

פיזור הנבת פלפל על ידי ממשק הזנה בחנקן בערבה

חגי יסעור¹, שבתאי כהן², יונתן אלקינד³, רבקה אופנבך², יורם צביאלי², אורי ירמיהו⁴

¹ המח' לחקר ירקות, מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי

² מו"פ ערבה תיכונה וצפונית-תמר

³ הפק' לחקלאות רחובות, האוני' העברית בירושלים

¹ המח' לקרקע, מרכז מחקר גילת, מנהל המחקר החקלאי

כתובת המחבר : hagai@volcani.agri.gov.il

תקציר

ענף הפלפל נתון לתנודות ברווחיות עקב תחרות בשווקי העולם. על מנת לצמצם את הפגיעה ברווחיות החקלאי יש למצוא דרכים להגברת היבול. בשיטות אגרוטכניות הנהוגות באזור הערבה קימת שונות גדולה ביבול המתקבל (בין 4-11 טון לדונם). לעיתים קרובות היבולים הנמוכים קשורים בהפלת ניצני פרחים בשלב מוקדם מאוד ופגיעה בחנטה ובהתפתחות הפירות.

הנחת העבודה היא כי בתנאי טמפרטורה גבוהה לחנקן השפעה משמעותית על תהליכי התפתחות, חוזק יחסי של מבלע לעומת הנוף, התפתחות ניצני הפריחה, הפרחים והחנטים, ובכך משפיע על ייצור הפרי בתחילת העונה. המטרה רחוקת הטווח של המחקר היא לפתח כלים מבוססי ידע והבנה פיזיולוגיים שיאפשרו את הארכת עונת גידול הפלפל בערבה על ידי קבלת חנטה טובה ופיזור היבול בסתיו וקבלת יבול איכותי בחודשים אוקטובר-נובמבר תוך שימוש בכלים אגרוטכניים פשוטים כגון דישון חנקני משתנה. המטרות הייחודיות הינן: (א) בחינת טיפולי הפסקת הזנה חנקנית על התפתחות הפרחים וחנטת הפירות; (ב) בחינת האופן ותזמון החזרת הדישון החנקני על התפתחות הפרחים וחנטת הפירות והשפעתם על אופי הצימוח; (ג) הבנת המנגנון/ים הפיזיולוגיים בהם הפסקת הדישון החנקני משפיעה על התפתחות פרחים וחנטה (פלפל; ד) פיתוח פרוטוקול של שימוש בהפסקת הזנה חנקנית במגוון זנים ובאזורי הגידול השונים.

בחינת טיפולי הפסקת הזנה חנקנית לשיפור התפתחות הפרחים וחנטת הפירות התבצעה בניסוי שנערך בתחנת יאיר מו"פ ערבה תיכונה. שתילי פלפל נשתלו (5/8/2014) בבית רשת. טיפולי הפסקת ההזנה החלו כחודש משתילה והסתיימו 7, 14, 21, 28, ו 35 יום לאחר ההפסקה. במהלך התקופה בוצע מעכב רציף אחרי רמת החנקן בעלים הן בבדיקות ישירות (בדיקת פטוטרות) והן בבדיקות עקיפות על ידי שימוש בכלים ספקטראליים (מד כלורופיל) וכלים פלורוסנטים (מד פלורסנציה) המתאימים להערכת רמת החנקן בצמח. בנוסף, לפני כל מועד החזרה בוצע פרופיל מטבולי בניצני פריחה צעירים באמצעות אנליזה של GCMS.

בעונה הנסקרת נראתה תגובה יפה של הצמחים מבחינת סימפטומים, בדיקת פטוטרות ואנליזה כלורופיל, אך לא נמצאה השפעה דרמטית על מרכיבי יבול וצבירתו. זני הפלפל הגיבו באופן שונה לטיפולי הפסקת ההזנה. למרות זאת, נמצאה השפעה מובהקת ומעניינת של טיפולי הפסקת ההזנה על הפרופיל המטבולי בניצני פריחה. בכונתנו להעמיק בניסוי המשך את הידע על האופן בו משפיעה הפסקת ההזנה על הפיזיולוגיה והביוכימיה של הצמח, וכמו כן לבחון איך משפיע האופן בו מחזירים את הדשן, על תגובות אלו.

