

הבנת העמידות של חרקים מזיקים לתכשירי הדברה: מנגנונים וחשיבות בבניית ממשק הדברה



מוראד גאנם
המחלקה לאנטומולוגיה
מכון וולקני



מהי עמידות?

הירידה ברגישות של אוכלוסיית מזיק לחומר הדברה, שהיה קודם יעיל בהדברת אותה אוכלוסיית מזיק.



למה יש לפעמים כישלון בהדברת מזיקים?

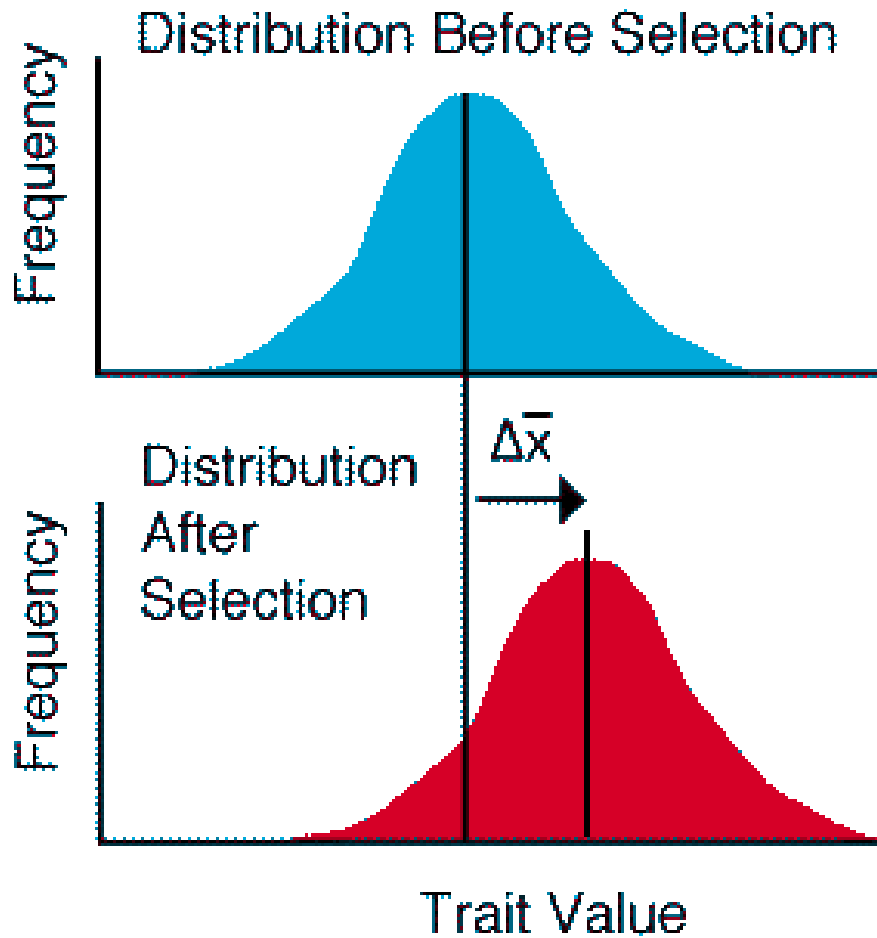
יישום ➤

עמידות ➤

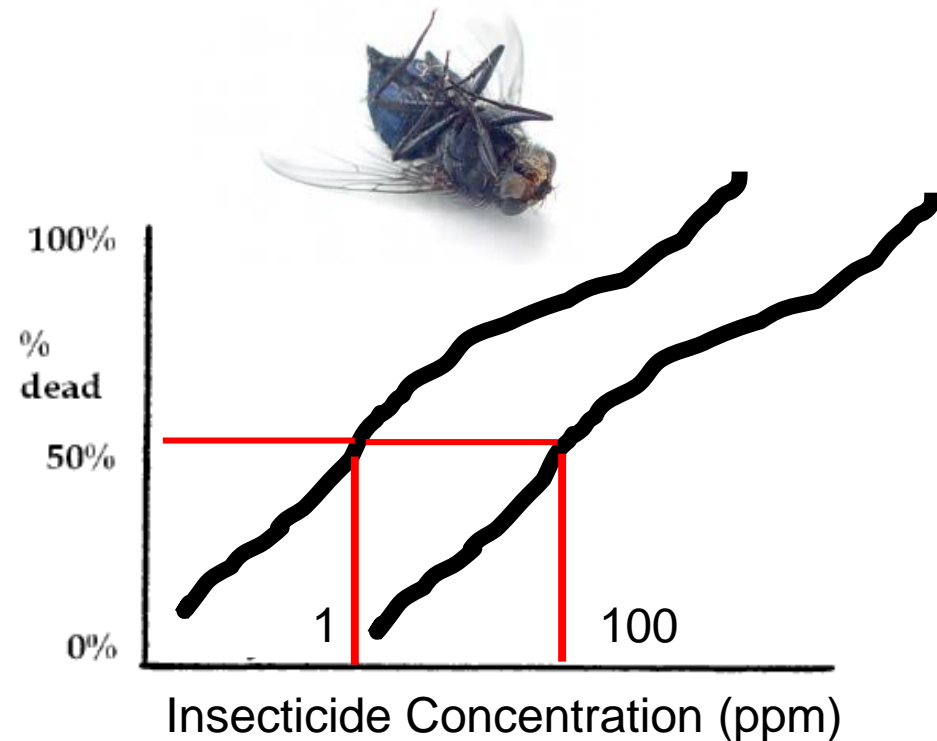
איך זה עובד ??



Directional selection - סלקציה כיוונית



- Lethal dose LD_{50}
- Dose at which 50% of the test insects are killed



מה קורה כשיש עמידות?

תלוי במנגנון העמידות



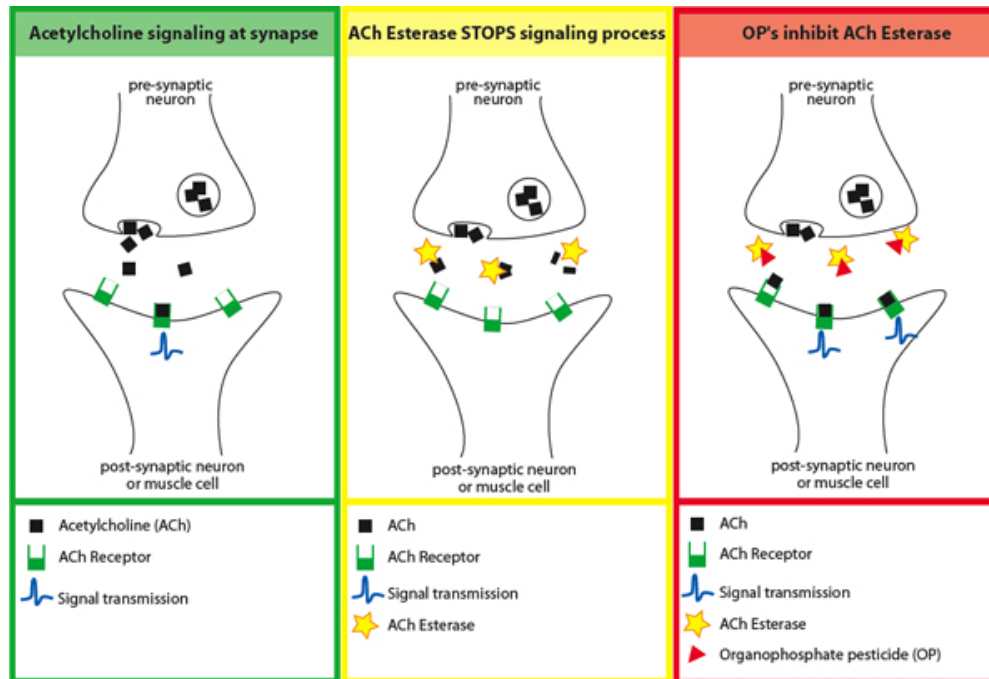
* עמידות התנהגותית

* עמידות כתוצאה
מחדירות נמוכה של
התכשיר

אורגנופוספאטים

תכשירים רבים נשברו ושינוי באתר המטרה (אצטיל כולין אסטרז) זה מה שגרם לסלקציה לאוכלוסיות עמידות

