

מועצה אזורית אשכול
מועצה אזורית שדות נגב
מועצה אזורית מרחבים



משרד החקלאות ופיתוח הכפר
קרן קיימת לישראל
המשרד לפיתוח הנגב והגליל
ההסתדרות הציונית העולמית-החטיבה להתיישבות

NEGEV AGRICULTURAL R&D CENTER

משרד
החקלאות
וביטחון המזון



קרן קיימת לישראל
K K L - J N F



מועצת הצמחים



שה"מ



יק"א בישראל
ICA in Israel

דו"ח התקדמות מקצועי 2024

תכנית 92-02-0017



1.

מו"פ דרום / דו"ח שנתי

- מספר מחקר: 92-02-0017

- שם התוכנית: פיתוח אגרוטכניקת הגידול של זני פיטאיות חדשים ומשופרים שמותאמים לתנאי האקלים בארץ

- חוקרת ראשית: עירית דורי

- חוקרים שותפים: נעמי תל-צור, יוסף מזרחי, יוסי מויאל, אודי צורגיל (אוניברסיטת בן גוריון), ציפורה טייטל (מנהל המחקר החקלאי).

- סטטוס התכנית: נמשכת

- מועד התחלה וסיום התכנית: ינואר 2023 – דצמבר 2025

2.

תקציר

הפיטאיה הינה פרי יחסית חדש בארץ ובעולם. בידינו כיום בנק הגנים הגדול בעולם. פיתוח והרחבת הייצוא מחייבים שיפור של תכונות הזנים הקיימים, להתאימם לאקלים בארץ ולהאריך את תקופת השיווק הנוכחית. מטרת המחקר הינה פיתוח אגרוטכניקת הגידול של זני פיטאיות חדשים ומשופרים שמותאמים לתנאי האקלים בארץ. בניסוי נבחנו 21 זני פיטאיה מתוכם 3 זני קיץ ו- 18 זני חורף. בעונה השלישית קיבלנו רצף של 9.5 חודשי קטיף. הצטיינו בעונה זו הזן הקיצי 78-12-17 (ניו פינקי) והזנים החורפים GA-127 ו-GA-095 שהיו בעלי פרי גדול במרכז החורף, יבול גבוה וטעם טוב. גם הזן 83-09-30 (פיטאיה צהובה) הניב יבול גבוה, מצטיין בטעם טוב והוא היחיד מבין הזנים שמניב בחודשי האביב. ביצענו שיטה "in vivo" של פרוטוקול להכפלה כרומוזומים במטרה לקבל צמחים פוליפלואידים ובעלי התאם עצמי ללא הצלחה. עכשיו מפתחים שיטה נוספת של הכפלה בתרבויות תאים. פירות הפיטאיה נמצאו עתירי תרכובות מקדמות בריאות ובעלי פעילות נוגדת חמצון גבוהה. הזנים הסגולים מובילים מבחינת התרומה הבריאותית.

3.

רקע קצר ותיאור הבעיה

הפיטאיה (Pitaya) או בשמה באסיה פרי הדרקון Dragon fruit היא צמח ממשפחת הקקטוסיים Cactaceae ומקורה במרכז וצפון דרום-אמריקה. המאפיין צמחים אלו הוא גבעולים מוארכים בעלי 3 צלעות (לפעמים יותר) הגדלים כמטפסים בחובם של נוף העצים כלומר, הם צמחי צל. מכאן משתמעים שני דברים: א. בארץ הם חייבים לגדול בתנאי הצללה, ב. חייבים להדלותם. ישנם שני סוגים של פיטאיה Selenicereus (זני חורף) ו-Hylocereus (זני קיץ) השונים אחד מהשני במובנים הבאים: בסוג הראשון יש בדרך כלל לגבעולים יותר משלוש צלעות, ולכל הפירות קוצים יחסית גדולים הנושרים עם ההבשלה, בעוד שלסוג השני יש לגבעולים 3 צלעות ולפירות יש קשקשים והם חסרי קוצים. הפרי בעל מראה וצבע יחודיים ויתרונות בריאותיים רבים. הזנים השונים של הפרי מגיעים בצבעים, גדלים וטעמים שונים: קליפה צהובה, אדומה או ורודה-סגולה, ובשר עסיסי בצבעים לבן, ורוד או אדום-סגול. לצמחים אלו יש פרח לילי גדול אשר נפתח עם רדת החשיכה ונסגר בשעות הבוקר. הפרח חיוני פחות מ- 24 שעות, ובד"כ לקראת הצהרים מאבד את חיוניותו. הפרח בנוי להאבקה על

ידי בעלי חיים פעילי לילה, ואין כלל האבקה על ידי רוח. בטיפוסים השונים הנמצאים בארץ יש כאלו המפרים את עצמם ויש כאלו החייבים האבקה זרה כדי לחנוט פרי. בזנים בהם יש אי-התאם-עצמי, יש חובה להאבקה זרה על מנת לקבל פרי ולכן צריך לגדל לפחות שני זנים שפורחים באותו הזמן. משמעות העניין מבחינה מעשית שבזמן הפריחה כל בוקר צריך לאסוף אבקה מהפרחים הפתוחים (לפחות משני זנים) ולבצע האבקה ידנית. פרחים שלא הואבקו לא יחנוטו. דרישה זו להאבקה זרה מסבכת את מהלך הגידול ומקשה על החקלאים שנאלצים לגדל לפחות שני זנים שפורחים בו זמנית גם אם אחד הוא אינו איכותי, הן ברמת היבולים והן באיכות פירותיו. לגבי המכלואים החדשים עדיין לא ידוע איזה מהם דורשים האבקה זרה. כל זני החורף שמגדלים היום החקלאים בארץ הם טריפלואידים, כמעט ללא אבקה, ודורשים האבקה זרה כדי לחנוט פרי (Tel-Zur et al. 2005). במסגרת תכנית טיפוח של זני פיטאיה מצאנו מכלואים פוליפלואידים אשר מייצרים שפע אבקה חיונית והינם גם בעלי התאם עצמי וכך הצלחנו לשבור את האי-התאם עצמי הקיים בזנים המסחריים (Tel Zur et al. 2012). בנוסף פיתחנו שיטה להכפלה כרומוזמים ובכך הצלחנו לקבל צמחים פוליפלואידים בעלי התאם עצמי (Cohen and Tel-Zur 2012; Tel Zur et al. 2011). בישראל מגדלים כ- 400 דונם שמשווקים הן לשוק המקומי והן לייצוא. רב הזנים שמגדלים היום בארץ הם זני הקיץ, אך מגדלים גם מעט זני חורף. הזנים שלנו נחשבים לזנים הטובים בעולם. יחד עם זאת יש כמה בעיות בגידול שדורשות פתרון, למשל, הזנים מניבים בגלים ויש דרישות מהשוק לספק את הפרי ברצף. יש חובה לגדל לפחות שני זנים שפורחים ביחד שכן בזנים הקיימים יש אי-התאם-עצמי ויש חובה להאבקה זרה על מנת לקבל פרי. יש בעיות של סידוקים בפרי בחודשי החורף. יש עדיין מקום לשיפור הטעם. לזנים הטעימים ביותר יש קוצים ויש רצון להיפטר מהם. יש רצון לספק זנים עם צבעים שונים הן של הקליפה והן של הציפה. אין ספק שטיפוח זו הדרך היעילה והטובה ביותר לטווח הארוך לפתרון בעיות אגרוטכניות מכל הסוגים. בנוסף לכך יש צורך להתאים את תנאי הגידול של הפיטאיה (שהיא גידול טרופי) לתנאי האקלים בארץ (קיץ חם וחורף קר).

