

## השפעת ממשקים חקלאיים שונים בשדות בעל במרחב שקמה על שירות המערכת האקולוגית ויסות מזיקים

ועשבים רעים – כתב עפר מנדלסון

### רקע

עבודה זו בוחנת את השפעת ממשקים חקלאיים שונים על שירות המערכת האקולוגית בקרת מזיקים, שהינו שרות ויסות המוגדר כהשפעה שיש למערכת האקולוגיות על שכיחותם של מזיקים ומחלות בגידולים ובמקנה. הגדרה זו מתייחסת ליכולת להשפיע על רמת הנזקים אשר נגרמים לגידולים חקלאיים ע"י גורמים ביוטיים, הכוללים מזיקים (בעיקר פרוקי רגליים וחולייתנים), מחלות (פטריות, חיידקים ווירוסים) ועשבים רעים. לגורמים אלה יכולת להשפיע באופן מהותי על רמת היבול החקלאי, ובהתאם לכך על רמת ביטחון ובטיחות המזון, והמלחמה נגדם שלה היא רכיב מרכזי וקבוע בהליך הגידול החקלאי שלו עלות גבוהה והשפעות סביבתיות משמעותיות. בחינת תחום זה הינה בעלת חשיבות רבה בתהליך ההתאמה וההטמעה של עיבוד משמר, מאחר שהשפעות העיבוד המשמר על מזיקים ובמיוחד עשבים היו מזה שנים רבות גורם מרכזי בקבלת ההחלטה על מעבר לעיבוד משמר ומשפיעות באופן משמעותי על ישומו והשלכותיו.

עשבים ומזיקים משפיעים על הגידול החקלאי בכל שלב שלו, וגם אם המלחמה נגדם מתבצעת בד"כ ברמת המשק הבודד, יש לה משמעותיות הן ברמה האזורית והן ברמה הארצית. תפוצת והתפרצויות עשבים ומזיקים אינן תלויות בגבולות ומחסומים, וכך גם המצב לגבי תהליכים כמו התפתחות והפצת זנים עמידים לחומרי הדברה, ועל כן יש חשיבות להבנת ותאום שרות זה בכל רמה מרחבית והיררכית.

השפעת עיבוד משמר על בקרת מזיקים מוכרת מזה שנים רבות ברחבי העולם ובסביבות שונות, ולפחות לגבי המנגנונים והתהליכים העיקריים בסיס המידע הוא רחב ומאפשר וודאות גבוהה בהבנתה. עם זאת, בבחינה פרטנית יותר של תהליכים מקומיים יש לקחת בחשבון השפעות שונות של הסביבה או של פעילות המגדלים, ועל כן יש צורך בבדיקה נוספת ומעמיקה יותר כדי לכמת ולמקד את התהליכים במקרים ספציפיים.

### השפעת אי פליחה על הדברת עשבים

עשבים נחשבים מאז ומעולם לאחד המזיקים הגדולים ביותר לגידולים חקלאיים, בפעילותם כמתחרים מולם על משאבים חיוניים וביכולתם לגרום נזק משמעותי ליבול ויכולת השיווק אם יקצרו או יאספו יחד עם הגידול. בממוצע עולמי הם גורמים לנזקים של כ-36% ליבול (Oerke, 2009), ועל כן המלחמה בעשבים מלווה את החקלאות מראשית דרכה. מבין האמצעים שפותחו לאורך השנים למלחמה בעשבים, ביצוע חריש ועיבודי קרקע בכלל נחשבים מאז ומעולם כבעלי השפעה מרכזית על התפתחות עשבים בשדה. ברוב המקרים פעולות אלה משפיעות על התפתחות עשבים רעים ע"י קבירת זרעים תוך הרחקתם מהקרינה החיצונית ותנאים טובים לנביטה, עקירה או פגיעה בשורשים ובנוף של עשבים חד ורב שנתיים, ופגיעה במרקם הקרקע באופן שמגביל התפתחות עשבים רעים (Clements et al., 1996, Swanton et al., 2000).

בשל חוסר היכולת ליהנות מהיתרונות של עיבוד קרקע שצוינו, מוכר העיבוד המשמר כתהליך אשר תורם להגדלת ההתפתחות של עשבים רעים, וזו הייתה אחת המגבלות המשמעותיות ביותר לאורך שנים רבות להרחבת השימוש בו. כפי שהתברר לאורך השנים ניתן ברוב המקרים להקטין תרומה זו רק באמצעות הגדלת השימוש בקוטלי עשבים או ביצוע עישוב ידני במקרים מסוימים, ולמעשה מעבר נרחב לעיבוד משמר התבצע בעיקר לאחר פיתוח

מגוון קוטלי עשבים שאפשר מתן מענה מספק ובעלויות סבירות לגידול הנלווה בהתפתחות עשבים (Hobbs et al., 2008, Soane et al. 2012, Friedrich et al., 2014).

בנק הזרעים של העשבים, הנותר חשוף על הקרקע לאחר הקציר/אסיף, פגיע לקרינה ולהשפעות סביבתיות (Gallandt, 2004). בנוסף לכך, הזרעים שעל פני הקרקע חשופים לטריפה, בעיקר ע"י מכרסמים וכן חרקים, ובמיוחד נמלים וחיפושיות (Westerman et al., 2003, Baraibar et al., 2009, 2011). בעקבות זאת, בכל מקרה רק חלק מהזרעים אשר נותרו חשופים על הקרקע יהיו פוריים בעונה הבאה. בהתחשב בתהליכים אלה, הרי באי-פליחה שבה אין הצנעה של הזרעים או במינימום עיבוד שבו הצנעה היא חלקית בלבד יש ביסודו של דבר תרומה חיובית להפחתת התפתחות עשבים, עקב חשיפת הזרעים לנזקי הסביבה ולטורפים במשך פרק זמן ארוך יותר. בנוסף לכך, אי פליחה או מינימום עיבוד מקטינים גם את הפגיעה במחילות של המכרסמים והחרקים, ובכך מאפשרים הגדלה של אפקט הטריפה בפרק הזמן שלאחר פיזור הזרעים.

