

פעילות שאריות קוטלי עשבים מקבוצת הארסונטים בקרקע*

רקע העבודה ומטרתה

קוטלי-העשבים מקבוצת הארסונטים הם תרכובות ארסן אורגניות, שרעילותן לבעלי-חיים פחותה בהרבה מזו של תרכובות ארסן אנאורגניות. התכשירים העיקריים מקבוצה זו, המשמשים להדברת עשבים, הם מסמ"א — מונו-סודיום-מתאן-ארסונט, דסמ"א — די-סודיום-מתאן-ארסונט; וחומצה קאקודילית — חומצה דימתיל-ארסינית.

בישראל משתמשים הרבה במסמ"א בריסוס מכוון נגד דורת-ארס-צובא בכותנה ובמטעים, וכן משתמשים במטעים בתערובת של חומצה קאקודילית + מסמ"א נגד רב-שנתיים שונים. בסקר על כמויות קוטלי-עשבים שנמכרו בארץ בשנים האחרונות נמצאו הארסונטים בראש הרשימה.

הארסונטים ניתנים כריסוס-עלווה, אך חלק ניכר מהתרסיס מגיע לקרקע בעת הריסוס, או על-ידי שטיפה מהעלים, או לאחר שהצמחים נפגעו. ידוע מהספרות, שהארסונטים בקרקע הופכים לאט לתרכובות ארסן מינרליות בעלות רעילות ביולוגית ניכרת ויציבות ממושכת בקרקע. בגלל שימוש הנרחב בארץ ותכיפות נתינתם, בגידולים רב-שנתיים או במונוקולטורה, יש צורך לבחון את המשמעות של הימצאות הארסונטים בקרקע.

בשלב הראשון, התרכזה העבודה בנושאים הבאים:

- ★ פעילות ישירה של ארסונטים על הצמחיה, דרך הקרקע: החל באילו ריכוזים, ובאילו מינים, עלולות להתעורר בעיות?

- ★ השפעת הרכב הקרקע על פעילות החמרים ועל תנועתם לעומק.

- ★ משך הפעילות בקרקע.

שיטות

בעבודה זו השתמשנו בתואריות מסחריות של הארסונטים: מסמ"א — 35% חומר פעיל; דסמ"א —

* מפרסומי מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1974, מס' 1495.

81%; וחומצה קאקודילית — 26%. כל הנתונים המובאים בעבודה זו מבוטאים בחומר פעיל. בכל הניסויים הוכנו סדרות של ריכוזים, על-ידי ערבוב באדמה יבשה. הריכוז בוטא בחלקי-מיליון של משקל חומר פעיל במשקל האדמה. הפעילות הפיטו-טוכסית נמדדה בבחינה ביולוגית (ביו-אסיי) בתנאי בית-זכוכית. ברוב המקרים השתמשנו בגביעי פלס-טיק עם חורי ניקוז שמולאו אדמה ונזרעו צמח-בוחן. משקל נוף הצמח נקבע לאחר תקופת גידול מסוימת ובוטא ב-% מהיקש ללא טיפול. כאשר הדבר התאפשר — ציירנו עקומי תגובה (באורדינטה — משקל צמח-הבוחן ב-% מההיקש; באבסציסה — לוג הריכוז), ומהם חושבו ערכי פ"מ 50, כלומר הריכוז הדרוש כדי לגרום פחיתת משקל כדי 50%.

רגישות צמחי תרבות לארסונטים בטיפול קרקע

בניסוי מוקדם נוסו ריכוזים גדולים, 250, 500 ו-1000 ח"מ של מסמ"א, דסמ"א וחומצה קאקודילית, שעורבבו באדמת בני-דרור. בניסוי אחר נוסו ריכוזים קטנים יותר: 10, 50 ו-100 ח"מ. בגביעים נזרעו זרעי אבטיח (מללי משובח), אגוזי-אדמה (שולמית), כותנה (פימה), סורגום (מכלוא 610), עגבניות (מרמנד רחובות), שעועית (בריטל-ואקס) ותירס (מצרי). מכל צמח וטיפול הוכנו חמש חזרות בניסוי הראשון ו-4 חזרות בניסוי השני. שני הניסויים נערכו בזה אחר זה בתדשים יוני-יולי. נערכו תצפיות על ההצצה ועל התפתחות הצמחים, ובניסוי השני נקצר ונשקל נוף הצמחים.