ערך בריאותי של זני פיטאיה - לפירות פיטאיה פעילות נוגדת חמצון משמעותית, אשר מיוחסת בעיקר למגוון תרכובות בעלות תרומה בריאותית. חלקן של תרכובות אלה נפוצות בעולם הצומח, דוגמת פוליפנולים ואנתוציאנינים, וחלקן ייחודיות למשפחות ספציפיות, דוגמת בטאלנים. הפעילות נוגדת החמצון משקפת את יכולת הפרי לנטרל רדיקלים חופשיים הנוכחים, והיא מיוחסת לנוגדי חמצון מסיסי מים (הידרופיליים) ומסיסי שמן (ליפופיליים). ניתן לבדוק פעילות זו במספר שיטות, שכל אחת מהן בודקת קבוצה אחרת של פיטוכימיקלים, הפעילים כנוגדי חמצון במנגנונים שונים. תרכובות פנוליות, או פוליפנולים, הן קבוצה מגוונת של תרכובות מסיסות מים, הנפוצות מאוד בעולם הצומח. לקבוצה זהו מיוחסות השפעות בריאותיות חיוביות רבות כגון פעילות נוגדת חמצון ונוגדת דלקת, השפעה נוגדת סרטן וסכרת, ושיפור פעילות

מערכת הלב וכלי הדם ומערכת העצבים. אחת הקבוצות הפעילות בתוך מבין הפוליפנולים הם הפלבונואידים, תרכובות פוטנטיות המקנות למזון ערך בריאותי ותזונתי גבוה. אנתוציאנינים הם קבוצת פולימרים פוליפנוליים, המהווים צבענים בעולם הצומח, ומשנים את צבעם בהתאם לרמת ה pH, ונעים בצבע שבין ורוד- אדום בחומציות גבוהה, סגול בתמיסה נייטרלית ועד ירוק בתמיסה בסיסית. כמו פוליפנולים אחרים, גם להם מיוחסת תרומה בריאותית חשובה. בטאלנים הם קבוצת צבענים טבעיים ייחודיים, מסיסי מים, המצויים בעיקר בסלק ובקטוסים, בעלי פעילות משמעותית כנוגדי חמצון ונוגדי דלקת. הם נחלקים לצבען הסגול (בטאציאנין) והצהוב (בטאקסנטיין). פיטוסטרולים הם תרכובות צמחיות בעלות מבנה הדומה לזה של כולסטרול האנושי, המסייעות לאיזון פרופיל שומני הדם והפחתת רמות הכולסטרול בכך שהן מתחרות עם הכולסטרול על ספיגה אך אינן נספגות בעצמן. קרוטנואידים הם צבענים המקנים לצמחים את הצבע הצהוב והכתום, בעלי פעילות נוגדת חמצון ליפופילית משמעותית.

מטרות המחקר

4.

מטרת המחקר העיקרית היא: פיתוח אגרוטכניקת הגידול של זני פיטאיות חדשים ומשופרים שמותאמים לתנאי האקלים בארץ.

מטרות המחקר המשניות הן:

1. איתור זני פיטאיה משופרים אשר מותאמים לתנאי האקלים בארץ. בעלי טעם משופר וחיי מדף טובים המתאימים גם לייצוא בהובלה ימית, שייצרו רצף הנבה ארוך מיולי עד אפריל.
2. שיפור יבול ואיכות הפרי בזני החורף ע"י גידול במבנה מחופה פלסטיק בתקופת החורף בהשוואה לגידול בבית רשת (כמקובל כיום).
3. איתור מכלואים בעלי התאם עצמי (שאינם דורשים האבקה זרה). 4-5 בני הכלאיים המשופרים שנבחרו עד קיץ 2022 ייבדקו במונחים של פוריות, כלומר אחוז גרגרי אבקה חיוניים והתאם עצמי: היכולת לייצר פרי לאחר האבקה עצמית, וגם משקל ממוצע של פרי לאחר אבקה עצמית לעומת האבקה זרה.
4. במקביל נבצע את הפרוטוקול של הכפלת הכרומוזומים בזנים מצטיינים בעלי אי התאם עצמי במטרה ליצור זנים פוליפלואידים בעלי התאם עצמי.
5. בחינת הערך הבריאותי של מספר מכלואים מצטיינים.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

5.

שיתילי פיטאיה שהושרשו באוניברסיטת בן גוריון נשתלו בבית רשת 30% צל ב- 3/6/20. נשתלו 21 מכלואי פיטאיה ב- 3 חזרות, 5 צמחים בכל חזרה. מתוכם 3 זני קיץ ו- 18 זני חורף (טבלה 1). כביקורת השתמשנו בזן קיץ מצטיין שבשרו אדום שמו הרשום של הזן הוא "יוסי" כונה בעבר "עומר", שמספרו 04-25, בזן ביקורת שבשרו לבן S-091 ובזן חורף הרשום תחת

השם Dragon balls ובזן חורף הנקרא "מלך המדבר" שמספרו 12-14. שלושת זנים אלו גדלים כיום בהיקף מסחרי ומשווקים בארץ ובעולם (זני הביקורת מסומנים בטבלה 1 בצבע אדום). מרווחי הנטיעה 1.5 מטר בין שתילים ו- 3 מטר בין השורות. סה"כ נשתלו 15 שתילים מכל קלון, 5 שתילים לחזרה והחזרות פוזרו באקראי. עם תחילת הפריחה מדי יום בשעות הבוקר המוקדמות נערך איסוף של אבקה מפרחים פתוחים והאבקה ידנית (בעזרת מכחול) של כל הפרחים שנפתחו באותו יום. קטיף הפירות מתבצע פעם בשבוע. הפרי ממויין ל- 3 קטגוריות: פרי איכותי, פרי סדוק ופרי קטן. בכל קטגוריה נספרו ונשקלו הפירות. כמו כן נערכו לזנים בדיקות טעם ובדיקות TSS. בגלל המלחמה קטיף 3 זני הקיץ הופסק בשבוע הראשון של אוקטובר. לגבי זני החורף כשחזרנו לעבודה לאחר המלחמה מאמצע פברואר עד תחילת מרץ קטפנו במרוכז 11 מתוך 18 זנים שבהם הפרי עדיין נשמר במצב טוב. יש לציין שגם בזני החורף היבול שנקטף הוא פרי של האבקות שבוצעו עד 6/10/23. חוץ מהפיטאיה הצהובה 83-09-30 שהיא בעלת התאם עצמי ולא מחייבת האבקה ידנית. ב- 8/8/23 נשתל ניסוי נוסף במסגרתו נבחן גידול 3 זני חורף מצטיינים בתקופת החורף בחממה מחופה בפלסטיק ובקיץ במבנה מחופה רשת צל במטרה לפתור את בעיית הסידוקים בפרי. השתילה בוצעה בשני מבנים בגודל 180 מ"ר כל מבנה. אחד המבנים מחופה כל השנה ברשת 30% צל (טיפול ביקורת) והמבנה השני מחופה בחודשים דצמבר - אפריל עם פלסטיק בגג ווילונות בצדדים ובחודשים אפריל עד נובמבר עם רשת 30% צל בלבד. בכל מבנה נשתלו 3 זנים (GA-127, GA-095, 83-09-30) ב- 4 חזרות. בכל חזרה 4 צמחים. המרחק בין השורות 3 מטר והמרחק בין הצמחים בשורה 1.5 מטר.

