

תקציר הדו"ח:

- (1) הכו האלופלסמי של זן החיטה ברקאי וציטופלסמת מין הכר בז החיטה רב אנפין AE. VORABILIS שוחרר בזו חיטה בעל זכויות מטפחים בשם "בר ניר". הוא נבחן ברחבי ישראל ונמצא מצטיין ביבול ובאיכות הו בתנאי בעל והו בתנאי שלחין.
- בוצעו העברות של הציטופלסמה הנ"ל ל-7 זנים וקווי השנחה נוספים כדי לבחון את ההשפעה האגרנומית של ההחמרה הציטופלסמית בהם.
- (2) נמצא כי להחמרה הציטופלסמית בזו בר ניר בנוסף על השפעתה בהגברת חיוץ הקנים שנמצאה בעבר, כי יש לה גם השפעה בעלת מדרג בשלבים המאוחרים של התפתחות צמח החיטה בהגדלת מערכת השורשים (אורך, שטח פנים ומשקל יבש) שחורמים להגברת היבול.
- (3) הושג אישור ברמה המולקולרית ב-AE הציטופלסמי להחמרת ציטופלסמת החיטה בציטופלסמת מין הכר AE. VORABILIS.
- (4) נמצא כי הגורם הציטופלסמאטי ממנו עשוי לנבוע שיפור הצימות וההנבחה בכו האלופלסמי הינו המיטוכונדריות של מין הכר שמקנות לכו האלופלסמי שיפור ביעילות הנושמה של תאי הצמח.

ד"ח מסכם קרן מדען ראשי משרד החקלאות

א. נושא המחקר: שיפור יבול החיטה בישראל ע"י השבחה ציטופלאסמטית

שמות החוקרים: אורי קושניר, המכון לגד"ש, מרכז וולקני

רבקה הדס, המכון לגד"ש, מרכז וולקני

עדינה ברימן, המחלקה לבוטניקה, אוניברסיטת תל אביב.

U. Kushnir & R. Hadas. Inst. of Field and Garden Crops, A.R.O. The Volcani Center,
Bet Dagan.

A. Brieman, Dept. of Botany, Tel-Aviv University, Ramat Aviv, Tel-Aviv.

מבוא

לאחר ההגדלה הדראמטית של יבול החיטה במהפכה הירוקה, שיפור יבול החיטה על ידי פיתוח זנים חדשים בהכלאות בין-זניות קונבנציונאליות הפך לתהליך איטי ביותר.

שיפורי יבול של 1-2% בין זן קיים לזן חדש נחשבים בעולם לשיפורים שמצדיקים החלפת זן קיים בזן משופר חדש.

התקווה שהיתה להשגת הגדלת יבול כתוצאה מהכלאות חטות אביביות בחיטות חרפיות לא הביאה לתוצאות הרצויות. ההכנסה של סגמנט כרומוסומאלי שלם משיפון לתוך גרעין החיטה (טרנסלוקציה 1B/1R בזני ה-"S" Veery) הביאה אמנם להגדלת היבול בחיטה אך הכניסה בעיות של איכות בלתי מתאימה לאפיית לחם. לכן, מוצע כאן לבחון גישה חדשה של השגת שיפור היבול בחיטה על ידי השבחה ציטופלאסמטית, זאת אומרת התמרת ציטופלסמת החיטה בציטופלסמה זרה, שתשפר את יכולת ההנבה של גידול החיטה אם כתוצאה מתרומתה הגנטית הישירה או כתוצאה מאנטראקציה בינה לבין גרעין החיטה.

בסקר של התמרת ציטופלסמת החיטה בציטופלסמות של מיני בר וחטים פרימיטיביות שנעשה במעבדתנו נמצאה ציטופלסמה של בן חיטה שהיא לא רק קומפאטיבילית לגרעין החיטה, אלא אף בעלת און כלאיים גרעיני-ציטופלסמי בהשוואה לקו האופלסמי של זן החיטה המקורי.

הגדלת יבול של 8% בממוצע, תוך שמירת התכונות האגרונומיות הרצויות התקבלו על ידי התמרה ציטופלסמית בלבד בין הקו המותמר להורה הגרעיני. קו זה אף הוכנס כבר למבחן זנים כלל ארצי של משרד החקלאות, ולאחר שנה ראשונה נמצא מצטיין.

מוצע לכן, לבצע התמרה ציטופלסמטית כ"ל בזנים המסחריים המובילים של ישראל לשם קבלה מהירה של זנים משופרים ברמת יבולם בזמן קצר יחסית.

מטרות המחקר

1. להתמיר את ציטופלסמת החיטה בזנים המסחריים המובילים של ישראל בציטופלסמה של בן חיטה שנמצאה על ידינו כבעלת און-כלאיים ציטופלסמי-גרעיני, המביא לשיפור יכול בחיטה.
2. לחקור את הגורמים הציטופלסמיים האחראיים לשיפור ההנבה בצמח החיטה.

