

דוח לתוכנית מחקר 20-02-0076

לשנת המחקר השלישית מתוך שלוש שנים

ביולוגיה והדברה של המין הפולש סולנום זיתני בגד"ש וירקות בישראל
The biology and management of *Solanum elaeagnifolium*, Cav.

מוגש לקרן המדען הראשי של משרד החקלאות ע"י

רן לאטי – מחלות צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר נווה יער

Ran Lati, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O. Box, 1021, Ramat Yishay, 30095. Email: ranl@volacni.agri.gov.il

חנן איזנברג – מחלות צמחים וחקר עשבים, מנהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר נווה יער

Hanan Eizenberg, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O. Box, 1021, Ramat Yishay, 30095. Email: eizenber@volacni.agri.gov.il

בהשתתפות עומר קפילוטו, גיא אכדרי, יבגני סמירנוב

תקציר

מטרת המחקר לפתח ממשק להדברת מושכלת של המין סולנום זיתני בגידולי שדה ופלחה. במהלך תקופת המחקר נערכו ניסויים ללימוד הביולוגיה של סולנום זיתני שכללו מעקב אחר קצב ההתפתחות המרחבית והעיתית של הסולנום, ורגישותו לתכשירי הדברה. פעילות מרכזית במחקר כללה היקף את היקף הביולוגיה שלא היה ידוע לפני כן. עיקר הממצאים: **א. ביולוגיה:** טווח הנביטה האופטימלי של סולנום זיתני רחב ומתרחש בין 10-33 מ"צ מזרעים ו- 10-37 מ"צ מקני שורש. פותח מודל נביטה תרמלי ומודל הידרותרמלי המבוסס על פוטנציאל אוסמוטי. נביטת זרעי סולנום זיתני נצפתה מטווח עומקים 0-30 ס"מ באמצעות מיניריזוטרון. פותח מודל הנצה והתפתחות מקנה שורש. **ב. הדברה כימית:** נערכו מבחני קדם ואחר הצצה בהם נמצא כי הזרעים רגישים לתכשירים אימזפיק, מטריבוזין וסנקור ופירווקסאסולפון. כמו כן מבחני אחר הצצה הראו שסולנום זיתני רגיש לתכשירים פלורוקסיפיר, גליפוסט וגלופוסנט. אמצעים פיזיקליים כגון שלהוב וחשמל הראו שסולנום זיתני רגיש בשלבי התפתחות ראשוניים. מבחני קדם הנצה מקנה שורש לא הראו תוצאות מספקות ויש עוד להבין ולנסות למצות את האופטימיזציה של תכשירים נוספים בהדברה של סולנום זיתני מקנה שורש כמו כן במבחני אחר הצצה בשלבי התפתחות מוקדמת עד 6-8 עלים.

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר חנן איזנברג

סולנום זיתני (ס"ז) (*Solanum elaeagnifolium*, Cav.) הינו מין עשב קיצי פולש רב שנתי, המהווה בעיה קשה בחקלאות ובשטחים פתוחים, בישראל ובחלקים נרחבים במזרח התיכון. ס"ז יכול לגרום נזקים ישירים לחקלאות הקשורים בפחיתת יבול כתוצאה מתחרות עם צמח התרבות היכולים להגיע בגידולים מושקים ל-75%. מין זה גורם גם לנזקים בלתי ישירים כפונדקאי למחלות ומזיקים, קיים חשד שהוא מהווה פונדקאי לוירוס צהבון האמיר בעגבנייה. בנוסף, ס"ז נמצא כרעיל לבעלי חיים ולכן נוכחותו בשטחי מרעה בעייתית (Stanton et al. 2012) הביולוגיה הייחודית המאפיינת את ס"ז הינה נקודת המפתח לפולשנות האגרסיבית של מין זה. ראשית, הוא בעל יכולת התאמה רחבה למגוון קרקעות ותנאי מליחות ויובש המקנה לו גמישות רבה ויכולת התאמה לשטחים חדשים ומגוונים כגון שדות חקלאיים, מטעים, שטחי בור, צדי כבישים וכו' שני אמצעי ריבוי, מינית באמצעות זרעים ווגטטיבית באמצעות קנה שורש, כאשר אמצעי ריבוי אלו מתפזרים במרחב באמצעות בעלי חיים ופעילות אגרוטכנית של האדם (Boyd and Murray, 1984). ס"ז נחשב כמין קשה הדברה וההתמודדות עמו הפכה למורכבת בישראל כמו במקומות נוספים בעולם (Uludag et al. 2016). תחת תנאים מיטביים יכולת הצימוח הווגטטיבית של מין זה, על ותת קרקעית, היא גבוהה. לעשב יכולת התחדשות גבוהה ומהירה לאחר הפרעות מכניות ורעיה. כמו כן, שורשיו יכולים להגיע לעומק הקרקע, עד לכדי 60 ס"מ, וחלקיו הרפרודוקטיביים הינם בעלי כושר שרידות גבוה היכול להגיע עד 10 שנים (Stanton et al. 2011). מסיבות אלו, אמצעים מכאניים להדברות כגון קלטורים אינם יעילים, ומשיגים למעשה את הפעולה ההפוכה של הפצת אברי הריבוי של העשב לאזורים חדשים והתחדשות מהירה של הצימוח הקיים. האמצעים הכימיים הבררניים הידועים מהספרות אשר זמינים ליישום בגידולים חקלאיים בישראל מוגבלים, וכוללים את התכשירים סטומפ (pendimethalin) ולונטריל (clopyralid) (Uludag et al. 2016).

2. מטרת המחקר (מתוך הצעת המחקר)

מטרת העל של תכנית זו הינה פיתוח ממשק משולב להדברה יעילה של ס"ז והבנה טובה יותר של הביולוגיה ודרכי התפוצה של מין זה. ממשק משולב זה יתבסס על מחזור גידולים המקובלים בישראל, כאשר יינתן דגש לשילוב אמצעי ההדברה לא כימיים הזמינים כיום וביצוע אופטימיזציה לתכשירים כימיים מורשים. הבנת הביולוגיה תאפשר להשתמש באמצעי המתאים ביותר וליישמו בזמן המתאים ביותר, ובכך להגדיל את היעילות של הממשק הכולל.

המטרות הספציפיות של המחקר הן:

א. פיתוח מודל לחיזוי שלבים פנולוגיים חשובים בהתפתחות ס"ז היכולים להוות יעד להדברה כימית או מכאנית, ובחינת התרומה של הריבוי המיני באמצעות זרעים לעומת הריבוי הווגטטיבי לתפוצה וליכולת התחרות של המין.

ב. אופטימיזציה של אמצעי ההדברה הכימיים והפיזיקליים של ס"ז במחזורי גידול הכוללים את גידולי השדה חיטה, אבטיח מללי, בקיה, כותנה, תירס ואגוזי אדמה ואת הירקות עגבניה ושעועית.

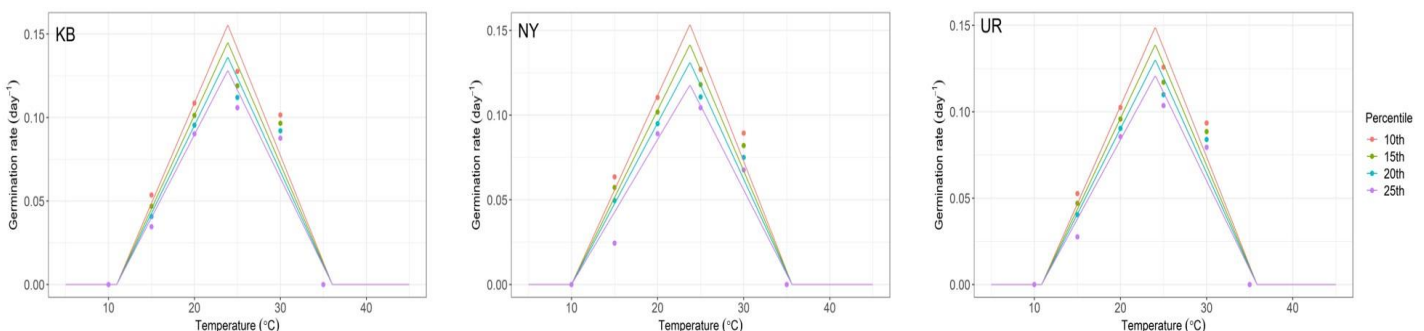
תוצאות המחקר (עיקרי התוצאות מארבע שנות מחקר)

חלק א': תיאור ופיתוח מודל חיזוי לשלבי מפתח בהתפתחות של סולנום זיתני מעל ותחת פני הקרקע.