טבלה 1: רשימת המכלואים הנבחרים ותכונותיהם

מספר	קבוצה	קוד הצמח	קבוצה	הערות	צבע קליפה	צבע ציפה	כמות אבקה (1-5)
1	זני קיץ	04-25	Hylocereus	זן ביקורת	אדום	סגול	5.0
2		S-091	Hylocereus	זן ביקורת	אדום	לבן	3.0
3		78-12-17	Hylocereus	מאביק חשוב	אדום	ורוד	4.0
4		12-14	Desert king	זן ביקורת	אדום	סגול	0.0
5		83-09-30	pitaya	פרי עגול	צהוב	לבן	3.0
6		189	Desert king	NBC	אדום	סגול	2.0
7		Z-017	Desert king		אדום	סגול	2.0
8		NBC-001	Desert king		אדום	סגול	1.0
9		NBC-003	Desert king		אדום	סגול	1.0
10		NBC-004	Desert king		אדום	סגול	1.0
11		NBC-052	Desert king		אדום	סגול	2.5
12	קי חורף	NER-020	Desert king	NER	אדום	סגול	2.0
13		NER-083	Desert king		אדום	סגול	0
14		NER-090	Desert king		אדום	סגול	0
15		GA-017	Desert king		כתום	סגול	0
16		GA-055	Desert king		כתום	סגול	0
17		GA-024	Desert king		כתום	לבן	0
18		GA-095	Desert king		כתום	לבן	0
19		GA-100	Desert king		אדום	סגול	0
20		GA-127	Desert king		אדום	סגול	0
21		GA-138	Desert king		אדום	לבן	0

תוצאות

6.

מועדי הקטיפ:

קטיף זני הקיץ החל בחודש אוגוסט. בזנים S-091 ו- 78-12-17 (ניו פינקי) הקטיף התחיל בשבוע הראשון של אוגוסט ואילו הזן 04-25 החל להיקטף כחודשיים מאוחר יותר, רק בסוף ספטמבר. מבין 18 זני החורף, 2 זנים (NER-020 ו- GA-127) החלו להיקטף באוגוסט ועוד 9 זנים החלו להיקטף בספטמבר. הזן האפיל ביותר 83-09-30 (פיטאיה צהובה) החל להיקטף בשבוע האחרון של פברואר והקטיף שלו נמשך עד אמצע מאי. הקטיף של כל הזנים נפסק בתחילת אוקטובר עקב המלחמה ובזני החורף שנשמרו באיכות טובה ביצענו קטיף מרוכז של הפירות מאמצע פברואר עד תחילת מרץ.

משקל פרי ממוצע

כאשר בדקנו את משקל הפרי הממוצע לאורך כל עונת הקטיף, משקלם של 3 זני הקיץ וזן החורף GA-095 גבוה באופן מובהק (312-332 גרם) בהשוואה לכל הזנים האחרים (179-244 גרם) (טבלה 2). הזן GA-017 הניב את משקל הפרי הממוצע הנמוך ביותר לאורך כל העונה (179 גרם). כאשר הפרדנו את משקל הפרי הממוצע בחלק מזני החורף לקיץ (מתחילת הקטיף באוגוסט עד סוף ספטמבר) ולחורף (מתחילת אוקטובר עד סיום הקטיף) ניתן לראות שמשקל הפרי הממוצע של זני החורף בגל הקיצי נמוך מאד (93-154 גרם) ורובם אינם ראויים לשיווק. הזן היחידי מבניהם שחלק מפרייו ראוי לשיווק בתקופה זו הוא GA-127. לעומת זאת משקל הפרי הממוצע של רב זנים אלו בחורף גבוה (253-345 גרם) ובחלקם (GA-127 ו- GA-095) אף גבוה מזה של זני הקיץ. בכל זני החורף, פרי שנקטף מוקדם בסוף הקיץ או בסתיו (אוגוסט- ספטמבר) קטן בהשוואה לפרי שנקטף במרכז בחורף (ינואר- מרץ).

מספר פירות לצמח

הזנים: S-091 ו- 83-09-30 (פיטאיה צהובה) הצטיינו במספר הפירות הגבוה ביותר לצמח (33.5-36.2) ואילו הזנים: 04-25, GA-138, NER-083 ו- NER-090 הניבו את מספר הפירות הנמוך ביותר לצמח (6.2-12.7) (טבלה 2).

משקל פירות לצמח/ לדונם

זן הקיץ S-091 הצטיין במשקל הפירות הגבוה ביותר (11.31 ק"ג לצמח) (טבלה 2) (2.51 טון לדונם) (טבלה 4) ונבדל באופן מובהק מהזנים האחרים. זנים נוספים שהניבו יבול גבוה הם: 78-12-17 (ניו פינקי), 83-09-30 (פיטאיה צהובה) ו- GA-095 (7.40-8.62 ק"ג לצמח) (1.64-1.91 טון לדונם). הזנים: 04-25, GA-138, NER-083 ו- NER-090 הניבו את משקל הפירות הנמוך ביותר (1.32-2.83 ק"ג לצמח) (0.29-0.63 טון לדונם).

טבלה 2: היבול בעונת הקטיף השלישית. אותיות שונות מציינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05 על פי מבחן שונויות Each pair student's t

משקל פרי בחורף	משקל פרי בקיץ	משקל פרי ממוצע בגרם	משקל פירות בק"ג לצמח	מספר פירות לצמח	זן	
		332 A	2.53 DE	7.7 G	04-25	זני קיץ
		329 A	7.40 B	22.6 CD	78-12-17	
		312 A	11.31 A	36.2 A	S-091	
281	93	216 BC	4.26 CD	19.3 CDE	12-14	זני חורף
		222 BC	7.41 B	33.5 AB	83-09-30	
300	114	179 C	4.05 CD	22.6 CD	GA-017	
253	94	237 B	4.74 CD	20.4 CD	GA-024	
319	104	231 B	4.87 C	21.1 CD	GA-055	
344	118	318 A	8.62 B	27.0 BC	GA-095	
297	118	235 B	3.68 CD	15.4 DEF	GA-100	
345	154	195 BC	3.74 CD	19.1 DEF	GA-127	
		209 BC	2.67 CDE	12.7 EFG	GA-138	
		238 B	1.32 E	6.2 G	NER-083	
		244 B	2.83 CDE	11.3 FG	NER-090	

אחוז פרי איכותי

שלושת זני הקיץ (78-12-17, S-091 ו-04-25) ושלושה מזני החורף (83-09-30 - פיטאיה צהובה, GA-017 ו- GA-095) הצטיינו באחוזי פרי איכותי הגבוהים ביותר (87.9-97.4%) (טבלה 3). בזני החורף NER-083 ו- NER-090 היו אחזי פרי איכותי הנמוכים ביותר (24.0-35.8%).

אחוז פרי סדוק

הבעיה של סידוקים בפרי מופיעה לרוב בתחילת פברואר ונמשכת עד סיום הקטיף באביב. זוהי בעיה קשה בעיקר בזני החורף שגורמת לפסילה של אחוזים ניכרים מהפרי. הפרי הסדוק בחלקו הקטן לא ניתן כלל לשיווק אך ברובו מהווה נזק אסטטי הופך את רב הפרי לסוג ב'. זני החורף NER-083 ו- NER-090 היו בעלי אחוזי הפרי הסדוק הגבוהים ביותר (59.3-71.0%) (טבלה 3). בכל 3 זני הקיץ (78-12-17, S-091 ו-04-25) ובזני החורף 83-09-30 (פיטאיה צהובה), GA-017 ו- GA-095, או שלא היה כלל פרי סדוק, או שאחוזי הפרי הסדוק היו נמוכים מאד (0.7-2.8%).