פרוט הנסויים שבוצעו והתוצאות שהתקבלו

1. התמרות ציטופלסמיות בזני חיטה נוספים

א. הציטופלסמה של בן החיטה רב-אנפין *Aegilops variabilis* הועברה ע"י הכלאות חוזרות לזני חיטה וקוי השבחה ישראליים נוספים לזן חיטת הלחם ברקאי. באופן זה פותחו קווים אלופלסמיים נוספים, שנוצרו לאחר שבע הכלאות חוזרות לתורם הציטופלסמה הזרה בזנים הבאים: דאריאל, בית השיטה, עתיר, בית לחם, Ciano, נירית קו 3032.

ב. בקווי ההשבחה 383 ו-555 הגיע תהליך ההתמרה עד להכלאה חוזרת החמישית וכך גם בקו ההתמרה של חיטת הדורום 239.

ג. הקו האלופלסמי של הזן ברקאי נמסר למבחן כלל ארצי ונמצא כמצטיין ביבול ובאיכות הן בתנאי בעל והן בתנאי שלחין במבחן של 14 מקומות ברחבי ישראל משך 3 שנים רצופות. הקו עבר מבחן לקבלת זכויות מטפחים תחת השם "בר ניר". השימוש בזן אלופלסמי זה הולך וגדל הן בדרום הארץ והן בצפונה ובשנה האחרונה כבר נזרעו כ-40 אלף דונם מזן זה ברחבי הארץ.

ד. ב-1998 נבחן הקו האלופלסמי - הזן "בר-ניר" ב-10 אתרים בארץ בהשוואה לעומת שאר זני החיטה המשמשים בישראל וקווי החיטה אחרים חדשים המבוטאים במוצעי המבחנים השונים (ראה גרף וטבלה להלן), נמצא כי לזן זה יתרון ביכולת ההנבה הן באזורים בעלי פוטנציאל יבול נמוך והן באזורים בעלי פוטנציאל יבול גבוה. הזן בית השיטה, שהחליף לפני מעלה מעשור את הזן האלופלסמי-ברקאי והוציאו משדות מזרע לעומת זאת, לאחר ההתמרה הציטופלסמית בזן אחרון זה, הזן "בר ניר" שהתקבל כבר אינו נופל עוד מ"בית השיטה" וניתן שוב להחזירו לשימוש.

ה. בשני הזנים המסחריים המובילים של ישראל דאריאל ובית השיטה - פיתוח הקווים האלופלסמיים עם ציטופלסמת בן חיטה רב אנפין קודם יותר והם עברו רבוי, שאיפשר לערוך בהם מבחני יבול בתנאי שדה.

מבחני היבול בוצעו בשני אתרים בישראל בסעד ובבית שאן, המבחנים בוצעו במיקרו שדות, שנזרעו ב-4 חזרות (ראה טבלה).

טבלה 1. מבחני יבול לזני חיטה ולקווים האלופלסמיים שלהם

האתר	הזן	מס' החזרות	יבול/דונם (ק"ג)	משקל אלף (גרם)	משקל נפחי (גרם)	תכולת חלבון (%)
סעד	דאריאל	4	875.5±30.8	44.7	81.4	9.6
	דאריאל אלופלסמי	4	880.0±50.4	37.8	80.3	10.9
	בית-השיטה	4	789.6±74.9	42.2	81.7	10.5
	בית השיטה אלופלסמי	4	816.6±58.1	50.6	81.7	10.6
בית-שאן	דאריאל	4	507.3±42.9	35.4	78.2	12.8
	דאריאל-אלופלסמי	4	465.7±27.7	31.0	77.7	14.9
	בית השיטה	4	691.3±31.7	40.0	78.6	13.2
	בית השיטה אלופלסמי	4	646.4±19.9	50.0	80.7	12.8

סכום מבחני היבול של הקווים האלופלסמיים בזנים דאריאל ובית-השיטה

ממבחני היבול נמצא, כי לא נמצאו הבדלים מובהקים ברמת ההנבה בין הזנים שנבחנו דאריאל ובית-השיטה לבין הקווים האלופלסמיים שלהם. לעומת זאת נמצא בזן בית-השיטה כי התמרת הציטופלסמה שלו בציטופלסמת בן-חיטה רב-אנפין הביאה להגדלה משמעותית של משקל האלף של גרגירו. תכונה זו - משקל האלף נמצאה לאחרונה (Posner, personal communication) כבעלת חשיבות ממעלה הראשונה כקובעת ומשפיעה על יבול הקמח של החיטה בטחינת גרגריה. לכן, השיפור שנמצא במשקל האלף עשוי להיות בעל ענין רב לבחינת אפשרויות הטיפוח לשיפור יבול הקמח בחיטה.

השפעת ההתמרה הציטופלסמית על התפתחות מערכת השורשים והעלווה

נערכה בדיקה מפורטת בנסוי ארגזים בו הושוה הזן האאופלסמי ברקאי (B) והזן האלופלסמי בר ניר (C) ביחס למערכת השורשים והעלווה של הצמחים. בכל ארגז היו 7 צמחים מכל זן וכל זן נבחן ב-4 חזרות.

