחזור חיים. אקולוגיה וסביבה **4** (1 – פברואר): 38–43.

<http://magazine.isees.org.il/ArticlePage.aspx?ArticleId=306>

Bare JC. 2011. TRACI 2.0 - The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts. *Clean Technologies and Environmental Policy* **13**(5): 687-696.

<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10098-010-0338-9>

Huijbregts MAJ, Steinmann ZJN, Elshout PMF, Stam G, Verones F, Vieira MDM, Hollander A, Zijp M, and van Zelm R. 2016. *ReCiPe 2016: A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>

אוזון – משכבת הגנה עד קטילת מזיקי חקלאות מסוימים

יורם גרשמן, ביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה ומכללת אורנים
ליאורה שאלתיאל-הרפז, מכללת תל חי ומו"פ צפון
מיקי נוי, ממ"ר גידולי מטע סובטרופים, שה"מ, משרד החקלאות
קליף להב, מדריך ארצי למנגו, שה"מ, משרד החקלאות
כרמית סופר-ארד, הגנת הצומח, שה"מ, משרד החקלאות
ריקה קדושים, מו"פ צפון

מבוא

פני כדור הארץ. אוזון נוצר גם בגבהים נמוכים בהרבה בעקבות התפרקויות חשמליות באוויר, ומוכר לנו למשל ריח האוזון לאחר סופת ברקים. אוזון יכול להיווצר גם מהתפרקויות חשמליות קטנות יותר, כגון במדפסות לייזר גדולות, במכונות צילום גדולות או בעקבות ריאקציה בין תחמוצות חנקן או פחמימנים (שנפלטים ממנועי בערה פנימית, למשל) עם חמצן בנוכחות קרינת שמש. בניגוד לאוזון בשכבת האוזון, אוזון בגובה הקרקע נחשב למזהם, ויכול לגרום לגירוי בדרכי הנשימה, לשיעול, לירידה בתפקוד הריאות, להחמרת אסתמה ולהגברת הפגיעות לזיהומי מערכת הנשימה (המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות, 2014).

אוזון בפאזה הגזית נחשב לבעייתי, ולמרות זאת בתנאים מבוקרים היטב יש בו שימוש, למשל לחיטוי אוויר ומשטחים מוורוסים, חיידקים ופטריית או לסילוק מזהמים אורגניים. בניגוד אליו, אוזון מומס במים מוגדר כ-GRAS (Generally Recognized As Safe) על ידי ה-USDA וה-FDA, בין היתר כיוון שהוא מתפרק מהר מאוד (מחצית חיים של 20 דקות מול שלושה ימים בפאזה הגזית), ותוצר הפירוק העיקרי הוא חמצן, כך שאין חומרים שיוריים (אתר Lenntech). האוזון משמש רבות לחיטוי מי שתייה ומי בריכות וגלוקוזי במקום כלור (בניגוד לכלור, אין לו אפקט שיוירי) ולפירוק מזהמים שיוריים בקולחים. לאחרונה הודגם גם השימוש במי אוזון כטיפול מקדים יעיל בפסולת חקלאית לפני המרתה לאתנול (Peretz et al., 2017; Rosen et al., 2019).

גידול המנגו בישראל הוא ענף חקלאי חשוב, שמשתרע כיום על כ-20,000 דונם. ענף זה נמצא בצמיחה, ובשנה האחרונה חל גידול של 18% בנטיעות, בעיקר ליצוא. גידול המנגו רווחי, אבל הצמחים רגישים למספר רב של מזיקים מסדרות שונות של חרקים, ובהם: כנימת המנגו (*Milviscutulus mangiferae*), הכנימה האדומה (*Aonidiella aurantia*), הכנימה המזרחית (*Aonidiella orientalis*), קמחית ההדר (*Planococcus citri*), פריזבוב ים-תיכוני (זבוב הפירות הים תיכוני, *Ceratitis capitata*), תריפס הקיקיון (*Scirtothrips dorsalis*), תריפס המנגו (*Scirtothrips mangifera*), יקרונית קליפורני (*Frankliniella occidentalis*), יקרונית התאנה (*Batocera rufomaculata*), עלית (חיפושית) (*Monolepta lepida Reiche*) ואקריות: אקרית הפקע (*Cisaberoptus kenyae Keifer*) ואקרית המנגו (*Oligonychus Aceriamangiferae*). בעבר נהגו המגדלים להתמודד עם מזיקים אלה על ידי שימוש בחומרי הדברה ממשפחת הזרחנים האורגניים, אולם המודעות לנזקי החומרים ודרישות השוק המחמירות הביאו לביקוש לפיתוח חלופות ידידותיות כנגד מזיקים. לרוע המזל, לרבים ממזיקים אלה אין כיום חלופות כאלה. במחקר הנוכחי נבחנה חלופה שכזו – שימוש באוזון מומס במים.

אוזון, O_3 , הוא צורה ריאקטיבית של חמצן (O_2). האוזון מוכר לנו משכבת האוזון, שכבה בסטרטוספירה שעשירה בו בשל האינטראקציה של קרינת ה-UVC עם החמצן, שמביאה ליצירה ולפירוק של אוזון. שכבת האוזון מפחיתה משמעותית את קרינת ה-UVC, ומגינה על

בצפון הארץ נמצא שערפול במים עשירים באוזון סייע מאוד בהפחתת נגיעות הגפנים והענבים בפטריות, עד כדי הפחתה ב-80% ואף יותר (מיכה ועדיה, תקשורת אישית).

