

הדינאמיקה, המשמעות הביולוגית והקשר לתנגודת לתכשירי הדברה של תת המינים של כנימת עש הטבק / רמי הורביץ

דו"ח מחקר לשנת 2004 מוגש לענף כותנה

131-1156-04

רמי הורביץ¹, סבטלנה קונצדלוב², ודים חסדן¹, סופיה קלייטמן¹, רפי מורי¹

אריה רוזנר³, אילן לוי⁴, מריו ריפא¹ ויצחק ישעיה¹

E-mail: hrami@volcani.agri.gov.il

המחלקה לאנטומולוגיה, מינהל המחקר החקלאי; 1 תחנת הניסיונות גילת, 2 מרכז וולקני, בית דגן

3 המחלקה לזרענות, מרכז וולקני; 4 המחלקה לגנטיקה, מרכז וולקני

תקציר

בעונת 2004 נמשכה העבודה על הדינאמיקה של תת המינים B ו-Q של כנימת עש הטבק. להלן הממצאים העיקריים. נעשה סקר מקיף של אוכלוסיות שונות בשדות כותנה וגידולים אחרים מאזורי הארץ השונים. בחלק מהאזורים נלקחו דגימות לבדיקה בתאריכים שונים. זוהו אזורים ששם נמצא תת המין B או Q או שנמצאו בהם שני תת המינים בתערובת של יחסים מספריים שונים. בחלק מהמקרים נמצא בתחילת העונה תת המין B; ובסוף העונה, לאחר מספר ריסוסים במוספילן ופגסוס נמצאה אוכלוסייה שהוגדרה כ-Q. יתכן שהטיפול גרמו לסלקציה לתת-מין Q. בשדות ללא טיפולים כימיים (אורגאניים) זוהה בעיקר תת המין B. גם בשנת 2004 נמצא קשר ברור בין העמידות לטייגר ובין תת-מין Q באוכלוסיות השדה שנדגמו. עדיין יש מספר אזורים (כמו הנגב המערבי) שלא נתגלתה בהם עמידות גבוהה לטייגר ובהם תת-מין השולט הוא B. מכיוון שיש מחיצה רבייתית בין שני תת-המינים, יתכן שניתן להגדיר בתחילת עונת הגידול את האזורים שטיפול בטייגר יהיה יעיל. בניסוי מעבדה הוכח שאוכלוסייה מהשדה שכוללת את שני תת המינים, עוברת - לאחר 6 - 10 דורות של שהייה בחדר גידול - תהליך שבו משתלטת תת המין "B", ועולה הרגישות לטייגר; מכך נראה שתת המין B יותר מותאם לתנאים סביבתיים – באם לא ניתנים טיפולים בתכשירי הדברה. ברגע שהאוכלוסייה מהשדה מטופלת (במספר טיפולים רצופים) במוספילן או באקטרה (ניקוטינים חדשים), תת המין Q יתגבר (והירידה בעמידות לתכשיר טייגר נמנעת).

מבוא ותיאור הבעיה

כנימת עש הטבק (כע"ט) היא מזיק מפתח כלל עולמי הגורם נזקים כלכליים בגידולים חקלאיים רבים כמו כותנה, ירקות ופרחים. בסוף שנות ה-80 ובשנות ה-90 המוקדמות חדר לארה"ב תת-מין חדש של כע"ט (biotype B) שגרם נזקים חמורים לגידולים שונים כולל כותנה. תת-המין החדש אופיין בחיוניות גבוהה יותר והתפתחות רבה על צמחים פונדקאים שלא היו מועדפים בעבר. כן יוחסה לתת-מין B עמידות גבוהה יותר לתכשירי הדברה, ובייחוד פירתוראידים. מקורו של תת-מין B לא ברור, אך קיימת השערה שתת-מין זה הועבר מהעולם הישן לארה"ב. בשנת 1994, לאחר מחקר מקיף, הגדירה קבוצה אמריקאית מריברסייד (קליפורניה) את תת-מין B כמין חדש למדע, *Bemisia argentifolii*. הגדרת המין החדש לוותה בביקורת חריפה מצד קבוצות שונות וכיום, למרות שהוכח לא הסתיים, מקובל להגדיר את המין כנימת עש הטבק (*Bemisia tabaci*) כאסופת גזעים או תת מינים.

