



דוח שנתי לתוכנית מחקר מס' 91020004

שנת מחקר 2 מתוך 3

לימוד הקשר בין הזנת הצומח למזיקים לשם הפחתת השימוש בחומרי הדברה וייעול השימוש בחומרי הזנה
**Studying the interaction between plant nutrition and pests for the reduction of pesticides use
 and optimization of fertilizers application**

אושר במסגרת **נוהל תמיכה במחקר ופיתוח חקלאי במסגרת מרכזי מו"פ יישומי-אזורי 2017-2019**
 ע"י

ליאורה שאלתיאל הרפז, המחלקה להגנת הצומח מו"פ צפון, lioraamit@bezeqint.net, אגרו-אקולוגית.
 אורי ירמיהו, מחלקה לכימיה של הקרקע והזנת הצמח, מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי.
uri4@agri.gov.il. חוקר בהזנה של הצמח.
 אריק פלבסקי, המחלקה לאנטומולוגיה, מרכז מחקר נווה יער, מנהל המחקר החקלאי.
palevsky@volcani.agri.gov.il
 שי מורין, החוג לאקולוגיה ובריאות הצמח. הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית.
shai.morin@mail.huji.ac.il
 מנשה לוי, המחלקה לפתרונות טכניים, מו"פ צפון. melevi5@walla.com

סטטוס התוכנית: נמשכת

מועד התחלה ומועד סיום: 1.1.2017-31.12.2019

תוכן העניינים:

<u>עמוד</u>	<u>הפרק</u>
2	תקציר מדעי
3	מבוא
3	מטרות המחקר
3-12	פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר
13-13	מסקנות ביניים ותוכניות להמשך המחקר
14	רשימת ספרות



תקציר מדעי

הצגת הבעיה: מזיקים ומחלות מהווים מגבלה משמעותית בייצור חקלאי. הטיפול בהם באמצעות חומרי הדברה פוגע בבריאות המזון ובאיכות הסביבה. שימוש מוגבר ותכוף בהם מביא בין השאר להתפתחות עמידות לחומרים עצמם. בנוסף, הזנת הצומח בדשנים סינתטיים, שעלותם רבה והשפעתם הסביבתית ניכרת, מחייבת גם היא בחינה מחודשת לשם ייעול השימוש בהם. **יעד המחקר** הוא לפתח ממשק שיעזור להפחית את רמת הנזק הנגרם לגידולים חקלאיים כתוצאה ממזיקים, ע"י אופטימיזציה של הדישון החנקני והאשלגני הניתן להם. **שאלת המחקר היא** מהי השפעת הזנת הצומח בדישון חנקני ואשלגני על מזיקים הניזונים מרקמות צמחיות שונות (פרנכימה, שיפה ותוכן התא) בגידולים ממשפחות בוטניות שונות.

שיטות העבודה: בחוות המטעים בעמק החולה הוקמה מערכת של 8 דודי דישון, בהם צירופים שונים של דשנים. בסמוך, נבנו 4 בתי רשת עם מערכת השקיה שבאמצעותה מפוזרות תערובות הדישון. בשנה זו אנו ממשיכים לפי תכנית המחקר המקורית בהתאם לתוצאות השנה שעברה. נבדקים 8 צירופים שונים של ריכוזי חנקן ואשלגן. שמרנו על 6 טיפולים משנה א', בהם ריכוז החנקן קבוע על הרמה המסחרית המקובלת וריכוז האשלגן משתנה ולהפך, והוספנו שני צירופים שהתקבלו כטיפול קיצון בשנת המחקר הראשונה. מבנה הניסויים - בלוקים באקראי. בבתי הרשת גודלו בעציצים במצע פרלייט צמחי עגבנייה לביצוע הניסויים. לצורך בחינת הטיפולים על כנימת עש הטבק (*Bemisia tabaci*) הצמחים הועברו למעבדתו של פרופ' מורין בפקולטה לחקלאות ברחובות. הניסויים לבחינת השפעת הטיפולים על אקרית הקורים האדומה המצויה (*Tetranychus urticae*) התבצעו בבית רשת בחוות המטעים. הניסויים עם תנשמת האביב (*Helicoverpa armigera*) התבצעו בחדרי גידול מבוקרים במעבדתה של ד"ר ליאורה שאלתיאל הרפז. בנוסף, בדקנו את היבולים המתקבלים הטיפולים השונים ללא נוכחות מזיקים.

תוצאות הניסויים **בכנימת עש הטבק**, כמו בשנה שעברה, מעידות כי נקבות הכנימה כנראה רגישות לרמת החנקן בצמח. הן מטילות יותר על צמחים בעלי רמת חנקן גבוהה, ונרתעות מלהטיל על צמחים בעלי רמת חנקן נמוכה. מבחינת התפתחות הדרגות הצעירות, ניכר שרמות נמוכות של חנקן ו/או רמות גבוהות במיוחד של אשלגן משפיעות באופן שלילי על קצב התפתחות הכנימה. יש לציין, כי קצב התפתחות הוא הפרמטר החשוב ביותר לדינמיקה של המזיק בשדה, ומשפיע ישירות על מספר הדורות שמעמיד המזיק במהלך העונה ומכאן על היקף הנזק שיגרם. בניסויי **האקרית האדומה**, מבחינת מספר האקריות לעלה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, אך ניכרת מגמה המצביעה על רגישות של האקריות לחנקן. ברמות הנמוכות של החנקן (50 ppm) נמצאו כחצי ממספר האקריות מאשר בריכוז החנקן הגבוה (150 ppm), באותה רמת אשלגן. כשבוחנים את הנזק שהאקריות גורמות לצמח, גם השנה ניכר שבנוכחות אקריות הצמחים נפגעים יותר כאשר רמת החנקן גבוהה ורמת האשלגן נמוכה בעוד שהפגיעה בצמחים קלה יותר כאשר רמת החנקן נמוכה ורמת האשלגן גבוהה.



בניסויי **תנשמית האביב**, גם השנה נמצא שהנקבות אינן רגישות לריכוזי הדשן השונים בהטלה. השנה רק 12.5% מהזחלים שרדו עד שלב הגולם, ולא נמצא קשר מובהק בין שיעור ההישרדות וההתפתחות של הזחלים לבין רמות הדישון השונות. עם זאת, בטיפולים עם רמת חנקן זהה ורמות אשלגן גבוהות הזחלים שרדו פחות או התפתחו פחות טוב לעומת רמות האשלגן הנמוכות.

מבחינת היבולים: מהתוצאות עולה שהגורם המשמעותי ביותר המשפיע על כמות היבול ואיכותו הוא, כצפוי, כמות החנקן בדשן. האשלגן בטווח של עד 100 PPM לא משפיע על סה"כ היבול. ברמת אשלגן מאוד גבוהה (150 PPM) יש הפחתה של כ-30% בכמות היבול, אך היא איננה מובהקת.

מסקנות ביניים ותוכניות להמשך המחקר: תוצאות המחקר עד כה תומכות בהשערת המחקר, שלרמת הדישון החנקני והאשלגני יש השפעה על התפתחות המזיקים ועל התפתחות הצמחים בנוכחותם. הגורם העיקרי המשפיע על שלושת המזיקים בעגבניות הוא רמת החנקן בגידול. רמת האשלגן יכולה להוות גורם ממתן לכמות הנזק. בתכנון ממשק הדישון המיטבי, אותו נבחן בשנה השלישית, ננסה לשקלל את הפגיעה ביבול עם הפגיעה במזיקים.

