

השפעת מנת ההשקיה, ותשתית בית שורשים על יבול הפירות והחומר היבש של פלפל

אביתר איתאל - שה"מ, משרד החקלאות

עמי מדואל, מורן קפון פתאל, שבתאי כהן, רבקה אופנבך, רמי גולן, ישראל צברי, יורם צביאלי - מו"פ

ערבה תיכונה וצפונית

אלון בן גל - המחלקה לקרקע ומים, מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר

נפתלי לזרוביץ - המכון לחקלאות באזורים צחיחים, שדה בוקר, אוניברסיטת בן גוריון

תקציר

עבודה זו מהווה חלק מסדרת ניסויים בה נבחנים היבטים שונים במערכת בית השורשים במגוון קרקעות, עונות, איכויות מים, ובתי גידול כשצמח הפלפל מהווה בהם צמח מודל. תגובת צמחי פלפל לתשתית בית השורשים ולמנות השקיה (מים מליחים של 0.8, 1.2, 2 ו-2.5 יחסיות לצריכת צמחים שגדלו בליזימטר וקיבלו סדום בו הופעלו ארבע מנות השקיה: 0.8, 1.2, 2 ו-2.5 יחסיות לצריכת צמחים שגדלו בליזימטר וקיבלו מנת מים השווה לפעמיים האופו-טרנספירציה. צמחי פלפל מהזן סליקה (חברת אפעל), נשתלו בבית פלסטיק בתחנת זהר ב-23/9/07 על גבי ארבע תשתיות בית שורשים: ביקורת, תעלת ההזנה, נש"מ פלריג ו-נש"מ רשת. (נש"מ – נפח שורשים מתוחם).

בהתאמה לתוצאות שהתקבלו בעונה הקודמת גם בעונה זו יבול הפירות ויבול הביו מסה עלו בתגובה לעלייה במנת ההשקיה עד לערך השווה לפעמיים האופו-טרנספירציה ולא מעבר לכך. תגובה זו ניתן לייחסה ברובה להפחתת המליחות בבית השורשים וזאת משום שלא התקבלה תגובה להעלאת הרטיבות באמצעות המחסום הקפילרי על יבול הפירות והביו מסה. את חוסר התגובה לרטיבות ניתן לייחס לעונת הגידול הייחודית בכיכר סדום בה שלבי הגדילה המשמעותיים מתקיימים בתקופת החורף בהן הצמח פחות רגיש לרטיבות. ככל שעלתה מנת ההשקיה כך פחתה חשיפת הצמח למליחות במיוחד בטיפול הטוף ומכאן, שלא ניתן להסביר את נחיתות היבול בטיפול הביקורת יחסית לטיפול הטוף במונחים של רטיבות ומליחות.

מבוא

בעבודות קודמות שעסקו בפיתוח תשתית הנש"מ (איתאל וחובי, 2007) נמצא שבתשתית זו בה מיושם מחסום קפילרי קיימים תנאי רטיבות גבוהים מאלו השוררים בקרקע בלתי מופרת. לא בכל מקרה בא יתרון זה לידי ביטוי ביבול הפירות ואף לא ביבול החומר היבש. ישנה חשיבות לבחון את התשתיות במגוון קרקעות, איכויות מים, גידולים, עונות גידול ומנות השקיה. העבודה המדווחת בוצע על מנת להבין את השפעות הגומלין בין הגורמים הפועלים בבית השורשים

חומרים ושיטות

נתונים אגרו טכניים : צמחי פלפל מהזן סליקה (חברת אפעל), נשתלו בבית פלסטיק בתחנת זהר ב-23/9/07. חלקות הביקורת, תעלת ההזנה, ונשי"מ פלריג (נשי"מ – נפח שורשים מתוחם) הוכנו לפני עונת 2006/7. לקראת עונה זו הוכנה רק התשתיות "נשי"מ רשת" באופן הבא : נחפרו תעלות בעומק 35 ס"מ במפסקים של 1.5 מטר וברוחב של 40 ס"מ. יריעת פלריג נפרסה בתוך התעלה ובדפנות. בבסיס התעלה הונחה שכבת טוף גס בעובי אחיד של 5 ס"מ, מעליו נפרסה רשת 50 מש ששימשה כיריעת הפרדה בין החול לטוף הגס ומעליה



שכבה של 20 ס"מ חול מקומי ומעליה שכבת טוף 8-0 כבעובי של 10 ס"מ. תשתית הביקורת שימשה הקרקע המקומית (טבלה 3).

השתילה בוצעה בשתי שורות לערוגה במרחק של 20 ס"מ בין השורות על הקרקע, ו-40 ס"מ בין הצמחים בתוך השורה (עומד מחושב של 3.3 צמח/מ"ר). למשך 28 הימים שלאחר השתילה הושקו הצמחים באופן אחיד ו-21/10 פוצלו ארבעת טיפולי

ההשקיה לפי היחסים : 0.8, 1.2, 2, ו-2.5 מקדמי החזר מערכי דיות כפי שנמדדו בליזימטרים שקיבלו השקיה לפי מקדם $ET=2$ (תמונה 1). בסיום העונה הסתכמו מנות ההשקיה (מפיצול) לכדי : 1,450, 878, 592 ו-1,806 מ"מ לעונה. הניסוי נערך בתכנית דו גורמית והוצב במתכונת של בלוקים באקראי בחלקות מפוצלות. גורם ההשקיה הוצב בחלקות הראשיות (טבלה 1).