עם זאת, בנק הזרעים שעל הקרקע נפגע ולו חלקית גם בחקלאות קונבנציונלית בפרק הזמן שחולף עד העיבוד, ובסופו של דבר בראיה רחבה יותר הפגיעה ביכולת זרעי העשבים לנבוט באופן אפקטיבי עקב הצנעתם בעומק בעיבוד קונבנציונאלי או מופחת היא גדולה באופן משמעותי יחסית לפגיעה הקיימת באי-פליחה בזרעים שנתרו חשופים על הקרקע (Gallandt, 2004). בהתאם לכך, בבדיקה כוללת של גורל בנק הזרעים בעונה הבאה מראים הניסיון וניסויים רבים אשר פורסמו במגוון גדול של מאמרים שבאי-פליחה התפתחות העשבים היא הרבה ביותר ואחריה בעיבוד מינימאלי, כאשר בעיבוד קונבנציונאלי ההתפתחות היא הנמוכה ביותר, בהפרש המגיע עד 100% ואף יותר במקרים מסוימים (Farooq et al., 2011a). יובהר שהאמור מתייחס לתנאים דומים ומחזור גידולים זהה, מאחר שבכמות ומגוון העשבים קיים הבדל משמעותי גם בין מחזורי גידול, סוג הקרקע, משטר הגשמים וכד' (Shrestha et al., 2002, Chauhan et al., 2012).

במקביל להשפעה על בנק הזרעים, שהיא משמעותית בעיקר להתפתחות עשבים חד שנתיים, באי פליחה יש בעיקר באזורים גשומים יותר פוטנציאל לעליה הדרגתית בהתפתחותם של עשבים רב שנתיים מאחר שהם לא חשופים לפגיעה המכאנית בשורשיהם בתהליכי חריש ועיבוד קרקע בכלל. התפתחות מוגברת של עשבים רב שנתיים בעיבוד משמר יכולה להיות מושפעת גם מכך שעקב הפחתת העיבוד הם חשופים פחות לקוטלי עשבים, וכמו כן במידה שעשבים חד שנתיים יודברו באופן מוגבר תקטן במקביל התחרות מצידם להתפתחות עשבים רב שנתיים.

בעקבות הפוטנציאל הגבוה יותר להתפתחות עשבים בממשק אי פליחה נעשה בו בדרך כלל שימוש רב יותר בהדברה כימית יחסית לעיבוד מינימאלי וקונבנציונאלי כדי למנוע שיבוש בעשבים ברמה שתפגע ביכול. לכך משמעות מבחינת עליה בהוצאות וברמת אי הוודאות של המגדל, פגיעה רבה יותר של קוטלי העשבים בסביבה ועלייה בסיכוי להתפתחות עמידות. יצוין גם שבמקרה של שימוש בקוטלי עשבים עם נדיפות גבוהה, יעילות הישום בממשק אי-פליחה או עיבוד מינימאלי יכולה להיות נמוכה יותר יחסית לעיבוד קונבנציונאלי בו חדירת החומרים לקרקע היא גבוהה יותר עקב פעולות העיבוד, ולכן יש לעתים צורך בכמות או מינון גבוהים יותר.

#### השפעת השארת חיפוי על הדברת עשבים

להשארת חיפוי על הקרקע השפעות שונות, ובחלק מהמקרים הפוכות, על התפתחות עשבים בממשק עיבוד משמר, בתלות בעיקר בסוג ותכונות צמחי החיפוי, כמותם ואופן פיזורם.

האפקט החיובי של השארת חיפוי יכול להיות משמעותי במקרים מסוימים, כאשר בהשארת חיפוי של שיפון הגיעו אף להקטנת צפיפות העשבים ב-75% (Mohler and Teasdale, 1993). אפקט של הקטנה בהתפתחות עשבים יכול לנבוע מהנקודות הבאות:

1. פגיעה בקרינת האור המגיעה אל זרעי העשבים, ובכך אפשרות למניעת נביטתם או דחייתם ברמה שתאפשר לגידול החקלאי עצמו להגיע מהר יותר לגודל שיאפשר כבר יתרון תחרותי מול העשבים שנביטתם נדחתה. יש לציין שדחיית מועד נביטת העשבים יכול לסייע גם בהקטנת כמות הזרעים שיופצו ע"י עשבים אלה אשר יגיעו לבגרות מאוחרת וקצרה יותר, אך מצד שני יוכל גם לסייע להם בהתחמקות מריסוס קוטלי עשבים אם יבוצע מיד לאחר הצצה של רוב העשבים האחרים. כמו כן ישוב להדגיש שאפקט כזה של מניעה או דחיית נביטה הוא משמעותי רק אם מקפידים על חיפוי שהוא מסיבי מספיק ומפוזר באופן אחיד על פני השטח, ובד"כ לחיפוי של דגניים יש אפקט קטן יותר מגידולים אחרים כמו קטניות או חמניות שלהם נוף רחב יותר.

2. מתן מחסה ותנאי גידול טובים יותר לנמלים וחרקים אחרים אשר ניזונים בין השאר מבנק הזרעים של העשבים שעל פני הקרקע (Chauhan et al., 2010).

3. הפרשת תרכובות אללופתיות (בעיקר פנולים) המדכאות את הנביטה והגדילה של העשבים הנמצאים מתחת לחיפוי (Steinsiek et al., 1982, Wu et al., 1998, Farooq et al., 2011b).