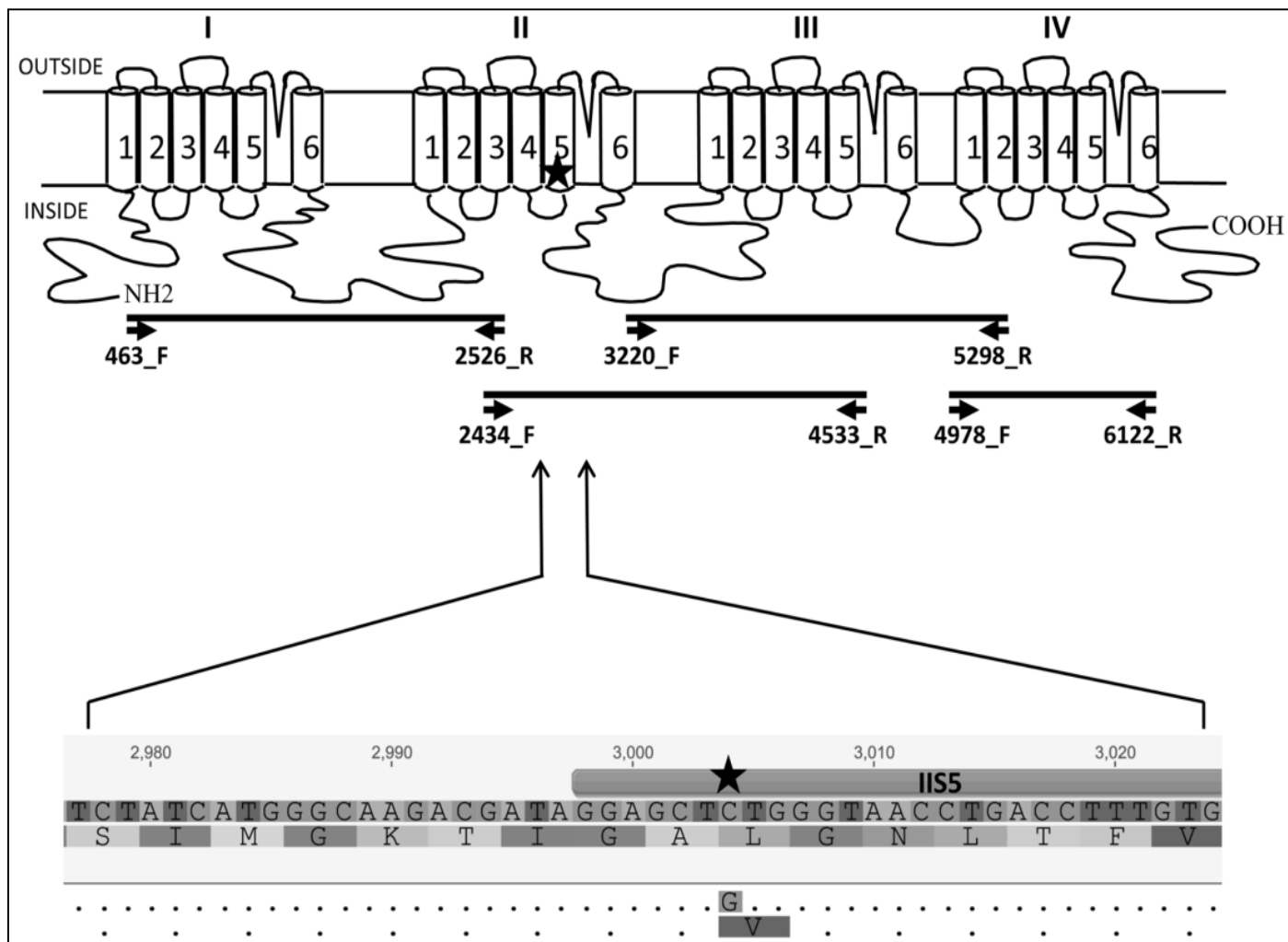
הגדלת המינונים תביא אולי בטווח הקצר לתוצאות טובות אולם לטווח ארוך לסלקציה יותר חזקה, ולנזקים עקיפים.



מוטציות לגנים
המקודדים
לאצטיל כולין
אסטרז ←

מיקום המוטציה L925V בגן תעלת הנתרן VGSC אצל אקרית

הוראה שמקנה עמידות לפרתרואידים



שכיחות המוטציה בגן VGSC לעמידות לפרתרואידים



אלון הגליל

UK1	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	2520
UK2	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	2496
UK3	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	2498
UK4	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	2493
UK5	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	2492
AH1	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	502
AH2	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	524
AH3	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	524
AH4	AGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTATC	525

UK1	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTCTGGGTAACCTGACCTTTG	2560
UK2	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTTG	2536
UK3	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTTG	2538
UK4	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTTG	2533
UK5	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTTG	2532
AH1	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTCTGGGTAACCTGACCTTTG	542
AH2	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTCTGGGTAACCTGACCTTTG	564
AH3	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTCTGGGTAACCTGACCTTTG	564
AH4	ATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTTG	565

UK1	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2600
UK2	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2576
UK3	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2578
UK4	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2573
UK5	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2572
AH1	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	582
AH2	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	604
AH3	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	604
AH4	TGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	605

כפר רות

UK1	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	2519
UK2	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	2495
UK3	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	2497
UK4	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	2492
UK5	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	2491
KR1	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	522
KR2	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	523
KR3	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	522
KR4	TAGCCAAGTCATGGCCAACGTTGAATCTACTGATATCTAT	522

UK1	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTCTGGGTAACCTGACCTTT	2559
UK2	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	2535
UK3	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	2537
UK4	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	2532
UK5	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	2531
KR1	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	562
KR2	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	563
KR3	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	562
KR4	CATGGGCAAGACGATAGGAGCTGTGGGTAACCTGACCTTT	562

UK1	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2599
UK2	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2575
UK3	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2577
UK4	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2572
UK5	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	2571
KR1	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	602
KR2	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	603
KR3	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	602
KR4	GTGTTGGGAATTATCATCTTCATTTTCGCCGTTATGGGCAT	602

