



1999-2001

תקופת המחקר:

301-0250-01

קוד מחקר:

Subject: CROP RESPONSE TO LEACHATE
RECYCLING IN GREENHOUSES

Principal investigator: BNAYAHU BAR YOSEPH

Cooperative investigator: ALBERT AVIDAN, ELI
MATAN, GIORA KRITZMAN, MICHAEL RAVIV

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O.)

שם המחקר: תגובת גידולים למיחזור מים
ודשנים בחממות

חוקר ראשי: בניהו בריוסף

חוקרים שותפים: אלברט אבידן, אלי מתן,
גיא קריצמן, מיכאל רביב

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250

תקציר

מטרות המחקר: תגובת מלון וחסה למיחזור מים בחממה ויחסי הגומלין מיחזור-תדירות השקיה-ריכוז דשן-מצע טרם נחקרו. מטרות המחקר היו ללמוד את הקשר שבין היבול וערכי הסף (EC) להחלפת תמיסות מסוחררות במלון וחסה ראש, ולחקור תגובת פלפל בתמיסה מסוחררת (ערך סף 3.4 דצ"ס/מ') להגדלת תדירות ההשקיה והקטנת ריכוז הדשן במים בתדירות השקיה גבוהה.

שיטות: במלון (פרלייט וצמר סלעים) וחסה (צמר סלעים) נבדקו 4 ערכי סף להחלפת תמיסות. בפלפל (פרלייט) נבחנו 6, 12 ו-18 השקיות ליום במנת מים אחידה ושני ריכוזי דשן (מקובל ו-50%) בתדירות הגבוהה. הניסויים נערכו בבית דגן ללא חיטוי מים ומצע.

תוצאות: במלון היבול הראוי ליצוא ירד ב-10% כאשר ה-EC הממוצע עם הזמן עלה מ-2.1 ל-3.3 דצ"ס/מ' וב-20% כאשר ה-EC עלה ל-4.6 דצ"ס/מ'. איכות הפרות עלתה עם עליית המליחות. הירידה ביבול לוותה בחסכון של למעלה מ-50% בתשומות מים ודשן בחממה. היבול והאיכות בצמר סלעים נפלו מאלה שבפרלייט. בפלפל היבול היה מזערי בתדירות השקיה של 6 פעמים ליום ומרבי בתדירות 18 השקיות ליום ברמת הדישון הנמוכה. הטיפול לא נבדל זה מזה ביבול הכללי, ביצור חומר יבש, בשיעור הנגיעות בשחור פיטם ובאחוז הפרות הפחוסים, אך התקבלו הבדלים מובהקים בריכוז היסודות בצמח. בחסה, בסתו, הטיפולים לא השפיעו על משקל הצמחים, אך העלאת ערך הסף הורידה את איכות הקולסים. באביב נמצא קשר קווי יורד בין היבול וה-EC בשבוע האחרון לגידול.

מסקנות והמלצות: ניתן לגדל מלון וחסה בתמיסות מסוחררות בתחום רחב של ערכי סף להחלפת תמיסות. פונקציות התגובה מאפשרות להעריך את הירידה ביבול עם העלייה במליחות ולהשוותה עם החסכון במים ודשן והקטנת זיהום הסביבה. לא כומתה עדיין הפגיעה באיכות התוצרת עקב העלייה בריכוזי הנתרן והכלור בתמיסה. בפלפל נמצא יתרון להשקיה בתדירות גבוהה וניתן להוריד את ריכוז הדשן בתמיסה המסוחררת, אך דרוש מחקר נוסף על מנת לקבוע את הריכוז המיטבי ואת הרכב הדשן בתנאים אלה.

אלק
ח'כים ב'ב'ל

דו"ח מסכם לתכנית מספר 301-0250-01

תגובת גידולים למיחזור מים בחממות

Crop response to solution recycling in greenhouses

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י

בניהו בר-יוסף מדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
מיכאל רביב צמחי נוי, מנהל המחקר החקלאי, נוה יער
גיאורא קריצמן הגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
אירית לבקוביץ מדעי הקרקע, המים והסביבה

Bnayahu Bar-Yosef, Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250

e-mail vwbysf@agri.gov.il

Michael Raviv, Ornamental Horticulture, ARO, Newe Ya'ar 30095 e-mail

Giora Krichman, Plant Patology, ARO, Bet Dagan 50250 e-mail

Irit Levkovich, Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250

Tibor Markovich, Soil, Water and Environmental Sciences, ARO, Bet Dagan 50250

פברואר 2002

שבט תשס"ב



הממצאים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר הראשי

תקציר

הבעיה: תגובת מלון וחסה למיחזור מים בחממה ויחסי הגומלין מיחזור-תדירות השקיה-ריכוז דשן-מצע טרם נחקרו. מטרת המחקר היו ללמוד את הקשר שבין היבול וערכי הסף (EC) להחלפת תמיסות מסוחררות במלון וחסה ראש, ולחקור תגובת פלפל בתמיסה מסוחררת (ערך סף 3.4 דצ"ס/מ') להגדלת תדירות ההשקיה והקטנת ריכוז הדשן במים בתדירות השקיה גבוהה. **שיטות:** במלון (פרלייט וצמר סלעים) וחסה (צמר סלעים) נבדקו 4 ערכי סף להחלפת תמיסות. בפלפל (פרלייט) נבחנו 6, 12 ו-18 השקיות ליום במנת מים אחידה ושני ריכוזי דשן (מקובל ו-50%) בתדירות הגבוהה. הניסויים נערכו בבית דגן ללא חיטוי מים ומצע. **תוצאות:** במלון היבול הראוי ליצוא ירד ב-10% כאשר ה-EC הממוצע עם הזמן עלה מ-2.1 ל-3.3 דצ"ס/מ' וב-20% כאשר ה-EC עלה ל-4.6 דצ"ס/מ'. איכות הפרות עלתה עם עליית המליחות. הירידה ביבול לוותה בחסכון של למעלה מ-50% בתשומות מים ודשן בחממה. היבול והאיכות בצמר סלעים נפלו מאלה שבפרלייט. בפלפל היבול היה מזערי בתדירות השקיה של 6 פעמים ליום ומרבי בתדירות 18 השקיות ליום ברמת הדישון הנמוכה. הטיפול לא נבדל זה מזה ביבול הכללי, ביצור חומר יבש, בשיעור הנגיעות בשחור פיתם ובאחוז הפרות הפחוסים, אך התקבלו הבדלים מובהקים בריכוז היסודות בצמח. **בחסה,** בסתו, הטיפולים לא השפיעו על משקל הצמחים, אך העלאת ערך הסף הורידה את איכות הקולסים. באביב נמצא קשר קווי יורד בין היבול וה-EC בשבוע האחרון לגידול. **מסקנות והמלצות:** ניתן

לגדל מלון וחסה בתמיסות מסוחררות בתחום רחב של ערכי סף להחלפת תמיסות. פונקציות התגובה מאפשרות להעריך את הירידה ביבול עם העלייה במליחות ולהשוותה עם החסכון במים ודשן והקטנת זיהום הסביבה. לא כומתה עדיין הפגיעה באיכות התוצרת עקב העלייה בריכוזי הנתרן והכלור בתמיסה. בפלפל נמצא יתרון להשקיה בתדירות גבוהה וניתן להוריד את ריכוז הדשן בתמיסה המסוחררת, אך דרוש מחקר נוסף על מנת לקבוע את הריכוז המיטבי ואת הרכב הדשן בתנאים אלה.

רשימת פרסומים

- ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 2000. תגובת מלון למחזור מים ודשן בחממה. גן שדה ומשק, גליון אפריל 65-69.
- ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 2000. תגובת פלפל למיחזור מים ודשן בחממה. גן שדה ומשק, גליון אוקטובר 45-51.
- ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ט. מרקוביץ, י. מור. 2001. גבסנית: תגובת הצמח למיחזור מים ודשן בחממה. פרחים/דפי מידע גליון אוק-גוב. 47-52.
- ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 2001. תגובת פלפל לתדירות השקיה וריכוז דשן בתמיסות מסוחררות בחממה. גן שדה ומשק, גליון א. לבקוביץ, ב. בר-יוסף, ט. מרקוביץ. 2002. תגובת חסה-ראש למיחזור מים בחממה. דו"ח פנימי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי (בהכנה לפרסום בספרות המקצועית). 25 עמודים.
- Bar-Yosef, B. 1999. Modeling pepper response to leachate recycling in greenhouses. Proc. models – plant growth / control shoot-root environments in greenhouses. Bet Dagan, Israel Feb. 1999.
- Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2000a. Pepper response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. 548:357-364.
- Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2001. Gypsophila response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. 554:193-203.

