

מחקרים באגרואקולוגיה

תפקודי המגוון הביולוגי בשדה החקלאי, והרובד הנסתר של המגוון הכימי בצומח

אסף שדה¹, אומש KP^{1,2}, מיכל אלדר-ליברייך^{1,2}, ג'ונתן גרשנזון³, סאגר פנדיט⁴, משה קול²

asafsa@volcani.agri.gov.il

1. מרכז מחקר נווה יער, מכון וולקני
2. הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים
3. Germany, Jena, Max Planck Institute for Chemical Ecology
4. India, Pune, Indian Institute of Science Education and Research

"המגוון הביולוגי" נתפס כערך יעדי רצוי בשיח הסביבתי, כולל בתחום החקלאות הסביבתית, ומאמץ מחקרי משמעותי מוקדש לבחינת "שירותי מערכת" שהוא עשוי לספק. עם זאת, המגוון הביולוגי הוא מערכת מורכבת שכוללת אורגניזמים רבים, שמניעים תהליכים שונים אשר מסתכמים בתפקודי מערכת מגוונים – חלקם מועילים, חלקם מפריעים, ועל חלקם עוד לא התחלנו לשאול. לפיכך, מדדי מגוון הם לא כלי מספק לניהול של מערכות (אגרו)אקולוגיות. יכולת הניהול של מערכות כאלה תלויה במידה רבה במחקר בסיסי מוכוון-יישום, שבוחן תהליכי מפתח באופן אנליטי ושואף לחלץ מהמורכבות מנגנונים כלליים ועקביים דיים.

הצומח שמאכלס מערכות אגרואקולוגיות מקיים אינטראקציות הדוקות ומגוונות עם הסביבה הביוטית – הרביבורים ומזיקים, מיקרובים ופיתווגנים, אויבים טבעיים, ומאביקים – וגם עם הצרכנים של הגידול. האינטראקציות האלה הם מנוע מרכזי של תהליכים שמעצבים את המבנה והתפקוד של חברות ואוכלוסיות, וברובן מתבצעות באמצעות מגוון אדיר של חומרים כימיים שמיוצרים בצמחים.

אני אציג חלק ממחקר שמטרתו לחשוף תהליכי מפתח באינטראקציות בין הסביבה לבין המגוון הכימי בצמחים. בפרט, אני אראה שהארכיטקטורה הבסיסית של מנגנוני פלסטיות פנוטיפית בצמחים גורמת לכך שמגוון של מיני חרקים (שניזונים מהצמח באופנים שונים) גורם ליצירת מגוון פיטוכימי גבוה יותר בצמח הבודד. כמו כן, אני אציג בחינה ראשונית של ההשלכות של המגוון הפיטוכימי בצמח בודד ובקבוצות של צמחים על מזיקים גנרליסטים.

בכך, אני מקווה לשכנע שהמגוון הכימי הוא תכונה אקולוגית חשובה בצמח הבודד, ועשויות להיות לו השלכות בכל רמות הארגון של מערכות אקולוגיות, כולל בתיפקודים של השדה החקלאי. כלומר המגוון הפיטוכימי מהווה רובד נסתר אך משמעותי של המגוון הביולוגי.

חשיבות המחקר:

אשמח לדון עם הקהל כיצד תובנות המחקר עשויות להוביל לפיתוח כלים פרקטיים לניהול המגוון הפיטוכימי בשדה החקלאי, באמצעות טיפוח, סטימולציה, וניהול עקיף של מגוון מיני החרקים בשדה. כיצד ניתן לשלוט במגוון הפיטוכימי בצמחים? מהם דפוסי המגוון הרצויים על מנת לשפר את הגנת הצומח, ואת ההאבקה? האם עשויה להיות לכך השפעה על איכות הגידול, כמו הטעם, חיי המדף, או הערך התזונתי?