כנימות עש

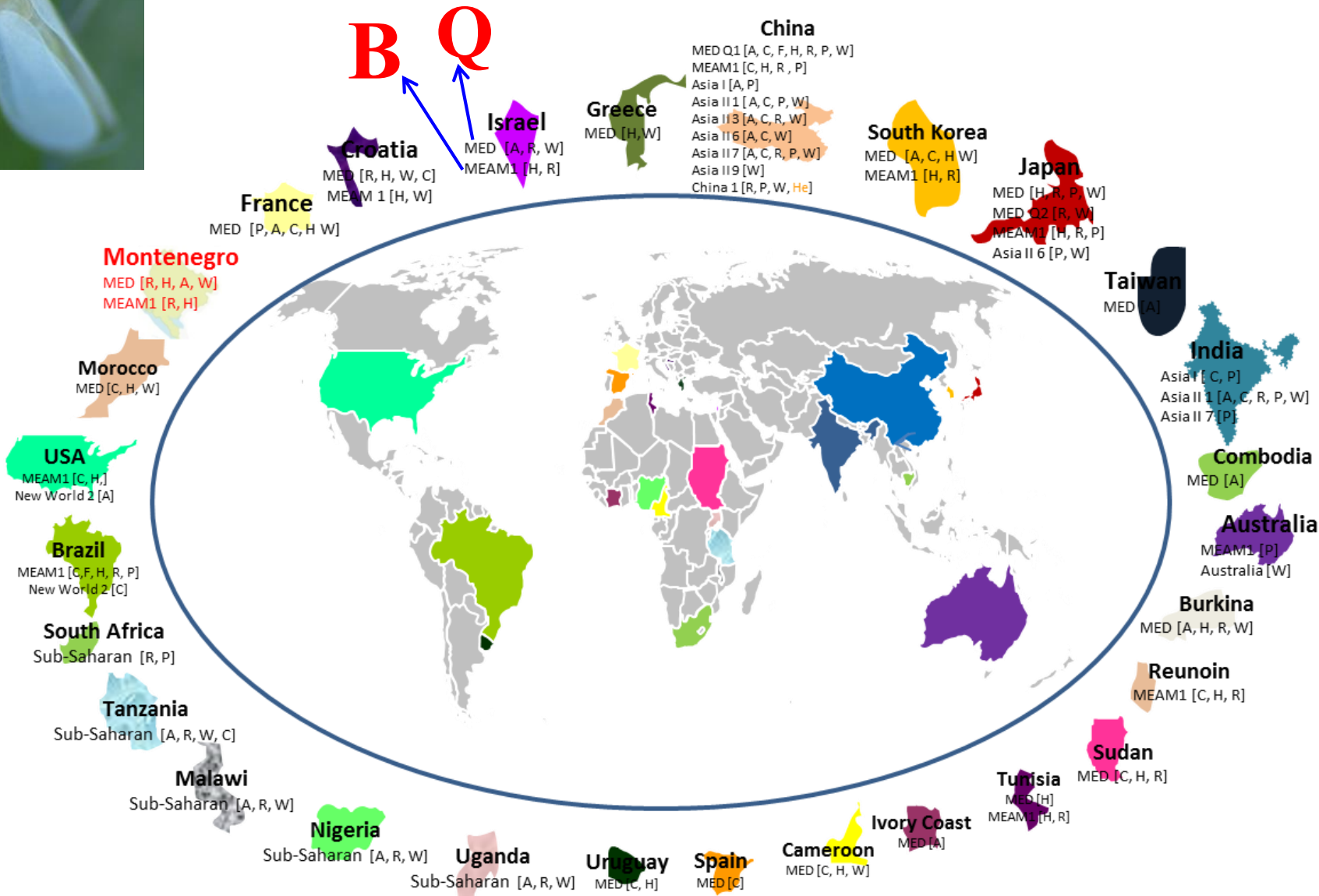


כנימת עש הטבק



2003 -ת

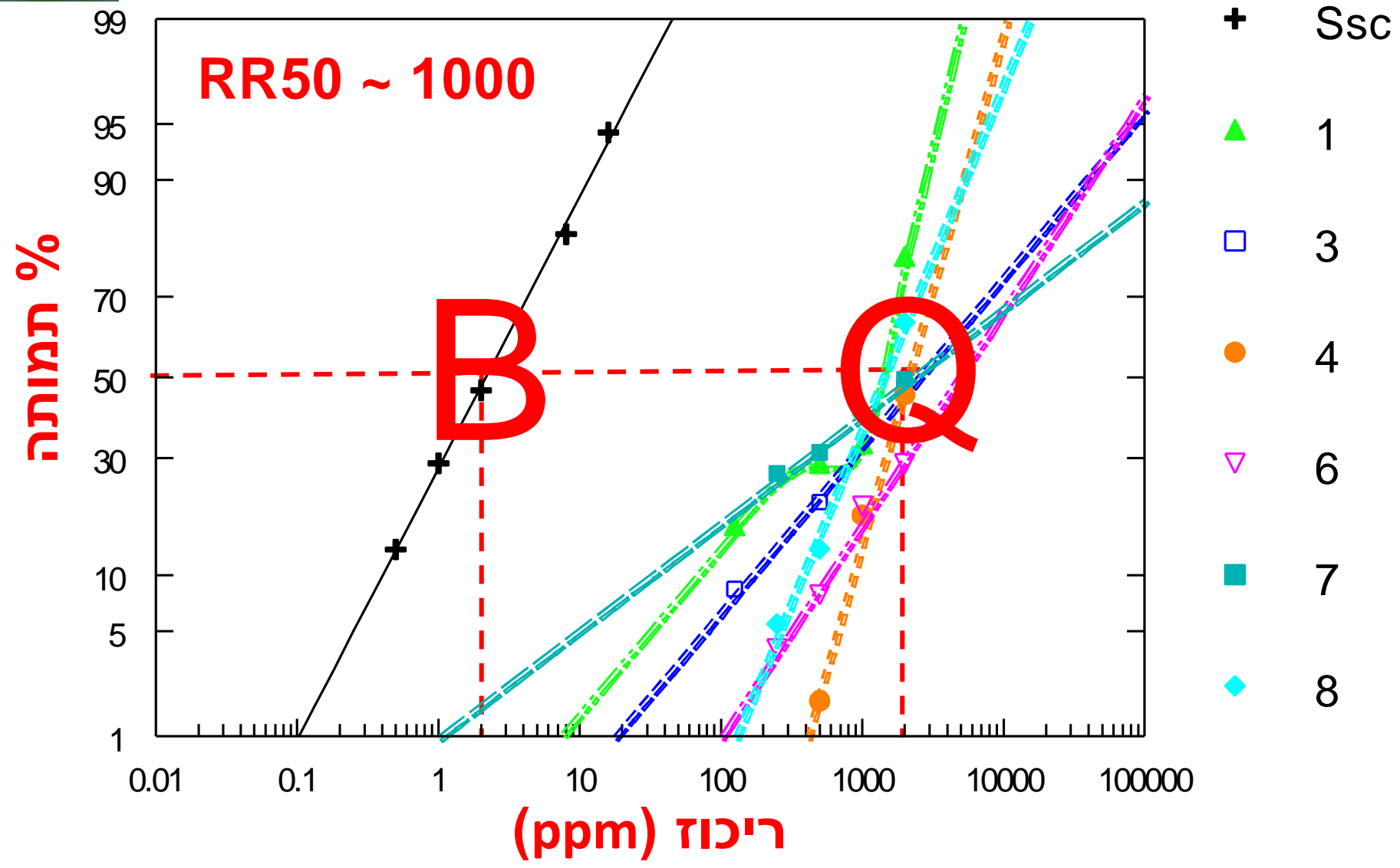
B **Q**





THIAMETHOXAM רגישות לאקטרה

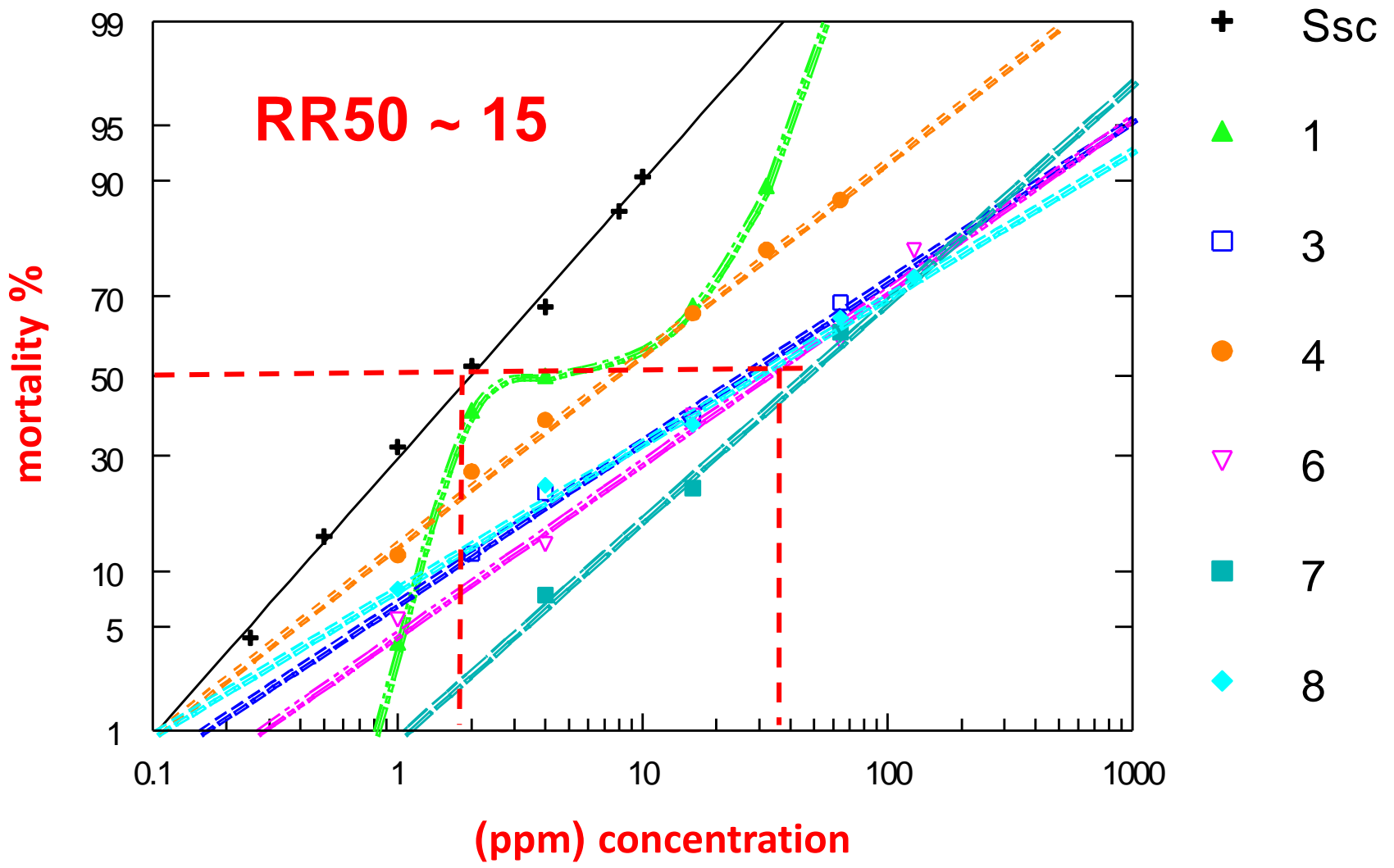
- כנימת עש הטבק – (2010)





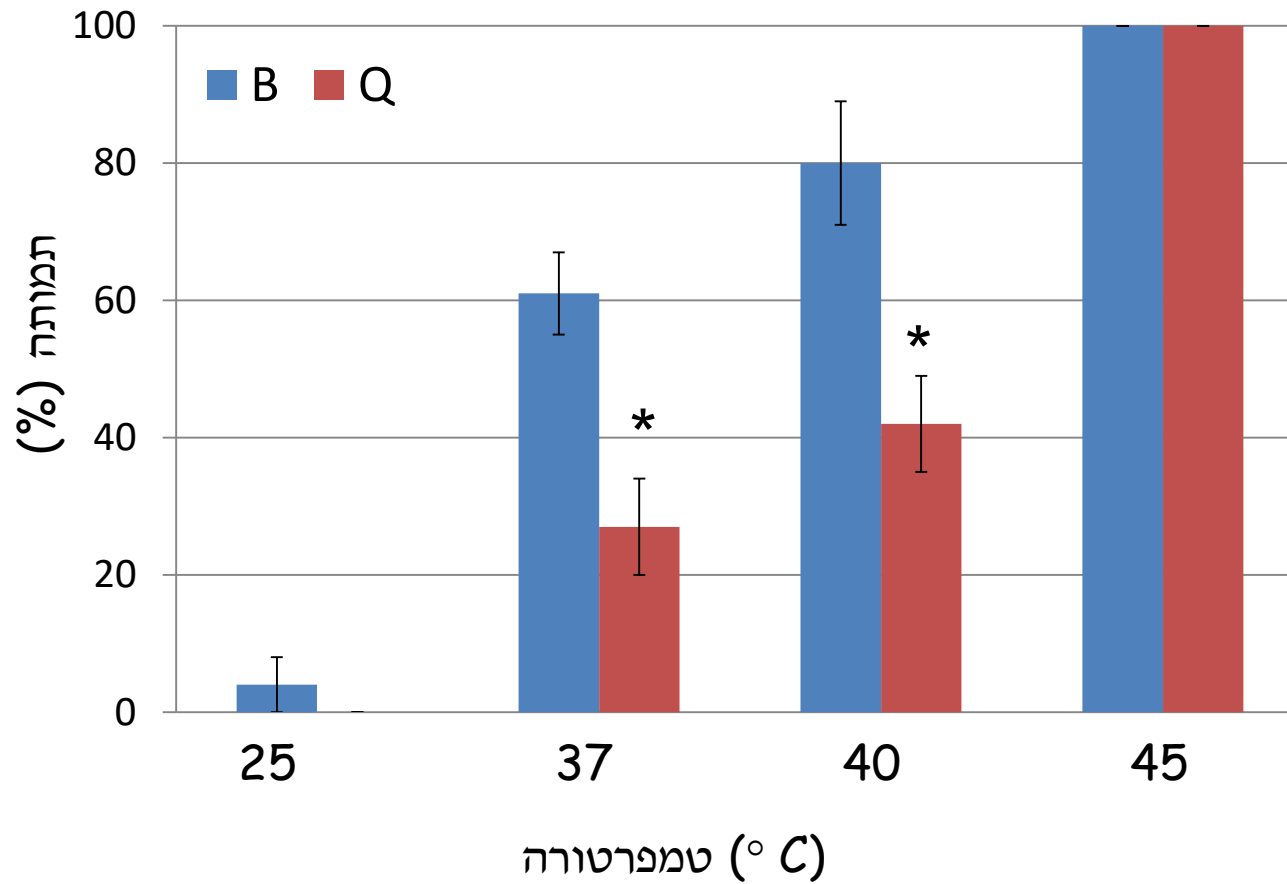
ACETAMIPRID רגישות למוספילן

- כנימת עש הטבק – (2009)