מבוא

מיחזור תמיסות בחממות חוסך מים ודשן (Bar-Yosef et al., 2000, 2001), מונע את זיהום הסביבה ויכול, בשימוש נכון, להגדיל יכולים ולשפר איכות מוצרים. בעבודות קודמות בדקנו תגובת פלפל וגפסנית לערכי סף שונים של מוליכות חשמלית (EC) בתמיסות מסוחררות במימשק הדשיה אחיד. נמצא שערכי סף של 3.2-3.4 דצ"ס/מ' בפלפל ו- 2.9-3.1 דצ"ס/מ' בגפסנית היו מיטביים מבחינת השפעתם על היבול מחד ועל החסכון במים ודשן מאידך (Bar Yosef et al., 2000, 2001). מטרת המחקר הנוכחי היא לבדוק תגובת גידולים נוספים (מלון וחסה) למיחזור תמיסות במספר מצעים, ולבחון אם ניתן להעלות את היבול והאיכות בפלפל בערך סף ומצע נתונים על ידי הגדלת תדירות ההשקיה והורדת ריכוז הדשן במים.

חומרים ושיטות

כל הניסויים נערכו בחממה בבית דגן. פרלית נאדז במאדזי פולגל (גובה 17, רוחב 20 ואורך 120 ס"מ) שהונחו במכלי פוליסטירן (גובה 0.2, רוחב 1.0 ואורך 1.2 מ') מנוקים. צמר סלעים הונח ישירות במכלי הפוליסטירן בצמד שורות. המכלים הונחו על גבי משטחי פולגל מוגבהים בעלי תעלות ניקוז צדדיות. כל חזרה כללה 7 מכלים (סה"כ 8.4 מ'), ולכל טיפול היו 5 חזרות בבולקים באקראי. רוחב ערוגה היה 1 מ', וכך גם המרחק בין הערוגות. לכל טיפול היה מיכל חיצוני בנפח 1500 ל' מחובר לחממה. כאשר נפח התמיסה במכל ירד מ- 1500 ל' - 600 ל'

(לאחר גמר החזרת כל נפח התשטוף) הוספו מי ברז להשלמת הנפח ובוצעו תיקוני pH (בעזרת ח' חנקתית) וריכוז יסודות מזון בתמיסה. כאשר המוליכות החשמלית (EC) עלתה על ערך הסף המותר הורחקה התמיסה מהמיכל והוא מולא בתמיסה טרייה. התמיסות המסוחררות לא חוטאו במהלך הניסוי, אך הוזרמו מספר פעמים ביום דרך מסנן 200 מיקרון. תמיסות ההשקיה והנקז נדגמו מדי יום ונעשתה בהם אנליזה כימית. במספר מועדים נבדקו בתמיסות חיידקים ופטוריות מייצגים ע"י ד"ר ג. קריצמן. צמחים שלמים נדגמו מספר פעמים במשך העונה לקביעת משקל טרי ויבש וריכוז יסודות באברי הצמח השונים. החומר היבש עוכל בחומצה גפרתנית לבדיקת חנקן וזרחן באוטואנלייזר ואשלגן ונתרן בפוטומטר להבה. עכול בחומצה חנקתית שימש לבדיקת סידן, מגניזן ויסודות קורט ב-ICP. חנקות בעלים נבדקו במיצוי מימי (300 מ"ג חומר יבש ב- 30 מ"ל מים) בערכת Merck RQflex. כלור נבדק במיצוי מימי בעזרת כלורידומטר. בדיקת ריכוזי היסודות בתמיסות מימית נעשתה באותם מכשירים. חמצן נבדק בתמיסות בפולרוגרפיה (YSI) וה- COD בעזרת HACH- reactor ב-150°C.

מלון

שתילי חישתיל מזן 5093 נשתלו ב- 8 למרץ 99 במצע פרלייט 2 ובצמר סלעים מסוג תעמס (רוחב מזון 20, גובה 16 ס"מ, מרחק בין המזרנים 45 ס"מ). עומד הצמחים היה 220 צמחים לטיפול (2500 צמחים לדונם חממה). לכל צמח היו 2 טפטפות בספיקה 1.6 ל"ש'. נפח המצע היה 2.8 מ³ לטיפול ותכולת הרטיבות המשקלית לאחר גמר ניקוז לילי הייתה 730 ג/ק"ג בצמר סלעים ו- 825 ג/ק"ג בפרלייט. הצפיפות הנפחית של המצעים הייתה 120 ו- 100 ג/ק"ג, בהתאמה. עד תאריך 18.3 ניתנו 6 השקיות ליום (בין השעות 0800-1600), 7 ד' להשקיה. מ- 19.3 ועד 4.4 ניתנו 8 השקיות ליום ומ- 5.4 ועד לסיום הניסוי 12 השקיות ליום. ב- 26.4, 2.5 ו- 23.5 הועלה משך זמן ההשקיה ל- 8, 9 ו- 10 ד', בהתאמה. ריכוזי המטרה של יסודות המזון במי הטפטפת היו: 10 מילימולר N (20% אמון); 6 מילימולר K; 1 מילימולר P; 1.5 מ"מ Fe; 0.5 מ"מ Zn ו- 0.4 מ"מ B. ה- pH הרצוי היה 6[±]0.5. חלל החממה חומם בעזרת איור חם לטמפרטורה של 16 מ"צ. בסיום הניסוי נבדקו שורשים ונלקחו מדגמי מצע לבדיקות כימיות. האגרוטכניקה כללה הסרת תפרחות וענפים צדדיים עד גובה 50-60 ס"מ. שבועיים לאחר הופעת תפרחת נקבית (26.3.99) הוכנסו לחממה דבורים להאבקה. הפרות הגיעו לגודל 3 ס"מ ב- 23.4, התחלת רישות הייתה ב- 4.5.99 והקטיף החל ב- 27.5 והסתיים ב- 15.6.99. הפרות מוינו לגדולים, בינוניים, קטנים ופסולים לשווק. פרי גדול + בינוני הוגדר כראוי ליצוא, ופרי גדול + בינוני + קטן כראוי לשוק מקומי. בפרות

טבלה 1. הטיפולים בניסוי המלון

טיפול	כינור	מצע ^a	סף EC להחלפת תמיסה	כינור באזורים
1	פר2	פרלייט 2 לחקלאות	2.0 dS/m	PR2
2	פר3	פרלייט 2 לחקלאות	3.5 dS/m	PR3.5
3 ^b	פר5	פרלייט 2 לחקלאות	5.0 dS/m	PR5
4	צס5	צמר-סלעים (תעמס)	5.0 dS/m	RW5

^a 9-8 ל" מצע לצמח. ^b הוספו 2 מנות מלח (כל אחת CaCl₂+NaCl) על מנת להגיע ל-EC המתוכנן.

שנקטפו ב- 2.6 נעשו בדיקות איכות ע"י ד"ר א. פאליק. פרות בשלים נדגמו לצורך אנליזה כימית מספר פעמים במהלך הקטיפה.

פלפל

שחילי חישתיל מהזן קובי נשתלו ב- 30 לאוגוסט 1999. במצע פרלייט 2. עומד הצמחים היה 210 צמחים לטיפול (2500 צמחים לדונם חממה). נפח המצע היה 3000 ל' לטיפול. אחוז הרטיבות הנפחית במצע לאחר גמר ניקוז 1) ש' לאחר סיום השקית רוויה) היה 35% (כ- 1000 ל' לטיפול). ערך הסף להחלפת תמיסות מסוחררות היה 3.4 דצ"ס/מ' (Bar-Yosef et al, 2000) וההחלפה בוצעה בכל הטיפולים כאשר אחד מהם הגיע לערך הנ"ל. חלל החממה חומם בעזרת אויר חם ל- 18 מ"צ. הטיפולים, שהחלו שלושה שבועות לאחר השתילה, מתוארים בטבלה 2. הקטיפה החל ב- 20 לדצמבר והסתיים ב- 15 למאי 2000. הפירות מוינו לראויים ליצוא (קוטר < 85 מ"מ), ראויים טבלה 2. הטיפולים בניסוי הפלפל

טיפול	מספר השקיות ליום ^a	ריכוז הדשן במים ^b	משך הזמן להשקיה (דקות) בתקופה	
		%	180-20 יום	260-181 יום
1	18	50	4	8
2	18	100	4	8
3	12	100	6	12
4	6	100	12	24

^a בין 0700 ועד שעה לפני השקיעה, מחולק באופן שווה לאורך היום.
^b ריכוזי המטרה בטיפול 100% (מילימול/ליטר): תנקה 8, אמון 2, אשלגן 4, זרחן 1. בנוסף לאשלגן חנקתי, אמון חנקתי וח' חנקתית הוסף גם מגנין חנקתי שתרם 0.5 מילימולר מגנין לליטר מים. ריכוז הברזל: 0.75 מ"ג/ל כסקווסטרין ו- 1 מ"ג/ל כקורטין (180 מ"ל קורטין/ ל' מים, תוצרת דשנים וחומרים כימיים). שאר יסודות הקורט הוספו כמנת הקורטין הנ"ל. בטיפול 1 ריכוז הדשנים היה 50% מזה שבטיפול ה- 100%. ה- pH הרצוי היה 6.

לשוק מקומי (60-85 מ"מ), פסולים לשווק (פרי קטן, רקוב ומעוות), נגועים בשחור הפיטם ופחוסים (קוטר < אורך). פירות בשלים נדגמו במהלך הקטיפה ונקבע הרכבם הכימי.

