

איסוף, הרחקה והשמדת זרעי עשבים רעים במהלך הקציר בטכנולוגיות חדשות

כאמצעי להתמודדות עם עשבים רעים עמידים לקוטלי עשבים

דוח המחקר לשנת תשפ"ד 2023-2024

מוגש לארגון עובדי הפלחה – גידולי חורף

על ידי

ברוך רובין¹, יוסי קשת², משה סיבוני¹, רמי פולקו³, אהליאב קיסר², איתן גולדשטיין², ומיטב מאור⁴

בליווי מערכת ההדרכה בגד"ש

¹ הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית ירושלים;

² המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, ³ גד"ש גש"ר, קיבוץ רוחמה, ⁴ שה"מ, המחלקה למיכון, משרד החקלאות וביטחון המזון

מבוא ותיאור הבעיה

גידול התבואות בישראל בכלל ובדרום הארץ בפרט, מבוסס בעיקרו על גידול בעל והיבולים מותנים במידה רבה בזמינות המשקעים ופיזורם לאורך העונה. במציאות זו, המגדלים מתרכזים בפתרון בעיית העשבים הרעים (ע"ר) המשבשים את הגידול בראשית העונה ומתרכזים בשימוש באמצעים אגרוטכניים וכימיים בטיפול קדם הצצה ואחר הצצה הגידול. כל זאת במגמה להבטיח גידול ראשוני של צמחי הגידול במינימום תחרות עם ע"ר. לצערנו, מסיבות שונות, כמו שימוש בתכשיר או מינון לא מתאים לאוכלוסיית העשבים, או שאוכלוסיית העשבים מפתחת עמידות לאחד התכשירים, מתגלה שיבוש מאוחר בעשבים רעים שונים, שאין ביכולתו של המגדל לטפל בהם והם ממשיכים לשבש את השדות ולייצר זרעים עד לשעת הקציר וזרעים אלה חוזרים ומעשירים את בנק הזרעים בקרקע. ומהווים פוטנציאל לשבש את הגידול הבא במחזור.

התפשטות ע"ר העמידים לקוטלי עשבים (ק"ע) בתבואות ובגד"ש אחרים בארץ הולכת ומחריפה משנה לשנה. כיום, קשה למצוא חלקות גד"ש בנגב, ובעמקים (בית שאן, חרוד, יזרעאל) שאין משובשות באוכלוסיות ע"ר עמידות לק"ע. בעיה זו קשה אף יותר בדגני חורף ונובעת בעיקר ממחסור בחלופות לקוטלי העשבים מעכבי Acetolactate Synthase (ALS) ומעכבי Acetyl CoA Carboxylase (ACCase) אותם מיישמים החקלאים שנה אחרי שנה ובעצם נמנע מחזור ק"ע בחלקת הגידול. בעיה זו אינה רק ייחודית לגידול תבואות אלא גם בגידולים אחרים במחזור הזרעים, הן בגידולי בעל והן בגידולי שלחין, שכן העשבים העמידים מופצים לגידולים נוספים במחזור בסביבה הקרובה והרחוקה. השיבוש בע"ר עמידים גורם לפחיתה משמעותית ביבול ושיבוש קשה יכול להפחית יותר מ-50% מיבול הגרעינים.

במחקר הרב שנתי המדווח בזה, אנחנו, צוות משולב מהמכון להנדסה חקלאית משה"מ ומהפקולטה לחקלאות בוחנים טכנולוגיות שונות המאפשרות למגדל לצמצם את נזקי השיבוש המאוחר ולהפחית את העשרת בנק

הזרעים. לאחר 3 שנים של עבודה בגד"ש שקמה, המשכנו את הניסוי רב השנים בגד"ש גשר של קיבוץ רוחמה ואנו מבקשים להודות מראש לרמי, רן וכל צוות גד"ש גשר ואנשי המוסך על הסיוע הרב והסבלנות.