טבלה 1 : גורמי הניסוי והמודל הסטטיסטי

מקור השונות	ד"ח
בלוק (אקראי)	3
בלוק*השקיה (אקראי)	9
השקיה	3
תשתית	3
השקיה*תשתית	9

טבלה 2 : רשימת הטיפולים

טיפולי התשתית	מקדם השקיה מצריכת הליזימטר
חול מקומי	0.8
נשי"מ פלריג	1.2
תעלת הזנה	2
נשי"מ רשת	2.5

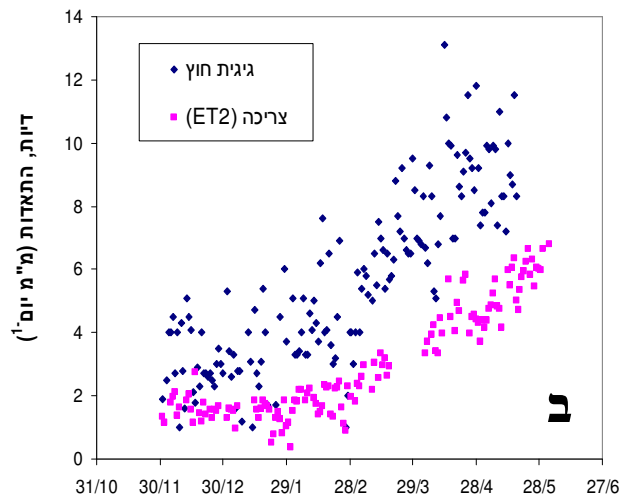
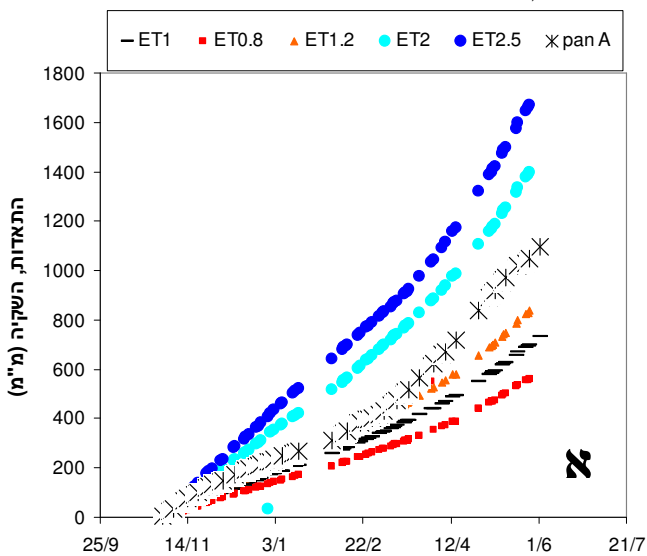
ציוד הטפטוף: שלוחות טפטוף מסוג אל-נגר בספיקה 1.6 ליטר/שעה (חברת נטפים), בפריסה של חמש טפטפות למטר שלוחה, ובשתי שלוחות לערוגה שהוצבו במרחק של 20 ס"מ אחת מהשנייה במרכזי הערוגות. הספיקה הנומינלית שהתקבלה הייתה 10.7 מ"מ/משעה.

טבלה 3: מאפייני איכות המים בחלק העליון של הטבלה, והקרקע המקומית בחלק התחתון של הטבלה, בתחנת זהר שבכיכר סדום. בדיקה שבוצעה במעבדת יוטבתה ב- 22/12/04.

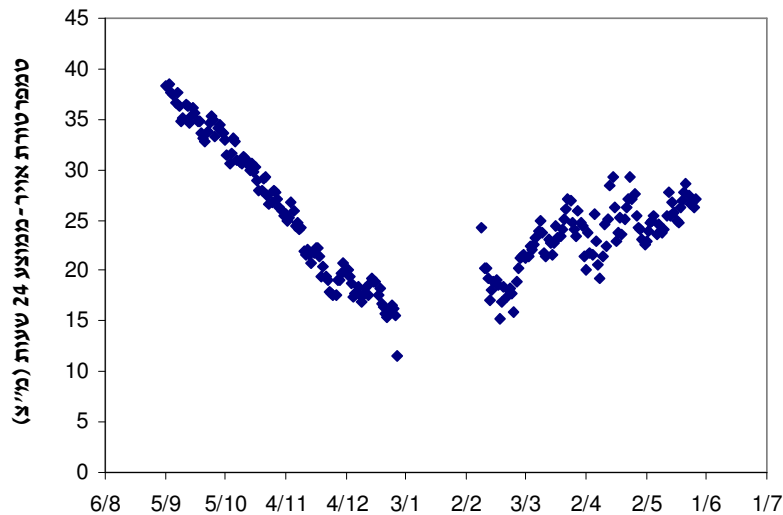
גורם נמדד	ערך	יחידה
מוליכות	3.6	Ds/m
pH	7.1	$-\log_{10}(\text{H}_3\text{O}^+)$
נתרן	14.9	מא"ק/ל"
אשלגן מסיס	0.39	מא"ק/ל"
סידן	178	ח"מ
מגניום	97	ח"מ
דו פחמה	220	ח"מ
גפרה	421	ח"מ
בורון	0.35	ח"מ
כלוריד	800	ח"מ
ברזל	0	ח"מ
אבץ	0.05	ח"מ
מנגן	0	ח"מ