חסה

בוצעו שני ניסויים בטפולים זהה (טבלה 3): הראשון בסתו (9283 שתילת 31.10.00) והשני באביב (9273 שתילת 23.4.01). המצע היה צמר סלעים מסוג תעמס (20x8 ס"מ); כל טפול הכיל 1.34 מ³ צמר סלעים, 350 צמחים ו- 420 טפספות. הניסוי הסתוני הסתיים ב- 19.12.00 והניסוי האביבי ב- 30.5.01. בניסוי האביבי נעשה שמוש במזוני הניסוי הסתוני לאחר הפיכתם. בשני הניסויים תדירות ההשקיה הייתה 12 השקיות ליום, 7 דקות להשקיה. ריכוזי המטרה של N, P ו- K בתמיסות המסוחררות בכל הטיפולים היו 150 (100 חנקתי ו- 50 אמוניקלי), 30 ו- 200 ח"מ, בהתאמה (Bar-Yosef et al., 1993). ריכוזי המטרה של הברזל, האבץ, המגן והנחושת היו 2 (1 מקורטין ו- 1 מסקווסטרין), 0.5, 1.0, ו- 0.05 ח"מ, בהתאמה. שלושת היסודות האחרונים הוספו כקורטין (EDTA). הריכוזים הועלו בהדרגה ממחצית ערכם ביום השתילה ועד לערכם המלא 14 יום לאחר

מכן. בהמשך הניסוי הריכוזים סטו מריכוזי המטרה בפתות מ-10%. צריך לציין שבגלל מיחזור התמיסות האמון עבר ניטריפיקציה וריכוזו בפועל נע בין 5 ל-20 ח"מ. תנאי האקלים מתוארים אצל לבקוביץ וחוב' (2002).
טבלה 3. הטיפולים בניסוי חסה ראש.

טיפול	סף EC בטפטפת ¹ (דצ"ס/מ')	כמויות מוספות ² מים (ל"/טיפול) NaCl (ג"/טיפול)	מים שהודחו ² (ל"/טיפול)
ניסוי I (סחיו)			
1	2.0	6270	4270
2	3.0	1950	240
3	4.0	1800	0
ניסוי II (אביב)			
1	2.0	14300	8900
2	3.0	5340	1840
3	4.0	4900	1300
4	5.0	3950	550

¹ מוליכות מי הגקו הייתה גבוהה ממי הטפטפת ב-0.1 דצ"ס/מ' בניסוי I וב-0.2 עד 0.5 בניסוי II.
² שטח טיפול היה 75 מ"ר חממה (17 מ"ר מצע). ההפרש בין הכמות שהוספה והכמות שהודחה שווה לאופטרנספירציה (ET) פלוס נזילות ושעויות בלתי רשומות. המלח הוסף על מנת להגיע למוליכות הסף.

בסיום הניסוי נשקלו צמחים לפני ואחרי הקינב. בדיקות איכות נעשו על ידי ד"ר נ. אהרנוני לאחר אחסון למשך שבועיים בטמפרטורה של 1.5 מ"צ ועוד יומיים בטמפרטורה 20 מ"צ.

תוצאות

מלון

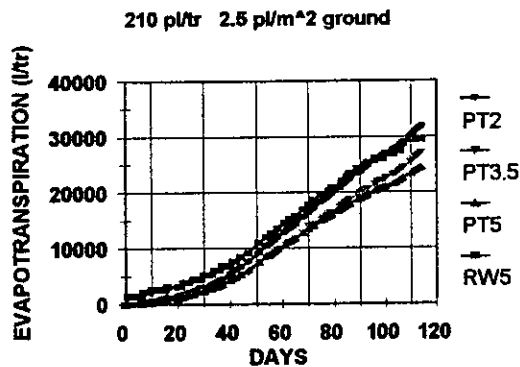
אפיון התמיסות המסותרות

עד רישות הפרי (50 יום משתילה) העלייה ב-EC הייתה איטית. צמחים בצמר סלעים בתקופה זאת היו מפותחים ואחידים יותר מאשר בפרליט, דבר שהתבטא בקצבי הגדילה והצטברות המלחים בתמיסה (איורים 1, 2). המתאם בין ה-EC וריכוזי הנתרן והכלור היה גבוה ולכן ריכוזי יונים אלה אינם מוצגים. ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בתמיסה היו קבועים ($\pm 10\%$) עם הזמן. הסתמנה מגמה לפיה ה-pH בערכי סף גבוהים היה גבוה מאשר בערכי סף נמוכים. הדבר נבע מהבדלים בקצב החלפת התמיסות: בערכי סף נמוכים תדירות ההחלפה הייתה גבוהה, ריכוז האמון התחדש בקצב מהיר, קליטת האמון הייתה גדולה וכתוצאה מכך קצב הפרשת הפרוטונים היה גדול יותר מאשר בערכי סף גבוהים. בפרק הזמן שבו קצב הגידול היה מרכזי האכפוטנספירציה (ET) נעה בין 1.7 ל" לצמח ליום בטיפול פר2 ל-1.3 בטיפול פר5.

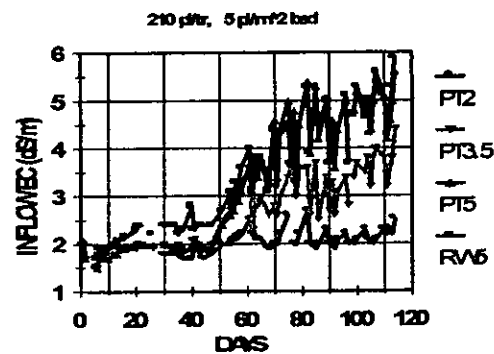
יבול, איכות, ייצור חומר יבש ותכולת יסודות בצמח

הפגיעה ביבול הראוי לשוק בגלל העלייה במליחות החלה בתחילת הקטיף ונשמרה עד סיום הניסוי (נתונים מפורטים ניתן לראות אצל בר-יוסף וחוב', 2000a). הדבר נבע מירידה בקצב יצור החומר היבש החל מהיום ה-50 לגידול בטפולים בהם ערך הסף להחלפת תמיסות היה גדול מ-2.1 ד"ס/מ'. המליחות פגעה גם ביבול הראוי ליצוא

על ידי הקטנת מספר הפרות הראויים ליצוא לצמח (טבלה 4). הירידה ביכול עם עליית המליחות פוצתה על ידי עליה מובהקת בריכוז כלל המוצקים המסיסים (TSS) ומוצקות הפרי (טבלה 4), ועל ידי הפחתת תשומות המים והדשן (טבלה 3) שאת משמעותה הכלכלית והסביבתית יש עדיין לכמת. ההבדלים במשקל החומר היבש הכללי (עלים



איור 2. דיות + התאדות בטפולים השונים כתלות בזמן.



איור 1. מוליכות חשמלית (EC) במי טפטפת בטפולים השונים כתלות בזמן.

+גבעולים + שורשים + פירות) בין הטפולים היו בלתי מובהקים, וממוצע הטפולים בסיום הניסוי עמד על 1.03 ק"ג/מ². משקל השורשים בסיום הניסוי עלה באופן מובהק ($P < 0.05$) עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסות ועמד על 6.7, 7.4 ו-8.7 ג' חמר יבש/מ² חממה, בהתאמה. לא היה הבדל בייצור החומר היבש בין צמחים שגדלו בפרלייט ובצמר סלעים (באחרון לא נבדקו שורשים). המנה ET מצטברת (איור 2) למשקל חומר יבש (ממוצע כל הטפולים) הייתה 300 ל"ק"ג. העלאת ערך הסף לא השפיעה באופן מובהק על ריכוז יסודות המזון והמלחים בעלים ובגבעולים בשלבי הגידול השונים.

טבלה 4. יבול מצטבר של פרות גדולים (L) + בינוניים (M), כלל מוצקים מסיסים (TSS), מוצקות הפרי ותשומות מים וחנקן בטפולים השונים בניסוי המלון.

טפול	תשומות	יבול פרות L + M		איכות ^ה
	מים (מ"מ) חנקן (ק"ג/ד')	משקל (טון/ד')	מספר (לד')	TSS (%) מוצקות
פר2	847	7.60 א	6200 א	9.1 א 46.5 אב
פר3	387	6.74 אב	5560 אב	9.6 אב 45.6 אב
פר5	303	6.06 אב	5000 ב	10.8 ב 49.7 ב
צס5	354	5.42 ב	4950 ב	9.2 א 41.5 א
ממוצע		6.46	5430	9.6 ** 45.6

^ההאבסטרנספירציה מתוארת באיור 3. ^בקליטת החנקן הייתה 29 ק"ג/ד' בטפלים פר2 ו-פר3 ו-26 ק"ג/ד' בטפלים פר5 ו-צס5. ^דאחסון 14 יום ב-5 מ"צ + 4 ימים ב-20 מ"צ. נבדק במעבדת ד"ר א. פליק. המוצקות גדולה ככל שהערך המספרי גבה יותר.

