

דוח סופי לתוכנית מחקר 11-1483-132

פיתוח ממשק הדברה של גומא הפקעים באמצעים מכניים

**Developing physical integrated control of purple nutsedge**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

יוסי הרשנהורן - פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי  
בעז ציון - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
אהרון ויסבלום - הנדסת מערכות חישה, מידע ומיכון, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
נחשון שמיר - הנדסת מערכות גידול, יצור וסביבה, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
חנן איזנברג - פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי  
רפי רגב - הנדסת מערכות גידול, יצור וסביבה, המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי  
יבגניה דור - פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי  
גיא אכדרי - פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי  
יבגני סמירנוב - פיטופתולוגיה וחקר עשבים, מרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי

Joseph Hershenhorn, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B.

1021 Ramat Yishay 30095. Email: josephhe@agri.gov.il

Boaz Zion, Agricultural Engineering, ARO, Beit Dagan, P.O.B. 6 Email: boazz@agri.gov.il

Aharon Weissblum, Agricultural Engineering, ARO, Beit Dagan, P.O.B. 6 Email: aharon@agri.gov.il

Nahshon Shamir, Agricultural Engineering, ARO, Beit Dagan, P.O.B. 6 Email: nachshon@agri.gov.il

Hanan Eizenberg, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B.

1021 Ramat Yishay 30095. Email: eizenber@agri.gov.il

Rafi Regev, Agricultural Engineering, ARO, Beit Dagan, P.O.B. 6 Email: rafi@agri.gov.il

Evgenia Dor, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021

Ramat Yishay 30095. Email: evgeniad@agri.gov.il

Achdary Gui, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B. 1021

Ramat Yishay 30095. Email: achdarig@agri.gov.il

Evgeny Smirnov, Phytopathology and Weed Research, ARO, Neve Ya'ar Research Center, P.O.B.

1021 Ramat Yishay 30095. Email: evgenysm30@gmail.com

## תקציר

**הצגת הבעיה:** גומא הפקעים נחשב לעשב הרע ביותר בעולם. הוא מתחרה עם גידולים חד-שנתיים על מים ומינרלים, אור, מקום פיזי מתחת ומעל פני הקרקע והוא מפריש חומרים אללופטיים הפוגעים בהתפתחות הגידול. לגומא קצב גידול מהיר מאד והוא מתרבה על ידי מערכת מסועפת של פקעות תת קרקעיות המגיעות, בהתאם לסוג הקרקע, עד עומק של כ- 35 ס"מ. הדברתו קשה והיא נעשית בעיקר בעישוב ידני, קילטורים ושימוש בקוטלי עשבים. רוב קוטלי העשבים מעכבים את גידולו אך הצמח מתאושש וממשיך להתרבות ולהתפתח. בנוסף יוצרים קוטלי עשבים אלה בעיה קשה של גידולים במחזור בגלל השאריתיות הגבוהה של חלקם בקרקע. עישוב ידני של עשב זה קשה ויש לחזור עליו מדי שבוע כדי לשמור את השטח נקי. פקעות גומא הפקעים רגישות להתייבשות. הפקעת אינה יכולה לבלב ומתה לאחר שאבדה ממשקלה בשיעור של כ- 55%.

**מטרת המחקר:** לשלב מספר אמצעים להדברת גומא הפקעים. האמצעי המרכזי הוא פיתוח מכונה המסנת את שכבת הקרקע עד עומק של כ- 40 ס"מ. סינון זה מתבצע בתחילת הקיץ, ומעלה את פקעות הצמח אל שכבת הקרקע בעליונה, שם הן חשופות לקרינת השמש ולטמפי גבוהה, מתייבשות ומתות. בגידולים בהם יש כדאיות הוספנו אמצעי נוסף: לאחר הפעלת המכונה ויבוש הפקעות בשמש, השטח יושקה היטב ויכוסה בפלסטיק שחור. הכיסוי יתבצע כך שתיווצר שכבת אוויר בין הפלסטיק לפני הקרקע. פקעות הגומא ינבטו ובהגיע קצה העלה למגע עם הכיסוי השחור הוא יישרף מהטמפרטורה הגבוהה של הפלסטיק. משך כיסוי השטח יהיה עד "ההתשה" מלאה של הפקעות ולמותן. אמצעי נוסף הוא שימוש בקוטל עשבים לא שאריתי כמו Glyphosate (ראונדאפ ודומיו). רעיון זה מתבסס על העובדה כי הפעלת המכונה גורמת להפרדת הפקעות הגדולות בשרשרות מחוברות לפקעות בודדות. כל פקעת שנובטת לאחר מהלך המכונה היא פקעית מתחמקת והיא אמורה להיות מנותקת מפקעות אחרות. ריסוס בראונדאפ ישמיד את כל הפקעות הנובטות ולהלכה צריכה להתקבל קטילה מוחלטת של העשב בשדה.

**שיטות העבודה:** במהלך התוכנית נבנה מחתר בעל מסוע ברוקמה ארוך החודר לקרקע, מעלה אותה על המסוע, מנער אותה כך שאדמה שפוכה מסוננת מיד ואילו רגבים עם פקעות נופלות מעל. לאור הלקחים שהופקו נבנה מחתר משופר בעל שני מסועים לשיפור נייעור הקרקע וייעול העבודה. מכונה זו שימשה לביצוע שבעה ניסויי שדה גדולים. כמו כן השתמשנו בניסויי שדה בחלקות קטנות וכן בניסויי עציצים ודליים.

**תוצאות עיקריות:** נקבע משך הזמן המיטבי לחשיפת פקעות הגומא בשדה כדי לגרום למותן. נקבע משך הזמן לביצוע תצפית ראשונה לקביעת מספר פקעות הגומא החיוניות בקרקע. נקבע משך הזמן הדרוש להתשת הפקעות בכיסוי פלסטיק שחור. בוצעו 7 ניסויי שדה ובהם נבדקה השפעת המכונה לטווח קצר של חודשיים-שלושה ונבדקו שני פרמטרים, מהירות נסיעה וביצוע מעבר מכונה פעמיים בהפרש של חודש זה מזה. רמת ההדברה שהושגה לחודשיים לאחר תחילת השקיה היתה בין 70-100 אחוז הדברה. למהירות הנסיעה ומספר המעברים לא היתה השפעה על יעילות המכונה.

**מסקנות והמלצות:** א. התוצאות שהושגו במסגרת פרויקט זה היו מעל ומעבר למצופה. השיטה שפיתחנו מדבירה את הגומא ברמת יעילות גבוהה מאד. ב. כל התוצאות שהושגו נבדקו בטווח קצר של חודשיים-שלושה. יש לבצע תוכנית המשך שתבדוק את השפעת המכונה לטווח ארוך של שנה ושנתיים אחרי הפעלתה.