אוכלוסיות של סולנום זיתני (ס"ז) שמייצגות שלושה אזורים אקלים, כפר בלום, נווה יער ואורים. בתחילת המחקר נערכו בדיקות לחיוניות הזרעים ויכולת נביטה. הזרעים אוכסנו במקרר בטמפ' 4C עד לשימוש. תיאור מורפולוגי ונתוני נביטה מופיעים בדוחות השנתיים.

פיתוח מודל נביטה תרמאלי.

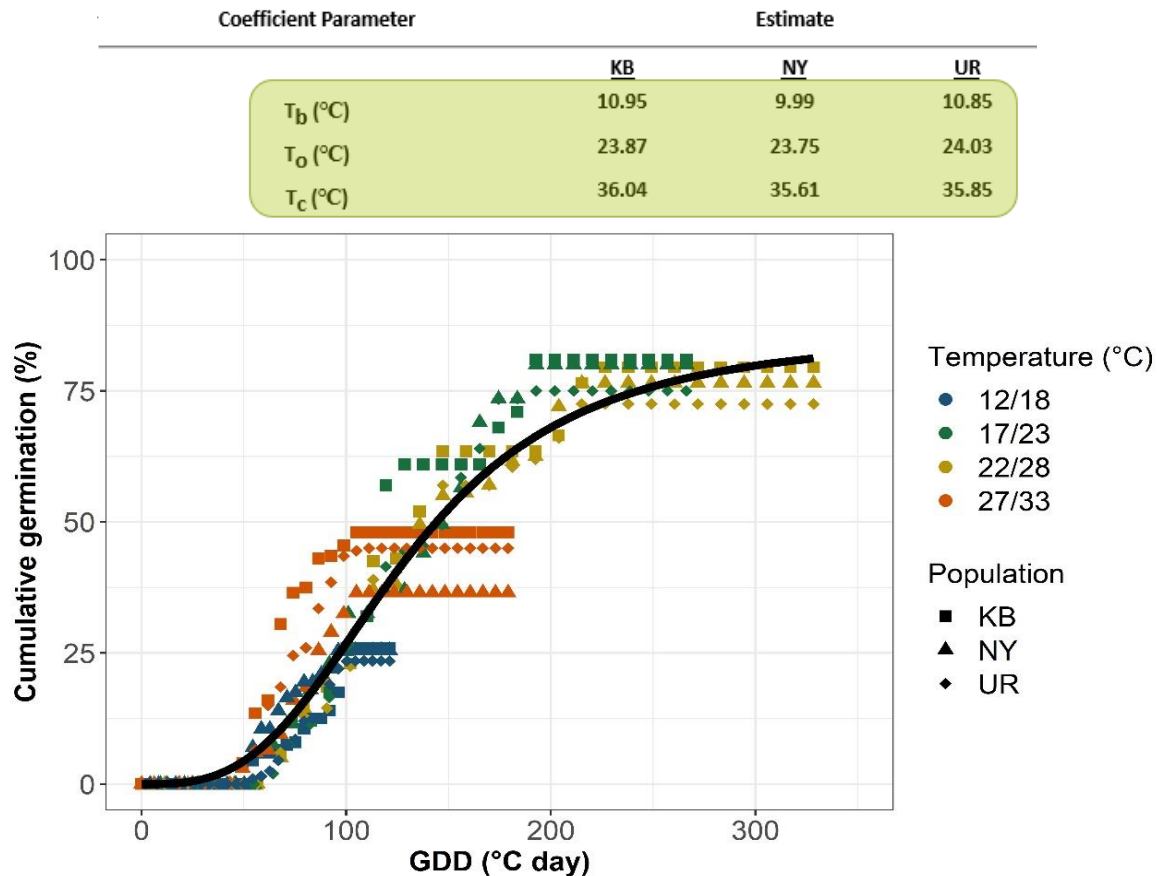
במסגרת תכנית מחקר זאת פיתחנו מודל נביטה מבוסס על טמפרטורה במנעד של 6 מ"צ בטווח הטמפרטורות 40-5. המודל שלוש אוכלוסיות ס"ז. מודל זה אפשר לנו בנוסף לקבוע את טמפ' הקיצון של הזרעים של המין סולנום זיתני.



אזור 1. הקשר בין קצב הנביטה כתלות בטמפ' ממוצעת בציר ה- X לפי מודל Segmented. מודל זה אפשר לנו לקבוע את טמפ' הקיצון וליצור מודל תרמאלי מבוסס ימי מעלה. טמפ' הקיצון (טמפ' בסיס הדרושה לתחילת הנביטה, טמפ' אופטימלית בה קצב הנביטה הכי גבוה, והטמפ' המקסימלית בה יכולה להתרחש נביטה מובאת בטבלה 1. KB - כפר בלום; NY - נווה יער; UR - אורים.

טבלה 1. טמפ' הקיצון בשלושת האוכלוסיות לפי מודל ה segment. לא נצפו הבדלים בין האוכלוסיות על אף המרחק הגיאוגרפי. T_b – טמפרטורת הבסיס מתחתיה לא תתרחש נביטה; T_o – הטמפרטורה האופטימלית לנביטה; T_c – טמפרטורה מעליה לא תתקיים נביטה.

בהימצא טמפ' הקיצון אנו יכולים לתאר מודל נביטה מבוסס ימי מעלה. נותח מודל נביטה לכל אוכלוסייה בנפרד. לא נמצאו הבדלים בין האוכלוסיות. לכן, אוחדו המודלים לידי מודל אחד אשר מתאר את חוסנו של המודל בקרב שלושת האוכלוסיות.

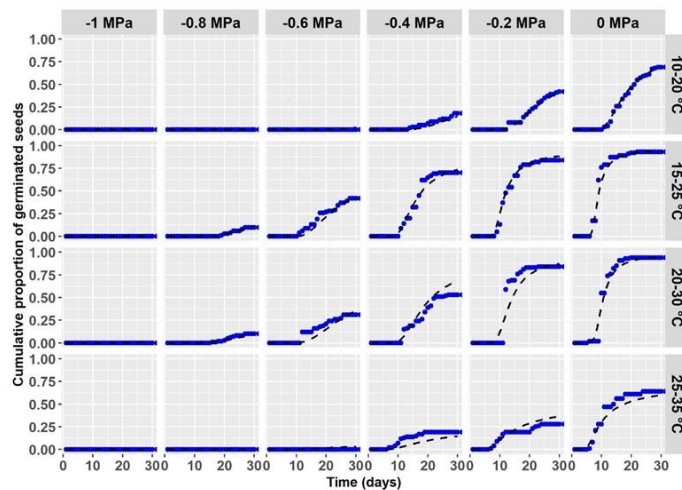
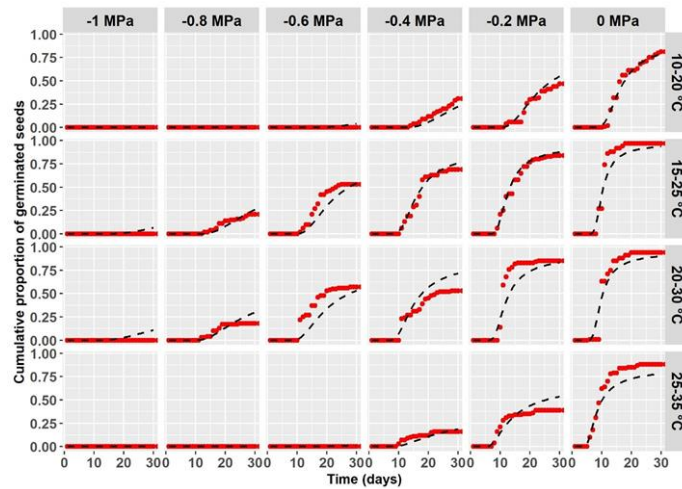