יוצאי דופן בתגובתם היו נתרן וכלור שריכוזיהם בעלים ובגבעולים בסיום הקטיפה (102 ימים משתילה) עלו עם עליית ערך הסף, חנקן וזרחן שריכוזיהם בגבעולים ירדו, ומגנזיום שריכוזו בעלים ירד עם עליית המליחות (טבלה 5). ריכוזי יסודות המזון והמלחים בציפת הפרי לא הושפעו על ידי ערך הסף, אך נמצאה עליה מובהקת בריכוז הנתרן וירידה בריכוז הסיידן והמגנזיום בקליפת הפרי (טבלה 5). הסתמנה מגמה לפיה ריכוז הנתרן בצמח בטפול הצמר סלעים היה גבוה יותר מאשר בפרלייט (טבלה 5). ערכי הסף להחלפת תמיסות לא השפיעו באופן מובהק על ריכוזי היסודות בשורשים. הריכוזים הממוצעים היו: $22-N$, $5.2-P$, $15.1-K$, $28.1-Na$, $13.5-Cl$ ג/ק"ג שורש יבש. בולט הריכוז הגבוה של הנתרן והריכוז הנמוך של האשלגן יחסית לריכוזיהם בעלים באותו זמן.

טבלה 5. ריכוזי יסודות מזון ומלחים בעלים, גבעולים ופירות של צמחי מלון (זן 5093). מוצגות אך ורק תוצאות שהושפעו באופן מובהק ($P > 0.05$) על ידי הטיפולם בדיגום האחרון (102 ימים משתילה).

קליפת פרי			גבעולים				עלים			טפול
Mn	Ca	Na	Cl	Na	P	N	Mn	Cl	Na	
מ"ג/ק"ג	ג/ק"ג	ג/ק"ג	ג/ק"ג				מ"ג/ק"ג	ג/ק"ג	ג/ק"ג	
71	8.1	4.8	28.4	11.0	7.2	20	494	11.2	6.2	פר2
60	6.8	5.5	31.0	12.1	7.6	19	380	14.2	7.4	פר3
54	5.8	6.0	38.2	14.9	6.6	18	406	18.6	8.6	פר5
35	5.7	6.5	38.8	16.1	6.5	19	268	18.4	9.4	צס5
55	6.6	5.7	34.1	13.5	7.0	18.8	387	15.6	7.9	ממצע
15.6	1.0	1.1	5.5	1.8	0.8	1.0	54	4.7	2.5	LSD _{0.05}
0.003	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.03	0.001	0.01	0.05	PR>F

* הטפולים לא השפיעו באופן מובהק על הריכוזים בציפה. הערכים הממוצעים של P K N בציפה 102 יום משתילה היו 23, 6 ו- 57 ג/ק"ג, של Na, Cl, Ca, Mg 2.4, 0.7, 9.0 ו- 7.7 ג/ק"ג, ושל Fe, Mn, Zn 4, 51, ו- 53 מ"ג/ק"ג, בהתאמה.

הקליטה המצטברת של החנקן ירדה באופן מובהק עם עליית ערך הסף (29.2, 28.9, 26.2 ג' N/מ², בהתאמה) וכמוה קליטת הזרחן (8.4, 8.1 ו- 7.0 ג' P/מ², בהתאמה). ההשפעה על קליטת האשלגן הייתה בלתי מובהקת (ממוצע של 52 ג' K/מ² חממה). קליטת הזרחן והאשלגן מצמר סלעים הייתה גבוהה יותר באופן מובהק מאשר מפרלייט, אך ההבדלים היו זניחים. הקליטה המצטברת של הנתרן והכלור עלתה עם עליית ערך הסף ועמדה על 6.8, 7.6 ו- 8.5 ג' Na/מ² ו- 11.4, 13.8 ו- 15.4 ג' Cl/מ² בהתאמה. הקליטה בפרלייט ובצמר סלעים היה זהה, ולמעלה ממחציתה התרחשה בין 77 ל- 102 יום משתילה.

הפרשות שורש, מוצרי פרוק של מצעי הגידול, ריכוז חמצן ופוטוגנים בתמיסה

ריכוז כלל הפחמן בתמיסה (COD) עלה עם הגדלת ערך הסף להחלפת תמיסות (טבלה 6) משום שזמן השהייה של התמיסה במערכת עלה. הצטברות התרכובות הפחמניות לא השפיעה על ריכוז המיקרופלורה, או על ריכוז החמצן במים שהיה קרוב מאד למסיסותו המרבית בטמפרטורת התמיסה (טבלה 6). במקרים בהם ריכוז האמון בתמיסה עלה, ואפילו לפרקי זמן קצרים, מעל 35-40 מ"ג N/ל" התקבלה הפרשה מואצת של פרוטונים על ידי השורשים. כאשר ה- pH יורד מתחת ל- 5.5 פעילות החיידקים מחמצני האמון יורדת (Alexander 1961) והדבר מאיץ את הירידה ב- pH. בתנאים אלה השתחרר אלומיניום משני מצעי הגידול, וב- pH 4.2 ריכוזו הגיע לערכים מסוכנים (טבלה 6).

שחרור הסיליקה לא הושפע על ידי ה-pH וריכוזו בצמר סלעים היה כפול מזה שבפרייט (טבלה 6). מגן לא השתחרר ממצעי הגידול, והתקבלה מגמה (בלתי מוסכרת) של ירידה בריכוז עם ירידה ב-pH. תוצאה דומה התקבלה גם באבץ (תוצאות לא מוצגות). ריכוז הסינן עלה עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסות. בערך סף של 5 דצ"ס/מ' ריכוזו בצמר סלעים היה כפול כמעט מריכוזו בפרייט (טבלה 6). בסיום הניסוי נדגמו מצעי הגידול לעומקים 0-6, 7-13 ו-14-20 ס"מ ומוצו במים. בכל היסודות נמצאה ירידה קלה בריכוז עם העומק. ה-EC בטפול פרס, למשל, ירד מ-1.5 ל-1.4 ול-1.3 דצ"ס/מ', וריכוזי הסינן ירדו מ-52 ל-46 ול-39 מ"ג/ל, בהתאמה. ניתן ליחס את ההתרכוזות בשכבה העליונה להתאדות מפני השטח. ריכוזי החיידקים והפטריות בתמיסות המסוחררות לא הושפעו על ידי הטיפולים (טבלה 7) ולא גרמו לתמותת צמחים בחממה. תוצאות של שתי בדיקות, שנערכו במרווח זמן של 35 ימים זו מזו, היו דומות מאד ומעידות על ריכוז יציב של המיקרופלורה בתמיסה. טבלה 6. כימיה של תמיסות נקו 67 ימים לאחר השתילה. ניסוי מלון.

טפול	pH	pH ^a	O ₂	O ₂ ^a	COD	Al	Si	Mn	NH ₄ -N ^b	Ca
								mg/L		
פר2	6.0	6.3	8.7	7.6	30	0.10	5.2	0.43	10	86
פר3	4.9	5.5	8.7	7.7	53	0.32	6.6	0.46	28	111
פר5	4.2	5.1	8.7	7.8	57	0.66	5.4	0.30	24	127
צס5	5.1	6.0	8.8	7.1	60	0.35	10.0	0.22	16	203
ממוצע	5.1	5.7	8.7	7.6	50	0.36	6.8	0.35	20	132
LSD ₀₅	0.37	0.28	0.33	0.54	5	0.26	0.65	0.03	1	8
PR>F	0.001	0.001	ב.מ.	0.08	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001

^a דגימה נוספת 101 יום משתילה. טמפרטורת התמיסה הייתה 25 מ"צ לעומת 22 מ"צ בדגימה ביום ה-67.
^b ריכוזי התנקן התנקתי + האמוניקלי היה 220-25 מ"ג/ל כאשר הריכוז המזרחי היה בטפול פר2.

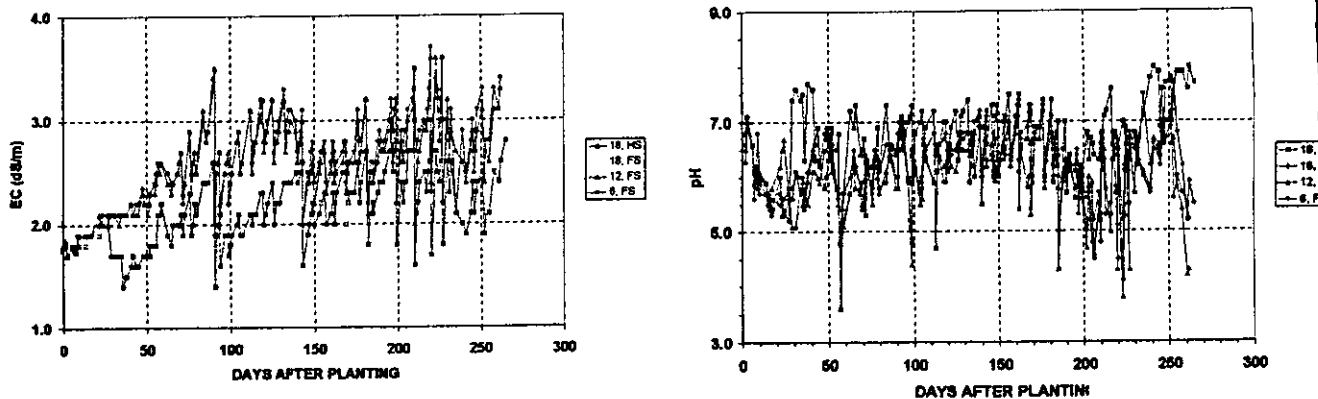
טבלה 7. חיידקים ופטריות מייצגים בתמיסות המסוחררות[#] 67 ו-101 יום משתילה (CFU/mL). ניסוי מלון.