## הצהרת החוקר הראשי:

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים. הניסויים אינם מהווים המלצות לחקלאים

תאריך: 1.8.12

חתימת החוקר

## פרסומים

- ציון, ב., וייסבלום, א., שמיר, נ., דור, י., סמירנוב, י., אכדרי, ג. הרשנהורן, י. 2011. הדברה פיזיקלית משולבת של גומא הפקעים. יום עיון של האגודה הישראלית למדע העשבים הרעים. 17 לספטמבר, רבדים.
- ציון, ב., וייסבלום, א., שמיר, נ., דור, י., סמירנוב, י., אכדרי, ג. הרשנהורן, י. 2011. הדברה פיזיקלית משולבת של גומא הפקעים. יום עיון של האגודה הישראלית למדע העשבים הרעים. 29 לאוקטובר, תל יוסף.
- ציון, ב., וייסבלום, א., שמיר, נ., דור, י., סמירנוב, י., אכדרי, ג. הרשנהורן, י. 2012. הדברת גומא הפקעים באמצעים מכניים. הכנס השני של אגודת גידולי שדה, רחובות.
- ציון, ב., וייסבלום, א., שמיר, נ., דור, י., סמירנוב, י., אכדרי, ג. הרשנהורן, י. 2012. הדברה פיזיקלית של גומא הפקעים, הרצאה במסגרת פתוקפה, המחלקה לפיטופתולוגיה וחקר עשבים, בית דגן.
- ציון, ב., וייסבלום, א., שמיר, נ., דור, י., סמירנוב, י., אכדרי, ג. הרשנהורן, י. 2012. הדברה פיזיקלית משולבת של גומא הפקעים. סמינר במרכז מחקר נוה יער, מינהל המחקר החקלאי.
- Zion, B., Visblum, A., Shamir, N., Dor, E., Smirnov, E., Achdary, G. and Hershenhorn, J. 2012. Physical approach for purple nutsedge control. The 6<sup>th</sup> International Weed Science Congress, Hangzhou, 17-22 June 2012.China.
- Zion B., Weissblum A., Shamir N., Smirnov E., Achdary G. and Hershenhorn J. (2012). Mechanical Control of Purple Nutsedge (Cyperus rotundus). The 3<sup>rd</sup> International Conference of Agricultural Engineering (CIGR-AgEng2012), Valencia, Spain.

### 3. סיכום עם שאלות מנחות

#### מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה

לפתח גישה להדברה פיזיקלית של גומא הפקעים תוך שילוב מספר אמצעים למערכת הדברה אינטגרטיבית של העשב.

#### עיקרי התוצאות

נקבע משך הזמן האופטימלי לחשיפת פקעות הגומא בשדה כדי לגרום למותן. נקבע משך הזמן לביצוע תצפית ראשונה לקביעת מספר פקעות הגומא החיוניות בקרקע. נקבע משך הזמן הדרוש להתשת הפקעות בכיסוי פלסטיק שחור. בניסויי שדה נבדקה השפעת המכונה לטווח קצר של חודשיים-שלושה ונבדקו שני פרמטרים, מהירות נסיעה וביצוע מעבר מכונה פעמיים בהפרש של חודש זה מזה. רמת ההדברה שהושגה לחודשיים לאחר תחילת השקיה הייתה בין 70-100 אחוז הדברה. למהירות הנסיעה ומספר העיבודים ברצף לא הייתה השפעה על יעילות המכונה.

#### מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת ה דו " ח?

מטרות המחקר הושגו במלואן. החל שימוש מסחרי בשיטות שפותחו. נבנתה מכונה על ידי חקלאי לשימוש קבלני (מושב צופית). הוחל ביישום כיסויי פלסטיק ל"התשה" של פקעות הגומא תוך הצלחה יפה (רמת הגולן). בעיות שונות לפתרון ו / או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות

#### המשך המחקר

התוכנית נבנתה מלכתחילה למשך שנתיים. מטרות התוכנית הושגו במלואן. נותרה פתוחה השאלה מה השפעת השיטה לטווח ארוך של שנה ושנתיים מתום הפעלתה. זו שאלה חשובה המגדירה את מרווחי הזמן החקלאיים להפעלתה בשדה נתון. לשם כך יש צורך בתוכנית המשך.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו " ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי;

פרסום הדו " ח: אני ממליץ לפרסם את הדו " ח: (סמן אחת מהאופציות)

× ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)

ראה רשימת ספרות מצורפת בתחילת הדוח

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן \* יש לענות על שאלה זו רק בדו " ח

שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדו " ח שנה שנייה במחקר שאושר לשלוש שנים

## מבוא ובו רקע מדעי קצר ומטרות המחקר לתקופת הדוח

גומא הפקעים נחשב לעשב הרע ביותר בעולם. הוא מהווה בר תחרות קשה לגידולים חד-שנתיים בגלל כושר הגידול המהיר שלו. הצמח מתחרה עם הגידול על מים ומינרלים, אור, מקום פיזי מתחת ומעל פני הקרקע והוא מפריש חומרים אללופטיים הפוגעים בהתפתחות הגידול. הצמח מתרבה בעיקר על ידי מערכת מסועפת של פקעות תת קרקעיות המגיעות, בהתאם לסוג הקרקע, עד עומק של כ- 35 ס"מ. הדברתו קשה והיא נעשית בעיקר בעישוב ידני, קילטורים ושימוש בקוטלי עשבים. רוב קוטלי העשבים צורבים את העלווה אך הצמח מתאושש וממשיך להתרבות ולהתפתח. קוטלי העשבים השאריתיים יעילים יותר אך גם הם אינם פוגעים בפקעות התת קרקעיות שממשיכות להנץ ולשבש את השדה, ובנוסף יוצרים קוטלי עשבים אלה בעיה קשה של גידולים במחזור בגלל השאריתיות הגבוהה שלהם בקרקע. עישוב ידני של עשב זה קשה ויש לחזור עליו מדי שבוע כדי לשמור את השטח נקי. פקעות גומא הפקעים רגישות להתייבשות. הפקעת אינה יכולה לבלב ומתה לאחר שאבדה ממשקלה בשיעור של כ- 55%.

מטרת המחקר זה היתה לשלב מספר אמצעים להדברת גומא הפקעים. האמצעי המרכזי הוא מחתר בעל מסוע ברוקמה ארוך החודר לקרקע, מעלה אותה על המסוע, מנער אותה כך שאדמה שפוכה מסוננת מיד ואילו רגבים עם פקעות נופלות מעל. העיבוד מתבצע בתחילת הקיץ, ומעלה את פקעות הגומא אל פני השטח לשכבת הקרקע העליונה, שם הן חשופות לקרינת השמש ולטמפ' גבוהה, ולמות מתייבשות ומתות. משך זמן זה הינו כ- 30 ימים בקיץ. בגידולים בהם יש כדאיות הוספנו אמצעי נוסף: לאחר הפעלת המכונה ויבוש הפקעות בשמש, השטח יושקה היטב ויכוסה בפלסטיק שחור. הכיסוי יתבצע כך שתיווצר שכבת אוויר בין הפלסטיק לפני הקרקע. פקעות הגומא ינבטו ובהגיע קצה העלה למגע עם הכיסוי השחור הוא יישרף מהטמפ' הגבוהה של הפלסטיק. משך כיסוי השטח יהיה עד ל"התשה" מלאה של הפקעות ולמותן. אמצעי נוסף שהתווסף לאחר תחילת ביצוע המחקר היה שימוש בקוטל עשבים לא שאריתי כמו Glyphosate (ראונדאפ ודומיו). רעיון זה מתבסס על העובדה כי הפעלת המכונה גורמת להפרדת הפקעות הגדולות בשרשרות מחוברות לפקעות בודדות. כל פקעת שנובטת לאחר מהלך המכונה היא פקעית מתחמקת והיא אמורה להיות מנותקת מפקעות אחרות. ריסוס בראונדאפ ישמיד את כל הפקעות הנובטות ולהלכה צריכה להתקבל קטילה של כל או מרבית יחידות התפוצה של העשב בשדה.