חרסית (%)	סילט (%)	חול (%)
5	8	87

מנות המים ותדירות ההשקיות: השקיה אחת ביום ניתנה בשעות הלילה לכל הטיפולים ולא השתנתה במהלך העונה. ערכי ההתאדות מגיגית חוץ נאספו בתחנה המטאורולוגית המרוחקת כ-200 מטר מבית הצמיחה (איור 2). נתוני טמפרטורה שנמדדו בתוך המבנה במהלך העונה מוצגים באיור 3.



איור 2. א. מנות ההשקיה והתאדות מגיגית מצטבר. ב. התאדות מגיגית חוץ ואופוטורנספירציה (צמחי ET=2)



איור 3. טמפרטורת אויר בבית הצמיחה, ממוצע ל-24 שעות.

יבול פירות, איכות הפרי ביום הקטיף, ומדידת איכות חיי מדף: קטיף הפירות החל ב- 21/01/08 והסתיים 122 ימים לאחר מכן ב- 23/5/08. בסה"כ נערכו 10 קטיפים. לאחר הקטיף הפרי מוין ונקבעה איכותו ביום הקטיף. מתוך הפירות הראויים ליצוא נשלח קרטון למבחן חיי מדף למעבדה בתחנת יאיר במהלכו נישמר הפרי במשך 17 ימים בטמפרטורה של 7 מ"צ ב- 95% לחות ולאחר מכן בטמפרטורה של 20 מ"צ למשך 3 ימים נוספים. בגמר ימי האחסון נבדק הפרי שנית ונקבע ציון איכות ע"פ נוסחת החישוב הבאה: זקן 60%, כתום 30% חריגי צבע 10% (Hochman and Regev, 1990).

יבול חומר יבש של הנוף ושל כלל הצמח: בסיום הגידול נעקרו (ללא השורשים) 3 צמחים ברצף מכל חלקה. הופרדו הפירות מכלל הנוף וכל חלק נשקל רטוב. מדגם מיצג של פירות ונוף נשקל לרטוב ויובש בתנור ונקבע אחוז החומר היבש בנוף ובפרי. את ריכוז החומר היבש בפרי הקטוף לקחנו מעבודה שבוצעה לפני שנתיים בה בוצע מעקב אחר תכולת החומר היבש בפרי הקטוף במהלך כל עונת הקטיף. אחוזי החומר היבש איתם עבדנו: בפרי הקטוף 7%, בנוף 24% ו- 12% בפרי הירוק שנותר על השיח בגמר הקטיפים. מליחות, ורטיבות בחול ובמצע הטוף: במהלך תקופת הגידול בוצעו ארבע דיגומים ב- 26/11/07, 30/12/07, 9/3/08 ו- 30/4/08. המדגם נשקל ויובש בתנור ונקבעה תכולת הרטיבות. ריכוז המלחים נקבע באמצעות מדידת המוליכות החשמלית של המיצוי במים מזוקקים ביחס משקלי של 1:1. התוצאות נותחו במתכונת של חלקות מפוצלות פעמיים.