מטרות הניסויים:

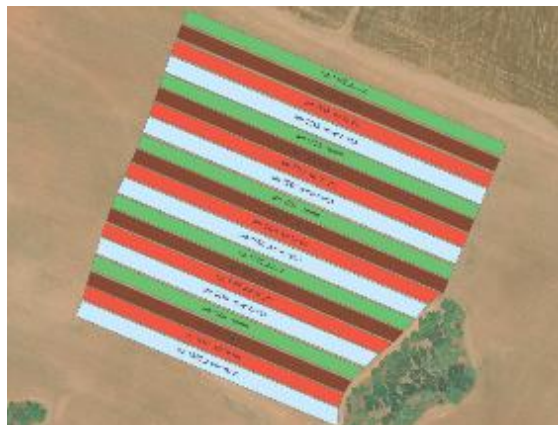
- לבחון בתנאי שדה ובחלקות גדולות את יעילות השמדת/הרחקת זרעי ע"ר במהלך הקציר בשיטות שונות ובכך להקטין את בנק הזרעים שלהם בקרקע
- אפיון ובחינת תגובת זרעי העשבים הנאספים בעת הקציר לק"ע שונים כחלק משיפור ממשק ההדברה

חומרים ושיטות

כאמור המחקר הרב שנתי נערך זו השנה השנייה בגד"ש גשר ברוחמה בחלקת חיטה (בגוש 86). החלקה, שנה שניה חיטה במחזור, נזרעה כמקובל ורוססה לפני הזריעה ב - 200 סמ"ק/ד ראונדאפ (36% אקווילנט חומצה של גלייפוסט ת"מ אדמה אגן) + 2.5 ג'ד' אמבר (75% טריאסולפורן WG - אדמה מכתשים) + 12 ג'ד' פול-סווינג (85% פירוקסאסולפון WG גדות). חלקת הניסוי כללה 5 בלוקים ו- 4 טיפולי קציר ברוחב שולחן אחד בכל בלוק שסומנו בעזרת GPS לצורך קציר בעקבות קבועות בשנים הבאות. רשימת הטיפולים מובאת בטבלה 1.

טבלה 1. טיפולי הקציר בניסוי

מס' טיפול	הטכנולוגיה לטיפול בזרעי העשבים	רוחב השולחן (מ')
1	קומביין JD s790i עם מערכת כבישה ישירה	9
2	קומביין JD w650i עם מערכת מוץ על קש	7.3
3	קומביין JD w650i רגיל (ביקורת)	7.3
4	קומביין JD W660 עם מטחנת הולם (Redekop)	7.3



איור 1. חלוקת גוש 86 בגד"ש גשר רוחמה לתתי חלקות לטיפולים השונים. תכלת – כבישה ישירה, אדום- מוץ על קש, חום – ביקורת, ירוק – מטחנת הולם.

כמפורט בדו"ח השנה שעברה הטיפולים שנבחנו היו: כבישה ישירה, מוץ על קש, ביקורת (קציר המקובל), ומטחנת הולם. במהלך העונה אובחן שיבוש כבד בזון אשון שהיה העשב העיקרי בחלקה ולא איפשר ספירת הנבטים (איור 2). בשל המלחמה נאלצנו לדחות את צילום השטח ברחפן שבוצע רק בתאריך 14 לפברואר 2024 (איור 3).



20/12/2023



איור 2. רמת השיבוש בזון אשון בחלקת הניסוי בגוש 86 ברוחמה לאחר הצצת החיטה.



