

# עמידות של עשבים רעים לקוטלי עשבים - סיכון אמיתי לקיימות חקלאות הצומח בישראל

ברוך רובין



הפקולטה לחקלאות  
מזון וסביבה  
ע"ש רוברט ה. סמית

כנס מדעי החקלאות בישראל 2021, כט' תשרי תשפ"ב (5.10.2021)

# תודה

הרצאה זו מבוססת על עבודות המחקר של עשרות עמיתי  
ותלמידי בפקולטה לחקלאות, שמהם למדתי הכל



הפקולטה לחקלאות  
מזון וסביבה  
ע"ש רוברט ה. סמית

# מנגנוני עמידות

• עמידות הנובעת משינוי באתר הפעולה - (Altered target site - TS)

• עמידות שאינה נובעת משינוי באתר הפעולה (NTS):

• דה-טוקסיפיקציה מואצת

• מידור (הבדלים בתנועה)

• שילוב של יותר ממנגנון אחד



איך מתפתחת עמידות?

אבולוציה מואצת!!!



# עמידות לקוטלי עשבים - מה קורה באוכלוסיית העשבים הרעים?

- אוכלוסיית העשבים הרעים (ע"ר) בשדות ובמטעים, דינמית מאד ומגיבה לפעולות החקלאי
- שימוש מופרז/לא נכון בקוטלי עשבים מביא בעקבותיו לחץ סלקטיבי על אוכלוסיית הע"ר על ידי קטילת הפרטים הרגישים באוכלוסייה
- לחץ זה נותן יתרון לאותם פרטים מועטים באוכלוסיית הע"ר העמידים לקוטלי עשבים השורדים את הטיפול
- שימוש חוזר באותם תכשירים מביא ל-'אבולוציה מוחשת' המתבטאת בהשתלטות הדרגתית של העמידים על אוכלוסיית הע"ר בשדה
- יעילות ההדברה של התכשירים האלה פוחתת (הם "נשברים") והע"ר חוגגים!!!
- נפוצה מאד בצמחים בעלי הפרייה זרה, אבל לא רק...



## קצת נוסטלגיה....

- הראשונים שהופיעו בעולם (1970) ובארץ (1974) היו צמחים עמידים לקוטלי עשבים טריאזינים (סימאזין, אטרזין, פרומטרין), במטעים, בגד"ש ובצדי דרכים.
- מיני עשבים דגניים: עוקצר, חפורית מוזרה, זון אשון, זנב שועל ארוך, דגנין, עבדקן, שבולת שועל
- **ורחבי עלים**: ירבוז שרוע, ירבוז ירוק שבולת, לחך מצוי, קייצת למיניה, ועוד
- כולם היו עמידים כתוצאה ממוטציה (S264) בחלבון D1 – אתר הקשירה של קוטלי העשבים בכלורופלסט.



# ירבוז ירוק שיבולת עמיד לטריאזינים, באר טוביה



*Amaranthus blitoides*





*Plantago lagopus* – Pardes  
Tlamim



## קצת נוסטלגיה....

- הראשונים שהופיעו בעולם (1970) ובארץ (1974) היו צמחים עמידים לקוטלי עשבים טריאזינים (סימאזין, אטרזין, פרומטרין), במטעים, בגד"ש ובצדי דרכים.
- מיני עשבים דגניים: עוקצר, חפורית מוזרה, זון אשון, זנב שועל ארוך, דגנין, עבדקן, שבולת שועל
- ורחבי עלים: ירבוז שרוע, ירבוז ירוק שבולת, לחך מצוי, קייצת למיניה, ועוד
- כולם היו עמידים כתוצאה ממוטציה (S264) בחלבון D1 – אתר הקשירה של קוטלי העשבים בכלורופלסט.
- מה קרה להם?
- לאחר שסבלנו מהם כמה שנים, כמעט ונעלמו בשל כשירות נמוכה הקשורה לתכונת העמידות ובגלל הירידה בשימוש בתכשירים אלה...



# ומה קרה לנו מאז?

- בתחילת שנות ה-80 הגיעו ק"ע חדשים, הסולפוניל-אוריאה והאימידזולינונים - מעכבי ALS
- מנגנון פעולה מאד ספציפי, אבל רגיש מאד למוטציות נקודתיות באתר הקשירה
- התכשירים היו בררניים והתאימו מאד להדברה בצדי דרכים ובגידולי שדה כמו חיטה ותירס.
- תוך 3-4 שנים של שימוש נרחב, הופיעו אוכלוסיות של ע"ר שלא הודברו בתכשירים אלה:
- ירבוז מפשל, ירבוז שרוע, ירבוז פלמרי, וירבוז הגדות; קייצת מסולסלת; ילקוט הרועים, טוריים ושלח; חרצית עטורה; כשות השדות;



# ומה קרה לנו מאז?

- הגיעו ק"ע חדשים, הסולפוניל-אוריאה והאימידזולינונים - מעכבי ALS
- מנגנון פעולה מאד ספציפי, אבל רגיש מאד למוטציות נקודתיות באתר הקשירה
- התכשירים היו בררניים והתאימו מאד להדברה בצדי דרכים ובגידולי שדה כמו חיטה ותירס.
- תוך 3-4 שנים של שימוש נרחב, הופיעו אוכלוסיות של ע"ר שלא הודברו בתכשירים אלה:
- ירבוז מפשל, ירבוז שרוע, ירבוז פלמרי, וירבוז הגדות; קייצת מסולסלת; ילקוט הרועים, טוריים ושלח; חרצית עטורה; כשות השדות;
- זון אשון; חפורית מוזרה וחפורית קטנה; אלביסיניי (דגנה) הדית; דורת ארם צובא
- **בעולם דיווחו עד כה 163 מיני צמחים עמידים למעכבי ALS**



# חרצית עטורה בחיטה – עמידה לאקספרס (טריבנורון)



תגובת חרצית עטורה רגישה מגילת למעכב ALS

טריבנורון

$X = 1.5$  ג'ד' אקספרס





חרצית עמידה - גילת 2002  
 $X = 1.5$  אקספרס ג'/'ד'