כאמור, השארת חיפוי יכולה להיות לפעמים גם בעלת אפקט מעודד להתפתחות עשבים, כולל אופציה להופעה מקדימה של עשבים תחת חיפוי (בונפיל וחובריו, 2004) מהסיבות הבאות:

1. סיוע במתן תנאים נוחים יותר לנביטת עשבים, בעיקר בעקבות הורדת טמפרטורת הקרקע והעלאת הלחות בסביבת הזרע. אפקט הצללה חיובי כזה, אשר נמצא בין השאר גם בעידוד נביטה של עשבים מסוימים בחיפוי של חיטה (Chauhan et al., 2012), יהיה משמעותי יותר אם החיפוי יהיה חלקי בלבד ובכך יאפשר בכל זאת מעבר מספק של קרינה הדרושה לעשב.

2. פגיעה ביכולת הפיזור של קוטלי עשבים, ובמיוחד כאלה הפעילים בקרקע, עקב החסימה הפיזית של פיזורם ותגובה לפעילות החומרים, ונמצא שחיפוי קרקע יכול למנוע גם מ-80% מקוטלי העשבים שיושמו לפעול בקרקע (Sadeghi et al., 1998, Locke et al., 2008, Chauhan et al., 2012).

#### מניעת נזקי עשבים במסגרת עיבוד משמר

כפי שצוין, עשבים הינם מזיק משמעותי בחקלאות, ומאחר שכפי שכבר פורט פוטנציאל ההתפתחות שלהם במסגרת עיבוד משמר הוא גבוה יותר, מתחייבים צעדים מתאימים למניעת או הקטנת נזקיהם, ויש לקחת בחשבון שעלות צעדים אלה והשפעותיהם האחרות הם מתחייבים כדי להגיע ליבול מתאים תוך עיבוד משמר. האמצעי המרכזי הנמצא בשימוש מזה שנים רבות בעיבוד משמר הוא הגדלת היקף השימוש בהדברה כימית (קוטלי עשבים) יחסית לחקלאות קונבנציונאלית, שמעבר לעלותה בפועל היא מעלה את הסיכוי להתפתחות עמידות לקוטלי עשבים, כולל הגעה למצב בו לא ניתן יהיה לקיים יותר עיבוד משמר.

כדי להקטין את ההסתמכות על הדברה כימית, קיימים אמצעים נוספים וידידותיים יותר אותם ניתן לשלב כחלק מממשק של הדברת עשבים משולבת בעיבוד משמר (Lyon et al., 1996, Chauhan et al., 2012):

1. צעדי מניעה אגרו-טכניים
2. מחזור גידולים
3. הדברה מדויקת/משופרת
4. תכנון זריעה וזנים משופרים

ראיה הוליסטית ושימוש בצעדים נוספים כאלה במסגרת ממשק של הדברת עשבים משולבת יוכל לשפר את יעילות הדברת העשבים, ובכך יוכל גם להקטין את עלויות המעבר לעיבוד משמר ואת האטרקטיביות שלו. בבדיקה שנעשתה בקנדה, למשל, ממשק הדברת עשבים משולב שכלל בין השאר זנים חזקים יותר, הגדלת צפיפות זריעה והקדמת טיפול בעשבים הצליח להביא לתוספת יבול של 40% (Harker et al., 2003). כדי לנהל ממשק הדברה משולב באופן יעיל ואפקטיבי חשוב להקפיד על בניית מסד נתונים מפורט, ניטור שוטף ומסודר ומתן סיוע מקצועי מלווה, ובמקביל ניתן גם לפתח ולעדכן לאורך זמן מודל המתאים לתנאי המקום שיוכל לשמש לסיוע שוטף בקבלת החלטות (Anderson, 2004, Soane et al., 2012).

#### צעדי מניעה אגרו-טכניים

כבכל פעולה של הדברה, נקיטת צעדי מניעה מתאימים היא אחד האמצעים הטובים ביותר שיוכלו גם לחסוך בהמשך שימוש באמצעים כימיים או אחרים. עיבוד הקרקע הפוגע בזרעי ושורשי העשבים במסגרת חקלאות קונבנציונאלי הוא לכשעצמו פעולת מניעה משמעותית, ומאחר שהיא אינה מתבצעת במסגרת אי פליחה או באופן חלקי בלבד במסגרת מינימום עיבוד, מומלץ להשקיע בצעדי מניעה חליפיים במסגרת עיבוד משמר.

מקורם של זרעי עשבים בחלקה הוא ברובו מהעשבים שצמחו בחלקה עצמה ובמקרים רבים זרעיהם מבשילים במקביל לגידולים עצמם. עם זאת, חלק מהזרעים מגיעים גם מחלקות אחרות באזור באמצעות הרוח, בעלי חיים או כלים חקלאיים, ולעתים גם כחלק מזרעי הגידול עצמו לאחר שנקצרו עמם (למשל זרעי עשבים דגניים בתוך תבואת דגניים). בהתאם לכך, כחלק מתהליך המניעה חשוב קודם כל להקטין ככל האפשר תוספת זרעי עשבים על פני הקרקע במהלך תהליך הקציר/אסיף או ממקורות חיצוניים כמו חלקות אחרות או עם מזרעי הגידול (Lyon et al., 1996, Locke et al., 2002).