מבוא

ענף הפלפל המהווה את ענף יצוא הירקות החשוב ביותר. הענף עומד בפני פגיעה ברווחיות הגידול עקב התחרות בשווקי העולם והמשבר הכלכלי העולמי. שיפור הקיימות של ענף זה כדי לשמור את רווחיות החקלאי יכולה להתקבל על ידי העלאת היבול. אחת הדרכים להגדלת היבול הינה הארכת עונת הגידול על ידי שתילה מוקדמת יותר וחנטה טובה בתחילת עונת הגידול וקטיף משמעותי של פרי איכותי בחודשים אוקטובר ונובמבר. היקף שטחי ייצור פלפל בחממות ובבתי רשת באזורים עם חורף ממוזג עלה בהתמדה והגיע בעונת 2014/15 לכ- 27,000 דונם כאשר כ 70% מגודלים בערבה. באזור זה הגידול בדרך כלל נשתל במבנים (חממות או בתי רשת נגד חרקים) בסוף הקיץ, ותהליך ההבשלה והקטיף מתרחשים בעונות הסתיו, החורף והאביב (Elkind *et al.*, 2008). המעבר לגידול פלפל וירקות אחרים תחת מבנים נבע בעיקר מהצורך להגן על הגידול בעונת החורף, בנוסף השימוש במבנים בעונות אחרות נובע בעיקר מהגנה מפני מזיקים, כאשר המבנה מהווה מחסום פיזי לכניסת מזיקים ו/או חרקים המשמשים כנשאים של גורמי מחלה אחרים (וירוסים שונים). הגידול במבנים סגורים מהווה גם תנאי מוקדם למתן אישורי יצוא לשווקי ארה"ב ולהרחבה אפשרית בעתיד של היצוא לשוק היפני. תנאי הסביבה השוררים בתוך מבנים אלו קיצוניים בהרבה בהשוואה לתנאי הסביבה מחוץ למבנה או במבנים עם בקרת אקלים. עונת גידול אופיינית באזור הערבה, אזור גידול הפלפל העיקרי בישראל, מאופיינת בתחילתה (סוף הקיץ) בטמפרטורות יום ולילה גבוהות ובלחות יחסית נמוכה במהלך כל שעות היממה. על מנת להקטין את עודפי החום במבנים נהוג להשתמש ברשתות צל, הצללה זו עשויה לפגוע בהתפתחות הפרח וביעילות החנטה. נמצא שבתנאי הערבה חנטה מתחילה כ 40 יום לאחר שתילה כאשר טמפרטורת היום מגיעה עד 35 מ"צ. הפירות המתפתחים בתחילת העונה הם קטנים בעלי דופן דקה וללא זרעים דבר הגורם לפסילתם לייצוא ומצריך בדרך כלל תוספת ימי עבודה על מנת להסירם. ייצור פירות מוגבר גורם בחלק מהזנים לעצירת הגידול ופגיעה בצבירת היבול בהמשך עונת הקטיף. בממשק חקלאי מסחרי מחייב לעיתים הייצור המוגבר של החנטים את התערבות החקלאי והשקעה נוספת של כוח אדם למניעת עצירת הגידול והסרת פירות מעוותים שלא יהיו ראויים לשווק כאשר יבשילו. תגובה זו של צמחי הפלפל יכולה להיות מוסברת בחלקה על ידי העובדה שעליה ברמת הדישון החנקני הייתה מלווה בדרך כלל בפחיתה בריכוז הסוכרים המסיסים והעמילן בעלים (Aloni *et al.*, 1991). בבחינה של הפסקת הדישון החנקני באזורים אחרים בערבה המאופיינים בטמפרטורות לילה נמוכות מאלה שבתחנת יאיר נמצא שהפסקת דישון לפרקי זמן ארוכים מלווה לעיתים ב"תקיעת" הגידול עקב טמפרטורות הלילה הנמוכות יחסית באזורים אלו. הסיבה לתגובה השונה הינה קצב ייצור וצבירת החנטים על הצמח עקב הטמפרטורות הפחות קיצוניות השוררות במרכז הערבה (פארן). עד כה לא הוברר המנגנון בו העקה משפיעה על שיפור החנטה והיבול בפלפל.