אחוז פרי קטן

פרי קטן גם מהווה עילה לפסילת הפרי לשיווק. בזן הקיץ 04-25 ובזן החורף GA-017 היו אחוזי הפרי הקטן הגבוהים ביותר (9.3-9.7%) (טבלה 3). ובזני החורף GA-100, GA-024 ו- GA-095 היו אחוזי פרי קטן הנמוכים ביותר (1.7-3.4%).

טבלה 3: השפעת הזן על איכות הפרי. אותיות שונות מציינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05 על פי מבחן שונויות Each pair student's t test

זן	אחוז פרי איכותי	אחוז פרי סדוק	אחוז פרי קטן	
04-25	AB	0.0	A	9.7
78-12-17	A	0.0	AB	4.8
S-091	A	0.0	AB	5.8
12-14	CD	43.7	AB	6.4
83-09-30	A	0.0	AB	6.7
GA-017	AB	2.8	A	9.3
GA-024	C	39.0	B	3.4
GA-055	C	36.5	AB	4.9
GA-095	A	0.7	B	1.9
GA-100	D	56.1	B	1.7
GA-127	B	17.9	AB	5.8
GA-138	C	34.6	AB	4.9
NER-083	E	71.0	AB	5.0
NER-090	DE	35.8	AB	4.9

יבול פוטנציאלי

בשלושת זני הקיץ (78-12-17, S-091 ו-04-25) ושלושה מזני החורף (83-09-30 - פיטאיה צהובה, GA-017 ו- GA-095) כמות הפרי הסדוק הייתה אפסית או קטנה מאד (0-0.03 טון לדונם), כך שלא הייתה לו השפעה משמעותית על היבול הפוטנציאלי (טבלה 4). לעומת זאת בחלק מזני החורף (12-14, GA-100, NER-083 ו-NER-090) בהם הייתה כמות גדולה של פרי סדוק (0.80-1.17 טון לדונם) פתרון של בעיית הסידוקים בפרי יכול להעלות משמעותית את היבול הפוטנציאלי בזנים אלו מ-0.29-0.95 טון לדונם ל-1.22-1.99 טון לדונם.

טבלה 4: השפעת הזן על היבול הפוטנציאלי. אותיות שונות מציינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת מובהקות של 0.05 על פי מבחן שונויט Each pair student's t

זן	יבול איכותי בטון לדונם	פרי סדוק בטון לדונם	יבול פוטנציאלי כולל פרי סדוק	
04-25	DE	0	F	0.56
78-12-17	B	0	BCD	1.64
S-091	A	0	A	2.51
12-14	CD	0.80	BCD	1.75
83-09-30	B	0.00	BCD	1.65
GA-017	CD	0.03	EF	0.93
GA-024	CD	0.72	BCD	1.77
GA-055	CD	0.67	BCD	1.75
GA-095	B	0.01	AB	1.92
GA-100	CD	1.17	AB	1.99
GA-127	CD	0.20	DEF	1.03
GA-138	CDE	0.34	EF	0.93
NER-083	E	0.92	CDE	1.22
NER-090	CDE	1.00	BCD	1.63

TSS (BRIX)

בדיקות TSS נערכו ב- 11 מזני החורף שנשמרו באיכות טובה לאחר המלחמה ונקטפו מאמצע פברואר עד תחילת מרץ. התוצאות הן ממוצע של שלושת החזרות של כל אחד מהזנים. בזני הקיץ נעשו בדיקות TSS לפני המלחמה אך ללא חזרות ולכן לא מופיעות בטבלה. בזני הקיץ רמות ה-TSS היו נמוכות יחסית (13.8-14.6) בהשוואה לזני החורף (14.2-19.9) (טבלה 5). בזני החורף הצטיין ברמות TSS גבוהות במיוחד (19.9) הזן 83-09-30 (פיטאיה צהובה), שנבדל סטטיסטית מכל הזנים האחרים. גם בזנים: 12-14 ו- GA-127 רמות ה-TSS היו גבוהות יחסית (15.8-17.1). גם בשאר זני החורף רמות ה-TSS היו סבירות (14.2-15.4).

טבלה 5: השפעת הזן על רמות TSS בפרי. אותיות שונות מציינות הבדל סטטיסטי מובהק ברמת

מובהקות של 0.05 על פי מבחן שונויט Each pair student's t

TSS (BRIX)			
17.1	B	12-14	זני חורף
19.9	A	83-09-30	
14.2	D	GA-017	
14.6	CD	GA-024	
15.0	CD	GA-055	
15.1	CD	GA-095	
15.1	CD	GA-100	
15.8	BC	GA-127	
15.1	CD	GA-138	
15.4	CD	NER-083	
15.2	CD	NER-090	

איתור מכלואים בעלי התאם עצמי (שאינם דורשים האבקה זרה)

בדקנו את היכולת של זני חורף מהסדרה GA (GA-095, GA-100, GA-127, GA-138) לחנוט פרי לאחר האבקה עצמית ומתברר שאין כלל חנטה. מנתונים שאספנו במשך שנתיים התברר שלזנים אלה יש מעט מאוד אבקה חיונית או אין כלל אבקה חיונית. לכן יהיה צורך בהאבקה זרה בכל הזנים האלה. בסדרת ה-NER יש זן בעל התאם עצמית – NER-020 אבל הפרי שנוצר לאחר האבקה עצמית כנראה קטן יותר (יבדק שוב שנה הבאה). הזנים NER-083 ו- NER-090 לא מייצרים כלל אבקה.

הכפלת מספר הכרומוזומים ושכירת אי התאם עצמי

הדרך המקובלת כדי "לשבור אי-התאם עצמי" בצמחים היא להכפיל את מספר הכרומוזומים. אנחנו יודעים שהזנים שהם בעלי אי-התאם עצמי הם לרוב דיפלואידים (כך אושר במחקרים שלנו במיני פיטאיה) או היברידיים עם עקרות זכרית (כמו בסדרה של GA). מתוך סדרת זני GA שנבדקו נמצא שהם דיפלואידים חוץ מ-GA-095 שהוא טריפלואידי. לכן יש כאן עקרות זכרית ולא רק אי-התאם עצמית. הכפלת הכרומוזומים (ממצב של דיפלואידי לטטראפלואידי) יכולה – לרוב, גם במחקרים שכבר פרסמנו - לאפשר פוריות עצמית.

לכן החלטנו לבצע טיפולים של הכפלת הכרומוזומים – in vivo + in vitro - בזנים אלה כדי את לשבור את אי-התאם עצמי (בזנים דיפלואידים שמייצרים אבקה) או "להחזיר פוריות" בזנים בעלי עקרות זכרית (טבלה 6).

טבלה 6: זנים בעלי אי התאם עצמי או עקרות זכרית המועמדים לטיפול הכפלה.

