

השפעת קרינה מייננת על דרגות ההתפתחות של זבוב המנהרות*

שושנה יתום**, ר. פדובה***, סוזנה מל**, א. רוס***, מ. חן**

נבדקה ההשפעה של קרינת גמה במנות של 25 - 2,000 גרי על דרגות ההתפתחות של זבוב המנהרות. המנות הגדולות היו קטלניות לכל הדרגות. במנות של 750 גרי ופחות היו רימות ששרדו עד להתגלמות, אך מספר הגלמים הלך וקטן ככל שהמנה היתה גדולה יותר; רובם היו מתים או פגועים, ולא הגיחו מהם זבובים. הדרגות הרגישות היו דרגת הביצה וקדם-גולם. רגישות הרימות פחתה עם הנשלים, ורגישות הגלמים פחתה עם הגיל.

בהקרנת ביצים ורימות מדרגה ראשונה במנות קטנות של 25 - 50 גרי נמצא כי במנות של 50 ו-40 גרי הגיעו רק פרטים בודדים לבגרות, חייהם של זבובים אלו היו קצרים, והם לא התרבו. מנה של 25 גרי שניתנה לרימות לא מנעה התפתחות רימות רבות עד לבגרות. הזבובים הגיחו, ניזונו והטילו ביצים חיותות שאף השלימו את התפתחותן לבגרות. מנה זו, כשישומה לגבי דרגת הביצה הפחיתה מאוד את מספר הפרטים שהצליחו להגיע לבגרות.

מבוא

זבוב המנהרות *Liriomyza trifolii* Burgess הוכנס ארצה בקיץ 1978 בשתילי גרברה (2). עוד באותה עונה התפשט לגיפסנית ולחרצית. יתכן שמאז היו עוד חדירות של המזיק, התוקף עלים בצמחים ממשפחות בוטניות שונות (1, 3). כיום הוא מזיק מגפתי חמור בגידולי ירקות ופרחים בארץ.

מכיון שזבוב המנהרות הוא מזיק פוליפאגי, התוקף גידולי ירקות ופרחים רבים - מקפידות מדינות רבות למנוע יבוא צמחים העלולים להיות מאולחים בו ובעלי סיכון לגידולים חקלאיים מקומיים. גידולי פרחים חשוכים שתוקף זבוב המנהרות בארץ הם גרברה, חרצית וגיפסנית. הגרברה משווקת ללא עלים ואינה מהווה מקור לאילוח; החרצית - עליה גדולים וניתן לבקר את נקיונם; ואילו עלי הגיפסנית רבים וקטנים יותר, וקשה ואף בלתי אפשרי לפקח על נקיונם ולערוך לכך. הסרת העלים כרוכה בעבודה רבה ופוגמת בערך האסתטי.

הארצות שאליהן אנו מייצאים את הגיפסנית שלנו, מדינות סקנדינביה ומערב אירופה, מקיימות חוקי הסגר מחמירים וקפדניים. לגבי זבוב המנהרות, הדרישה היא לצמחים נקיים ממנו לחלוטין, ללא סימני נגיעות או נזק (symptomless). בנוסף מותנה רשיון היבוא בטיפול הקוטל כל אילוח נסתר מן העין או אילוח בדרגה שטרם נראית לעין, כגון בדרגת הביצה.

לכן עוברים משלוחי הגיפסנית המיועדים למדינות אלו - אירוי במתיל ברומיד (4, 6), כיום זהו חומר האירוי היחיד, שכן אתילן-די-ברומיד ואתילן-אוכסיד נאסרו לשימוש, בשל פעילות מוטגנית וקריינוגנית. שיטה חלופית לאירוי היא הקרנה בקרני גמה ממקורות

שונים. קטילת חרקים על-ידי הקרינה נבדקה במינים שונים, כגון זבוב ים-התיכון, זבוב הבצל, מזיקי המחסן למיניהם ועוד. לכן הוצע לבדוק השפעת קרני גמה על קטילה, הישרדות והתפתחות של הדרגות השונות של זבוב המנהרות, כלהלן:

- בדיקת ההשפעה של קרני גמה במנות שונות על הישרדות והתפתחות של הדרגות השונות של זבוב המנהרות;
- בדיקת ההשפעה של קרינת גמה על החיות והפוריות של זבובים שנחשפו לקרינה בדרגות קודמות.