הבדיקות נעשו החל מ-14 ימים מיום הצצת החיטה ולאחר מכן מידי כ-14 ימים כאשר בכל פעם נבחן כל קן ב-4 חזרות - ארגזים, שכל אחד הכיל 7 צמחים לכל קו.

לגבי כל צמח בכל קו נבדקו:

א. אורך השורשים, ב. משקל יבש של השורשים, ג. שטח הפנים של השורשים (שיטת הטטרציה (Carley & Watson, 1966), ד. משקל היבש של העלווה.

תוצאות:

אורך השורשים (ראה טבלה 1)

במהלך השבועיים הראשונים גדל השורש בקצב של כ-10 ס"מ. לאחר 60 יום מגיע אורך השורש המיועד לכ-45 ס"מ בהמשך שלבי הגידול מואט קצב הגידול לכ-2-3 ס"מ. בין היום ה-70 ליום ה-80 אורך השורשים מתחיל לרדת, תהליך שנמשך עד למועד הבדיקה האחרונה שנערכה עם הבשלת החיטה.

עד היום ה-45 קצב הגידול ואורך השורשים בשני הקווים כמעט זהה, בין היום ה-45 ל-60 ניתן להבחין בגידול מהיר יותר בשורשים בזן האאופלסמי B בהשוואה לזן האלופלסמי C. התופעה של הקטנת אורך השורשים מתחילה בשני הקווים בסביבות היום ה-75, אולם תהליך זה הינו איטי יותר בקו C בהשוואה לזן B, כך שמהיום ה-130 ועד להבשלה אורך השורשים של הזן האלופלסמי C גדול יותר ב-5-10% מזה של זן B.

השוואת שטח הפנים של השורשים בין קווי החיטה (ראה טבלה 2)

בשני הקווים גדל שטח הפנים במידה דומה עם יתרון קטן לקו C במדידה שנערכה ביום ה-41 נמצא כי שטח הפנים בשני הקווים קטן בצורה ניכרת בהשוואה למדידה הקודמת (מכ-65 סמ"ק טיטרציה ל-44 סמ"ק בזן האאופלסמי B ומ-80 סמ"ק ל-37 סמ"ק בקו האלופלסמי C). לאחר ירידה זו ממשיך שטח הפנים לגדול במידה ניכרת והחל מהיום ה-60 ועד ליום ה-110 הוא גדל משמעותית יותר בזן האאופלסמי מאשר בזן האלופלסמי. בסביבות היום ה-110 הגיע שטח הפנים של שני הקווים לגודלו המקסימלי. החל ממועד זה מתחיל שטח הפנים לקטון בשני הקווים כאשר הקטנת שטח הפנים בזן B מהירה יותר מאשר בזן האלופלסמי C. (במקביל לירידה השונה בין הזנים באורך השורשים).

השוואת בין משקל החומר היבש בשני קווי החיטה (טבלות 3,4)

במהלך הנסוי נמדדו המשקל היבש של השורשים והמשקל היבש של העלווה בכל אחד מן הקווים בנפרד.

משקל השורש היבש של שני הקווים מתפתח במקביל כאשר משקל השורש היבש של הקו האלופלסמי (C) גדול במקצת מזה של הזן האאופלסמי (B) בסביבות היום ה-90 נצפית עלייה משמעותית במשקל השורש היבש של הזן האאופלסמי B מעבר לזה של קו C (כ-8.34 גר' בזן B לעומת כ-6.46 גר' בקו C). אולם, בהמשך קטן משקל השורש היבש של זן B מהר יותר מאשר זה של זן C. בסוף עונת הגידול משקל השורש היבש של קו C גבוה יותר מזה של זן B (כ-2.03 גר' בזן B לעומת כ-3.7 גר' בקו C).

משקל העלווה היבש של שני הקווים גדל במקביל ובצמוד לאורך מרבית תקופת הצמיחה עד סביבות היום ה-110. בהמשך הצמיחה העליה במשקל העלווה היבש של זן B מתונה משך זו של קו C.

במועד הבדיקה האחרון כ-140 יום מהזריעה נפסק הגידול במשקל העלווה היבש. הקו האלופלסמי הגיע למשקל 50.39 גר' בעוד שהזן האאופלסמי הגיע למשקל 39.47 גר' בלבד. בולטת במיוחד העובדה, כי במהלך 28 ימי הגידול האחרונים גדל משקל העלווה היבש של הקו האלופלסמי מ-23.93 גר' ל-50.39 גר' בעוד אשר בתקופה זו גדל משקל העלווה היבש בזן האאופלסמי מ-21.66 גר' ל-39.97 גר' בלבד.