המחקר התבצע במשך שנתיים. במהלך שנת המחקר הראשונה נבנתה מכונה ייעודית להוצאת פקעות גומא מהקרקע שהייתה מבוססת על לקחים ותובנות מניסויים הקדמיים שנערכו טרם אישור תוכנית זו. המכונה נכנסה לפעולה מיד עם תום בנייתה, ב- 31.8.10. למרות המועד המאוחר יחסית בו הטמפרטורות מתחילות לצנוח, נערכו 4 ניסויי שדה ומספר רב של תצפיות שדה. בעקבות הלקחים שנלמדו מהפעלת המכונה הראשונה, נבנתה במשך חורף 2010-2011 מכונה חדשה. המכונה החדשה שכללה שיפורים רבים נכנסה לפעולה מיד עם סיום בנייתה והיא הופעלה לראשונה ב- 17.7.11 בגבעת השלושה ומשם שונעה המכונה לבארות יצחק, שדה ורבורג, עין המפרץ, חוות עכו וברור חיל. בכל אתר בוצע ניסוי שבדק כיצד פרמטרים שונים משפיעים על יעילות המכונה. כמו כן עברה המכונה שינויים ושיפורים במהלך העבודה עקב תקלות שחלו בה.

## שיטות וחומרים

### ניסויי 2010

ניסויים אלה תוארו בדוח הקודם. דוח זה יתאר את הניסויים והתוצאות שהתקבלו בניסויי 2011.

**ניסוי דליים** – נערך ניסוי בדליים בנפח של 10 ליטר שהוטמנו בקרקע. מטרת הניסוי היתה לקבוע את משך הזמן הממוצע החולף בין תחילת השקיה והצצת גבעולי הגומא מעל הקרקע. מועד זה היה חשוב כדי לדעת עד מתי לבצע תצפיות בשדה לאחר מעבר המכונה כדי להעריך בקירוב טוב את מספר הפקעות שנותרו ומלבלבות בשדה. כמו כן שימש הניסוי ללימוד ההבדל בהצצה והתפתחות הגומא כאשר הפקעות מוטמנות בעומקים שונים. כל טיפול כלל 10 דליים ובכל דלי הוטמנה פקעת אחת שמשקלה היה ידוע. טיפול אחד כלל פקעות שהוטמנו בעומק של 1-2 ס"מ, טיפול שני כלל פקעות שהוטמנו בעומק של 15 ס"מ וטיפול שלישי כלל פקעות שהוטמנו בעומק של 30 ס"מ. כביקורת שימשו פקעות שהונבטו בתנאים מיטביים במעבדה בשיטת גלילי נייר טבולים בכוס מים. במהלך הניסוי נספרו מספר הגבעולים שהציצו בכל דלי ובגלילי הניר. בדליים הוטמן אוגר טמפי שאפשר לחשב ימי גידול מעלה.

**ניסוי "רגבים"** – מאחר ועיבוד הקרקע ע"י המתחחת הביא להוצאת רגבי אדמה שיתכן והכילו פקעות גומא, נבדקה השרידות של פקעות הגומא הנכלאות בתוך רגבים. נערכו שני ניסויים:

**1. ניסוי צופית** - מכונה הופעלה במושב צופית על אדמה חולית שהרכבה היה: רוויה – 37%; pH=7.6; גיר כללי – 1.2%; חול – 77.5%; סילט – 5.4% וחרסית 17.1%. בשדה הוטמן אוגר טמפי בעומק של כ-10 ס"מ ומיד בתום הפעלת המכונה נאספו מפני השטח גושי אדמה בגדלים שונים. הגושים סווגו לגדלים: 1. < 1 ק"ג; 2. בין 1-2 ק"ג; 3. בין 2-3 ק"ג; 4. בין 3-4 ק"ג; 5. בין 4-5 ק"ג; 6. > 5 ק"ג. הגושים הובאו לנוה יער ופורקו והפקעות המצויות בהן נלקחו למבחן נביטה בתוך שרביטי נייר רטובים. כל 10 ימים נלקחה מהשדה דוגמת רגבים ששהו במזג האוויר החם ונבדקו למידת הנביטה של הפקעות הכלואות בהן.

**2. ניסוי בארות יצחק** - ניסוי דומה לניסוי בצופית בוצע בקיבוץ בארות יצחק באדמה כבדה שהרכבה היה: רוויה – 37.9%; pH=7.6; גיר כללי – 1.2%; חול – 77.5%; סילט – 5.4% וחרסית 17.1%.

**תצפיות שדה** – במסגרת התצפיות נבחן רעיון חדשני והוא יצירת חיץ בין שכבת האדמה המטופלת על ידי המכונה לבין האדמה שמתחת לשכבה המסוננת המטופלת, בניסיון למנוע פריצת נבטים של גומא הפקעים משכבות עמוקות אל פני הקרקע. לצורך כך הופעלה המכונה כאשר היא פורשת יריעת פלסטיק מתחת לשכבת הקרקע המטופלת, תוך כדי טיפול בה. נבחנו שני עוביי פלסטיק, 30 מיקרון ו-150 מיקרון. סומנו 4 חלקות באורך של 10 מטר כל אחת בכל אחד מהטיפולים ובנוסף ארבע חלקות ביקורת ללא טיפול.

**ניסויי שדה** - הניסויים בשנה השניה של הפרויקט בוצעו עם המכונה המשופרת דגם II (מכונה בעלת שני מסועים נפרדים). נעשה מאמץ לבדוק את ההשפעה של כל פרמטר על יעילות המכונה בשני אתרים שונים. בכל האתרים הוטמן לאחר מעבר המכונה אוגר טמפי בין הרגבים בעומק 10 ס"מ.

**גבעת השלושה** - הניסוי הראשון בוצע בגבעת השלושה ב-17.7.11, הרכב הקרקע היה: רוויה – 59.9%; pH=8.1; גיר כללי – 15.2%; חול – 17.5%; סילט – 47.4% וחרסית 35.1%.

יכולת החדירה לקרקע של דגם II נמצא בתחום 35-40 ס"מ. המכונה עיבדה שש ערוגות, שלוש שנועדו לעיבוד במהלך החורף ושלוש ערוגות שנועדו לעמוד ככר שחור עד לאביב. כמו כן הושארו 3 ערוגות לא מטופלות כביקורת. אורך כל ערוגה היה כ-150 מטר. לאחר כחודש וחצי הושקה השדה בשיעור של 50 m<sup>3</sup>/du.