טיפול	חיידקים כללי	חיידקים פלורסצנטיים	פטריות PDA	
	67 י'	101 י'	67 י'	101 י'
פר2	1.9E5	1.6E5	1.8E4	6.3E3
פר3	1.6E5	1.0E5	1.9E4	2.7E3
פר5	0.7E5	2.4E5	1.1E4	1.2E3
צס5	0.4E5	6.3E5	2.6E4	4.7E3
ממוצע*	1.15E5	2.81E5	1.8E4	3.7E3
			209	260
			66	1100
			310	524

[#] התמיסות נדגמו ביציאה מהחלקות בכל החזרות. לא היה הבדל בין תמיסות ההשקיה ותמיסות הנקו, לכן האחרונות אינן מוצגות.
^a ההבדלים בין הטפולים לא היו מובהקים ברמת הסתברות 0.05.

אפיון התמיסות המסוחררות

תדירות ההשקיה לא השפיעה באופן משמעותי על ה-EC (איור 3) ועל ריכוזי הכלור והנתרן בתמיסות. ה-pH היה מזערי במשטר 12 השקיות ליום, אך ההפרש היה זניח. הקטנת ריכוזי הדשן גרמה לעליה ב-pH (הקטנת



איור 3. מוליכות חשמלית ו-pH בתמיסות המסוחררות כתלות במספר ההשקיות ליום, עוצמת הדישון והזמן.

מנות הח' הזרחתית והחנקתית וכן מנת האמון שהוספו למים) (איור 3). השליטה בריכוז המנגן בתמיסה כתנאי pH משתנים הייתה קשה יותר מהשליטה בריכוזי האבץ והברזל בגלל קבוע היציבות הנמוך של MnEDTA בהשוואה ל-ZnEDTA ו-FeEDTA (Lindsay, 1979). יחס הריכוזים מנגן לאבץ בתמיסת המקור (שניהם בח"מ) היה 1:2. יחס זה נשמר בתמיסה המסוחררת כאשר ה-pH היה נמוך מ-5.4, אך הוא ירד עם עליית ה-pH וב-pH 7 הגיע ל-1:5 (טבלה 8). ה-COD הגיע לשיאו לאחר כ-4 חודשי גידול ונשמר קבוע עם הזמן לאחר מכן (טבלה 8). תדירות ההשקיה לא השפיעה על ה-COD, אולם הפחתת הדישון הביאה לירידה מובהקת בו. ריכוזי החמצן בתמיסה המסוחררת לא הושפע על ידי הטיפול והוא ירד רק עם עליית הטמפרטורות באביב (טבלה 8). ריכוזי החיידקים בתמיסות המסוחררות עלה עם הזמן, אולם ללא תלות ברורה בטיפולים. במקרה אחד (ספירה כללית 182 יום לאחר השתילה) הריכוז בטפול 18 השקיות ליום היה גבוה מאשר ב-12 או ב-6 השקיות ליום (טבלה 9). תוצאה זו נמצאת בהתאמה לעובדה שריכוזי האירוינייה בשורשים באמצע עונת הגידול, ובגבעול מעל צוואר השורש בתום הניסוי היו גבוהים יותר בתדירות של 18 השקיות ליום מאשר ב-12 או ב-6 השקיות ליום. השפעת ריכוזי הדשן במים על ריכוזי החיידקים הייתה כלתי ברורה (תוצאות מפורטות אינן מובאות). הריכוז הממוצע של החיידקים בתמיסות פרלייט היה נמוך מזה שנמצא בניסוי קודם בפלפל בתמיסות צמר סלעים וגבוה מזה שנמצא בתמיסות פומיס (Bar-Yosef et al, 2000).

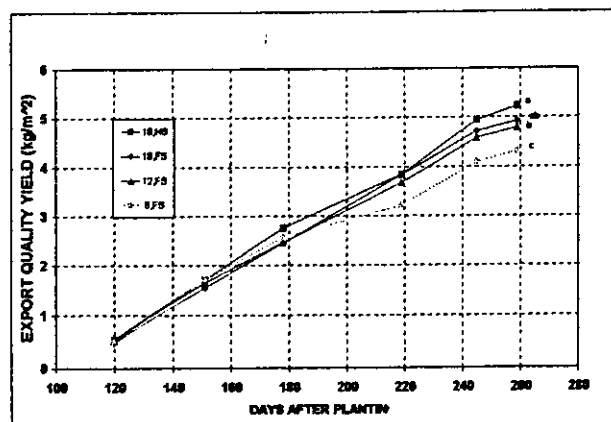
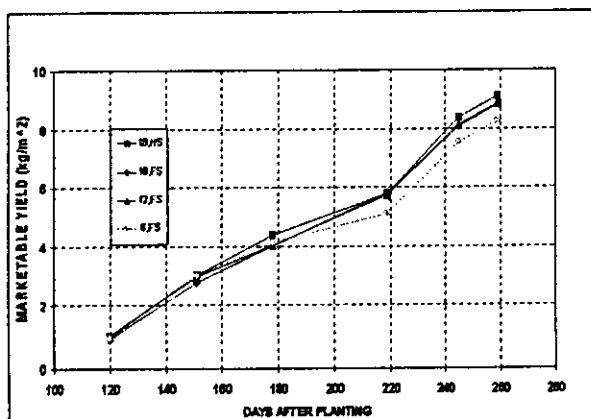
יבול ואיכות

היבול הראוי ליצוא (פרי גדול) והיבול הראוי לשווק (פרי גדול + בינוני) בטיפול 6 השקיות ליום החלו לפגור אחרי היבולים המקבילים בטיפולי 12 ו-18 השקיות ליום לאחר כחודשיים מתחילת הקטיף. אז גם החל להסתמן יתרון ביבול לדישון המופחת על פני הדישון המלא (איור 4). לא היה הבדל מובהק ביבול הכללי (פרי גדול + בינוני + קטן) בין הטיפולים, ובסיום הניסוי הוא עמד על 10.7 ± 0.3 טון/ד' (תוצאות מפורטות אינן מוצגות). השפעת

טבלה 8. ריכוז חמצן, מגן, אבץ ונתרן, pH וצריכה כימית של חמצן (COD) בתמיסות המסוחרות כתלות בטיפולים ובזמן. גיטוי פלפל.

pH	Fe Mg/L	Zn mg/L	Mn mg/L	COD mg O ₂ /L	O ₂ mg/L	טיפול		
176 ימים משחילה								
7.0	0.86 b ⁺⁺	0.11 c	0.02	20 c	9.3	50%	18	1
7.0	1.64 a	0.17 a	0.01	30 ab	9.2	100%	18	2
6.9	1.64 a	0.15 b	0.03	26 bc	9.2	100%	12	3
6.9	1.64 a	0.17 a	0.03	33 a	9.3	100%	6	4
218 ימים משחילה								
6.9 a	1.24 b	0.10 c	0.05 b	22 b	8.2 ab	50%	18	1
5.4 b	2.58 a	0.23 b	0.45 a	32 a	8.1 b	100%	18	2
5.0 c	2.50 a	0.24 ab	0.46 a	27 a	8.4 a	100%	12	3
5.4 b	2.56 a	0.26 a	0.42 a	30 a	8.3 ab	100%	6	4
182 ימים משחילה								
46 ימים משחילה								
קסנומונס cfu/ml	פסדומונס פלורסצנס 10 ⁴ cfu/ml	חיידקים כללי 10 ⁴ cfu/ml	קסנומונס cfu/ml	פסדומונס פלורסצנס 10 ⁴ cfu/ml	חיידקים כללי 10 ⁴ cfu/ml			
1008	2.21	11.4 ab	340	1.41	2.1	50%	18	1
1006	0.77	a 26.6	520	0.61	2.2	100%	18	2
208	1.26	b7.2	846	0.01	0.5	100%	12	3
448	0.46	b7.0	1220	0.41	1.0	100%	6	4

⁺⁺ נבדק על ידי ד"ר ג. קריצמן, מנהל המחקר החקלאי. אותיות שונות בסדר מסרים מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים.



איור 4. יבול ראוי לשווק (פרי בינוני + גדול) ויבול ראוי ליצוא (פרי גדול) כתלות במספר ההשקיות ליום (18, 12, 6), ריכוז הדשן (חלקי - HS, מלא - FS) והזמן. בשלושת המועדים האחרונים היבול בטיפול 6 השקיות ליום היה נמוך באופן מובהק ($P < 0.01$) מהטיפולים האחרים, שלא נבדלו זה מזה ברמת הסתברות של $P = 0.05$. בתאריך האחרון ההבדלים ביבול היצוא בין טיפולים 1, 3 ו-4 היו מובהקים ברמת $P = 0.05$.