Code	Name	Ploidy	Cross /species
4-25	Omer / Yossi	Diploid (2n)	<i>H. monacanthus</i> x <i>H. undatus</i>
S-91	Mouyal	Diploid (2n)	<i>H. undatus</i> x <i>H. undatus</i>
78-12-17	Jewel	Diploid (2n)	<i>H. undatus</i>
GA-95		Triploid (3n)	#481 (di-haploid <i>H. megalanthus</i>) x ER-11 (<i>H. monacanthus</i> x <i>H. undatus</i>)
GA-127		Diploid (2n)	#713 (di-haploid <i>H. megalanthus</i>) x 2n (<i>H. monacanthus</i>)

השתמשנו בשתי שיטות מקובלות:

1- יצירת צמחוניים in vitro – בשיטה זאת התהליך של הכפלת הכרומוזומים יתבצע בתנאים סטריליים (בצלחות פטרי או מבחנות) ברמת הצמחון.

2- בפקעים ווגטטיבים רדומים in vivo - בתהליך זה הטיפול מתבצע בפקעים ווגטטיבים רדומים על ענפי הצמח, בתאני חממה.

בשתי השיטות האלה אחוזי הצלחה הם פחותים מ-1% (לפי ספרות של מספר מיני צמחים שונים) – לכן יש צורך בהרבה מאוד צמחונים או פקעים ווגטטיבים כדי להצליח.

בשלב ראשון לקחנו פקעים ווגטטיבים רדומים של הזנים הנבחרים (טבלה 6) וגידלנו אותם בצלחות פטרי - in vitro (תמונה 1). לאחר כחודש עברנו את הצמחונים שגדלו למבחנות גדולות יותר. קצב הגידול ומספר הצמחונים שקיבלנו בכל הזנים -ללא הבדלים משמעותיים -היה מועט מדי ולא אפשר לנו לבצע מספר משמעותי של טיפולים כפי שתכננו.

אנחנו ממשיכים לגדל את הצמחונים אבל השיטה הזאת התבררה כלא יעילה בזני פיטאיה.

תמונה 1: גידול זני פיטיה in vitro



לאור קצב הגידול הלא מספק של הצמחונים in vitro העברנו את המאמצים שלנו לטיפול בפקעים ווגטיביים רדומים in vivo. בשלב ראשון ביצענו טיפולים עם אוריזילין, שהוא הרביציד, בעל פעילות של עצירת חלוקת התאים ומוכר מאוד כחומר פעיל גם בפרוטוקולים של הכפלת הכרומוזומים – טיפולים אלה לא צלחו ולא קיבלנו ענפים מוכפלים. במשך השתמשנו בקולכיסין שהוא הרבה יותר חזק אבל מאוד יקר וטוקסי. כדי למנוע מגע שיכול לסכן בני אדם גידלנו את הצמחים בחממה נעולה וכיסינו את הצמחים שעברו טיפול במשך יומיים לאחר כל טיפול (תמונה 2).

תמונה 2: פקעים ווגטיביים מטופלים בקולכיסין לפני (ימין) ואחרי הטיפול (שמאל).



הטיפול בקולכיסין בוצע למשך יומיים לכל פקע ווגטטיבית. לאחר כחודש בוצע חישוב של מספר ענפים שפרצו לכל צמח (תמונה 3, טבלה 7). ענפים אלה עוברים בדיקת FACS וקביעה רמת הפלואידיה. אלה שמראים בבדיקה הראשונה שהוכפלו, יעבור עוד שתי בדיקות FACS במטרה לקבוע בוודאות את הפלואידיה של ענפים האלה.

תמונה 3: קביעה אחוז ענפים שפרצו ומעקב אחרי הגדילה.



טבלה 7: מספר הפקעים הווגטטיביים שטופל בקולכיסין בכל זן ומספר הענפים שפרצו לאחר הטיפול

זן	מספר פקעים ווגטטיבים שטופלו	אחוז הענפים שפרצו
GA-127	175	78.9
GA-095	110	89.1
S-91	188	58.5

טבלה 8: תוצאות ראשוניות של שמונה ענפים בהם יש הכפלה של מספר הכרומוזומים

#	Cultivar	Code- Plant/Branch	Ploidy
1	GA-127	P-1/5	4n
2	GA-127	P1/2A	4n
3	GA-127	P1/42C	4n
4	GA-127	P1/12A	3n
5	GA-127	P1/13A3	3n
6	GA-127	P1/24B	3n
7	GA-127	P1/17	3n
8	S-91	P-2/A1	3n

בתום סידרה של בדיקות FACS של ענפים ווגטיבים מטופלים עם קולכיסין נמצא שיש 7 ענפים של הזן GA-127 בהם יש אינדיקציות שהטיפול הצליח – בשלושה ענפים ההכפלה היא שלמה (טטרפלואידים) וב-4 ענפים אחרים ההכפלה היא כנראה חלקית (טריפלואידים).
בענף אחד של הזן S-91 נמצא שיש הכפלה חלקית (טריפלואידים).
תוצאות אלה הם ראשוניות וחייבים ריצות FACS נוספות כדי לקבוע בוודאות את הפלואידיות של הענפים האלה. במקבילים אנחנו עוקבים אחרי צמחי GA-095 שעברו טיפול, ובזמן הקרוב הענפים האלה יעברו בדיקת FACS. הזנים 4-25 ו-78-12-17 יעברו אותו תהליך in vivo בקיץ הקרוב.

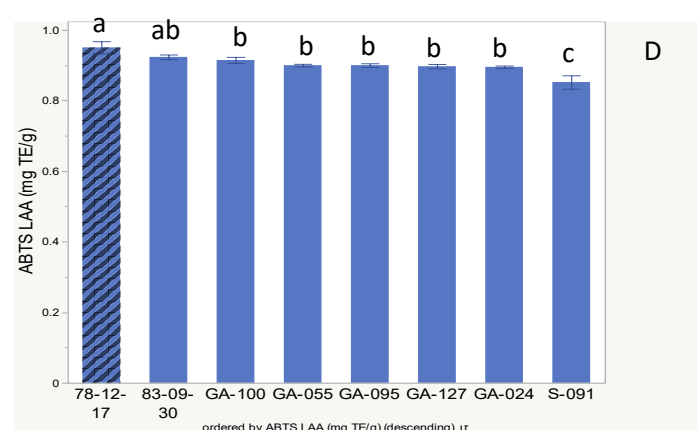
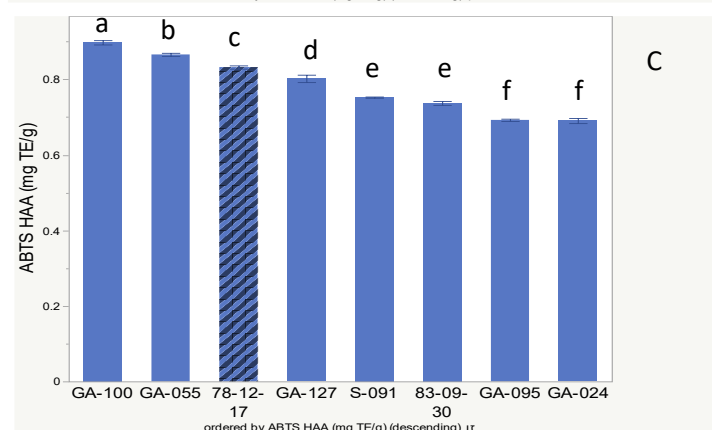
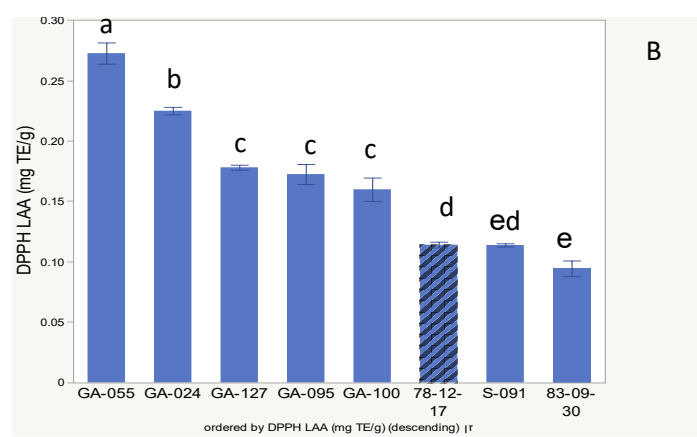
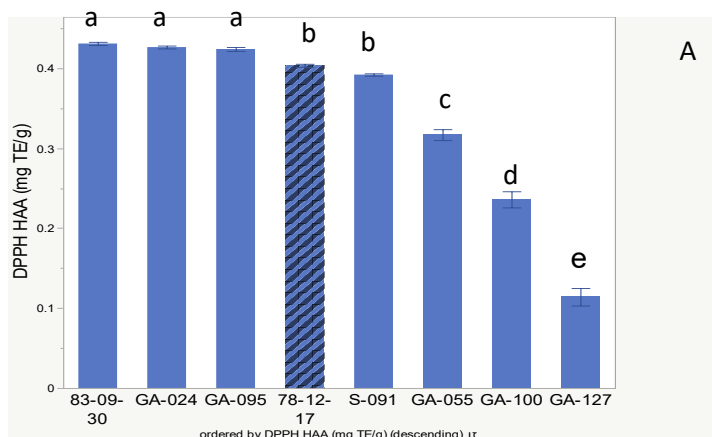
ערך בריאותי של זני פיטאיה