מטרות המחקר

המטרה רחוקת הטווח של המחקר היא לפתח כלים מבוססי ידע והבנה פיזיולוגיים שיאפשרו הארכת עונת גידול הפלפל בערבה על ידי קבלת חנטה טובה ופיזור היבול בסתיו וקבלת יבול איכותי בחודשים אוקטובר ונובמבר תוך שימוש בכלים אגרוטכניים פשוטים כגון דישון חנקני

משתנה. המטרות הייחודיות הינן: **א**) בחינת טיפולי הפסקת הזנה חנקנית על התפתחות הפרחים וחנטת הפירות; **ב**) בחינת האופן ותזמון החזרת הדישון החנקני על התפתחות הפרחים וחנטת הפירות והשפעתם על אופי הצימוח; **ג**) הבנת המנגנונים הפיזיולוגיים בהם הפסקת הדישון החנקני משפיעה על התפתחות פרחים וחנטה בפלפל; **ד**) פיתוח פרוטוקול של שימוש בהפסקת הזנה חנקנית במגוון זנים ובאזורי הגידול השונים.

שיטות וחומרים

בחינת טיפולי הפסקת הזנה חנקנית לשיפור התפתחות הפרחים וחנטת הפירות התבצעה בתחנת יאיר. שתילי פלפל מהזנים 7158 (זרעים גדרה) וגרנדי (סמקו) נשתלו (5/8/2014) בבית רשת. טיפולי הפסקת ההזנה החלו כחודש משתילה והסתיימו 7, 14, 21, 28, ו 35 יום לאחר ההפסקה. בוצע מעקב רציף אחרי רמת החנקן בעלים הן בבדיקות ישירות (בדיקת פטוטרות) והן בבדיקות עקיפות על ידי שימוש בכלים ספקטראליים (מד כלורופיל) וכלים פלורוסנטים (מד פלורסנציה) המתאימים להערכת רמת החנקן בצמח.

על מנת לנסות ולברר את המנגנון בו משפיעה הפסקת ההזנה על חנטה בפלפל נבחנו שינויים בפרופיל המטבולי באמצעות אנליזה של GCMS בניצני פריחה צעירים בזמנים שונים לאחר הפסקת ההזנה בהשוואה לניצנים שהתפתחו על צמחים שלא עברו הפסקת הזנה.

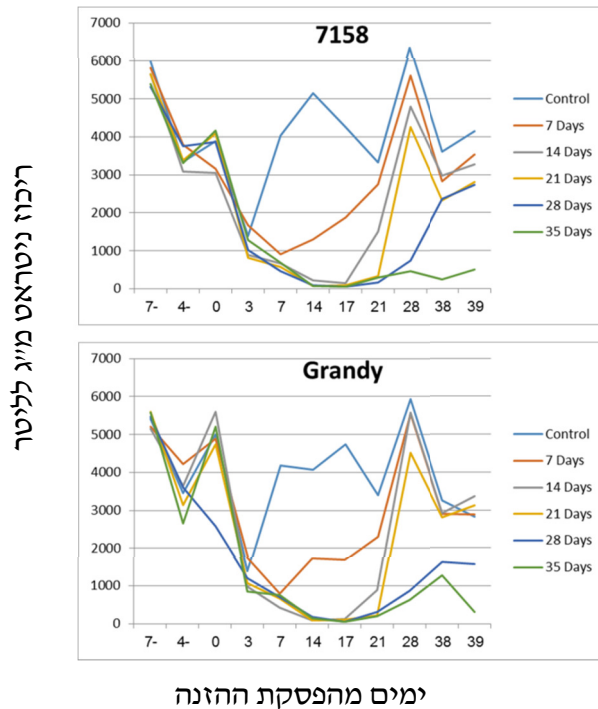
תוצאות ודיון

סימני מחסור אופייניים של חנקן הובחנו בצמחי הפלפל לאחר הפסקת ההזנה (תמונה 1).