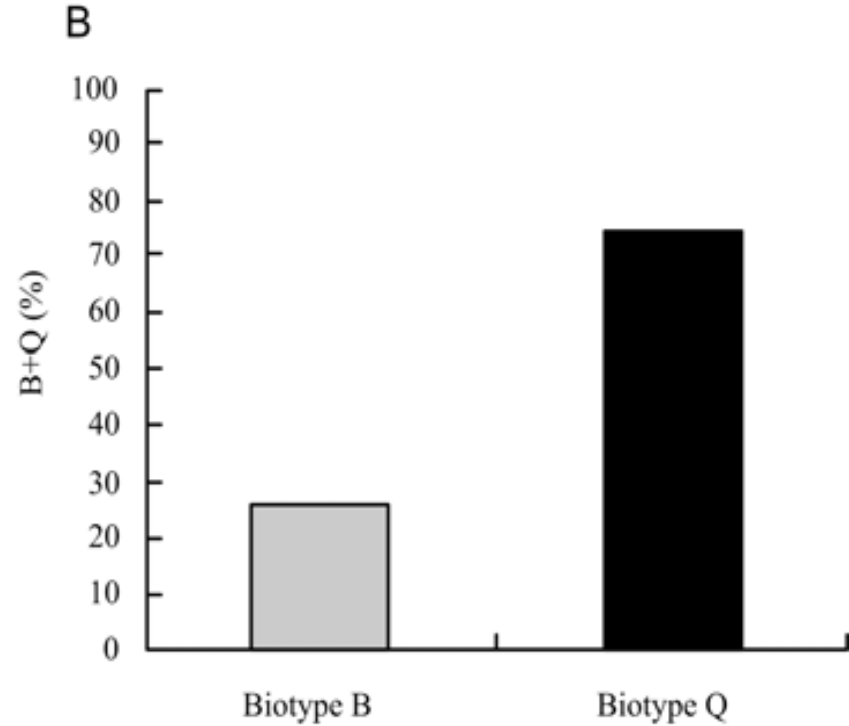
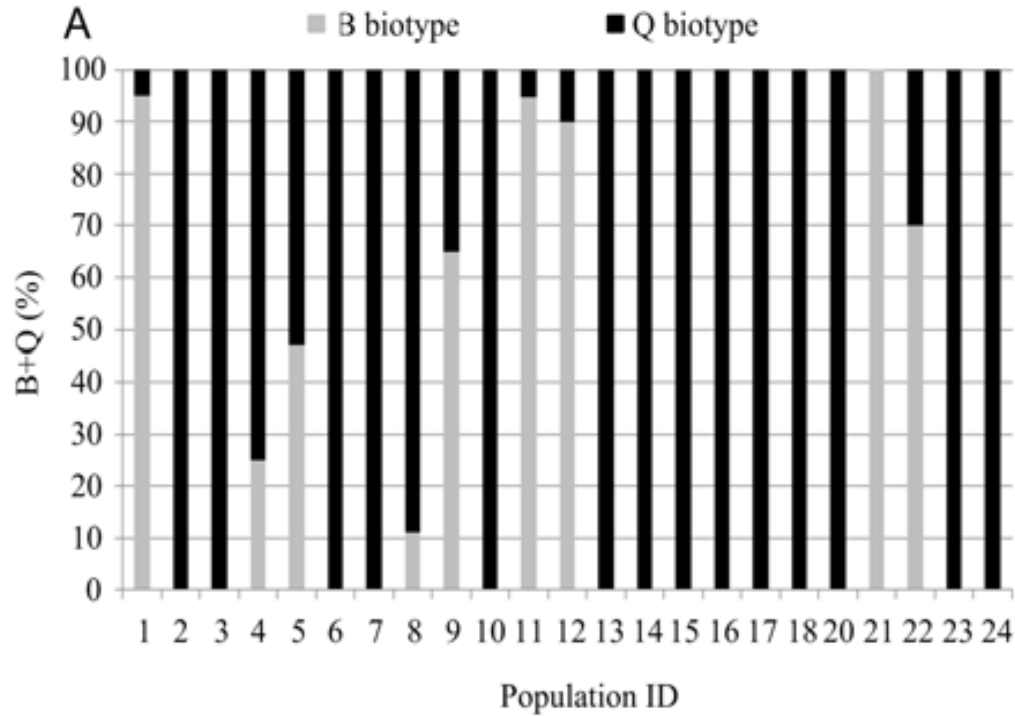


עמידות לחום של B ו-Q



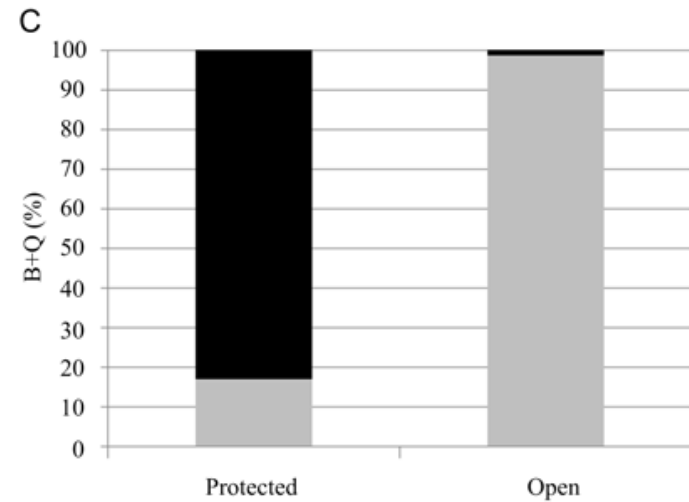
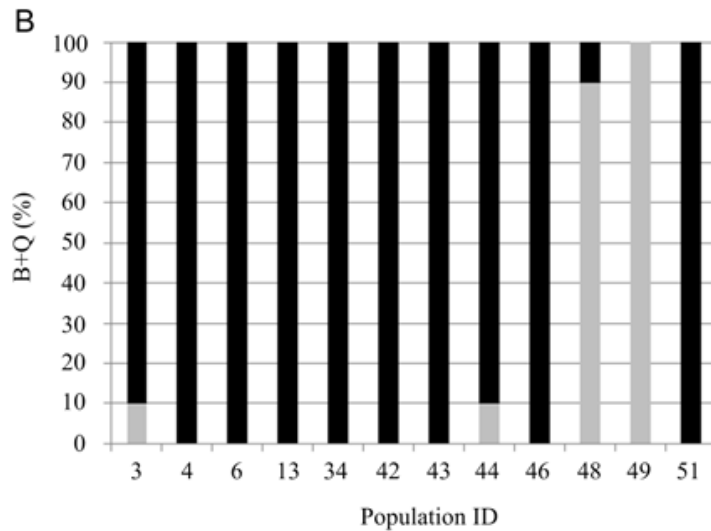
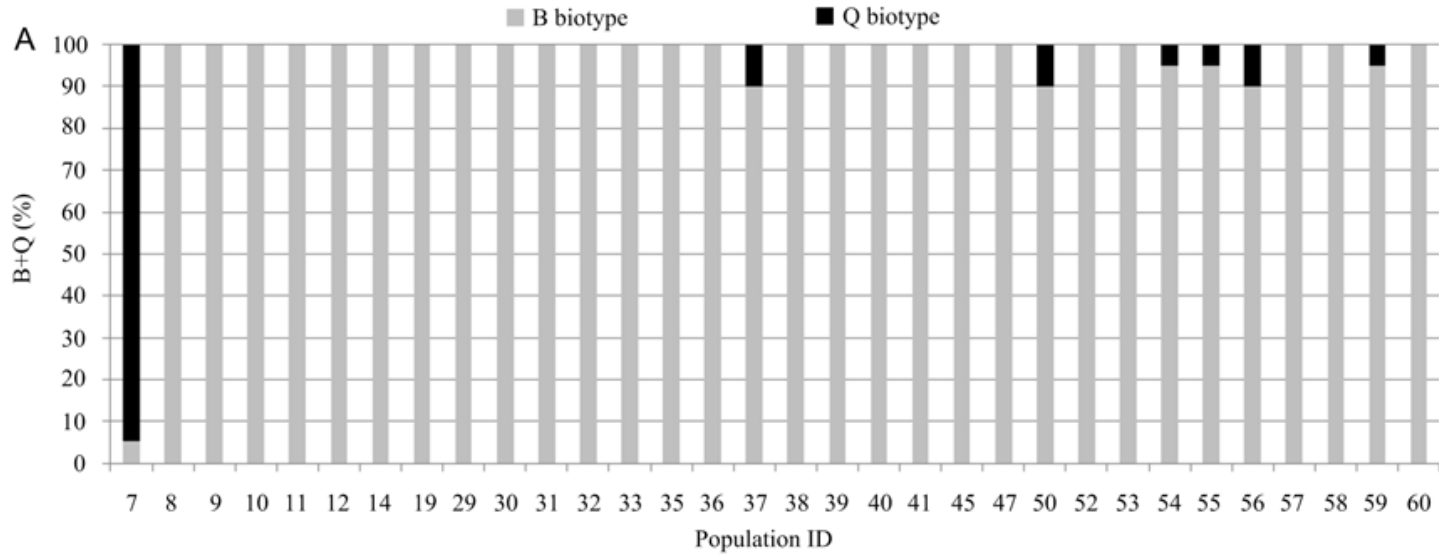