לשימוש באוזון שני יתרונות משמעותיים בהשוואה לשימוש בקוטלי מזיקים – כיוון שהאוזון מתפרק במהירות (בייחוד כאשר הוא מומס במים) אין שאריות חומרים על פני היבול; כיוון שייצור האוזון יכול להיעשות במחולל קטן ופשוט, **בשדה**, אין צורך בהובלה ובאגירה של חומרים מסוכנים וכך פוחתים משמעותית הסכנות והנזקים הסביבתיים האפשריים.

היות שכך ובשל הבעייתיות בהדברת מזיקי המנגו, נבדק השימוש במים מועשרים באוזון לטיפול באחד ממזיקי המנגו העיקריים – כנימת המנגו *Milviscutulus mangiferae* (Green). בחרנו במזיק זה כיוון שנקו לענף המנגו גדול, ואין כיום ממשק ידידותי לסביבה יעיל כנגדו.

אוזון מומס במים נמצא אפקטיבי גם במגוון תחומים בחקלאות. בענף החלב משתמשים במי אוזון לשטיפת צנרת ומכלים (Varga and Sigeti, 2016) ולטיפול בדלקות עטין (Ogata and Nagahata, 2000), והוא משמש גם לחיטוי צנרת ומכלים ביקבים, לרחצת מוצרי מזון ולמטרות רבות נוספות בתעשיית המזון הטרי הארוז (Pascual et al., 2007; Horvitz and Cantalejo, 2014). בשנים האחרונות מתפתח השימוש באוזון לטיפול במזיקי צמחים. למשל, נמצא שהשקיה במים שמכילים אוזון מסייעת לקטילה יעילה של נמטודות קרקע ושל מזיקי קרקע אחרים (Mitsugi et al., 2014), ויכולה להיות תחליף יעיל למתיל ברומיד (Msayleba and Ibrahim, 2011; Fernández et al., 2018).

תרסיס מי אוזון נבדק ונמצא אפקטיבי גם כנגד מזיקי עלווה בגפנים (Wong, 2015) כמו גם כנגד פרוקי רגליים מזיקים, כגון אקריות (Dehghan Banadakei et al., 2018), פשפשאים (Kopacki et al., 2017) וכנימות (Ebihara et al., 2013). בניסויים בכרמים

שיטות

מערכת הריסוס: בגלל רעילות האוזון נעשה הריסוס במנדף כימי מאוורר שנבנה לטובת הניסוי במפעל "בית אל תעשיות" באזור תעשייה בני יהודה (איור 1).

כנימות: הניסוי נעשה על עלים נגועים בכנימות שנאספו במטע מנגו, כיוון שנכון להיום לא ניתן לגדל אותן במעבדה.

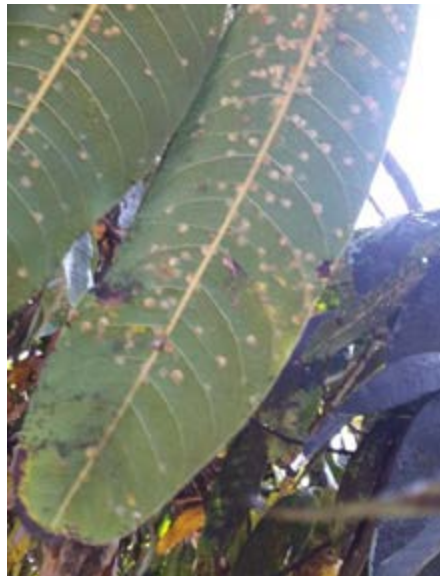
איור 1 | מתקן לריסוס כנימות מנגו



ניסוי קטילת כנימות ראשון (אוגוסט 2019)
מן המטע נאספו עלים נגועים (איור 2). הכנימות נספרו על הצד התחתון של 25 עלים (מהצד השני הורחקו כל הכנימות). הכנימות נספרו ללא הוצאתן לפי שלב (זחלנים או דרגות צעירות, ישיבות או בוגרות). העלים חולקו לכל הטיפולים כך שבכל טיפול יהיו עלים בכל דרגות הנגיעות במספר סופי דומה.

האוזון יוצר על ידי מחולל אוזון (בית אל תעשיות) ועורבב עם מי ברז במרסס צבע ביתי מנירוסטה. האקדח הוזן מהאוזונטור בזמן שהאוזון התערבב (ונמס) במים והותז. ריכוז האוזון במים נקבע על ידי הזרם במחולל האוזון, ונבדק בריאקציית צבע. לא נבדק ריכוז האוזון ברסס שמגיע לעלה, ובזמן ביצוע המחקר לא היה מידע על קצב דעיכת האוזון בתנאים כאלה. לאחרונה פורסם מאמר שמציע שבתנאים כאלה יש דעיכה מהירה מאוד בריכוז האוזון (Canado et al., 2020).

איור 2 | עלים נגועים



איור 3 | ריסוס באוזון אקדח הריסוס



לליטר, ומרחק הריסוס היה גדול בהרבה, 2 מטר מול 10 ס"מ, כדי לדמות את המצב במטע. המים (עם האוזון ובלעדיו) הותזו למשך דקה, חמש דקות ועשר דקות, וחיזת הכנימות נבדקה לאחר שעה ולאחר שלושה ימים.

ניסוי קטילת כנימות שלישי (מאי 2020)

לאחר הפסקה ארוכה עקב חוסר בכנימות (חורף) ומגפת הקורונה נעשה ניסוי נוסף (מאי 2020). גם ניסוי זה נעשה במים או במים מועשרים ב-3.4 גרם אוזון לליטר, ובכל מקרה ההתזה נעשתה ממרחק 2 מטר. הניסוי נערך על כנימות בוגרות בלבד, כי רק כאלה נמצאו על העלים, והן גם השלב הבעייתי ביותר להדברה. הריסוס נמשך דקה, חמש דקות ועשר דקות, וחיזת הכנימות הבוגרות נבדקה לאחר שעה ולאחר שלושה ימים.