שיטות

כל סדרת הניסויים, חוץ מההקרנה עצמה, נעשתה בחממה בבית-דגן, בטמפרטורה של 27 מ"צ. בתנאי אילוח מלאכותי, כדי להבטיח תנאי נגיעות אחידים ככל האפשר.

מכיון שנקבות זבוב המנהרות מטילות בתוך רקמת העלה והרימות הבוקעות מתפתחות רק שם - נעשו כל הניסויים לגבי דרגות אלו על-ידי הקרנת נבטים שעליהם מאולחים בדרגות אלו. שימשו לכך נבטי שעועית בולגרית בעציצים, שאולחו בשלב של שני העלים האמיתיים הראשונים. בדרגת הביצה הוקרנו הצמחים 24 שעות לאחר החשיפה להטלה, וב-3 דרגות הרימה, עם הופעת מנהרות בגודל המתאים לדרגה המבוקשת. גלמים הוקרנו בגילים שונים.

הצמחים המאולחים הוקרנו, במרכז למחקר גרעיני שורק, בקרני גמה שמקורם בקובאלט 60. נבדקו מנות קרינה שבין 25 ל-2,000 גרי (2.5 - 200 קראד) בקצב של 620 גרי/שעה (62 קראד/שעה). לאחר הטיפול הוחזרו העציצים לחממה בטמפרטורה של 27 מ"צ לשם מעקב אחר המשך ההתפתחות וההתגלמות. כנבטים עצמם לא נצפו סימני פטיוצידיות בעקבות הקרינה.

א) השפעה על קטילה, הישרדות והתפתחות

קטילה מיידי. כדי לקבוע את השפעת מנות הקרינה על התמותה המיידית - הוקרנו נבטי שעועית מאולחים קשה בדרגה המבוקשת במנות קרינה של 250 - 2,000 גרי (25 - 200 קילוראד). כעבור 24 ו-48 שעות נתלשו העלים המאולחים, ותחת הגדלה נפתחו המנהרות שבהם כדי לוודא אם הרימות חיות או מתות.

השפעה על ההתפתחות. ההישרדות של ביצים או רימות שלא נקטלו בעת ההקרנה או סמוך לאחריה - נקבע לפי מספר הרימות שהתפתחו והצליחו גם להתגלם. נספרו כל הגלמים שנוצרו על העלים ונשרו מהם. נערך מעקב אחר הגיחה כדי לעמוד על מידת חיות הגלמים, ונרשם מספר הזבובים שהצליחו להגיע.

דרגות הגולם וקדם-גולם הוקרנו כשהללו נתונים במבחנות זכוכית, 50 גלמים בכל חזרה. מכיון שדרגת קדם-גולם קצרה ביותר, שעות ספורות בלבד - נאספו הרימות בבוקר עם צאתן מתוך המנהרות, והן הוקרנו בו כיום בשעות שלפני-הצהריים. לאחר הטיפול הוחזקו הגלמים ב-27 מ"צ תוך מעקב אחר הגיחה.

* פירסום של מינהל המחקר החקלאי, סדרה ה' 1991, מס' 2499.

** המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי, בית-דגן

*** היחידה ליישומי קרינה בחקלאות וברפואה, מרכז מחקר גרעיני, נחל שורק

של 1,000 גריי, אך מן הגלמים שהתהוו לאחר הקרנה במנות שער 15 גריי לא היתה גיחה. ב־25 גריי כבר נצפה שיעור גיחה גדול.