מבוא

הגידול המסיבי באוכלוסיית העולם מחייב הגדלה בהיקף הייצור החקלאי. מזיקים ומחלות מהווים מגבלה משמעותית בייצור חקלאי, והטיפול בהם באמצעות חומרי הדברה פוגע בבריאות המזון ובאיכות הסביבה, ומביא להתפתחות עמידות לחומרים עצמם. בנוסף, הזנת הצומח בדשנים סינתטיים, שעלותם רבה והשפעתם הסביבתית ניכרת, מחייבת גם היא בחינה מחודשת לשם ייעול השימוש בהם (Amtmann et al. 2008). הסיכויים למציאת טיפולים כימיים יעילים כנגד מזיקים חדשים ואף קיימים, קטנים והולכים, ולכן יש צורך דחוף לחפש שיטות חלופיות לצמצום אוכלוסיות המזיקים ולימוד השפעותיהן על הצמח. לדעתנו, לא עומדת יותר בפני החקלאים ה"פריווילגיה" של הסתכלות נפרדת על הזנה ועל הגנת הצומח, ויש לשלב את נקודות המבט. ליסודות הזנה שונים השפעות שונות על הצמח ועל יכולתו להתגונן בפני מזיקים ומחלות (Veresoglou et al. 2013; Huber and Haneklaus 2007) במחקר הנוכחי אנו מתרכזים בשני יסודות מרכזיים בהזנת הצמח - חנקן ואשלגן. מחקרים קודמים מצביעים על כך שדישון בחנקן ברמה גבוהה נמצא פעמים רבות כמגביר חומרת מחלות ונזק בצמחים (Sharma and Kolte 1994, Wen-juan et al. 2010). לעומת זאת, מחקרים הראו שתוספת דישון אשלגני סייעה בהתמודדות של צמחים עם מחלות (Carvalho et al. 2010). עם זאת, אין די מידע על השפעת חנקן על מזיקים הניזונים באופן שונה באותו גידול (למשל מזיקים מוצצים הניזונים מהמוהל, לעומת מזיקים הניזונים מהעלווה או הפרי). מעט ידע קיים בעולם על השפעת הדישון האשלגני על מזיקים, ועוד פחות על ההשפעה המשולבת של דישון חנקני ואשלגני על מזיקים. בעבודה הנוכחית אנו חוקרים שאלות אלו.



מטרות המחקר

יעד המחקר הוא לפתח ממשק שיעזור להפחית את רמת הנזק הנגרם לגידולים חקלאיים כתוצאה ממזיקים, בעזרת אופטימיזציה של טיפולי דישון חנקני ואשלגני.

שאלת המחקר היא מהי השפעת הזנת הצומח בדישון חנקני ואשלגני על מזיקים הניזונים מרקמות צמחיות שונות (פרנכימה, שיפה ותוכן התא באותו גידול ובגידולים ממשפחות בוטניות שונות)

השערות המחקר הספציפיות הן: 1. לדישון חנקני ברמות גבוהות ישנה השפעה חיובית על המזיקים של הגידולים החקלאיים ולפיכך ניתן להפחית את רמת הנזק ע"י הפחתה של רמת דשן זה. 2. לדישון אשלגני ישנה השפעה מטיבה על יכולת הצמחים להתגונן בפני מזיקים ולפיכך ניתן להפחית את רמת הנזק ממזיקים שונים על ידי הגדלה של מינון דשן זה. 3. לדישון חנקני ואשלגני ישנה השפעה משולבת בצמח על מידת הנזק הנגרם לו ממזיקים ושילוב של שני סוגי דשן אלו יכול להשפיע על תגובת המזיקים לרמות שונות של חומרים אלו בצירופים השונים. אנו בוחנים השערות אלו בשני גידולים חד-שנתיים החשובים לכלכלת אזור הצפון - **עגבניות לתעשייה** (סולניים) ו**שעועית** (פרפרניים), כצמחי מודל לגידולים חד-שנתיים ממשפחות בוטניות שונות.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר לתקופת הדו"ח

מיקום - המחקר מתבצע בארבעה אתרים: (i) בחוות המטעים בעמק החולה, במעבדתה של ליאורה שאלתיאל-הרפז, שם מגודלים הצמחים ברמות דשן שונות בעזרת מערכת דישון מבוקרת ב-4 בתי צמיחה (פירוט להלן), ושם גם מבוצעים הניסויים עם תנשמית האביב ואקרית הקורים האדומה; (ii) בנווה יער, במעבדתו של אריק פלבסקי, שם מבוצעות הספירות של האקריות; (iii) בפקולטה לחקלאות, במעבדתו של פרופ' שי מורין, שם מבוצעים הניסויים עם כנימת עש הטבק; (iv) בחוות גילת, במעבדתו של פרופ' אורי ירמיהו, שם נערכות הבדיקות של תמיסות הדשן ושל רמות המינרלים בעלוה.

דגימות של תמיסות הדשן נשלחות למעבדה לשירותי שדה בצמח.

גידול הצמחים ברמות דשן שונות מתבצע ב-4 בתי צמיחה בגודל (אורך-רוחב-גובה): $4*6*8$ מ' שחופו ברשת ארוגה 50 מש. הצמחים נשתלו בעציצים בגודל 1 ו-2 ליטר (בהתאם לניסוי) במצע פרלייט 212. בכל מבנה, העציצים הוצבו ב-6 בלוקים באקראי. בכל בלוק ניתנו 8 טיפולי דישון שונים. מערכת ההשקיה: טפטפות 2 ליטר/שעה (כל טפטפת השקתה שני עציצים (בעזרת מפצל), סה"כ 1 ליטר/שעה/עציץ). בקרת השקיה: 3 מחזורי השקיה יומיים (8:00, 12:00, 16:00), 5-10 דק' למחזור (תלוי נפח עציצים ונפח צמחים).

מערכת ההדשיה: לצורך דישון הצמחים באופן מבוקר, נבנתה מערכת הכוללת 8 דודי דישון. נפח מיכלי התמיסה הסופית 1 מ"ק, נפח מיכלי תרכיז 60 לי'. התמיסות הוכנו במיכלי התרכיז והועברו למיכל הסופי (8 ליטר תמיסה מרוכזת לכל 1,000 לי' מים), פרט למגנזיום-סולפט שבגלל בעיות משקעים הוסף רק לתמיסה הסופית. כל דוד חובר למשאבת PKw60 של חברת Pedrollo. הרכבת ווסתים - ידנית.



בשנה זו אנו ממשיכים לפי תכנית המחקר המקורית בהתאם לתוצאות השנה שעברה. ריכוזי החנקן והאשלגן שנבדקים השנה הם הציורופים הבאים של N-P-K : 100-15-20, 150-15-100, 100-15-100, 50-15-100, 50-15-150. שמרנו על 6 טיפולים משנה א', בהם ריכוזי החנקן קבוע על הרמה המסחרית המקובלת וריכוזי האשלגן משתנה ולהפך. הוספנו שני ציורופים שהתקבלו כטיפול קיצוני בשנת המחקר הראשונה - ריכוזי אשלגן נמוך וריכוזי חנקן גבוה, שגורם לעליה ברמת המזיק לעומת ריכוזי חנקן נמוך וריכוזי אשלגן גבוה המדכא את המזיק. פירוט הרכב התמיסות מוצג בטבלה 1.