העלים רוססו במים שהכילו ריכוזים שונים של אוזון (איור 3). לטובת הנוחות הוזן האוזונטור באוויר דחוס, דבר שהגביל את ריכוז האוזון עקב תכולת 20% חמצן לכל היותר. ריכוזי האוזון המומס היו 0, 5, 10 מ"ג אוזון לליטר מים + ביקורת ללא כל ריסוס. לחץ ההתזה היה 1 bar. מרחק הריסוס היה 10-15 ס"מ מהעלה, והעלים טופלו כל אחד במשך 20 שניות. כעבור שעה נספרו מספר הכנימות החיות על כל עלה, לפי דרגת התפתחותן. כנימה הוגדרה חיה אם כאשר הפכו אותה נצפתה תנועת רגלים באופן ספונטני או בתגובה למגע.

ניסוי קטילת כנימות שני (דצמבר 2019)

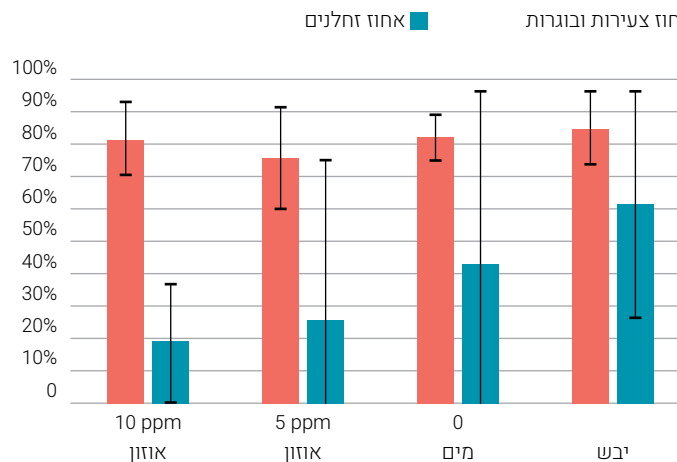
הניסוי נעשה בדומה לניסוי הראשון עם כמה הבדלים משמעותיים. המחולל הוזן בחמצן נקי כדי להעלות את ריכוז האוזון בתמיסה, ריכוז האוזון היה 3.4 גרם

תוצאות

ניסוי ראשון

תוצאות הניסוי הראשון (ריכוזי אוזון נמוכים, 20 שניות ריסוס, ממרחק 10 ס"מ) הראו מגמת רגישות לאוזון אצל הזחלנים, ללא מובהקות סטטיסטית (איור 4).

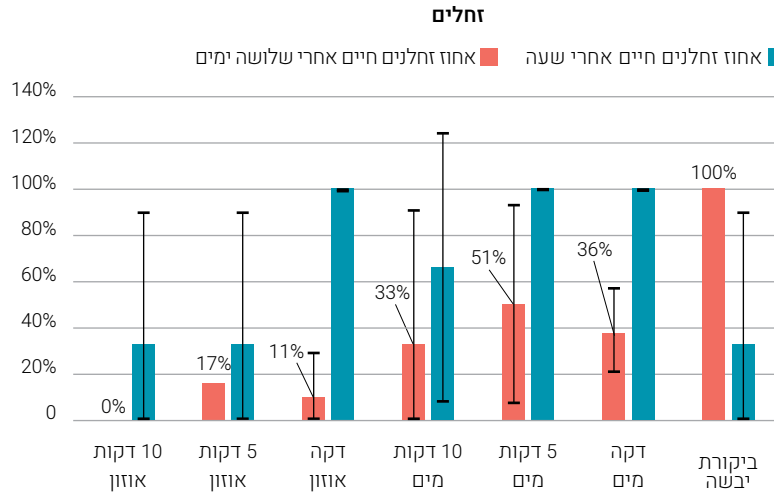
איור 4 | אוכלוסיית כנימות שעה לאחר ריסוס של 10 שניות ממרחק 10 ס"מ בריכוזי אוזון שונים



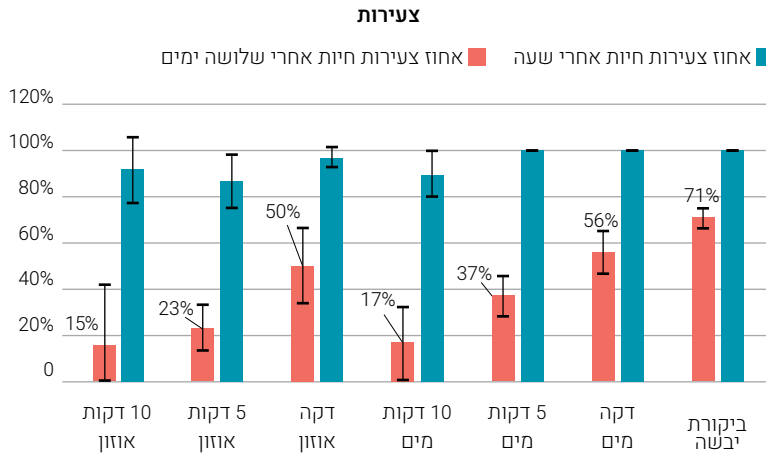
ניסוי שני

תוצאות הניסוי השני (ריכוז אוזון גבוה, 1-10 דקות ריסוס, ממרחק 2 מטר) הראו אפקט משמעותי כאשר הכנימות נספרו שלושה ימים לאחר הריסוס (איורים 5-7).