0

x

2x

4x

8x

16x

32x



# מגן 2010 - שלח ספרדי בשדה חיטה



04/07/2010





גילת 2011- טוריים מצויים בכרב נח

14/03/2011



# ירבוז פלמרי עמיד למעכבי ALS בכותנה



# ירבוז פלמרי עמיד לאנבוק בכותנה





# ומה קרה לנו מאז?

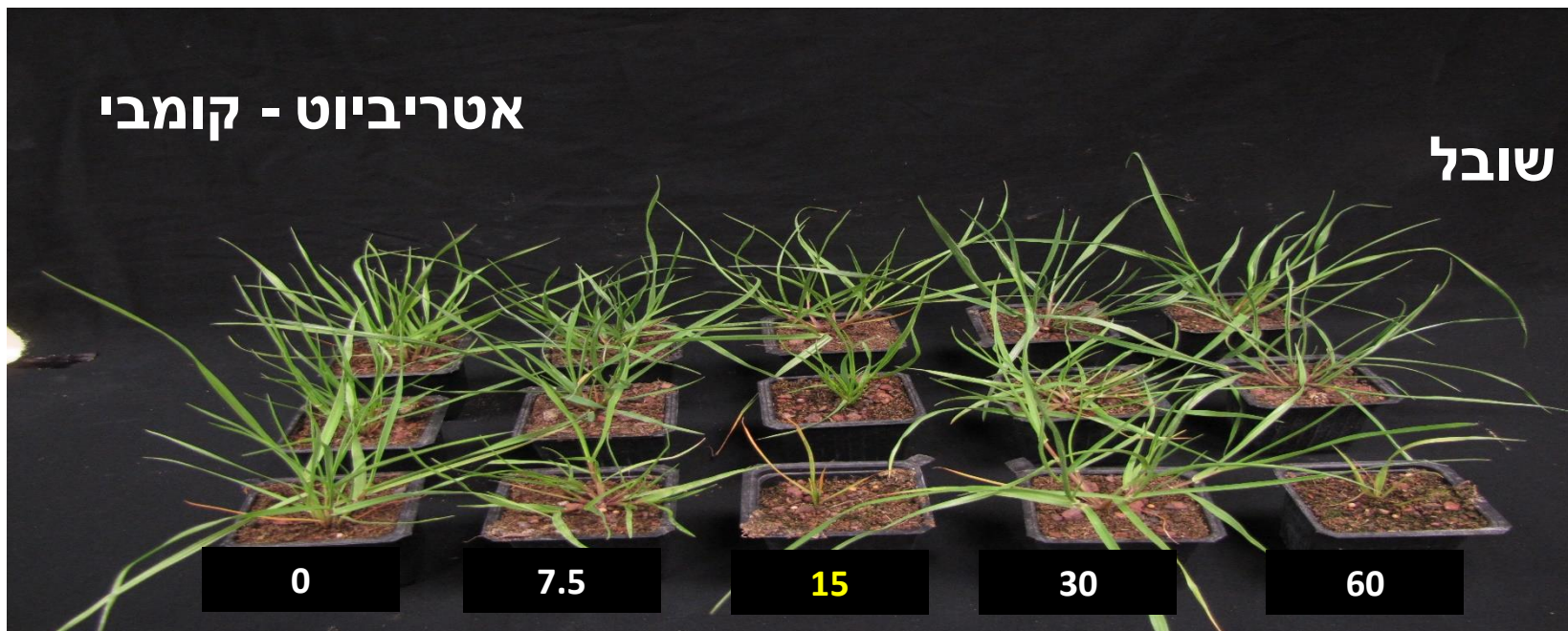
- הגיעו ק"ע חדשים, הסולפוניל-אוריאה והאימידזולינונים - מעכבי ALS
- מנגנון פעולה מאד ספציפי, אבל רגיש מאד למוטציות נקודתיות באתר הקשירה
- התכשירים היו בררניים והתאימו מאד להדברה בצדי דרכים ובגידולי שדה כמו חיטה ותירס.
- תוך 3-4 שנים של שימוש נרחב, הופיעו אוכלוסיות של ע"ר שלא הודברו בתכשירים אלה:
- ירבוז מפשל, ירבוז שרוע, ירבוז פלמרי, וירבוז הגדות; קייצת מסולסלת; ילקוט הרועים, טוריים ושלה; חרצית עטורה; כשות השדות;
- זון אשון; חפורית מוזרה וחפורית קטנה; אלביסיניי (דגנה) הדית; דורת ארם צובא