רועים הוליסטים ומרעה ים תיכוני

גיא דוברת¹, ז'וזה גרינצוויג², יעל מנדליק², עידן קנוניץ², חיים גורליק¹, מעיין מרמלשטיין¹, ים גורן³ ושירה גורן³

dovrat@volcani.agri.gov.il

5. מכון וולקני
6. האוניברסיטה העברית בירושלים
7. קיבוץ מבוא חמה

רעייה מתוזמנת אדפטיבית הוצעה כממשק משמר קרקע ויצרנות של שטחי מרעה. ממשק זה, המתבסס על מעבר מהיר של עדר גדול בין חלקות קטנות לפרקי זמן קצרים, משמש בשטחי מרעה בעולם, אך בישראל לא נבדק עד היום. זאת בעיקר בשל שאלת יעילותו במערכת יובשנית-עונתית ועלויות התפעול הכרוכות בו. במחקר בחנו את השפעות ממשק רעייה מתוזמנת אדפטיבית (להלן רעייה מ"א) בהשוואה לממשק קונבנציונאלי על המגוון הביולוגי ועל שרתי המערכת האקולוגית, בבתי גידול טבעיים ומיוערים, במרעה מבוא-חמה במרכז רמת הגולן. בדקנו את השפעת ממשק רעייה מ"א על פוריות הקרקע, הרכב הצומח, יצרנות ואיכות המרעית ומגוון מאביקים. מידי שנה נבדקו גם מדדי יצרנות העדרים. כמו כן בוצע מעקב אחר הבקר (באמצעות GPS) במרחב היער הנטוע ובשטחי הבתה העשבונית, בממשק רעייה קונבנציונאלי ובתנאי רעייה מ"א. יצרנות שטחי המרעה נשמרה דומה בין הממשקים בשני שטחי המחקר אך רעייה מ"א העלתה את איכות המרעית. עושר המינים העשבוניים היה גבוה יותר בחלקות הקונבנציונליות וממצא זה חזר בין חלקות, על-פני סקאלות מרחביות נמדדות בשני אתרי המחקר. חלקות ברוטציות מהירות התאפיינו בעלייה בתחרות בחברת הצומח, ירידה בתדירות ההופעה של מינים קטנים בעיקר דגניים, רחבי עלים וקטניות, ועליה במיני מצליבים ודגניים גדולים בהשוואה לחלקות בממשק קונבנציונאלי. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין שני ממשקי הרעייה בשפע הכללי של הצומח, בעושר המינים של הצמחים הפורחים ושל דבורי הבר. מעבר לשנת הבצורת ב-2025 העלה את מידת הזהות בין חברות הצומח בממשקים השונים. מדידות קרקע הראו ירידה בכמות הנוטריינטים עם המרחק מנקודת ההזנה, ודעיכה בכמות הנוטריינטים לאחר הפסקת הזנה קיצית בחלקות מ"א, ללא הבדלים ניכרים בין ממשקי הרעייה. מצאנו כי במרעה עין תאופיק היובשני (דרום רמת הגולן) קשה לשמר ממשק מ"א, אך בשטחי מרעה מבוא חמה היצרניים הממשק בר קיימא לאורך השנה ויצרנות הבקר תואמת ביצועי ממשק קונבנציונאלי בשנים קודמות. מעקב אחר תנועת הבקר באמצעות GPS בשני הממשקים במקביל, הראה שימוש גבוה יותר בשטח העצים בחלקות הקונבנציונליות ביחס לחלקות מ"א.

חשיבות המחקר: רעיית בקר מתקיימת בחלק ניכר מהשטחים הפתוחים בחתך הים תיכוני בישראל ומהווה כלי ממשקי ראשון בניהול שטחים אלו. תוצאות המחקר מראות כי ממשק רעייה מ"א ישים לאורך כל השנה בשטחי הבתה היצרניים במרכז רמת הגולן. עקרונות ממשק מ"א יכולים לסייע בניהול רעייה בשטחים שונים לאורך החתך הים תיכוני בישראל, היות והם מפחיתים את משך הרעייה ומייעלים את אספקת שרתי המערכת של הרעייה.