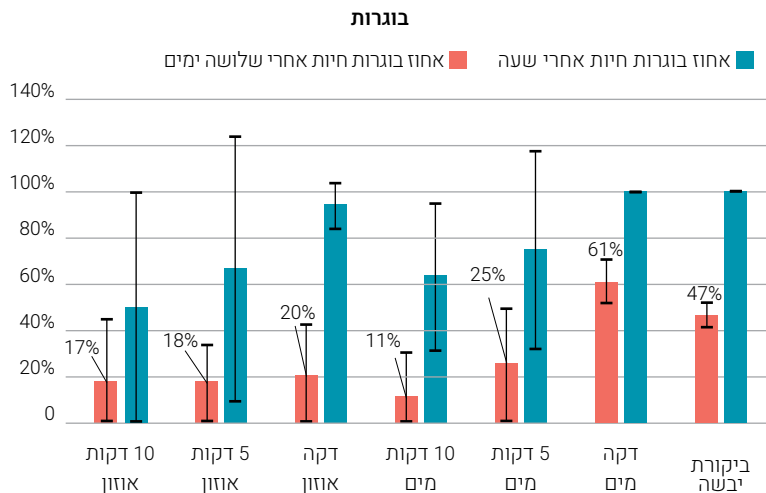
איור 5 | אוכלוסיית זחלני כנימות לאחר הטיפולים השונים



איור 6 | אוכלוסיית הכנימות הצעירות לאחר הטיפולים השונים



איור 7 | אוכלוסיית הכנימות הבוגרות לאחר הטיפולים השונים

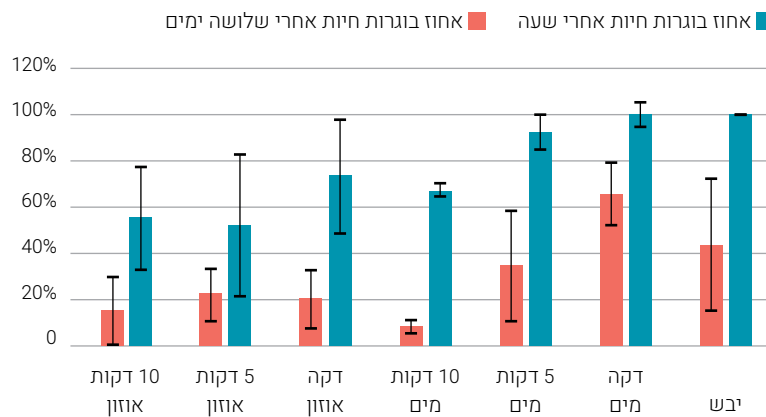


ניסוי שלישי

גם בניסוי זה נמצא שריסוס במי אוזון למשך דקה אחת הוריד משמעותית את אוכלוסיית הכנימות (הבוגרות – כאמור, בניסוי זה נמצאו רק כאלה) לאחר המתנה של שעה, אולם אפקט הטיפול היה שוב חזק בהרבה שלושה ימים לאחר הטיפול. נמצא הבדל מובהק בין טיפול דקה במים מול דקה מי אוזון (one-tail t-test $p=0.006$), אולם לא עבור טיפולים ארוכים יותר ($p>0.2$ עבור 5 ו-10 דקות), דבר שיכול להעיד על האפקט המכני של המים אם הם מופעלים זמן ארוך מספיק.

תוצאות הניסוי השני הדגימו אפקט משמעותי של דקה טיפול (קל הרבה יותר ליישום בשטח מאשר 10 דקות) כבר אחרי שעה, אולם האפקט חזק והדיר בהרבה בספירות שלושה ימים לאחר הטיפול, דבר שמעיד על השפעה ארוכת טווח. בהשוואת הדרגות השונות, נמצא הבדל מובהק סטטיסטית בין דקה ריסוס במי אוזון לדקה מול ריסוס במי ברז אצל בוגרות (הפחתה של 83% מול 39%, One-way T-test $p=0.036$). עבור הזחלנים נמצא הבדל קטן יותר (הסרה של 83% מול 61%) וכמעט מובהק ($p=0.07$), דבר שמעיד ככל הנראה על רגישות כללית של הזחלנים לטיפול מכני (ריסוס במים). ההבדל עבור הצעירות היה לא מובהק ($p=0.33$).

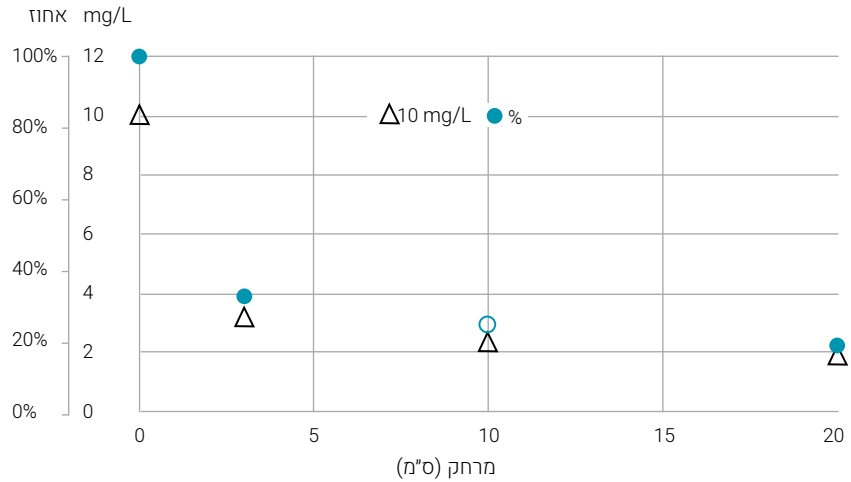
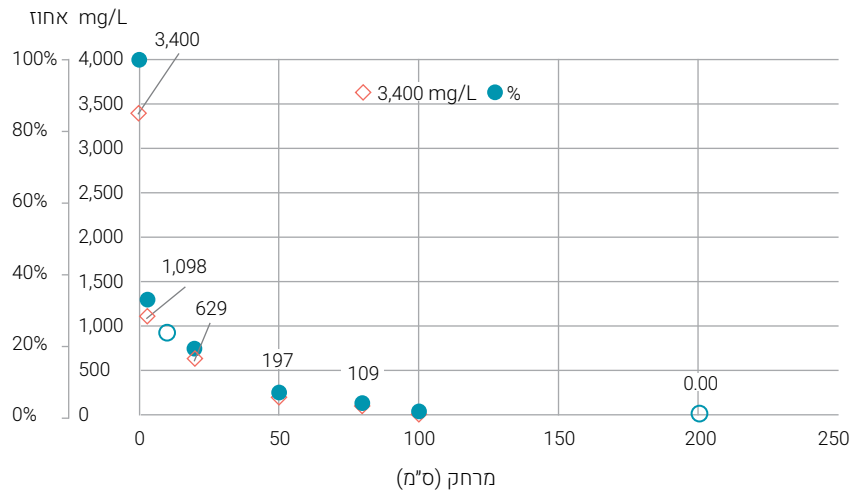
איור 8 | אוכלוסיית הכנימות הבוגרות לאחר הטיפולים השונים