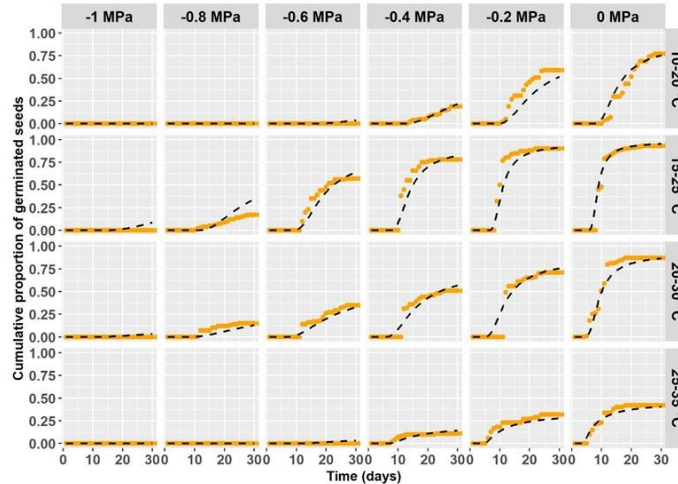
איור 2. הקשר בין הנביטה כתלות בימי מעלה. מודל מאוחד לשלושת האוכלוסיות. המודל נותח באמצעות משוואת לוג לוגיסטיק 3 פרמטרים. $d=0.85$, $b=-3.06$, $e=129.3$, $T_b=10.82$ °C, $T_o=23.86$ °C, $T_c=35.9$ °C. $p < 0.001$, $RMSE = 0.064$. ציר X מתאר ימי מעלה בהתאם למודל שפותח (איור 1) וציר Y רת סך הזרעים שנבטו באופן מצטבר.

הטמפרטורות הקרדינליות עליהן מבוסס מודל ימי המעלה נמצאו דומות בין שלושת האוכלוסיות לכן הנתונים משלושת האוכלוסיות אוחדו ופותח מודל אחד כולל (טבלה 1 ואיור 1). טמפ' הבסיס לנביטה ס"ז חושבה על ידי המודל בסביבות 10 מ"צ. ניתן לראות שנדרשים כ-50 ימי מעלה לתחילת הנביטה ל-50% נביטה נדרשים כ-130 ימי מעלה בערך בעוד לאחר קצת מ-200 ימי מעלה הנביטה מגיעה ל-75% ומעלה. 200 ימי מעלה הם בערך כשלושה שבועות בזמן פיזיולוגי בשדה בזמן האביב. בקיץ כשבוע וחצי עד שבועיים, ואילו בחורף המאוחר

כחודש עד חודש וחצי. ניתן לראות בנוסף שטמפי' הקיצון אשר אוחדו למודל אחד הינן טמפי' ממוצעות בחורף באביב ובקיץ בישראל.

תכולת רטיבות הינה גורם סביבתי משמעותי נוסף המשפיע על נביטת זרעים. לצורך בחינת השפעת גורם זה על ס"ז פותח מודל ההידרותרמאלי על בסיס 4 טמפי' במנעד של 10 הפרש (10-20, 15-25, 20-30, ו-25-35 מ"צ) ו-6 תמיסות פוטנציאל אוסמוטיות (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0 MPa) התמיסות האוסמוטיות הושגו באמצעות PEG 8000. המודל פותח על אותן שלוש אוכלוסיות שצוינו.





איור 3. מודל נביטה הידרותרמאלי מבוסס ימי מעלה ותכולת רטיבות עבור אוכלוסיית כפר בלוס (אדום, נוח יער (כחול) וקיבוץ אורים (צהוב)).

הרחבת פיתוח המודל ההידרוטרמאלי

במודלים דומים לאלו שהצגנו פוטנציאל המים הדרוש לנביטה ישתנה בהתאם לאחוזון הנביטה. באמצעות המודל ההידרוטרמלי ניתן לחזות עקומות נביטה בטווח רחב של טמפ' תת-אופטימאליות ופוטנציאל מים שונים. על מנת שמודל הזמן ההידרוטרמלי ישמש לחיזוי בשדה עליו גם לתאר את העיכוב וההפחתה בקצב הנביטה כתלות בהשפעה ההדדית בין טמפרטורה ופוטנציאל מים בקרקע. ברדפורד (Bradford 2002) שילב במשוואה ההידרוטרמלית את תגובת הנביטה של הזרעים לטמפ' על-אופטימאליות, כאשר השינוי בהתפלגות של ערך הסף של פוטנציאל המים הבסיסי (Ψ_b) עם עלייה בטמפ' הוא ליניארי ונקבע ע"י K (קבוע, השיפוע של Ψ_b עם T כאשר $T > T_0$). באמצעות המודל ניתן לתאר את תגובת הנביטה בכל טווח הטמפ' ופוטנציאלי המים, מלבד מקרים בהם לא מתקיימת ירידה בקצב הנביטה מעל T_0 , אלא קיים פלאטו. שילוב מודלי הזמן התרמלי עם פוטנציאל המים הביאו ליצירת המודל ההידרוטרמלי שיכול לתאר תבנית נביטת זרעים בטווח טמפ' תת-אופטימליות ופוטנציאל מים מופחת (Alvarado and Bradford 2002; Gummerson 1986)

קבוע הזמן ההידרוטרמלי הינו מובא באמצעות הנוסחה הבאה:

$$\theta_{HT} = (\Psi - \Psi_b(g))(T - T_b) t(g)$$

הנחות המודל הינן: $\Psi_b(g)$ הינו קבוע ובלתי תלוי בטמפ' ו- T_b בלתי תלוי ב- Ψ . הנחות המודל לא מתקיימות תמיד. ובכל זאת, תחת התנאים שבהם T_b ו- $\Psi_b(g)$ הינם קבועים, המודל ההידרוטרמלי מספק שיטה פשוטה לשילוב השפעת הטמפ' ופוטנציאל המים על תהליך הנביטה בטמפ' תת-אופטימאליות ולחיזוי מספק במינים רבים (Bradford 2002; Gummerson 1986). עם זאת, המודל ההידרוטרמלי אינו חוזה את הירידה בקצב

הנביטה כאשר הטמפ' עולה מעל T_0 . הובחן כי קיימת אינטראקציה בין T ל- Ψ בטווח טמפ' על-אופטימאליות במחקרים שנעשו בזרעי חסה כאשר ערכי $\Psi_{b(g)}$ גדלו (נעשו חיוביים יותר) עם עלייה ב- T (Bradford and T 1994). תוצאות זהות התקבלו עם זרעי תפוחי אדמה (Alvarado and Bradford 2002) באופן זה Ψ (פוטנציאל מים) נמוך הגביל את טווח הטמפ' לנביטה של זרעי עלקת (Kerbab and Murdoch 1999) ובצל (Rowse and Finch-Savage 2003).