שכיחות של B ו-Q בארץ





הדינאמיקה של B ו-Q בארץ







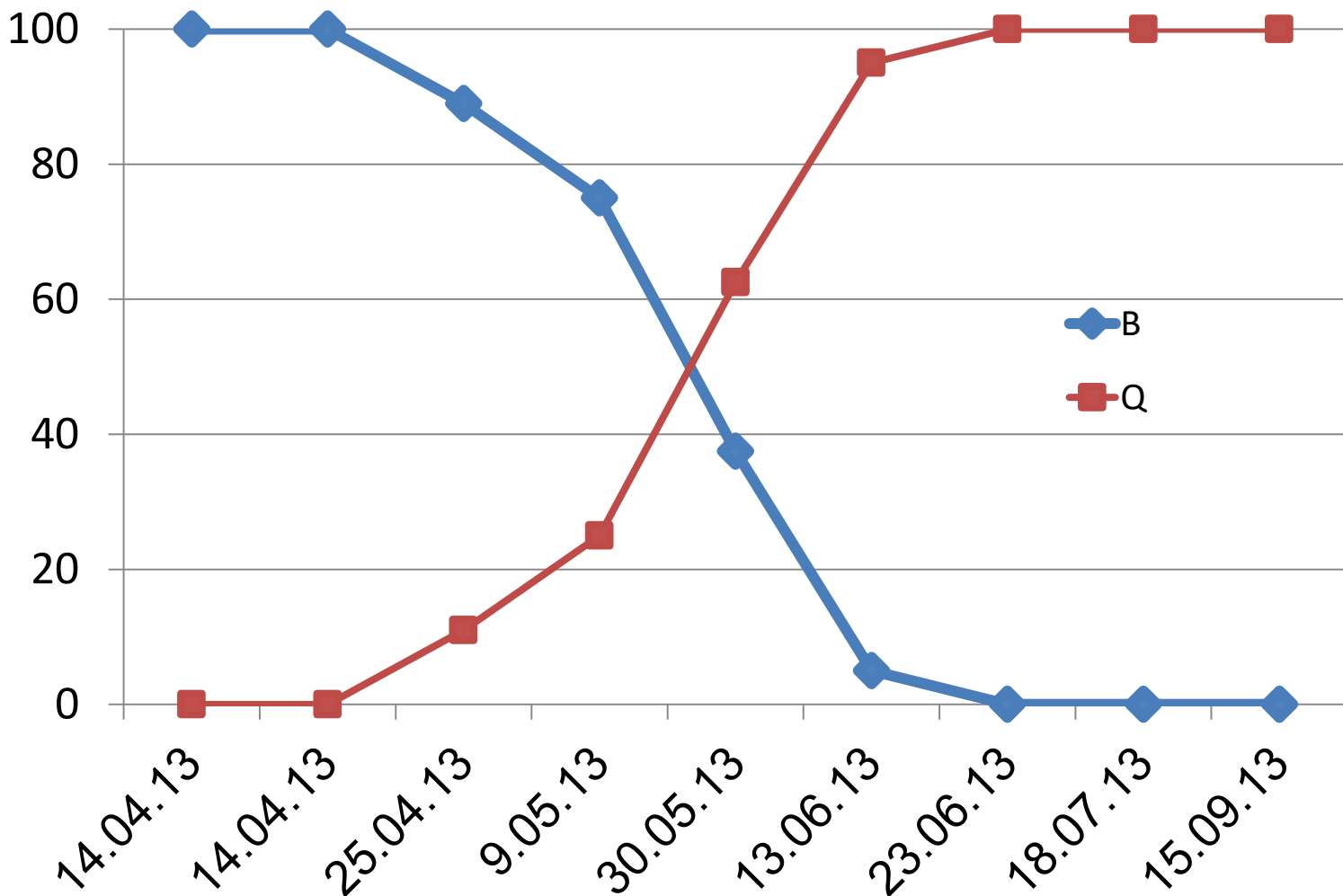
דינאמיקה של תת המינים B ו-Q בבתי רשת 17 מש



עמיד:
1. חום
2. קוטלי
חרקים

רגיש:
1. חום
2. קוטלי
חרקים

$\%B/Q$



תריפס הפרחים המערבי



תריפס הפרחים המערבי

Tomato spotted wilt virus

וירוס כתמי הנבילה של העגבניה



תריפס הבצל





רמות עמידות מאוד גבוהות נגד טרייסור (תריפס הבצל)

Table 3. Response parameters and LC₅₀ values (mg AI L⁻¹) of reference and field-collected populations to several insecticides in a series of concentrations

Population ID	Insecticide tested	LC ₅₀ (mg AI L ⁻¹)	Slope	RF ₅₀
S-1	Carbosulfan	11.0 (3.0–19.3)	0.262 ± 1.531	1
	E. benzoate	2.7 (1.9–3.6)	0.298 ± 1.616	1
	Spinosad	0.3 (0.1–0.5)	0.466 ± 3.084	1
C-1	Carbosulfan	405.2 (288.8–756.5)	0.723 ± 2.339	37
	E. benzoate	98.1 (71.9–124.8)	0.312 ± 1.875	36
	Spinosad	1771.4 (709.2–2911.6)	0.840 ± 1.239	5905
C-2	Carbosulfan	601.8 (461.0–762.6)	0.245 ± 1.481	54
	E. benzoate	65.8 (33.5–106.0)	0.286 ± 2.108	24
	Spinosad	7701.4 (1780.2–302804.3)	0.099 ± 0.378	21 393

בדיקת הרגישות של אוכלוסיות שדה של תריפס הבצל (הטבק) לטריוסר, פרוקליים ומרשל



Population ID	Mortality (%) ± SEM		
	Spinosad (טריוסר) (375 mg a.i. L ⁻¹)	Emamectin benzoate (פרוקליים) (1,820 mg a.i. L ⁻¹)	Carbosulfan (מרשל) (38 mg a.i. L ⁻¹)
S	100	100	100
K-1	32 ± 2	82 ± 4	84 ± 8
K-2	50 ± 3	28 ± 2	82 ± 6
K-3	72 ± 5	52 ± 7	78 ± 6
K-4	74 ± 5	31 ± 12	56 ± 11
N	16 ± 7	28 ± 2	22 ± 2
K-5	100	40 ± 6	83 ± 10
K-6	100	75 ± 6	100 ± 9
T-1	10 ± 6	38 ± 2	7 ± 3
R-1	75 ± 6	17 ± 3	53 ± 7
A-1	97 ± 3	90 ± 4	93 ± 7
E-1	48 ± 8	10 ± 7	68 ± 8
E-2	0	0	31 ± 7
R-2	90 ± 6	30 ± 6	100
R-3	85 ± 6	47 ± 3	93 ± 3

צרופה
 דצמבר 2015
 תריפס קליפורני



Formulations	No of adults	Mortality, % ± SEM
Control	30	10±6a
Sparta+Metronom	30	93±3d
Pirat+Vertimac	30	97±3d
Pirat+Talstar	30	97±3d
Rufast+Proclaim	31	48±9c
Movento+Metronom	30	17±9b
Dicarzol	30	50±11c

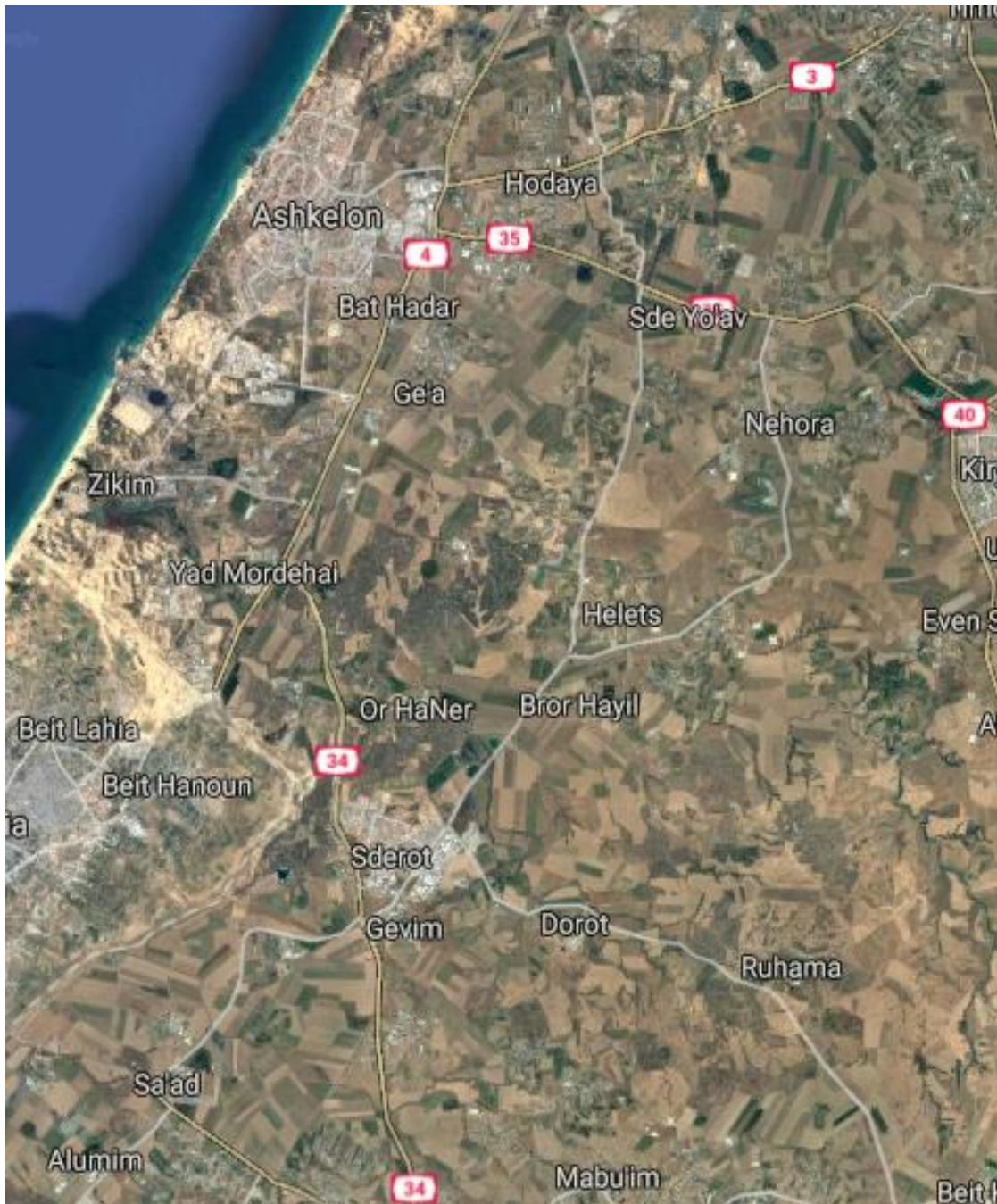
Formulations	No of adults	Mortality, % ± SEM
Control	30	0a
Sparta+Metronom	30	97±3d
Pirat+Vertimac	30	100d
Pirat+Talstar	30	100d
Rufast+Proclaim	32	78±8c
Movento+Metronom	32	72±2c
Dicarzol	32	18±9b