חקר תהליכי מפתח אקולוגיים באוכלוסיות-על במרחב החקלאי, לקידום בקרה אזורית של מזיק פולש

נטע סלומון^{1,2}, ד"ר עינת אדר¹, פרופ' אבי בר מסדה², ד"ר מאור מצרפי¹, ד"ר אסף שדה¹

Netta.salomon@mail.huji.ac.il

8. מרכז מחקר נווה יער, מכון וולקני

9. אוניברסיטת חיפה

עש התפוח המדומה (עת"מ) הוא מזיק הסגר נובר פרי, שפוגע בגידולים רבים, ביניהם אבוקדו, הדורים, ורימונים. לאחר פלישתו לישראל נראה שהתבסס במידה רבה בכתמי קיקיון מצוי, פונדקאי הבר העיקרי שלו בישראל. הקיקיון הוא שיח רב-שנתי מהיר צימוח, נושא פרי במשך רוב השנה, ומשגשג בעיקר במעוזות, באזורים מופרים ובגדות נחלים הסמוכים לחקלאות. לפיכך, כתמי קיקיון מהווים מקור להתפשטות של עת"מ ולנגיעות מוגברת במטעים. על-מנת לשפר את בקרת המזיק, נדרש להבין טוב יותר את האקולוגיה של אוכלוסיות עת"מ בכתמי וצמחי קיקיון במרחב החקלאי. מטרת המחקר היא לאפיין את הגורמים האקולוגיים ברמת הכתם והצמח המשפיעים על נוכחות ושפע אוכלוסיות עת"מ במרחב, וכן לבחון כיצד תהליכים תלויי-צפיפות מעצבים את דינמיקת האוכלוסיות במרחב ותורמים להתפשטותן. בשלב הראשון ערכנו סקר שדה כדי לבחון גורמים שעשויים להשפיע על השונות בצפיפות הנגיעות של עת"מ בכתמי קיקיון בנוף החקלאי. התמקדנו במאפיינים ברמת הכתם והצמח מתוך ההשערה ששפע האוכלוסייה מושפע הן מקצב ההגירה אל הכתם והן מאיכות וזמינות המשאבים בו. מצאנו שכתמים עגולים וקטנים יותר עשויים לתמוך באוכלוסיות עת"מ צפופות יותר, בייחוד כאשר הם כוללים צמחים גדולים אשר נמצאים בסמיכות למקור מים גלוי. בשלב השני ערכנו ניסוי שדה על מנת לבחון את השפעת צפיפות הנגיעות ההתחלתית של עת"מ בצמח על שיעורי ההישרדות והפוריות של הבוגרים שמגיחים ממנו. שיערנו שצפיפות גבוהה של ביצים באשכולות הפרי מובילה לירידה בשיעורי ההישרדות והפוריות של פרטים המתפתחים בו, כבסיס לתהליך וויסות תלוי-צפיפות של האוכלוסייה. תוצאות הניסוי הציגו שיעורי תמותה גבוהים, הן בשל גורמים שאינם תלויי-צפיפות, והן בשל תחרות תוך-מינית בין הזחלים. עם זאת, התוצאות הראו גם שצפיפות נגיעות גבוהה מאוד גורמת לעלייה בגודל הגוף ובפוריות של הבוגרים המגיחים, כנראה כתוצאה מסלקציה טבעית לטובת פרטים חזקים ותחרותיים. מהתוצאות ניתן לשער שסלקציה לפרטים גדולים ופוריים עשויה להשפיע גם על כושר התעופה הממוצע של הדור המגיח, ואף להניע שינוי אבולוציוני של תכונות אלה באוכלוסייה. על בסיס ממצאי ניסוי זה, ובשילוב עם תוצאות סקר השדה, ניתן לפתח מודל לכימות כושר הנשיאה הפוטנציאלי של אוכלוסיות עת"מ מקומיות בכתמי קיקיון. מאחר והדינמיקה של אוכלוסיות-על תלויה גם בגדלי האוכלוסיות המקומיות בכל כתם, וגם ביכולת ההפצה ואכלוס של כתמים נוספים במרחב, בשלב האחרון נבחן את פוטנציאל ההפצה של נקבות עת"מ פוריות. לשם כך, אנו נערכים לניסוי מעבדה שבו נבחן את ההשפעה של צפיפות הנגיעות ההתחלתית בצמח על יכולת התעופה של נקבות בוגרות, וכן לניסוי שיכמת את התפלגות ההטלות של נקבות פוריות לאורך צמחי קיקיון במרחב.

חשיבות המחקר: מחקר זה יאפשר להבין את הדינמיקה המרחבית של אוכלוסיות העש, ובפרט להעריך את תרומתם של כתמי קיקיון שונים להתבססות המזיק ולזליגתו למטעים במרחב החקלאי. ממצאי המחקר יסייעו לתיעודף מושכל של מאמצי טיפול במזיק ולפיתוח אסטרטגיות בקרה אזוריות של מין פולש זה.