(ב) השפעת קרינת גמה על החיות והפוריות של זבוב המנהרות

צמחים מאולחים קשה, המכילים אוכלוסיות גדולות של דרגות הביצה או הרימה מדרגה 1. הוקרנו במנות קרינה קטנות שאינן קטלניות, כדי לעקוב אחר החיות והפוריות של הזבובים המתפתחים מן הפרטים המוקרנים. כשהגיוחו זבובים בודדים - הם הוכנסו, לצורך המעקב, לכלובי עלים (5) שהורבקו בצד העליון של עלי שעועית. וחשפו שטח של 3.8 סמ"ר לאכילה ולהטלה של הזבובים שבכלוב. לאחר 24 שעות הועבר הכלוב לעלה טרי, נספרו דקירות ההזנה ונערך מעקב אחר הופעת מנהרות, כאינדיקציה להטלת ביצים.

כשנתקבלו יותר זבובים מן האוכלוסייה המוקרנת - הוכנסו קבוצות של 10 זבובים לכלובים צינוריים שכיסוי 4 נבטי שעועית עם 8 עלים אמיתיים ראשונים. נרשמה הופעת מנהרות וצאצאים. כשנתקבלה גיחה המונית מן העלים המוקרנים - הוכנסו קבוצות של 100 זבובים לכלובי הטלה רווחים, כשבתוכם 5 עציצים עם 20 נבטי שעועית, בסה"כ 40 עלים אמיתיים. להיקש שימשו רק 50 זבובים ללא טיפול. הצמחים הוצאו לאחר 48 שעות, נספרו דקירות ההזנה בשני עלים, ואילו בשאר נערך מעקב אחר התפתחות הדור הבא.

תוצאות

(א) השפעה על קטילה, הישרדות והתפתחות

קטילה מידית. בצמחים מאולחים בביצים שקיבלו מנות קרינה של 2,000 - 1,000 גריי לא נצפתה בקיעה, מה שמעיד שהתמותה היתה בדרגת הביצה. במנות של 500 - 750 גריי שניתנו בדרגת הביצה אמנם הופיעו התחלות של מנהרות, אך לאחר 24 שעות כבר לא נמצאו רימות חיות, שכן הן מתו סמוך לבקיעתן. במנה של 250 גריי זה אירע ב־80% מהמקרים.

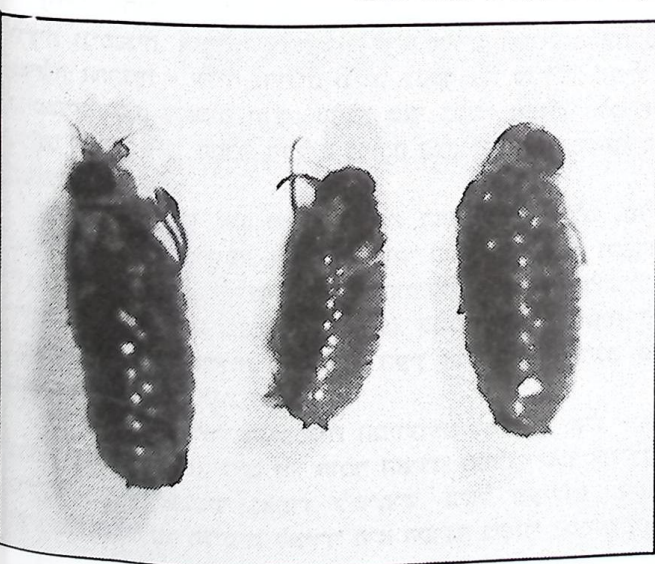
רימות מכל הדרגות מתו אף הן תוך 24 שעות לאחר הקרנה ב־2,000 או ב־1,500 גריי. מנה של 1,000 גריי גרמה תמותה כללית תוך 24 שעות ברימות מדרגה ראשונה, אך בדרגות הבאות זה אירע תוך 48 או 72 שעות. גם מנה של 750 גריי גרמה תמותה כללית תוך 48 ו־72 שעות. בכל הדרגות. במנות של 500 ו־250 גריי נשארו רימות רבות בחיים גם לאחר 72 שעות.