מספר שבועות לפני עבודת המכונה עובד השטח באמצעות פרה-פלאו בעל 3 להבים ובחדירה לעומק של כ- 50 ס"מ. השטח סומן לאחר עבודת המכונה ב 24 חלקות דגימה של מ"ר אחד- 12 בחלקות מטופלות ו- 12 חלקות ביקורת.

**בארות יצחק -** הניסוי בוצע ב- 21.7.11 על כרב חיטה. הרכב הקרקע היה: רוויה – 57.5%,  $\text{pH} = 7.9$ , גיר כללי – 0.4%, חול- 41.0%, סילט – 21.6%, חרסית – 57.4%, חומר אורגני – 0.75%, מירקם – קוד 6 = סיין חרסיתי. הניסוי כלל בחינה של השפעת מהירות הנסיעה על יעילות המכונה. הניסוי נערך על כרב חיטה. נבחנו מהירות איטית של 1.2 קמ"ש ו- 1.8 קמ"ש. הניסוי בוצע בבולקים באקראי בארבע חזרות, כל חזרה כללה שלוש ערוגות צמודות מטופלות באורך של כ- 100 מטר. ביקורות צמודות בנות שלוש ערוגות ובאורך של 100 מטר ליוו את חלקות הטיפול. לאחר כחודש וחצי הושקה כל השדה בשיעור של  $50 \text{ m}^3/\text{du}$ . **שדה ורבורג -** בוצעו שני ניסויים. שניהם על כרב חיטה. הרכב הקרקע: רוויה – 33.8%;  $\text{pH}=7.8$ ; גיר כללי – 0.2%; חול – 81.5%; סילט – 3.4% וחרסית 15.1%. בשני הניסויים שבוצעו ב- 25.7.11, נבחנה יעילות המכונה במעבר אחד של השטח לעומת שני מעברים בהפרש של חודש וחצי זה מזה. מבנה הניסוי היה דומה לזה שבבארות יצחק. בניסוי אחד היה אורך כל חלקת ניסוי 80 מטר. בניסוי השני היה האורך של כל חלקת ניסוי 40 מטר. ב- 14.9.11 עברה המכונה שוב על החלקות המיועדות לשני מעברים (49 יום לאחר המעבר הראשון) לאחר כחודש וחצי הושקו שני הניסויים בשיעור של  $50 \text{ m}^3/\text{du}$  כל אחד.

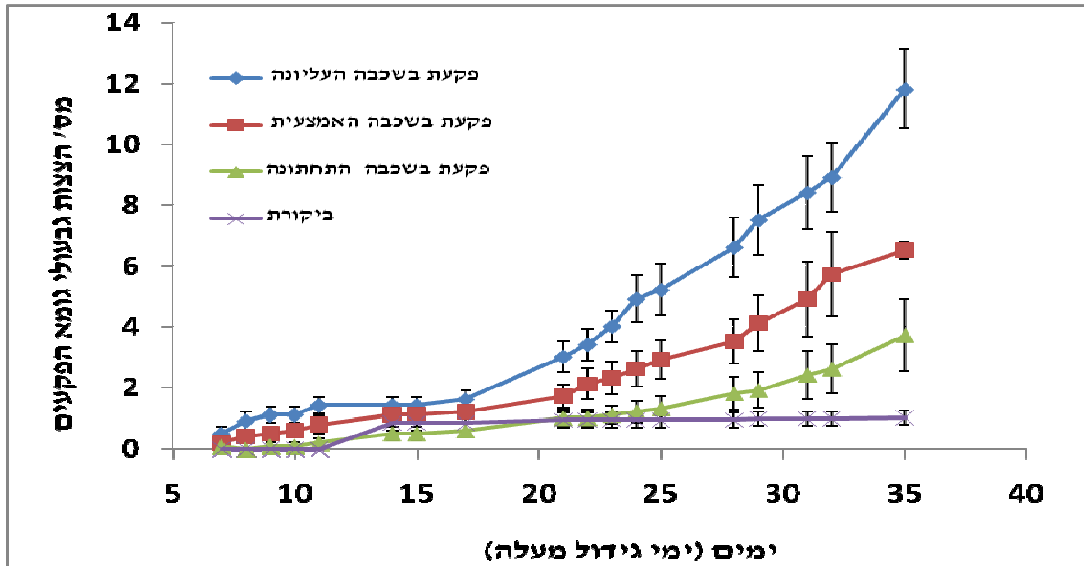
**עין המפרץ -** הניסוי בוצע ב- 2.8.11 על כרב אבטיח סידלס. הניסוי בדק את ההשפעה של מהירות הנסיעה על יעילות המכונה. נבחנו 1.2 ו- 1.8 קמ"ש. הניסוי נערך בבולקים באקראי בארבע חזרות. כל חזרה כללה שלוש ערוגות צמודות באורך 45 מטר. שלוש ערוגות צמודות ללא עיבוד שימשו כביקורת צמודה לכל חלקת טיפול. כחודש וחצי לאחר מעבר המכונה הושקה השדה בשיעור של  $50 \text{ m}^3/\text{du}$ .

**חוות עכו -** הניסוי בוצע ב- 4.8.11 על כרב שחור. הניסוי תוכנן לבדוק את ההשפעה של מעבר מכונה משולב בכיסוי פלסטיק שחור. לאור התוצאות שהתקבלו הוחלט שלא לבצע את כיסוי הפלסטיק (ראה דיון בתוצאות). הניסוי נערך בבולקים באקראי עם ארבע חזרות שכל אחת כללה שלוש ערוגות צמודות באורך של 50 מטר. ערוגה אחת לא מטופלת צמודה לחלקות הטיפול שימשה כביקורת. כחודש וחצי לאחר מעבר המכונה הושקה השדה בשיעור של  $50 \text{ m}^3/\text{du}$ .