14.02.2
024

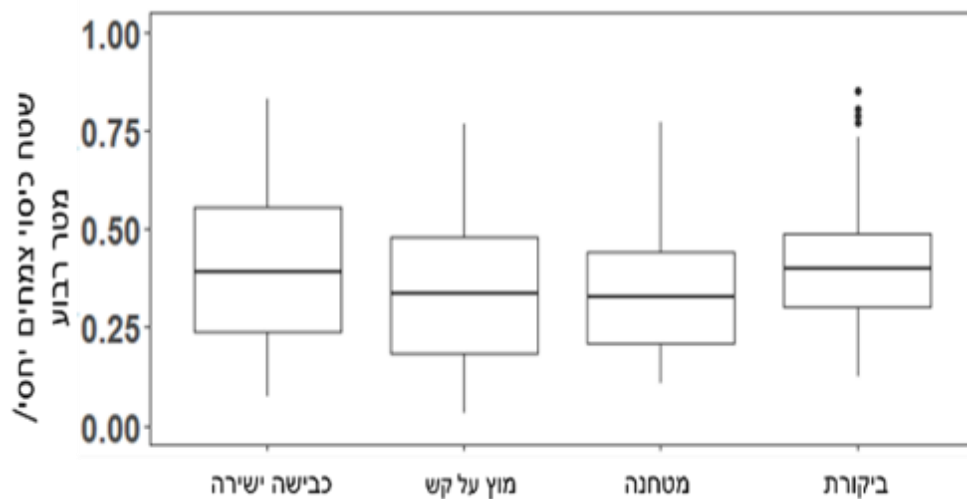


איור 3. מצב החיטה והעשבים בחלקת הניסוי ביום צילום הרחפן (14.02.2024). שימו להב לרמת השיבוש במרכז חלקת הביקורת שם רוכז האומן ובו עיקר המוץ וזרעי העשבים.

תוצאות ודין:

למרות הטיפול המשולב שניתן קדם זריעה החלקה הייתה משובשת בכבדות בזון אשון (איורים 2 ו- 3). אחד ההסברים האפשריים הוא שיישום התכשירים לפני הזריעה היה לקוי או לחילופין התפתחה בשטח אוכלוסייה של זון העמידה לפול-סווינג (פירוקסאסולפון). בדיקה של זרעי הזון שנאספו במהלך הקציר הראתה שיש שיעור של כ- 15% מהצמחים שלא הודברו במינון גבוה של התכשיר 20 ג' (תכשיר/ד'). בבדיקה שערכנו, אוכלוסייה זו נמצאה עמידה גם למעכבי ALS. תוצאה זו אינה יכולה להסביר את השיבוש הכבד שאובחן בחלקה.

כאמור, צילום החלקה ברחפן נעשה במועד מאוחר מדי (14.02.2024) ולכן לא מצאנו הבדלים מובהקים ברמת השיבוש בין שיטות הקציר השונות (איור 4). בהנחה שעומד החיטה אחיד בכל החלקה, הבדלים בשיעור הכיסוי בצמחיה (צבע ירוק) עשויים לנבוע משיבוש שונה בזון אשון. אמנם, הטיפול במטחנה מצביע על השיעור הנמוך ביותר של כיסוי אך הבדל זה אינו מובהק.



איור 4. תוצאות עיבוד התמונה של הצילום ב 14.02.2024 וחישוב שיעור השטח המכוסה בצמחים בטיפולים השונים, לא נמצאו הבדלים מובהקים בין הטיפולים השונים.

טבלה 2. תוצאות שקילת יבול הגרעינים והקש בניסוי רוחמה 2024. הקש נשקל לכל החזרת ביחד ויבול הגרעינים נשקל במשאיות.