חלק משמעותי מתהליך המניעה הוא הכרות טובה עם נוכחות עשביה בשדות ומיפוי מסודר שיוכלו לסייע בבחירת אמצעים שיהיו מתאימים למצב בפועל. בשנים האחרונות מפותחים אמצעים אגרו-טכניים שונים אשר יכולים לסייע בהקטנת בנק הזרעים של העשבים ללא תהליכי עיבוד. דוגמה אחת לתהליך כזה היא פליטת המוץ, שבו מתרכזות כמות גדולה מאד של זרעי עשבים, לאורך שורות מרוכזות צרות אחרי הקומביין ושריפתן לקראת הזריעה, תוך הקטנת שטח השריפה לכ-10% מהחלקה (Walsch and Newman, 2007). שיטה אחרת הנבחנת עתה גם בארץ, היא כבישת התבואה מיד עם צאתה מהקומביין, כדי להקטין באופן משמעותי את הפיזור של זרעי עשבים על הקרקע אחרי הקומביין במהלך הקציר.

#### מחזור גידולים

מחזור גידולים הינו פרקטיקה מוכרת וידועה מזה שנים רבות, שבניגוד למונוקולטורה נועד לשפר את איכות וכמות היבול בחלקה לאורך זמן, תוך טיוב מחזורי של תכונות הקרקע (ע"י שילוב קטניות, למשל) והקטנת נזקי מזיקים ע"י מניעת רצף של אותו פונדקאי שתורם להתבססות מזיקים אופייניים לו. מונוקולטורה לאורך זמן יכולה לתרום גם להתבססות והתחזקות עשבים שיהפכו להיות דומיננטיים וקשים יותר להדברה בסביבת אותו גידול, העונה ושיטות העיבוד אשר אופייניים לו. למגבלה זו של מונוקולטורה משמעות רבה יותר כאשר מדובר בעיבוד משמר שבו מלכתחילה יש תנאים טובים יותר להתפתחות עשבים, ולכן קיום מחזור גידולים הוא בעל יתרונות רבים יותר במלחמה בעשבים בעיבוד משמר. מובן שלתכנון וניהול מחזור גידולים יש גם משמעות כלכלית מבחינת מחירי ודרישות השוק של הגידולים שנבחרו, אך כאמור השיקול לבצעו קיים בכל מקרה גם מסיבות שאינן קשורות למלחמה בעשבים.

מחזור גידולים מאפשר גם הגדלת השונות בין העשבים, שלה תרומה למניעת השתלטות עשבים דומיננטיים וקשים להדברה, כולל הקטנת הסיכוי להיווצרות עמידות לקוטלי עשבים באמצעות הגדלת התחרות הפנימית בין העשבים והרחבת מגוון אפשרויות ההדברה (Locke et al., 2002). במידת האפשר, ניתן לבחון שילוב גידולים עם יכולת טובה יותר לדיכוי עשבים הנובעת מגידול מהיר יותר או נביטה מוקדמת יותר, למשל, כדי להגדיל את תרומתו של מחזור הגידולים למלחמה בעשבים. שילוב שנים של כרב (ללא גידול) בתוך מחזור הגידולים מאפשר גם טיפולים נרחבים או ממוקדים יותר בעשבים עפ"י הצורך, ללא מגבלות הקיימות בזמן שיש גידול בשדה כמו חשש מפגיעה בגידול עצמו או מגבלות ריסוס לפני קציר/אסיף.

#### הדברה מדויקת/משופרת

הדברה כימית היא השיטה המרכזית והנפוצה בעולם למלחמה בעשבים רעים, ומכירות קוטלי עשבים שוות בהיקפן למכירות החומרים למלחמה במזיקים ומחלות גם יחד. בשל הגידול המוגבר של עשבים בממשק של עיבוד משמר יש חשיבות גדולה לתכנון נכון של הדברה כימית בממשק זה מבחינת סוגי חומרים, מינון ותזמון (Chauhan et al., 2006). אופטימיזציה של הדברה כימית חשובה לצורך הפחתת עלויות, הקטנת הפגיעה בסביבה והקטנת התפתחות עמידות, ולכן בעת ביצוע שיקולים לגבי טיפולי קדם הצצה, טיפול בשלבי גידול מוקדמים וכו' יש צורך בהיכרות טובה עם תנאי ותכנית הגידול, מצב העשבים והסביבה. מאחר שחיפוי קרקע מהווה מגבלה לביצוע ריסוס של קוטלי עשבים, ובמיוחד בשלב של קדם הצצה, חשוב במיוחד לקחת נתון זה בחשבון בתכנון הדברה בנוכחות חיפוי. במקרה של חיפוי, נמצא גם כי במקרים מסוימים שימוש בקוטלי עשבים בפורמולציה של גרגרים יהיה יעיל יותר מנוזל (Enders and Ahrens, 1995).

בשל הצורך בשימוש מוגבר בהדברה כימית בדרך כלל בעיבוד משמר, מומלץ ביתר שאת להקפיד על ישום מיטבי של קוטלי עשבים תוך הקפדה על תקינות הצידוד, ניקיון מזרקים, ישום אחיד וללא חזרות וכדומה. פיתוח אמצעים ליישום מדויק של קוטלי עשבים תוך הסתייעות אפשרית בחישה מקרוב ומרחוק, יוכל לאפשר עם הזמן גם שימוש מדויק וחסכוני יותר בקוטלי עשבים בעלויות סבירות.

#### תכנון זריעה וזנים משופרים

במסגרת התחרות הנוצרת בין גידולים לעשבים יש בד"כ עדיפות לצמחיה המתפתחת מהר יותר, וחוסמת את הקרינה לאלה שמתפתחים מאוחר יותר. הקדמת זריעה של גידולים או זנים בעלי צימוח מהיר וחזק יותר הם אמצעים שיכולים לסייע בתחרות מול העשבים, אך זאת בתלות כמובן ביכולת מבחינת תנאי הסביבה וציוד הזריעה לבצע זריעה בתנאים מתאימים.