השפעת הקרקע על פעילות מסמ"א נערכו שני ניסויים מקבילים, בשלוש אדמות: נוה-יער, בני-דרור, איזור הבשור; ניסוי אחד נערך באוגוסט, והאחר — בפברואר-מרס. הוכנו סדרות ריכוזים, מ-10 עד 550 ח"מ, וסורגום שימש כצמח-בוחן. בניסוי החרפי היו חמש חזרות מכל טיפול; בניסוי הקיצי היו חמש חזרות לאדמת נוה-יער ושלוש חזרות ביתר האדמות.

שטיפת ארסונטים

עמודות מורכבות מחמש קופסות פלסטיק עגולות בקוטר 7 ס"מ ובגובה 3 ס"מ עם תחתית מחוררת מולאו באדמה יבשה של נוה-יער או של בני-דרור. בקופסה העליונה הוכנסה אדמה יבשה מטופלת במסמ"א, בדסמ"א או בחומצה קאקודילית, או אדמה ללא טיפול — כהיקש. מים הותזו על-פני האדמה שבקופסה העליונה, במנות של 10 מ"ל, עם הפסקה בין התזה להתזה עד לחלחול מלא. נתינת המים בראש העמודה נמשכה עד שניגרו מים בתחתית העמודה (בעומק 15 ס"מ) וקצת מעבר לזה. בסה"כ היתה כמות מי השטיפה 210 עד 250 מ"ל באדמת בני-דרור ו-250 עד 330 מ"ל באדמת נוה-יער. מטיפולי חומצה קאקודילית ודסמ"א הוכנו שלוש חזרות, ומטיפולי מסמ"א — שש חזרות. בכל הקופסות נזרע סורגום לפני הרכבת העמודות. יום אחד לאחר גמר השטיפה פורקו העמודות, הקופסאות הוצבו על שולחן בית הזכוכית, ונוף הסורגום נקצר ונשקל. הניסויים נערכו בחדשים יוני-יולי.

השתיירות מסמ"א בקרקע

אדמת נוה-יער עם ריכוז התחלתי של 100, 200 ו-400 ח"מ מסמ"א, ואדמת בני-דרור עם ריכוז של 25, 50 ו-100 ח"מ מסמ"א, הוכנסו לאינקובטור

במועדים שונים כדי להגיע לתקופות השתיירות מ-0 עד 16 שבועות. האדמות הוחזקו ב-75% קיבול שדה, ובטמפרטורה של 30 מ"צ. מכל מועד וריכוז הוכנו חמישה גביעים ונזרעו בהם סורגום, ומשקל הצמחים בוטא, בכל מועד, ב-% מההיקש המתאים.

תוצאות

1. רגישות צמחי תרבות לארסונטים בטיפול קרקע

כאמור, בניסוי הראשון נוסו ריכוזים גדולים (250 עד 1000 ח"מ) של דסמ"א, מסמ"א וחומצה קאקודילית, מעורבבים באדמת בני-דרור. נמצא, כי לעומת הצצה תקינה בהיקש — לא היתה כל הצצה בכל טיפולי החומצה הקאקודילית. באדמה מטופלת ב-250 ח"מ מסמ"א או דסמ"א הציצו העגבניות והתירס באופן תקין, והצצת הכותנה והאבטיחים היתה לקויה. שום צמח לא הציץ בריכוז של 500 עד 1000 ח"מ. צמחי שעועית, אגוזי-אדמה וסורגום לא הציצו בשום טיפול של ארסונטים.

בניסוי השני נוסו ריכוזים קטנים יותר, כדי מצב העלול להתהוות בתום עונה של ריסוסים תכופים. עיקר התוצאות (טבלה 1) מראה על פעילות ניכרת של ארסונטים דרך הקרקע, ועל הבדלי רגישות בין הצמחים השונים שנבדקו. אגוזי-אדמה, שעועית