בשנת 2000 נמצא בישראל תת-מין נוסף ('Q') שהוגדר לראשונה בספרד. תת-המין Q, שיש לו מחיצה רבייתית ברורה לתת-מין B, נמצא שונה בתכונותיו מהאחרון, וביניהם החשד שהוא פחות רגיש לתכשירים החדשים מקבוצת הניקוטונינים החדשים (כמו קונפידור ומוספילן). הנוכחות של שני תת-המינים של כע"ט השונים בתכונות הביולוגיות שלהם ובתגובה לתכשירי הדברה החדשניים, יכולה להשפיע על הדינאמיקה של האוכלוסיות בשדות ובאזורי הארץ השונים ועל ההתפתחות של תת המין 'העמיד יותר' לאחר טיפולים בתכשירי הדברה. לשם כך רצוי למפות את תפוצתם של תת המינים של כע"ט באזורי הגידול השונים וללמוד על התפוצה שלהם בתנאים אקולוגיים וממשקיים שונים. מנתונים אלו יהיה ניתן להתוות מדיניות הדברה שתיקח בחשבון את פוטנציאל הנזק של כל תת-מין ותתרום בכך להפחתת השימוש בחומרי הדברה.

מטרות המחקר:

ברור המשמעות הביולוגיות והדינאמיקה של תת המינים של כע"ט בארץ בשדות כותנה וגידולים אחרים לבחון האם יש קשר בין עמידות לתכשירי הדברה עיקריים כמו טייגר ומוספילן ובין תת-המין של כע"ט להשוות שיטות מולקולאריות מתקדמות כדי לאבחן את אוכלוסיות תת-המינים השונים.

שיטות וחומרים

פיתוח והשוואה של השיטות המולקולאריות במכשיר PCR (יתואר בהמשך).

ניסויי הכלאות (הצלבות) של תת המינים Q ו-B

בניסויים נלקחו כ-20 נקבות בתולדות מכל תת מין והוכנסו לשבוע בכלוב עם מספר כפול של זכרים מתת-המין האחר. כביקורת נלקחו נקבות שהוכנסו לכלוב עם זכרים מאותו תת-המין. בסדרה זו של הכלאות נוסו שתי אוכלוסיות מעבדה (Pyri-S = B; Pyri-R = Q), ומספר אוכלוסיות שדה. בכל האוכלוסיות, ההכלאות נעשו משני הכיוונים (reciprocal crosses), כלומר: נקבות X Q זכרים B; ונקבות X B זכרים Q. מכיוון שנקבות כע"ט ללא הפריה מטילות ביצי זכרים, הרי יחס הזוויגים של הצאצאים יראה על הצלחה בהזדווגות/הפריה בין תת המינים.

הדינאמיקה של תת-המינים בשדה והקשר לעמידות לטייגר

נבדקה ע"י אסוף של כע"ט מאזורי הארץ השונים ובעונות שונות, בעיקר בשלושת האזורים: חוף הכרמל, עמק איילון והנגב המערבי. בוגרי כע"ט נאספו באמצעות שואב ידני לתוך כלובים קטנים והועברו למעבדה לניסויים. אוכלוסיות שדה שנאספו מאזורים שונים בארץ נבחנו לעמידות לתכשירים טייגר, מוספילן, אקטרה ופגסוס. במקביל למבחן הרגישות נבדק תת המין של כל אוכלוסייה שנבחנה לניטור העמידות.