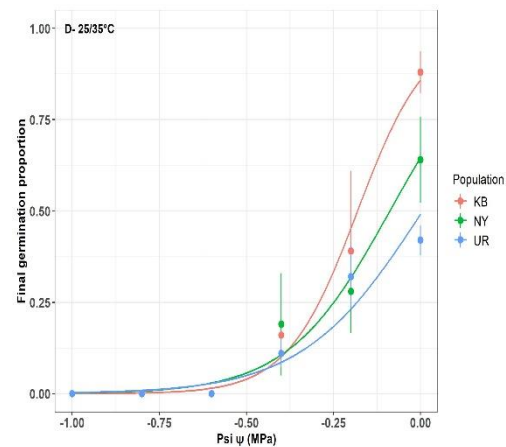
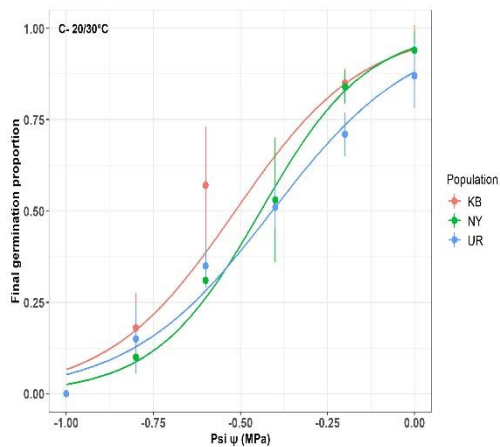
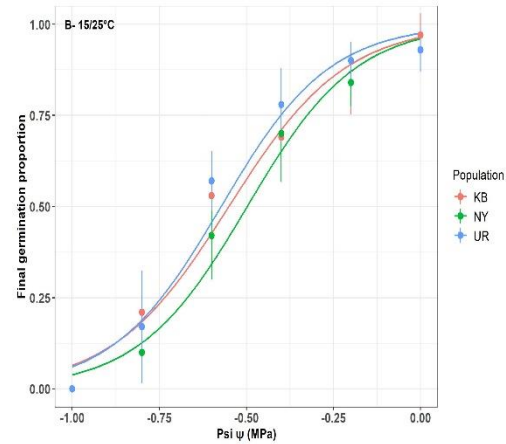
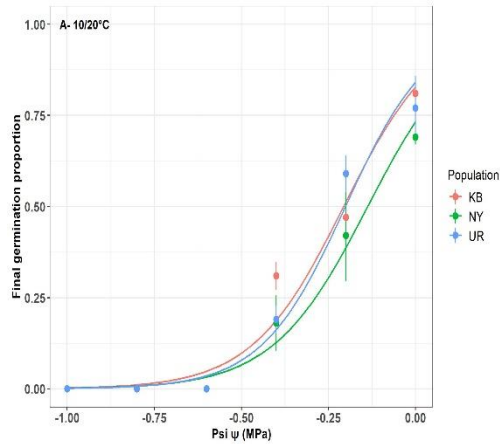
המודל ההידרותרמלי בטווח טמפ' על-אופטימלי: ברדפורד וחוב' הראו (Alvarado and Bradford 2002) שמאחר ופוטנציאל המים נהייה פחות שלילי עם עליית הטמפ' מעל T_0 היה צורך לבצע תיקון במודל. המודל ההידרותרמלי יכול להיות מותאם בטווח טמפ' על-אופטימאלי ע"י שינוי ערך $\Psi_{b(g)}$. המודל יכול לתאר ולחזות את תזמון הנביטה וכן את אחוזי הנביטה בכל T ו- Ψ שבו תתקיים נביטה. הדוגמא מובאת באמצעות הנוסחה הבאה:

$$\theta_{HT} = \{\Psi - \Psi_{b(g)} - [K(T - T_0)]\} (T_0 - T_b) t(g)$$

K - קבוע, השיפוע של $\Psi_{b(g)}$ כנגד T , כאשר $T > T_0$

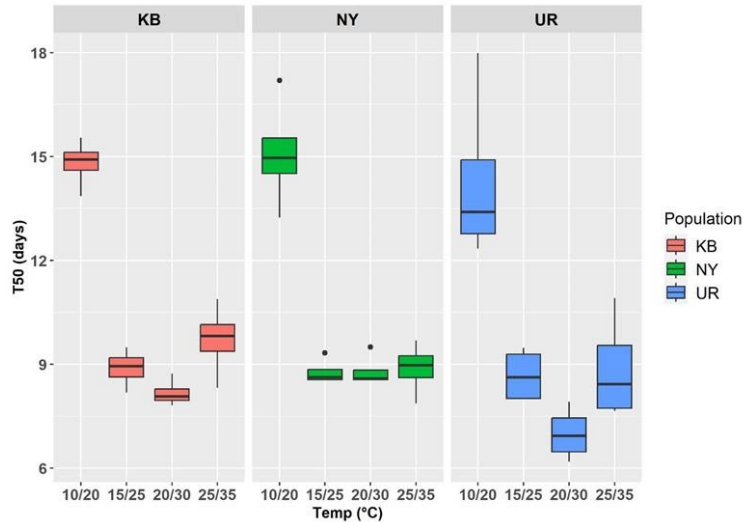
השימוש במשתנה $K(T - T_0)$ רק כאשר $T > T_0$, כאשר בטווח זה:

$$\Psi_{b(g)} = \Psi_{b(g)T_0} \text{ ו- } T - T_b = T_c - T_b$$



איור 4. מודל GLM לפי Binomial לניק מתאר את הקשר של הפרופורציה הסופית כתלות ב־פוטנציאל האוסמוטי. ציר X מבטא את פוטנציאל המים וציר Y את החלק היחסי של הזרעים שנבטו. KB - כפר בלום; NY - נווה יער; UR - אורים.

ניתן לראות שגם קיימת אינטראקציה בין שלושת האוכלוסיות בכל אחד מהטמפ' שנבדקו. ניתן לראות שבטמפ' אופטימליות נביטה יכולה להתרחש בתנאי לחות ויובש קשים, למשל כאשר פוטנציאל המים גבוה מאוד בעוד בטמפ' הסאב והסופרא אופטימלית הפוטנציאל הדרוש לנביטה הינו -0.4 MPa

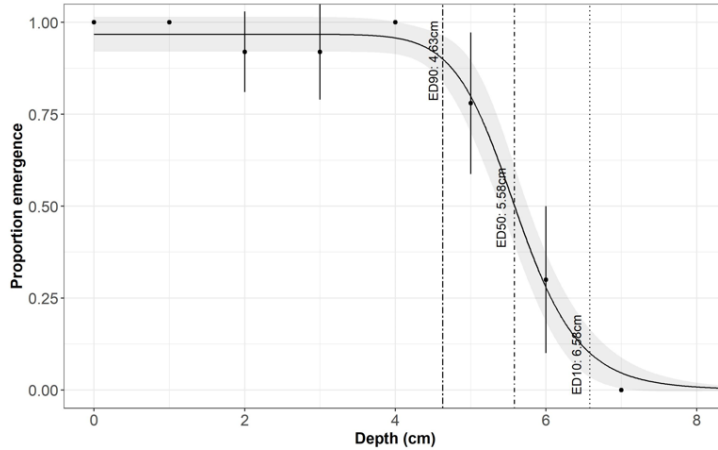


איור 5. מודל GLM לפי Gamma ו- inverse לינק מתאר את הזמן הדרוש ל-50% נביטה בתנאי יובש של -0.4 MPa . ציר X מבטא את משטר הטמפרטורה וציר Y את הזמן שנדרש לנביטה של 50% מהזרעים. חלק היחסי של הזרעים שנבטו. KB- כפר בלום; NY- נווה יער; UR- אורים.

כפי שניתן לראות באיור 5, כאשר קיימים תנאי יובש אוכלוסיית אורים נובטות בצורה טובה יותר והזמן הדרוש לנביטה של 50% הינו קצר יותר. תופעה זו בולטת בעיקר במשטר הטמפרטורה הנמוך.

השפעת עומק הזרעים על ההצצה

השפעת עומק הזרעים נעשתה במתכונת של שני חזרות בשנת המחקר הראשונה ובשנת המחקר האחרונה. האפקט של עומק ההטמנה מזרעים נבחן ב 7 עומקים – 0, 1, 2, 3, 4, 5 ו- 6 ס"מ לכל שלושת האוכלוסיות בחמש חזרות בעציצים של 1 ליטר. בכל ניסויי העציצים נעשה שימוש בקרקע מהחלקה האורגאנית בנווה יער. הרכב הקרקע היה 63.3% חרסית, 28.2% סילט, 8.1% חול, 1.63% חומר אורגאני. ניסוי זה בוצע בבית רשת בנווה יער, בית הרשת מגן ממזיקים עם רשת של 50 מש. בכל עציץ הוטמנו 10 זרעים ולאחר 21 יום מטיפול נספרו הזרעים שהציצו עם 2 פסיגים לפחות (איור 20). בכל שלושת האוכלוסיות הזרעים מציצים באזור ה-60% עד 70% מעומקים של 0-3 ס"מ בעוד בעומקים 4-6 ס"מ ישנה ירידה ביכולת ההצצה של הזרעים להציץ, בעומק 6 ס"מ בכל האוכלוסיות הזרעים מציצים באזור ה-2 עד 4% הצצה. ההשפעה של עומק ההטמנה על זרעים של סולנום זיתני הינו מובהק בכל האוכלוסיות $P < 0.0001$ עם פחיתה ביכולת ההצצה ככל שמעמיקים מעומק 4 ס"מ ואילך. אך יחד עם זאת אין שונות בין שלושת האוכלוסיות שנבדקו (תוצאו לא מוצגות בגלל חוסר מקום בדוח).