טבלה 1: המשקל הירוק של נוף צמחי תרבות שונים (% מהיקש), לאחר טיפול

בארסונטים, בקרקע בני-דרור

| ה צ מ ח | מסמ"א, ח"מ | | | דסמ"א, ח"מ | | | חומצה קאקודילית, ח"מ | | |
|------------|------------|----|----|------------|----|----|----------------------|----|----|
| | 100 | 50 | 10 | 100 | 50 | 10 | 100 | 50 | 10 |
| אגוזי אדמה | 77 | 0 | 0 | 114 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| שעועית | 93 | 50 | 0 | 80 | 60 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| סורגום | 137 | 32 | 14 | 144 | 79 | 9 | 67 | 0 | 0 |
| תירס | 119 | 96 | 30 | 102 | 83 | 55 | 24 | 0 | 0 |
| כותנה | 102 | 64 | 41 | 100 | 92 | 55 | 43 | 0 | 0 |
| עגבניות | 101 | 79 | 74 | 104 | 82 | 82 | 61 | 0 | 0 |
| אבטיח | 106 | 83 | 72 | 103 | 95 | 72 | 58 | 0 | 0 |

טבלה 3: תגובת צמחי סורגום לנוכחות ארסונאטים בשכבות קרקע
בעמורה שלתוכה הם נשטפו (משקל העלווה, % מהיקש)

| עומק השכבה ס"מ | נוה יער | | בני דרור | |
|-----------------------|-------------|------|-------------|-----|
| | מסמ"א (ח"מ) | | מסמ"א (ח"מ) | |
| | 500 | 1000 | 500 | 250 |
| 3-0 ² | 40 | 77 | 28 | 50 |
| 6-3 | 10 | 28 | 44 | 65 |
| 9-6 | 37 | 55 | 12 | 21 |
| 12-9 | 83 | 108 | 4 | 9 |
| 15-12 | 96 | 85 | - | - |
| דסמ"א (ח"מ) | | | | |
| | 500 | 1000 | 500 | 250 |
| 3-0 ² | 21 | 72 | 175 | 122 |
| 6-3 | 11 | 31 | 113 | 97 |
| 9-6 | 29 | 48 | 26 | 40 |
| 12-9 | 97 | 110 | 6 | 8 |
| 15-12 | 80 | 123 | 4 | 28 |
| חומצה קאקודילית (ח"מ) | | | | |
| | 400 | 200 | 200 | 100 |
| 3-0 ² | 91 | 109 | 48 | 75 |
| 6-3 | 17 | 48 | 15 | 41 |
| 9-6 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| 12-9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15-12 | 0 | 42 | 0 | 0 |

1. כמות מי השטיפה היתה קצת יותר מנורה - בבסיס העמורה;
250-210 מ"ל - בבני-דרור; 250-330 מ"ל בנוה-יער.

2. בשכבה זו עורבב החומר בקרקע.

3. יש לזכור, שכמות המים שהותזה בראש עמודת הקרקע היתה מרובה רק במקצת מכמות המים הדרושה להרטבת כל אורך החתך. ריכוז התכשירים בשכבת הקרקע העליונה של העמורה היה מספיק לגרימת פגיעה חמורה בסורגום, שנוסה כצמח-בוחן.

בכל הטיפולים שנוסו, נשטף חלק מהחומר מהשכבה העליונה לעומק העמודה. נראה, כי החומצה הקאקודילית נשטפת ביתר קלות משני התכשירים האחרים. בבני-דרור נשטפו החמרים עמוק יותר מאשר באדמת נוה-יער, וזה קשור כנראה עם ספיחה פחותה, כפי שצוין בסעיף הקודם. בעמודות עם אדמת בני-דרור גרמו שלושת התכשירים פיטוטוכסיות ניכרת בתחתית העמודות, עד לעומק של 12-15 ס"מ. עומק חדירת מסמ"א ודסמ"א בעמודות נוה-יער היה בעיקר בין 3 ל-9 ס"מ, והיה דומה בשני התכשירים.

בהשוואה להתנהגות קוטלי עשבים אחרים בתנאי שטיפה דומים, אפשר להגדיר את מסמ"א ודסמ"א כשטיפים, ואת החומצה הקאקודילית - כשטיפה מאוד.