ההתפתחות המשמעותית ביותר בנושא שיפור יכולות הגידולים היתה פיתוח זני גידולים מהונדסים עמידים לקוטלי עשבים לא-סלקטיביים כמו גלייפוסט (Roundup-Ready). פיתוח זה אפשר קפיצת מדרגה משמעותית בכך שניתן לבצע הדברה כימית של העשבים גם לאחר הצצה ללא חשש לפגיעה בגידול עצמו. זנים אלה הינם מובילים כיום בממשקי חקלאות משמרת בארה"ב ומדינות אחרות, אך אינם רלבנטיים לישראל. יצוין גם ששילובם של הזנים המהונדסים תרם להגדלה נכרת בשימוש בקוטלי עשבים והיווצרות עמידות, כפי שיפורט בנפרד.

### התפתחות עמידות לקוטלי עשבים

תוך זמן קצר מתחילת השימוש בקוטלי עשבים זוהה כבר ב-1957 זן ראשון של עשבים אשר פיתח עמידות (Hilton, 1957), ומאז התפתחו כבר מעל 200 זנים עמידים אשר נמצאו בלמעלה מ-650,000 שדות ברחבי העולם בהערכה שמרנית, והיד עוד נטויה (Délye et al., 2013). העמידות התפתחה כבר לכל מנגנוני הפעולה המוכרים של קוטלי עשבים, ואפקט זה גורם לחשש מוגבר עקב העובדה שהחל מתחילת שנות ה-90 לא פותחו קוטלי עשבים עם מנגנון פעולה חדש (Duke, 2012).

כיום ברור כי ההתפתחות המואצת של עמידות בעשבים נבעה וממשיכה לנבוע משימוש מוגבר ולא תמיד מבוקר בקוטלי עשבים לאורך השנים, ובמיוחד משימוש רציף באותו קוטל עשבים שגרם ללחץ סלקציה על אוכלוסיית העשבים, ובעקבותיו עליה בשיעור העשבים העמידים לאותו חומר (Neve et al., 2009). בהמשך להבנה זו, הפוטנציאל להגדלה נוספת של הסיכוי להתפתחות עמידות של עשבים עקב שימוש מוגבר בקוטלי עשבים בעיבוד משמר מוכר כבר מזה עשרות שנים כאיום מרכזי על היכולת לקיים משטר עיבוד משמר לאורך זמן (Koskinen and McWohrter, 1986). תהליך זה הוגבר עוד יותר עם הופעת זנים מהונדסים עמידים לגלייפוסט, שבארה"ב למשל היו פקטור משמעותי להרחבת השימוש בעיבוד משמר עם זנים כאלה שהקטינו את החשש מעשבים (Givens et al., 2009). במקביל להתפשטות בדרום וצפון אמריקה שבהן שימוש ניכר בזנים מהונדסים הפכה עמידות של עשבים, ובמיוחד עמידות לגלייפוסט, לבעיה משמעותית גם באוסטרליה שבה שימוש נרחב בעיבוד משמר. כיום גברה באוסטרליה ההכרה שהתרחבות העמידות מהווה איום משמעותי על היכולת לקיים חקלאות ברת קיימא במדינה זו (Llewellyn et al., 2002).

דוגמא משמעותית ומוכרת מארה"ב היא הופעת עמידות לגלייפוסט בירבוז פלמרי (*Amaranthus palmeri*), אשר פגעה בעיקר בגידולי כותנה עם חקלאות משמרת בדרום מזרח המדינה החל מ-2006. העשב שהתגלה בתחילה בג'ורג'יה התפשט במהירות גם למדינות סמוכות תוך פגיעה משמעותית במאות אלפי הקטארים של כותנה, והחל להופיע גם בשדות סויה ותירס. אחד האמצעים הראשונים ללחימה בירבוז פלמרי באותם שטחי כותנה היה הפסקת גידול מסיבית של כותנה ומעבר לעיבוד עם פליחה, ורק בשלב זה החל מאמץ למציאת דרכים של הדברת עשבים משולבת שיאפשרו הקטנת הפליחה תוך שימוש במגוון של קוטלי עשבים באופן מושכל והדרכה צמודה (Price et al., 2011, Culpepper et al., 2012).

התפתחות עמידות עשבים, ובמיוחד לגלייפוסט שהינו אולי קוטל העשבים המרכזי בעולם כיום, מול צמצום האלטרנטיבות עקב מגבלות סביבתיות ומספר מוגבל של מנגנוני פעולה, מהווה תמרור אזהרה בולט לגבי אופן השימוש בקוטלי עשבים עד כה. מאחר שבעיית העשבים בעיבוד משמר היא מראש חמורה יותר מאשר בעיבוד קונבנציונאלי, מתחייבת בו הקפדה רבה עוד יותר על הדברת עשבים משולבת, ושימוש מושכל במגוון של קוטלי

עשבים ודרכים נוספות (Powles et al., 2008). למרבה המזל, בעיית העמידות בישראל עדיין לא הגיעה לרמה קשה כמו במקומות אחרים, וגם אין בארץ גידולים מהונדסים שיכולים להוות פיתוי לשימוש מוגבר בקוטלי עשבים כפי שקרה בחו"ל.

#### השפעת עיבוד משמר על אוכלוסיית מזיקים

בעיבוד קונבנציונאלי יש פגיעה חוזרת באוכלוסיית נברנים, מכרסמים ומזיקים בעקבות הרס מחילות ובית הגידול שלהם. עפ"י הידוע כבר שנים רבות, בעיקר ממחקרים שנעשו בצפון אמריקה, מעבר לאי-פליחה או עיבוד מינימאלי מוביל לפגיעה קטנה יותר במחילות ואזורי המחיה התת קרקעיים שלהם ועקב זאת לעתים קרובות אוכלוסייתם מתרבה. השארת חיפוי מאפשרת אמנם מסתור טוב יותר לחולייתנים קטנים וחרקים, וכן יכולה לספק להם מזון נוסף, אך בפועל לא זוהתה בהכרח עליה משמעותית במספרם עם השארת חיפוי. יצוין גם כי לעתים העלייה בנוזקי חולייתנים ומזיקים עם עליית מספרם יכולה להתאזן עם תרומתם בטריפת זרעי עשבים (Wooley et al., 1985, Johnson, 1986, 1987, Holzer et al., 1996, Bourne, 1999).