השפעה על התפתחות. במעקב אחר התפתחותן של ביצים מוקרנות נמצא, כי במנות שבין 2,000 ל־500 גריי לא נמצאו שום סימני נזק בצמחים. במנות קטנות יותר נראה לעתים נזק קל, בצורה של התחלות של מנהרות צרות של רימה מדרגה 1. במנה של 25 גריי נצפה נזק כזה ב־80% מן העלים. במנות של 500 גריי ויותר לא התפתחו גלמים כלל, ואילו הגלמים המעטים שנמצאו ב־250 וב־150 גריי היו פגומים ולא הגיוחו מהם זבובים, כפי שנראה בטבלה 1. רק במנה של 50 או 25 גריי נתקבל מספר משמעותי יותר של גלמים ושיעור גיחה קצת יותר גדול.

כשהוקרנו עלים מאולחים ברימות מדרגה 1 - כבר נמצא נזק כלשהו בעלים. במנות גדולות מ־500 גריי נמנע נזק נוסף ונוצרו רק מעט גלמים פגומים (טבלה 1). מנות קרינה של 250 גריי ופחות לא מנעו המשך התפתחות ואכילה של הרימות שגם הצליחו להתגלם, אך במנות של 250 - 75 גריי היו כל הגלמים פגועים ומעוותים ולא היתה מהם גיחה כלל. רק במנות של 50 ו־25 גריי התקבלו גלמים חיוניים שהניבו זבובים חיים, אף כי שיעור הגיחה היה קטן.

כשהוקרנו רימות מדרגה שנייה - היה נזק בעלים בולט. מנות של 250 גריי ויותר מנעו נזק נוסף. התהוות גלמים נמנעה רק על־ידי מנה

כשהוקרנו רימות מדרגה שלישית - כבר לא היה אפשר למנוע נזק נוסף משמעותי. רק במנות של 1,000 גריי ויותר נמצאו הברלים בדרגת הנזק בין עלים מטופלים להיקש. מנות קרינה קטנות מ־1,000 גריי לא מנעו התגלמות, הגלמים אף נראו נורמליים, אך הם לא היו חיוניים. ורק זבובים מעטים הגיוחו מהם.



תמונה 1. גלמים של ליריומיזה טריפולי מזחלים מביצים שהוקרנו.

כשהטיפול בהקרנה נעשה בדרגת, זקדם-גולם - לא היתה גיחה במנות של 1,000 - 50 גריי. כשהוקרנו גלמים בני יומיים (כ־20% מתקופת

טיפול במנה של 25 גריי התהוו גלמים רבים, וגם שיעורי הגיחה היו גדולים יחסית, אף כי תמיד היו פחותים מאשר בהיקש.

כש-100 זבובים שהגיתו מרימות שטופלו ב-25 גריי ניוונו במשך 48 שעות - נמנו לאחר מכן 25 דקירות/זבוב/יום, לעומת 76 דקירות/זבוב/יום בהיקש. מן הזבובים המטופלים שרדו לאחר 48 שעות רק 20% לעומת 60% בהיקש.

קבוצות של 10 זבובים שהטילו על נבטי שעועית בכלובים הניבו 0.23 גלמים/זבוב הורה, לעומת 5.50 גלמים/זבוב הורה בקבוצת היקש. אוכלוסייה של 100 זבובים שהגיתו מרימות מוקרנות והטילו במשך 48 שעות - הניבה 0.84 גלמים/עלה, בהשוואה ל-5.24 גלמים/עלה בהיקש. שיעור הגיחה מן הגלמים המטופלים היה מרובה מ-50% כבהיקש; אך כאמור, מספרם היה קטן, כששית מאשר בהיקש. בחזרה נוספת עם אוכלוסיות המוניות של זבובים (צאצאי רימות מוקרנות) נתקבלה הטלה גדושה, הן בהיקש והן במטופל. המזון לא הספיק, כי העלים נאכלו כליל בטרם השלימו הרימות את התפתחותן, ולא היה אפשר לעמוד על מספר הגלמים ועל שיעורי הגיחה.