טבלה 1: הרכב תמיסות הדשן בטיפולים השונים בתמיסה הסופית (בדודי הדישון)

מספר הטיפול	Treatment	Final concentrations of salts (mg/l)								Final concentrations of nutrients (mg/l)					
		KH ₂ PO ₄	NH ₄ H ₂ PO ₄	KNO ₃	NH ₄ NO ₃	NaNO ₃	(NH ₄) ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	MgSO ₄ *7H ₂ O	N-NH ₄	N-NO ₃	N-total	P	K	Mg
1	50-15-150	26.8	32.8	224.3	0.0	53.5	28.4	124.5	252.5	10.0	40.0	50.0	15.0	150.0	25.0
2	50-15-100	0.0	55.5	259.0	0.0	24.2	15.2	0.0	252.5	10.0	40.0	50.0	15.0	100.0	25.0
3	100-15-100	0.0	55.5	259.0	0.0	266.7	62.9	0.0	252.5	20.0	80.0	100.0	15.0	100.0	25.0
4	150-15-100	0.0	55.5	259.1	0.0	509.1	110.5	0.0	252.5	30.0	120.0	150.0	15.0	100.0	25.0
5	100-15-20	0.0	55.5	51.8	0.0	441.2	62.9	0.0	252.5	20.0	80.0	100.0	15.0	20.0	25.0
6	100-15-60	0.0	55.5	155.4	0.0	354.0	62.9	0.0	252.5	20.0	80.0	100.0	15.0	60.0	25.0
7	100-15-150	0.0	55.5	388.5	0.0	157.5	62.9	0.0	252.5	20.0	80.0	100.0	15.0	150.0	25.0
8	150-15-50	0.0	55.5	129.5	221.0	477.5	0.0	0.0	252.5	30.0	120.0	150.0	15.0	50.0	25.0

העגבניות בניסויים הן מהזן H-4107. הזרעים הונבטו במצע זריעה (תוצרת טוף מרום גולן) במגשי חישתיל בשולחן השרשה, והועברו לעציצים עם מצע פרלייט. הצמחים טופלו בטיפול ההדשיה השונים 6 שבועות אחרי הזריעה, כאשר היה להם עלה אמיתי ראשון. מחזור העגבניות הראשון נשתל בעציצי הפרלייט ב- 22.5.18 והשני נשתל ב- 21.8.18.

השעועית היא מהזן סטלי, נזרעה ב-18.12.18 ישירות לעציצים עם מצע פרלייט ומטופלת מהתחלה בטיפול ההדשיה השונים.

במהלך מחזור הגידול הראשון נשלחו מי ההדשיה לבדיקה במעבדת שירות השדה בצמח, לבחינת תכולת המינרלים. מאחר ובמחזור הראשון נמצא חוסר במיקרו-נוטריינטים ובאמוניה, בוצעו תיקונים בהרכב הדשנים ובסדר הוספתם ובאחזקת דודי הדישון לקראת המשתל השני. תמיסות מי ההדשיה החדשים נאספו והועברו לבדיקה למעבדתו של פרופ' ירמיהו.

המזיקים שמשותפים בניסויים:

כנימת עש הטבק *Bemisia tabaci* (להלו כע"ט). אוכלוסיית כע"ט ממין B (מכיוון שכיום נפוץ בארץ רק מין זה), גדלה במשך 5 דורות במעבדה של פרופ' מורין בפקולטה לחקלאות על צמחי עגבניות לפני הצבתם בניסויים, כדי לחסוך את הצורך בזמן ההסתגלות לצמח, כמקובל. האוכלוסייה גודלה בחדר מבוקר טמפרטורה ולחות (28±2°C, RH 60%) לפני העמדת הניסוי.

אקרית הקורים האדומה המצויה (להלן א"א) *Tetranychus urticae*. א"א התקבלו ממפעל "ביו-בי" שדה אליהו, מאוכלוסיות ייחודיות המגודלות בנפרד על עגבניות, בהתאמה לניסוי.



תנשמית האביב (הליוטיס) - *Helicoverpa armigera* - אוכלוסיית המעבדה של תנשמית האביב (להלן ת"א) נבנתה מביצים שנאספו בשדות עגבנייה באפריל 2018, והדור הראשון הוזן על מצע מזון מלאכותי המיועד לת"א (Stonefly) לפני הצבת הניסויים במהלך שני דורות בתוספת עגבניות ולא על מזון מלאכותי בלבד, כדי להשוות את תנאי גידול מזיק זה לשאר המזיקים במחקר. לפיכך, הבוגרים של הדור הראשון הועברו לצמחי עגבנייה בחדר מבוקר טמפרטורה ואור ($D:L 8:16, 23 \pm 2^\circ C$), שם הזדווגו והטילו ביצים. הזחלים שבקעו עליהם הוזנו במזון מלאכותי בתוספת עלי ופירות עגבניות עד התגלמותם, ובוגרי הדור השני הועברו לניסויי בחירת הטלה על צמחי העגבנייה. זחלי הדור השלישי (שהוטלו על העגבניות) הועברו לניסויי ההתפתחות על עגבניות בטיפולים השונים, הנמצאים בעיצומם (ינואר 2019).

השפעת טיפולי הדישון על היבולים

השנה בחנו את השפעת טיפולי הדישון גם על כמות היבול וגם על מדדי הטעם של הפירות: תכולת הסוכר (Brix) וחומציות (pH). בדיקות היבול נערכו במועד בו 50% מהפירות שינו את צבעם לאדום. בכל אחת מהחזרות נשקל ונספר היבול, חושב משקל ממוצע לפרי, ונשקלה העלווה (הצמח ללא הפרי). בדיקות הפרי נערכו במעבדה לאחסון פירות במיגל. מ-2 פירות אדומים מכל חזרה נסחט הפרי, המיץ סונן בפד גזה ונבדקו כלל המוצקים המומסים (כ.מ.מ.) במכשיר רפרקטומטר מדגם NR-101 (מחברת J.P. Selecta, Spain), והחומציות נבחנה בעזרת מכשיר אוטומטי לטיטור (חברת Schott USA).

ניתוח הנתונים: בעזרת מבחני ANOVA חד-גורמית (עם גורם הבלוק) נבחן הקשר בין טיפולי הדישון השונים לכל המדדים שנבדקו. נתוני שיעור הנזק ושיעור ההישרדות שחושבו באחוזים עברו טרנספורמציה Aresin לצורך נרמול לפני הניתוח הסטטיסטי. ניתוח זה נעשה בעזרת תוכנת JMP13 SAS Inst.

פירוט הניסויים ותוצאותיהם:

(מאחר ונערכו ניסויים עם 3 מזיקים שונים ע"י 3 חוקרים שונים, וע"מ להקל על הבנת התוצאות, מפורטים הניסויים ותוצאותיהם בנפרד לכל מזיק).