הטיפולים על מספר הפרות, שיעור הנגיעות בשחור פיטם ואחוז הפרות הפחוסים הייתה בלתי מובהקת. אחוז הפרות הפסולים לשווק היה מרבי בטיפול 6 השקיות ליום (טבלה 10).

תצורות מים וייצור חומר יבש

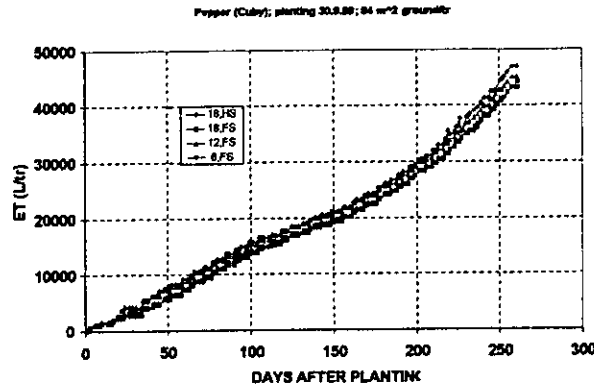
ה-ET ירדה בכ- 5% במעבר מתדירות של 12 ל- 6 השקיות ליום. הגדלת התדירות מ- 12 ל- 18 השקיות ליום לא שנתה את ה-ET. הורדת ריכוז הדשן העלתה את ה-ET (איור 5), כמו גם את ייצור החומר היבש (טבלה 10), אולם רק מראשית אפריל, עם עליית הטמפרטורות. קצבי ה-ET הממוצעים ב- 50 ימי הגידול האחרונים נעו בין 3.6 ו- 3.1 מ"מ ליום (1.43 ו- 1.26 ל" לצמח ליום, טיפולים 1 ו- 4 בהתאמה, איור 5). השמירה על EC התמיסות המסוחררות מתחת לערך הסף שנקבע (3.4 דצ"ס/מ') חייבה הקזת 11.6, 12.1, 11.8 ו- 12.1 מ"ק תמיסה לטיפול בטיפולים 1, 2, 3 ו- 4, בהתאמה. שיעור הקזה זה היה שווה לכ- 25% מה-ET. מקדם ניצול המים הממוצע עם הזמן [ET (ל') / משקל חומר יבש (ק"ג)] בטיפולים 1 עד 4 היה 395, 324, 336 ו- 318 ל"ק/ג, בהתאמה. בניכוי התאדות של 1.6 ל" מ² מצע יום⁻¹ (ללא נוכחות צמחים, Bar-Yosef et al., 2000) המקדם נטו היה 236, 275, 249 ו- 231, בהתאמה.

טבלה 10. מספר פירות ראויים לשוק, שיעור הנגיעות בשחור פיטם, אחוז הפירות שאינם ראויים לשווק, אחוז הפירות הפחוסים וכלל ייצור החומר היבש בטיפולים שנבחנו.

טיפול	פירות					חומר יבש
השקיות דישון ליום	אראוי לשווק ^a (מס' למ"ר)	שחור פיטם ^b (%)	בלתי ראוי ^b לשווק (%)	פחוסים ^b (%)	כללי ^c (ק"ג/מ ²)	
18 50%	61.8	11.8	b17.5	15.4	1.44	1
18 100%	60.5	12.0	ab19.1	15.6	1.37	2
12 100%	60.3	11.7	b17.8	15.5	1.35	3
6 100%	58.0	12.5	a20.0	15.3	1.38	4
	60.1	12.0	18.6	15.4	1.385	ממוצע
	0.32	0.95	0.016	0.35	-	PR>F
	ב.מ.	ב.מ.	1.62	ב.מ.	ב.מ.	LSD _{0.05}

^a צוא (פרי גדול) + שוק מקומי (פרי בינוני) מבוטא למ"ר חממה. משקל פרי בודד לא הושפע על ידי הטיפולים. המשקל הממוצע של פרי גדול (ממוצע כל הקטיפים) היה 184±3 ג' פרי. בקטיף פבר' המשקל בטיפול 4 (187 ג' פרי) היה נמוך באופן מובהק משאר הטיפולים (ממוצע 207 ג' פרי). ^b מספר פירות בקבוצה חלקי מספר הפירות הכללי (כל תקופת הניסוי). פירות בלתי ראויים לשווק כוללים שחור פיטם, רקובים ומעוותים. ^c כולל את משקל החומר היבש בפירות שנקטפו. משקל החומר היבש בפירות לא הושפע באופן מובהק על ידי הטיפולים (521.9±29 ג' מ"ר חממה).

מקדם ניצול המים בטיפול 1 היה מרבי למרות שבטיפול זה ייצור החומר היבש היה מקסימלי (טבלה 10). קליטת המים הגבוהה נבעה כנראה מהלחץ האוסמוטי הנמוך יותר שהיה בפני השורש בטיפול זה בהשוואה ל האחרים.



איור 5. אבפוטרגנספירציה של צמחי פלפל (ET, ל"/טיפול) כתלות בזמן, תדירות ההשקיה וריכוז הדשן במים (HS = מחצית הריכוז; FS = מלוא הריכוז). מספר הצמחים היה 210 לטיפול ו-2500 לדונם חממה.

ריכוז יסודות מזון ומלח באברי הצמח

טיפול תדירות ההשקיה והדישון המופחת לא השפיעו באופן מובהק, או השפיעו באופן מובהק אך בלתי משמעותי על ריכוזי N, K, Na ו-Fe בעלים לאורך תקופת הגידול (נתונים מפורטים אצל בר-יוסף וחובי, 2000b). תוצאה דומה התקבלה בגבעולים ובפירות בשלים (ראה שם). ריכוז הכלור עלה באופן מובהק וריכוזי הזרחן, המגן והאבץ בעלים ירדו באופן מובהק עם הורדת ריכוז הדשן במים. השפעת הטיפולים על ריכוזי היסודות בעלים דיאגנוסטיים ובעלים ממוצעים הייתה דומה, אלא שחוץ מזרחן הערכים בעלים דיאגנוסטיים היו תמיד נמוכים יותר (איור 6).

חסה ראש

אפיון התמיסות המסוחררות

ההבדלים ב-EC בין הטיפולים השונים החלו כ-7-14 יום משתילה (איורים 7, 8). לחלק מהטיפולים הוסף מלח בישול על מנת להאיץ את קצב ההמלחה (טבלה 3). הן בניסוי הסתווי והן בניסוי האביבי בלט הריכוז הנמוך של המגן יחסית לריכוז המטרה. הירידה המהירה בריכוז נבעה כנראה משקיעת MnO_2 (Lindsay, 1979). ריכוז החמצן בתמיסות המסוחררות לא הושפע באופן מובהק על ידי הטיפולים בעוד שריכוז כלל הפחמן במים (COD) ירד עם ירידת ערך הסף בגלל החלפה מהירה של התמיסות. ריכוזי החמצן וה-COD בסתווי גבוהים ונמוכים, בהתאמה, מהריכוזים באביבי, כנראה בגלל השפעת הטמפרטורה על מסיסות חמצן והתפתחות מיקרופלורה (נתונים מפורטים אצל לבקוביץ וחובי, 2002).

