

# פעילות הרביצידית של משטחים והישארותם בקרקע

מאת מנשה הורוביץ, המחלקה לחקר עשבים רעים, נוה-יער, מינהל המחקר החקלאי\*

נערכו ניסויים עם מספר משטחים מסחריים המשמשים כתוספת לקוטלי-עשבים בריסוס עלווה (משטחים נוניוניים - אגרל, ביופילם, די-קס, ציטוט, תפ, וכן, "אמה" שהוא אניוני, וטרוניק - שהוא תערובת מינים יוניים), כדי לברר את ההשפעות הבלתי-מכוונות מיישומם בשיעור ניכר. בניסוי נביטה עם סורגום היו עיכובים משמעותיים בהתארכות השרשונים ב-10 חלקי-מיליון. בתמיסה מימית, נפגמה הצמיחה ונבלה העלוה של צמחי סורגום צעירים, עם 500 חלקי-מיליון משטח. כאשר המשטחים עורבבו בקרקע - נפגעו ההצצה והצמיחה של חרדל. הפיטוטוכסיות היתה חזקה יותר באדמות דלות בחרסית ובחומר אורגני; באדמת חול-לאס הופיעו סימני פגיעה ממשטחים מסוימים - כבר ב-100 חלקי-מיליון. מספר משטחים נוניוניים, מן המקובלים בחקלאות, נמצאו שאריתיים מאוד; אובחנה פיטוטוכסיות ניכרת באדמות מטופלות במשטחים - כשנה אחר יישומם.

## מבוא

במספר טיפולים להדברת עשבים מומלץ להוסיף משטח לתכשיר, כדי להשיג תוצאות הדברה אופטי-מליות מהריסוס. מסיבות שונות אין התוארית המש-זקת של התכשיר מכילה את כל המשטחים הדרו-שים לקבלת מלוא הפעילות, ולכן יש להוסיף משטח לתרסיס. מבין התכשירים המומלצים לריסוס עם משטחים, והמיושמים על שטחים נרחבים בארץ, נציין למשל דוקטלון להדברה כללית, אואנג' להד-ברת שיבולת-שועל נפוצה בחיטה, או דיאורקס המיועד לריסוס עלוותי על עשבים שהציצו בתוך כותנה. השימוש הכולל במשטחים בארץ - הולך וגדל, ולדוגמאות שהובאו לעיל אפשר להוסיף קוטלי-עשבים אחרים, קוטלי-חרקים וקוטלי-פטריות, וכן תמיסות מזון לריסוס עלוותי. עד כה התייחסו למשטח, בדרך-כלל, כתוספת המגבירה את הפעילות של הטיפול, והניחו שאין לו השפעות צדדיות. אולם, נוכח היקף השימוש, מן הראוי לבחון את העניין באופן ניסויי.

התחלנו בסדרה של בדיקות שיטתיות בדבר פעי-לות המשטחים השונים הנמצאים בשימוש אצלנו, כתוספת לריסוס עלוותי בקוטלי-עשבים. בזה תוצאות מהשפעת המשטחים על הנביטה ועל התפתחות צמחים ביישום דרך השרשים בתמיסה, וכן מהתנהגותם בקרקע.

## תנאי הניסויים

השתמשנו במשטחים הבאים: אגרל (= שטח), ביו-פילם, די-קס, ציטוט, תפ - שהם מטיפוס נוניוני; "אמה" - שהוא מטיפוס אניוני; וטרוניק - שהוא תערובת של טיפוסים: אניוני, קטיוני ונוניוני. לצורך הכנת הריכוזים נחשב כל חומר, כפי שהוא משווק, כ-100%.

א. השפעה על הנביטה. הבדיקה נעשתה עם זרעי

סורגום (הזן "הזרע 6078") בצלחות פטרי, לפי השיטה הבאה: עשרה זרעים מונבטים (אחרי 24 שעות) הונחו על גבי פד של נייר פילטר שהורטב ב-5 מ"ל מהתמיסה העומדת למבחן (במים) או של מים בלבד כהיקש. כעבור יומיים באינקובטור חשוך ב-25 מ"צ בערך, נמדד אורך השרשונים והנצרונים. מכיון שתגובת השרשונים רגישה יותר מזו של הנצרונים - נמסרו כאן רק נתוני השרשונים. מכל טיפול הוכנו 4 חזרות; הערכים הממוצעים בוטאו באחוז מההיקש המתאים.