# עמידות זון אשון למעכבי ALS

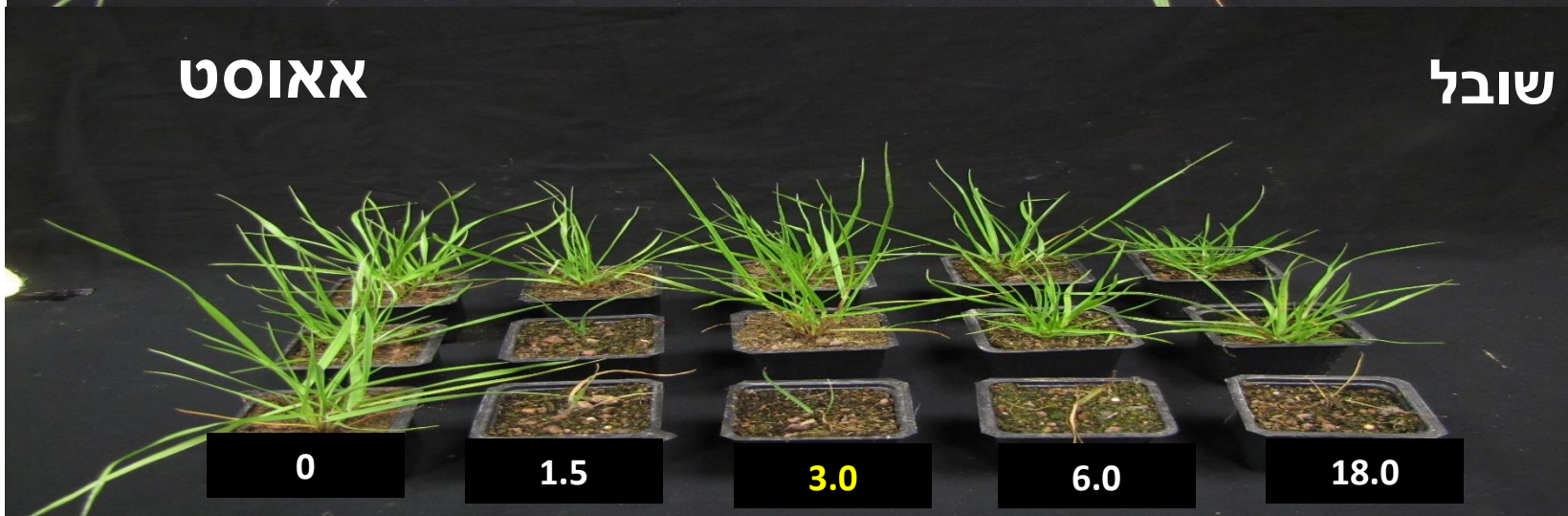
אטריביוט - קומבי

שובל

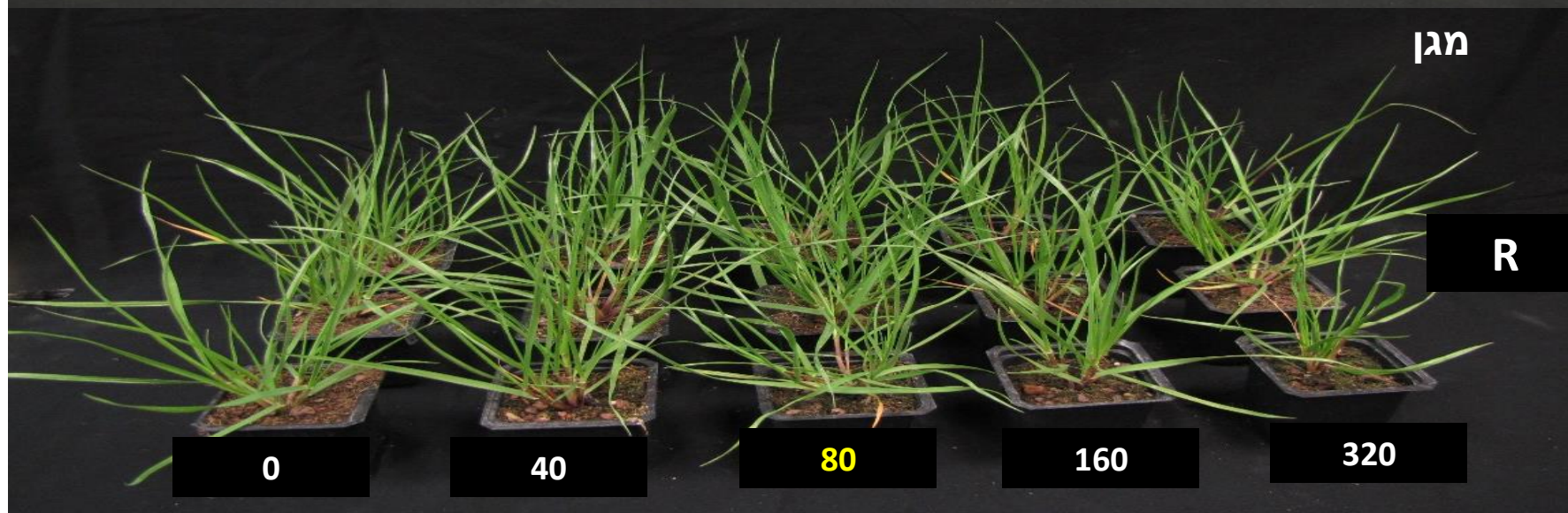
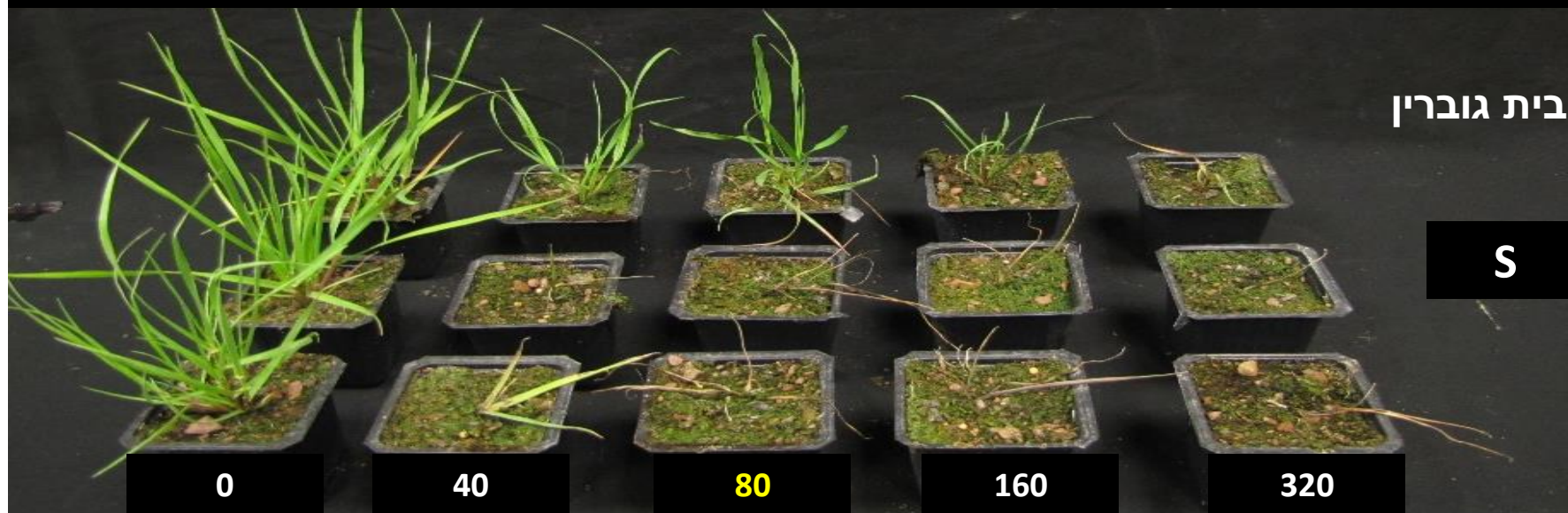



אאוט

שובל



עקום תגובה של זון אשון לטופיק (סמ"ק לדונם)





# שיבוש בדורת ארם צובא באגוזי אדמה – גליל עליון

צילום – און רבינוביץ





# ומה קרה לנו מאז?

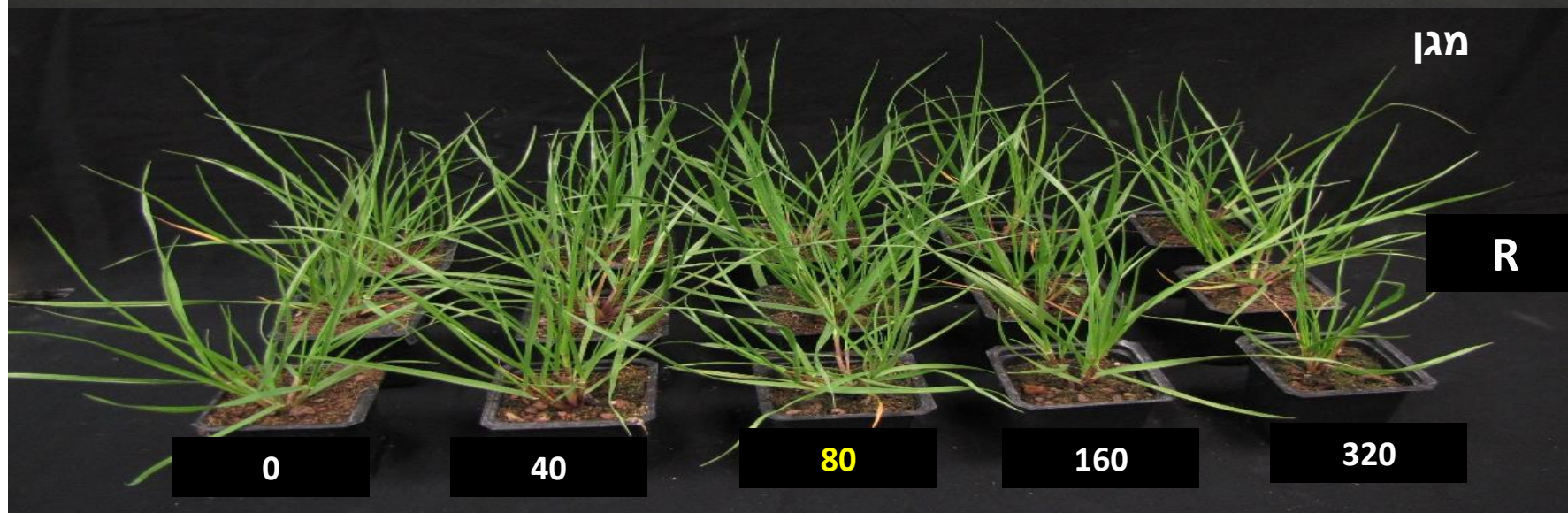
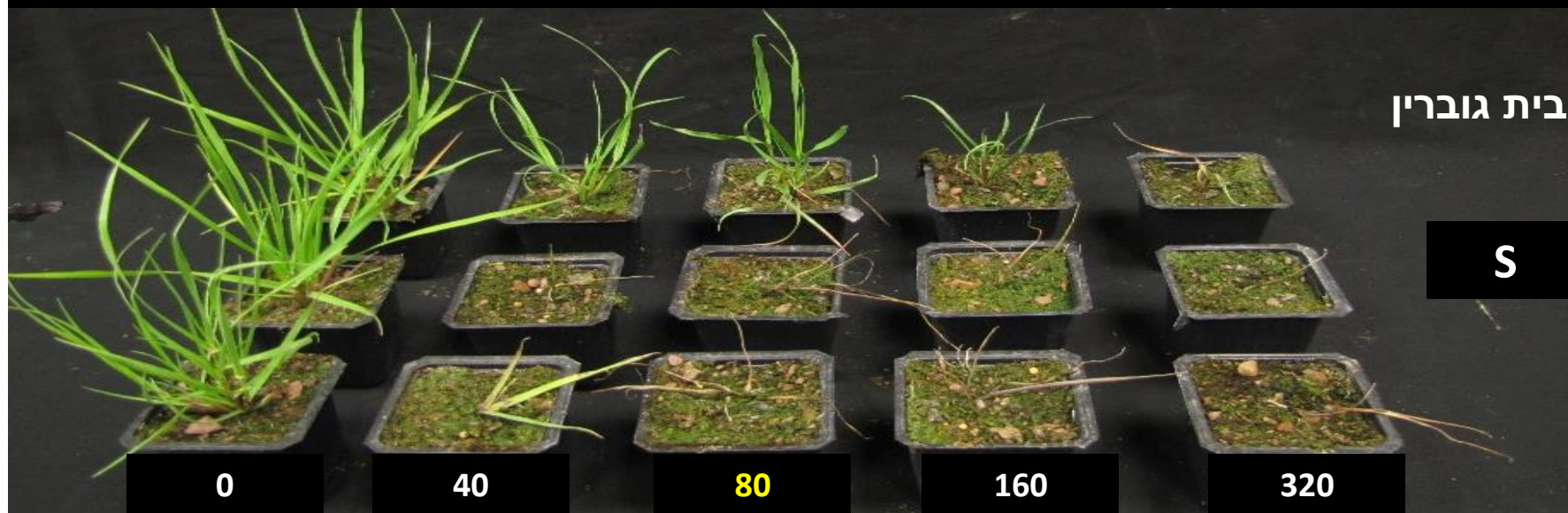
- הגיעו עוד ק"ע חדשים!!!, מדבירי הדגניים הבררניים, מעכבי ה – ACCase
- שלוש קבוצות כימיות שונות - פופים, דימים ודן, חלק חשוב מהם היה בררני לחיטה
- שוב, מנגנון פעולה מאד ספציפי, אבל רגיש מאד למוטציות נקודתיות באתר הקשירה ובמהרה הופיעו האוכלוסיות העמידות...
- בכל מיני הע"ר דגני החורף החשובים בארץ: חפורית קטנה, חפורית מוזרה, זון אשון, וש"ש נפוצה, בתבואות ובירקות
- בדגני הקיץ- דורת ארם צובא, דוחנית השלחין זנבה ווזיפן, בגידולי שדה
- אלביסיניי (דגנה) הדית ודגני קיץ אחרים, בירקות
- ברובם הגדול, העמידות נגרמה בשל מוטציות נקודתיות בגן המקודד ל ACCase
- י"ה ימידות צולבת ל