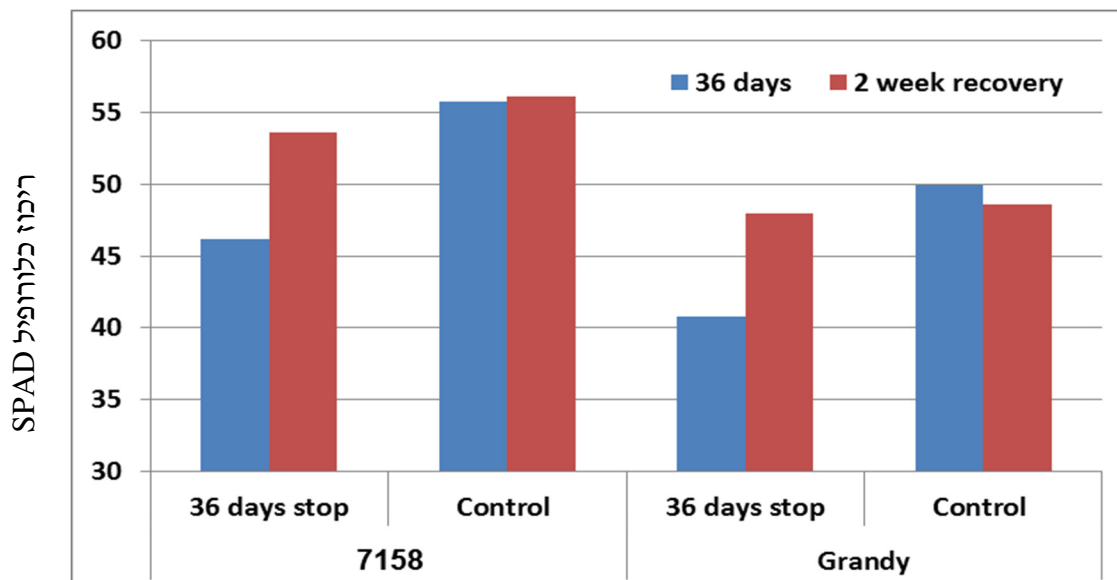
תמונה 1: שטח הניסוי בתחנת יאיר, צמחי פלפל לאחר הפסקת ההזנה.

בדיקת פטוטרות: תוצאות בדיקות הניטראט בפטוטרות הראו (איור 1) ירידה בריכוז הניטראט במיצוי הפטוטרות לאחר הפסקת ההזנה, כאשר כ- שלושה ימים אחר הפסקת ההזנה ריכוז הניטראט שנמצא בפטוטרות נמוך מ- 1000 מ"ג לליטר. ריכוז הניטראט המשיך לרדת עד רמות הקרובות לאפס עם המשך ההפסקה. עם החזרת הדשן ריכוז הניטראט בפטוטרות עלה במהירות אך עברו מספר ימים נוספים עד הגיעו לרמות שנמצאו בצמחי הביקורת.



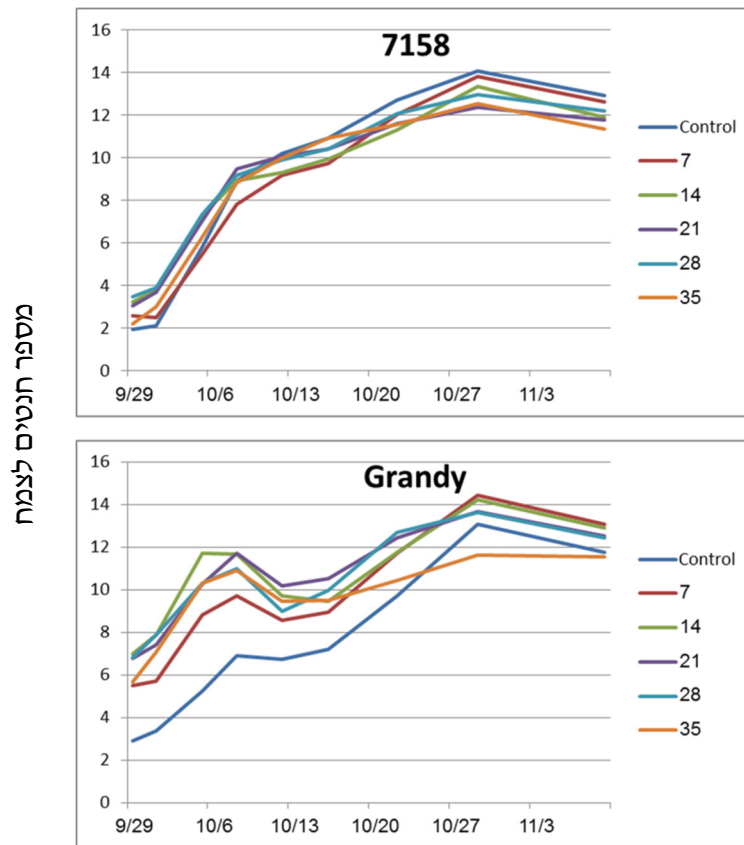
איור 1: מדידות ניטרט בפטוטורות

תכולת כלורופיל: מדידת הכלורופיל בוצעה באמצעות מכשיר spad ועל ידי מדידות פלורסנטיות אחרות. טיפולי הפסקת ההזנה השפיעו על ירידה במדד ה spad (איור 2) דבר המצביע על תכולת כלורופיל נמוכה יותר. מדידות פלורסנטיות של יעילות פוטוסינטטית (Fv/m) הראו תוצאות דומות, למעט שימוש בפרוב חנקן שלא נתן תוצאות כלל ולכן לא נעשה בו שימוש (תוצאות לא מוצגות).