ב. השפעה על הצמיחה. בדיקה זו אף היא נעשתה עם צמחי סורגום מאותו זן, לפי השיטה הבאה: צמחי סורגום עם שני עלים (שנבטו וגדלו על גזה שהורטבה במי-ברז) הושמו בגביעים באופן שהוחזקו זקופים בעזרת ספוג פלסטיק ושרשיהם טובלים בת-מיסה העומדת למבחן, או במים בלבד כהיקש. הושמו ששה צמחים בגביע, ומכל טיפול הוכנו 4 חזרות. הצמחים הוצבו בתא-גידול עם תאורה מלאכותית במשך 14 שעות ליממה וטמפרטורה קבועה של 25 מ"צ. כעבור מספר ימים, עם הופעת סימני פגיעה בעלים בטיפולים אחדים - נשקלו הצמחים, ומשקלם בוטא באחוז מההיקש המתאים. יצוין, שב-צמחי ההיקש, שגדלו על מי-ברז בלבד, הצמיחה היתה תקינה גם לאחר 2-3 שבועות, ללא אוורור. ג. התנהגות בקרקע. כמויות מסוימות של משטח בתוך מים עורבבו בקרקע כדי להוות סדרות של ריכוזים, שבוטאו במ"ל משטח לק"ג אדמה. אדמה מוכנה הוכנסה לתוך גביעי פלסטיק של 150 מ"ל, עם חורי ניקוז בתחתית, ונזרעה בחרדל שחור כצמח-בוחן להערכת הפעילות ההרביצידית. נערכו 3 ניסויים, ובהם נוסו שלוש אדמות: אדמה חרסי-תית של נוה-יער (70% חרסית, 1.9% חומר אורגני), חול-חמרה של כפר-יונה (4% חרסית, 1% חומר אורגני), וחול-לאס של הבשור (6% חרסית, 0.4% חומר אורגני). בכל סדרה של משטחים הוספנו אדמה בלתי מטופלת כהיקש. תצפיות חזותיות נעשו על צמיחת החרדל. לאחר תקופת גידול של 2-3

מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1977, מס' 1901.

שבועות נקצר החלק העל-קרקעי, וכעבור זמן-מה שוב נזרע חרדל זריעה חוזרת, להערכת הישארות הפעילות; ובאופן דומה — בהמשך.

ניסוי א' נעשה עם אדמת כפר-יונה. המשטחים הוכנו בריכוז של 0.1% ו-1% (= 10 מ"ל משטח לק"ג אדמה); כל טיפול הוכן בחמש חזרות. ניסוי ב' נעשה עם אדמות כפר-יונה ונוה-יער. כל משטח הוכן ב-1%; כל טיפול הוכן בשלוש חזרות. ניסוי ג' נעשה עם אדמות הבשור ונוה-יער, עם שלושה ריכוזים של משטח: 0.001%, 0.01%, 0.1% (= 0.01, 0.1 מ"ל לק"ג אדמה); היו חמש חזרות לכל טיפול. הניסויים א' וג' הוצבו בבית-הזכוכית מתחילתם. ניסוי ב' הוצב במשך 6 החדשים הראשונים בתאגידול עם 25 מ"צ, ואחר-כך בבית-זכוכית. השקיות ניתנו לפי הצורך. מועדי ההכנה המקוריים היו (בשנת 1976): ניסוי א' — 5/1, ניסוי ב' — 19/1, ניסוי ג' — 26/2. מאז נעשו מספר זריעות חוזרות, והניסוי נמשך עד להתאריך כתיבת המאמר; כשנה לאחר יישום המשטחים — עדיין נרשמת פעילות בטיפולים מסוימים.