בראייה רחבה, מעבר לעליה אשר מוכרת ממקומות רבים באוכלוסיית נברנים ומכרסמים, אין נתונים עקביים לגבי מזיקים אחרים. קיימים דיווחים על עליה באוכלוסיית חלזונות, חרקים שונים ואפילו מחלות, אך מדובר בדרך כלל במקרים מקומיים וההשפעה של גורמים אחרים כמו תנאי האקלים או מחזור הגידולים היא הרבה יותר משמעותית מזו של שיטת העיבוד. נושא שראוי לציון ולגביו יש עדויות שונות הוא עידוד התפתחותה של אוכלוסיית אנטגוניסטים למזיקים בממשק של עיבוד משמר, הן מתחת לפני הקרקע באי-פליחה והן מעל פני הקרקע במקרה של השארת חיפוי צמחי, ותרומתה להקטנת אוכלוסיית המזיקים יכולה להיות בעלת משמעות בממשק הדברה משולב (Kendall et al., 1995, Leake, 2003, Friedrich et al., 2014).

כמו במלחמה נגד העשבים גם המלחמה באוכלוסיית המכרסמים, נברנים ומזיקים בממשק עיבוד משמר מבוססת כיום בעיקר על הדברה כימית. כדי להקטין את השימוש בהדברה כימית יש צורך בהקפדה על ניהול ממשק הדברה משולבת, בדגש על מחזור גידולים, ניטור שוטף וליווי מקצועי. במקרה של חולייתנים שוכני קרקע חשוב להקפיד על ניטור והדברה גם באזורי מפלט סביב השדות, וכן ניתן להשתמש במלכודות והצבת תיבות קינון עבור תנשמות (Witmer et al., 2007).

#### המצב בישראל בכלל ובפארק שקמה בפרט

בישראל מודעות הולכת וגוברת לצורך בעיבוד משמר, ובשטחי בעל גדל והולך השימוש בשיטת עיבוד זו. עם זאת, בשל המחיר הגבוה שניתן לקבל עבור שחת אין כמעט שימוש בשיטה של השארת חיפוי, ולכן הנתונים מהשטח מתייחסים בעיקר לעיבוד משמר ללא השארת חיפוי. באזור פארק שקמה קיימים בשטחי הבעל שתי שיטות עיבוד עיקריות – עיבוד מינימאלי במערב האזור ואי-פליחה במזרחו. באזור הפארק יש הקפדה ככל האפשר על מחזור גידולים, הכולל בד"כ מספר שנים של חיטה ולאחריהן קטניות או כרב. כמו כן גם בחלקות רבות של אי פליחה נעשית אחת למספר שנים פעולת עיבוד קרקע.

כפי שכבר צוין, רמת ומגוון השימוש בעשבים תלויים במספר רב של גורמים, ומאחר שלא נעשו עד כה מחקרים מפורטים והשוואתיים בתנאים דומים הנתונים לגבי ההשפעות הם כלליים בלבד. משיחה עם אנשי ההדרכה באזור ניתן לומר שכללית במשטר אי פליחה יש כיום בממוצע צורך בטיפול שנתי נוסף נגד עשבים יחסית לעיבוד מינימאלי, בעלות של כ-10-15 ש"ח לדונם. במקרים מסוימים יש בנוסף לכך צורך גם בטיפול שנתי נגד מכרסמים,

בעיקר נברן השדות שהוא המזיק החקלאי המרכזי, כשכיום יש בארץ רישוי לתכשיר רוש 80 בלבד וניתן לכמת טיפול כזה בעלות דומה (מוטרו, 2013).

בישראל בכלל ובאזור פארק שקמה אותרו כבר זני עשבים שונים עמידים לקוטלי עשבים, אך למרות שיש גידול במודעות של המגדלים לאיום זה התחושה היא עדיין של איום רחוק שאינו מחייב השקעה משמעותית בשלב זה. שני זני עשבים עמידים משמעותיים באזור הפארק הם טוריים מצויים (*Diplotaxis erucoides*) שבהם נמצאה עמידות למגוון מעכבי ALS, וזון אשון (*Lolium rigidum*) שבו נמצאה גם עמידות מרובת אתרים למעכבי ALS, ACCase ו-EPSPS (רובין, 2012, מצרפי ורובין, 2013). יצוין כי אין באזור הפארק ניטור מסודר של עשבים לבדיקת עמידות לצורך מניעה וסיוע בקבלת החלטות הדברה, ולמעבדה של ברוך רובין בפקולטה לחקלאות שהיא היחידה בארץ המבצעת בדיקות כאלה מגיעים עשבים חשודים לבדיקה רק באופן ספוראדי בד"כ.

פתרון אגרו-טכני חשוב שהחל בבחינה ברוחמה הוא מכבש שנרכש עם קומביין מתאים לגרירתו, ומאפשר להקטין משמעותית את כמות זרעי העשבים הנופלים לקרקע במהלך הקציר. השימוש במכבש זה שעלותו גבוהה יוכל לסייע מאד במלחמה נגד עשבים ללא שימוש בחומרי הדברה, והוא יבחן בתקופה הקרובה.