איור 1 מציג את הפעילות נוגדת החמצון של זני הפיטאיה שנבדקו. הזנים 83-09-30, ga024 ו-ga095 היו בעלי הפעילות נוגדת החמצון ההידרופילית הגבוהה ביותר בשיטת DPPH (איור 1A), והזן ga055 בעל הפעילות נוגדת החמצון הליפופילית הגבוהה ביותר (איור 1B). בשיטת ABTS הזן ga100 הוביל בפעילות ההידרופילית (איור 1C), ובפעילות ABTS הליפופילית הזנים 78-12-17 ו-83-09-30.

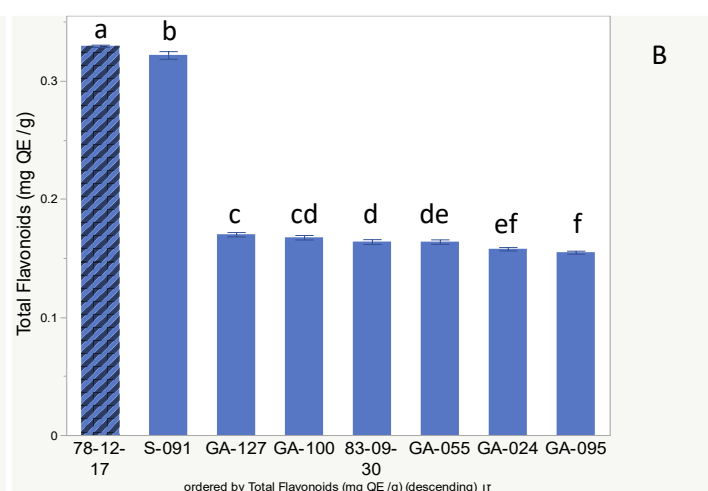
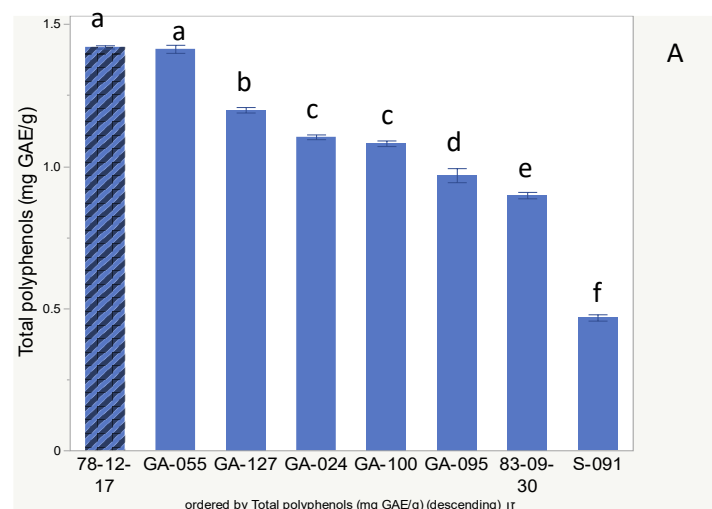
תכולת התרכובת הפנולית בזני פיטאיה מוצגת באיור 2, בתכולת כלל הפנולים הובילו הזנים 78-12-17 ו-ga055 (איור 2A), ובתכולת הפלבנואידים הזן 78-12-17 (איור 2B).

כצפוי, תכולת הבטאלנים בזנים הסגולים היתה גבוהה, בעוד שהם נעדרו מהזנים הלבנים (איור 3). תכולת הבטאציאנינים היתה הגבוהה ביותר בזן ga127 (איור 3A), והבטאקסנטינים הגבוהה ביותר בזן ga100, (איור 3B) // תכולת האנתוציאנינים הגבוהה ביותר נמצאה גם היא בזנים ga100 ו-ga127 (איור 3C).

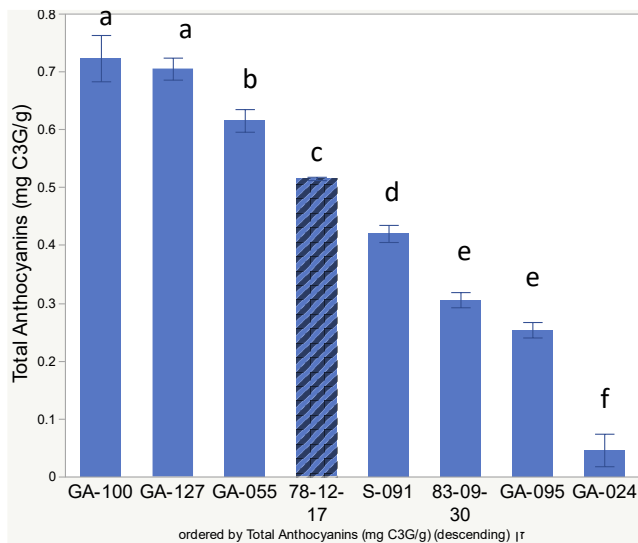
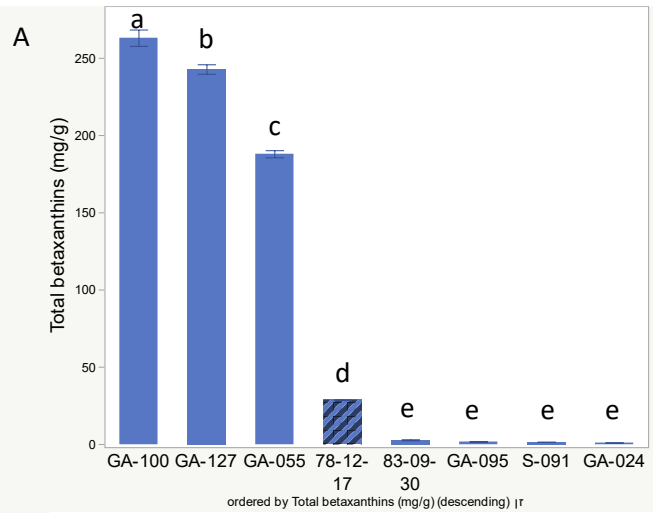
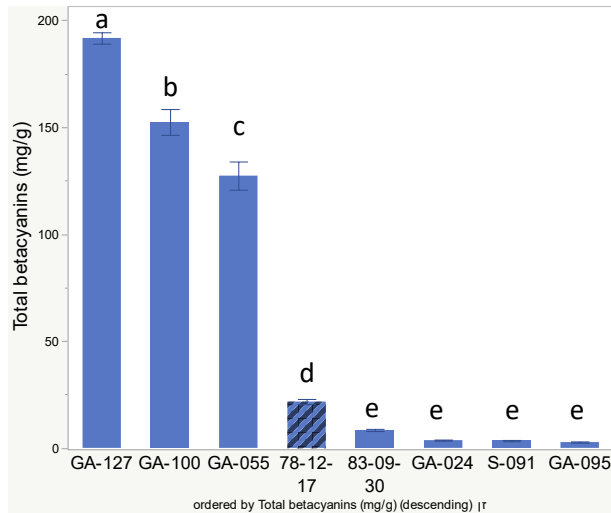
בפירות פיטאיה גם תרכובות מסיסות שמן (איור 4), תכולת הפיטוסטרולים הגבוהה ביותר נמצאה בז-78 i 12-17 (איור 4A), ותכולת הקרוטנואידים בזנים 83-09-30 ו-ga055 (איור 4B).