## תוצאות

### א. השפעת המשטחים על הנביטה

בניסוי אחד נבחנה ההשפעה על הנביטה, מצד מספר משטחים בתמיסה מימית, בסדרת ריכוזים מ-0.001% עד 1% (כלומר, מ-0.01 ל-10 מ"ל משטח לליטר מים, או מ-10 ל-10,000 חלקי-מיליון). בניסוי אחר, במתכונת דומה, נבחנה ההשפעה של שני קוטלי-עשבים על הנביטה; בניסוי זה נבדקה סדרה של ריכוזים של התכשירים סימנס (המכיל 50% סימאזין) וסנקור (המכיל 70% מטרובוזין) במים. המדד להשפעה היה ההתארכות היחסית של שרשוני זרעי סורגום, וחלק מהתוצאות רוכזו בטבלה 1.

**טבלה 1:** השפעה של תכשירי סימזין ומטרובוזין, ומשטחים אחרים, בסידרה של ריכוזים, על נביטת סורגום.

התארכות השרשון ב-% מהיקש*						
ריכוז ** (%)	סימנס	סנקור	אגרל	די-קס	ציטוט	תפ
1	-	-	18	4	12	8
0.1	11	115	27	8	13	28
0.01	83	82	49	42	36	32
0.001	93	89	94	55	83	41

\* הפרש מובהק 5% = 34.

\*\* ריכוז המשטח או התכשיר במים; 1% = 10,000 חלקי מיליון = 10 גרם או מ"ל לליטר מים. אורך השרשון לאחר יומיים של אינקובציה.

נמצא שאפילו בריכוז המועט ביותר שנוסה — 10 ח"מ — פגעו המשטחים די-קס ותפ בנביטה באופן חמור. בריכוז של 0.1% (הריכוז המינימלי המומלץ כתוספת לקוטלי עשבים) כל ששת המשטחים שנוסו פגעו קשות בנביטה. להלן דירוג המשטחים לפי עצמת פגיעה פוחתת (בסוגריים נמסר הריכוז שגרם הפחתת אורך השרשון ב-50% בערך): תפ (קצת פחות מ-0.001%), די-קס (קצת יותר מ-0.001%), ציטוט (בין 0.001% ל-0.01%), אגרל (0.01%), ביופילם (0.1%), טרוניק (בין 0.1% ל-1%).

נבדקה תגובת נביטת זרעי סורגום לקוטלי-עשבים, כדי לאפשר השוואה בין השפעת המשטחים לבין זו של תואריות מסחריות של תכשירים שאינם פועלים במישרין על הנביטה (סימזין ומטרובוזין פועלים על ההטמעה בשלב מאוחר יותר, ואינם פעילים ביותר נגד סורגום). נמצא, שסנקור לא פגע בנביטה אף ב-0.1%, וסימנס אמנם פגע ב-0.1% — אבל לא בריכוזים קטנים יותר. נראה, שכל המשטחים חוץ מטרוניק פגעו בנביטה בריכוזים הרבה יותר קטנים משעשו זאת סימאזין או מטרובוזין.

### ב. השפעת המשטחים על הצמיחה

בניסוי הקדמי הוצבו צמחי סורגום צעירים כשרשיהם בתמיסה מימית של דיאורקס (80% דיאורין) או סימנס (50% סימאזין) בריכוזים מ-0.125% עד ל-1%, עם משטח אגרל ב-0.5% או בלעדיו. משקל העלווה לאחר שבועיים של צמיחה, בתנאים אלו, ניתן בטבלה 2.

**טבלה 2:** השפעה של תכשירי דיאורין וסימזין עם ובלי משטח אגרל בתמיסה מימית מיושמת לשורשים, על צמיחת סורגום.

משקל העלווה ב-% מההיקש*				
ריכוז התכשיר ** (%)		דיאורקס		סימנס
בלי משטח	+אגרל	בלי משטח	+אגרל	בלי משטח
0	100	40	100	40
0.125	100	44	89	35
0.25	85	51	93	30
0.50	55	51	83	41
1.00	40	49	90	51

\* הפרש מובהק 5%-18.