חפורית מוזרה עמידה  
למעכבי ACCase בחיטה



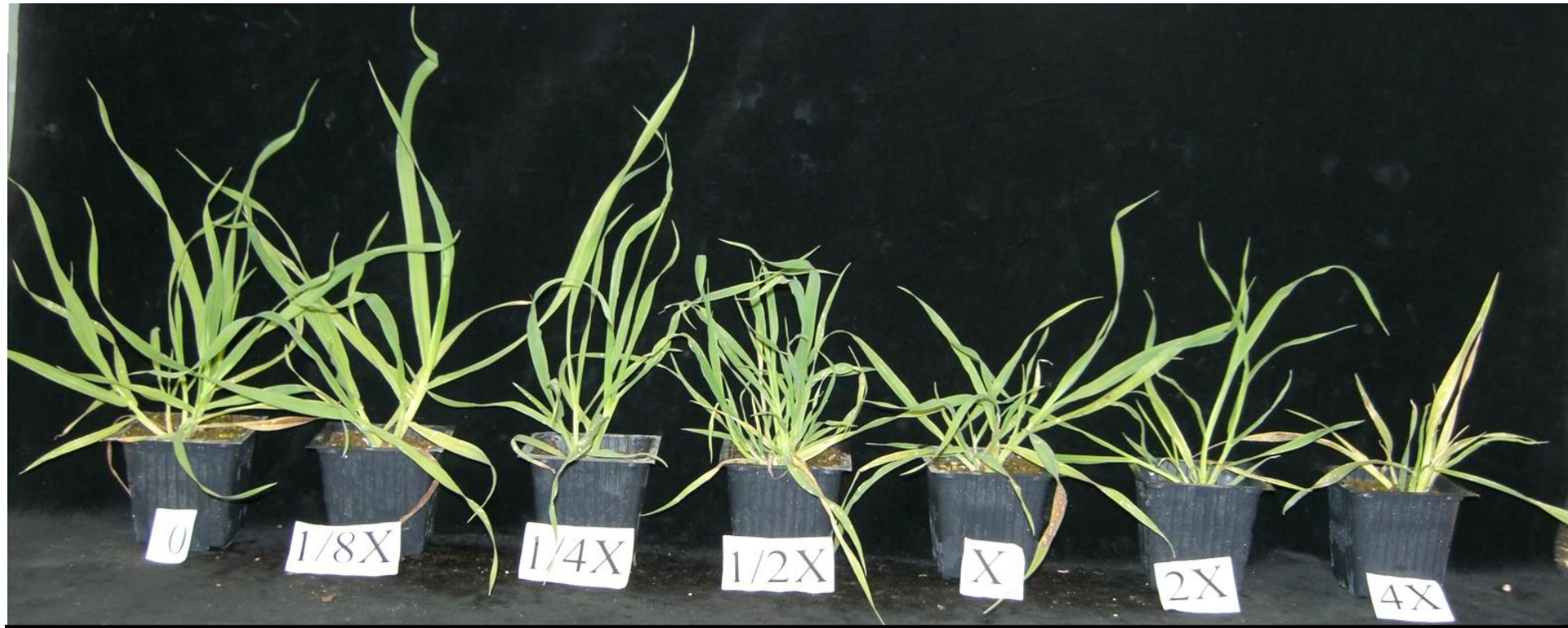
עקום תגובה של זון אשון לטופיק (סמ"ק לדונם)



# חפורית מוזרה בבצל 2021



# ש"ש נפוצה – תגובה לקלודינאפופ (טופיק) אור הנר



|         |   |      |      |      |    |     |     |
|---------|---|------|------|------|----|-----|-----|
| מינון   | 0 | 1/8X | 1/4X | 1/2X | X  | 2X  | 4X  |
| g ai/ha | 0 | 7.5  | 15   | 30   | 60 | 120 | 240 |



זיפן ירוק בכותנה  
2020



זנבה נטויה בכותנה  
2020



כתוצאה מהעדר הדברת ע"ר דגניים בשל עמידות  
יוצאים תכשירים מהשימוש!!!