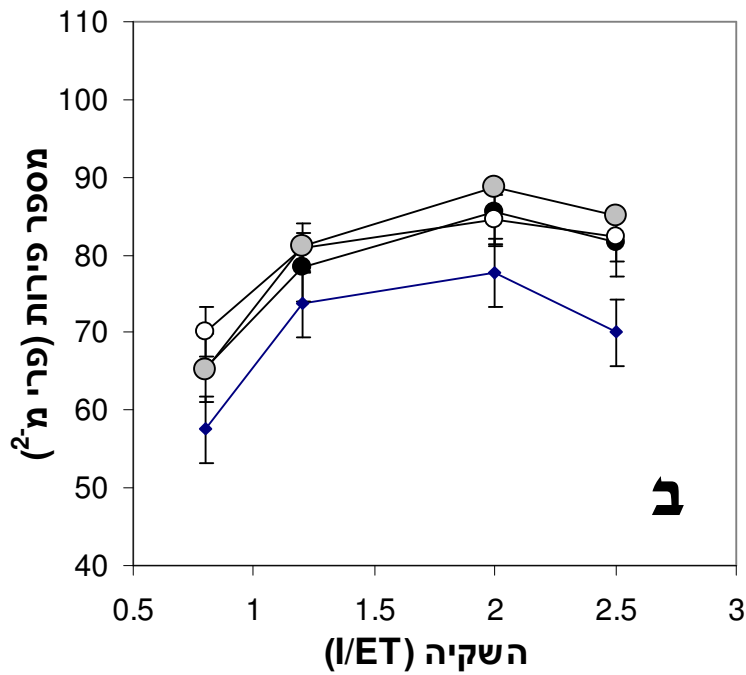
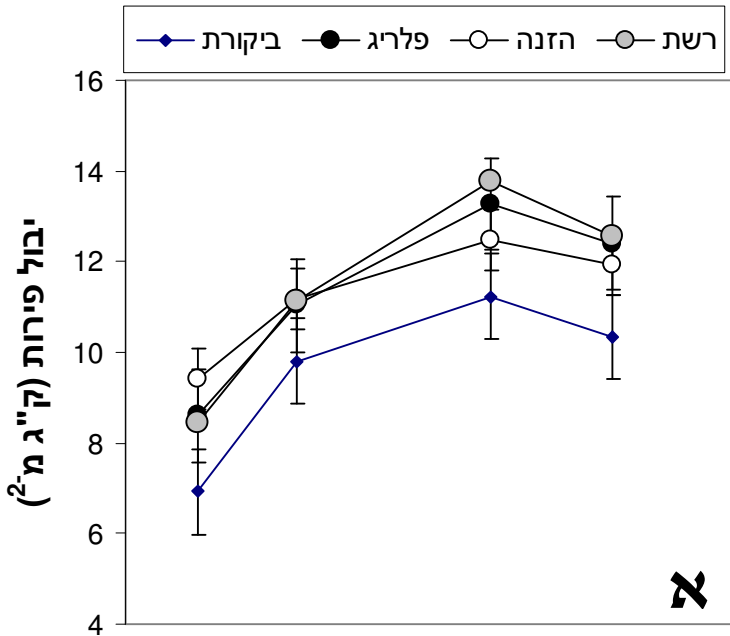
כלוריד בעלים: כעשרה עלים נדגמו מכל חלקה באותם המועדים בהן נלקחו דגימות הקרקע, נדגם העלה הרביעי מהקודקוד. העלים נשטפו במים מזוקקים ויובשו בתנור ב- 60 מ"צ. לאחר מכן נטחנו, הוכנסו לשקיות אטומות ואוחסנו בקירור למספר חודשים. מיצוי החומר הטחון נעשה במים מזוקקים. ריכוז הכלוריד במיצוי המימי נמדד באמצעות כלורידומטר.

תוצאות

יבול פירות

השפעת התשתית - יבול הפירות
בטיפול הביקורת נפל בכל מנות
ההשקיה מהטיפולים בהם יושמה
שכבת טוף בשיעור ממוצע של 16%
(איור 4 וטבלה 4).

השפעת מנת ההשקיה - היבול
הכולל עלה בתגובה לתוספת במנת
ההשקיה (טבלה 4) עד למנה
שהסתכמה ב- 1,460 מ"מ לתקופת
הטיפולים (ET=2). מעבר למנה זו
לא התקבלה תגובה באף לא אחת
מהתשתיות.