\*\* ריכוז התכשיר ± משטח אגרל ב-0.5% במים; שקילה לאחר שבועיים גידול בתמיסות.

הפיטוטוכסית. השיטה שנקטנו היתה דומה לזו שפותח חה בשביל קוטלי-עשבים חדשים, כאשר מתכוונים להעריך את פעילותם לאחר יישום קדם-זריעה או קדם-הצצה וכן את הישארותם בקרקע.

רוב טיפולי המשטחים פגעו בצמיחת החרדל, פגיעה שהתבטאה באי-הצצה במקרה קיצוני, או בצמיחה פגומה כמצב פחות חריף. לעתים הופיעו סימני פגיעה מיוחדים; למשל: אגרל — צמחים קצרים יותר, בעלי גוון אדמדם; אמה — צמיחה מוארכת, צריבות בעלים; ביופילם — עיכוב צמיחה, הצהבה וקצות העלים צרובים; דייקס, ציטוט — צמחים קצרים, שוליים צהובים; טרוניק, תפ — צמחים קצרים, כתמים צהובים בעלים.

#### 1. השפעת תכונות הקרקע על הפעילות

ניסוי א' נעשה באדמת חול-חמרה של כפרי-יונה. בשני הניסויים ב' וג' הושו וזוגות של אדמות בעלות כושר ספיחה שונה: אדמה חרסיתית של נוה-יער לעומת חול-לאס של הבשור; אדמת נוה-יער לעומת אדמות כפרי-יונה. התוצאות מצביעות על כך, שבי-אדמה הקלה הפעילות בדרדל-כלל חזקה יותר מבאדמה חרסיתית, בדומה לתופעה הידועה לגבי חמרי הדברה בקרקע.

בניסוי ג' באדמת הבשור (התוצאות לא פורטו בטבלאות) נרשמה פגיעה מ-0.1 מ"ל משטח לק"ג אדמה (= 100 חלקי-מיליון) מציטוט ומתפ. מ"ל אחד לק"ג אדמה גרם פגיעה ניכרת גם של אמה, אגרל ודייקס. טיפולים אלו פגעו פחות באדמת נוה-יער. בניסוי זה היה המשטח ציטוט הפיטוטוכסי ביותר: מ"ל אחד לק"ג אדמה מנע כל הצצה בקרקע הבשור ופגע חזק בקרקע נוה-יער.

טבלה 4: פעילות הרביצידית של משטחים בקרקעות כפר יונה ונוה-יער. הערכת הפעילות על פי תגובת חרדל בזריעות חוזרות.

המשטח	אדמת כפר-יונה						אדמת נוה-יער					
	פעילות הרביצידית*						פעילות הרביצידית*					
	אחרי שבועות						אחרי שבועות					
	0	18	48	0	18	48	0	18	48	0	18	48
אמא	5.0	0	0.3	5.0	0	0.3	5.0	0	0.3	5.0	0	0.3
אגרל	5.0	4.4	4.4	5.0	4.4	4.4	5.0	3.0	4.1	5.0	3.0	4.1
ביופילם	4.0	4.7	4.7	4.0	4.7	4.7	4.0	1.4	0.3	4.0	1.4	0.3
דייקס	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	1.0	1.0	5.0	1.0	1.0
טרוניק	5.0	4.5	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8
ציטוט	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7	4.8	5.0	4.7	4.8
תפ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
הייקס	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

\* ריכוז התחלתי 10 מ"ל משטח לק"ג אדמה, הערכה ע"י תצפיות חזותיות מ-0 (= אין פגיעה) ל-5 (= אין הצצה או קטילה מוחלטת).

נמצא, שסימנס עד 1% לא השפיע על צמיחת הסורגום, אבל דיאורקס השפיע בריכוז מעל ל-0.5%. בנוכחות המשטח אגרל נפגעה הצמיחה בכל הטיפולים: צמחי הסורגום האדימו ונטו לנבול. בעקבות הניסוי הנ"ל, שהצביע על פעילות חריפה של משטח דרך השרשים, נערך ניסוי במתכונת דומה, ובו נבחנו מספר משטחים בתמיסה מימית (במי-ברז), בריכוז של 0.1%, 0.05%, ו-0.5%. משקל עלות הסורגום לאחר שבוע של צמיחה, כאשר השרשים טובלים בתמיסות הנ"ל, ניתן בטבלה 3;

טבלה 3: השפעת משטחים בתמיסה מימית מיושמת לשורשים, על צמיחת סורגום.