סיכום

לאלה שאחרי (התזה ממרחק 2 מטר). גם המאמר וגם התוצאות שלנו מציעים שמרחק ההתזה הוא גורם משמעותי בהרבה מהריכוז ההתחלתי, כיוון שהדעיכה היא אקספוננציאלית. כך, ריכוז התחלתי של 3.4 גרם לליטר צפוי להביא לריכוז אוזון אפסי במרחק 2 מטר, אבל ל-5 מ"ג לליטר במרחק 1 מטר, ריכוז שצפוי לתת תוצאות טובות לפי ניסוי ההתזה ממרחקים קצרים. מידע זה מציע גם ששינוי בצורת ההתזה, כך שתתאפשר התזה מקרוב יותר, יוכל להביא לתוצאות טובות בהרבה, אם כי עניין זה צריך להיבדק ניסויית.

ככל נמצא שכנימות המנגו רגישות לריסוס קצר במים מועשרים באוזון משמעותית יותר מאשר לריסוס במים בלבד. התקבלה קטילה יפה (~83% עבור ריסוס של דקה ממרחק 2 מטר) כאשר השתמשנו בריכוזי אוזון גבוהים (3.4 גרם לליטר). בהשוואת התוצאות לספרות התאכזבנו, כיוון שהתוצאות בספרות הראו אפקטים משמעותיים הרבה יותר בניסויים במעבדה בריסוס ממרחקים קצרים (ס"מ בודדים). עם זאת, מאמר שהתפרסם לאחרונה (Canado et al., 2020) והדגים שבריסוס מי אוזון יש דעיכה מהירה מאוד של ריכוז האוזון עם המרחק (איור 9), מציע הסבר להבדל בין התוצאות בספרות לתוצאות שלנו ולהבדל בין הניסוי הראשון (התזה ממרחק 10 ס"מ)



התחלתי גבוה (3.4 גרם לליטר); למטה: עבור ריכוז אוזון התחלתי נמוך (10 מ"ג לליטר). המספרים מעל הסמלים הם ריכוזי אוזון, והמרחקים המוצגים נבחרו בהתאמה לניסויים שנעשו.

ריכוז (מ"ג לליטר) מחושב לפי האחוז מול הריכוז ביציאה מהמרסס - עיגולים מלאים מייצגים ערכים שנמדדו, עיגולים ריקים מייצגים ערכים מחושבים. למעלה: ריכוז האוזון (במ"ג לליטר) עבור ריכוז אוזון

המלצות

בריכוזי אוזון נמוכים יותר. נראה גם שלתקופת ההמתנה אחרי הריסוס יש חשיבות (כאן עד שלושה ימים), ושלאוזון השפעה ארוכת טווח.

תוצאות ממחקר זה מראות שלריסוס קצר (דקה אחת) במים מועשרים באוזון יש פוטנציאל קטילה משמעותי של כנימות מנגו, אולם יש צורך בשינוי צורת הריסוס. אנו ממליצים על המשך הבדיקות - בדיקת אמצעי ריסוס נוספים (רצוי מאוד שהאמצעים יאפשרו ריסוס מקרוב יותר) ובדיקת ההשפעה של שימוש

לקרן נקודת ח"ן על מימון המיזם, ולמר שמעון פוקוס וצוותו מחברת בית אל מכונות, על העזרה בביצוע הניסויים.

מקורות

המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות. 2014. אוזון. לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה ושירותי בריאות הציבור במשרד הבריאות. <https://tinyurl.com/yxpz9938>.

Canado A, Tournois M, Pages M, Roustan M, Remus-Borel W, Dietrich N, Violleau F, and Hébrard G. 2020. Sudden decrease of the dissolved ozone concentration in sprays: A mass transfer phenomenon? *Industrial & Engineering Chemistry Research* **59**: 14914-14924.

Dehghan Banadakei H, Moshaverinia A, Haddad Khodaparast MH, and Kalidari Gholam A. 2018. In vitro evaluation of acaricidal activity of aqueous ozone against *Dermanyssus gallinae*. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology* **1**(10): DOI: 10.22067/veterinary.v1-2i10-11.70015.

Ebihara K, Stryczewska H, Ikegami T, Mitsugi F, and Pawlat J. 2011. On-site ozone treatment for agricultural soil and related applications. *Przeglad Elektrotechniczny* **7**(7): 141-152.

Ebihara K, Stryczewska HD, Mitsugi F, Ikegami T, Sakai T, Pawlat J, and Teii T. 2012. Recent development of ozone treatment for agricultural soil sterilization and biomedical prevention. *Przeglad Elektrotechniczny* **88**(6): 92-94.