### סיכום והמלצות

הטמעת השימוש בעיבוד משמר בפארק שקמה מחייבת מתן מענה להשפעות השליליות שיש לממשק זה על אוכלוסיית העשבים הרעים והמזיקים, בעיקר נברנים. מאחר שהגידולים באזור הפארק הם בעיקר גידולים אקסטנסיביים כמו חיטה שרמת ההכנסות בהן היא נמוכה יחסית, ובהתאם לכך היכולת להשקיע בתשומות ופעילויות היא נמוכה גם כן, יש חשיבות רבה עוד יותר לניהול ממשק אפקטיבי ויעיל של הדברה משולבת באופן שיסייע למיקסום הרווחים והיבול תוך אופטימיזציה של הדברת העשבים והמזיקים. מעבר לאתגר קצר טווח זה, עומד על הפרק גם אתגר ארוך טווח של מניעת התפתחות רחבה יותר של עמידות עשבים, ויש חשיבות רבה להערכות מולו במסגרת ממשק ההדברה המשולבת ומחזור הגידולים.

מניסיון במקומות אחרים, ניהול אפקטיבי של הדברה משולבת באזור הפארק יחייב הקמת מנגנון בסיסי של ניהול והדרכה, כולל מערכת מסודרת לאיסוף ושיתוף שוטפים של נתונים. למגדלים בפארק יש מודעות לצורך בממשק של הדברת עשבים ומזיקים משולבת וקיום מחזור גידולים, אך אין עדיין מערכת ניהול נתונים וסיוע בקבלת החלטות משותפת ומסודרת, והנתונים נאספים ע"י כל מגדל בנפרד ללא שיתוף מיידי עם מדריכים, חוקרים ואחרים שיוכלו לסייע בקבלת ההחלטות. למדריכים האזוריים יש מודעות גבוהה לנושא, אך בפועל הם משלבים אותו כחלק משגרת הפעילות שלהם ולא כמשימה מוגדרת ומרוכזת. בהערכה ראשונית עלות בניית מנגנון ניהול ממוקד לנושא תהיה כ-3-5 ש' לדונם לעונה. עלות זו כוללת איש מקצוע המקדיש לנושא כיומיים בשבוע למחקר והדרכה, וכן ביצוע ניטור ומיפוי מסודרים של עשבים כל עונה עם מערכת GIS וביצוע של בדיקת עמידות לדגימה כל 1,000-2,000 דונם בערך.

### מקורות

בונפיל ד.י., שטיינברג, ד., מופרדי, י., אסידו, ס., דולגין, ב., רובין, ב., דינור, ע., כיתאין, ש., נפתליהו, ע., ואזה, א. 2004. ממשק אי-פליחה וחיפוי בקש - בחינת יישום האגרוטכניקה בשדות הפלחה בנגב. *גן שדה ומשק*, (8): 13-23.

מוטרו, י. 2013. מכרסמים בשדות החיטה – טיפול ומניעה. *ניר ותלם*, 45, 12-14.



מצרפי, מ., רובין, ב. 2013. עשבים עמידים לקוטלי עשבים – כרוניקה ידועה מראש. *ניר ותלם*, 45, 20-25.

רובין, ב. 2012. עשבים עמידים לקוטלי עשבים כסכנה לחקלאות ולסביבה – ניטור, לימוד המנגנון ומניעת התפוצה. *דו"ח מסכם תכנית מחקר 837-0006-10*.

Anderson, R. L. 2004. A planning tool for integrating crop choices with weed management in the Northern Great Plains. *Renewable agriculture and food systems*, 19(01), 23-29.

Baraibar, B., Ledesma, R., Royo-Esnal, A., and Westerman, P. R. 2011. Assessing yield losses caused by the harvester ant *Messor barbarus* (L.) in winter cereals. *Crop Protection*, 30(9), 1144-1148.

Baraibar, B., Westerman, P. R., Carrión, E., and Recasens, J. 2009. Effects of tillage and irrigation in cereal fields on weed seed removal by seed predators. *Journal of applied ecology*, 46(2), 380-387.

Bourne, J. 1999. Controlling Wildlife Damage in Direct Seeding Systems. Agdex 519–16. *Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Edmonton, Alberta*.

Chauhan, B. S., Gill, G. S. and Preston, C. 2006. Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: a review. *Animal Production Science*, 46(12), 1557-1570.

Chauhan, B. S., Migo, T., Westerman, P. R., and Johnson, D. E. 2010. Post-dispersal predation of weed seeds in rice fields. *Weed Research*, 50(6), 553-560.

Chauhan, B. S., Singh, R. G., and Mahajan, G. 2012. Ecology and management of weeds under conservation agriculture: a review. *Crop Protection*, 38, 57-65.

Clements, D. R., Benott, D. L., Murphy, S. D., and Swanton, C. J. 1996. Tillage effects on weed seed return and seed bank composition. *Weed Science*, 314-322.

Culpepper, S., Owen, M., Price, A., and Wilson, R. 2012. *Herbicide-resistant weeds threaten soil conservation gains: finding a balance for soil and farm sustainability*. Council for Agricultural Science and Technology.

Délye, C., Jasieniuk, M., and Le Corre, V. 2013. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*, 29(11), 649-658.

Duke, S. O. 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest management science*, 68(4), 505-512.