דין

הקרנת ביצים או רימות של זבוב המנהרות פגעה ביכולת הפרטים להשלים את התפתחותם לגלמים ולהגחה. נמצא יחס הפוך בין דרגת החרק ומנת הקרינה. הרגישות לקרינה פחתה ככל שהדרגה היתה מתקדמת יותר. ביצים ורימות בוקעות נקטלו במנות קטנות של 500 ו-250 גריי, ואילו מנות של 1,000 גריי היו קטלניות לכל הדרגות.

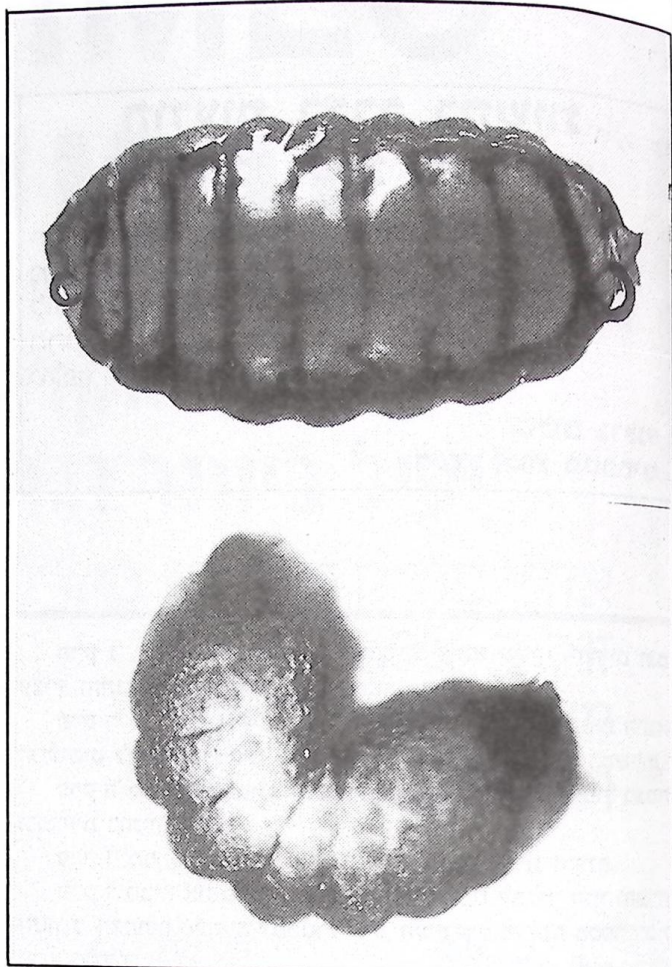
בכל דרגה גרמה ההקרנה הפסקת התפתחות או פחיתה במספר הפרטים שזכו להגיע לנשל העוקב או לדרגה העוקבת. הדרגות הרגישות ביותר היו ביצים וקדם-גולם. בדרגת הגולם פחתה הרגישות לקרינה עם הגיל. במקרים רבים היתה הגיחה מגלמים מוקרנים, או מגלמים שנוצרו מרימות מוקרנות - בלתי שלמה, והזבובים נשארו רבוקים לחביונה. זבובים שכביכול הגיתו בהצלחה - מתו סמוך לאחר הגיחה. נקבות זבובים ששרדו מטיפול במנות קטנות והצליחו להיוון - דקירות ההזנה שלהן היו פחותות מאשר בהיקש.

נראה כי מנה של 25 גריי הניתנת בדרגת רימה 1 - אינה מונעת את התפתחות הדור הבגרות, וזבובים אלו אף מצליחים להקים דור, אך חיותו פחותה. אותה מנה המיושמת בדרגת הביצה אינה מונעת המשך התפתחות והתגלמות, אך מגלמים אלו מגיחים זבובים פגועים בודדים.

טבלה 2. התגלמות וגיחה של זבוב המנהרות לאחר הקרנה בדרגת הביצה או הרימה מדרגה ראשונה.