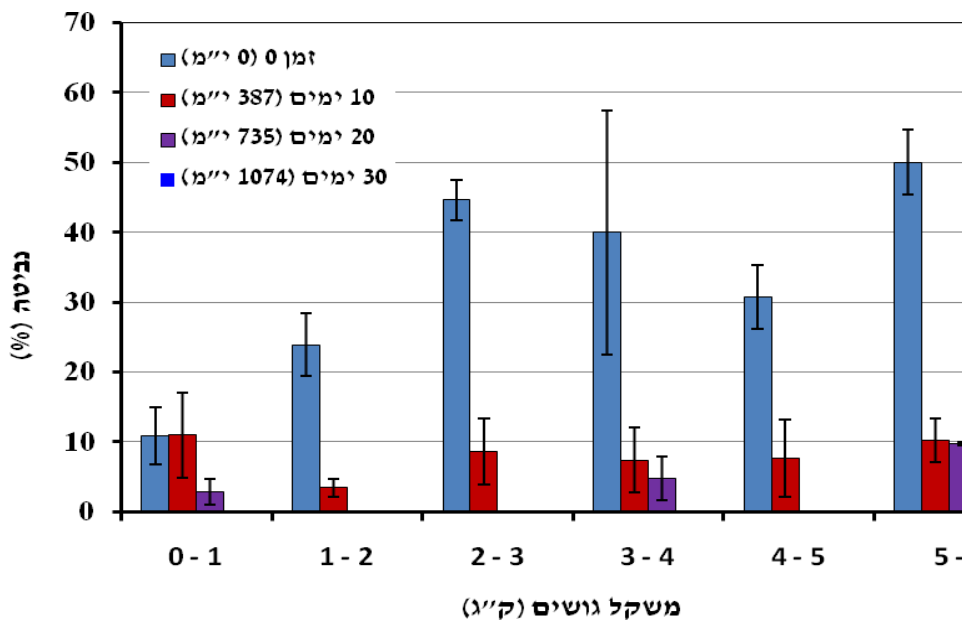
**ברור חיל -** הניסוי בוצע על כרב גזר ב- 8.8.11, נבחנה יעילות המכונה במעבר אחד בשטח לעומת שני מעברים עיבודים ברצף כשהמעבר השני בוצע ב- 8.9.11. הניסוי בוצע במבנה של בולקים באקראי בארבע חזרות. כל חלקת ניסוי כללה שלוש ערוגות צמודות באורך של 62 מטר. שלוש ערוגות צמודות לא מטופלות שמשו כביקורת צמודה לכל הטיפולים. כחודש לאחר המעבר השני הושקה השדה בשיעור של  $50 \text{ m}^3/\text{du}$ .

בכל הניסויים, למעט הניסוי בגבעת השלושה, נחפרו, מיד לאחר מעבר המכונה, ארבעה בורות בגודל של 1 מ"ר ובעומק חדירת המכונה (עומק חיתוך הסכין). הבורות מולאו במים בשיעור אקוויוולנטי ל-  $50 \text{ m}^3/\text{du}$ . כעבור שלושה שבועות נספרו גבעולי הגומא שהגוחו בבורות במטרה לבדוק האם העומק אליו חדרה המכונה הגיע לעומק המרבי שמתחת לו לא נמצאות פקעות גומא.

איור 1: הזמן הממוצע החולף בין תחילת השקיה והצצת גבעולי הגומא מעל הקרקע, נוח יער 2011



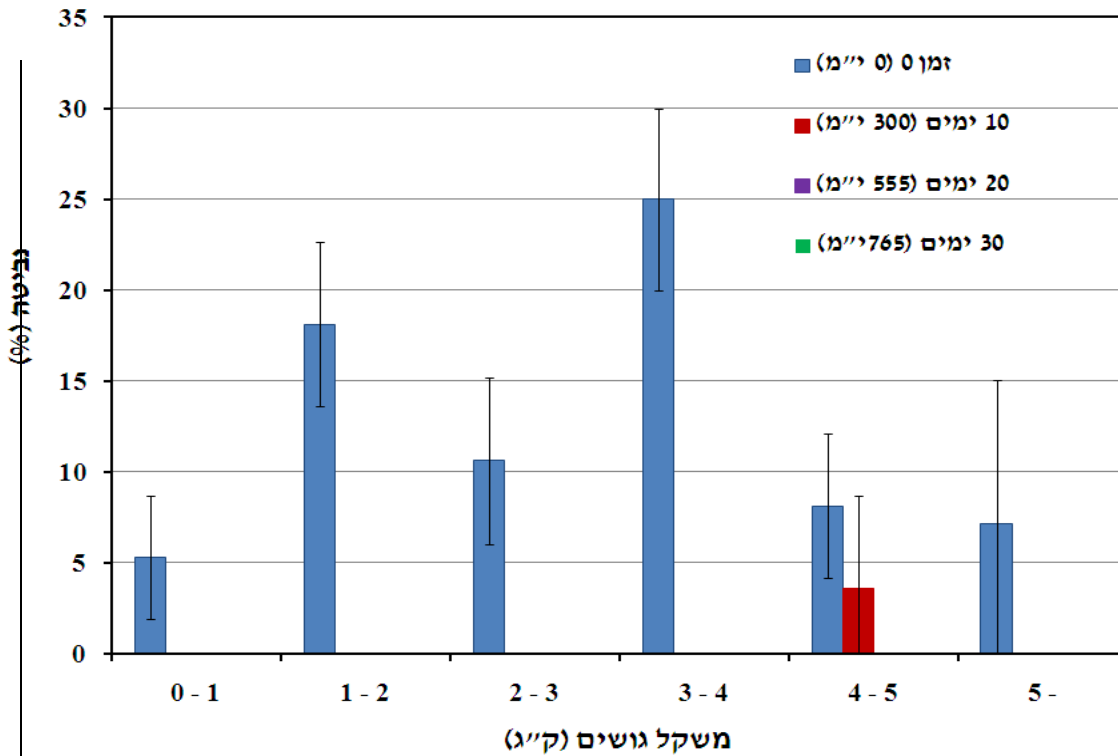
איור 2א: יכולת הבלבוב של פקעות גומא הפקעים שהיו כלואות בגושי אדמה בגדלים שונים לאחר יבוש בשטח, צופית 2011



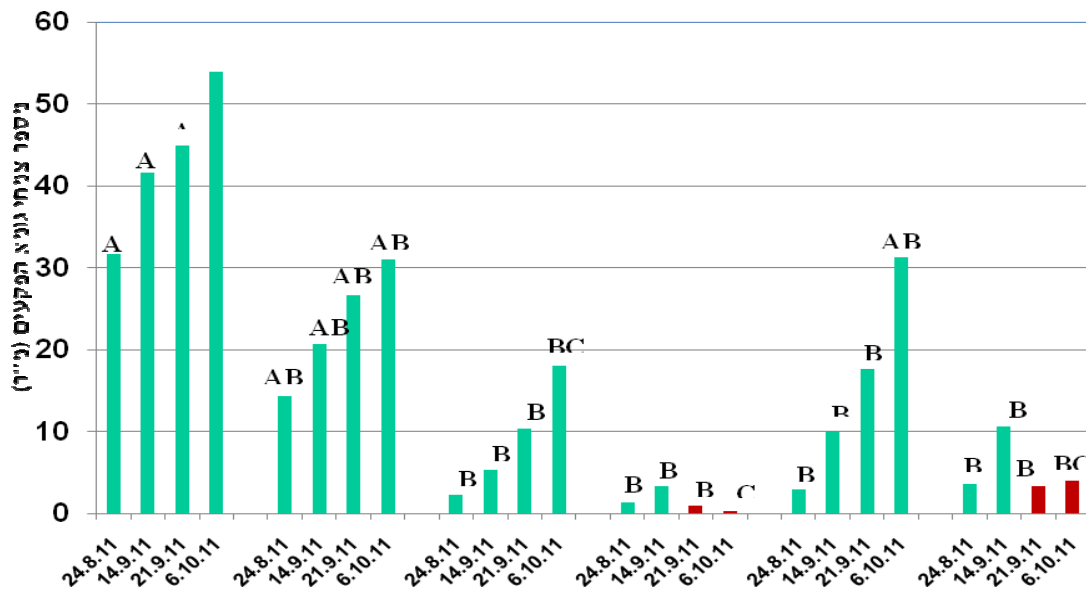
רגבי אדמה במשקלים שונים נאספו במרווחי זמן של 10 ימים משדה בו הופעלה המכונה. פקעות הגומא הוצאו מהרגבים ויכולתם לנבוט נבדקה בתנאי מעבדה. במקרא ניתנים גם כמות ימי מעלה (י"מ).