מ ש ט ח	משקל העלווה ב-% מההיקש*		
	בריכוז המשטח, ב-%		
	0.5	0.1	0.05
אגרל	91	66	50
אמא	17	15	18
ביופילם	78	73	28
דייקס	58	48	18
טרוניק	30	10	11
ציטוט	60	38	18
תפ	37	19	11

\* הפרש מובהק 5%-15%; שקילה לאחר שבוע גידול בתמיסות.

שים לב! בטבלה זו ובטבלה 4, במקום „אמא” צ"ל „אמה” (במרכאות!).

במשך תקופה זו היו שרשי צמחי ההיקש טבולים, בתנאים דומים, במי-ברז בלבד, והתפתחותם נראתה תקינה. כעבור יומיים כבר הופיעו בעלים סימני פגיעה, בטיפולים מסוימים, והם הלכו והחריפו במ-רוצת הזמן, במקביל להתקדמות הנביטה. הסימנים היו ספציפיים למדי למשטחים השונים: אגרל — האדמה עלים; „אמה” — סלסול וכתמים חומים בעלים; ביופילם — כתמי חלודה קטנים; דייקס — עלים נבולים, מסולסלים וחומים; טרוניק — נביטה ירוקה-חומה; ציטוט — נביטה ירוקה, תפ — נביטה חומה-אדומה. מכיון שסימני הפגיעה היו שונים — יש להניח שהתהליכים שגרמו למשטחים יצוין, שכל המשטחים פגעו בצמיחה, ובריכוז הרב היתה העלווה נבולה לגמרי ברוב המשטחים. אגרל וביופילם היו פחות חריפים, ולעומתם היו תפ, טרוניק, ואמה חריפים מאוד.

ג. פעילות המשטחים בקרקע בשלושה ניסויים נפרדים יישמו משטחים באדמות שונות ונורע בהן חרדל כצמח-בוץ להערכת פעילותם.



התברר, שברישותם שבהם נמצאים המשטחים בתר-  
סיס במכל הריסוס הם פוגעים קשות בגביה —  
אם החומר אכן יגיע לזרע, ובצמיחה — אם הוא  
יגיע לשרשים בתוך תמיסת הקרקע. הניסויים נעשו  
בשלב זה רק בסורגום, שהוא אמנם עמיד להרבה  
קוטלי-עשבים.

כיום מומלץ להוסיף משטח רק לריסוסים על-פני  
העלווה (פוסט). רק חלק מהחומר המרוסס על  
העלווה יגיע לקרקע, ורק חלק קטן ממנו יחדור  
לזרעים הנובטים או לשרשי הצמחים.

יש להדגיש, שבשדות שרוססו בקוטלי-עשבים בתו-  
ספת משטח — לא נתגלה עד כה אף מקרה אחד  
של פגיעה בגידול המרוסס או בגידולים שבאו  
אחר-כך, שאפשר לייחסה למשטח.

נראה לנו, שבשימוש במשטחים כפי שהוא נעשה  
כעת — אין סכנה ישירה ומיידית. אולם המדאיג  
הוא, שהמשטחים הנפוצים כיום כמשק הם שאריתיים  
מאוד בקרקע; כלומר, הם עלולים להצטבר בקרקע  
במרוצת הזמן עד לרמה שבה נשקפת סכנה לגידול  
לים. התנהגות המשטחים בקרקע דומה, בקוויה  
הכלליים, לזו של קוטלי-העשבים, והפעילות עלולה  
להיות חזקה יותר ככל שכושר הספיחה של הקרקע  
פחות — בייחוד באדמות הקלות.