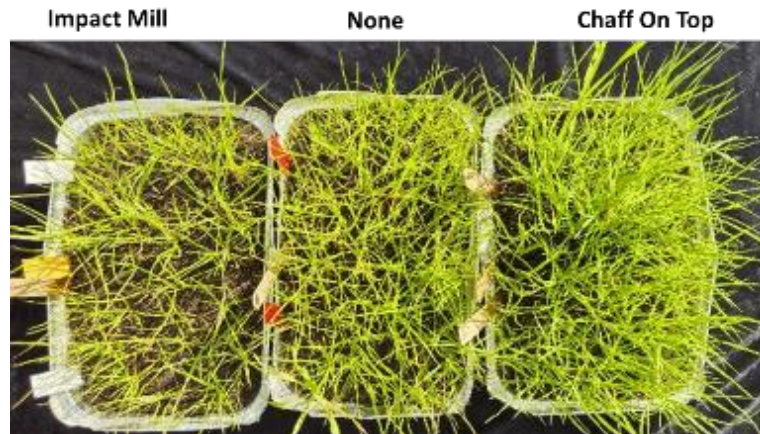
יבול גרעינים (ק"ג/ד"*)	יבול קש (ק"ג)		גודל השטח (ד')	הטיפול
	לדונם	כללי		
177	165	1040	6.3	בקורת
165	187	1180	6.3	מטחנה
174	241	1500	6.2	מוץ על קש
174	271	2060	7.6	כבישה ישירה

הקציר התבצע בתאריך 30 למאי 2024 תוך שימוש בקומביינים המאובזרים במתקנים השונים שנבחנו. משקל היבול הוערך על ידי שקילת המשאיות בהן הוטענו הגרעינים. התוצאות המובאות בטבלה 2 מראות שהטיפולים לא נבדלו ביבול הגרעינים זה מזה במובהק. אמנם בהעדר שקילת הקש בנפרד לכל חלקה, לא ניתן לבצע ניתוח סטטיסטי, אך יבול הקש לד' עלה כצפוי בצורה בולטת בטיפולים של 'מוץ על הקש' (תוספת של 46%) וכבישה ישירה (תוספת של 64%), שכן הם כללו את המוץ שנוסף למשקל הקש.

במהלך הקציר נלקחו דוגמאות של המוץ הנפלט בטיפולים - ביקורת, ו- 'מוץ על קש', באמצעות מיכל ייעודי והוכנסו לשקיות נייר מסומנות. בטיפול המטחנה הדוגמאות נלקחו באמצעות שק רשת שנקשר ליציאה מהמטחנה ומהשק הזה נלקחו לבדיקה דגימות של מוץ טחון. לא ניתן היה לקחת דוגמאות מוץ מה -'כבישה הישירה' מבלי לפרק חבילות כבושות. מכל חזרה נלקחו לאורך החלקה 6 דגימות מוץ, או 30 דגימות לכל טיפול. מכל שקית נלקחו שתי דגימות נפרדות של 15 ג' מוץ שעורבבו בתוך 1.5 ק"ג של מצע גידול בתבנית אלומיניום ברוחב 17 ס"מ, אורך 26.7 ס"מ ועומק של 4.5 ס"מ. התבניות הועברו לבית הרשת (תנאי חורף) להמשך הגידול. לאחר הצצה מלאה של הזרעים (24 ימים לאחר זריעה) שהיו במוץ (בעיקר זון אשון ומעט שברי זרעים של חיטה), נספרו נבטי הזון בכל תבנית (טבלה 3).

טבלה 3. מספר נבטי זון אשון שהציצו שבועיים לאחר ערבוב 15 ג' מוץ בתבנית אלומיניום במצע גידול. התוצאות בטבלה הן ממוצע של 60 דגימות לטיפול.

מס' נבטי זון אשון לתבנית	הטיפול
360 a	מוץ על קש
246 b	ביקורת
120 c	מטחנה



איור 5. צילום תבניות בהן הונבטו 15 ג' מוץ מהטיפולים השונים מימין: מוץ על קש; במרכז: ביקורת; משמאל: מטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס. תוצאות ממוצעי ספירת הנבטים מובאת בטבלה 3.

השערתנו היא שמספר הנבטים המכסימלי יתקבל בטיפול 'מוץ על קש' שבו המוץ אינו מטופל בקומביין אך מתועל ליציאה מסודרת מהקומביין שם הוא נאסף. מאידך תוצאת הספירה של טיפול הביקורת מייצגת פחות את רמת השיבוש הפוטנציאלית בהשוואה ל'מוץ על קש' בגלל יציאתו ה"חופשית" לרוחב הקומביין מתחת לקש.