- Endres, G. J., and Ahrens, W. H. 1995. Fall-applied trifluralin granules in conservation-till spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed technology*, 703-709.
- Farooq, M., Flower, K. C., Jabran, K., Wahid, A., and Siddique, K. H. 2011a. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. *Soil and Tillage Research*, 117, 172-183.
- Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z. A., Wahid, A., and Siddique, K. H. 2011b. The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest management science*, 67(5), 493-506.
- Friedrich, T., Kassam, A., Corsi, S., Jat, R. A., Sahrawat, K. L., and Kassam, A. H. 2014. Conservation Agriculture in Europe. *Conservation agriculture: global prospects and challenges*, 127-179.
- Gallandt, E. R. 2004. Soil improving practices for ecological weed management. *Weed Biology and Management*, Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, 267–284.
- Givens, W. A., Shaw, D. R., Kruger, G. R., Johnson, W. G., Weller, S. C., Young, B. G., ... and Jordan, D. 2009. Survey of tillage trends following the adoption of glyphosate-resistant crops. *Weed Technology*, 23(1), 150-155.
- Harker, K. N., Clayton, G. W., Blackshaw, R. E., O'Donovan, J. T., and Stevenson, F. C. 2003. Seeding rate, herbicide timing and competitive hybrids contribute to integrated weed management in canola (*Brassica napus*). *Canadian journal of plant science*, 83(2), 433-440.
- Hilton, H. W. 1957. Herbicide tolerant strains of weeds. *HSCPA Annual Report*, 66.
- Hobbs, P. R., Sayre, K., and Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 543-555.
- Holland, J. M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103(1), 1-25.
- Holzer, T. O., Anderson, R. L., McMullen, M. P., and Peairs, F. B. 1996. Integrated pest management of insects, plant pathogens, and weeds in dryland cropping systems of the Great Plains. *Journal of Production Agriculture*, 9(2), 200-208.

- Johnson, D. 1987. Effect of alternative tillage systems on rodent density in the Palouse region. *Northwest Science* 61, 37–40.
- Johnson, R. J. 1986. Wildlife damage in conservation tillage agriculture: a new challenge. In *Proceedings of the Twelfth Vertebrate Pest Conference (1986)* (p. 33).
- Kendall, D. A., Chinn, N. E., Glen, D. M., Wiltshire, C. W., Winstone, L., and Tidboald, C. 1995. Effects of soil management on cereal pests and their natural enemies. *Ecology and integrated farming systems*, 83-102.
- Koskinen, W. C., and McWhorter, C. G. 1986. Weed control in conservation tillage. *Journal of Soil and Water Conservation*, 41(6), 365-370.
- Leake, A. R. 2003. Integrated pest management for conservation agriculture. In *Conservation Agriculture* (pp. 271-279). Springer Netherlands.
- Llewellyn, R. S., Lindner, R. K., Pannell, D. J., and Powles, S. B. 2002. Resistance and the herbicide resource: perceptions of Western Australian grain growers. *Crop Protection*, 21(10), 1067-1075.
- Locke, M. A., Reddy, K. N., and Zablotowicz, R. M. 2002. Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology and management*, 2(3), 123-132.
- Locke, M. A., Zablotowicz, R. M., Reddy, K. N., and Steinriede, R. W. 2008. Tillage management to mitigate herbicide loss in runoff under simulated rainfall conditions. *Chemosphere*, 70(8), 1422-1428.
- Lyon, D. J., Miller, S. D., and Wicks, G. A. 1996. The future of herbicides in weed control systems of the Great Plains. *Journal of Production Agriculture*, 9(2), 209-215.
- Mohler, C. L., and Asdale, J. R. 1993. Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue. *Weed Research*, 33(6), 487-499.
- Neve, P., Vila-Aiub, M., and Roux, F. 2009. Evolutionary-thinking in agricultural weed management. *New Phytologist*, 184(4), 783-793.
- Oerke, E. C. 2006. Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(01), 31-43.

- Powles, S. B. 2008. Evolved glyphosate-resistant weeds around the world: lessons to be learnt. *Pest management science*, 64(4), 360-365.
- Sadeghi, A. M., Isensee, A. R., and Shelton, D. R. 1998. Effect of tillage age on herbicide dissipation: A side-by-side comparison using microplots. *Soil science*, 163(11), 883-890.
- Shrestha, A., Knezevic, S. Z., Roy, R. C., Ball-Coelho, B. R., and Swanton, C. J. 2002. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research*, 42(1), 76-87.
- Soane, B. D., Ball, B. C., Arvidsson, J., Basch, G., Moreno, F., and Roger-Estrade, J. 2012. No-till in northern, western and south-western Europe: a review of problems and opportunities for crop production and the environment. *Soil and Tillage Research*, 118, 66-87.
- Steinsiek, J. W., Oliver, L. R., and Collins, F. C. 1982. Allelopathic potential of wheat (*Triticum aestivum*) straw on selected weed species. *Weed Science*, 495-497.
- Sturz, A. V., Carter, M. R., and Johnston, H. W. 1997. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture. *Soil and Tillage Research*, 41(3), 169-189.
- Swanton, C. J., Shrestha, A., Knezevic, S. Z., Roy, R. C., and Ball-Coelho, B. R. 2000. Influence of tillage type on vertical weed seed bank distribution in a sandy soil. *Canadian Journal of Plant Science*, 80(2), 455-457.
- Walsh, M., and Newman, P. 2007. Burning narrow windrows for weed seed destruction. *Field crops research*, 104(1), 24-30.
- Westerman, P. R., Wes, J. S., Kropff, M. J., and Van der Werf, W. 2003. Annual losses of weed seeds due to predation in organic cereal fields. *Journal of Applied Ecology*, 40(5), 824-836.
- Witmer, G., Sayler, R., Huggins, D., and Capelli, J. 2007. Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. *Integrative zoology*, 2(3), 154-164.

Wooley Jr, J. B., Best, L. B., and Clark, W. R. 1985. Impacts of no-till row cropping on upland wildlife. In *Transactions of the... North American Wildlife and Natural Resources Conference (USA)*.

Wu, H., Pratley, J., Lemerle, D., Haig, T. and Verbeek, B. 1998. Differential allelopathic potential among wheat accessions to annual ryegrass. In *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference* (pp. 567-571). Australian Agronomy Society: Wagga Wagga, Australia.