הדינאמיקה במעבדה

אוכלוסיית שדה שנאספה בסוף 2002 מעמק איילון הוחזקה במעבדה בתנאים סטנדרטיים, ללא טיפול בתכשירי הדברה לעומת סלקציה מכוונת בטייגר או בניקוטין חדש (כמו מוספילן או אקטרה). התנגדות לטייגר ולמוספילן נבחנה מדי מספר דורות. במקביל נלקחו דגימות של האוכלוסיות לאבחנה של תת המין.

תוצאות ודיון

1. פיתוח והשוואה של השיטות המולקולאריות; הושוו השיטות הבאות בעזרת PCR:
 - a. RAPD-PCR (Random Amplified Polymorphic DNA).
 - b. SCAR (Sequences Characterized Amplified Regions) על בסיס תוצרי RAPD-PCR עם AFLP (Amplified Fragment-Length Polymorphism).
 - g. AFLP על בסיס PCR של גן לתעלת הנתרן (para sodium- channel).
 - d. PCR על בסיס סמנים מיטוכונדריאליים ל-COI (cytochrome oxidase I); שיטה זו פותחה ואומתה כשיטה המובילה לאבחון מדויק של תת המינים:

בתהליך זה השתמשנו בפריימרים שונים להגברה ולאנליזה של מקטעי גן מיטוכונדריאלי - mtCOI. התהליך נעשה במכשיר PCR; בשלב הראשון נעשתה הפרדת גדילים של ה-DNA ובשלב האחרון נעשתה הגברה של

קטעי ה-DNA. אחרי שיבוט במערכת "pGEM-T easy" וקביעת הרצפים נמצא שאנזים החיתוך (רסטריקציה) *VspI* מתאים לזיהוי של תת המינים B ו Q של כע"ט.

2. ניסויי הכלאות (הצלבות) של תת המינים Q ו-B

בטבלה 1 מובאות תוצאות ההכלאות שנעשו השנה בין האוכלוסיות השונות. בהכלאות של אותו תת מין התקבל יחס זוויגים ביחס של 1:1 בקירוב; למרות שבהכלאות של אוכלוסיות שדה היו בד"כ יותר צאצאים ויחס גבוה יותר של צאצאי נקבות. כמו הרבה מינים בעלי מנגנון רבייה ארנוטוקי (דבורים למשל), גם בכע"ט בד"כ מוצאים בשדה יותר נקבות מזכרים. בהכלאות אוכלוסיות מעבדה של B X B (Pyri-S) התקבלו מספר צאצאים גבוה בהרבה מאלו שנתקבלו מההכלאות של Q X Q מעבדתי (Pyri-R). לעומת זאת, למרות שנראו הזדווגויות או ניסיונות חיזור של הזכרים מתת-מין אחד לנקבות של תת המין השונה, לא התקבלו כלל נקבות מהכלאות שבהן הנקבות היו מתת המין B, ואילו בשעה שההורה הנקבי היה Q, קבלנו מעט מאוד צאצאי נקבות (ביחס של 1:0.01 - נקבות: זכרים). לא ברור מה הגורמים לחוסר ההתאמה בין שני תת המינים; האם זה קשור בחיידקים שמפילים את הצאצאים הנקביים או בחוסר התאמה אחר. מתוך מחקרים שדווחו לאחרונה, הדבר נובע חלקית גם מתופעה התנהגותית בה נצפו דחייה של הזכרים מתת מין אחד ע"י הנקבות מתת המין השני. נוכחות של חיידקים בכע"ט שמפילים את צאצאי הנקבות אף היא דווחה לאחרונה, אך עדיין אי ההתאמה בין תת המינים לא נלמד בברור.