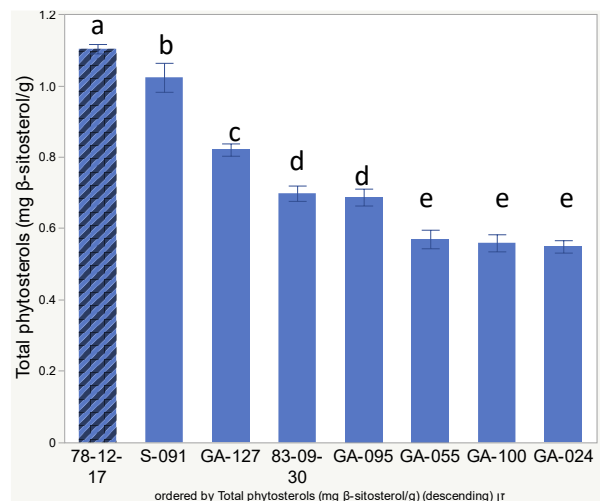
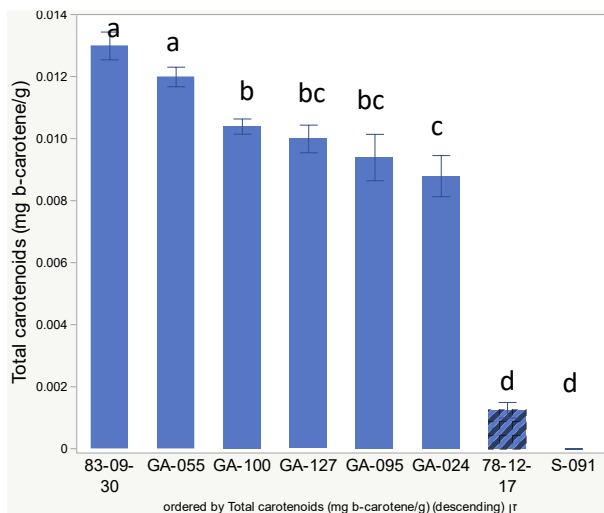
איור 1. פעילות נוגדת חמצון בזני פיטאיה. A. פעילות נוגדת חמצון DPPH הידרופילית. B. פעילות נוגדת חמצון DPPH הידרופובית. C. פעילות נוגדת חמצון ABTS הידרופילית. D. פעילות נוגדת חמצון ABTS הידרופובית.



איור 2. תרכובות פנוליות בזני פיטאיה. A. תכולת כלל פנולים. B. תכולת כלל פלבנואידים.



איור 3. תכולת צבענים בזני פיטאיה. A. תכולת כלל בטאציאנינים. B. תכולת כלל בטאקסנטינים. C. תכולת כלל אנתוציאנינים.



איור 4. תרכובות מסיסות שומן בזני פיטאיה. A. תכולת כלל קרוטנואידים. B. תכולת כלל פיטוסטרולים.

21 הזנים שנבחנו בחלקה במגוון גדול של צורות, צבעים וטעמים אפשרו בעונה השלישית רצף של 9.5 חודשי קטיף (2/8/23-15/5/24). קטיף הפירות בזני הקיץ החל בתחילת אוגוסט והסתיים בתחילת אוקטובר בגלל המלחמה. חלק מזני החורף החלו להיקטף במהלך חודש אוגוסט, הקטיף שלהם נמשך עד תחילת אוקטובר ואז הופסק עקב המלחמה. ב- 11 זני חורף שנשמרו באיכות טובה ביצענו קטיף מרוכז של הפירות מאמצע פברואר עד תחילת מרץ. יש לציין שבזני החורף היבול שנקטף הוא פרי של האבקות שבוצעו עד 6/10/23. זנים אלו בעלי אי התאם עצמי, כך שכל הפרחים שפרחו אחרי מועד זה לא חנטו. חוץ מהפיטאיה הצהובה 83-09-30 שהיא בעלת התאם עצמי ולא מחייבת האבקה ידנית. מעבר לכך שבתחילת המלחמה מתחילת אוקטובר עד תחילת פברואר במשך כ- 4 חודשים הצמחים לא קיבלו השקיה מסודרת.

הפירות בזני הקיץ גדולים (312-332 גרם) ויפים. רב זני החורף הרבה יותר קטנים (179-244 גרם) ופחות מרשימים בהשוואה לזני הקיץ. כאשר הפרדנו את משקל הפרי הממוצע בחלק מזני החורף לקיץ (מתחילת הקטיף באוגוסט עד סוף ספטמבר) ולחורף (מתחילת אוקטובר עד סיום הקטיף) ניתן לראות שמשקל הפרי הממוצע של זני החורף בגלל הקיצי נמוך מאד (93-154 גרם) ורובם אינם ראויים לשיווק. הזן היחידי מבניהם שחלק מפרייו ראוי לשיווק בתקופה זו הוא GA-127. לעומת זאת משקל הפרי הממוצע של רב זנים אלו בחורף גבוה (253-345 גרם) ובחלקם (GA-127 ו-GA-095) אף גבוה מזה של זני הקיץ. בכל זני החורף, פרי שנקטף מוקדם בסוף הקיץ או בסתיו (אוגוסט- ספטמבר) קטן בהשוואה לפרי שנקטף במרכז בחורף (ינואר- מרץ). ברב זני החורף שמבשילים בקיץ או בסתיו המוקדם הפרי קטן ואיננו ראוי לשיווק ולכן אין טעם בזנים אלו להאביק את הפרחים שנפתחים בחודשים יולי ואוגוסט. זן הקיץ S-091 הצטיין במשקל הפירות הגבוה ביותר (11.31 ק"ג לצמח) (2.51 טון לדונם) ונבדל באופן מובהק מהזנים האחרים. זנים נוספים שהניבו יבול גבוה הם: הזן הקיצי 78-12-17 (ניו פינקי) וזני החורף 83-09-30 (פיטאיה צהובה) ו-GA-095 (7.40-8.62 ק"ג לצמח) (1.64-1.91 טון לדונם). הזנים: 04-25, GA-138, NER-083 ו- NER-090 הניבו את משקל הפירות הנמוך ביותר (1.32-2.83 ק"ג לצמח) (0.29-0.63 טון לדונם). שלושת זני הקיץ (78-12-17, S-091 ו-04-25) ושלושה מזני החורף (83-09-30 - פיטאיה צהובה, GA-017 ו-GA-095) הצטיינו באחוזי פרי איכותי הגבוהים ביותר (87.9-97.4%). בזני החורף NER-083 ו- NER-090 היו אחזי פרי איכותי הנמוכים ביותר (24.0-35.8%). בזני הקיץ הסיבה לפסילה היא פרי קטן (4.7-9.7%). בחלק מזני החורף גם היה הרבה פרי קטן (1.7-9.3%). ברב זני החורף הבעיה העיקרית היא שאחוז גבוה (0.7-71%) מהפרי שנקטף בחודשים פברואר עד אפריל סובל מסידוקים. מבין זני החורף רק בפיטאיה הצהובה לא היו כלל סידוקים וזה נובע כנראה מתקופת הקטיף המאוחרת שלה שחלה מאמצע מרץ עד אמצע מאי. הבעיה של סידוקים בפרי מופיעה לרב בתחילת פברואר ונמשכת עד סיום הקטיף באביב. זוהי בעיה קשה בעיקר בזני החורף שגורמת לפסילה של אחוזים ניכרים מהפרי. הפרי הסדוק בחלקו הקטן לא ניתן כלל לשיווק אך ברובו מהווה נזק אסטטי הופך את רב הפרי לסוג ב'. תופעת הסידוקים בפרי נגרמת כפי הנראה מתנאי האקלים ששוררים בחורף (טמפרטורות נמוכות וגשמים) והיא גורמת לאובדן של כמות גדולה של פרי שאינו ראוי לשיווק ומטילה בספק את כדאיות הגידול של זנים אלו. גידול של זני החורף