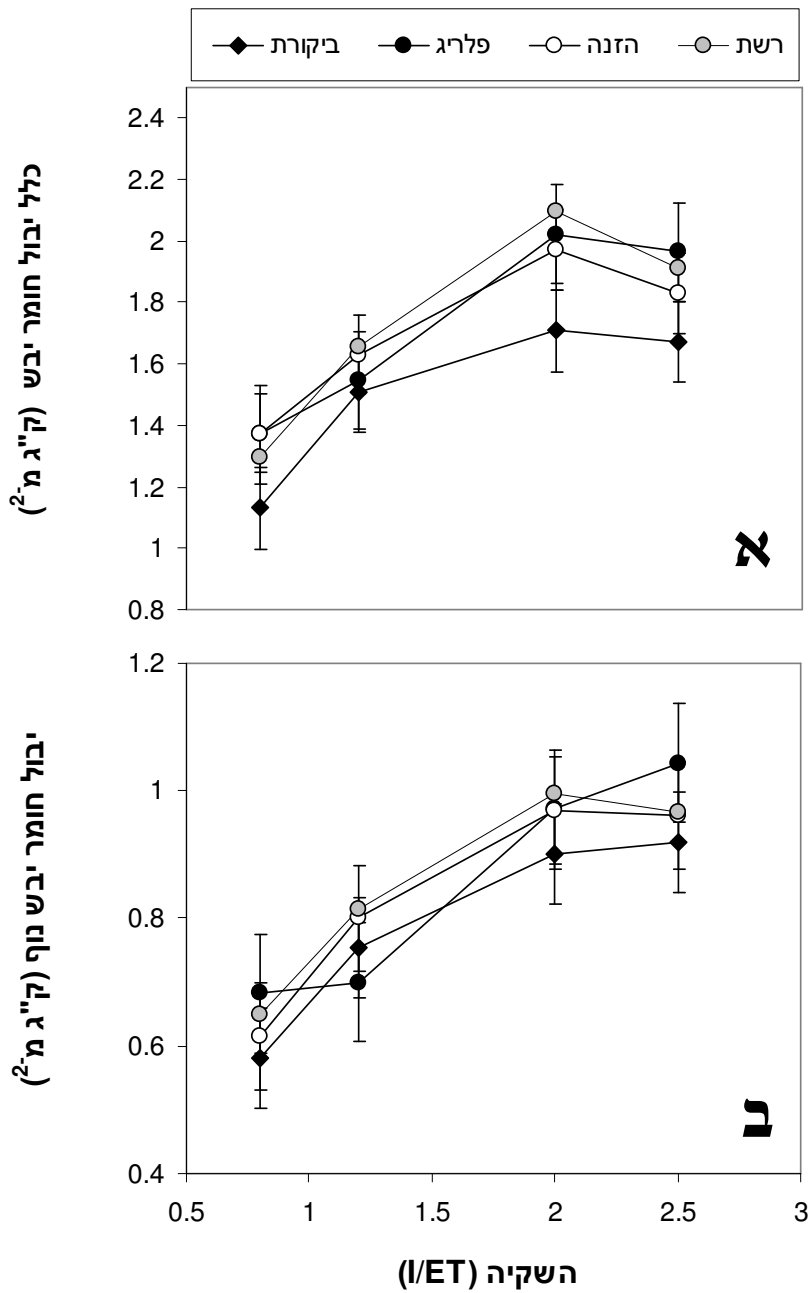
איכות הפירות

השפעת מנת ההשקיה - איכות הפירות
במבחן חיי מדף הושפע ממנת ההשקיה
בריקבון העוקץ (טבלה 8). ככל שעלתה
מנת ההשקיה כך עלתה הנגיעות.

איור 4. השפעת מנת ההשקיה על א. יבול הפירות ב. מספר הפירות

יבול החומר היבש

השפעת התשתית - טיפול הביקורת נפל משלושת טיפולי הטוף ביבול החומר היבש של הפירות אך לא ביבול הנוף (טבלה 5, איור 5א). השפעת מנת ההשקיה - יבול החומר היבש עלה עד למנה השווה ל- $ET=2$. התגובה נבעה הן מעליה ביבול הפירות והן מעלייה ביבול הנוף.

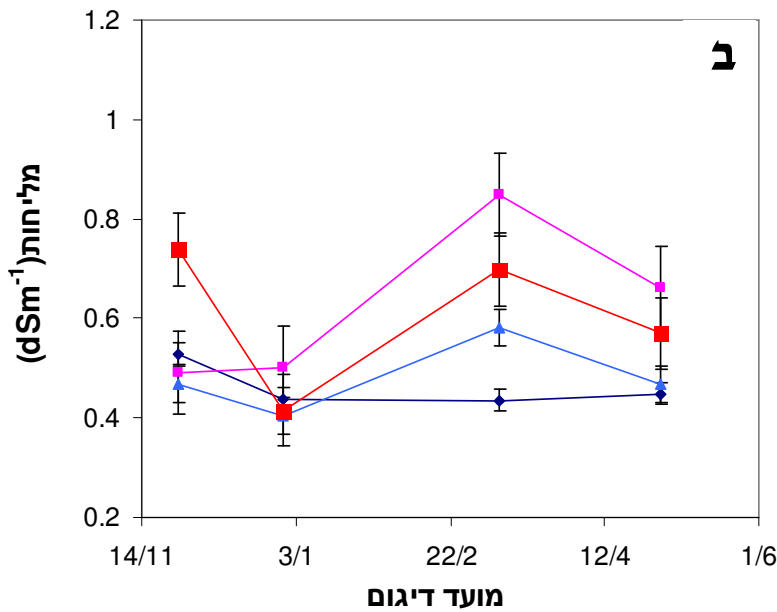
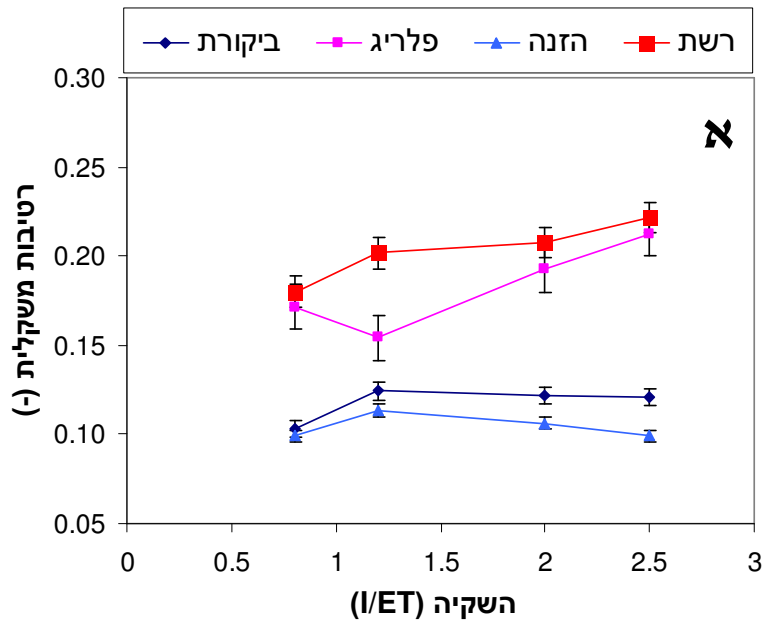


איור 5. השפעת מנת ההשקיה על א. כלל יבול החומר היבש ב. יבול החומר היבש של הנוף

מליחות ורטיבות במיצוי החול

השפעת התשתית - מליחות מצע החול בשני טיפולי הנש"מ נמצאה גבוהה בשתי מנות ההשקיה הגבוהות מזו שבביקורת ומטיפול תעלת ההזנה (איור 6 ב). רטיבות החול בנש"מ (איור 6 א) הייתה גבוהה מהרטיבות בביקורת בממוצע בכ- 70%.