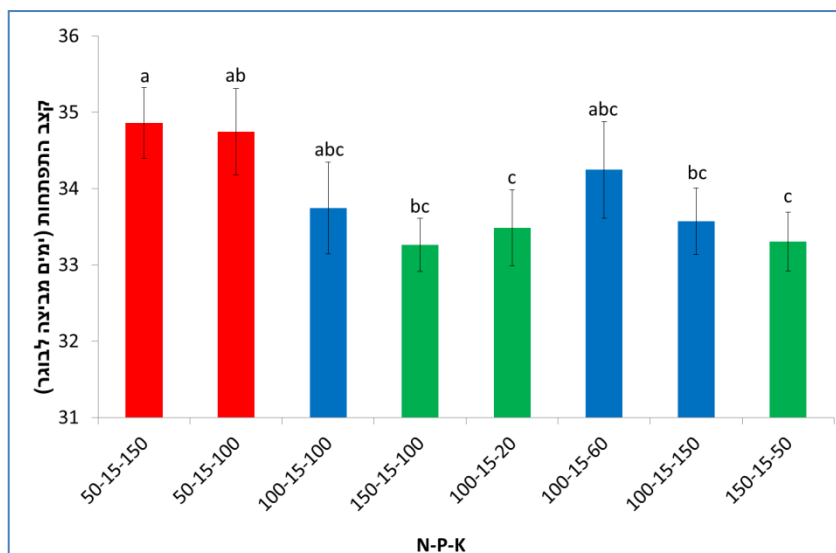
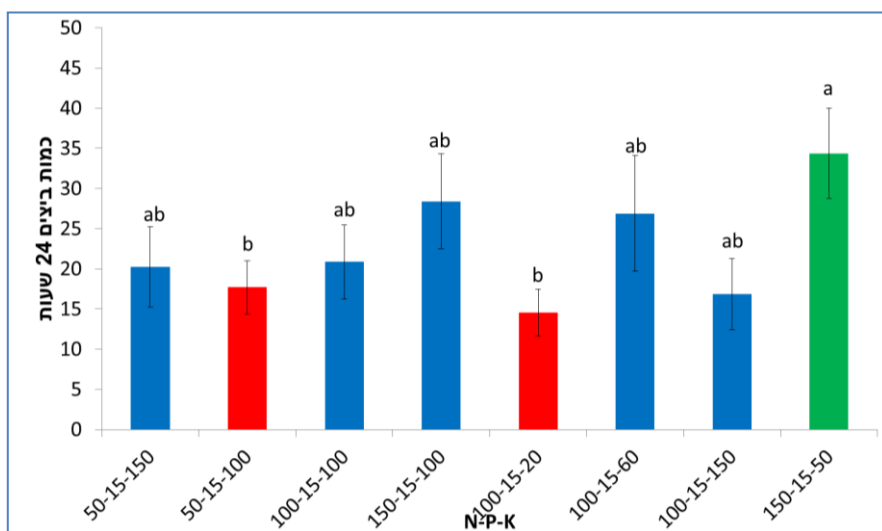
השפעת צירופי הדשן על שיעור ההטלה וקצב הגידול של כנימת עש הטבק

לבחינת השפעת משטר הדישון על הטלה ושרידות כנימת עש הטבק, הוצב ניסוי בתאריך 27.11.2018. הניסוי הוצב ב-8 טיפולים (מפורטים למעלה) וב-6 חזרות (בלוקים) לכל טיפול. בכל בלוק עמד צמח אחד מכל טיפול ונבדקו שני עלים לכל צמח. על כל עלה הושם "כלוב עלה", שהכיל 15 זוגות של זכרים ונקבות בוגרים שרק הגיחו מהאוכלוסייה שגודלה על צמחי עגבניות, לפרק זמן של הטלה של 24 שעות. לאחר מכן נאספו הבוגרים, והביצים נספרו. בהמשך נערך מעקב אחרי קצב ההתפתחות ונבחנה השרידות כאחוז הפרטים שהגיעו לדרגת בוגר ביום 34.



כמות הביצים שהוטלה לא הייתה שונה באופן מובהק בין הטיפולים ($P=0.146$). עם זאת, כפי שניתן לראות באיור למטה (תרשים 1), כמות הביצים הגבוהה ביותר הוטלה על הטיפולים 150-15-50 ו-150-15-100 והנמוכה ביותר על הטיפולים 100-15-20 ו-50-15-100, מה שיכול להעיד כי נקבות הכנימה כנראה רגישות לרמת החנקן בצמח. הן מטילות יותר על צמחים בעלי רמת חנקן גבוהה ונרתעות מלהטיל על צמחים בעלי רמת חנקן נמוכה.

תרשים 1: כמות ביצי הכעי"ט (ממוצע ושגיאת תקן) שהוטלו במשך 24 שעות על צמחי עגבנייה שדושו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T.



תרשים 2: קצב התפתחות הכנימות מביצה לבוגר (ממוצע ושגיאת תקן) על צמחי עגבנייה ברמות שונות של דישון חנקני ואשלגני. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T.

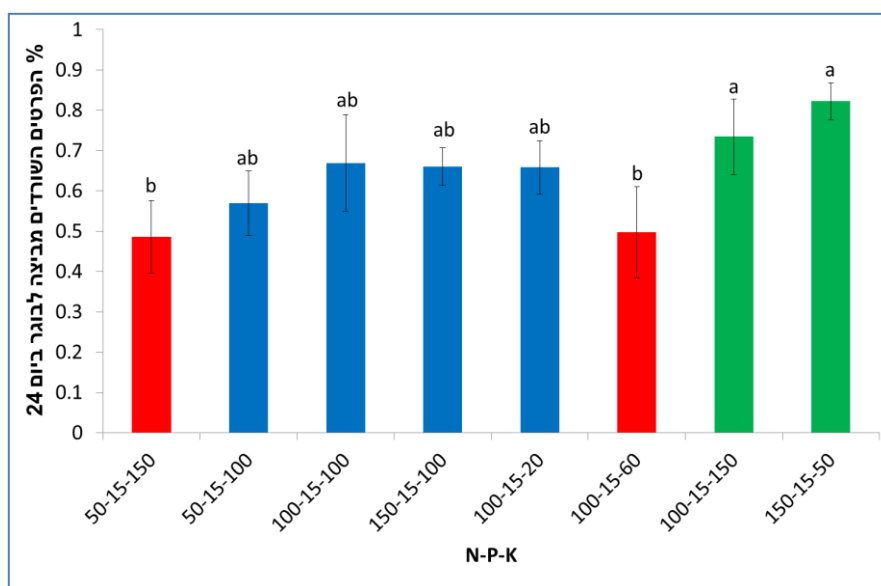


בשלב הבא נבדקה ההשפעה של רמות החנקן והאשלגן בצמחים השונים על קצב ההתפתחות של הכנימות המודל היה מובהק ($P=0.0345$) והטיפולים 50-15-150 ו-50-15-100 נבדלו באופן מובהק מהטיפולים 150-15-50, 150-15-150 ו-100-15-20 (בשלושת האחרונים ההתפתחות הייתה מהירה יותר), דבר המעיד על כך שרמות נמוכות של חנקן ו/או רמות גבוהות במיוחד של אשלגן משפיעות באופן שלילי על קצב ההתפתחות של הכנימה.

תוצאות דומות התקבלו בין הטיפולים השונים כאשר נבחנה רמת השרידות במעבר מביצה לבוגר (תרשים 3). גם כאן המודל היה כמעט מובהק ($P=0.0655$), וניתן לראות שהשרידות הגבוהה ביותר התקבלה בטיפול 150-15-50, והנמוכה ביותר בטיפול 50-15-150, מה שיכול שוב להעיד כי נקבות הכנימה כנראה רגישות בעיקר לרמות החנקן בצמח.

יש לציין כי קצב ההתפתחות הוא הפרמטר החשוב ביותר לדינמיקה של המזיק בשדה, המשפיע על מספר הדורות וגודל האוכלוסייה, ומכאן על רמת הנזק.

תרשים 3: שיעור הישרדות הכנימות ביום 24 לאחר ההטלה על צמחי עגבנייה שדושנו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T



אנו מתכווננים כעת לשני ניסויים נוספים – א. ניסוי שיבדוק האם הכנימות הנקבות הבוגרות מבחינות ומעדיפות להטיל על טיפולים מסוימים (מבחני העדפה), וב. ניסוי הטלה/התפתחות/שרידות נוסף, הפעם עם צמחי שעועית.