Ebihara K, Mitsugi F, Ikegami T, Nakamura N, Hashimoto Y, Yamashita Y, Baba S, Stryczewska HD, Pawlat J, Seii S, and Sung T-L. 2013. Ozone-mist spray sterilization for pest control in agricultural management. *The European Physical Journal - Applied Physics* **61**: 24318.

Ebihara K, Mitsugi F, Ikegami T, Yamashita Y, Hashimoto Y, Yamashita T, Kanazawa S, Stryczewska HD, Pawlat J, Teii S, and Sung T-L. 2014. Sterilization characteristics of ozone-mist spray for chemical free agriculture. Presented at the 2014 International Symposium on Electrohydrodynamics. June 2014; Okinawa, Japan.

Felzer BS, Cronina T, Reilly JM, Melillo JM, and Wang X. 2007. Impacts of ozone on trees and crops. *Comptes Rendus Geoscience* **339**(11-12): 784-798.

Fernandez IAL, Monje-Ramirez I, and de Velásquez MTOL. 2018. Tomato crop Improvement using ozone disinfection of irrigation water. *Ozone: Science & Engineering*, **41**(5): 398-403.

Horvitz S and Cantalejo MJ. 2014. Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **54**(3): 312-339.

Kopacki M, Starek A, Kiczorowski P, Pawlat J, and Diatczyk J. 2017. Efficacy of ozone fumigation to control *Eupteryx decemnotata* in rosemary growing under cover. 2017 International Conference on Electromagnetic Devices and Processes in Environment Protection. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8267738>.

Lenntech - <https://www.lenntech.com/library/ozone/decomposition/ozone-decomposition.htm>

Msayleba N and Ibrahim S. 2011. Treatment of nematodes with ozone gas: A sustainable alternative to nematicides. *Physics Procedia* **21**: 187-192.

Ogata A and Nagahata H. 2000. Intramammary application of ozone therapy to acute clinical mastitis in dairy cows. *Journal of Veterinary Medical Science* **62**(7): 681-686.

Peretz R, Gerchman Y, and Mamane H. 2017. Ozonation of tannic acid to model biomass pretreatment for bioethanol production. *Bioresource Technology* **241**: 1060-1066.

Rosen Y, Mamane H, and Gerchman Y. 2019. Short ozonation of lignocellulosic waste as energetically favorable pretreatment. *BioEnergy Research* **12**(2): 292-301.

ABSTRACTS

Natural pest control provided by birds in field crops in the southern Arava

Jessica Schäckermann, Southern Arava R&D and Dead Sea and Arava Science Center

Noam Weiss, International Birding & Research Center, Eilat

Svetlana Dobrinin, Agricultural Extension Service, Ministry of Agriculture

Background

In the southern Arava, insect pests cause significant economic losses by damaging crops, including pumpkin, onion, and melon. Birds are known to provide important ecosystem services for agriculture in the form of biological pest control (Koh, 2008; Kross et al., 2016; Milligan et al., 2016), they can be effective in various field crops (Karp et al., 2013) and their services have a significant economic value (Kellermann et al., 2008).

The southern Arava is located on one of the world's busiest bird migration routes with tens of thousands of birds stopping over every autumn and spring (Shirihai et al., 1996). Many of the migratory birds need to refuel in the Arava before or after crossing the Sahara Desert. Hence, they are attracted to the agricultural fields to feed on high protein foods - mainly insects. These birds present a high potential for pest control services in agricultural fields in this region.

Research objective and methods

Our goal was to understand and strengthen the services provided by birds to agriculture in the southern Arava. We investigated which species of birds visit the agricultural fields during autumn migration, their species richness, and abundance. We furthermore collected data about the habitat and pest insect abundance. The bird data was collected by an expert birdwatcher using the point count method (radius of 30 meters and between 30 and 250 meters) within the fields. Once a week, birds were monitored at two to four points in each

field, depending on field size. We examined five onion fields, four pumpkin fields, and one large melon field, in Eilat and Grofit. Data about pest abundance in the crop was collected according to a protocol compiled by the Ministry of Agriculture. The collected data was analyzed using R software.

Results

We found that 74% of the birds within the fields are insectivorous, compared to only 33-40% within the fields and their surroundings (wider agricultural area). The significantly higher abundance of insectivorous birds in the fields indicates their attraction to them. We found that the most common bird genera per each crop differed between crops, and that bird species abundance changed with time throughout the migration season. This means that specific genera or species choose specific crops to forage for food and that pest control services are time-dependent according to the migration. This information is valuable for farmers that wish to attract the birds providing the most services to their fields. The farmers need to know which

birds are attracted to what crop, when they are available, and what their habitat needs are. Almost all the migratory birds that were observed within the field were insectivorous while the sedentary birds were a mixture of insectivorous, granivorous, omnivorous, and predators.

The abundance of birds foraging and feeding on thrips (*Thrips tabaci* Lindeman) (insect pest) was significantly higher in onion fields with higher thrips abundance. The bird species significantly related to the thrips is the red-throated pipit; hence these pipits are potential pest control agents of this pest in onions and potentially in other crops that suffer from thrips.

Discussion and summary

Our results highlight that insectivorous birds, especially migratory species, have a great potential as biological pest control agents in agriculture in the southern Arava and therefore provide a valuable ecosystem service to the farmers of the region. Farmers need to be aware of the potential pest-controlling birds' crop preferences and consider their migration

timeline when scheduling their crops, to enhance pest control in their crops. We suggest that further research investigates how to increase the abundance of these birds in the fields, and/or extend their stay by adjusting the habitat of the field or by various other means. This can help to increase biological pest control services and enhance the habitat for the migratory birds.