Coefficient Parameter			
	Estimate	SE	P-value
b	13.49	2.13	2.2e-7
c	0	0	2.2e-16
d	0.96	0.02	2.2e-16
e	5.61	0.09	2.2e-16

Coefficient Parameter				
	Estimate	SE	Upper	Lower
ED ₁₀	6.58	0.17	6.93	6.23
ED ₅₀	5.58	0.09	5.77	5.38
ED ₉₀	4.63	0.17	4.99	4.27

איור 6. השפעת עומק הזריעה על הצצת סולנום זיתני. משוואת לוג לוגיסטי מתארת את הקשר בין הנתונים. לאחר שלא ניכר הבדל בין האוכלוסיות הנתונים משלושת האוכלוסיות אוחדו. קווי השונות מבטאים את שגיאת התקן.

אמצעים להדברת ס"ז

פרק ההדברה עסק בבחינת קוטלי עשבים ליישום קדם ואחר הצצה על ס"ז וכן תגובת ס"ז לשלהוב כאמצעי הדברה לא כימי.

טבלה 2. רשימת חומרי ההדברה ליישום קדם הצצה שמופיעים בדוח מחקר זה, החומר הפעיל והמינון.

מינון סמ"ק לדונם	מנגנון	קב' סיכון	שם התכשיר	החומר הפעיל ותכולתו
15	מעכבי ייצור ח.שומן ארוכות	K3	סאקורה	850 Pyroxasulfon g/liter
25	מעכבי פוטוסינתזה PS II	C1	סנקור	70% Metribuzin
550	מעכבי חלוקות תאים	K1	סטומפ	330 Pendimethalin g/liter
100	מעכבי ייצור ח.שומן ארוכות	K3	פרונטייר אופטימה	Dimethenamid-P g/liter

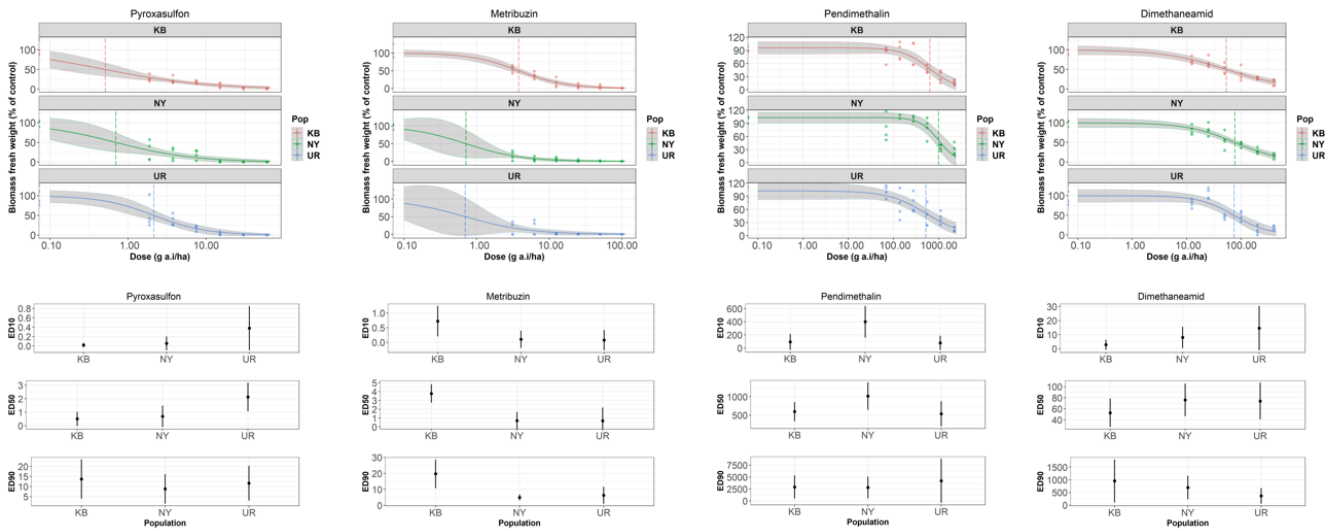


איור 7. יעילות הדברת ס"ז באמצעות התכשירים סאקורה (פול סווינג) סנקור, סטומפ, ופרונטיר ביישום קדם הצצה לשלוש אוכלוסיות של סולנום זיתני. KB- כפר בלום, NY- נווה יער, UR- אורים. המספרים על העציצים מציינים את מינון תכשיר ההדברה ביחס למינון המומלץ (1) בתווית התכשיר.

איורים 7-8 מציגים את רגישות האוכלוסיות השונות בין תכשירי ההדברה. הבדלים סטטיסטיים מזעריים ניכרים בין האוכלוסיות השונות. יחד עם זאת בהיבט האגרונומי אין חשיבות להבדלים אלו ולכן לא נתייחס להבדלים אלו בדוח.

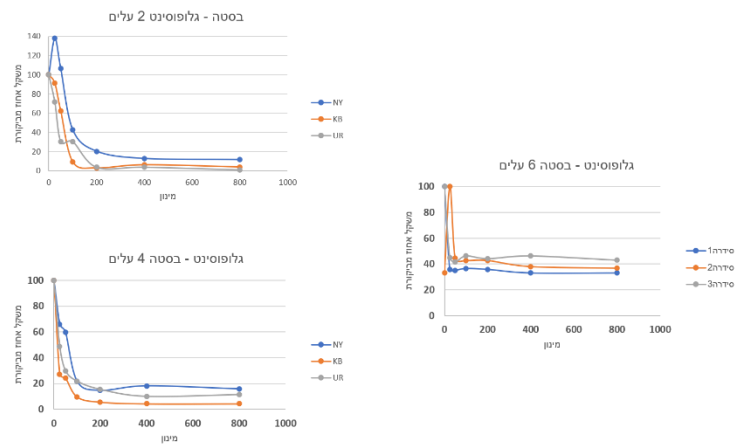
התכשירים סאקורה וסנקור יעילים במניעת הצצה של ס"ז ואילו התכשירים פרונטיר וסטומפ אינם יעילים. ממצאים אלו חשובים מאחר ובעבר התכשיר טרפלן הדביר ביעילות ס"ז ואילו התכשיר סטומפ שנועד להחליפו (בעלי מנגנון זהה) אינו יעיל ולכן לא מהווה תחליף ראוי.

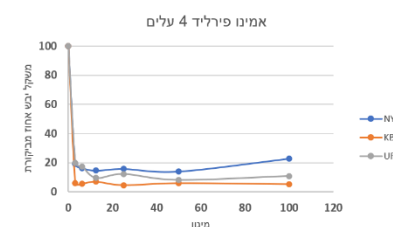
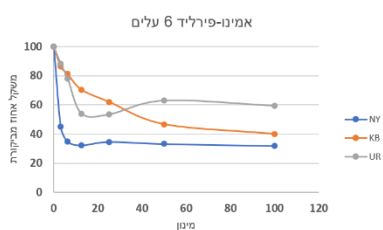
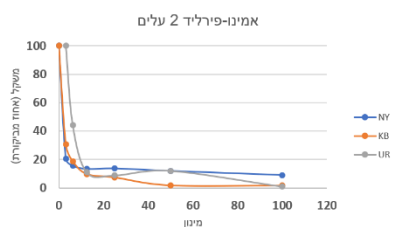
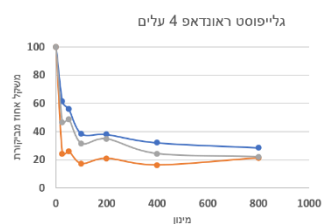
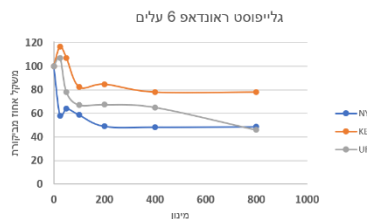
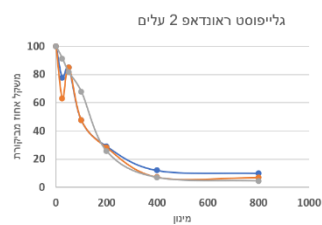
תכשירים ליישום אחר הצצה



איור 8. באיור מוצגות עקומות תגובה לשלושת אוכלוסיות ס'ז. נתוני תמותה בשיעורים של 10%, 50% ו 90% מופיעים בחלק התחתון של האיור. הקווים האנכים מציינים את שגיאת התקן של הממוצע.

יעילות טיפולי אחר הצצה עם התכשירים גליפוסט, גלופוסיןאט, ואמינופירליד נבחנו על שלושת האוכלוסיות בשלושה שלבים פנולוגיים 2, 4, ו- 6 עלים אמיתיים. KB- כפר בלום; NY- נווה יער; UR- אורים.