איור 2: ערכי spad כמדד לתכולת כלורופיל בעלים מצמחי פלפל לאחר 36 יום של הפסקת הזנה ולאחר שבועיים מהחזרת הדשן (2 week recovery).

ספירת חנטים: תוצאות ספירת חנטים בטיפול הפסקת ההזנה השונים (איור 3) מצביעות על תגובה שונה של הזנים לטיפול ההפסקה. הזן 7158 (קנון) כמעט ולא הראה תגובה לטיפול ההפסקה, בעוד בזן גרנדי נראה שטיפול הביקורת צבר פחות חנטים בהשוואה לטיפול הפסקת ההזנה. בכל מקרה, כל הטיפולים מתכנסים לערכים דומים לקראת סוף אוקטובר. חשוב לציין שמספר החנטים בתקופה זו מהווה את עיקר פוטנציאל היבול של הצמח.



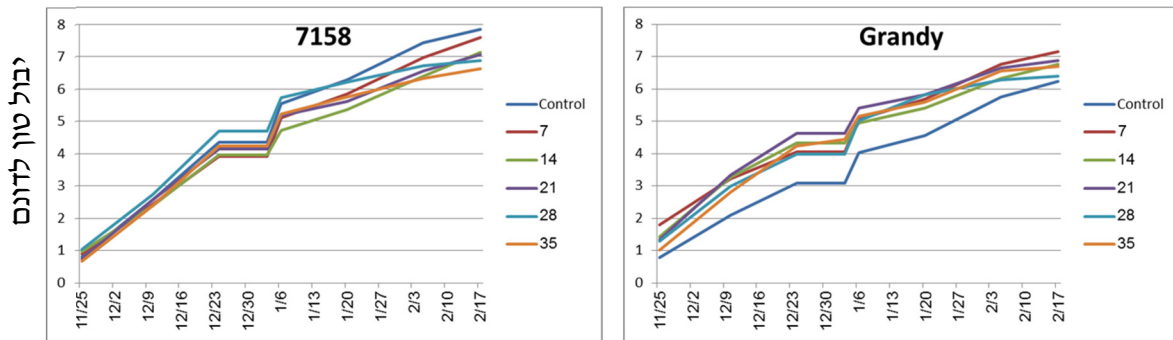
איור 3: ספירת חנטים בתחילת עונת הגידול, נתונים מוצגים כמספר חנטים לצמח

מדדי יבול ופרי: מנתוני המיון שנעשה בתחנת יאיר לשני הקטיפים הראשונים נראה (טבלה 1) כי בזן גרנדי הפסקת ההזנה בחנקן תרמה לעליה במספר הפירות, ביבול הכללי וביבול האיכותי ליצוא. בניגוד לזאת, נמצאה ירידה קטנה במשקל הפרי הממוצע בטיפולים אלו, כנראה בשל מספר פירות קטן יותר לצמח. על מנת לבחון ביתר דיוק השפעה על מדדי פרי נדגמו בקטיפ הראשון פירות והתבצעו הבדיקות הבאות: משקל פרי, משקל זרעים ועובי דופן. מהתוצאות שהתקבלו לא נמצאה השפעה מובהקת של טיפולי הפסקת ההזנה על מדדים אלו, הסיבה לכך עשויה להיות כי בטעות הוסרו פירות מעוותים מחלקת הניסוי, דבר שמיסך על השפעה אפשרית.

טבלה 1 : מדדי יבול משני הקטיפים הראשונים

מס פירות לצמח	יבול כללי (ק"ג למטר)		יצוא (ק"ג למטר)		אחוז יצוא (%)		משקל פרי (גרם)		משך הפסקת הזנה (ימים)	תאריך קטיף
	7158	גרנדי	7158	גרנדי	7158	גרנדי	7158	גרנדי		
18	19	3.2	3.1	3.2	2.9	99.4	96.0	181	151	25/11/2014
20	45	3.6	7.2	3.5	6.8	99.6	96.0	179	151	
22	37	3.9	5.7	3.7	5.5	95.2	96.0	175	148	
16	35	3.0	5.3	2.8	4.7	94.2	89.6	175	137	
24	33	4.2	5.2	4.0	4.9	96.2	94.8	170	147	
15	25	2.7	4.0	2.6	3.7	98.2	93.2	179	147	35
38	30	7.1	5.3	6.7	5.1	94.0	96.2	177	168	10/12/2014
34	32	6.2	5.6	6.1	5.4	97.0	96.6	179	167	
31	45	5.7	7.3	5.4	7.2	95.8	97.8	177	161	
42	50	7.4	8.0	7.1	7.6	96.0	94.8	168	153	
38	42	6.8	6.8	6.3	6.6	93.4	96.2	168	157	
38	44	6.9	7.2	6.6	6.9	94.6	96.2	174	157	35