חידקים ממסי זרחן בסביבת השורש – אפיון מבנים חברתיים ופונקציונליים והשפעתם על גידולים חקלאיים

אלון אברהם גינת^{1,2}, אסף סלמון^{1,2}, נטלי תורן³, גון כרמי², אסף שדה², רן אראל³, חנן אייזנברג², שירי פרייליך²

alon.ginatt@protonmail.com

10. האוניברסיטה העברית בירושלים

11. מרכז המחקר נווה יער, מכון וולקני

12. מרכז המחקר גילת, מכון וולקני

זרחן (P) הוא יסוד חיוני לכל צורות החיים, המשמש כמאקרו־נוטריינט המשפיע על יכול ותפקוד של גידולים. הצורה החקלאית הזמינה של זרחן (**אורתופוספט**) מופקת מסלע פוספט – משאב מתכלה הנתון לכרייה מתמשכת. הידלדלות מקורות הזרחן הזמינים מעמידה את ביטחון המזון בסיכון, ופתרונות חדשים נדרשים לשם מענה על בעיה זו. בקרקעות חקלאיות, **חלק ניכר מהזרחן אינו מסיס**, ולכן אינו זמין עבור הצמח. שני צורנים עיקריים מהווים מאגר זה: זרחן מינרלי בלתי מסיס, שמקורו בדשנים, וזרחן אורגני בלתי מסיס שמקורו מפירוק חומר אורגני. מיקרואורגניזמים מסוימים, וביניהם חידקים, מסוגלים להמיר תרכובות זרחן בלתי מסיסות לצורות מסיסות באמצעות מנגנונים שונים, ובכך מציעים אסטרטגיה פוטנציאלית להפחתת הצורך בתוספת זרחן חיצונית תוך שמירה על בריאות הקרקע.

הסיווג הפונקציונלי של **חידקים ממסי זרחן (Phosphorous Solubilizing Bacteria; PSB)** מבוסס לרוב על תוכן גנומי המקודד לאנזימים הידועים ביכולתם להמיס זרחן. הבולטות שבפונקציות אלה כוללות הפרשת חומצות אורגניות אשר משחררות יוני מתכות מזרחן מינרלי; וכן פעילות אקסואנזימטית המבקעת שיירים פחמניים מתרכובות זרחן אורגניות. כך, מובילים מנגנונים אלה לשחרור הפוספט והפיכתו לזמין לקליטה על ידי הצמח. עם זאת, הבנה מנגנונית של התפקוד החברתי של חידקים אלה בקרקע עדיין מוגבלת.

במחקר הזה ביקשנו לזהות PSB על בסיס השפעתם על שיפור צימוח המותנה בהמסת זרחן. לשם כך, גידלנו צמחי חסה בקרקעות שונות דלות זרחן, אשר הועשרו במקורות זרחן בלתי מסיסים (זרחן מינרלי ואורגני) במטרה לבחון את תפקידן של חברות מיקרוביאליות בהמסה של זרחן בלתי זמין, וכפועל יוצא מכך, בהגדלת היבול. בתי השורשים של הצמחים (**הריזוספירה**) רוצפו, וגישות גנומיות שימשו לזיהוי ואפיון **חברות מיקרוביאליות פונקציונליות** אשר נבדלות בין הקרקעות והטיפולים השונים. באמצעות שילוב גישות שונות, אנחנו מציעים זיהוי ראשוני של קבוצות טקסונומיות ופונקציות מיקרוביאליות שונות שמשפיעות על צמיחה מבוססת המסת זרחן.

חשיבות המחקר: עבודה זו משלבת עבודה ניסויית ואנליזות גנומיות לצורך זיהוי קבוצות חידקים בריזוספירה שקשורות לגידול הצימוח תחת מחסור בזרחן נגיש, וכן ליכולתם להמיס זרחן זה. גישות אלו מציעות פוטנציאל לקידום פתרונות חקלאיים מבוססי חברות חידקים, כגון העלאת ניצול הזרחן הכלוא בקרקע והפחתת התלות במשאבים בלתי מתחדשים. נוסף על כך, האנליזות המוצגות כאן ניתנות ליישום רחב יותר לצורך רתימת המגוון המיקרוביאלי לשיפור בריאות הקרקע ושיפור פונקציות אקולוגיות חשובות נוספות.