# ואז הופיעה העמידות המפחידה מכל... עמידות ע"ר לגלייפוסט (ראונדאפ)

- התכשיר הנמכר ביותר בעולם (למעלה מ- 5 מיליארד \$), נמצא בשימוש נרחב בכל ענפי החקלאות
- משמש להכנת שטחים לקראת זריעה או שתילה בגד"ש וירקות ולהדברת עשבים קיימים במטעים
- כיום אופיינו בארץ לפחות ארבעה מינים עמידים לגלייפוסט:
  - זון אשון ודורת ארם צובא
  - קייצת מסולסלת וירבוז הגדות
  - רמת העמידות לא גבוהה (מקדם העמידות 5-15)





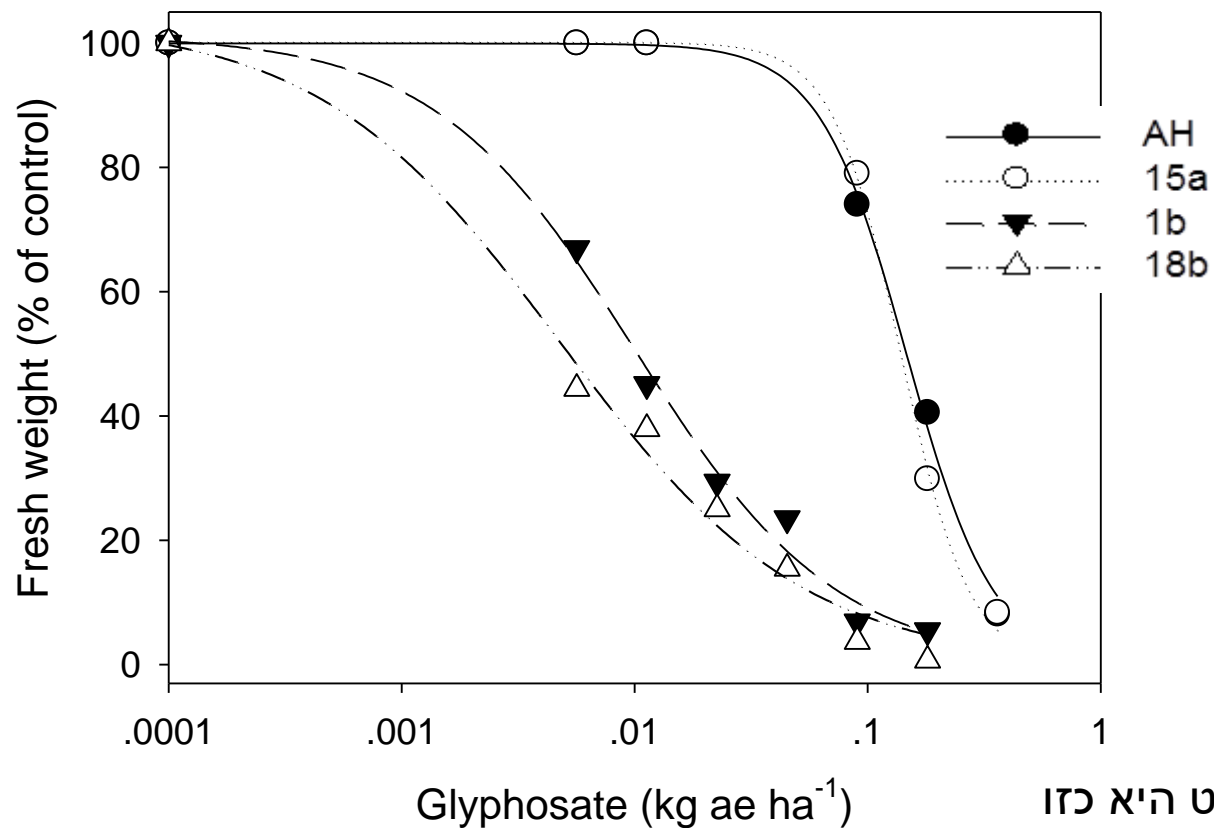
**קייצת מסולסלת עמידה לראונדאפ**

**26/08/2010**



# תגובת נבטי קייצת מסולסלת לגלייפוסט

עקומי תגובה לגלייפוסט של צמחים צעירים מאוכלוסיות קייצת מסולסלת



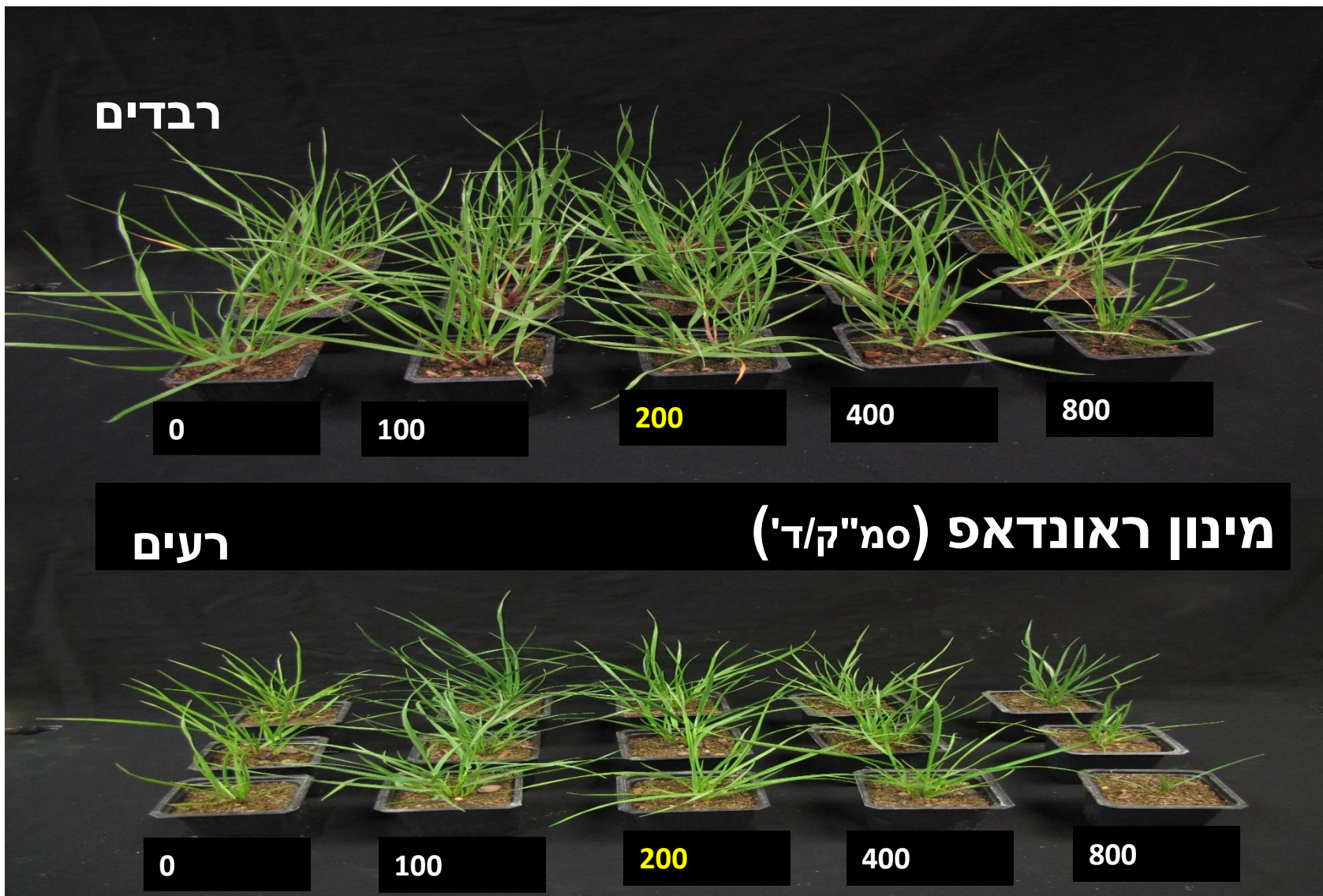
עמידות 'אמיתית' לגלייפוסט היא כזו  
אשר מתבטאת גם בצמחים צעירים