Evaluating the ecological, agricultural and economic cost–benefit ratios of different types of field edges

Yael Mandelik, Moshe Coll, Tohar Roth, Department of Entomology, The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem

Aliza Fleischer, Beata Schwartz, Department of Environmental Economics and Management, The Robert H. Smith Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem

Agricultural field edges can provide substantial ecosystem services and are thus regarded as a main tool for promoting sustainable agriculture worldwide. However, relatively little is known about the way different field edges affect the establishment and persistence of populations of beneficial insects and pests, and the cost-benefit ratio delivered to the nearby agricultural field. The current study investigates a set of ecosystem service/disservices provided by insects inhabiting different types of field edges. Our goal is to provide a cost-benefit analysis of these services/disservices, in order to gain an understanding of the value of field edges in the Israeli-Mediterranean context. Here we present preliminary results; taxonomic identification of insects, processing of the data, and analysis are on-going.

The study was conducted in the spring and summer of 2020 in sunflower fields and adjacent natural/semi-natural patches, in the Judean Foothills, an agro-natural ecosystem

in central Israel. We established 20 plots, each consisting of a sunflower field edge segment, and an adjacent patch of natural/semi-natural vegetation; patches were classified into scrubland (batha), shrubland (maquis), planted patch (different trees), and agricultural field (watermelon) (5 plot/category). In the sunflower field edge and the adjacent patch, we sampled plants, flower visitors, pests, natural enemies (predatory and parasitic insects), and ground-dwelling beetles. We measured the functionality of natural enemies (pest predation and parasitism rate), and pollinators (seed set and seed weight). Overall, the different types of field edges had a similar number of insects (bees, ground-dwelling beetles) and services provided (pest predation and parasitism rates, seed set, seed weight). As expected, flower richness and abundance were lower in the watermelon field compared to the other three categories, which largely didn't differ among themselves. Broader conclusions can be drawn after the completion and data processing and analysis.

The ecological services of desert-dwelling insectivorous bats in date plantations

Carmi Korine, Yuval Arzi, Michal Segoli, Mitrani Department of Desert Ecology, Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev

Jessica Schäckerman, Southern Arava R&D and Dead Sea and Arava Science Center

Background

An increasing number of studies indicate that insectivorous bats provide ecological services by feeding on agricultural pests, among them, pests causing significant economic losses. Also, few studies have shown that bats are capable of suppressing pest populations. Currently, the research on bats in agroecosystems focuses on ecological-based methods that increase bat activity in order to enhance their contribution to pest suppression. We recorded 11 species of desert-dwelling bats in date plantations located in the southern Arava, Israel, during summer 2018. In addition,

we captured bats in the date plantations and analyzed their diet. We found that several bat species feed on various date pests, such as the lesser and greater date moths (LDM & GDM). Based on these observations, the present study aimed to enhance the activity of the bats by placing small water pools in the plantations. Since most bat species drink from open water sources during flights in the wild, we predicted that providing water will increase the activity of the bats, and we further expected that bat activity will be correlated with LDM density.

Methods

The experiment was done in the date plantations of Kibbutz Samar between February-April 2020. The experiment was scheduled to coincide with the appearance of the first generation of LDM. The experiment included three stages: 1) establishment of eight 3×2×0.3 m pools, without water (control); 2) filling the pools with water (treatment); 3) drying the pools (second control). The second

stage corresponded to the stage in which the density of LDM is known to increase, and the third stage ended before the first spraying event against LDM. Throughout the experiment, we recorded species richness and activity of bats using Anabat bat detectors and monitored the density of LDM with pheromone traps. We used GLM and linear regression models to analyze the data.

Results

We recorded 13 species of bats in the date plantations, among them one of the rarest bats in Israel, the eastern barbastelle (*Barbastella leucomelas*). Species richness and bat activity increased when the pools were filled

with water and decreased when the pools were empty. We did not find any correlation between the activity of the bats and the density of LDM. However, both showed the same pattern and declined throughout the experiment.

Discussion

The results of the present study indicate that establishing small, artificial pools in the date plantations has a positive effect on species richness and activity of desert-dwelling bats. Thus, providing a water source for insectivorous bats may increase the ecological services provided by bats while feeding on various pests in the date plantations. The method is efficient, inexpensive, and easily implemented.

However, it may have disadvantages, though they can be overcome. The present study is in accord with the increasing requirements to use eco-friendly and sustainable methods against agricultural pests. The results of the study emphasize the importance of environmentally supportive farming for desert-dwelling bats, and the potential role of bats as natural pest-control agents in date plantations.

The environmental impact budget as a tool in farmers' decision making

Nava Haruvy, the Netanya Academic College

Sarit Shalhevet, Life Cycle Assessment Consultant

Bracha Gal, Production Economics Unit, Extension Service, Ministry of Agriculture and Rural Development

Many of the Israeli farmers are aware of the significant impacts of agriculture on the environment and would like to adopt sustainable growing methods. However, they lack knowledge about the most efficient methods to do so and their financial costs. Moreover, many of them are mostly aware of the impacts of visible factors such as pesticides but do not consider major factors such as the impacts on climate change. Even in the categories they focus on, farmers are not aware of the relative importance of the different factors of production. For example, previous research has shown that although both fertilizers and pesticides can damage the environment, the relative impact of fertilizers is much higher, because their production process involves greater use of energy resources.

This project aims to provide the farmers with quantitative data on the environmental impacts of the different materials and methods used in the growing process. The information is provided both in terms of the total environmental impact and in terms of the contribution to specific environmental impacts such as climate change. This will enable the farmers to focus their efforts on the areas that are most important to them.