טבלה 1. ניסויי הכלאות בין שני תת המינים, Q x B, שנעשו בעונת 2004

מוצא האוכלוסייה	הורים (תת המין)		צאצאים		יחס זוויגים
	20 נקבות	40 זכרים	נקבות	זכרים	
מעבדה	(B) Pyri-S	(B) Pyri-S	147	137	1:1.1
נגב מערבי	(B) Neg-02	(B) Neg-02	360	206	0.7:1
מעבדה	(B) Pyri-S	(Q) Pyri-R	0	326	1:0
נגב-ערבה	(B) Neg-02	(Q) Arava-03	0	245	1:0
מעבדה	(Q) Pyri-R	(Q) Pyri-R	55	56	1:1
ערבה	(Q) Arava-03	(Q) Arava-03	458	316	0.7:1
מעבדה	(Q) Pyri-R	(B) Pyri-S	1	87	1:0.01
ערבה-נגב	(Q) Arava-03	(B) Neg-02	6	503	1:0.01

3. התפוצה, הדינאמיקה של תת-המינים בשדה והקשר לעמידות לטייגר

בטבלה 2 מובאת רשימת האוכלוסיות השונות שנאספו בשנת 2004 משדות שונים באזורי הארץ השונים, וזיהוי תת המינים שלהן. בשדות מהגליל המערבי, חוף הכרמל, אזור חדרה ואזור הדרום (כפר מנחם, רבדים וביצרון) נמצאה תערובת משני תת המינים, בייחוד בחודשי הקיץ יוני-יולי. ואילו בסוף אוגוסט-ספטמבר הוגדרו בשדות כותנה בגליל המערבי וחוף הכרמל בעיקר אוכלוסיות Q. בעמק איילון נמצאו אוכלוסיות Q בכל הגידולים שנדגמו ובכל האיסופים במשך הקיץ, ובאזור הנגב המערבי היו אוכלוסיות B גם בכותנה וגם בגידולים אחרים בכל הדגימות שנלקחו. בערבה נעשו מספר דגימות במשך שנת 2004 ומעניין שהדגימות שנלקחו מגידולים בחממות אורגניות הוגדרו כ-B לעומת גידולי חממות במשטר רגיל שהוגדרו כ-Q. מלבד אזורים בהם התבסס תת מין אחד או אחר, גם משטר ריסוסים רציף, בייחוד בניקויינים חדשים (או טייגר) כנראה גורמים לסלקציה לתת מין Q. לעומת זאת משטר אורגאני, ללא טיפולים בתכשירים כימיים מביא להתבססות תת המין B.

טבלה 3 מראה את הגדרת תת המין ורמת התנגדות לטייגר בשלושת האזורים, הנגב המערבי, עמק איילון וחוף הכרמל והקשר שלהם לעמידות לטייגר. מטבלה זו נראה קשר ברור בין תנגודת גבוהה לטייגר לתת המין Q לעומת תנגודת נמוכה ו-B. תערובת של שניהם יוצרת עמידות בינונית (בחוף הכרמל).

טבלה 4 מראה את הדינאמיקה של תת המינים באזור חוף הכרמל משנת 1999 עד 2004. משנת 2000 הגדרנו את תת המין באזור זה שהתייצב כ-Q עד סוף 2002, עם עמידות בינונית עד גבוהה לטייגר. בתחילת 2003 "הגיע" גזע B לשדות באזור זה במקביל לרגישות גבוהה לטייגר. בסוף 2003 לאחר כמה טיפולים במוספילן ובפגסוס, חלה עליה בתת המין Q ואיתו עלתה התנגודת לטייגר. בתחילת 2004 דגמנו בחוף הכרמל תערובת של B ו-Q עם תנגודת בינונית לתכשיר זה, ובסוף העונה שוב השתלט תת המין Q בהתאמה עם העלייה בתנגודת לטייגר (טבלה 4).