מנת קרינה, גריי	ביצה				רימה מדרגה 1			
	מספר גלמים		מספר גלמים		מספר גלמים		מספר גלמים	
	כללי	ממוצע לעלה	% גיחה	% זבובים פגועים	כללי	ממוצע לעלה	% גיחה	% זבובים פגועים
0	309	7.0	33	0	496	7.1	60	0
50	195	2.6	3	100	800	4.8	1	100
0	339	4.7	43	0	283	4.6	34	0
40	10	0.1	0	-	641	4.6	3	100
0	528	4.0	42	0	169	4.7	16	0
40	3	0	0	-	189	2.3	1	100
0	408	5.4	33	0	760	7.0	46	0
25	599	3.3	23	21	1010	5.6	39	47
0	343	6.0	30	0	258	3.4	32	0
25	606	6.6	19	21	545	4.5	10	47
0	260	4.1	13	0	383	5.3	49	57
25	147	1.1	7	-	791	5.0	33	100

יש לזכור, שהאוכלוסייה המטופלת התפתחה בתוך מספר צמחים כפול מאשר בהיקש, כשדרגת האילוח שווה.



תמונה 2. גולם ליריומיזה טריפולי: למעלה - ללא טיפול, למטה - לאחר הקרנה בדרגה מוקדמת.

הגולם) גם כן לא היתה גיחה. כשהוקרנו גלמים בוגרים שעברו כ-40% מתקופת התפתחותם - הגיתו זבובים מגלמים שטופלו במנות של 50 - 250 גריי, עם נטייה קלה למספר גדול יותר של נקבות.

(2) ההשפעה על חיות ופוריות

מנות קרינה של 50 או 40 גריי שנתנו לביצי זבוב המנהרות - הפחיתו מאוד את מספר הפרטים שהצליחו להתגלם. מעט הזבובים שהגיתו לאחר טיפול ב-50 גריי השאירו במשך 24 שעות. חייהם 31 דקירות/זבוב, לעומת 75 דקירות/זבוב בהיקש. המספר גדל ל-120 דקירות/זבוב ב-24 השעות שאחרי-כן, ואילו הזבובים המטופלים כבר מתו. מביצים שהוקרנו במנה של 25 גריי נתקבל מספר גלמים גדול, אך שיעור הגיחה היה פחות ב-30% עד 50% לעומת זה שבהיקש, וחלק מן הזבובים שהגיתו היו פגועים, כפי שנראה בטבלה 2. הזבובים שנראו נורמליים הטילו במשך 48 שעות, ומביציהם אף בקעו רימות שרובן מתו, כך שמספר הצאצאים שהעמיד זבוב הורה היה 0.13 במטופל לעומת 4.45 צאצאים/זבוב הורה בהיקש.

כשהוקרנו רימות מדרגה 1 במנות קרינה של 50 ו-40 גריי - נתקבל מספר גלמים גדול, כפי שנראה בטבלה 2; אך שיעור הגיחה מגלמים אלו היה מזער, וכל הזבובים שהגיתו היו פגועים ומתו תוך כדי גיחה או סמוך לאחריה. לאחר

שאינם מסוגלים להקים דור.

בניסויים הקדמיים לקביעת ההשפעה של הקרנה על איכות הגיפסנית נמצא כי מנות של 100 - 500 גריי המונעות הקמת דור חדש - לא פגעו באורח מובהק באיכות הפרח.

ספרות

1. ברוש ש. (1985): זובוב המנהרות "השרה" ס"ה (ט'): 1919 - 1920.
2. ברוש ש. הדר אסתר (1980): הדברת זובוב המנהרות בגרברה. "השרה" ס' (ח'): 1501 - 1502.
3. קציר ר. ברוש ש. (1981): זובוב המנהרות האמריקאי, מוזיק חדש ומסוכן לפרחים ולירקות. "השרה" ס"א (ח'): 1402 - 1403.
4. Carmi, Y. (1985). Bulletin OEPP/Eppo, 15: 15 - 161.
5. Melamed-Madjar, V., Chen, M. and Rosilio D. (1984). Phytoparasitica 12:119 - 125.
6. Mortimer, E.A. and Powell, D.F. (1984). Ann. appl. Biol. 105:443 - 454.