איור 9. יעילות טיפולי אחר הצצה עם התכשירים גלייפוסט, גלופוסינאט, ואמינופירליד. הניסויים בוצעו על שלושת האוכלוסיות בשלושה שלבים פנולוגיים 2, 4, ו-6 עלים אמיתיים. KB- כפר בלוס; NY- נווה יער; UR- אורים.

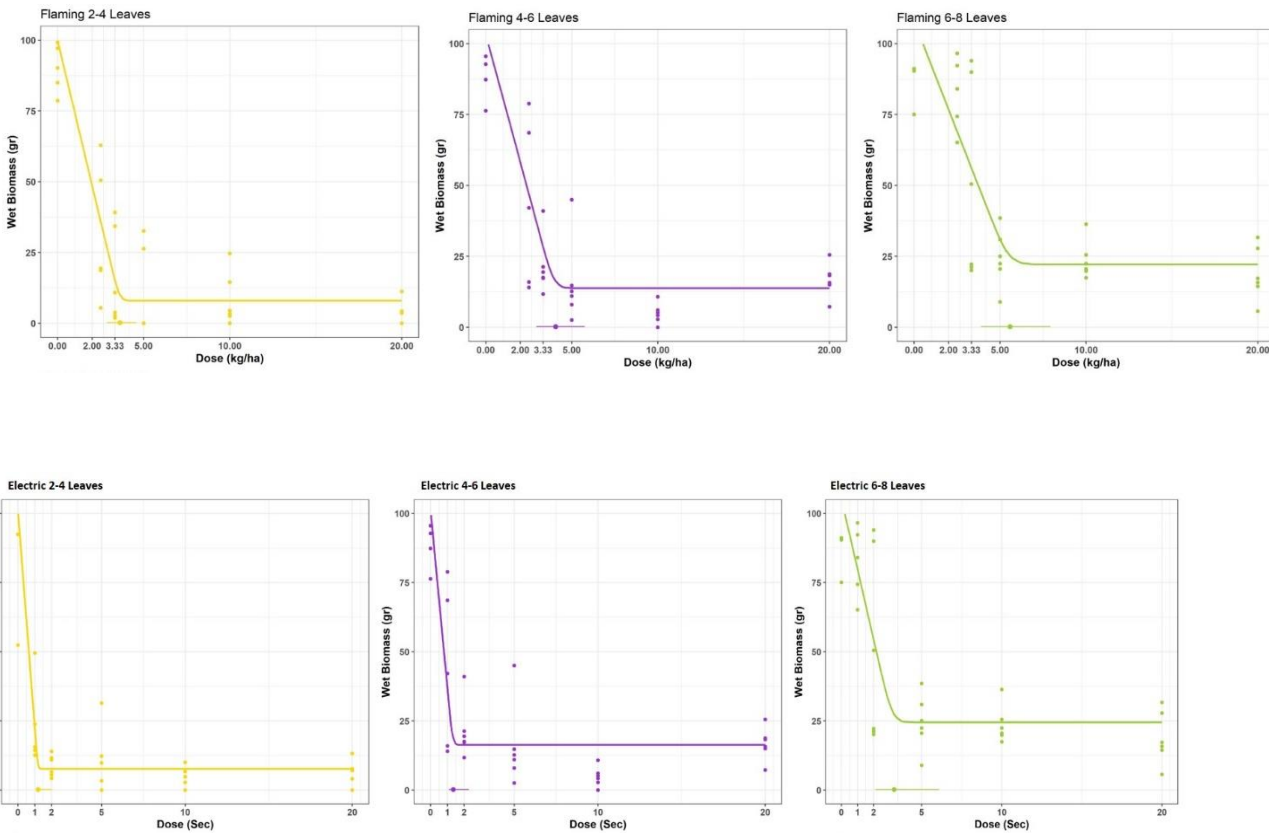
ניתן לראות שכל התכשירים הדבירו במינן המומלץ את צמחי ה ס"ז בשלבים פנולוגיים של 2-4 עלים ואילו הדברה מוגבלת נראתה בשלב של 6 עלים. הבדלים קטנים נראו בין האוכלוסיות אולם אין לייחס לכך חשיבות אגרונומית.

אמצעי הדברה לא כימית שלהוב באמצעות גז (זרעים):

זרעי ס"ז נזרעו בעציצים בנפח 300 סמ"ק מלאים באדמת נוה יער. הצמחים גודלו בבית רשת והושקו ודושנו לפי הצורך. הצמחים טופלו באמצעות שתי גישות הדברה לא כימיות שלהוב מבוסס גז פחמני מעובה (גפ"מ) וחשמל בשלושה שלבים פנולוגיים: שניים, ארבעה ושישה עלים אמיתיים. לאחר הטיפול הוחזרו הצמחים לבית הרשת.

ושלושה שבועות לאחר הטיפול הוערך משקלם היבש באמצעות קצירת האיברים העל אדמתיים, יבוש בתנור ב-70 °C למשך יומיים ושקילה. בשלהוב נבחנו שישה מינונים: 0, 2, 3.3, 6, 10 ו-20 ק"ג גז להקטר. מינון החשמל נקבע בהתאם לזמן החשיפה למתח החשמלי: 0, 1, 2, 5, 10 ו-20 שניות. לצורך טיפולי השלהוב נעשה שימוש במשלהבת מסחרית (A 1000 H, חברת Reinert, גרמניה), עם מבערים מדגם SB 300 SB ו-400 SB ברוחב 30/40 ס"מ כל מבער, בלחץ קבוע של 2 bar (איור 1). טיפולי המשלהבת נערכו בצורה רחבה על כל השטח (broadcast) כך שיש חפיפה בין המבערים. טיפולי החשמל בוצעו באמצעות אב-טיפוס להדברה מבוססת אלקטרוסטטיקה שפותח במכון להנדסה חקלאית בשיתוף עם נוה יער. אב טיפוס זה מבוסס על מתן שוק אלקטרוסטטי במתח גבוה של כ-40,000 volt DC. הזרם החשמלי העובר לצמח גורם לו נזק הפוגע בו עד להשמדתו. הניסוי נערך באקראיות גמורה עם שמונה חזרות.

הדברה לא כימית באמצעות חשמל (זרעים)



איור 10. יעילות הדברה לא כימית. אחוז ביומסה על אדמתי של ס"ז לאחר הדברה באמצעות שלהוב (למעלה) וחשמול (למטה). הטיפולים בוצעו בשלושה שלבים פינולוגיים: שנים (צהוב), ארבעה (סגול) ושישה (ירוק) עלים אמיתיים. KB- כפר בלוס; NY- נווה יער; UR- אורים.

כפי שאיור 10, מראה שני האמצעים הלא כימיים שנבחנו היו יעילים בהדברת ס"ז. גם באמצעים אלו הייתה השפעה לשלב הצימוח ובשלב המוקדמים הייתה יעילות ההדברה טובה יותר. בשלב המאוחר, 6 עלים, פחתה

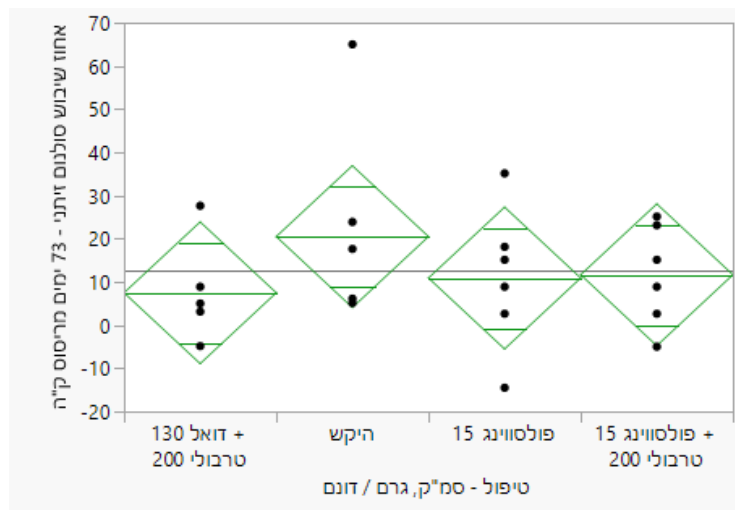
יעילות ההדברה בצורה משמעותית. במועד הראשון (שני עלים) הגיעה רמת ההדברה בשני האמצעים ל- 90% כאשר בשלה האחרון ירדה היעילות ל- 75% בלבד. תוצאות אלו מדגישות את הפוטנציאל הטמון בשילוב אמצעים לא-כימיים להדברת עשב זה ואת החשיבות בעיתוי מוקדם של היישום.