טבלה 2. אוכלוסיות כע"ט שנאספו בשנת 2004 מאזורי הארץ השונים והגדרת תת המין

אזור	מוצא	גידול	תאריך איסוף	הגדרת תת-המין
גליל מערבי	עברון	כותנה	3/7	B-Q
	עברון	כותנה	20/7	B-Q
	עברון	כותנה	26/8	Q
חוף הכרמל	שפייה	כותנה	15/6	B-Q
	מעייין צבי	כותנה	21/6	B<Q
	עין כרמל	כותנה	19/7	B-Q
	שפייה	כותנה	9/9	Q
אזור חדרה	אחיטוב	מלפפון	21/6	B-Q
	אחיטוב	סולידגו	21/6	B<Q
עמק איילון	שעלבים	חמניות	30/6	Q
	שעלבים	כותנה	4/8	Q
	שעלבים	כותנה	9/9	Q
אזור הדרום	רבזים	כותנה	6/7	Q
	ביצרון	חצילים	6/7	B>Q
	כפר מנחם	כותנה	6/7	Q
	כפר מנחם	אבטיח	6/7	B>Q
נגב מערבי	נחל עוז	כותנה	25/7	B
	נחל עוז	חצילים	20/9	B
	רביבים	תפוחי אדמה	26/10	B
ערבה	חוות יאיר	מרווה	25/2	Q
	חוות יאיר	מרווה אורגנית	25/2	B
	עין ירב	קורולה	10/6	Q
	חוות יאיר	מלפפון אורגני	27/12	B
	חוות יאיר	חציל	27/12	Q

טבלה 3. אוכלוסיות כע"ט שנדגמו בנגב המערבי, עמק איילון וחוף הכרמל, הגדרת תת המינים ורמת התנגדות לטייגר.

מיקום	גידול	תאריך אסוף	תת-מין	רמת התנגדות לטייגר
נגב מערבי	כותנה	07/04	B	נמוכה
"	הצילים	09/04	B	נמוכה
עמק איילון	חמניות	7/04	Q	גבוהה
עמק איילון	כותנה	9/04	Q	גבוהה
מעייני צבי	כותנה	7/04	B-Q	בינונית-
מעייני צבי	כותנה	9/04	Q	גבוהה

טבלה 4. אוכלוסיות כע"ט מחוף הכרמל - ניטור העמידות לטייגר והגדרת תת המין, 1999-2004

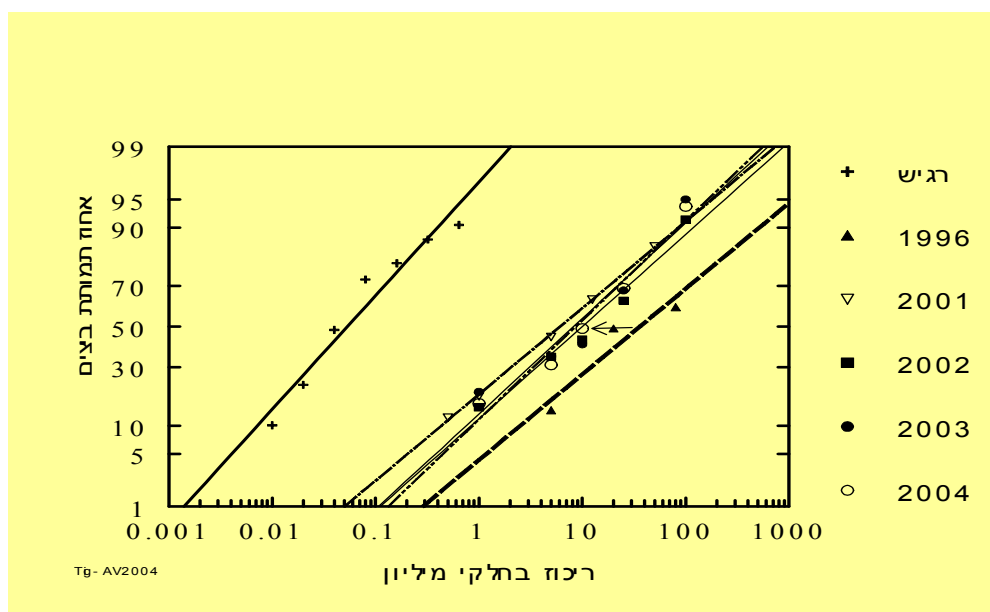
תת המין	עמידות לטייגר	RR9 0	RR5 0	מס' פרטים	האוכלוסייה
B	-	1	1	9308	מעבדה - גזע רגיש (S)
-	גבוהה	199	435	3360	1999
Q	גבוהה	402	637		2000
Q	בינונית+	159	170		2001
Q	בינונית+	217	67	2584	2002 (תחילת העונה)
Q	בינונית+	211	279	7210	2002 (סוף העונה)
B	נמוכה	4.9	1.2	2744	2003 (תחילת העונה)
Q	בינונית+	217	186	5052	2003 (סוף העונה)
B-Q	בינונית-	203	16	2099	2004 (תחילת העונה)
Q	בינונית+	234	186	2033	2004 (סוף העונה)