תוצאות הבדיקה של מספרי הנבטים בכל התבניות הראו (טבלה 3 ואיור 5) שהמטחנה הורסת 2/3 מסך זרעי הזון שנכנסו לקומביין. בהנחה שהקש ללא המוץ מהווה 165 ג' למ"ר ובהנחה שהמוץ מהווה 30% מיבול הקש הכללי, מתקבל 70 ג' מוץ למ"ר. בהערכה זהירה זו, מספר נבטי הזון הצפוי הוא כ- **1680 נבטים/מ"ר**. מספר עצום זה מורחק מהשדה על ידי הטיפול 'מוץ על קש' וכשני שלישים ממנו מושמד על ידי מעבר המוץ דרך המטחנה!!! יתרון נוסף הוא שהמטחנה טוחנת בקלות את שברי זרעי החיטה העוברים את המנערים בקומביין המצמצם או אף מונע את ספיח החיטה לעונה הבאה.

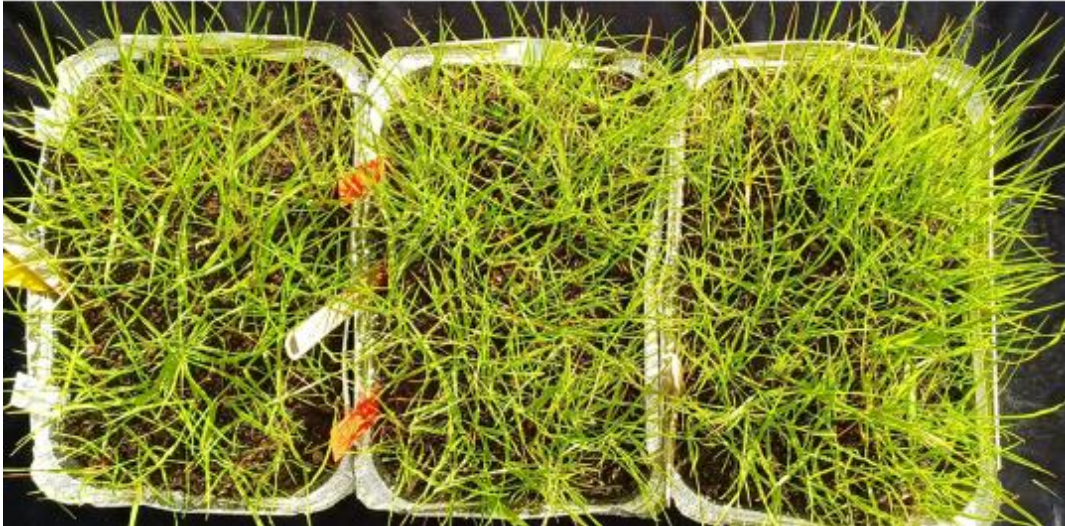
בדומה לתוצאות שדווחו אשתקד, הוכח שוב שאוכלוסיית הזון האשון בחלקת הניסוי עמידה מאד למגוון של ק"ע משלושה מנגנוני פעולה שונים. באיור 6 מוצגים מגשים בהם "נזרעו" 15 ג' מוץ שנאסף בשלושת שיטות ההרחקה שעורבבו עם מצע גידול כפי שתואר לעיל ורוססו לאחר הצתתם במינון גבוה (20 ג' תכשיר לד') של אטריביוט קומבי. לא אובחנה כל פגיעה בעשב.