בחורף בחממה או מנהרה מחופה בפלסטיק ובקיץ במבנה מחופה רשת צל עשוי לפתור את בעיית הסידוקים שגורמת לפגיעה משמעותית ליבול המשווק. בחלק מזני החורף (12-14, GA-100, GA-083, GA-090) בהם הייתה כמות גדולה של פרי סדוק (0.80-1.17 טון לדונם) פתרון של בעיית הסידוקים בפרי יכול להעלות משמעותית את היבול הפוטנציאלי בזנים אלו מ- 0.29-0.95 טון לדונם ל- 1.22-1.99 טון לדונם. הפרי הקטן נוצר כתוצאה של האבקה או חנטה לא טובה. ייתכן שגידול במבנה סגור במהלך החורף ישפר גם את החנטה ויאפשר לזנים שפורחים מאוחר כמו הפיטאיה הצהובה (83-09-30) לחנוט גם במרכז החורף ובכך להאריך את תקופת הקטיף.

בדיקות טעם ובדיקות TSS שנעשו מראות יתרון ברור לזני החורף ע"פ זני הקיץ. מבין זני הקיץ הזן 78-12-17 (ניו פינקי) טעים יחסית לזני החורף רובם טעימים, אך גם מבין זני החורף יש זנים טעימים יותר. בזני החורף הצטיין ברמות TSS גבוהות במיוחד (19.9) הזן 83-09-30 (פיטאיה צהובה), אך גם בזנים: GA-127, ו-12-14 רמות ה-TSS היו גבוהות יחסית (15.8-17.1). באופן כללי זני הקיץ הרבה יותר גדולים ומרשימים מזני הקיץ אך רובם הרבה פחות טעימים. מכיוון שאנשים קונים "עם העיניים" לפי מראה הפרי, בתקופת שבה משווקים זני הקיץ השוק לא מעוניין בזני החורף שהם הרבה יותר טעימים. נדרשת מחשבה שיווקית בעניין זה.

לאחר 2 עונות מלאות של נתוני יבול ואיכות ועונה שלישית של נתוני יבול חלקיים עקב המלחמה, ניתן לציין לטובה את הזן הקיצי 78-12-17 (ניו פינקי) ואת הזנים החורפים GA-127 ו-GA-095 שהיו בעלי פרי גדול במרכז החורף, יבול גבוה וטעם טוב. הזן 83-09-30 (פיטאיה צהובה) שגם הניב יבול טוב בעונה זו, מצטיין בפרי גדול וטעם טוב והוא היחידי מבין הזנים שמניב בחודשי האביב (אמצע מרץ עד אמצע מאי). גם זני החורף GA-100, GA-055 ו-GA-024 בעלי פרי גדול יחסית ומתוק וכן עם פוטנציאל הנבה גבוה בהנחה שנצליח להתגבר על בעיית הסידוקים בפרי.

בחנו בזני חורף מצטיינים התאם עצמי. רק בזן 020-020 יש התאם עצמי אבל יתכן שהפירות קטנים יותר לעומת הפריה זרה. בסך הכל הנתונים שלנו מראים יכולת נמוכה של זני חורף לספק אבקה להפריה זרה ולהצליח לבצע הפריה עצמית ללא פגיעה ביבול.

ביצענו פרוטוקול "in vivo" על פקעים וגטטיבים במטרה להכפיל את מספר הכרומוזומים ולקבל צמחים פוליפלואידים בעלי התאם עצמי. ביצענו 968 טיפולי הכפלה בפקעים וגטטיביים. לאחר בדיקת FACS ראשונה נמצא שיש הכפלה (לא תמיד מלאה) בענפים של שני זנים: GA-127 ו-S-091.

פירות הפיטאיה מתוכנית ההשבחה נמצאו עתירי תרכובות מקדמות בריאות ובעלי פעילות נוגדת חמצון גבוהה. בעבודה זו נבדקו זני קיץ (78-12-17 ו-S-091) וזני חורף (כל השאר).

ניתוח של כלל הנתונים מראה כי הזנים הסגולים מובילים מבחינת התרומה הבריאותית, ובמיוחד זן הקיץ 78-12-17, אחריו הזנים ga100 ו-ga055 ו-לבסוף ga127. מבין הזנים הלבנים מוביל הזן 83-09-30, ואחריו ga095 ו-ga024.

לסיכום יש בידנו מספר זני פיטאיה איכותיים בעלי יבול גבוה ואיכותי, פרי גדול ובעיקר טעם טוב שהם בעלי פוטנציאל טוב לגידול מסחרי באזור הנגב המערבי. כמו כן יש עניין בקרב מגדלי הפיטאיה הקיימים וגם בקרב מגדלים חדשים בגידול זנים אלו.

ביבליוגרפיה

- Cohen H., and N. Tel-Zur 2012. Morphological changes and self-incompatibility breakdown associated with autopolyploidization in *Hylocereus* species (Cactaceae). *Euphytica* 184(3): 345-354
- Tel-Zur, N., Abbo, S., and Y. Mizrahi. 2005. Cytogenetics of semi-fertile triploid and aneuploid intergeneric vine cacti hybrids. *Journal of Heredity* 96: 124-131
- Tel-Zur, N., Dudai, M., Raveh, E. and Y. Mizrahi. 2011. In situ induction of chromosome doubling in vine cacti (Cactaceae). *Scientia Horticulturae* 129: 570-576
- Tel-Zur, N., Dudai, M., Raveh E., and Y. Mizrahi. 2012. Selection of interspecific vine cacti hybrids (*Hylocereus* spp.) for self-compatibility. *Plant Breeding* 131(5): 681-685