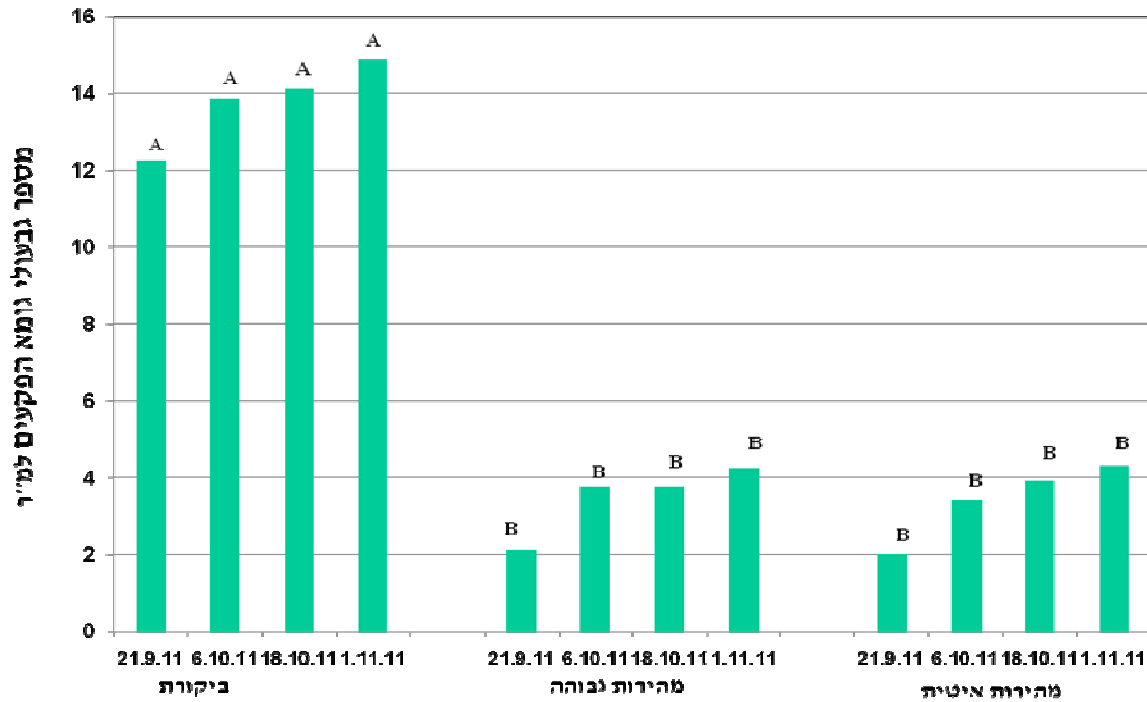
איור 2: יכולת הבלבוב של פקעות גומא הפקעים שהיו כלואות בגושי אדמה בגדלים שונים לאחר יבוש בשטח, בארות יצחק 2011



איור 3: יעילות הדברת גומא הפקעים על ידי המכונה, כיסוי פלסטיק וראונדאפ, גבעת השלושה 2011

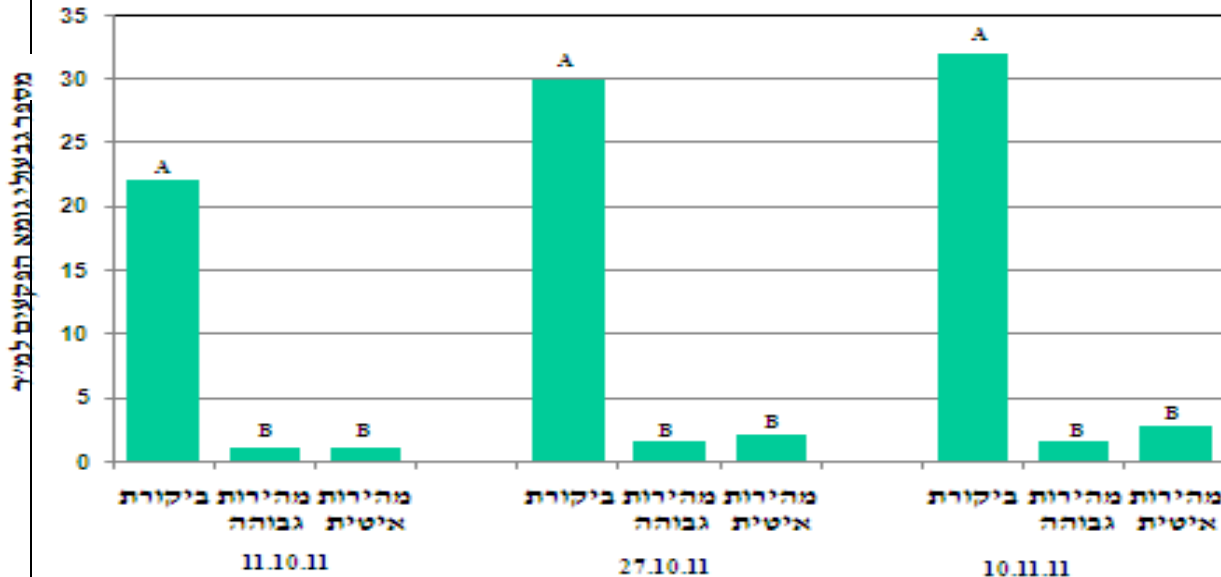


איור 4: יעילות הדברת גומא הפקעים על ידי המכונה במהירויות שונות, בארות יצחק 2011



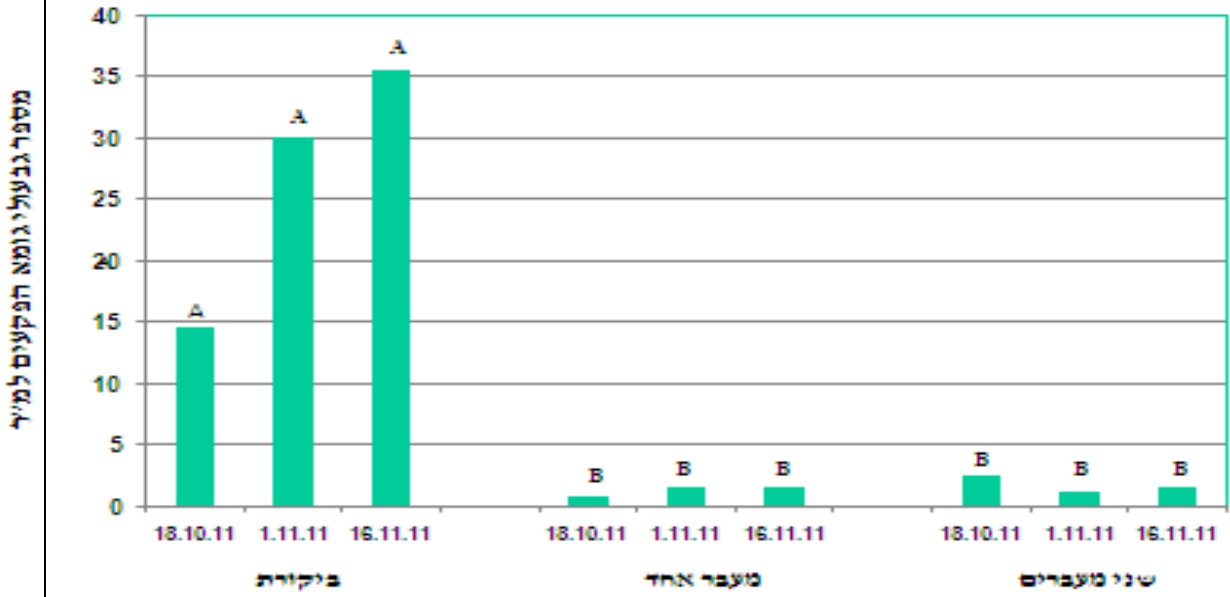
המכונה עיבדה את שטח הניסוי ב- 21.7.11. השדה תוחח והושקה ב- 10.9.11. נבחנו מהירות נמוכה (1.2 קמ"ש) וגבוהה (1.8 קמ"ש) של הטרקטור.