איפיון ה-DNA המיטוכונדריאלי של הקו האלופלסמי של חיטה המכילה ציטופלסמה של המין *Ae. variabilis* והגרעין של *T. aestivum* (ברקאי)

על מנת לוודא כי הציטופלסמה של *Ae. variabilis* אומנם הועברה לזן החיטה התרבותית, אופין דגם החיתוך וההיברידיזציה של ה-DNA עם גנים מיטוכונדריאליים. דגם ההיברידיזציה של גנים מיטוכונדריאליים אופין לכל מין וניתן להבדיל בין *Ae. variabilis* לבין המין *T. aestivum*. בבחינת דגם החיתוך וההיברידיזציה עם שני גלאים יחודיים למיטוכונדריה, הגן המקודד לתת היחידה *atp á* והגן המקודד לתת היחידה ציטוכרום אוקסידז (*cox I subunit I*) נמצא שדגם החיתוך של הקו האלופלסמי ברנרי היה זהה לדגם החיתוך של הזן הבר *Ae. variabilis* ושונה מחיטה תרבותית *T. aestivum* (טבלה 1).

על סמך השוני בדגם ההיברידיזציה אשר התקבל על ידי חיתוך בשני אנזימי רסטריקציה וההיברידיזציה עם שני הגלאים ניתן להסיק כי הציטופלסמה של הזן האלופלסמי הועברה ממין הבר *Ae. variabilis*. הכנת ה-DNA המלאים ותאי ההיברידיזציה נעשו כפי שתואר בעבר (Breiman 1987).

בדיקת שיעור הנשימה של מיטוכונדריות מחיטה תרבותית ומהזן האלופלסמי

שיעור נשימת המיטוכונדריות מבטא את היעילות הפיזיולוגיות של המיטוכונדריות. על מנת לבחון את נשימת המיטוכונדריות בודדו מיטוכונדריות מהקו האלופלסמי ומחיטה תרבותית בגרדיאנט פרקול (Goldstein et al 1980) ונמדדה צריכת חמצן.

צריכת החמצן נמדדה באלקטרודה מטיפוס Clarke ונבחנו מקורות אנרגיה שונים כגון: סוקצינט ו- α קטו גלוטרט. (טבלה 2)

שיעור הנשימה נקבע כשיעור הנשימה הספציפי להוספת ה-ADP ונמדדו הפרמטרים המקובלים כגון יחס ADP/O ה- (RC) וצריכת החמצן Respiratory control ב- nmoles. מהממצאים המתוארים בטבלה II נראה כי שיעור צריכת החמצן במיטוכונדריות שבודדו מהקוים האלופלסמים יעילה יותר מאשר מחיטה תרבותית. ממצאים אלו מרמזים על כך שהחלפת הציטופלסמה תרמה לשפור קל בנשימת התאים. בהמשך המחקר נבחן את מסלול הנשימה האלטרנטיבי ונשווה אותו למסלול הנשימה דרך ציטוכרום וכמו כן נבחן קוים אלופלסמיים נוספים.

מקטעי DNA של חיטה תרבותית, חיטה אלופלסמית עם ציטופלסמה

Ae. variabilis וזן בר *Ae. variabilis*

העוברים היברידיזציה עם גלאים מיטוכונדריאליים.

SPECIES	Enzyme	Probe	DNA Size (kb)
<i>T. aestivum</i>	BamH1	atp á	6.0 , 2.2
<i>T. aestivum</i> (Ae. Var)		"	2.5 , 3.5
<i>Ae. variabilis</i>			2.5 , 3.5
	EcoR1	atp á	
<i>T. aestivum</i>			3.6
<i>T. aestivum</i> (Ae. var)			4.5
<i>Ae. variabilis</i>			4.5
	BamH1	cox 1	
<i>T. aestivum</i>			4.0
<i>T. aestivum</i> (Ae. var)			6.5 , 2.0
<i>Ae. variabilis</i>			6.5 , 2.0

טבלה II

נשימת מיטוכונדריות שמופקות מנבטים אתיולנטים של זני חיטה תרבותית (זן ברקאי) וזו אלופלסמי עם ציטופלסמה של *Ae. variabilis* (זן ברניר)

Species	ADP / O ratio	RC	QO ₂	mg/ml protein
T.aestivum (Barkai)	2.5 ± 0.2	5.4 ± 0.8	44.7 ± 0.9	0.6
T.aestivum (Ae. variabilis)	2.6 ± 0.3	5.6 ± 0.7	46.5 ± 1.1	0.65

Measured in nmoles O₂ / mg protein/ min in state 3

References:

1. Breiman, A. 1987. Mitochondrial DNA variation of Triticum and Aegilops revealed by Southern blot hybridization. Theor. Appl. Genet. 73, 563 - 571
2. Goldstein, A.H. Anderson, J.O. and McDaniel, R.G. 1980. Cyanide- insensitive and Cyanide- sensitive O₂ Uptake in Wheat, Plant Physiol, (1980) 66, 488 - 493

ד'. מסקנות והשלכותיהן על המשך ביצוע המחקר

1. ניתן להשתמש בהתמרה ציטופלסמית בחיטה להשבחה וטיפוח ליצירת זנים והראייה מזה החיטה הישראלי "בר ניר" שהוא בן החיטה המסחרי הראשון שמשמש מסחרית בחקלאות כזן אלופלסמי.
2. תופעת און הכלאיים גרעיני ציטופלסמי שנוצרת כתוצאה מההתמרה הציטופלסמית יש לה ספציפיות לגרעין הזן המותמר. לאנטרקציה גרעין ציטופלסמה יכולה להיות תוצאות שונות בגרעינים של זנים שונים.