The basic concept was to use the data of the economic crop budgets, which can be found on the agricultural extension service website. These crop budgets describe the economic costs of each factor of production. Our contribution is the addition of the environmental impacts of these factors in the same format while using

the same production factors as the economic budget. Appending the environmental impacts to the economic budgets makes the data simple to access and use.

Our case study focuses on the fall potatoes economic crop budget. We analyzed the environmental impacts using the life cycle assessment (LCA) method. This method analyzes the environmental impacts of each production factor "from cradle to grave" – starting with the initial steps of mining the raw materials needed for production, continuing with building the factories that produce the chemicals and machinery used in the field, and up to the final step of the product disposal. The analysis uses large international databases, which include the environmental impacts of each material and production process along its entire life cycle.

Since the analysis is aimed at farmers, we analyzed the processes up to the packinghouse stage. The main processes included cultivation processes in the field (such as combine harvesting), planting tubers, spraying pesticides and fertilizers, irrigating, packing, transporting, and storing the potatoes. The analysis of each process included the materials, energy, and machinery used for that process from "cradle to packinghouse". To analyze the impact of machinery use, we took into account the production processes of that machine, as well as the maintenance and storage requirements. For the machinery production processes, we took into account the part of the process that

could be attributed to the annual machinery use on one unit of land. For example, if the combined harvesting process required the use of a tractor for 5 hours, and the useable lifetime of a tractor was 5,000 hours, then the analysis included 0.001 of the total environmental impact of producing that tractor.

The results of the analysis showed the contribution of the various production factors to the total environmental impacts, as well as to the environmental impacts on human health, the ecosystem, and scarce resources. The results include the environmental impact per unit of land, ton, and cubic meter of water.

We found that three main processes are responsible for most of the environmental impacts of growing potatoes: irrigation, fertilization, and storage. Irrigation is the largest cause of environmental damages. This is mainly due to the production and use of the pumps needed to pump the water and transfer it to the field. The second contributor is the fertilization process, which is responsible for about a third of the total environmental impacts. In this category, the use of superphosphates is the leading cause of the environmental damages. This is mainly due to the use of electricity in the various production processes of the superphosphates, rather than the direct impact of the chemicals themselves. The third factor is storage, and that is mainly due to the processes involved in building storehouses.

We conclude that for policymakers who wish to make investments that will maximize their

environmental benefits, and for farmers who want to reduce their environmental impacts, investing in increasing the yield is the most effective way to reduce environmental impacts per unit of land. The most effective ways to reduce the environmental impacts per ton is by decreasing the amount of water for irrigation and minimizing the use of fertilizers, especially superphosphates, as much as possible.

There are additional, less important ways to reduce environmental impacts. One way is to pack the potatoes sent to the markets in wooden containers rather than in plastic bags, as using the former has a lower environmental impact per ton of potatoes. Another way is to reduce the impacts of machinery use, which are mainly caused by the tractor production processes, by buying used tractors and extending their life as much as possible. Regarding the impact of packing, the use of a packinghouse is unavoidable, but it is important to use environmentally friendly building methods when possible.

As we have seen, adding data about the environmental impacts to the economic crop budgets can help gain a better understanding as to which production factors have the most negative impacts on the environment. However, for the farmers to actually apply this information, the crop budgets would need to include explanations and practical suggestions regarding the ways to reduce the environmental impacts in each category.

Ozone – from a protective layer to treatment of (some) agricultural pests

Yoram Gerchman, University of Haifa and Oranim College

Liora Shealtiel-Harpaz, Tel Hai College and North R&D

Miki Noi, Ministry of Agriculture

Clif Lahav, Ministry of Agriculture

Carmit Sofer-Arad, Ministry of Agriculture

Rika Kdoshim, Northern R&D

Mango is an important agriculture crop in Israel, covering over 2,000 hectares. This is a growing crop with an 18% increase through 2019. Mango plants are sensitive to many pests, among them the mango aphid, *Milviscutulus mangiferae*, the subject of this work.

Ozone, O₃, is a reactive form of oxygen. It is known from the “ozone layer”, but can be formed on the surface by electric discharge (hence the ozone smell after a lightning storm). High concentrations of ozone in the air are considered pollution and could have health effects. Ozone also has a long half-life in air (up to 3 days). Ozone in water, on the other hand, has a short half-life (~20 min at 25°C) and is commonly used for water and wastewater treatment. One great benefit of ozone is that its water breakdown product is oxygen.

Ozone enriched water can be used for pest management and was demonstrated to have good effectivity in vine orchards. It was also found effective against aphids in a few small lab-scale experiments, but it was never tried on mango aphids or alike. Here we have tested the effect of water dissolved ozone on mango aphids.

Experiments were done by spraying mango leaves infected with mango aphids with water containing ozone at different concentrations from different distances. Low concentrations (up to 10 mg/L) were used for short-distance (10 cm) and high concentrations (3.4 g/L) for long-distance (2 meters) – all concentrations at the sprayer origin.

The survival of different life stages of aphids was quantified after spraying with ozone water. When spraying with 10 mg/L O₃ from a short distance, ozone had an immediate effect on the crawler's stage of the aphids (although not statistically significant) but not on the more mature stages. When spraying 3.4 g/L O₃ from 2 meters for 1-minute, ozone containing water removed 89% of the crawler when quantified after 3 days, while water alone removed only 61% (both when quantified after 3 days). Young aphids showed higher resistance (50% and 44% removal after 1-minute spray; non-significant) and older aphids showed intermediate resistance with 80% and 35% for ozone and plain water respectively. In summary, dissolved ozone did affect the mango aphids, but the application is problematic due to the very fast decline of the ozone with spraying distance.

האיגוד הישראלי
לאקולוגיה ולמדעי הסביבה



נקודת ח"ן
לקידום ערכי נוף וסביבה באזורים חקלאיים בישראל



www.nekudat-hen.org.il