בשנת המחקר 2021 הוצבו ארבעה ניסויי שדה לבחינת יעילות תכשירי ההדברה להדברת ס"ז. לצערנו בחלקות לא הציצו צמחי סולנוס אך יחד עם זאת נבחנה רגישות הטיפולים לתכשירי ההדברה שהראו יעילות בהדברת ס"ז. בדות זה נציג ניסוי מייצג שבוצע באגוזי אדמה בקיץ 2021.

הדברת עשבים ובחינת פיטוטוקסיות באגוזי אדמה, גד"ש הר חברון 2021

אגוזי אדמה מהזן חנוך נזרעו ב 12.4.21. ב 4.7 בוצע ריסוס ותיחוח סטומפ 550 סמ"ק / דונם (קדם זריעה מתוחח - קז"מ). טיפולי קדם הצצה בוצעו ב 18.4.21.

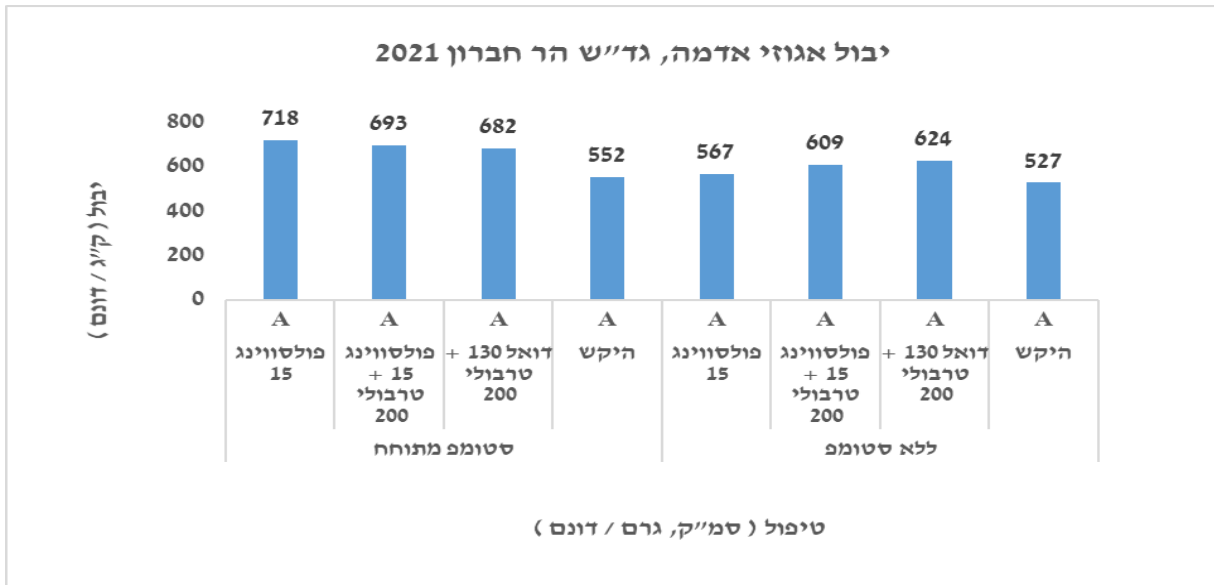
באיור 11 מציגים תוצאות של טיפולי ק"ה על רקע של סטומפ 550 סמ"ק/ד בתיחוח. הדברת סולנוס זיתני לא הייתה טובה ולא נצפתה פחיתה מובהקת ברמת השיבוש באף אחד מהטיפולים שנבחנו (איור 11). רמת האילוח בחלקה היתה נמוכה מאוד עם שונות גבוהה לכן אנו מעריכים שהטיפולים לא היו שונים באופן מובהק מהביקורת.



איור 11: שיבוש בסולנוס זיתני, גד"ש הר חברון 2021. *טיפול קדם הצצה על רקע של סטומפ 550 מתוחח (ג', סמ"ק/ד'), אשר ניתנו ב- 18.4.21. **ציון ממוצע לטיפול על שיבוש בסולנוס זיתני ב-%. ***ערכים המלווים באותיות מציינים הבדל מובהק בין ערכים אלה לפי מבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ($P \leq 0.05$). ערכים שאינם מלווים באותיות אינם נבדלים באופן מובהק.

איכות היבול נקבעה על ידי הערכת אחוז התרמילים עם הזרע בודד (סינגל). לא הייתה השפעה ליישום של הסטומפ המתוחח והוא היה בטוח לחלוטין. ערכי מדד זה היו בין 8.2% בביקורת ל- 4.7% בדואל טרבולי. בנוסף, כל טיפולי הקדם (מלבד דואל טרבולי) היו בטוחים ולא הובילו לפחיתה מובהקת במדד זה.

מדד איכות נוסף אותו הערכנו היה אחוז הראש מת. גם במדד זה לא הייתה השפעה לטיפול הקז"מ ולטיפול הקדם הצצה השונים שיושמו אחריו אשר היו בין 17% בביקורת ל- 13%. במקרה זה, גם הדואל טרבולי היה בטוח לחלוטין. משקל התרמילים הוערך בהתאם למיון על פי גודל ליצוא: בינוני, (Extra Fancy EF), גדול (Giant G) וגדול מאד (Super Giant SG). גם במקרה זה לא הייתה השפעה לטיפול ההדברה השונים על איכות היבול ולא נצפה שינוי מובהק באחוזים של אחד מהגדלים בהשוואה לביקורת. תוצאות דומות התקבלו גם באחוז היבול ליצוא וביבול הכללי לדונם (איור 12).



איור 12: יבול אגוזי אדמה, גד"ש הר חברון 2021. *טיפול קדם הצצה (ג', סמ"ק/ד'), אשר ניתנו ב- 18.4.21 **ציון ממוצע לטיפול על משקל יבול ב-ק"ג/דונם. ***ערכים המלווים באותיות מציינים הבדל מובהק בין ערכים אלה לפי מבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ($P \leq 0.05$). ערכים שאינם מלווים באותיות אינם נבדלים באופן מובהק.

דיון ומסקנות

במסגרת דו"ח זה נערכו ניסויי מעבדה מבוקרים שמטרתם הינה לאמוד את השפעת הטמפ' ופוטנציאל מים כגורמי סביבה מובילים על הנביטה של סולנום זיתני. וכן לאפיין ממשק משולב שמטרתו למנוע התבססות ופלישה לשדות גד"ש וירקות ולשדות בור בארץ.

לטמפ' השפעה ניכרת על נביטת זרעים של סולנום זיתני. השפעה זו באה לידי ביטוי הן בשיעור הנביטה והן במועד הנביטה. שיעור הנביטה בה התקבלה נביטה היה טווח רחב שנע בין 12°C - 35°C , פוטנציאל המים בשילוב עם הטמפ' באים לדמות עקות יובש ואת תאחיזת המים של הזרע. נצפה שבטמפ' אופטימליות של 20 ו 25 מעלות צלזיוס בפוטנציאל מים גבוהים של 0.8MPa- התרחשה נביטה באוכלוסייה הדרומית קיבוץ אורים, אזור זה מועט בגשמים, וכנראה שהמין הצליח לבסס אבולוציה לתנאי יובש מדבריים. כיום המין ממשך להתפשט בחודשים מרץ עד נובמבר באזורי הנגב והמדבר ולפתח צאצאים נוספים. לריבוי באמצעות זרעים,