Formulations	No of adults	Mortality, % ± SEM
Control	30	3±3a
Sparta+Metronom	30	97±3d
Pirat+Vertimac	33	86±7d
Pirat+Talstar	30	97±3d
Rufast+Proclaim	32	77±12cd
Movento+Metronom	32	60±0c
Dicarzol	32	37±3b

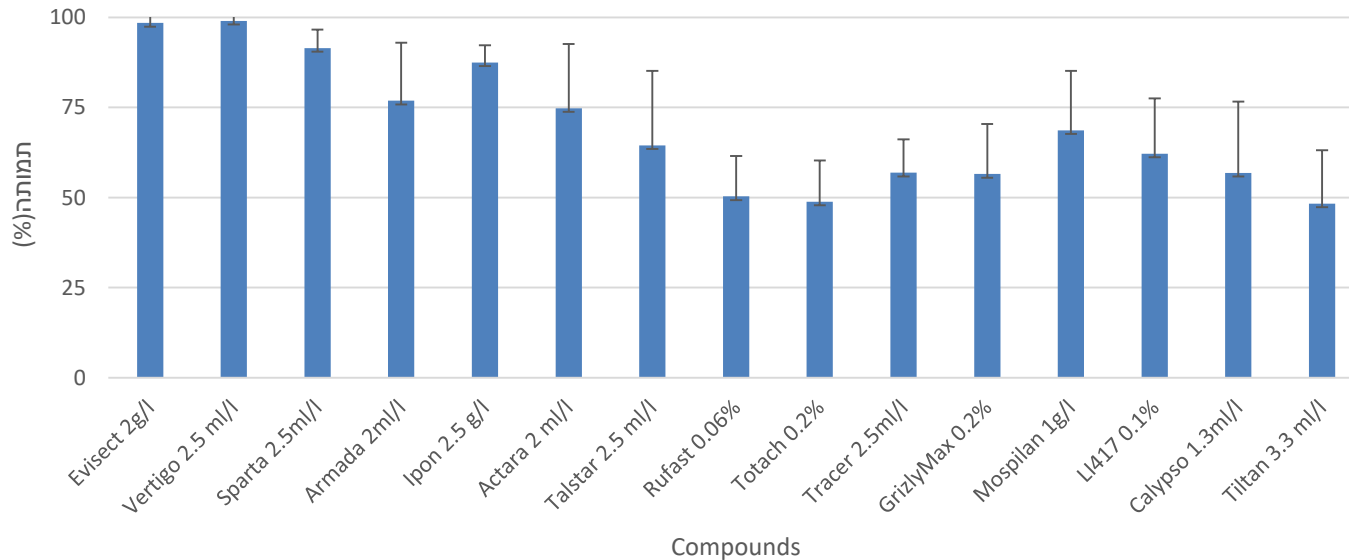
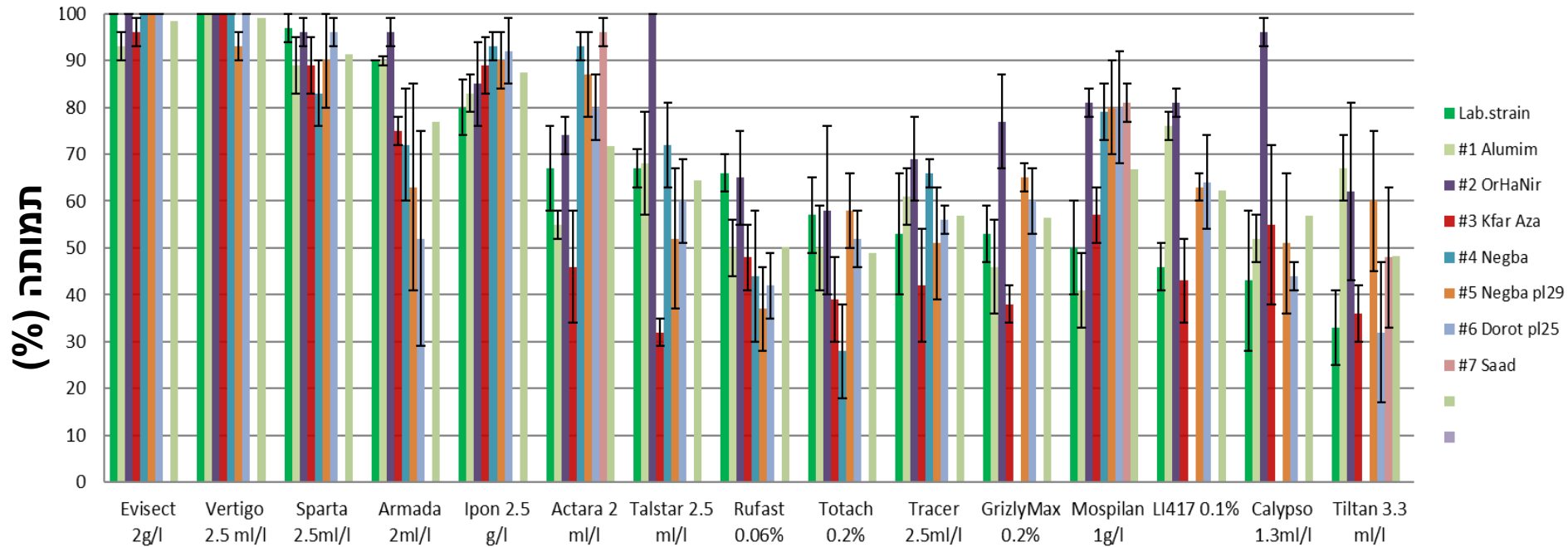
צהבון הגזר



אוכלוסיות הפסילה נאספו מצפון הנגב



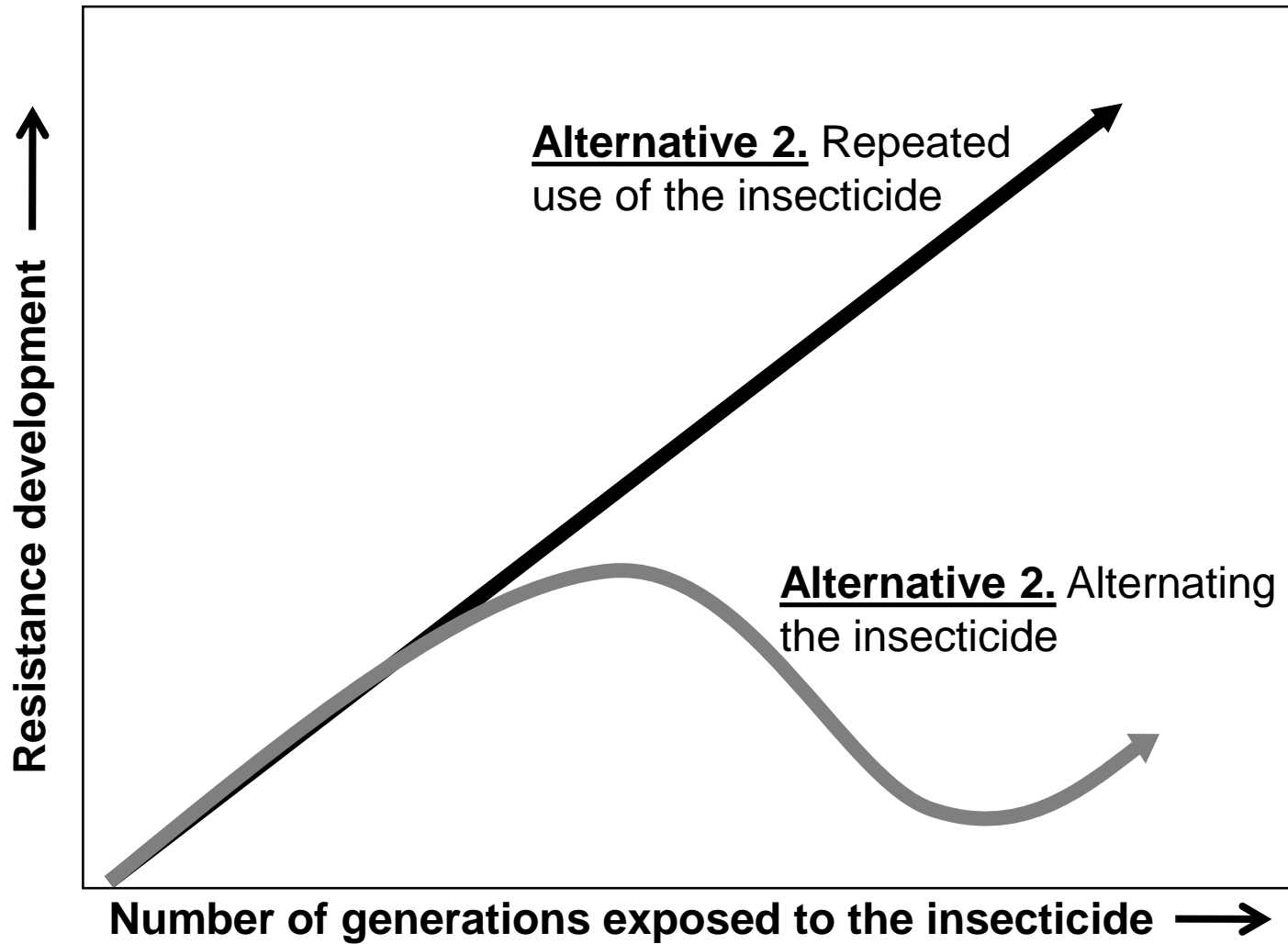
ניטור עמידות – פסילת הגזר 2019



מה אפשר לעשות נגד התפתחות העמידות ?