4. השתיירות מסמ"א בקרקע

אינקובציה של מסמ"א באדמה רטובה, בטמפרטורה של 30 מ"צ, גרמה הפחתה ברורה של הפעילות במרוצת הזמן (טבלה 4). באדמת בני-דרור נשארה, לאחר 16 שבועות, מ-50 ח"מ - פעילות מועטה בלבד, ואילו מ-100 ח"מ היתה הפעילות השאריתית ניכרת. באדמת נוה-יער, שבה היתה הפעילות ה-

וסורגום היו המינים הרגישים ביותר למסמ"א ול-דסמ"א; תירס, כותנה, עגבניות ואבטיח היו עמידים יותר לחמרים אלה. עגבניות ותירס התפתחו באופן כמעט תקין ב-100 ח"מ. כדאי לציין את ההקבלה שבין תוצאות הניסוי השני לבין תוצאות הניסוי הראשון, שבו היו 4 המינים הללו היחידים שהציצו. תגובות הצמחים על טיפולי מסמ"א ודסמ"א היו דומות, ואילו לחומצה קאקודילית היתה פעילות חזקה יותר: בו בזמן ש-10 ח"מ מסמ"א או דסמ"א לא פגעו בצמחים באופן משמעותי - הרי שבמתן חומצה קאקודילית באותו ריכוז נמנעה לגמרי ההצצה של אגוזי-אדמה ושעועית ונפגעה הצמיחה של יתר המינים.

2. השפעת הקרקע על פעילות מסמ"א

ערכי פ"מ 50, המבטאים את עצמת הפעילות הפיטוטוכסית של תכשיר בתנאים נתונים, רוכזו בטבלה 2. נמצאו הבדלים ניכרים בפעילות הפיטוטוכסית בין הניסוי שנערך באוגוסט לבין זה שנערך בפברואר-מרס, ויש להניח שהטמפרטורות הגבוהות יותר בניסוי הראשון הן שגרמו פעילות הרבה יותר חזקה מאשר בניסוי החרפי. תוצאה זו מאשרת את הידוע מטיפולי עלווה בארסונטים, ותואמת את ההתנהגות של רוב קוטלי העשבים הפועלים דרך הקרקע. להרכב הקרקע היתה השפעה מכריעה על הפעילות של מסמ"א. באדמות הקלות יחסית של בני-דרור ואי-זור הבשור היא היתה הרבה יותר חזקה מאשר באדמה החרסיתית של נוה-יער, ואילו בין שתי האדמות הקלות היו רק הבדלים קטנים. לפי ערכי מ"פ 50 שבטבלה 2, היתה הפעילות באדמות הקלות חזקה יותר מבאדמות נוה-יער - 6-8 מונים בקיץ ו-3-4 מונים בחורף. מעשית יותר: באדמת נוה-יער נרשמה פגיעה ניכרת בצמחי סורגום החל ב-100 ח"מ בקיץ, או ב-200 ח"מ בחורף. באדמות הבשור ובני-דרור היתה פגיעה ניכרת החל ב-20 ח"מ בערך בקיץ וב-50 ח"מ בחורף.

3. שטיפת ארסונטים בקרקע

ניסוי שטיפה של מסמ"א, דסמ"א וחומצה קאקודילית נעשה באדמת חמרה של בני-דרור ובאדמה חרסיתית של נוה-יער; התוצאות סוכמו בטבלה

טבלה 2: תגובת צמחי סורגום לנוכחות מסמ"א, כשלש קרקעות שונות בניסוי
חורף וקיץ (משקל העלווה, % מהיקש)

| הקרקע | הרכב הקרקע (%) | | | | ערכי פ"מ 50 * בניסוי |
|-------------|----------------|-------|--------------|-----|----------------------|
| | חול | חרסית | חומר אירגאני | קיץ | חורף |
| נוה יער | 16 | 75 | 1.0 | 180 | 300 |
| בני-דרור | 87 | 10 | 1.0 | 23 | 75 |
| איזור הבשור | 88 | 8 | 0.4 | 32 | 90 |

* ריכוז חומר בקרקע (ח"מ), חרוש לפחתת 50 ממשקלם של צמחי המבחן.

טבלה 4: תגובת צמחי סורגום לנוכחות מסמ"א בקרקעות
נוה-יער ובני-דרור, לאחר תקופות אינקובציה
שונות ב-30 מ"צ (משקל העלווה, % מההיקש)

| ריכוז התחלתי, ח"מ | השתיירות לאחר מספר שבועות | | |
|----------------------|---------------------------|----|-----|
| | 0 | 8 | 16 |
| <u>קרקע בני-דרור</u> | | | |
| 50 | 19 | 55 | 79 |
| 100 | 6 | 26 | 45 |
| <u>קרקע נוה-יער</u> | | | |
| 100 | 68 | 79 | 102 |
| 200 | 38 | 65 | 77 |
| 400 | 2 | 46 | 75 |

התחלתית פחותה מאשר בבני-דרור הרי מ-200
ח"מ נעלמה פעילות שאריתית משמעותית כעבור
8 שבועות, ומ-400 ח"מ — כעבור 16 שבועות.