הזן 7158 לא הראה תגובה מובהקת לטיפול הפסקת ההזנה (איור 4). לעומתו, הזן גרנדי הראה צבירת יבול גבוהה יותר בטיפול הפסקת ההזנה בהשוואה לטיפול הביקורת. פער זה הלך והצטמצם עם התקדמות העונה. תגובה זו של הזן גרנדי היא תוצאה של השפעת טיפולי הפסקת ההזנה על צבירת חנטים בתחילת העונה.

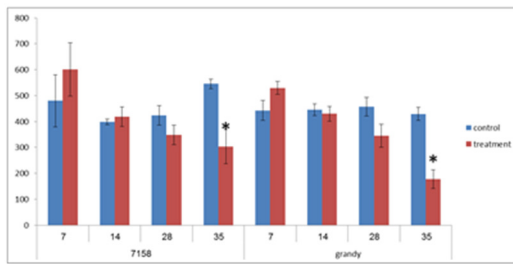


איור 4 : השפעת משך הפסקת הזנה חנקנית על צבירת יבול (טון לדונם) לאורך עונת הגידול בזנים השונים.

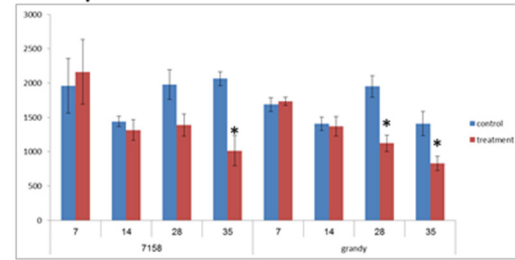
השפעת הפסקת הזנה חנקנית על פרופיל מטבולי של ניצני פרחים : על מנת לנסות ולברר את המנגנון בו משפיעה הפסקת ההזנה על חנטה בפלפל בחנו שינויים בפרופיל המטבולי באמצעות אנליזה של GCMS בניצני פריחה צעירים בזמנים שונים לאחר הפסקת ההזנה בהשוואה לניצנים שהתפתחו על צמחים שלא עברו הפסקת הזנה.

ניתן לראות שלמרות שלטיפול הפסקת ההזנה לא הייתה השפעה דרמטית על מרכיבי יבול שונים (חנטים, ויבול פרי) הייתה להם השפעה מובהקת על הפרופיל המטבולי בניצני הפריחה. כמו כן ניתן לראות שחלק מהמטבוליטים הושפעו גם ממועד הדיגום (גיל הצמח).