3. השימוש בהתמרה ציטופלסמית להשבחת חיטה יכול להוביל בזמן קצר יחסית ליצירת זנים חדשים ומשופרים.

4. הכיוון של השבחה ציטופלסמית בחיטה ראוי להרחבת בדיקתו בבחינה של ציטופלסמית זרות נוספות שהן קומפאטאביליות לגרעין בחיטה ואכן כתוצאה ממחקר זה הוחל כבר ביצירת קווי חיטה אלופלסמיים עם ציטופלסמות זרות קומפאטיביליות נוספות.

5. ההתמרה הציטופלסמית בחיטה מהווה דרך נוספת להגדלת השונות הגנטית של החיטה שהיא מטרה חשובה לעצמה בטיפול החיטה. בשעה שרב המאמצים שנעשו ונעשים בכוון זה בחיטה מכוונים לרמה הגרעינית לגנום הגרעיני, הרי ההתמרה הציטופלסמית פותחת פתח להגדלת השונות הגנטית של הפלסמון ליצירת שונות ציטופלסמית על השלכותיה, שלא ניצלה עד כה.

6. נמצא כי היתרון ההתפתחותי שנגרם ע"י ההתמרה הציטופלסמאטית מוצא את ביטוי הן במערכת השורשים והן בהתפתחות העלווה בשלבים המאוחרים של מחזור הגידול בצמח ומאפשר פעילות מטאבוליות גדולה יותר מהיום ה-110 ואילך ממילוי הגרגרים ועד ההבשלה. מערכת השורשים הגדולה יותר בשלב זה עשויה גם לאפשר לצמח להנזק פחות מבעיות יובש ומחסור במים בשלבים המכריעים לקבלת היבול.

7. נוצר אישור ברמה המולקולרית ב-DNA הציטופלסמי להתמרה הציטופלסמאטית בזן האלופלסמי.

8. נמצאה עדות כי הגורם הציטופלסמאטי המביא לשיפור יכולת הצימות וההנבה בזן האלופלסמי בר ניר הינו במיטוכונדריות של מין הבר תורם-הציטופלסמה. שיעור צריכת החמצן במיטוכונדריות הזרות יעילה יותר מאשר באלה של החיטה התרבותית והביאה לשיפור בנשימת התאים. בהמשך המחקר יבחן מסלול הנשימה האלטרנאטיבי ויושווה למסלול הנשימה דרך ציטוכרום וכמו כן ייחקרו היבטים אלה בקווים נוספים.