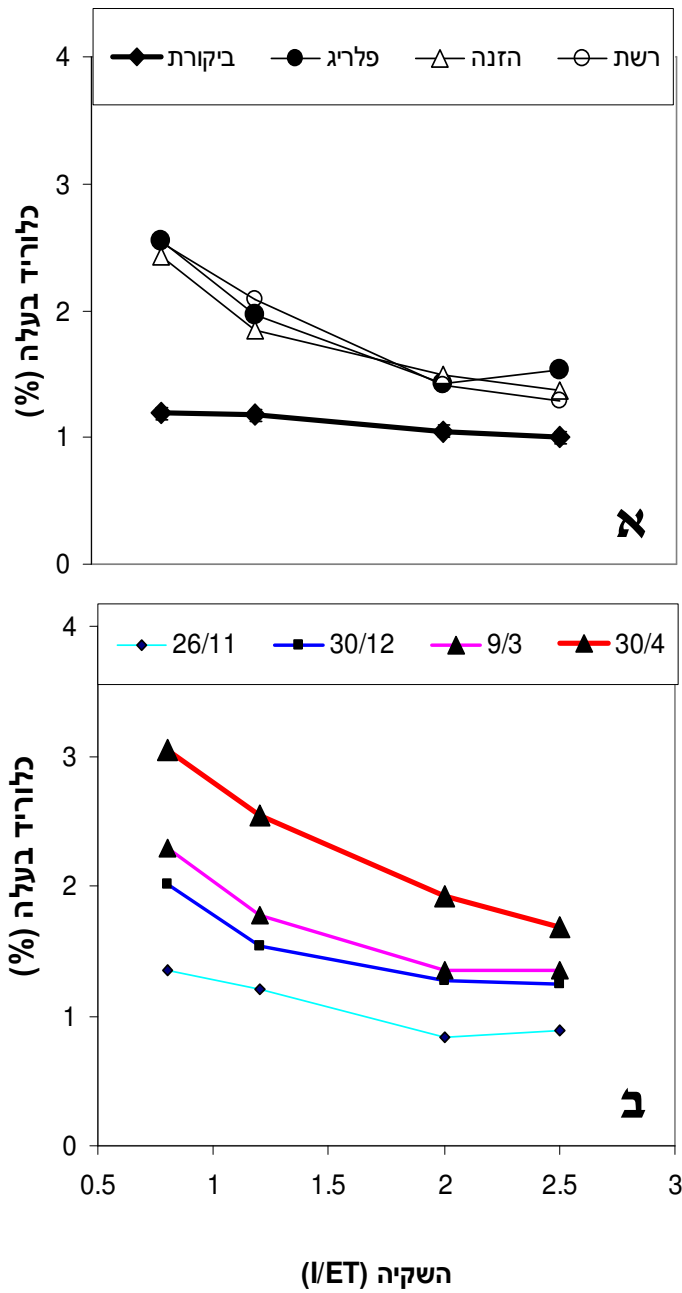
השפעת מנת ההשקיה - בשתי תשתיות הנש"מ עלתה הרטיבות ככל שעלתה מנת ההשקיה, ואילו בשתי התשתיות האחרות לא נמצאה השפעה של מנת ההשקיה על הרטיבות בשכבה 10-30 ס"מ.



איור 6. דיגום שכבת החול: 10-30 ס"מ א. רטיבות ב. מליחות

ריכוזי כלוריד בעלה

ריכוזי הכלוריד בעלים (איור 7א) פחת בהשפעת העלייה במנת ההשקיה בטיפולים בהם יושמה שכבה עליונה של טוף ואילו בביקורת לא נמצאה השפעה משמעותית למנת ההשקיה. בשלושת טיפולי התשתית שכללו שכבת טוף ריכוזי הכלוריד גבוהים באופן משמעותי מטיפול הביקורת, אך הפער מצטמצם עם העלייה במנת ההשקיה. למועד הדיגום (איור 7ב) השפעה משמעותית על ריכוזי הכלוריד בעלה. ככל שהדיגום חל במועד מאוחר יותר כך עלה הריכוז בכל מנות המים.



איור 7. ריכוזי כלוריד בעלה בארבע מנות השקיה א. ממוצע לטיפולי השתיית ב. ממוצע למועדי הדיגום

דיון וסיכום

הנחת המחקר גורסת שצמח הפלפל מגיב לתנאי רטיבות, מליחות, וחמצן בבית השורשים. אופן התגובה אמור לבוא לידי ביטוי ביבול הפירות וכלל ייצור החומר היבש. טיפולי מנות המים מייצרים טיפולי רטיבות אלא שכאשר משקים במים מליחים, מהר מאוד נוצרים גם הבדלי מליחות בתמיסת בית השורשים עקב מנות הדחה שונות. על כן, לא ניתן להפריד את ההשפעות. לאחר תקופת התאמה של הצמח, העורכת כחודש, חוזרים תנאי המליחות ומנות ההדחה היחסיות (LF) של טיפולי ההשקיה להיות דומים עקב הקטנת שאיבת המים בצמחים שחוו עקה. כך שמשך התקופה בה נחשפים הצמחים לרטיבויות שונות באמצעות טיפולי ההשקיה מוגבלת לחודש אחד בלבד.