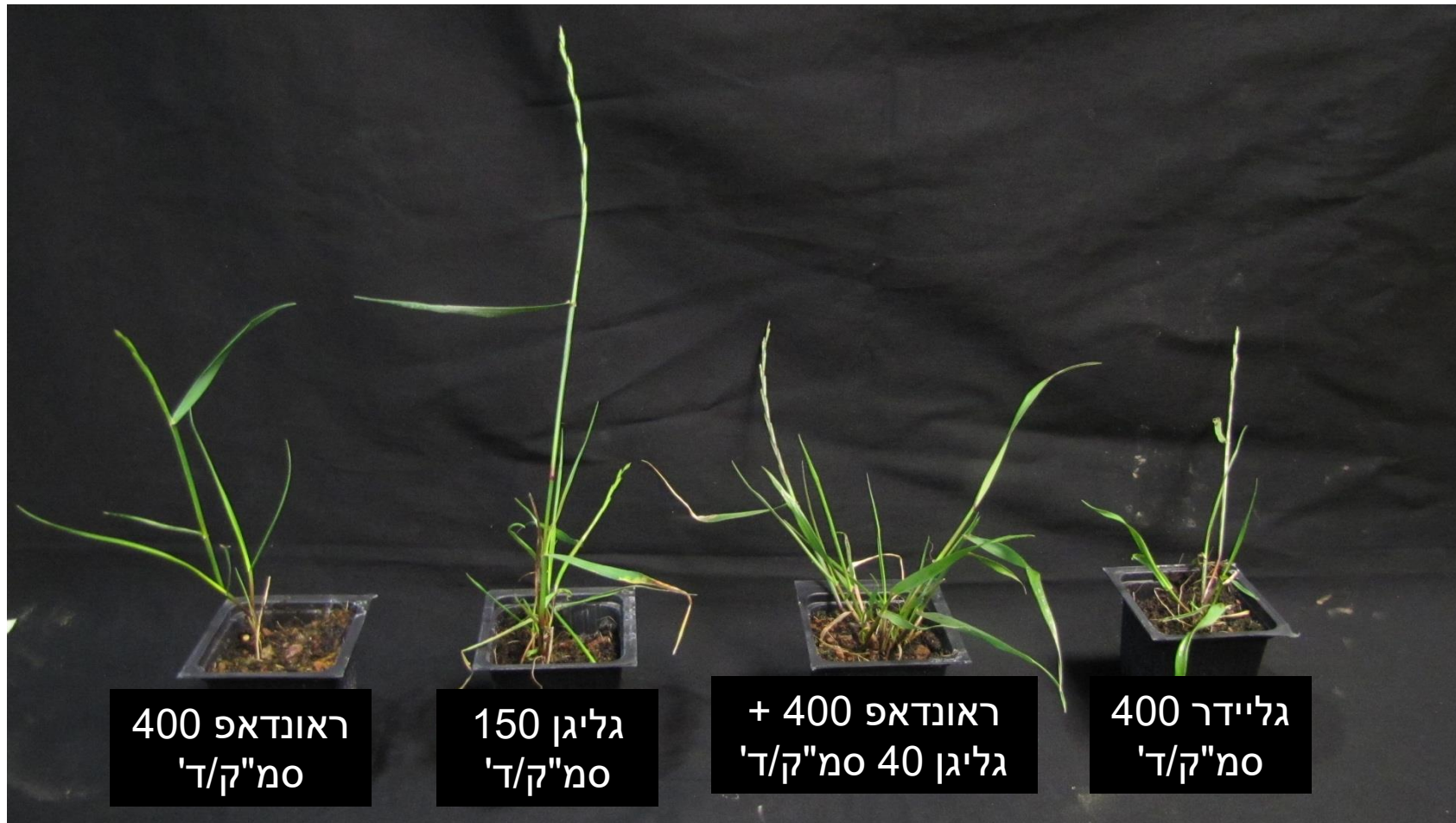
# קייצת מסולסלת עמידה לראונדאפ (קייצת קנדית מודברת) – גליל עליון



# זון אשון לגלייפוסט (ראונדאפ)



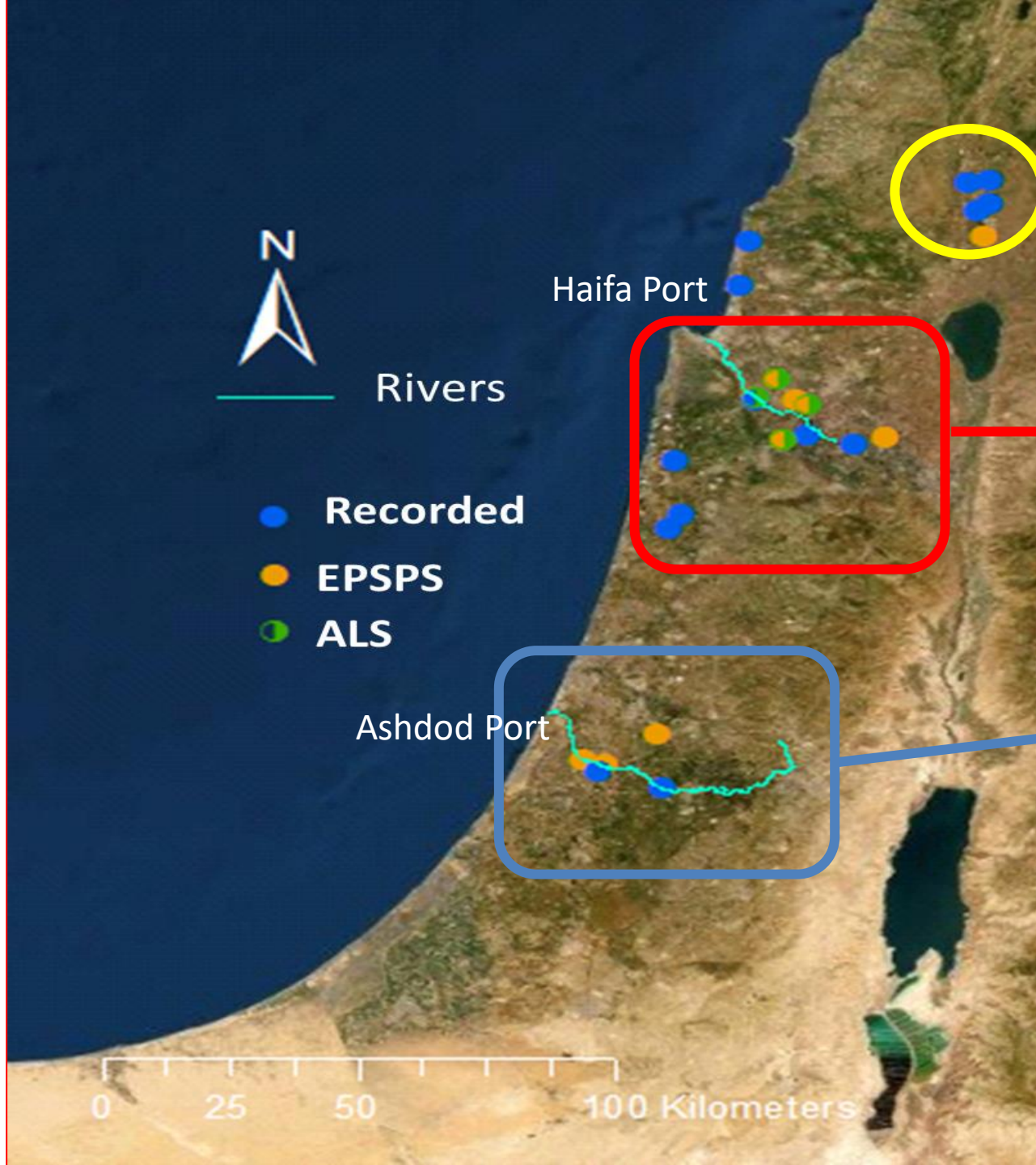
# תגובת חייצים של צמח זון אשון לקוטלי עשבים (כולם פורחים ועושים זרעים)



איך זה שצמח גר שהגיע לארץ "זה מקרוב" עמיד לקוטלי עשבים?