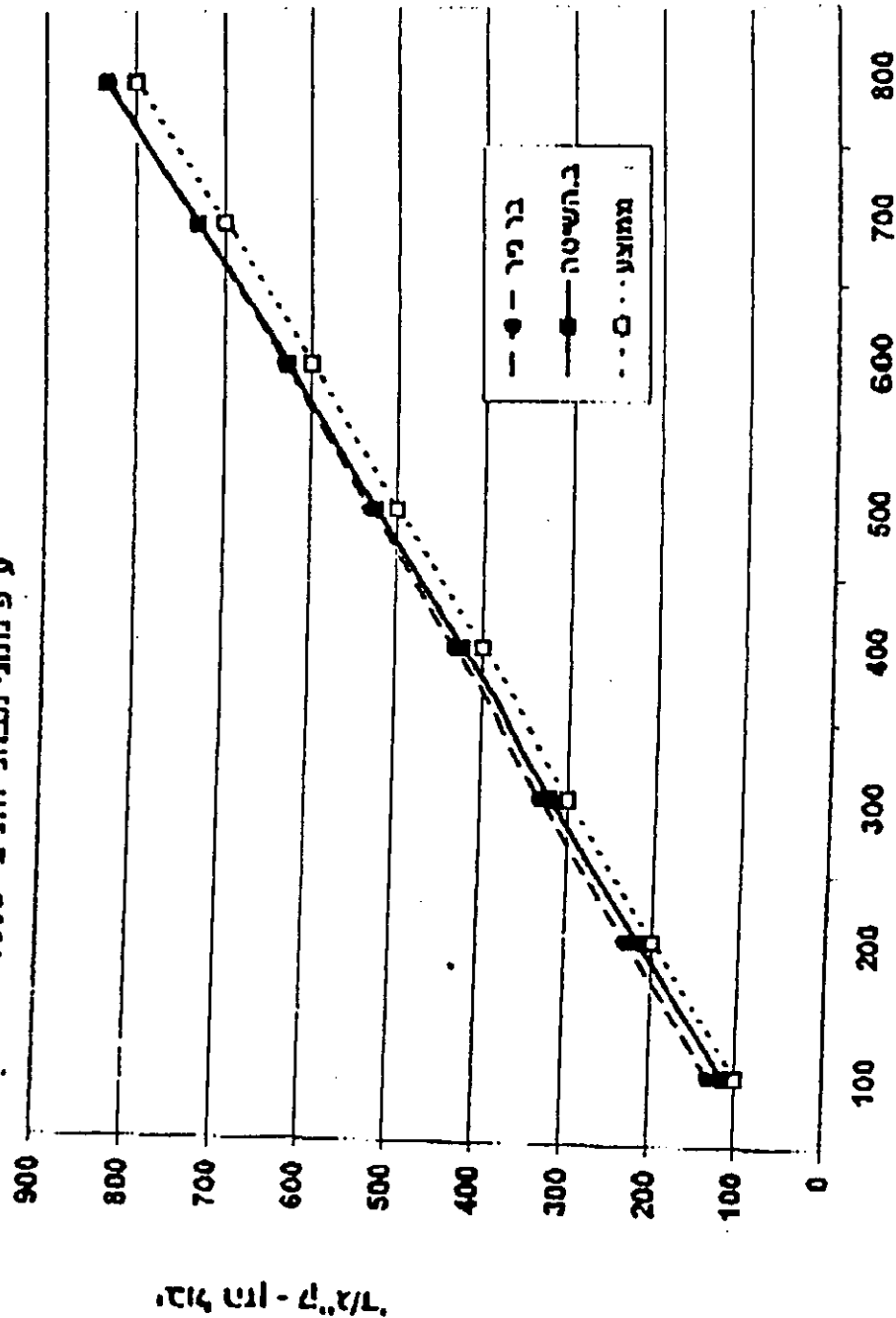
פרסומים מדעיים

תוצאות העבודה יושלמו, יסוכמו ויישלחו לפרסום בכתב עת מדעי בעתיד הקרוב.

גרף 1.

העליה ביבול בזני חיסה עם העליה בפוטנציאל היבול בהשפעת
תנאי סביבה

ע"פ נתוני מבחני הזנים - 1998



פוטנציאל היבול

כפר	נחל שז	מולדת	שריד	גבעה	געתון	נבול	בית	ניר	בית
חפין	מטפל				מטפל	מטפל	טברין	שז	קמה
819.1	780.4	667.1	672.9	599.4	516.1	468.5	381.0	162.6	131.1
767.9	758.1	672.6	722.4	612.6	578.8	473.6	359.2	178.1	125.5
810.4	677.4	632.1	627.8	600.9	524.9	476.5	313.6	140.2	119.6

טבלה 1: האורך הממוצע של השורשים

גיל הצמח הנבדק (ימים)			מספר ארגזים			
			1	2	3	4
14	B	ממוצע	16.35	19.42	22.71	30.64
		סטית תקן	4.46	2.73	5.00	2.08
	C	ממוצע	15.86	25.79	24.36	16.43
		סטית תקן	4.12	6.08	5.01	8.36
26	B	ממוצע	35.00	41.78	29.14	27.50
		סטית תקן	6.19	6.90	5.07	5.06
	C	ממוצע	36.71	29.43	28.64	38.43
		סטית תקן	9.55	5.04	2.77	5.06
41	B	ממוצע	34.33	34.50	39.66	39.33
		סטית תקן	3.25	4.71	5.96	6.67
	C	ממוצע	39.00	41.67	37.17	35.33
		סטית תקן	6.61	6.24	4.37	2.75
54	B	ממוצע	40.35	46.71	49.28	49.85
		סטית תקן	4.75	7.34	7.30	11.10
	C	ממוצע	46.29	46.86	52.71	42.57
		סטית תקן	10.44	9.45	9.57	4.80
69	B	ממוצע	43.80	53.83	46.16	49.00
		סטית תקן	5.34	9.31	10.15	11.57
	C	ממוצע	44.67	39.67	40.50	44.00
		סטית תקן	8.10	3.73	8.64	6.45
82	B	ממוצע	49.50	43.66	43.16	43.66
		סטית תקן	10.64	8.21	5.08	6.74
	C	ממוצע	38.20	37.83	40.67	40.66
		סטית תקן	6.71	3.93	4.96	3.77
99	B	ממוצע	38.16	39.66	43.50	40.80
		סטית תקן	4.10	6.50	8.50	4.35
	C	ממוצע	39.00	39.50	45.50	34.50
		סטית תקן	7.94	8.58	6.80	6.02
113	B	ממוצע	35.49	38.28	47.71	39.71
		סטית תקן	3.94	7.86	12.87	7.53
	C	ממוצע	35.00	43.50	35.57	40.71
		סטית תקן	7.07	8.24	7.80	8.17
144	B	ממוצע	29.14	28.71	30.85	26.57
		סטית תקן	3.83	7.12	4.88	3.50
	C	ממוצע	33.71	34.71	28.86	33.42
		סטית תקן	5.57	8.81	5.19	5.28

*פרוט תוצאות הבדיקה של קוי החיטה בגילים שונים.