על מנת לייצר הבדלי רטיבות בתנאי מליחות דומים, הופעלו שני טיפולים בהם יושם מחסום קפילרי המעלה את הרטיבות בתוך הנפח המתוחם ללא השפעה משמעותית על המליחות (איור 6). במקרה זה השפעת הטיפול על הרטיבות לא אמורה להיות מוגבלת במשכה למרות בניית צמחים המדייטים כמויות שונות. מחסורי חמצן למשך פרקי זמן שונים עשויים אף הם להגביל את ייצור הפירות והחומר היבש. על מנת לבדוד השפעה זו יושמו שני טיפולי מחסום קפילרי האמורים לייצר זמינות חמצן שונה. מחסום עם יריעת הפרדה מסוג פלריג בה נחסמים השורשים מלהגיע אל שכבת החצץ וטיפול נוסף בו הוחלפה יריעת הפלריג ברשת 50 מש על רצפת בית השורשים ואשר דרכה יכולים השורשים לעבור אל תוך שכבת החצץ.

יבול הפירות ויבול הביו-מסה עלו בתגובה לעלייה במנת ההשקיה עד לפעמיים מערך האוּפּו-טרנספירציה ולא מעבר לכך (איור 5 א). תוצאה זו חוזרת זו שנה שנייה (איתאל וחובריו, 2007) וניתן לייחסה בעיקר להפחתת המליחות בבית השורשים. את חשיפת הצמח למליחות ניתן ללמוד מריכוזי הכלוריד בעלה (איור 7). דווקא טיפול הביקורת שהשיג את יבולי הפירות והחומר היבש הנמוכים ביותר נחשף פחות מכולם למליחות. מנת ההשקיה השפיעה במידה רבה על חשיפת הצמח למליחות במיוחד בטיפולי הטוף. מכאן שלא ניתן להסביר את נחיתות טיפול הביקורת יחסית לטיפולי הטוף במונחים של רטיבות ומליחות. אפשרי שתגובה זו התקבלה כתוצאה מפערי פוריות ראשונית.

בכל הטיפולים חלה עלייה בריכוז הכלוריד בעלה עם ציר הזמן. לתופעה כזו לא ניתן לספק הסבר סביר אלא אם מניחים שריכוז הכלוריד בעלה אינו משקף את ריכוז הכלוריד בתמיסת הקרקע רק במהלך התפתחותו של העלה הנדגם אלא במהלך התפתחות הצמח כולו. כנראה שחלה צבירת כלוריד על דפנות צינורות העצה המושפעת מסה"כ הטרנספירציה ומריכוזי הכלוריד במי הטרנספירציה במהלך חייו של הצמח.

טבלה 4: ניתוח שונות למשתני יבול ואיכות הפירות ביום הקטיף. בראש הטבלה ערכי ההסתברות לקבלת ערכים נמוכים מ-F. ערכי שונות נמוכים מ-0.05 הינם מובהקים. בתחתית הטבלה ממוצעי הטיפולים הראשיים. ערכים להם אות משותפת אינם נבדלים ברמת מובהקות של 0.05.

שחור פיטם	סידוקים	מס' יצוא	יצוא ק"ג	מס' כולל	יבול כולל	ד"ח	מקור השונות
0.38	0.24	0.65	0.54	0.11	0.11	3	בלוק אקראי
0.54	0.09	0.02	0.04	0.32	0.32	9	בלוק* השקיה אקראי
0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3	השקיה
0.34	0.04	<0.0001	<0.0001	0.00	0.00	3	תשתית
0.72	0.20	0.40	0.53	0.86	0.86	9	השקיה*תשתית
							השקיה - I/ET
ק"ג מ ²	ק"ג מ ²	פרי מ ²	ק"ג מ ²	פרי מ ²	ק"ג מ ²		
0.07	C 0.1	B 28.6	C 4.7	B 64.6	C 8.3		0.8
0.09	CB 0.3	A 36.5	B 6.2	A 78.5	B 10.8		1.2
0.06	A 0.6	A 42.6	A 7.4	A 84.1	A 12.7		2
0.03	AB 0.4	A 39.9	AB 6.9	A 79.7	AB 11.8		2.5
							תשתית
0.04	B 0.3	B 31.6	B 5.3	B 69.7	B 9.6		ביקורת
0.09	A 0.5	A 38.2	A 6.5	A 77.7	A 11.3		פלריג
0.06	AB 0.3	A 38.3	A 6.5	A 79.4	A 11.2		הזנה
0.07	AB 0.4	A 39.5	A 6.8	A 80.0	A 11.5		רשת

טבלה 5 : ניתוח שונות ליבול החומר היבש. בראש הטבלה ערכי ההסתברות לקבלת ערכים נמוכים מ-F. גורמי שונות להם ערכים נמוכים מ-0.05 הינם מובהקים. בתחתית הטבלה ממוצעי הטיפולים הראשיים. ערכים להם אות משותפת אינם נבדלים ברמת מובהקות של 0.05.