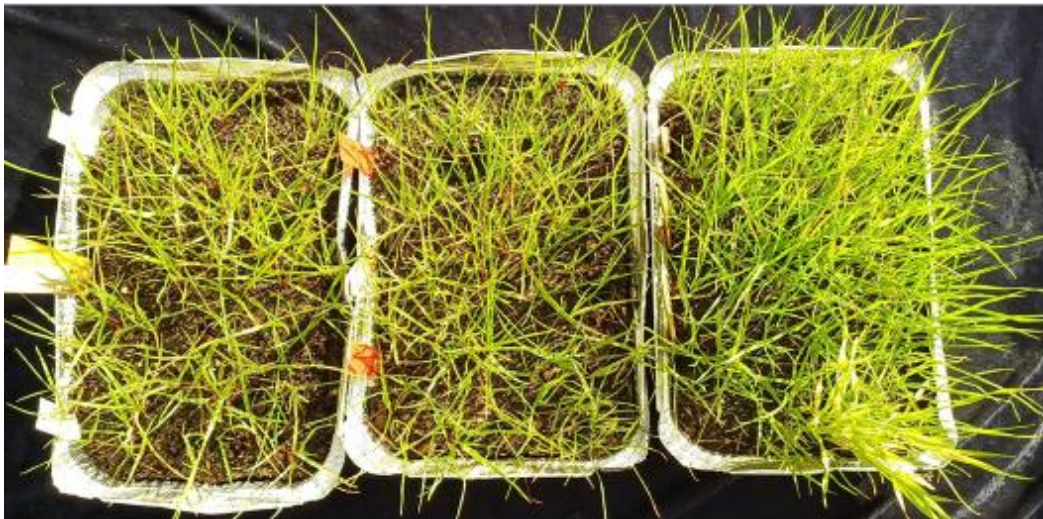
איור 6. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה באטריביוט קומבי (20 ג' תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס. שימו לב לעובדה שבטיפול המטחנה לא ניתן להבחין בצמחי חיטה שכן הזרעים הגדולים יחסית נטחנו.

עמידות זו לתכשיר מעכב ALS המשמש כיום כאמצעי העיקרי מקבוצה זו להדברת ע"ר דגניים ומורכב משני תכשירים נפרדים משתי תת-קבוצות שונות של מעכבי ALS (פרופוקסי קרבזון + מזוסולפורון + מגביר בררנות = סייפנר) אוששה גם בריסוס נפרד של דרבי שהוא מעכב ALS נפוץ (בעיקר נגד רחבי עלים) והוא תערובת של שני ק"ע מקבוצת הטריאזולופירימידינים שלא פגע כלל בצמחי הזון. אישוש נוסף לעמידות למעכבי ALS התקבל בניסוי נפרד בו נבחן מעכב נוסף מקבוצת הסולפוניל אוריאה, האמבר (טריאסולפורון) שגם בו לא התקבלה הדבר כלל.

בחינה מדוקדקת הראתה שצמחי הזון האשון מחלקת הניסוי עמידים מאד גם לשורה ארוכה של ק"ע דגניים מקבוצת מעכבי ACCase. כפי שניתן לראות בקלות באיור 7, צמחי הזון היו עמידים לחלוטין לטופיק (קלודינאפופ) מקבוצת ה"FOP" במינון גבוה של 100 ג' תכשיר/ד', וכן לתכשיר אקסיאל (פינוקסדן) מקבוצת ה DEN שניתן במינון דומה (איור 8). שני תכשירים אלה נפוצים בשימוש בחיטה בשל בררנותם הגבוהה ואכן בטיפולים אלה נבטי החיטה שהציצו לא נפגעו.



איור 7. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה בטופיק (100 ג' תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס.



איור 8. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה באקסיאל (100 ג' תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס.

יתרה מזו, כדי לוודא עמידות הזון לכל מעכבי ACCase בחרנו גם שני קוטלי דגניים נוספים שאינם בשימוש בחיטה בשל פגיעתם בה. הזון הראה עמידות גבוהה גם לתכשיר גאלאנט סופר (הלוקסיפופ) מקבוצת ה"FOP" במינון 150 סמ"ק לד' שהוא גבוה מהמומלץ (איור 9).