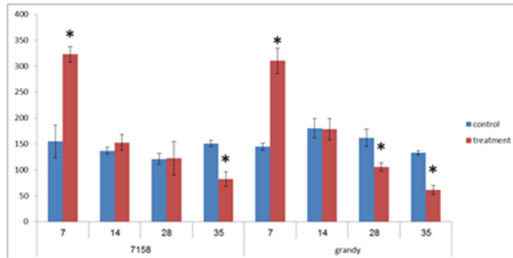
L-Serine



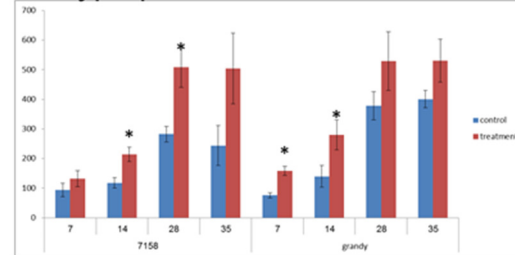
L-Aspartic acid



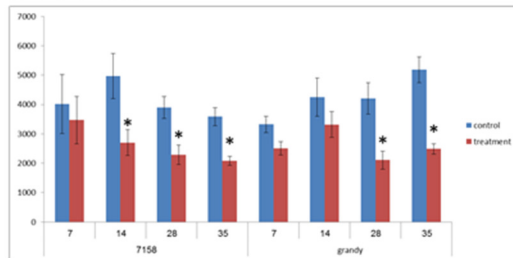
L-Threonine



L-Tryptophan



L-Proline



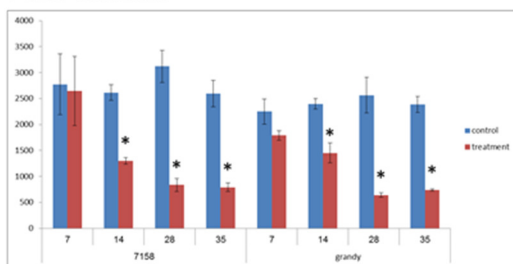
משך הפסקת ההזנה
זן

איור 5: השפעת משך הפסקת ההזנה (treatment אדום) על תכולת חומצות האמינו בניצני פרחים בעירייה בהשוואה לניצנים שהתפתחו ללא הפסקת ההזנה (control כחול). הנתונים מוצגים כשטח הפיק של מטבוליט ספציפי מנורמל לשטח הסטנדרט הפנימי (ריבטול), * מסמנת הבדל מובהק בין טיפול הפסקת ההזנה וצמחי הביקורת (Student's-t test) ($\alpha=0.05$)

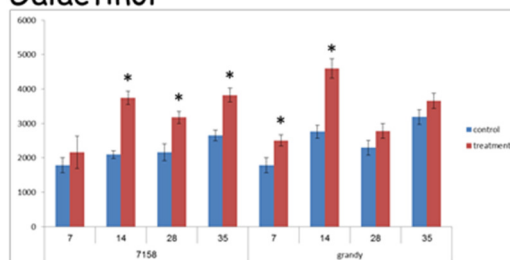
נתוני אנליזה של חומצות האמינו מראות (איור 5) תגובה מובהקת של טיפולי ההזנה על ביטוי חומצות אלו בניצני הפריחה, כאשר חלק מחומצות האמינו מראות ירידה כתוצאה מטיפול החנקן בעוד חלק אחר מראה דווקא עליה כתוצאה מטיפול אלו. דוגמא מעניינת היא תגובת החומצה הארומטית טריפטופן, בטיפול הפסקת ההזנה התקבלה עליה בריכוזה עם העלייה בגיל הצמח. חשוב להזכיר שחומצה זו הינה פרקורסור של ההורמון אוקסין ולכן הפסקת ההזנה עשויה להשפיע גם על ההורמון זה (נושא זה נמצא בבחינה וניסיון כימות של ההרמונים בניצני הפריחה). בנוסף טריאונין מראה דפוס תגובה מעניין מכיוון שהתקבלה עליה דרמטית מיד לאחר הפסקת ההזנה, דבר זה שיכול להצביע על מעבר סיגנל כלשהו, עם התמשכות ההפסקה הבדלים אלו מצטמצמים והתמונה אפילו מתהפכת בזמני הפסקה ארוכים. בשאר חומצות האמינו מתקבלת בדרך כלל ירידה בתכולה כתוצאה מהפסקת הזנה חנקנית. נתון זה הינו הגיוני במידה והמחסור בחנקן פוגע בביוסינתזה של חומצות האמינו. חשוב לציין שהדינמיקה בתכולת חומצות האמינו שונה בקרב הזנים.