המשטחים הנמצאים כיום בשימוש בחקלאות שיי-  
כים לקבוצה של „חמרים פעילי-שטח נוניוניים בלתי-  
מתפרקים“. דטרגנטים מקבוצה זו נמצאים בשימוש  
בתעשייה, ומופיעים בריכוזים לא מבטלים בתוך  
מיי-הביוג גם אחר טיהורם (ד"ר נאווה נרקיס מה-  
פקולטה להנדסה סביבתית של הטכניון מצאה בקולחי  
חיפה כ-10 מיליון דטרגנטים נוניוניים בלתי מתפר-  
קים). עם הרחבת הניצול של קולחים להשקיה חקל-  
אית — עלולים דטרגנטים אלו להתווסף במרוצת  
הזמן למשטחים מהריסוסים. לכן יש להתייחס לבעיה  
ברצינות, ולמנוע בעוד מועד סכנות פוטנציאליות.

בניסוי ב' (טבלה 4) נוסה רק ריכוז על 10 מ"ל  
לק"ג אדמה (= 1%). באדמת כפר-יונה מנעו המש-  
טחים אמה, אגרל, דייקס, ציטוט ותפ את הצצת  
החרדל באופן מוחלט, וגם ביופילם וטרוניק פגעו  
קשות בצמיחתו. באדמת נוה-יער היתה הפגיעה  
ניכרת, אבל בדרך-כלל פחות חזקה.

## 2. הישארות משטחים בקרקע

ההישארות נמדדה על-פי התגובה של צמחי-הבוחן  
בזריעות חוזרות. הניסויים הנ"ל נערכים זה קרוב  
לשנה, והם נמשכים, כי עדיין נרשמת פעילות  
בטיפולים אחדים.

באדמת הבשור (ניסוי ג'), שבה נרשמה פעילות  
התחלתית ניכרת מ-100 חלקי מיליון של ציטוט  
ותפ, נתקבלה פגיעה בחרדל בזריעות כעבור חודש  
וחודשיים וחצי.

הזריעות החוזרות שנעשו אחר יישום המשטחים  
ברישות של מ"ל אחד לק"ג אדמה (0.1%) הראו  
שהפעילות של אמה וטרוניק פחתה מהר, וזו של  
ביופילם — כעבור מספר חדשים; ההישארות של  
אגרל, דייקס, ציטוט ותפ היתה ממושכת מאוד.  
מנה של 10 מ"ל לק"ג (1%) מארבעת המשטחים  
הללו, באדמות נוה-יער או כפר-יונה, היתה קטלנית  
לגבי החרדל אף 48 שבועות לאחר היישום (טבלה 4).

## דיון ומסקנות

כדי להעריך את נתוני הניסויים הנ"ל, יש להבהיר  
את רקע השימוש במשטחים. המנה המקובלת של  
משטחים המוספים לקוטלי-עשבים היא 0.1%—0.5%  
מנפח התרסיס בריסוסים מן הקרקע (כ-20 ליטר  
תרסיס לדונם), ועד 1% לריסוסים מן האוויר (כ-5  
ליטרים תרסיס לדונם). מכאן, שהמדובר בדרך-כלל  
בין 20 ל-100 מ"ל משטח לדונם, המוספים לתכשיר  
בעת הריסוס. זו כמות המגיעה למנות קוטלי-העשבים  
עצמם.

## PHYTOTOXICITY AND PERSISTENCE OF SURFACTANTS

M. Horowitz\*

Experiments were carried out with several commercial surfactants which are added to certain foliar-sprayed herbicides, in order to determine any potential side effects. In germination tests with sorghum, radicle elongation was inhibited by surfactants at 10 ppm. Growth check and leaf wilting were caused to young sorghum plants by aqueous solutions of surfactants at 500 ppm. Surfactants incorporated in the soil inhibited emergence and growth of mustard plants. Phytotoxicity was greater in soils with low adsorptive capacity; mustard plants were injured by surfactants in sandy loess at 100 ppm. Several non-ionic surfactants commonly used in conjunction with agricultural sprays were found to be very persistent in soil for up to one year after application.

\*Div. of Weed Research, Agricultural Research Organization, Newe Ya'ar.