איור 9. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה בגאלאנט-סופר (150 ג' תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס.

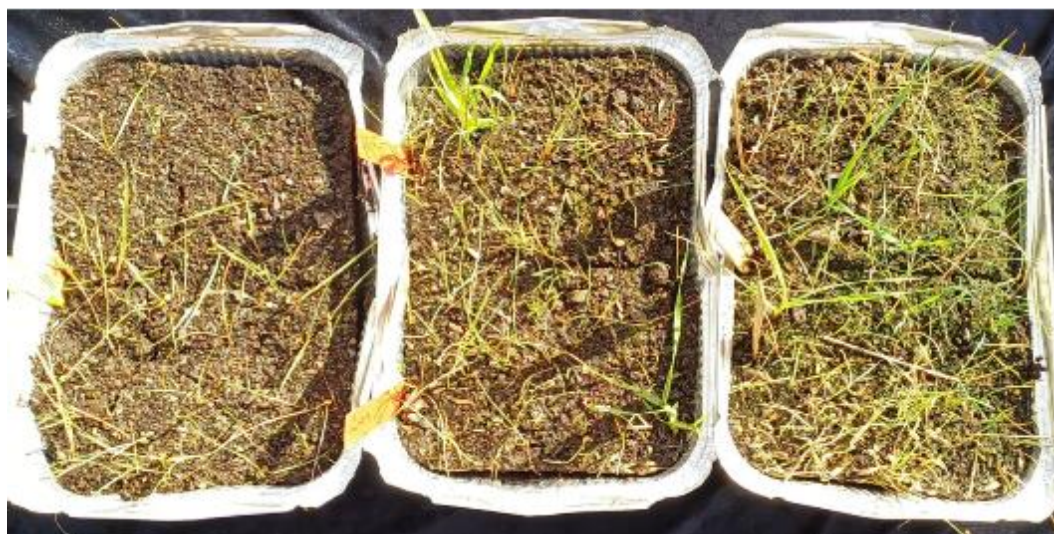
חשיפת צמחי הזון מחלקת הניסוי לקוטל דגניים כללי מקבוצת ה DIM - פוקוס אולטרה במינון של 200 סמ"ק תכשיר לד' הראתה (איור 10) שהצמחים עמידים גם לתכשיר זה, שלדעתנו הוא קוטל הדגניים היעיל ביותר מבין אלה המשווקים בארץ. תוצאות אלה מצביעות על עמידות גבוהה של הזון בחלקה לקוטלי עשבים המייצגים את כל הקבוצות הכימיות של מעכבי ACCase.



איור 10. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה בפוקוס אולטרה (200 סמ"ק תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס.

עובדה זו מקשה מאד על השימוש בק"ע מקבוצת ה ALS - ומקבוצת ה ACCase המצויים בשימוש נרחב לא רק בחיטה אלא גם בגידולי שדה וירקות רחבי עלים, ומחייבת הכללת תכשירים מקבוצות כימיות אחרות.

מאחר ובשנים האחרונות הוכנס לשימוש התכשיר פול-סווינג (פירוקסאסולפון) השייך לקבוצת הכימיקלים המעכבים יצור חומצות שומן ארוכות שרשרת (VLCFA) בדקנו את תגובת הזון מחלקת הניסוי לתכשיר בטיפול אחר הצצה ובמיון של 15 ג' תכשיר לד' (איור 11).



איור 11. צמחי זון אשון שרוססו לאחר ההצצה בפול-סווינג (200 סמ"ק תכשיר/ד'). מימין: מוץ שנאסף בטיפול 'מוץ על קש'; במרכז: מוץ שנאסף מטיפול הביקורת (סטנדרט); משמאל: מוץ שנאסף מהמטחנה. התמונות צולמו 24 ימים לאחר הריסוס. הצמחם הירוקים הגדולים הם צמחי חיטה שנבטו מחלקי גרגר שנמצאו במוץ.