השתיירות מסמ"א נבדקה גם באדמות ששימשו
לניסוי בדבר השפעת הקרקע על הפעילות, על-ידי
זריעות חוזרות של צמחי-בוהן. בתנאי ניסוי זה
נובעת הפסקת הפעילות לא רק מפירוק בתוך הקרקע,
כי אם גם משטיפה מחוץ למכל ומקליטה בצמחי
הבוהן שנזרעו מדי שבועות אחדים.

באדמת בני-דרור שטופלה, בניסוי הקיצי, ב-150
ח"מ, נמצאה פעילות שאריתית לאחר שלושה חדשים,
וזו נעלמה לאחר חודש נוסף; מריכוז התחלתי של
300 ח"מ היתה עדיין פעילות לאחר 11 חדשים.
באדמת הבשור, נרשמה הפעילות הממושכת ביותר:
140 ח"מ היו פעילים לאחר 11 חדשים.

עדיין לא ברורים כל הגורמים, המשפיעים על
היעלמות הארסונטים בקרקע. נתוני הניסויים מרמזים,
שבאדמות הקלות הפעילות ממושכת יותר, בכדי חד-
שים אחדים, מאשר באדמת נוה-יער.

מסקנות

כדי לתרגם את תוצאות הניסויים למעשה, יש
לזכור:

א. כותנה מטופלת במסמ"א לעתים קרובות, 3

עד 4 פעמים; ובמטעים מרססים בתערובת מסמ"א
וחומצה קאקודילית לעתים קרובות — 2—3 פעמים.
הכמות הכוללת של חומר פעיל עשויה להגיע, ואף
לעבור, ק"ג אחד לדונם לעונה.

ב. ק"ג אחד חומר פעיל, מעורבב ב-7 ס"מ
עליונים של קרקע בעלת משקל סגולי של 1.4 —
שווה לריכוז של 10 חלקי-מיליון.

בעבודתנו הוכח, שארסונטים פועלים דרך הקרקע,
מונעים הצצה, או פוגעים בצמיחה תקינה. אגוזי-
אדמה ושעועית היו הצמחים הרגישים ביותר בניסוי-
יינו: התפתחותם נפגעה מ-10 ח"מ חומצה קאקו-
דילית, או מ-50 ח"מ מסמ"א, כלומר, מריכוזים
שבתחום ההצטברות האפשרית. עם זאת ראוי לציין,
שהניסוי נערך באדמה קלה יחסית של בני-דרור
ובחדשי הקיץ; כלומר, בתנאי פעילות מרבית.
מאידך גיסא יש חשיבות לממצא, שחלק מצמחי
התרבות כגון עגבניה ואבטיח, עמידים לריכוזים
ניכרים של מסמ"א בקרקע.

נמצאו הבדלים ניכרים בפעילות הפיטוטוכסית —
בין האדמה החרסיתית של נוה-יער לבין האדמות
הקלות יותר שבבני-דרור ובבשור. באדמות אלה
היתה הפעילות הרבה יותר חזקה מאשר בנוה-יער,
וגם השטיפה היתה עמוקה יותר באדמת בני-דרור,
בהשוואה לזו שבנוה-יער. ההשערה, המבוססת על
נתונים שבספרות, היא שלתכולת החרסית ולסוגה
יש השפעה מכרעת על הקליטות והתנועה של הארסו-
נטים בקרקע. במקביל, היתה גם השתיירות ממושכת
יותר של מסמ"א בקרקעות הקלות מזו של נוה-יער.
מעשית נראה, שבעיות של פיטוטוכסיות עלו-
לות להתעורר באדמות קלות של מרכז הארץ
ובדרומה. ברור, שאין כאן סכנה מיידית מעונת
טיפולים אחת; אבל במסגרת רב-שנתית —
יש לשים לב להצטברות אפשרית.

מנשה הורוביץ, שושנה גיטר

המחלקה לחקר עשבים רעים,

מינהל המחקר החקלאי