יבול

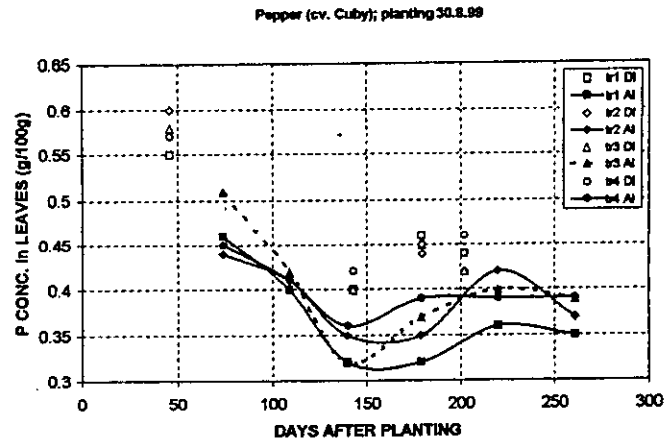
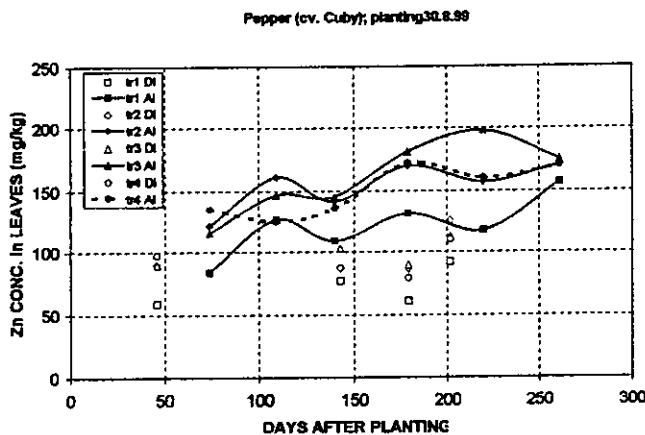
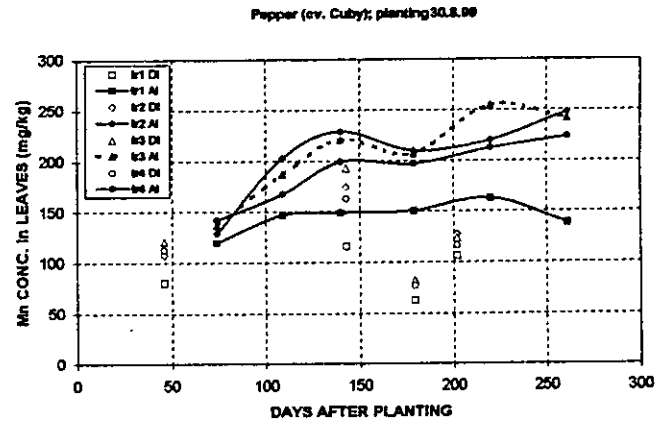
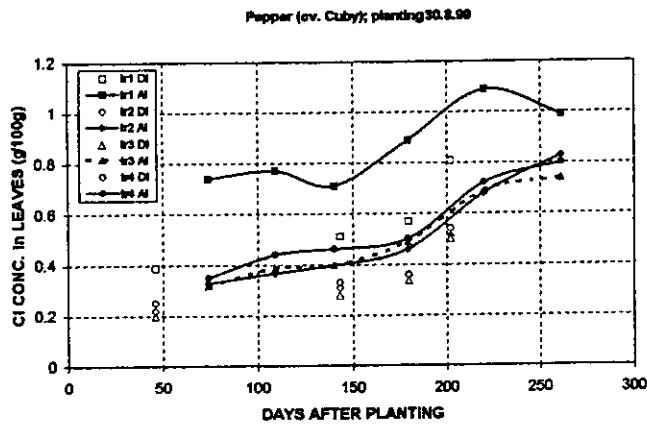
בניסוי הסתווי עליה ב-EC לא גרמה לירידה במשקל הטרי של הצמחים השלמים או המקובעים (טבלות 11, 12). בניסוי האביבי נמצא קשר מובהק בין יבול הקולסים (Y, ג' חומר טרי/צמח) והמוליכות החשמלית (EC, דצ"ס/מ') בשבוע האחרון לגידול. הקשרים (בתחום 2.5 - 5.3 דצ"ס/מ') היו:

[1] עבור קולסים בלתי מקובעים:

$$Y = -57.24 EC + 750.44 \quad (R^2 = 0.89)$$

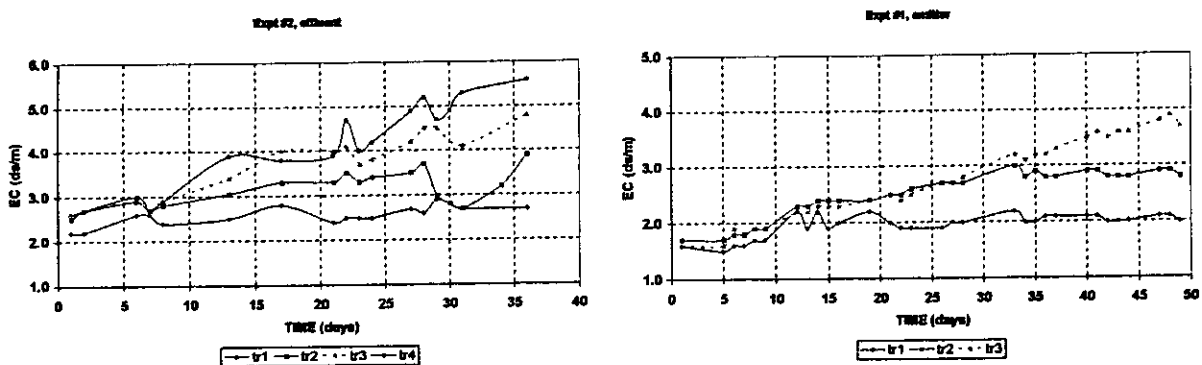
[2] עבור קולסים מקובלים:

$$Y = -28.73 EC + 493.89 \quad (R^2 = 0.94)$$



איור 6. ריכוזי כלור, מגנז, אבץ וזרחן בעלה ממוצע (AI) ודיאגנוסטי (DI) כתלות בטיפול ובזמן. ה- LSD הממוצע עם הזמן ביסודות הנ"ל היה 0.12%, 25 ו- 32 ח"מ ו- 0.34%, בהתאמה.

הירידה הממוצעת ביבול (% מהמשקל המרבי) הייתה 9.1% ל- 1 דצ"ס/מ' בקולסים בלתי מקובלים ו- 6.7% בקולסים מקובלים. ערך הסף (2.5 דצ"ס/מ') דומה לזה של (Maas and Hoffman (1977) (בתיקון למצב קיבול שדה) ושפוע קו התגובה דומה לזה של (Feigin et al (1991. המתאם הקווי בין המשקל היבש בסיום הניסוי האביבי (Yd) וה- EC במשך השבוע האחרון לגידול היה:



איור 7. המוליכות החשמלית (EC) בתמיסות המסוחררות כתלות בזמן ובטיפול. חסה ראש סתוית (ניסוי I) ואביבית (ניסוי II). ההבדל בין ה-EC במי הטפטפת והנקז היה קטן מ-0.3 דצ"ס/מ'.

$$Y_d = -0.692 EC + 22.22 \quad (R^2=0.93) \quad [3]$$

הירידה הממוצעת במשקל הייתה 3.4% ל-1 דצ"ס/מ'. ירידה זאת הייתה קטנה משעור הירידה במשקל החומר הטרי היות וריכוז החומר היבש בעלים עלה עם עליית ה-EC (לבקוביץ וחוב, 2002). ניתן להסיק שהשפעת המליחות התבטאה לא רק בהפחתת הפוטוסינתזה נטו אלא גם בהקטנת תכולת המים בעלים. ריכוז החומר היבש בעלים החיצוניים היה גבוה מזה שבעלים הפנימיים, כנראה בגלל ההבדלים בחשיפה לקרינה וטרנסלוקציה איטית מהעלים החיצוניים לפנימיים.

טבלה 11. משקל טרי כללי (ללא קינב) של צמחי חסה (ג'צמח) בשלושה מועדים במהלך הגידול. השתילה בניסוי הסתוי והאביבי הייתה ב-31.10.00 וב-23.4.01, בהתאמה.

טיפול	ניסוי סתוי			ניסוי אביבי		
	15	27	51 (אסיף)	22	31	37 (אסיף)
1	29.8	173	598	288 א	530 א	631 א
2	31.2	180	661	271 אב	530 א	540 ב
3	29.7	175	562	238 ב	430 ב	489 ב
4	28.4	180	647	239 ב	450 ב	466 ב
ממוצע	29.8	177	617	259	485	532
PR>F	0.29	0.83	0.67	0.03	0.01	0.007
Lsd	ns	ns	ns	37	62	88

בדיקות איכות הראו שהטיפולים בניסוי הסתוי לא השפיעו באופן משמעותי על מוצקות הקולס (ציון ממוצע של 2.2 בסולם 1-3 כאשר 3 הוא מוצק), הוורדה (ממוצע 2.35 בסולם 1-5 כאשר 1 מציין קולס מעולה), ושעור הריקבון הקשה (65% פגיעה). העלאת ערך הסף הגדילה את אחוז הוורדה הקשה (45, 53 ו-60% נגיעות

טבלה 12. משקל טרי של צמחי חסה מקובנים (ג/צמח) בסיום הניסוי. השתילה בניסוי הסתווי והאביבי הייתה ב- 31.10.00 וב- 23.4.01, בעוד שהקטיפה היה 51 ו- 37 ימים לאחר מכן, בהתאמה.