*בכל מועד נבדקו 4 ארגזים / חזרות - 7 צמחים מכל קו לחזרה.

טבלה 2. שטח הפנים ההמוצע של השורשים

גיל הצמח הנבדק (ימים)			מספר ארגזים			
			1	2	3	4
14	B	ממוצע	25.00	28.00	29.00	34.00
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	20.00	26.00	27.00	26.00
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
26	B	ממוצע	50.00	56.00	99.00	56.00
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	62.00	70.00	71.40	116.00
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
41	B	ממוצע	31.83	42.86	58.26	43.23
		סטית תקן	13.04	9.57	49.52	7.95
	C	ממוצע	35.00	35.91	49.09	33.08
		סטית תקן	5.50	18.71	7.16	11.78
54	B	ממוצע	114.11	106.10	111.37	99.60
		סטית תקן	60.67	34.03	16.22	34.06
	C	ממוצע	112.10	93.71	143.40	131.63
		סטית תקן	39.67	32.87	92.86	53.57
69	B	ממוצע	202.40	182.00	213.73	223.13
		סטית תקן	37.64	40.58	58.21	99.53
	C	ממוצע	86.27	145.07	292.80	260.96
		סטית תקן	32.71	58.86	161.09	141.43
82	B	ממוצע	607.50	298.67	417.33	136.00
		סטית תקן	184.11	134.16	99.64	20.13
	C	ממוצע	201.60	240.00	73.33	398.66
		סטית תקן	48.64	65.65	9.71	161.02
99	B	ממוצע	838.75	572.15	585.69	612.19
		סטית תקן	604.40	406.90	271.09	213.84
	C	ממוצע	562.17	271.86	736.69	525.11
		סטית תקן	334.06	84.02	218.68	326.52
113	B	ממוצע	319.63	315.53	506.51	366.86
		סטית תקן	160.29	139.68	398.01	270.48
	C	ממוצע	510.01	339.52	293.76	296.21
		סטית תקן	357.17	164.83	254.95	84.96
144	B	ממוצע	132.11	103.17	277.56	106.16
		סטית תקן	99.08	89.88	148.53	57.20
	C	ממוצע	85.61	297.71	158.29	218.01
		סטית תקן	48.59	236.14	84.30	69.84

*פרוט תוצאות הבדיקה של קוי החיטה בגילים שונים
 *בכל מועד נבדקו 4 ארגזים / חזרות - 7 צמחים מכל קו לחזרה

טבלה 3. המשקל הממוצע של שורשים יבשים

גיל הצמח הנבדק (ימים)			מספר ארגזים			
			1	2	3	4
14	B	ממוצע	0.08	0.10	0.10	0.12
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	0.08	0.11	0.99	0.07
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
26	B	ממוצע	0.24	0.26	0.32	0.22
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	0.20	0.23	0.24	0.31
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
41	B	ממוצע	0.10	0.15	0.15	0.21
		סטית תקן	0.05	0.04	0.06	0.18
	C	ממוצע	0.19	0.14	0.18	0.19
		סטית תקן	0.03	0.08	0.02	0.13
54	B	ממוצע	0.63	-	0.70	0.46
		סטית תקן	0.16	-	0.15	0.13
	C	ממוצע	0.43	0.52	0.50	0.48
		סטית תקן	0.18	0.13	0.18	0.14
69	B	ממוצע	1.09	1.84	1.58	0.84
		סטית תקן	0.18	0.40	0.55	0.30
	C	ממוצע	1.68	1.04	1.07	1.40
		סטית תקן	1.48	0.44	0.60	0.29
82	B	ממוצע	2.13	2.29	2.87	2.96
		סטית תקן	0.97	0.96	1.08	1.27
	C	ממוצע	3.65	0.08	1.57	3.44
		סטית תקן	2.15	1.06	0.40	1.33
99	B	ממוצע	12.25	7.04	6.96	7.12
		סטית תקן	8.51	3.99	3.91	3.23
	C	ממוצע	7.37	4.16	5.44	8.86
		סטית תקן	5.40	1.36	2.59	6.86
113	B	ממוצע	3.29	3.65	7.70	3.68
		סטית תקן	2.55	1.75	4.74	2.64
	C	ממוצע	6.25	4.68	5.46	4.15
		סטית תקן	5.01	2.49	4.50	1.19
144	B	ממוצע	2.61	1.60	2.50	1.38
		סטית תקן	2.19	1.70	2.14	0.90
	C	ממוצע	4.72	2.81	2.17	5.08
		סטית תקן	3.08	1.86	1.60	3.40

*פרוט תוצאות הבדיקה של קוי החיטה בגילים שונים
*בכל מועד נבדקו 4 ארגזים / חזרות - 7 צמחים מכל קו לחזרה