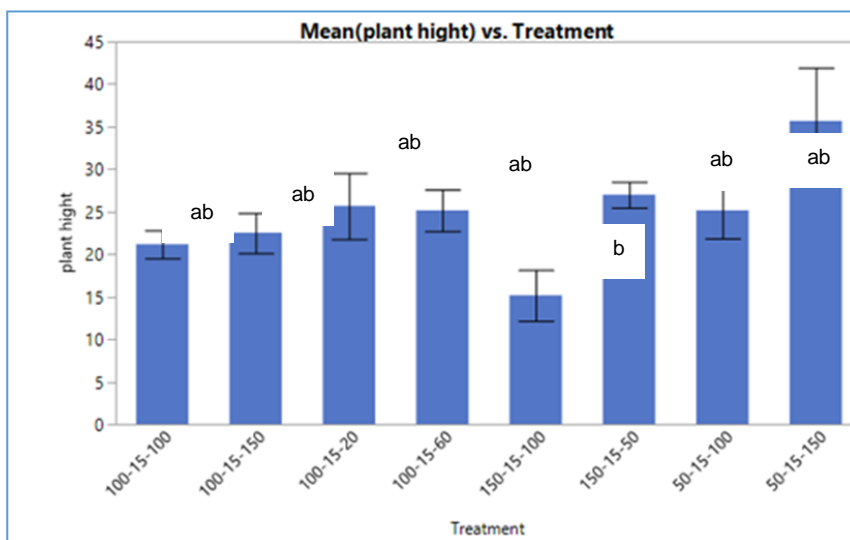
השפעת צירופי הדשן על התפתחות אוכלוסיית אקרית אדומה

ניסוי ראשון, על עגבנייה, בוצע ב- 1/7/18. פרטי א"א שגודלו על צמחי עגבנייה התקבלו מחברת ביו-בי לאילוח צמחי העגבנייה בבית רשת. במעבדה בחוות המטעים, העלים נבדקו מתחת לבינוקולר ונחתכו לפיסות בגודל כ 2 סמ"ר שעל כל אחת מהן 10 אקריות קורים בוגרות (דרגות צעירות, זכרים וביצים לא נספרו). פיסות העלה נלקחו



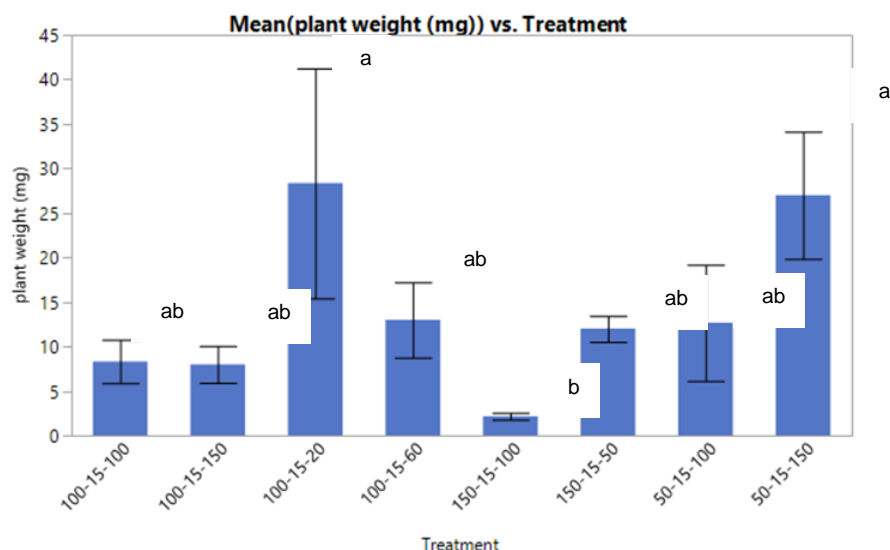
לבית רשת, והאילוח נעשה על ידי הצמדת פיסת העלה לצמח בעזרת שדכן. גובה הצמחים בזמן האילוח היה בין 30 ל- 50 ס"מ. ההצמדה נעשתה לעלה שני מלמטה. הדגימה ראשונה בוצעה ב-12/7/18, עלה שני ממקום האילוח כלפי מעלה. כל עלה שנאסף הוטבל במבחנה עם אתנול, ובעזרת בינוקולר במעבדה נספרו כל הדרגות הניידות של אקריות הקורים. דגימה שניה בוצעה ב- 25/7/18 ונעשתה במעבדה באופן דומה (נדגם עלה שלישי ממקום האילוח). כשבוע לאחר מכן, כיוון שחלק מהצמחים הראו סימני "שריפה" מנזקי אקריות, הוחלט לסיים את הניסוי. נספרו עלים נגועים ולא נגועים. כמו-כן נמדד אורך הצמחים ומשקלם.

בניסוי זה נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים בגובה הצמחים ($F_{7,35}=3.17$ $p=0.0105$). הצמחים הנמוכים ביותר התקבלו דווקא בטיפול בו רמת החנקן הייתה הכי גבוהה ורמת האשלגן סטנדרטית, והצמחים הגבוהים ביותר התקבלו בטיפול בו רמת החנקן הייתה הנמוכה ביותר ורמת האשלגן גבוהה (תרשים 4). תוצאה דומה התקבלה כשנבחן משקל הצמחים ($F_{7,35}=2.84$ $p=0.0187$). שוב, הטיפול שהניב בנוכחות אקריות את הצמחים בעלי המשקל הנמוך ביותר, היה זה שבו רמת החנקן הייתה הגבוהה ביותר ורמת האשלגן הנמוכה ביותר (תרשים 5). ניתן להסביר תוצאה זו כאשר בוחנים את שיעור העלים הירוקים מסך העלים בצמח - מדד לרמת פגיעת האקריות בצמח (תרשים 6), כאשר בטיפול עם רמת החנקן הנמוכה ביותר ורמת האשלגן הגבוהה ביותר (N-P-K 50-15-150) נמצאו באופן מובהק יותר עלים ירוקים, ללא נזקי אקריות ניכרים, מאשר בטיפול עם שיעור החנקן הגבוה ושיעור האשלגן הסטנדרטי (N-P-K 150-15-100). אך כמו בשנה שעברה, גם השנה לא נמצאו הבדלים מובהקים בגודל אוכלוסיית האקריות שהתפתחו על הצמחים בטיפולי הדישון השונים ($F_{7,35}=0.54$ $p=0.792$)

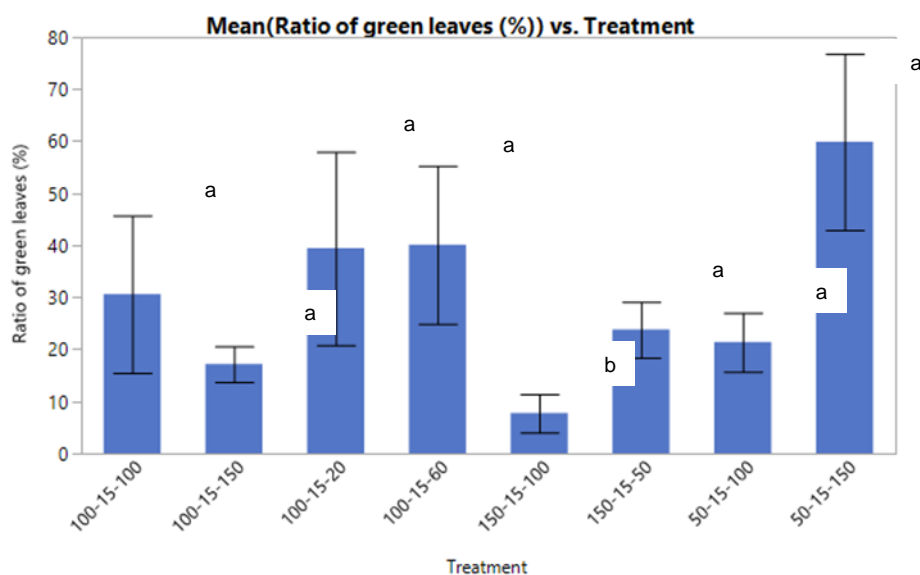


a

תרשים 4 גובה צמחי העגבנייה (ממוצע ושגיאת תקן) שדושונו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן, בנוכחות אקריות הקורים האדומה. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.