איור 5: יעילות הדברת גומא הפקעים על ידי המכונה במהירויות שונות, עין המפרץ 2011.



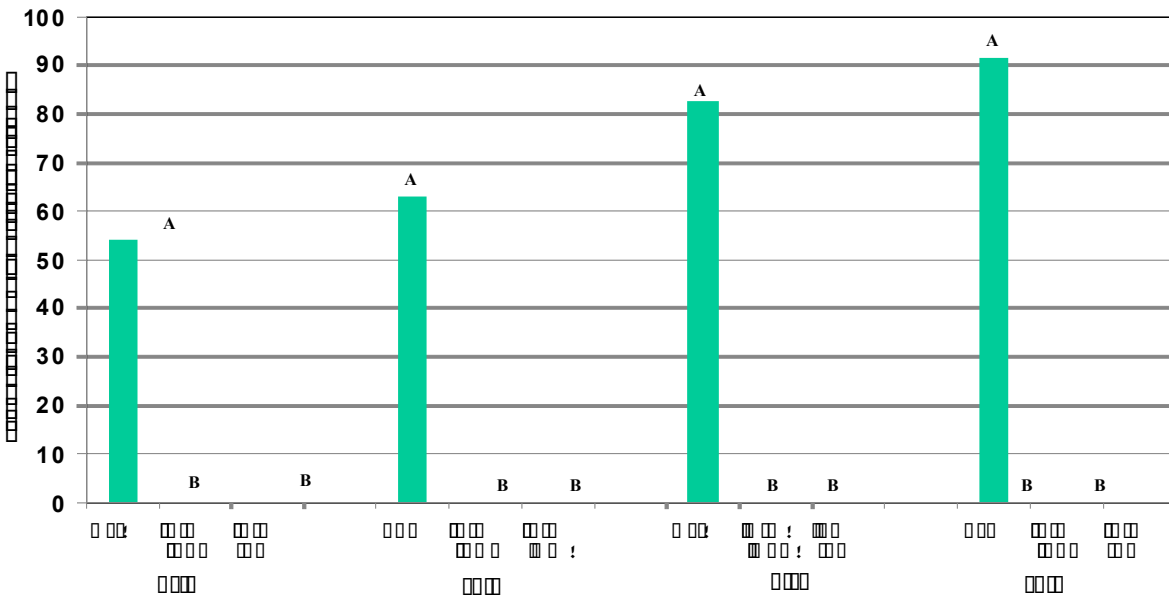
המכונה עיבדה את שטח הניסוי ב- 2.8.11. השדה תוחח והושקה ב- 17.9.11. נבחנו מהירות נמוכה (1.2 קמ"ש) וגבוהה (1.8 קמ"ש) של הטרקטור.

איור 6: יעילות הדברת גומא הפקעים על ידי המכונה בשני מעברים, ברור חיל, 2011.



המכונה עיבדה את שטח הניסוי ב- 8.8.11. המעבר השני בוצע ב- 8.9.11. השדה תוחח והושקה ב- 9.10.11.

איור 7: יעילות הדברת גומא הפקעים על ידי המכונה במהירויות שונות, חוות עכו 2011



המכונה עיבדה את שטח הניסוי ב- 4.8.11. השדה תוחח והושקה ב- 22.9.11.

## ניסויים בשדה ורבורג

שני הניסויים שהועמדו בשדה ורבורג לא הגיעו לכלל סיום. שטחי הניסוי שהיו לקראת הערכה ראשונה עובדו בטעות על ידי החקלאי ולא ניתן היה להמשיך ולבצע בהם מדידות מסודרות.

### דיון

רעיון הפעלת המכונה להדברת גומא הפקעים היה מבוסס על סדרת פעולות: הפעלת המכונה, המתנה לצורך יבוש הפקעות, תיחוח והשקיה להנבטת הפקעות שונתרו חיוניות בקרקע, ספירת גבעולי הגומא לקביעת יעילות ההדברה. שתי שאלות שהיה צורך לתת להן מענה היו: א. משך הזמן שיש להמתין מהפעלת המכונה עד לייבוש מקסימאלי של הפקעות ב. משך הזמן שיש להמתין לאחר ההשקיה כדי שמספר גבעולי גומא הפקעים המציצים מעל הקרקע ייצגו את מספר פקעות גומא הפקעים שונתרו חיוניות בקרקע. כדי לענות על שאלות אלה בוצעו הניסויים הבאים:

### ניסוי דליים לקביעת משך זמן ההמתנה לאחר ההשקיה עד לקביעת מספר פקעות גומא הפקעים החיוניות

#### בקרקע

ניסוי זה נועד לקבוע את מרווח הזמן בין מועד הפעלת המכונה וביצוע ספירת גבעולי גומא הפקעים כמייצגים את מספר הפקעות שונתרו פעילות בקרקע. התוצאות (איור 1) מצביעות על כך שמספר הגבעולים מעל פני הקרקע מייצגים את מספר הפקעות החיוניות בקרקע לאחר שבועיים, וזאת בין אם הפקעות שהו בעומק של 0, 10, 20 או 30 ס"מ. מועד זה של שבועיים היה המועד בו ביצענו את התצפית הראשונה בכל ניסויי השדה לקביעת רמת יעילות ההדברה של גומא הפקעים במונחים של פקעות חיוניות בקרקע.

### ניסוי שדה לקביעת משך זמן הייבוש האופטימאלי של הפקעות בשדה

בוצעו שני ניסויים, האחד באדמה כבדה בבארות יצחק והשני בצופית באדמה קלה. התוצאות שהתקבלו מצביעות על כך שפקעות גומא הפקעים הכלואות בתוך גושי אדמה השוקלים אף יותר מ- 5 ק"ג, מאבדות את חיוניותן לאחר כחודש ימים של שהיה בשדה (איורים 2א, 2ב). תקופת זמן זו שוות ערך ל- 1000 ימי מעלה. תוצאה זו מאפשרת להפעיל את המכונה בכל אתר ללא תלות במועדים כרונולוגיים אלא בכמות החום שמצטברת בשדה הנתון.