Metabolite/Ribitol (IS) Peak Area Ratio

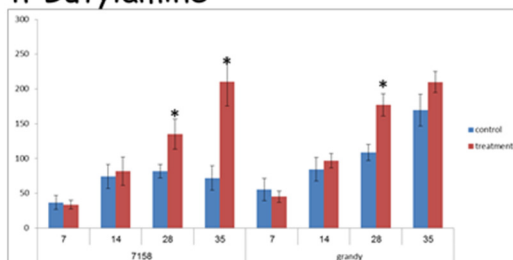
Putrescine



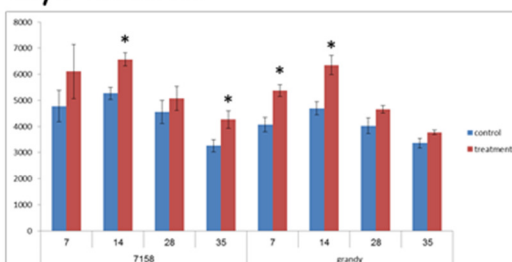
Galactinol



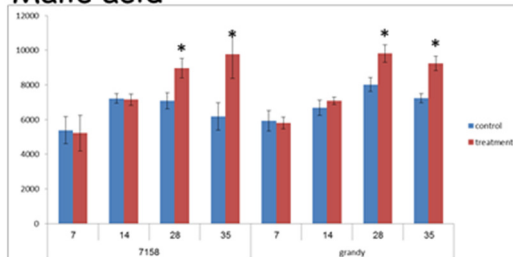
n-Butylamine



Myo-Inositol



Malic acid



משך הפסקת ההזנה
זן

איור 6: השפעת משך הפסקת ההזנה (treatment אדום) על תרכובות הקשורות למטבוליזם של חנקן (משמאל) ועל סוכרים (מימין) בניצני פרחים צעירים בהשוואה לניצנים שהתפתחו ללא הפסקת ההזנה (control כחול). הנתונים מוצגים כשטח הפיק של מטבוליט ספציפי מנורמל לשטח הסטנדרט הפנימי (ריביטול). * מסמנת הבדל מובהק בין טיפול הפסקת ההזנה וצמחי הביקורת (Student's-t test $\alpha=0.05$)

מידות משך הפסקת ההזנה על מטבוליטים שונים הקשורים למטבוליזם של חנקן ועל סוכרים שונים הראו (איור 6) ירידה מובהקת של פוטריצין ועליה מובהקת בתכולת בוטילאמין וחומצה מלית. השפעה מעניינת נוספת היא ההשפעה של הפסקת ההזנה בסוכרים גלקטינול ומיואינוזיטול, בשני סוכרים אלו נמצאה עליה מובהקת במהלך הפסקת ההזנה.

לסיכום חלק זה: ניתן לראות כי מטבוליטים ראשוניים ומשניים מגיבים בצורה מובהקת להפסקת ההזנה החנקנית, יכול להיות שחלקם עשויים לשמש כסיגנל התגובה להפסקה ועל ידי כך להשפיע על החנטה בתנאי טמפרטורת גבוהות בתחילת העונה. בעונה ניסויים עוקבת, מתוכננת חזרה על אנליזות אלו בנוף על מנת לקבל תמונה מלאה יותר וכן בחינה של הפרופיל המטבולי של השורשים והעלים.

מסקנות

בעונה הנסקרת נראתה תגובה יפה של הצמחים מבחינת סימפטומים, בדיקת פטוטרות ואנליזות כלורופיל אך לא נמצאה השפעה דרמטית על מרכיבי יכול. זני הפלפל הגיבו באופן שונה לטיפול הפסקת ההזנה. למרות זאת, נמצאה השפעה מובהקת ומעניינת של טיפולי הפסקת ההזנה על הפרופיל המטבולי בניצני פריחה. בכוונתנו להעמיק בניסוי המשך את הידע על האופן בו משפיעה הפסקת ההזנה על הפיזיולוגיה והביוכימיה של הצמח, וכמו כן לבחון איך משפיע האופן בו מחזירים את הדשן על תגובות אלו.

הבעת תודה

תודתנו נתונה לקרן המדען הראשי משרד החקלאות על מימון המחקר מספר 261-1045-14, תודה ענקית לצוות מו"פ ערבה תיכונה וצפונית על תפעול הניסוי וביצוע הבדיקות במהלכו.

מקורות

Aloni B., Pashkav T., Karni L. (1991) Nitrogen supply influences carbohydrate partitioning of pepper seedlings and transplant development. Journal of the American Society of Horticultural Sciences 116: 995-999.

Elkind Y., Glick E., Jacobson Y., Schor-Fumbaov T. (2008) Breeding of blocky type pepper varieties adapted for production in greenhouses and net houses in mild winter regions. Acta Horticulturae 797: 285-290.

פרטי הדו"ח באנגלית

Improvement of pepper fruit set by nitrogen fertigation management in the Arava Valley
Hagai Yasuor, Vegetable Research Dep., Gilat Research Center, ARO,
Yonatan Elkind, The Institute of Plant Sciences and Genetics in Agriculture, Faculty of Agriculture, Food and Environment, The Hebrew University of Jerusalem.
Shabtai Cohen, Northern & Central Arava R&D.
Rivka Offenbach, Northern & Central Arava R&D.
Yoram Zvieli, Northern & Central Arava R&D.
Uri Yermiyahu, Soil science Dep., Gilat Research Center, ARO.
Writer address: hagai@volcani.agri.gov.il