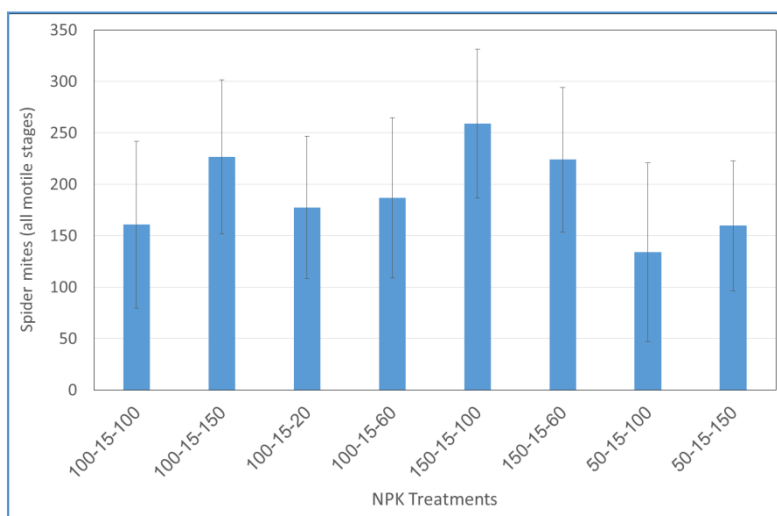
תרשים 5 משקל צמחי העגבנייה (ממוצע ושגיאת תקן) שדושו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן, בנוכחות אקרית הקורים האדומה. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD.



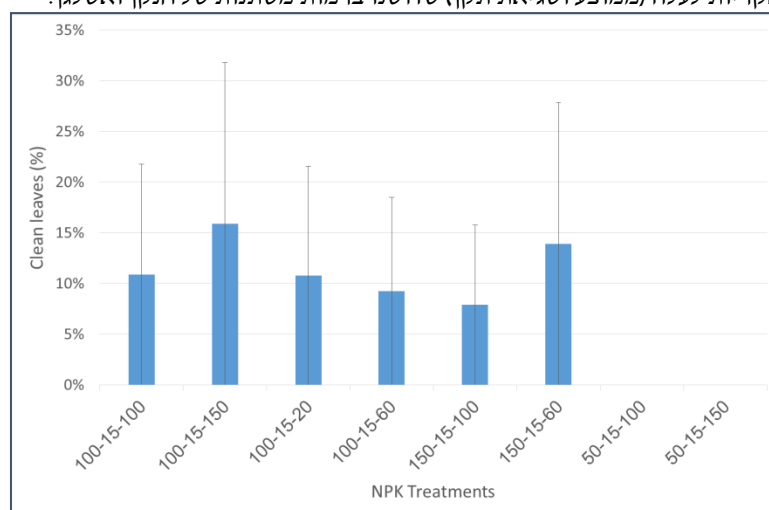
תרשים 6 אחוז העלים הירוקים מסך כל העלים בצמח (ממוצע ושגיאת תקן) שדושו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן, בנוכחות אקרית הקורים האדומה. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T שנוערך על הנתונים לאחר שעברו טרנספורמציה arcsin להתאמת הנתונים לדרישת התפלגות נורמלית.

מאחר והיה חשש שתמיסות הדשן בניסוי הראשון, שחסרו בהן יסודות הקורט, עלולות לשבש את האפקט של הגורם הנבדק, נערך ניסוי חוזר בעגבניות באותה מתכונת, על עגבניות שנסתלו בתחילת יולי עם תמיסות דשן תקינות. הניסוי נבדק ב.18.10.18. נספר מספר האקריות לעלה בכל אחד מהטיפולים ולא נמצאו הבדלים מובהקים

בין הטיפולים. ניכרת מגמה המצביעה על רגישות האקריות לחנקן, כאשר ברמות הנמוכות של החנקן (50 ppm) נמצאו כחצי ממספר האקריות מאשר בריכוז החנקן הגבוה (150 ppm) באותה רמת אשלגן (תרשים 7). לעומת זאת, כאשר בוחנים את מספר העלים הירוקים הנקיים מנוק של אקריות, למרות שגם כאן התוצאות אינן מובהקות, יש מגמה המצביעה על כך שברמת אשלגן גבוהה כמות הנוק לעלים פחותה מאשר בטיפול בו רמת החנקן זהה ורמת האשלגן נמוכה (תרשים 8).



תרשים 7 מספר ממוצע של אקריות לעלה (ממוצע ושגיאת תקן) שדוּשְנו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן.



תרשים 8 שיעור העלים הירוקים מסך כל העלים בצמח (ממוצע ושגיאת תקן) שדוּשְנו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן, בנוכחות אקרית הקורים האדומה.

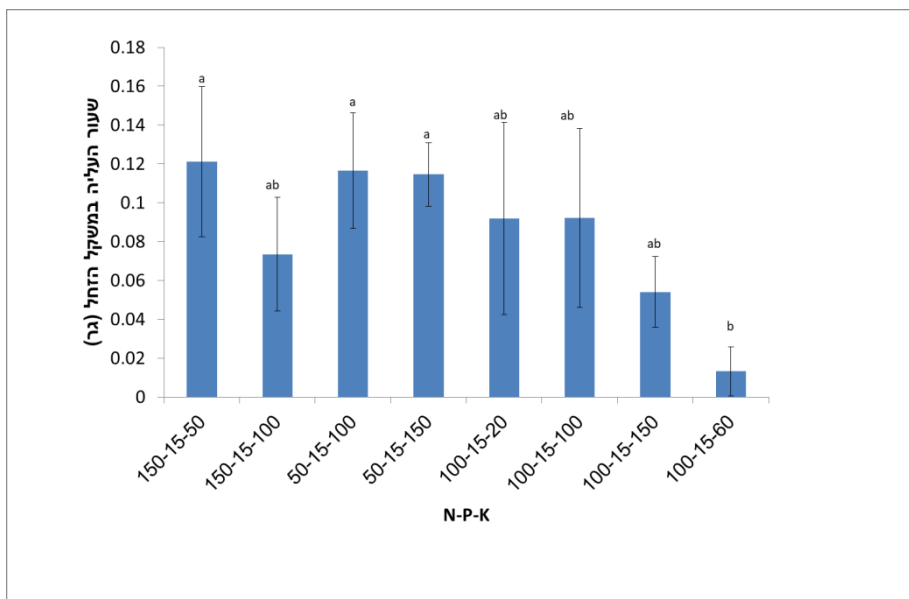
השפעת צירופי הדשן על התפתחות אוכלוסיית תנשמיית האביב

לבחינת השפעת משטר הדישון על שיעור ההטלה של העשים הוצב ניסוי בחירה. כאשר הצמחים במנהרת הגידול היו בשלב של פריחה, הם הועברו לחדר הגידול במעבדה בחוות המטעים (כל הניסויים בחלק זה של המחקר נערכו בחדר מבוקר בטמפ' 23 ± 2 מ"צ ובמשטר תאורה 8:16 (D:L) 8 עציצים מכל בלוק (אחד מכל טיפול) הוצבו באקראיות מלאה בכלוב פרספקס שקוף (שממדיו $120 \times 40 \times 60$ סמ"ק) עם חורי אוורור המחופים ברשת דקה. לכל כלוב הוכנסו שני זוגות בוגרי הליוטיס ביום הגחתם. כעבור שבוע מיום ההצבה, נספרו הביצים והזחלים בכל כלוב. במהלך השבוע העציצים הושקו ודושנו לפי הטיפולים. בניסוי ההטלה **בעגבניות, שהוצב ב-7.11.18**, שיעור ההטלה כפי שנמדד במספר הצאצאים לצמח (ביצים וזחלים) בטיפולים נע בין 2.46 ± 4.33 ועד 17.75 ± 38.33 (ממוצע ושגיאת תקן), אך לא נמצאו הבדלים מובהקים בין טיפולי הדשן השונים ($F_{7,35}=0.59$ $p=0.75$) וגם לא נמצאה מגמה המצביעה על העדפה לטיפולים כלשהם. תוצאות אלו דומות לאלו שהתקבלו בשנה שעברה בניסוי ללא בחירה, ומצביעות על כך שנקבות העש אדישות לרמות החנקן והאשלגן של הצמח עליו הן מטילות.