יציבות התנגדות לטייגר בתנאי שדה ובתנאים מבוקרים - הקשר לתת המינים של כע"ט

בשנים האחרונות מסתמנת פחיתה מסוימת בתנגודת לטייגר כע"ט - בשדות הכותנה באזורים השונים בארץ. באזורים כמו עמק איילון וחוף הכרמל שהגיעו עד לעמידות של פי כ- 1000 ויותר (לפי אינדקס העמידות) הפסיקו המגדלים לטפל בתכשיר זה ועברו לטפל בתכשירים ידידותיים אחרים מקבוצת הניאו-ניקוטינואידים (בעיקר מוספילן) ופגסוס.

בעמק איילון הובחנה עמידות גבוהה ב- 1995 עם עמידות של כפי 500 ויותר מ- 1000 (לפי LC-50 ו- LC-90 בהתאמה). בעונת 1996 עדיין טפלו באזור בטייגר וכתוצאה מכך עלתה העמידות לפי 5,000 (LC-90). בעונת 1997 הפסיקו לטפל בטייגר באזור זה ובעקבות כך ניתן לראות ירידה מובהקת ברמת העמידות עד שנת 2001, והתייצבות העמידות ב- 2002-4 (ציור 1). נשאלת השאלה האם התנגודת היא יציבה ומה הסיבה לכך? והאם אוכלוסיות כע"ט מאזור עמק איילון תהיינה רגישות לטייגר בשנים הבאות?

ציור 1. הרגישות לטייגר של כע"ט שנאספו מאזור עמק איילון בשנים 1996 – 2004. החץ מצביע על הפחיתה בתנגודת שהתייצבה משנת 2001.