### יצירת חיץ בין פקעות הגומא ופני הקרקע

תצפית זו נבחנה ברמה איכותית בלבד. מספר חודשים לאחר פריסת חיץ הפלסטיק נחפרו מספר קטעים ונבחנה מידת החדירה של הפלסטיק על ידי גבעולי הגומא. עובי הפלסטיק הדק של 30 מיקרון נחדר בקלות על ידי גבעולי הגומא אך הפלסטיק העבה יותר בעובי של 150 מיקרון לא נחדר כלל על ידי הגבעולים. תוצאות אלה פותחות פתח נוסף לשיפור מערכת ההדברה הפיזיקלית של גומא הפקעים.

### ניסויי שדה לקביעת מידת יעילות המכונה בהדברת גומא הפקעים

#### גבעת השלושה

הניסוי בגבעת השלושה שילב טיפולי מכונה, כיסוי בפלסטיק שחור וישום קוטל העשבים ראונדאפ. התצפיות נערכו כשנה לאחר מעבר המכונה וכיסוי בפלסטיק שחור. לא היה הבדל בין הביקורת בכל המועדים שנדגמו לבין הטיפול במכונה. היה הבדל מובהק בין טיפולי המכונה שכוסו בפלסטיק והביקורת. כיסוי בפלסטיק שחור בלבד היה יעיל בהפחתת השיבוש בגומא בשלושת התצפיות הראשונות. לא היה הבדל ביעילות ההדברה

של שילוב של מכונה + כיסוי פלסטיק + ראונדאפ לבין כיסוי פלסטיק + ראונדאפ. שני טיפולים אלה היו יעילים במיוחד ולמעשה הפחיתו כמעט לגמרי את השיבוש בגומא הפקעים (איור 3)..

### **בארות יצחק**

שבועיים לאחר תחילת ההשקיה הוריד הטיפול במכונה את השיבוש בגומא הפקעים ב- 84%. חודש ושלושה שבועות לאחר תחילת ההשקיה היה השיבוש בחלקות הטיפול ברמה של 30% מזו של חלקות הביקורת. לא היה הבדל ביעילות ההדברה בין מהירות נסיעה איטית (1.2 קמ"ש) או מהירה (1.8 קמ"ש) של המכונה בשטח (איור 4).

### **עין המפרץ**

שבעה שבועות לאחר תחילת ההשקיה של שטח הניסוי נספרו בחלקות הביקורת 32 גבעולי גומא למ"ר בעוד שבחלקות הטיפול היו רק 2-3 גבעולים. שיעור הדברה של כ- 95%. לא היה הבדל מובהק בשיעור ההדברה בתנועה איטית או מהירה של המכונה, 1.2 או 1.8 קמ"ש (איור 5).

### **ברור חיל**

שיעורי ההדברה בברור חיל דומים מאד לאלה שהתקבלו בעין המפרץ. תופעה מעניינת היא שהשיבוש בגומא הפקעים הלך וגבר עם חלוף הזמן בעוד שבחלקות הטיפול נשארה רמת השיבוש נמוכה מאד וקבועה. לא היה הבדל מובהק בשיבוש בגומא הפקעים בין טיפול של מעבר אחד של המכונה או שני מעברים בהפרש של חודש זה מזה (איור 6).

### **חוות עכו**

הניסוי בחוות עכו הניב את התוצאות הדרמטיות ביותר. חודשיים לאחר תחילת ההשקיה הגיעה רמת השיבוש בחלקות הביקורת ל- 90 גבעולי גומא למ"ר. בכל חלקות הטיפול לא נמצא ולו גבעול גומא פקעים אחד. הדברה של 100% בשדה שרמת השיבוש בו היתה גבוהה ביותר ובאדמה כבדה מאד. שיעור הצלחה מדהים זה הושג בין אם המכונה נעה במהירות נמוכה או גבוהה (איור 7).

### **סיכום ומסקנות**

פרויקט זה הניב תוצאות מעל לאלה שציפינו להן בתחילת הפרויקט. בחמישה ניסויי שדה ברחבי הארץ ובתנאים שונים הושגה הדברה כמעט מוחלטת של העשב באמצעות העיבוד המכאני. לאור קצב הריבוי הגבוה של עשב זה, התוצאות שהושגו הן מעל ומעבר למצופה. למהירות העיבוד (עד ל 1.8 קמ"ש) לא הייתה השפעה על התוצאות.

המחתר עובד עבודה קשה ביותר אשר שוחקת מנגנונים מכאניים של המכונה. כדי שמכונה כזו תהיה כדאית להפעלה, יש לתכנן אותה לעבודה קשה מסוג זה על-פי הניסיון שהצטבר. רצוי יהיה לבדוק מפתחים שונים בין מוטות מסועי הברוקמה של המכונה כדי לאפשר זירוז סינון שכבת הקרקע ובכך להקל מהעומס שעל המסועים ולאפשר עבודה מהירה יותר.

עיבוד קרקע מקדים (פרה-פלאו) חשוב ביותר והכרחי להצלחת פעולת המחתר. רצוי לעבד את הקרקע כאשר תכולת הרטיבות שלה כזו שיוצרת רגבים גדולים בעת העיבוד המקדים. רגבים גדולים מאפשרים פתיחת הקרקע למעבר אוויר חם אל השכבות העמוקות יותר וייבוש מהיר ויעיל יותר של פקעות הגומא. הרגבים עצמם אינם מהווים בעייה מבחינת "שימור" הפקעות שבתוכם שכן הוכח שהן מתייבשות ומתות.

המחותר אשר פותח הוא כלי גדול יחסית. רצוי לערוך ניסוי בכלי קצר בו יש רק מסוע אחד (פיק-אפ) בעל מרווחים גדולים יותר בין המוטות. ייתכן ועיבוד כזה יספיק גם כן לקטילת הגומא. הרושם המתקבל הוא שעיבוד הקרקע לעומק של 40 ס"מ מספיק ברוב המקרים. בנוסף, כיסוי פלסטיק שחור הראה פוטנציאל גבוה גם הוא בהדברת העשב (ראה גם דוח משנה ראשונה) אך מגרעתו היא משך הכיסוי הארוך הנדרש להשגת תוצאות מספקות ועלות הטיפול. השילוב של קוטל העשבים ראונדאפ והמכונה או כיסוי פלסטיק הראו אפקט סינרגיסטי שכדאי, ככל הנראה, להמשיך ולפתח. כל התוצאות שהושגו במהלך פרויקט זה נמדדו בטווחי זמן קצרים של כחודשיים-שלושה. התוצאות בטווח ארוך מעניינות וחשובות ביותר מבחינה חקלאית שכן הן תקבענה את מרווח הזמן הנדרש להפעלת המכונה בשדה החקלאי. האם יש להפעילה מדי שנה או ניתן לפתוח מרווחי זמן גדולים יותר בין ההפעלות. שאלות אלה תיבדקנה בתוכניות המשך.