לבחינת השפעת משטר הדישון על הישרדות והתפתחות זחלי ת"א (בממשק דישון מתוקן), הוצב ב-21.8.18 ניסוי בעגבניות. זחלים בני יום שהוטלו על עלי עגבנייה הועברו מיד אחרי הגיחה להזנה במשך 24 על מזון מלאכותי, ורק אלו ששרדו את היממה הראשונה הועברו למבחנות פלסטיק 50 מ"ל (תוצרת מיניפלסט) עם מכסה הברגה שנקדח בו חור לאוורור שכוסה ברשת 50 מש. בכל מבחנה הוכנס עלה עגבנייה עם 2-3 עלעלים (העלה הבוגר החמישי בכל ענף מהטיפולים השונים). סה"כ 8 טיפולים * 6 חזרות = 48 זחלים. כל הצמחים היו בשלב של פריחה וחנטה. אחת ל-3 ימים נבדקה הישרדות הזחלים והעלה הוחלף בעלה טרי. הגלמים והזחלים ששרדו נשקלו. חושב שיעור ההישרדות, משך החיים של הזחלים בכל טיפול, ושיעור העלייה במשקל.

רק 12.5% מהזחלים שרדו עד שלב הגולם, וכמו בניסוי אשתקד גם בניסוי זה לא נמצא קשר בין שיעור ההישרדות של הזחלים לבין רמות הדישון השונות ($\text{Pearson Chi}^2=8.300$, $p=0.381$).

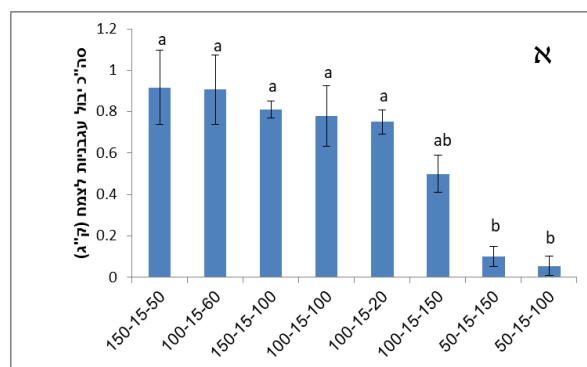
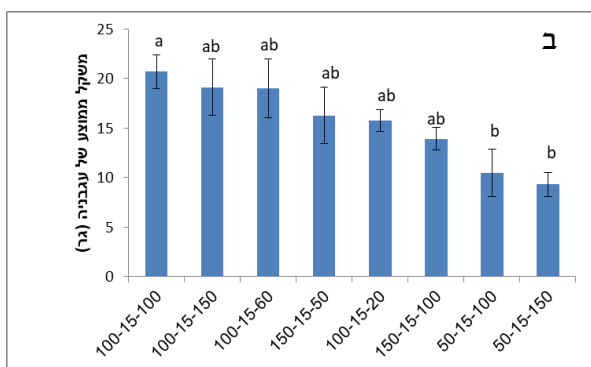
בבחינת תוחלת החיים של הזחלים המודל לא היה מובהק ($p=0.1616$) וכך גם בשיעור העלייה במשקל הזחל במהלך חייו במהלך חייו ($p=0.3774$), אך ניכרת מגמה המצביעה על כך שבד"כ בטיפולים עם אותה רמת חנקן אך עם רמות אשלגן שונות, הזחלים שרדו מעט פחות או התפתחו פחות טוב כאשר רמת האשלגן הייתה גבוהה (תרשים 9) בדומה לתוצאות שהתקבלו בניסוי זה בשנה שעברה. חשוב לזכור שבזחלים, ככל שתוחלת החיים ארוכה יותר, משך הזמן שבו הם גורמים לצמח נזק ארוך יותר. עליית המשקל יכולה להעיד על כמות המזון שצרכו, קרי הנזק לו גרמו.



רשים 9. שעור העלייה במשקל הזחלים (ממוצע ושגיאת תקן) במהלך חייהם מיום ההצבה בטיפולים השונים עמודות עם תניות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Student T

השפעת צירופי הדשן על היבולים ואיכותם

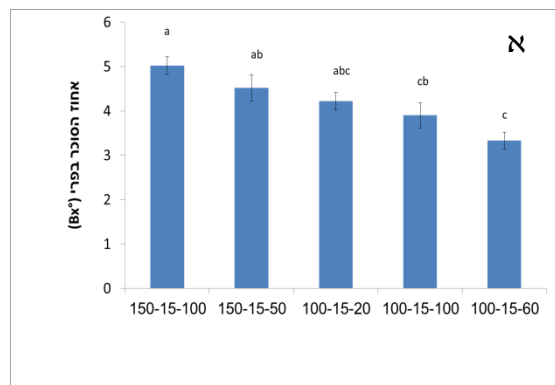
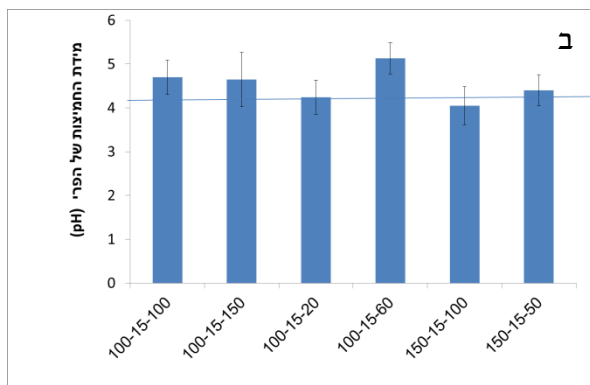
מהתוצאות עולה שהגורם המשמעותי ביותר המשפיע על כמות היבול הוא, כצפוי, כמות החנקן בדשן. האשלגן בטווח של עד 100 PPM לא משפיע על סה"כ היבול. ברמת אשלגן מאוד גבוהה (150 PPM) יש פחיתה של כ-30% בכמות היבול, אך הבדל זה איננו מובהק (תרשים 10 א'). הפגיעה בכמות היבול באה לידי ביטוי בעיקר במספר הפירות לצמח, ופחות במשקלם הממוצע (תרשים 10 ב').



תרשים 10: סה"כ יבול העגבניות במועד הקטיף (א) ומשקל ממוצע של עגבנייה (ב) (ממוצע ושגיאת תקן) בצמחים שדושנו ברמות משתנות של חנקן ואשלגן, ללא נוכחות מזיקים. עמודות עם אותיות שונות נבדלות זו מזו ברמת מובהקות $p < 0.05$ ע"פ מבחן Tukey HSD. מבחינת מדדי האיכות של הפרי, בבחינת כמות המוצקים המסיסים (כמ"מ), המודל היה מובהק $p = 0.001$. גם כאן, ניכר שהגורם העיקרי המשפיע על מתיקות הפרי הוא החנקן, כאשר האשלגן לא מהווה גורם מגביל (תרשים 11 א).



ראוי לציין שבתעשייה, רמת הכמ"מ ה"אדיש" (שמעליה מקבלים פרס ומתחתיה קנס) היא $Bx^\circ = 4.95$, כלומר שרק הטיפול עם רמת החנקן הגבוהה ביותר עובר ערך זה.



תרישים 11: מדדי איכות הפרי, אחוז הסוכרים המומסים בפרי (א) ומידת החומציות של הפרי (ב) שנמדדו בעגבניות האדומות (ממוצע ושגיאת תקן) במועד קטיף בטיפולי הדשן השונים. בתרישים ב' הקו האופקי מסמן את סף ערך ההגבה המקובל במפעלים שמתחתיו לא נהוג לקלוט פרי.