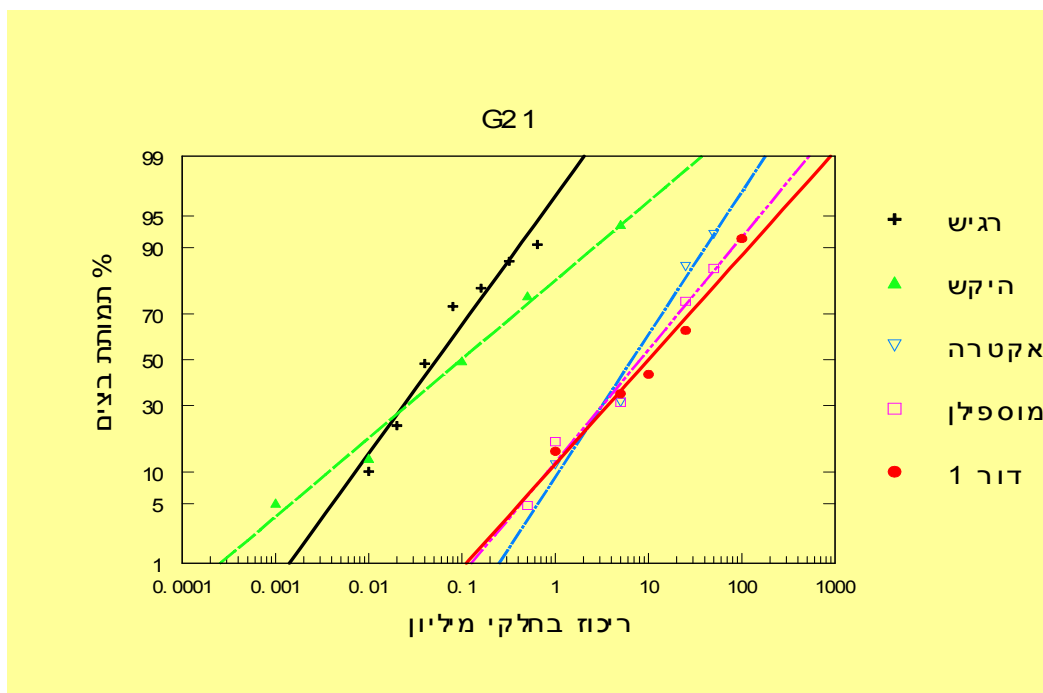


כדי לראות את מהלך הירידה בעמידות במעבדה והקשר לתת המינים, נלקחה אוכלוסייה כע"ט משדה כותנה בעמק איילון בסוף עונת 2002, שהכילה גם Q (בעיקר) וגם B. באוכלוסייה זו נבדקו העמידות לטייגר והרכבת המינים כל שלושה דורות. בנוסף לכך, חלק מאותה אוכלוסייה השדה שנמצאה עם עמידות קלה לקבוצת הניאו-ניקוטינואידים, עברה סלקציה מכוונת למוספילן או לאקטרה. אוכלוסיות הסלקציה נבחנו לעמידות כלפי

התכשירים איתם נעשתה הסלקציה, כלומר למוספילן ולאקטרה; ובנוסף גם לטייגר. גם כאן הבדיקה לתכשירים ולהרכב תת המינים נעשתה כל שלושה דורות.

בטבלה 5 מתוארת מהלך הירידה בעמידות לטייגר - מדי שלושה דורות - של אוכלוסיית כע"ט שנאספה בעמק איילון בסוף עונת 2002 והוחזקה בתנאי מעבדה סטנדרטים עד לדור 21. כבר בדור ה-6 (לאחר כחצי שנה) הסתמנה פחיתה רבה בתנגודת של האוכלוסייה לטייגר ושינוי תת המין ל-B; ובדור 18 נמצאה האוכלוסייה רגישה מאוד לטייגר. ציור 2 מסכם את הממצאים לדור 21. כאשר האוכלוסייה נותרה ללא טיפול חלה ירידה ניכרת בעמידות לטייגר ואילו סלקציה או למוספילן או לאקטרה (אותה קבוצה) מנעה את הירידה בעמידות לטייגר. בבדיקה של תת המין של אוכלוסיות אלו מצאנו את הממצאים הבאים: 1. האוכלוסייה שנאספה מהשדה בסוף 2002 הכילה בעיקר Q אבל גם מעט B; 2. האוכלוסייה שהוחזקה ללא טיפול במעבדה עברה לאחר כחצי שנה להיות רק B (הרגיש לטייגר); 3. האוכלוסיות שעברה סלקציה או למוספילן או לאקטרה ולא ירדה ברמת התנגודת לטייגר הוגדרו כ-Q. מהלך דומה כנראה התרחש גם בשדה והשימוש בניקוטנים החדשים יצר סלקציה ל- תת המין Q ומנע את הירידה בעמידות לטייגר.