- ירבוז הגדות הגיע לא מזמן לארץ, כנראה עם גרעינים להזנת בעלי חיים ולתעשייה
- תפוצתו הולכת וגדלה, וחדירתו לארץ התרחשה ככל הנראה בשלושה אירועים בלתי תלויים – גליל עליון, העמקים והשפלה.
- ירבוז הגדות טרם נחשף בארץ ללחצי סלקציה של הדברה כימית, אך גילינו אוכלוסיות של ירבוז הגדות עמידות לק"ע – מעכבי ALS, מעכבי PPO, וגלייפוסט. הכיצד?
- נראה לנו שיש מקור נוסף לעמידות – העברת גנים בין יבשתית





Hula Valley  
Reclaimed Lake

Jezreel Valley  
Along the Kishon  
river

Coastal Plain  
Along the Sorek river

אביב זינגר וינון ידיד  
(2021)

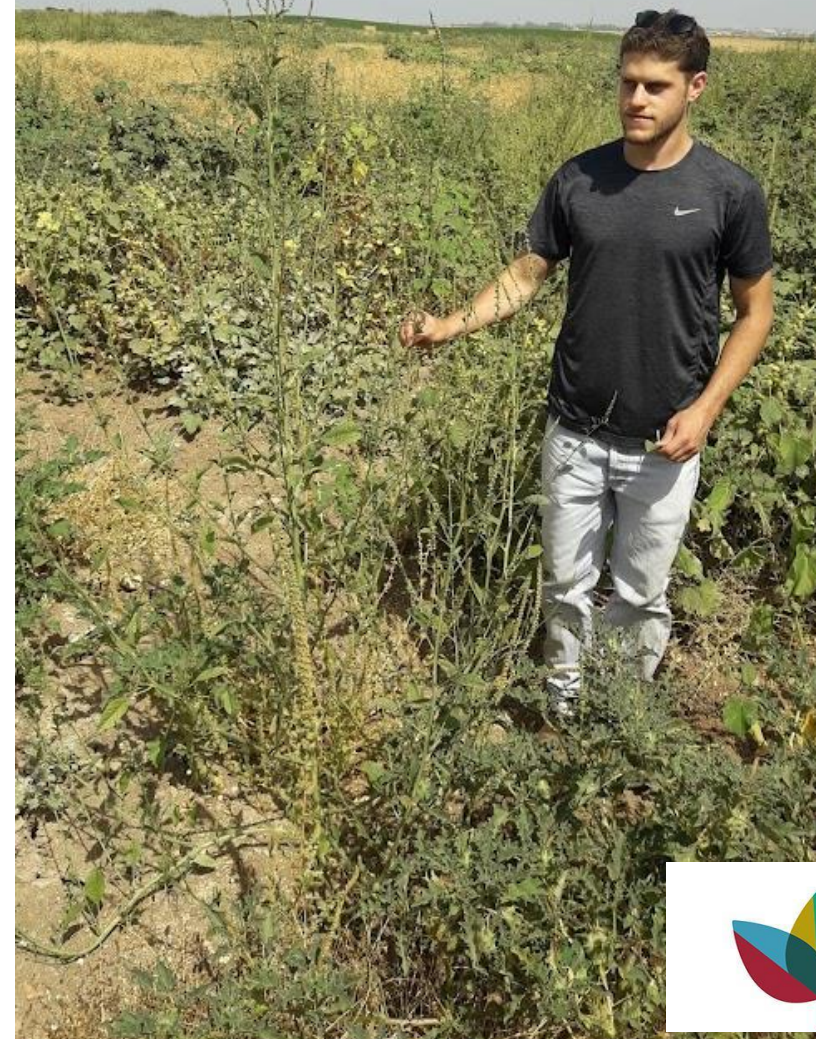


**בשדה בצל בעמק יזרעאל  
(2021)**



**ירבוז הגדות**

**בשדה חימצה בשפלה  
(2020)**





# ירבוז הגדות

מינון מומלץ

כפר יהושע (עמיד)

צרעה (רגיש)

0

0.5

1.0

2.0

4.0

6.0

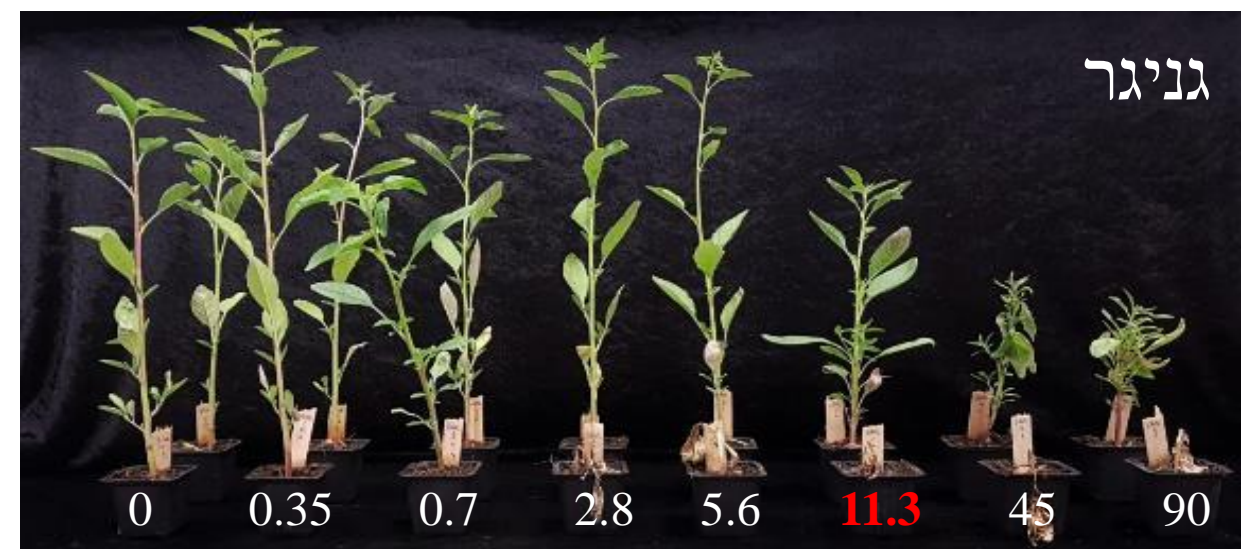
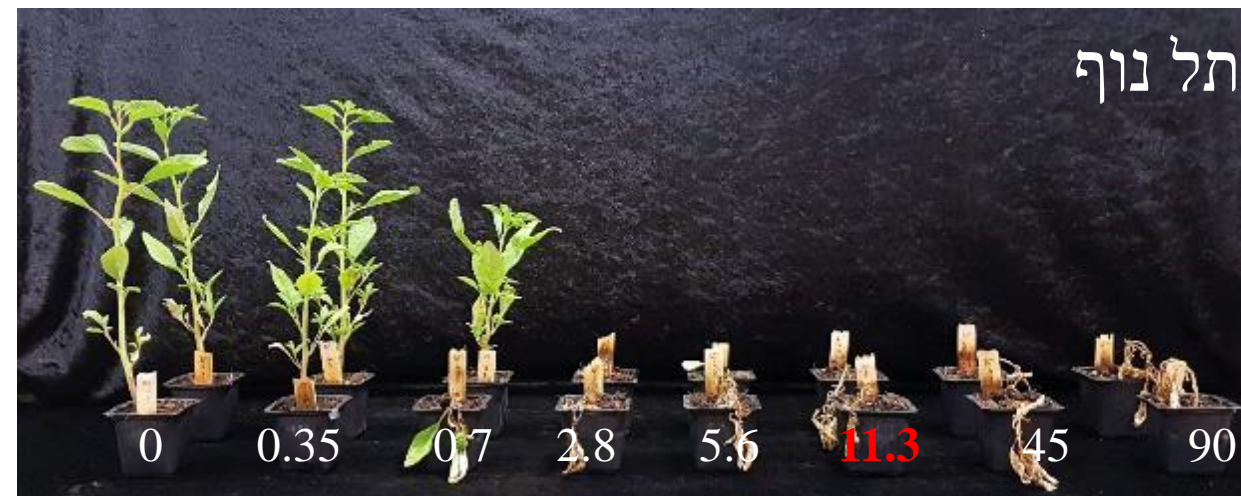
8.0