מבחינת חומציות הפרי לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים $p=0.447$ (תרישים 11 ב), ורובם עברו את ערך הסף המקובל במפעלים, העומד על ערך ההגבה של $pH=4.2$.

מסקנות ותוכניות להמשך

תוצאות הניסויים **בכנימת עש הטבק**, כמו בשנה שעברה, מעידות על כך כי נקבות הכנימה כנראה רגישות לרמת החנקן בצמח. הן מטילות יותר על צמחים בעלי רמת חנקן גבוהה ונרתעות מלהטיל על צמחים בעלי רמת חנקן נמוכה. מבחינת התפתחות הדרגות הצעירות, ניכר שרמות נמוכות של חנקן ו/או רמות גבוהות במיוחד של אשלגן משפיעות באופן שלילי על קצב ההתפתחות של הכנימה. יש לציין, כי קצב ההתפתחות הוא הפרמטר החשוב ביותר לדינמיקה של המזיק בשדה, המשפיעה על מספר הדורות וגודל האוכלוסייה, ומכאן על רמת הנזק.

בניסויי **האקרית האדומה**, מבחינת מספר האקריות לעלה לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים, אך ניכרת מגמה של רגישות האקריות לחנקן, כאשר ברמות הנמוכות של החנקן (50 ppm) נמצאו כחצי ממספר האקריות מאשר בריכוז החנקן הגבוה (150 ppm) באותה רמת אשלגן. בנוכחות אקריות התפתחות הצמחים נפגעת כאשר רמת החנקן גבוהה ורמת האשלגן נמוכה, והפגיעה פחותה כאשר רמת החנקן נמוכה ורמת האשלגן גבוהה.

בניסויי **תנשמת האביב** גם השנה נמצא שהנקבות אינן רגישות לריכוזי הדשן השונים בהטלה. אמנם השנה רק 12.5% מהזחלים שרדו עד שלב הגולם, ולא נמצא קשר מובהק בין שיעור ההישרדות וההתפתחות של הזחלים לבין רמות הדישון השונות, אך ניכר שבד"כ בטיפולים עם רמת חנקן זהה, הזחלים שרדו מעט פחות או התפתחו פחות טוב כאשר רמת האשלגן הייתה גבוהה.

מבחינת היבולים - מהתוצאות עולה שהגורם המשמעותי ביותר המשפיע על כמות היבול ואיכותו הוא כמות כמות החנקן בדשן. האשלגן בטווח של עד 100 ppm לא משפיע על סה"כ היבול. ברמת אשלגן מאוד גבוהה (150 ppm) יש פחיתה של כ-30% ביבול אך היא אינה מובהקת.



בסיכום ביניים ניתן לראות שהגורם העיקרי המשפיע על שלושת המזיקים בעגבניות הוא רמת החנקן בגידול, ושרמת האשלגן יכולה להוות גורם ממתן לכמות הנזק. בתכנון ממשק הדישון המיטבי, אותו נבחן בשנה השלישית ננסה לשקלל את הפגיעה ביבול עם הפגיעה במזיקים.

ההתקדמות במחקר שחלה ממועד כתיבת הדו"ח האחרון: מאז הדו"ח החצי-שנתי חזרנו על כל הניסויים הקשורים לעגבניות עם שלושת המזיקים ובלעדיהם.

פעילויות שנעשו במו"פ במהלך תקופה: נערכו מספר סיורי מגדלים בהם הוצג המחקר ונערכה הרצאה בכנס של היחידה לחקלאות מדייקת של המו"פ.

תוצאות המחקר הוצגו בכנס בין-לאומי בפורטוגל ויוצגו בכנס של אקולוגיה של צמחים (ראה למטה). בנוסף, התוצאות פורסמו במוסף דה-מרקר בנושאי חקלאות מה-8.5.18.

בעיות שהתעוררו: מאחר ובבדיקת תמיסת הדשן במהלך מחזור הניסויים הראשון (יוני 2018), התברר שהיה מחסור ביסודות קורט, דבר שעלול לפגוע בהתפתחות התקינה של הצמחים ולפיכך לשבש את תוצאות המחקר, חזרנו שוב על כל הניסויים בעגבניות עם תמיסות תקינות. דבר זה הוביל לדחייה בביצוע הניסויים בשעועית, שכעת בעיצומם.

בנוסף, הופיעה באוכלוסיית המעבדה של תנשמית האביב מחלה שגרמה לתמותה מידית של כל הפרטים בגידול. המעבדה חוטאה בקיטור וכלור ונאלצנו להתחיל את כל הגידול מחדש. גם זה גרם לעיכוב בהתחלת הניסויים במזיק זה. בניסוי הנוסף שערכנו, רק 12.5% מהזחלים שרדו עד שלב הגולם (לעומת 52% אשתקד) וייתכן שלמרות החיטוי לא הצלחנו להתגבר לחלוטין על גורם המחלה שפגע בגידול הזחלים. אנחנו ממשיכים בסניטציה קפדנית בתקווה להתגבר על הבעיה. זו הזדמנות להודות לפרופ' אמיר אילי מאוניברסיטת תל אביב ולפרופ' רמי הורוביץ ממינהל המחקר החקלאי שתרמו לנו עשים להתחלת הגידול מחדש וסייעו לנו לעמוד בתוכנית המחקר.

תכניות להמשך: אנו נסיים את הניסויים בהם התחלנו עם השעועית (דו"ח שנתי מסכם מעודכן ישלח ברגע שיסתיימו הניסויים). ובמקביל התחלנו בבניית 36 בתי הרשת שישמשו להצבת הניסויים בשנה השלישית לפי התכנון.

פרסום תוצאות המחקר: תוצאות המחקר מהשנה הראשונה הוצגו בהרצאה בכנס **14th IOBC meeting** **"Integrated control in protected crops, Mediterranean climate"** שהתקיים בליסבון ב-3-7.8.18 והתקבלו לפרסום כמאמר בשם **Studying the interaction between plant nutrition and pests for the reduction of pesticide use and optimization of fertilizer application** של IOBF proceeding בגיליון ה- הכנס.

התוצאות יוצגו בכנס בינלאומי של **Plant Ecology** שיתקיים במכללת תל-חי ב-29-30.1.19 במסגרת הרצאת פתיחה מוזמנת שכותרתה: **You are what you eat: The effect of plant nutrition of herbivore plant interactions**.



-
- Amtmann A., Troufflard S. and Armengaud P. (2008) The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants, *Physiologia Plantarum* 133: 682-691.
- Carvalho M.P., Rodrigues F.A., Silveira P.R., Andrade C.C.L., Baroni J.C.P., Paye H.S. and Loureiro J.E.J. (2010) Rice resistance to brown spot mediated by nitrogen and potassium, *Journal of Phytopathology* 158, 160-166.
- Huber D.M. and Haneklaus S. (2007) Managing nutrition to control plant disease, *Landbauforschung Völkenrode* 4, 57, 313-322.
- Sharma S.R. and Kolte S.J. (1994) Effect of soil-applied NPK fertilizers on severity of black spot disease (*Alternaria brassicae*) and yield of oilseed rape, *Plant and Soil* 167, 313-320.
- Veresoglou S.D., Barto E.K. and Rillig M.C. (2013) Fertilization affects severity of disease caused by fungal plant pathogens, *Plant Pathology* 62, 961-969.
- Wen-juan L, Ping H. and Ji-yun J. (2010) Effect of potassium on ultrastructure of Maize stalk pith and young root and their relation to stalk rot resistance, *Agricultural Sciences in China*, 9, 1467-1474.