1. ניטור של המזיק וקביעת ספי נזק לטיפול
2. סף נזק כלכלי. צריך להשתמש בתכשירי הדברה רק כשאוכלוסיית המזיק גורמת נזק שעובר את עלות הטיפולים. להוציא מזה טיפולים מונעים.
3. יישום הדברה משולבת ולא להישען רק על תכשירים כימיים (תכשירים טבעיים, מדבירים ביולוגיים, וכו')
4. יישום נכון ובזמן נכון של התכשירים. ישנם שלבים בהם המזיקים הם הכי רגישים.
5. אלטרנציה של תכשירים מקבוצות כימיות שונות. הכי מומלץ להשתמש בתכשיר מקבוצה אחת פעם אחת בעונה. לא מומלץ לערבב תכשירים ביחד באותו טיפול.

מודל מקובל להתפתחות העמידות



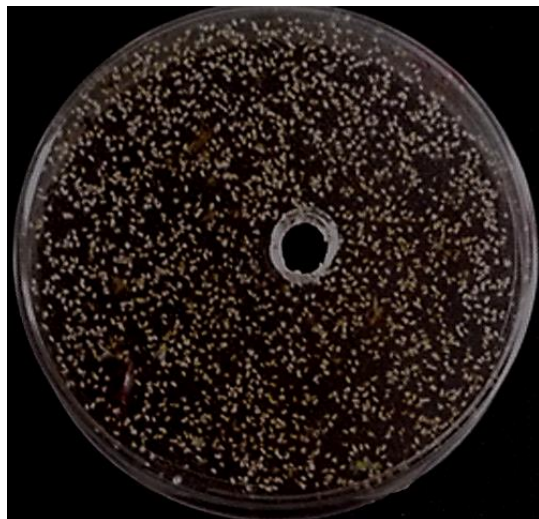
טיפול מוגזם
בתכשיר אחד
עלול לזרז את
שבירתו –
כשהתכשיר זול,
נוח, נגיש
במיוחד חוזרים
ומשתמשים
כשלא בהכרח
יש צורך

להגביר את ההדברה המשולבת

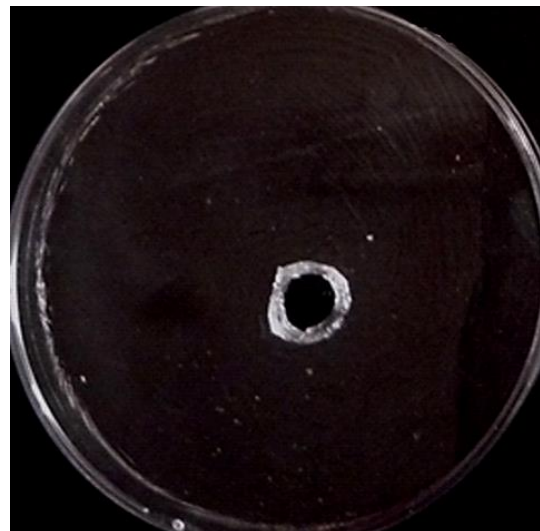
- זיהוי המזיק – ביולוגיה, נזק..
- ניטור – בעין, עדשות, מלכודות..
- ניטור עמידות כשאפשר
- ספי פעולה ונזק – יכול להוות בעיה כי חקלאים לא רוצים לקחת סיכון.
- טקטיקות: קולטוראלית, מכאני, פיזיקאלית, ביולוגית ו.....כימית
- הערכת התוצאות