מקור השונות	ד"ח	כל הצמח	נוף	פירות
בלוק (אקראי)	3	0.31	0.06	0.53
בלוק*השקיה (אקראי)	9	0.04	0.26	0.01
השקיה	3	<.01	0.00	0.00
תשתית	3	0.00	0.24	<.01
השקיה*תשתית	9	0.64	0.84	0.17
השקיה - I/ET				
		ק"ג מ ²	ק"ג מ ²	ק"ג מ ²
0.8		C 1.3	B 0.6	C 0.7
1.2		B 1.6	B 0.8	B 0.8
2		A 1.9	A 1.0	A 1.0
2.5		A 1.8	A 1.0	AB 0.9
תשתית				
ביקורת		B 1.5		B 0.7
פלריג		A 1.7		A 0.9
הזנה		A 1.7		A 0.9
רשת		A 1.7		A 0.9

טבלה 6 : ניתוח מרכיבי השונות בתבנית של בלוקים בחלקות מפוצלות פעמיים למליחות החול במיצוי 1:1. בחלק העליון של הטבלה המודל הסטטיסטי וניתוח השונות. ערכים נמוכים מ 0.05 הינם מובהקים.

מקור השונות	ד"ח	מליחות שכבת החול
בלוק (אקראי)	3	0.55
בלוק*השקיה (אקראי)	9	0.69
בלוק*מועד (אקראי)	9	0.60
השקיה	3	0.09
תשתית	3	0.00
השקיה*תשתית	9	0.65
מועד	3	0.01
השקיה*מועד	9	0.01
תשתית*מועד	9	0.02
תשתית*מועד*השקיה	27	0.12

טבלה 7: ניתוח מרכיבי השונות בתבנית של בלוקים בחלקות מפוצלות פעמים לרטיבות מצע החול. בחלק העליון של הטבלא המודל הסטטיסטי וניתוח השונות. ערכים נמוכים מ 0.05 הינם מובהקים. בתחתית הטבלה ממוצעי ההשפעות העיקריות. ערכים להם אותיות זהות אינם נבדלים ברמת הסתברות של 5%.

מקור השונות	ד"ח	רטיבות
בלוק (אקראי)	3	0.59
בלוק*השקיה (אקראי)	9	0.07
בלוק*מועד (אקראי)	6	0.87
השקיה	3	0.07
תשתית	3	<.01
השקיה*תשתית	9	0.01
מועד	2	<.01
השקיה*מועד	6	0.06
תשתית*מועד	6	0.06
תשתית*מועד*השקיה	18	0.96
תשתית		ג.ג. ⁻¹
ביקורת		C 0.12
פלריג		B 0.18
הזנה		C 0.10
רשת		A 0.20

טבלה 8: ניתוח מרכיבי השונות בתבנית של חלקות מפוצלות למשתני איכות במבחן חיי מדף. בחלק העליון של הטבלא המודל הסטטיסטי וניתוח השונות. ערכים נמוכים מ 0.05 הינם מובהקים. בתחתית הטבלה ממוצעי ההשפעות העיקריות. ערכים להם אותיות זהות אינם נבדלים ברמת הסתברות של 5%.

מקור השונות	ד"ח	מוצק מאוד	מוצק	זקן	ריקבון עוקץ	ריקבון כללי	צלבנים	ציון איכות
בלוק (אקראי)	3	0.44	0.09	0.97	0.53	0.58	0.88	0.98
בלוק*השקיה אקראי	9	0.46	0.02	0.57	0.66	0.46	0.18	0.61
השקיה	3	0.44	0.76	0.15	0.03	0.47	0.90	0.11
תשתית	3	0.40	0.20	0.80	0.13	0.43	0.36	0.93
השקיה*תשתית	9	0.46	0.06	0.99	0.45	0.52	0.52	0.98
השקיה - I/ET						%		
						AB 14.4		0.8
						B 11.2		1.2
						A 19.2		2
						A 18.8		2.5

טבלה 9. ניתוח מרכיבי השונוות בתבנית של חלקות מפוצלות לריכוז כלוריד בעלים. בעמודה הראשונה מופיעים מרכיבי המודל הסטטיסטי ובעמודה השלישית ניתוח השונוות. ערכים נמוכים מ 0.05 הינם מובהקים.

מקור השונוות	ד"ח	כלוריד בעלה
בלוק אקראי	3	0.53
בלוק השקיה אקראי	9	0.00
השקיה	3	<.01
תשתית	3	<.01
השקיה*תשתית	9	<.01
מועד דיגום	3	<.01
השקיה*מועד	9	0.00
תשתית*מועד	9	0.02
השקיה*תשתית*מועד	27	0.40

תודות

למועצת הירקות על עזרתה במימון הניסוי, לכל העוסקים במלאכה

ספרות

איתיאל א., מדואל ע., חשמונאי ד., כהן ש., אופנבך ר., גולן ר., צברי י., צביאלי י., בן גל א. לזרוביץ נ. 2007. השפעת מנת ההשקיה, ותשתית בית השורשים בפלפל המושקה במים מליחים. מו"פ ערבה תיכונה וצפונית דו"ח לעונת 2006/7.

Hochman O. and U. Regev (1990). The binary quality price function: theory, empirical testing, and application to israeli export. Acta Horticultura, No. 259: 117-138.