טבלה 4. המשקל הממוצע של עלווה יבשה

גיל הצמח הנבדק (ימים)			מספר ארגזים			
			1	2	3	4
14	B	ממוצע	0.19	0.19	0.25	0.24
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	0.17	0.20	0.20	0.19
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
26	B	ממוצע	1.30	1.40	1.64	1.31
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.00
	C	ממוצע	0.97	1.15	1.37	1.24
		סטית תקן	0.00	0.00	0.00	0.18
41	B	ממוצע	0.64	0.89	0.88	0.98
		סטית תקן	0.28	0.15	0.28	0.24
	C	ממוצע	1.11	0.75	0.80	0.809
		סטית תקן	0.14	0.37	0.10	0.184
54	B	ממוצע	3.34	-	3.36	2.83
		סטית תקן	0.83	-	0.78	0.43
	C	ממוצע	2.77	2.69	2.90	2.984
		סטית תקן	0.80	0.70	0.55	0.722
69	B	ממוצע	6.69	10.93	8.31	5.92
		סטית תקן	1.39	2.15	1.98	1.96
	C	ממוצע	8.39	8.41	6.52	9.255
		סטית תקן	4.71	1.71	2.26	1.888
82	B	ממוצע	19.21	16.51	17.49	15.38
		סטית תקן	2.99	8.80	6.70	4.30
	C	ממוצע	20.91	16.07	11.69	19.908
		סטית תקן	9.33	5.41	2.84	4.813
99	B	ממוצע	22.95	16.69	23.09	23.90
		סטית תקן	8.69	5.63	5.80	1.76
	C	ממוצע	24.47	18.60	29.06	23.605
		סטית תקן	6.41	4.58	8.99	9.441
113	B	ממוצע	24.44	19.27	35.65	26.94
		סטית תקן	12.36	10.87	8.02	11.55
	C	ממוצע	28.90	26.28	36.19	24.626
		סטית תקן	16.71	4.65	22.66	6.115

*פרוט תוצאות הבדיקה של קוי החיטה בגילים שונים
*בכל מועד נבדקו 4 ארגזים / חזרות - 7 צמחים מכל קו לחזרה

סכום חדש לתוכניות מדען

1. מטרת המחקר לתקופת הד"ח:

- (א) פתוח קווים אלופלסמיים עם צ"פ בן חטיה רב-אנפין בשלושה זני חטיה מסחריים נוספים.
- (ב) בדיקות מורפולוגיה, אגרונומיה של השפעת ההתמרה הציטופלסמית.
- (ג) אפיון ה-DNA המיטוכונדריאלי של הצ"פ המותמרת.
- בדיקות נשימה באוכלוסיות מיטוכונדריות מבודדות של צ"פ החטה לעומת הצ"פ המותמרת.

2. עיקרי הנסויים והתוצאות:

- (א) פותחו קווים אלופלסמיים עם צ"פ בן חטה רב אנפין, בשבעה זנים מסחריים וקווי השבחה נוספים.
- (ב) בשני קווים אלופלסמיים נוספים נערכו בדיקות אגרונומיות שהראו, כי השפעת הצ"פ המותמרת נובעת מאנטראקציה ספציפית עם גרעין הזן המותמר והיא שונה בזנים שונים.
- (ג) נערכה בדיקה מפורטת להשפעת הצ"פ המותמרת על המורפולוגיה של מערכת השורשים והעלווה ונמצאה, כי השפעתה הדיפרנציאלית מתבטאת בשלבים המאוחרים - פריחה - הבשלה, בחיי הצמח.
- (ד) אופיין ה-DNA המיטוכונדריאלי בקו האלופלסמי ונמצא אישור לזהותו עם DNA של המין תורם הצ"פ *Ae. variabilis*.

(ה) נערכה בדיקת נשימה באוכלוסיות מיטוכונדריות מבודדות של צ"פ החטה לעומת הצ"פ המותמרת ונמצא שעור יעילות נשימה גבוה יותר במיטוכונדריות "הזרות" המותמרות.

3. מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

- (א) ההתמרה הציטופלסמית יכולה להוות שיטה חדשה להשבחה וטפות חטה.
- (ב) הזן האלופלסמי "בר-ניר", שטופח בדרך זו זוכה להצלחה בישראל ומצטיין בתכונותיו.
- (ג) ההתמרה הציטופלסמית יכולה להוות דרך נוספת להרחבת השונות הגנטית של החטיה.
- (ד) ההתמרה הציטופלסמית יכולה להוות דרך לשיפור המטבוליזם והפיזיולוגיה-מורפולוגיה ואגרונומיה בצמח החטה.

4. הבעיות שנוותרו לפתרונן:

- (א) מבחני שדה לקווים האלופלסמיים הנוספים שנוצרו משך שתי שנות המחקר.
- (ב) בדיקות מולקולריות ופיזיולוגיות לחקר המיטוכונדריות, שתוכננו לשנה השלישית בהצעת המחקר, אך לא תוקצבה (חקר הממברנות של המיטוכונדריות ובדיקות נשימה נוספות).

5. הפצת הידע שנוצר בתקופת הד"ח:

תקצוב שנתיים מתוך שלוש השנים של הפרוייקט קוטע את השלמת המחקר, ולאחר השלמתו ממציאו יוכנו לפרסום בכתב עת מדעי.