חשיבות עצומה, גם אם הזרעים אינם הגורם למרבית המסה העל קרקעית של הצמח, עקב מרחק ההפצה הגדול והשונות הגנטית עקב הפריה זרה המאפשרת אקלום לתנאי סביבה משתנים. טמפי' הקיצון שהתקבלו מהמודלים לא שונים באופן מובהק בין האוכלוסיות אך הטמפי' המקסימלית להמשך הנביטה גבוהה יותר באוכלוסייה הדרומית קיבוץ אורים משאר האוכלוסיות שהתקבלו. בשנה השנייה לתכנית מחקר מצאנו את הטמפי' הקרדינליות מקנה שורש של סולנום זיתני. במונחי התחממות גלובלית נראה שהמין סולנום זיתני מבסס את מעמדו ואת הקושי הרב בהדברתו לאור מציאת טמפי' אופטימלית של 37 מעלות צלזיוס. מאחר ולטמפרטורה השפעה רבה על מהלך הנביטה וההנצה מזרעים וקנה שורש, קיים יתרון להצגת הנתונים ביחידות של ימי מעלה כבסיס למשוואת חיזוי. שימוש במודלים לא ליניאריים מאפשרים לחשב את הנתונים כך שמעבר לטמפי' האופטימום להתפתחות הנביטה או ההנצה ישנה דעיכה מהירה בקצב ההתפתחות עד הגעה לאפס התפתחות (Yin et al. 2003). חשוב לציין שבמודל ההנצה מקנה שורש השתמשנו באוכלוסייה אחת. ויש לבדוק את האוכלוסיות הנוספות על מנת לקבל תמונה כוללת יותר אודות טמפי' הסף שהתקבלו. עוד מצאנו כי נביטת זרעים בעומקים גבוהים של 30 ס"מ או פחות מתאפשרת (ניסוי מיני רייזוטרון). אמנם, לא נצפתה הצצה מעומקים אלו אך יש לקחת בחשבון מידע זה בעת ביצוע עיבוד מעמיק מהפך שמסייע בהטמנת הזרעים בעומק הקרקע ובכך להאט את מועד ההצצה. לימוד הביולוגיה מסייע בהבנה ופיתוח שיטות הדברה למשל קצב התפשטות, הטמנה, הצצה וקצבי צימוח. במסגרת שנה שנייה של תכנית תכנית חקר זאת פיתחנו מודל נביטה הידרותרמאלי מזרעים ומודל תרמאלי מקנה שורש מודלים אלה יסייעו בשנה השלישית למחקר בהדברת כתמים של סולנום זיתני באזורים נבחרים. כאמור, בעשורים האחרונים הולכת וגדלה בעיית המין סולנום זיתני בשדות שצוינו לעיל. בעבר היו חומרים אשר מורשים לטיפול בחיטוי קרקע וק"ע אחרים כדוגמת הטרפלן אשר מנעו התבססויות של צמחים בשדות ובשוליה. בשל כך התפתח הצורך להתמודד בצורה ישירה עם בעיה זו.

הדברה כימית של סולנום זיתני אינה פשוטה. הזרעים קשים וגדולים ואינם חדירים לקוטלי עשבים ובדרך כלל לא ניתן לעכב את מועד הנביטה באמצעות ק"ע ומחטאי קרקע. התוצאות אשר קיבלנו בדוח זה מעודדות גם לכדי יישום מעשי בשדות הארץ כיום. שילוב של ההדברה הכימית והלא כימית בתוספת של גישות אגרוטכניות שונות (חריש עמוק) שיקבור את זרעי הסולנום הזיתני לעומקים, שם הם מאבדים מהר יותר את חיוניות ומחד לא יכולים להציץ מאידך, עושי לאפשר הדברה יעילה ומושכלת יותר של סולנום זיתני והקטנת הנזק לגידולים השונים. נדרשים ניסויים נוספים לבחינת הדברה משולבת של סולנום זיתני שתכלול את כל השיטות הנ"ל. ניסויים כאלו מבוצעים וימשיכו להתבצע בשנים הקרובות במימון שולחנות המגדלים והנהלות הענפים השונים.

בהתבסס על ממצאי מחקר זה אנו ממליצים לנקוט בפעולות ההדברה הבאות להדברת ס"ז. כמובן שחובה להדגיש כי יישום כל תכשירי ההדברה ייעשה אך ורק על סמך התווית ובהתאם לחוק. אנו ממליצים על נקיטת אמצעים משולבים להדברה ובהסתמך על ממצאי תכנית זאת נמליץ על שילוב טיפולי קדם הצצה, אחר הצצה ושלחוב.

תכשירי ההדברה שהראו יעילות ביישום קדם הצצה כוללים פול סווינג וסנקור. כיום התכשירים מורשים לחיטה וחימצה (פולסווינג) ועגבניות, תפוחי אדמה וגזר (סנקור) אולם תוצאות מחקר זה מצביעות על פוטנציאל הדברה רב ובטיחות לגידולים כמו אגוזי אדמה. אנו מקווים שחברות ההדברה ירחיבו את התווית לתכשירים אלו.

תכשירי ההדברה שהראו יעילות בטיפול אחר הצצה כוללים גלייפוסט, גלופוסנט וטומהוק. בעוד השניים הראשונים אינם בררניים התכשיר השלישי טומהוק, בררני למספר מועט של גידולים בכלל זה במטעים, הכנה לחיטה ובתירס. בנוסף, ראינו כי יעילות התכשירים גוברת משמעותית במידה וקוטל העשבים מרוסס עד ארבעה עלים. מעניין לראות כי גם טיפולי שלהוב יעילים מאוד בשלבים אלו.

גידול אגוזי אדמה בלט באפשרויות ההדברה של ס"ז מבחינת קוטלי עשבים קדם ואחר הצצה. גידול זה בהחלט יכול להיות גידול חשוב במחזור בשטחים מאולחים בס"ז בתנאי שהס"ז מודבר כהלכה בשלבים מתאימים. עוד היינו ממליצים לשלב במחזור הגידולים גידולים מתחרים כמו תירס, חמנית או כותנה שיזועים כגידולים עם יכולת תחרות גבוהה.

מאחר ומין זה בעל ריבוי מיני וריבוי ווגטיבי באמצעות קני שורש תחת פני הקרקע, הדברה מכאנית עלולה להגביר את קצב ההפצה במרחב השדה כפי שנמצא בחבלבל. בנוסף, חומרי ההדברה אינם יעילים בהדברת אברי ריבוי אלו.

ספרות מצוטטת

- Alvarado V, Bradford KJ (2002) A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell Environ* 25: 1061–1069
- Australian Best Practice Management Manual 2018 SILVERLEAF NIGHTSHADE (2018) . 1–65 p
- Boyd JW, Murray D. (1984) Silverleaf Nightshade , *Solanum elaeagnifolium* , Origin , Distribution , and Relation to Man Author (s): J . W . Boyd , D . S . Murray and R . J . Tyrl Published by : Springer on behalf of New York Botanical Garden Press Stable URL : <http://www.jstor.or> 38: 210–217
- Bradford KJ (2002) Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Sci* 50: 248–260
- Bradford KJ, Somasco OA (1994) Water relations of lettuce seed thermoinhibition. I. Priming and endosperm effects on base water potential. *Seed Sci Res* 4: 1–10
- Eizenberg H, Shtienberg D, Silberbush M, Ephrath JE (2005) A new method for in-situ monitoring of the underground development of *Orobanche cumana* in sunflower (*Helianthus annuus*) with a mini-rhizotron. *Ann Bot* 96: 1137–1140
- Gummerson RJ (1986) The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. *J Exp Bot* 37: 729–741
- Kerbab E, Murdoch A. (1999) Modelling the Effects of Water Stress and Temperature on Seed Germination of Radish and Cantaloupe. *J Plant Growth Regul* 38: 1402–1411

- Ritz C, Pipper CB, Streibig JC (2013) Analysis of germination data from agricultural experiments. *Eur J Agron* 45: 1–6
- Rowse HR, Finch-Savage WE (2003) Hydrothermal threshold models can describe the germination response of carrot (*Daucus carota*) and onion (*Allium cepa*) seed populations across both sub- and supra-optimal temperatures. *New Phytol* 158: 101–108
- Stanton R, Wu H, Lemerle D (2011) Root regenerative ability of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) in the glasshouse. *Plant Prot Q* 26: 54–56
- Stanton R, Wu H, Lemerle D (2012) Factors Affecting Silverleaf Nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) Germination . *Weed Sci* 60: 42–47
- Uludag A, Gbehounou G, Kashefi J, Bouhache M, Bon MC, Bell C, Lagopodi AL (2016) Review of the current situation for *Solanum elaeagnifolium* in the Mediterranean Basin. *EPPO Bull* 46: 139–147
- Yin X, Goudriaan J, Lantinga EA, Vos J, Spiertz HJ (2003) A flexible sigmoid function of determinate growth. *Ann Bot* 91: 361–371