לכידת כנימות עש במלכודות דבק צהובות

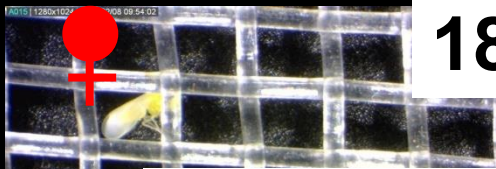
בחוץ



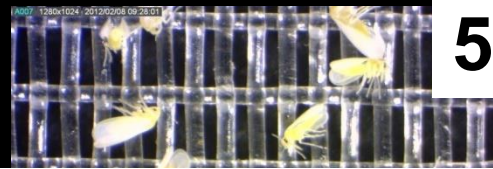
בפנים



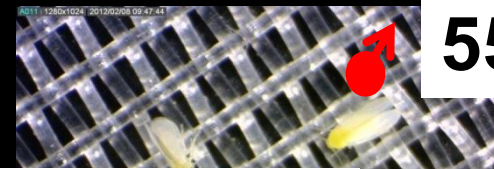
הגנה פיזיקאלית - רשתות



18

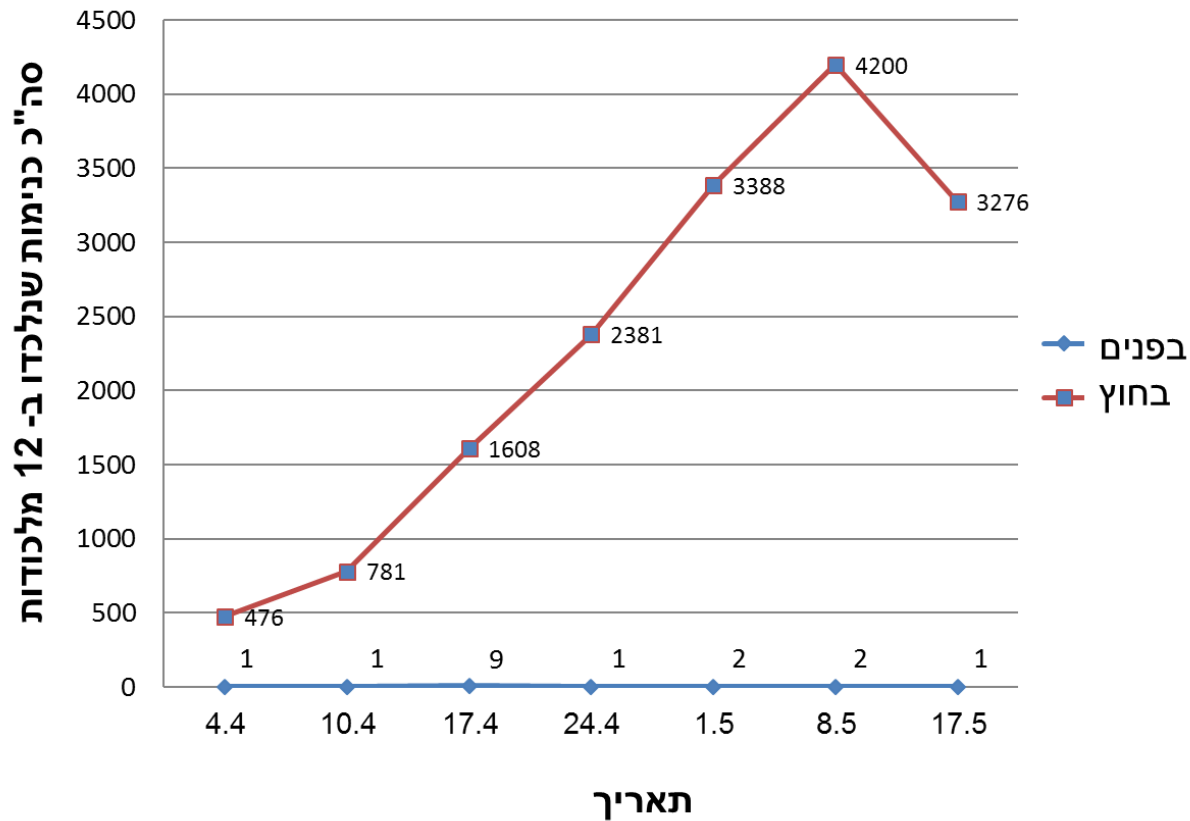


50



55

לכידת כנימת עש הטבק למשך כחודש מחוץ ובתוך בתי רשת 50 מש של בזיל

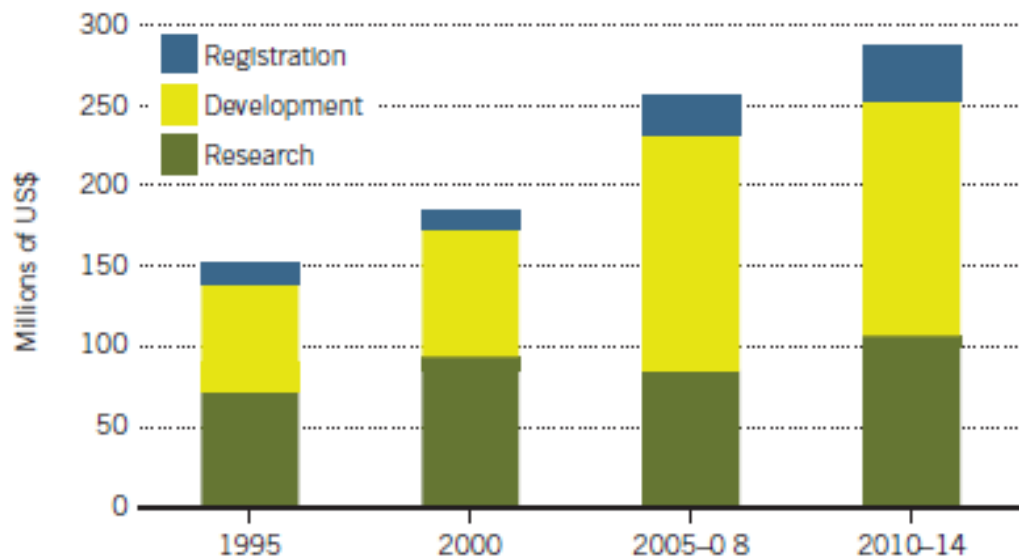
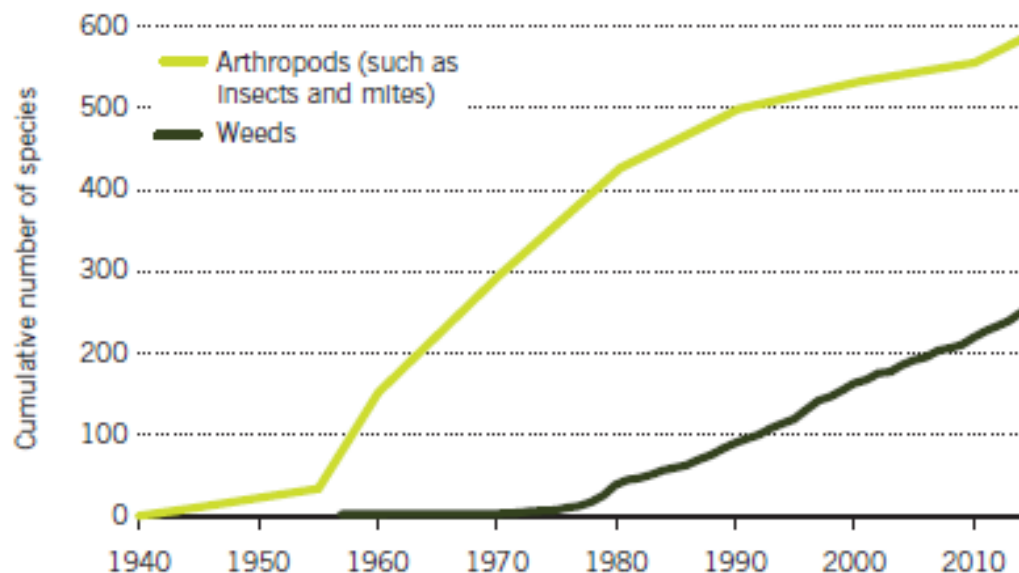


הדברה בשטח פתוח לעומת בתי צמיחה סגורים?

1. אקלים שונה – סלקציה בתנאים נוחים למזיקים
2. אינטנסיביות, יותר צמחים ליחידת שטח, מחבוא ותנאים מיטביים עבור המזיקים
3. גידולים שונים, שיטות גידול שונות ובעקבות זה מזיקים שונים מאשר בשטח פתוח – עוד סלקציה
4. ההתייחסות של החקלאים להדברה שונה

THE RISE OF RESISTANCE

The number of pests (including insect and plant species) resistant to at least one form of synthetic pesticide has been steadily on the rise for decades, as has the cost of developing such chemicals.



586 מיני חרקים עמידים
235 מיני פטריות עמידות

חברות הדברה מחפשות כל הזמן אלטרנטיבות לכימיה והמניע לזה הוא בעיקר בעיית העמידות והיעדר פיתוח חומרים חדשים

רוב מיני החרקים שדווחו כעמידים הם מחקלאות מוגנת בחממות



WHEN THE PESTICIDES RUN OUT

Resistance is exhausting the agricultural arsenal against insects, weeds and disease. New biological approaches could help.

BY BROOKE BOREL

The first thing Broc Zoller does every morning is check the weather forecast. For the past five years, California farmers like him have struggled through historic drought. Now they face the opposite problem. In the first months of 2017, it has already rained more than it did all of last year in Kelseyville, where Zoller grows wine grapes and walnuts, and leases out land to pear growers. The muddy conditions have slowed pruning efforts and delayed the application of sprays used to control key insect species over the winter. If the rains continue as spring arrives, the combination of warmth and wetness could spark fungal and bacterial infections. To protect his crops, Zoller suspects he will have to use several conventional pesticides.

But the selection is getting slimmer, thanks to resistance. Fire blight, a bacterial disease that can cause weeping cankers on pear-tree trunks, generally responds to antibiotics, but the drugs can stop working if over-used. And pear scab — a fungus that leaves unsightly brown lesions on the fruit — calls for multiple fungicides throughout the growing season. Zoller, who also works as an agricultural pest-control adviser, uses some of these chemicals just once before they start to lose effectiveness. “The resistance comes so quickly,” he says. “You hope there aren’t too many rains so that what you have in your arsenal can get you through.”

Resistance to conventional pesticides — among insects, weeds or microbial pathogens — is common on farms worldwide. CropLife International, an industry association based in Brussels, supports efforts that have counted 586 arthropod species, 235 fungi and 252 weeds with resistance to at least one synthetic pesticide (see “The rise

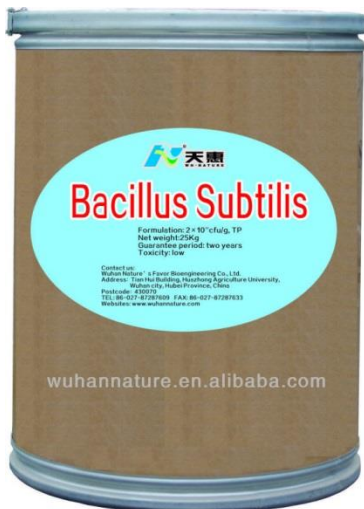
A crop duster sprays fungicide on a banana plantation in the Philippines.

SCIENCE SOURCE/ISTOCK

מיקרוביאלים

- תכשירי בצילוס (bt וסבטיליס)

- ב- 2012 באייר קנתה את AGRAQUEST בכחצי מיליארד דולר בגלל תכשירי הבצילוס שלהם. ככה חברות נוספות כמו דופונט, מונסאנטו וסינג'נטה מנסות לעשות.



מיקרוביאלים

- חיזוק צמחים על ידי חיזוק המיקרוביום של הצמח. המיקרוביום עוזר לצמח להתגבר על מגוון סטרסים כגון מחלות, מזיקים, יובש וכו'. מצפים זרעים במיקרואורגניזמים שאמורים לכנס לתוך צינורות ההובלה ולחיות שם. עשרות אלפי דונמים כבר בניסויים עם מיקרוביאלים כאלה.

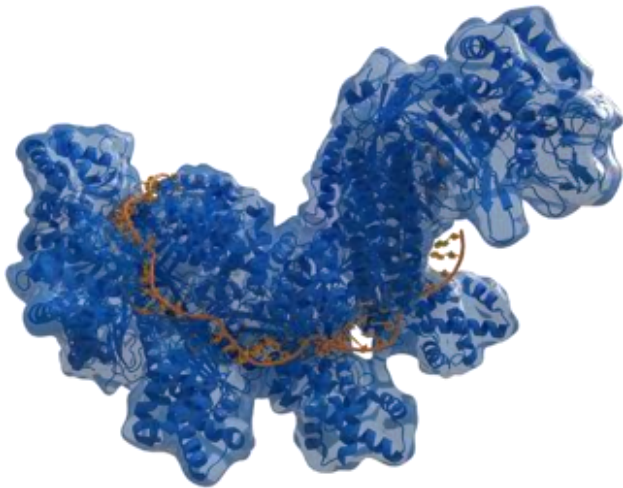
<https://www.indigoag.com/>

- מיקרוביאלים לקטילת מזיקים שמייצרים בתוכם חומרים טוקסיים לחרקים, נמטודות ומזיקים אחרים. דוגמת החיידק *Burkholderia*

<http://marronebioinnovations.com/>

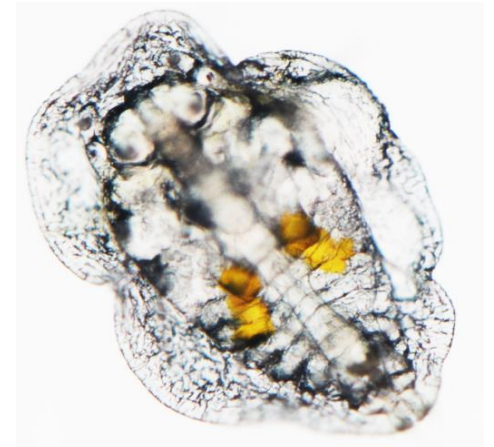
עמידות CRISPR

עמידות על ידי עריכה גנומית. שינוי בגנים שיש להם תפקיד ברגישות לגורמי מחלות, מזיקים וכו'. בשונה מיצירת צמחים טרנסגניים או שימוש בהשתקת גנים, שימוש בעריכה גנומית לא נחשב בתחילתו כגישה טרנסגנית. היום המצב קצת שונה. כבר יוצרו זני צמחים עמידים לוירוסים, חיידקים ופטריות.



עמידות RNAi

- יצירת עמידות נגד חרקים וגורמי מחלה על ידי השתקת גנים ספיציפיים שלהם. פעילות ענפה בתחום הזה בסינג'נטה ומונסאנטו.
- ישנן בעיות כמו עמידות לזה ופגיעה לא ספיציפית במועילים



תודה על ההקשבה