עיצוב השדה החקלאי ככלי אגרואקולוגי לשיפור חוסנו

אייל בן-שמחון^{1,2}, רוזה בליינה איילקייבט^{1,2}, יונתן פיירמן^{1,3}, דבורה ווליצקי^{1,2}, גיא יוגב^{1,2}, מאור לוי^{1,2}, יצ'לאל זווידי^{1,2}, זינאווי טדסה^{1,2}, אורן שלף¹

shelef@volcani.agri.gov.il

13. המכון למדעי הצמח, מכון וולקני

14. הפקולטה לחקלאות מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית

15. הפקולטה למתמטיקה ולמדעי הטבע, האוניברסיטה העברית

אחידות המרחב החקלאי חושפת אותו לפגיעות ולכן קבוצת המחקר שלנו עוסקת במגוון בשדה החקלאי על כל מופעיו. אנו חוקרים ארבעה ממדים של מגוון בחקלאות: עיצוב השדה; מגוון גידולים; ממשק בין חקלאות לסביבה; ייצור תוספתי. מטרת המחקרים שלנו היא להבין את הקשרים בין ממדים של מגוון בשדה ובין היצרנות והיציבות של השדה החקלאי, באופן שיאפשר לחקלאות להסתמך יותר על שירותי המערכת האקולוגית, להפחית תלות בתשומות חיצוניות ולתמוך במגוון הביולוגי ובתפקודיו. בהרצאה זאת אתמקד בממד של עיצוב השדה ואציג תוצאות מחקר ראשונות הקושרות בין עיצוב הצומח בשדה, והמשמעויות שלו על התוצר החקלאי, על משק המים אל מול אירועים אקלימיים, על פעילות חיות-בר במרחב, ועל מגוון ביולוגי בקרקע.

עיצוב המרחב החקלאי כולל היבטים מגוונים בהם ממשקים עם משארי שדה, אגן נחל ואזורים לא מעובדים, פירוא מכוון, טיפול בקרקע, גידור, מפנה העיבוד, כיוון שורות הנטיעה וצפיפותה, גיזום העצים ובחירת הגידולים. אציג תוצאות ממחקרים הבוחנים תועלות של שילוב עצים בחקלאות. אראה ראיות לכך ששילוב זיתים וחטיפה שיפר את היבול הכולל של התוצר החקלאי בשדה, בשנת בצורת; בפרדס ששולבו בו זני שעורה, אראה השפעה מיטיבה על משק המים; אראה תוצאות מחקר באגן נחל פולג, שלא ניתן לעבדו בגלל הצפות עונתיות. בחנו עצי ערבה כפתרון לשטח המוצף, והראינו היתכנות לשימוש בערבות, שיש להם פוטנציאל בגידול חקלאי – למספוא ולסוכה; אציג תוצאות מחקר שהראה כי כיסוי צמחי של הקרקע בחקלאות קשור בשיפור של האיכות הביולוגית של הקרקע, לפי סמנים ביולוגים מקובלים; לבסוף אציג כיצד השפיע סוג המטע – אבוקדו לעומת הדלים – על פעילות חיות-בר.

הטענה המרכזית היא כי לעיצוב השדה יש השפעה משמעותית על תפקודו. העיצוב כולל מניפולציות בקרקע, בחירת הגידול ואופן טיפוחו, שילוב גידולים ושימושים. אסיים במחשבות על חשיבות הצורך לגבש תורה לעיצוב השדה והמרחב החקלאי.

חשיבות המחקר. תורת עיצוב השדה מסתמכת על כל ההיבטים האגרונומים של החקלאות, ושילוב תובנות ממדעי האקולוגיה והסביבה. תורה זאת חסרה כרגע גיבושה יסייע ליישם תובנות ממדעי האקולוגיה והאגרונומיה. טיפוח כלים של אגרואקולוגיה יישומית חיוני כדי לאפשר בטחון מזון וניהול שטחים פתוחים באופן מקיים. מיטוב של אינטראקציות בשדה החקלאי יכול לקדם חקלאות בת-קיימא, גינון וניהול משאבי טבע באופן מושכל, לטובת הציבור והסביבה.