נראה בבירור שהפול-סווינג הדביר את מרבית צמחי הזון, על אף שניתן בטיפול אחר הצצה (ולא בקדם הצצה או פוסט מוקדם כפי שמומלץ). בספירה של צמחי הזון ששרדו ביותר מ- 30 מגשים שרוססו, נמצאו כ- 14% צמחים שורדים, דהיינו, צמחי זון שלא מתו 24 ימים לאחר הטיפול. ממצא זה צריך להדליק נורה אדומה למגדלים שיש לפקוח עין ולא להגזים בשימוש בו כדי להאריך ככל שניתן את שנות פעילותו ביעילות. יש לציין שבחלקת הניסוי ניתן פול-סווינג בטיפול קדם זריעה משקי כמומלץ (והוצנע במהלך הזריעה) ובכל זאת לא התקבלה הדברה והיה שיבוש כבד בזון במהלך הגידול שהגיע גם לקציר. ממצאי הניסוי מצביעים בברור על האפשרות שהייתה תקלה במהלך היישום.

לסיכום:

שיטות ההרחקה וההשמדה שנבחנו 'כבישה ישירה', מוץ על קש' וה'מטחנה' תורמות באופן משמעותי להקטנת בנק הזרעים בקרקע ובעקבות זה גם להקטנת רמת השיבוש העתידי בזון בהשוואה לביקורת. קשה להעריך, אבל כנראה שהשיטות 'כבישה הישירה' ו'מוץ על קש', מרחיקות מן השדה את מרבית זרעי הע"ר בעוד שהמטחנה משמידה כ- 80% מזרעי הזון. ניסיון העבר מראה שה'מטחנה' משמידה גם את זרעי החרציות וכמובן את שברי גרגירי החיטה המהווים מקור לספיח בעונה הבאה. מבחינת עלויות נראה של'מוץ על קש' יתרון במשק הישראלי בגלל הפשטות ומחירי ההתקנה הזולים ותרומתם המובהקת להעלאת יבול הקש. אנו נמשיך כמובן לבחון את השיטות השונות בעתיד.

נראה שהעשב העיקרי שנמצא בחלקה – זון אשון, עמיד לקוטלי העשבים הנפוצים בחיטה – למעכבי ALS ולמעכבי ACCase אך רגיש לפול-סווינג. ממצאי הניסוי יכולים להסביר כך את הכישלון של הטריאסולפורון (אמבר) שניתן קדם הצצה בשדה, אך אינו מסביר את הכשל של הפול-סווינג שניתן בשדה יחד עם הטריאסולפורון. השאלה עליה יש לענות היא למה הפול-סווינג פעל יפה בניסויים אך כשל בשדה (כשל ביישום? כשל בהפעלה?). העמידות מרובת האתרים שאובחנה, מחייבת התייחסות לבחירת התכשירים בחלקה זו גם כאשר מגדלים במחזור גידולים רחבי עלים.

הבעת תודה

המחברים מודים בראש וראשונה למשק המארח - רוחמה על הסכמתו לניסוי ארוך שנים והשימוש בקומביינים שלו. כמובן להתארגנות גד"ש גש"ר, מנהליה ועובדיה שמשקיעים את מיטב זמנם ומרצם בפרויקט.

לארגון עובדי הפלחה ולעובדיו, התומכים ומשתתפים במימון רב שנתי של הפרויקט ובעבודה בשדה ולמערכת ההדרכה של שה"ם ועובדיה על כל הסיוע. לעובדי צוות קשתי מהמכון להנדסה חקלאית בבית דגן, תודה גדולה.

לעידן רוט מגיעה ברכה ותודה מיוחדת על העבודה שהשקיע בפרויקט ומאחלים לו הצלחה בהמשך דרכו בחיים.

יבואו כולם על הברכה