ציור 2. היציבות של העמידות לטייגר בכע"ט מעמק איילון 2002 - דור 21- בתנאי מעבדה סטנדרטיים. רגיש = אוכלוסיית סטנדרט רגישה; דור 1 - הדור שנאסף מהשדה וגודל דור אחד; היקש- אוכלוסייה שלא טופלה בתכשירי הדברה; אקטרה - אוכלוסייה שעברה סלקציה לאקטרה; מוספילן - אוכלוסייה שעברה סלקציה למוספילן.



טבלה 5. הירידה בתנגודת לטייגר והגדרת תת המין באוכלוסיית עמק איילון 2002 שהוחזקה בתנאי מעבדה עד לדור 21, ללא כל טיפול בתכשירי הדברה. (RR- יחס התנגודת של גזע הנבדק לעומת הרגיש)

תת המין	עמידות לטייגר	RR9	RR5	מספר פרטים	הדור
B	אין	1	1	9308	גזע רגיש לטייגר
Q, B	גבוהה	280	375	1568	1
Q, B	בינונית	97	75	1905	3
B	נמוכה	14	5	2878	6
B	נמוכה	29	5	1193	9
B	נמוכה	37	5	1927	12
B	נמוכה	43	3	1118	15
B	אין	6	3	1502	18
B	אין	6	3	2764	21

סיכום

הדינאמיקה של תת המינים של כע"ט בארץ בשדות כותנה.

בשנת 2004 נעשה סקר מקיף של אוכלוסיות שונות בשדות כותנה וגידולים אחרים מאזורי הארץ השונים. בחלק מהאזורים נלקחו דגימות לבדיקה בתאריכים שונים. זוהו אזורים ששם נמצא תת המין B או Q' או שנמצאו בהם שני תת המינים בתערובת של יחסים מספריים שונים. בחלק מהמקרים נמצא בתחילת העונה תת המין B; ובסוף העונה, לאחר מספר ריסוסים במוספילן ופגסוס נמצאה אוכלוסייה שהוגדרה כ-Q. יתכן שהטיפול גרמו לסלקציה לתת-מין Q. בשדות ללא טיפולים כימיים (אורגאניים) זוהה בעיקר תת המין B. בחינת הקשר בין עמידות לתכשירי הדברה עיקריים כמו טייגר ומוספילן ובין תת-המין של כע"ט גם בשנת 2004 נמצא קשר ברור בין העמידות לטייגר ובין תת-מין Q באוכלוסיות השדה שנדגמו. עדיין יש מספר אזורים (כמו הנגב המערבי) שלא נתגלתה בהם עמידות גבוהה לטייגר ובהם תת-מין השולט הוא B. מכיוון שיש מחיצה רבייתית בין שני תת-המינים, יתכן שניתן להגדיר בתחילת עונת הגידול את האזורים שטיפול בטייגר יהיה יעיל.

השוואת שיטות מולקולאריות מתקדמות - לאבחון את אוכלוסיות תת-המינים השונים

לאחר עבודה מולקולארית מאומצת שבה נבחנו מספר שיטות, הצלחנו למצוא שיטת PCR אמינה וייחודית על בסיס סמנים מיטוכונדריאליים ל-COI (cytochrome oxidase I) שאפשר להגדיר את תת-מין B או Q/

ניסויי מעבדה שמקשרים טיפולים בתכשירי הדברה לתת המין Q

בניסויי מעבדה הוכח שאוכלוסייה מהשדה שכוללת את שני תת המינים, עוברת - לאחר 6 - 10 דורות של שהייה בחדר גידול - תהליך שבו משתלטת תת המין "B", ועולה הרגישות לטייגר; מכך נראה שתת המין B יותר מותאם לתנאים סביבתיים - באם לא ניתנים טיפולים בתכשירי הדברה. ברגע שהאוכלוסייה מהשדה מטופלת (במספר טיפולים רצופים) במוספילן או באקטרה (ניקוטינים חדשים), תת המין Q יתגבר (והירידה בעמידות לתכשיר טייגר נמנעת).