12.0

קרפנתראזון (ג' ח"פ / ד')



# בחינת רמת העמידות של אוכלוסיות ירבוז הגדות למעכבי ALS (טריפלוקסיסולפורון)



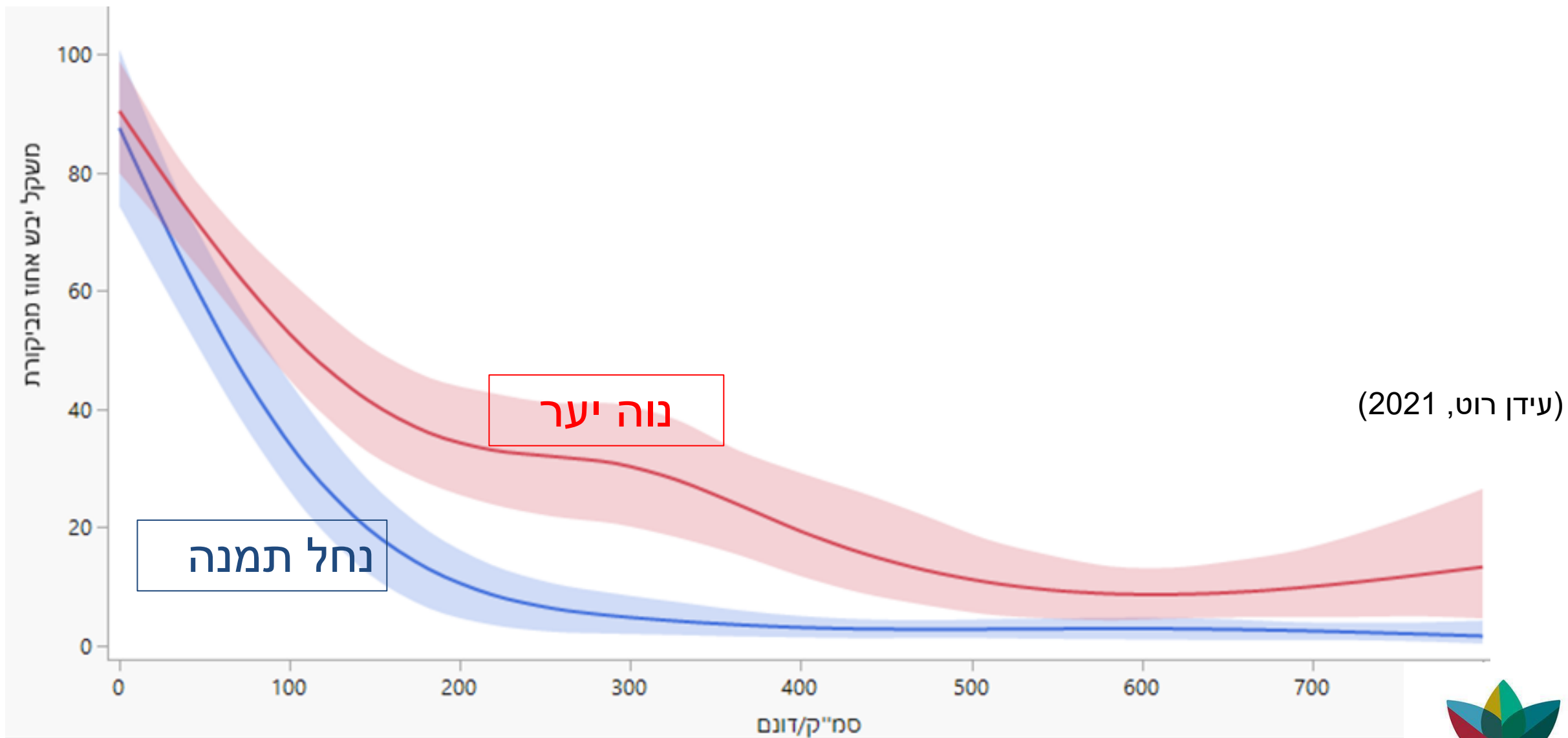
מינון מומלץ

g a.i. ha<sup>-1</sup>

(ינון ידיד 2019)



# תגובת ירבוז הגדות מאוכלוסיית נחל תמנה (השפלה) ומאוכלוסיית נוה יער למינונים של ראונדאפ שיושמו בגיל 4-5 עלים



# עשרת המדינות המובילות במספר העשבים העמידים לקוטלי עשבים

| מס' עשבים<br>עמידים ל -<br>km <sup>2</sup> 1000 | שטח חקלאי<br>מעובד ( 1000<br>km <sup>2</sup> ) | מס' מיני<br>עשבים עמידים | המדינה       | דירוג    |
|---|--|--------------------------|--------------|----------|
| 0.009   | 17298  | 153                      | ארה"ב        | 1        |
| 0.161   | 472  | 76                       | אוסטרליה     | 2        |
| 0.129   | 474  | 61                       | קנדה         | 3        |
| 0.198   | 227  | 45                       | צרפת         | 4        |
| 0.027   | 1504   | 41                       | סין          | 5        |
| <b>9</b>  | <b>4</b>                                       | <b>36</b>                | <b>ישראל</b> | <b>6</b> |
| 0.782   | 46   | 36                       | יפן          | 7        |
| 0.051   | 661  | 34                       | ברזיל        | 8        |
| 0.183   | 185  | 34                       | ספרד         | 9        |
| 0.271   | 118  | 32                       | גרמניה       | 10       |



# לסיכום

- אנחנו **השיאנים העולמיים** במספר הצמחים העמידים ליחידת שטח וזה מאיים על יכולתנו לגדל

- ברוב המקרים זו אשמתנו!!!

- אבל אנחנו מקבלים גם מתנות חינם מידידנו הטובים

**וזה מפחיד.....**

- **תודה לכם על ההקשבה**