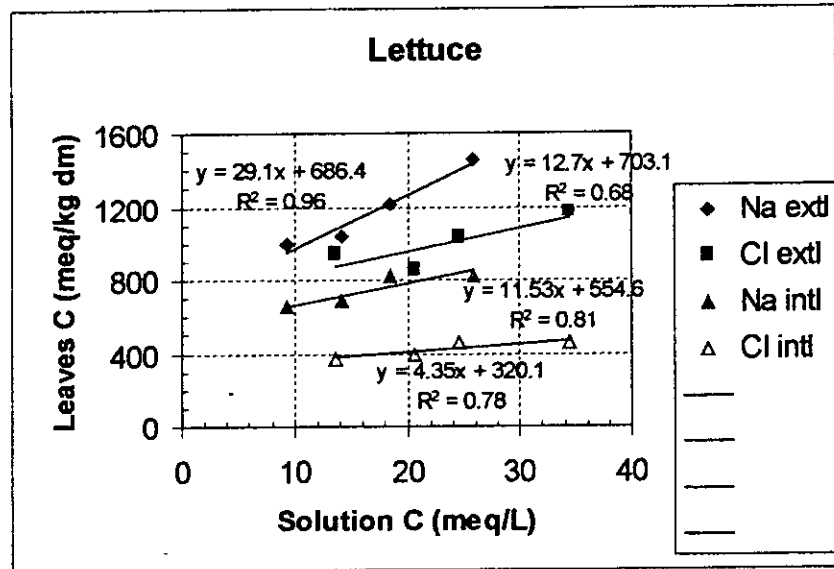
טיפול	ניסוי סתווי	ניסוי אביבי
1	431	429 א
2	474	395 א
3	383	363 אב
4	449	349 ב
ממוצע	434	384
PR>F	0.60	0.014
Lsd	ns	48

בטיפולים 1, 2 ו- 3 (בהתאמה) ואת מספר העלים המקובנים (3.9, 4.0 ו- 4.1, בהתאמה), אך הורידה את שיעור ההפרגה (5.6, 5.3 ו- 4.9 ס"מ, בהתאמה). לא נצפתה בעיית החמה בניסוי הסתווי. בניסוי האביבי בעיית ההחמה והריקבון הייתה חמורה עד כדי כך שלא היה טעם בבדיקת מדדי איכות אחרים. ההחמה הקשה נבעה ממספר ימי שרב שהתרחשו בשלושת השבועות הראשונים לגידול (Saure, 1998). אחוז הצמחים הרקובים בטיפולים 1, 2, 3 ו- 4 היה 25.1, 40.6, 53.6 ו- 41.9%, בהתאמה (ההבדל מובהק, $l_{sd} = 16.9$). רק 10% מהצמחים היו בריאים לחלוטין בניסוי האביבי (Van den Ende et al (1975) מצאו קשר פרבולי בין % הקולסים הנגועים בהחמה וה- EC של תמיסה רוויה בקרקע חמרה-חול. נקודת השיא (60%-70% קולסים נגועים) הייתה ב- EC 7-8 דצ"ס/מ'. לא היה למחברים הסבר מדוע שיעור הרקבנות ירד מעבר למקסימום.

קליטה

ריכוזי החנקן והזרחן בעלים לא הושפעו באופן מובהק ($P=0.05$) על ידי הטיפולים ולכן אינם מוצגים (פרטים ראה אצל לבקוביץ וחוב', 2002). נמצא הבדל בין היסודות מבחינת חלוקתם בתוך הצמח: ריכוזי החנקן המחזור והזרחן היו נמוכים באופן ניכר בעלים החיצוניים מאשר בעלים הפנימיים, בעוד שריכוזי החנקן והאשלגן הגידים בצמח היו גבוהים יותר בעלים החיצוניים (לבקוביץ וחוב', 2002). הסתמנה מגמה מובהקת לפיה עלייה ב- EC הורידה את ריכוז האשלגן בעלים החיצוניים מ- 11.7 בערך הסף הנמוך ל- 10.2% בערך הסף הגבוה (גיל 42 יום). בסיום הניסוי נמצא קשר קווי מובהק בין ריכוזי הנתרן והכלור בתמיסה המסוחררת וריכוזיהם בעלים (איור 8). שני היונים הצטברו בעיקר בעלים החיצוניים, לכן שפוע הקוים בעלים אלה כפול מזה שבעלים הפנימיים. עליית המליחות הורידה את ריכוז הסידן והמגנזיום בעלים למרות שריכוזיהם בתמיסה עלו עם עליית ה- EC (לבקוביץ וחוב', 2002). העלאת סף ה- EC גרמה להגדלת היחס ריכוז נתרן לריכוז סידן (או מגנזיום) בתמיסה, ולכן גם לעליה קווית ביחס הריכוזים של יונים אלה בחומר היבש בעלים. הקשרים שהתקבלו בעלים החיצוניים והפנימיים היו דומים (פרטים אצל לבקוביץ וחוב', 2002). לא נמצא מתאם מובהק בין היחס ריכוז כלור/ריכוז חנקן בתמיסה ואותו יחס בחומר היבש בעלים. ניתן להסיק מכך שהשפעת הכלור על קליטת חנקן בתחום ריכוזי הכלור שנבדק הייתה זניחה. הטיפולים לא השפיעו באופן משמעותי על ריכוז יסודות הקורט בעלים (לבקוביץ וחוב', 2002), או על התפלגותם בין העלים החיצוניים והפנימיים. ריכוזי יסודות המזון בצמח בסתו ובאביב היו דומים. הטיפולים

השפיעו באופן מובהק על הקליטה המצטברת של נתרן וכלור על ידי הצמחים, אך לא על הקליטה המצטברת וקצבי הקליטה של חנקן כללי, זרחן, אשלגן וסידן (לבקוביץ וחוב', 2002). התוצאות אינן מאפשרות לקבוע אם אחוז הקולסים הגנועים בהחמה הושפע מריכוז הנתרן (Sonneveld, 1988) או מהיחס ריכוז נתרן/ריכוז סידן בעלים (Saure, 1998).



איור 8. ריכוז Na ו-Cl בעלים פנימיים (intl) וחיצוניים (extl) בחסה ראש כתלות בריכוזיהם בתמיסת הגקו (30.5, 35 ימים משתילה; ניסוי אביב).

תצורות מים, יעילות ייצור חומר יבש וריכוז יסודות בזרם הטרנספירציה

ערכי ה-ET בשבועיים האחרונים לגידול בסתו ובאביב היו 0.7 ו-1.5 מ"מ/יום, בהתאמה. הערכים בשבועיים הראשונים לגידול היו 0.4 - 0.7 מ"מ/יום, כאשר חלק ניכר מאיבוד המים נבע מאידוי (לבקוביץ וחוב', 2002). השפעת הטיפולים על ה-ET הייתה בלתי משמעותית לכן מוצגים הממוצעים בלבד. מקדם ניצול המים בתקופת הגידול המהיר בסתו ובאביב היה 442 ו-632 ל"ק/ג, בהתאמה, בדומה לתוצאות בר-יוסף וחוב' (1993) בחסה ראש. היחס שבין קצב ייצור החומר היבש בשלב הגידול המהיר בסתו ובאביב (0.33 מול 0.49 ג' לצמח ליום, בהתאמה) היה קטן מהיחס שבין קצב ה-ET בשתי העונות (0.146 לעומת 0.310 ל' לצמח ליום). הדבר מוכיח שהגדלת מקדם ניצול המים באביב בהשוואה לסתו נגרמה בעיקר על ידי הגדלת ה-ET. הטיפולים לא השפיעו באופן משמעותי על ריכוזי N, P, K בזרם הטרנספירציה (קליטה חלקי ET) בשלב הגידול המהיר. הריכוזים בניסוי האביב (דגימת 20/5/01) היו 113, 23 ו-190 מ"ג/ל', בהתאמה. אלה דמו לריכוזי התמיסה המסוחררת בתאריך 13.5, אך היו נמוכים מריכוזי התמיסה בסיום הניסוי (30/5/01). בניסוי הסתוי הריכוזים הממוצעים בזרם הטרנספירציה היו 91, 21 ו-130 מ"ג/ל' והם נבעו מקצבי קליטה ממוצעים של 13 מ"ג N, 2.5 מ"ג P ו-19 מ"ג K לצמח ליום וה-ET שלמעלה. הירידה בקצב הקליטה בסתו בהשוואה לאביב נבעה

מהבדלים בטמפרטורה ובדיות בשתי העונות. על מנת לשמור על EC של 2 עד 2.5 דצ"ס/מ' בתמיסה המסוחררת היה צורך להדיח נפח מים שהיה גדול פי 1.6 עד פי 2 מה- ET המצטברת (תלוי בניסוי), בעוד שבטיפולים בהם ערך הסף היה 4 ומעלה נפח ההדחה נע בין 0 ל- 13%. אלמלא הוסף מלח להאצת תהליך ההמלחה לא היה צורך להקין תמיסה אפילו בטיפול בו ערך הסף היה 3 דצ"ס/מ'.

מיקרופלורה

השפעת הטיפולים על ריכוז מיקרופלורה מייצגים בתמיסות המסוחררות היה בתחום הטעות הניסיונית של שיטות הבדיקה. ריכוז כלל החיידקים בסיום ניסוי הסתמו היה נמוך מהריכוז בסיום ניסוי האביב. השימוש החוזר במצע הצמר-סלעים, הבדלי הטמפרטורות והריכוז הנמוך יותר של כלל הפחמן בתמיסה בגידול הסתוי יכולים להסביר תוצאה זאת. (פרטים על נתוני המיקרופלורה אצל לבקוביץ וחובל, 2002). פיתיוס נמצא רק בסיום הניסוי האביבי, ובמי הנקז בלבד. ריכוז כלל הפטריות לא השתנה עם הזמן ולא היה הבדל בין ריכוזן במי הנקז ובמי הטפטפת. נוכחות החיידקים והפטריות לא התבטאה בצמחים חולים. (לפי התרשמות חזותית).

דיון מסכם

היבול במלון הראוי ליצוא ירד ב- 10% כאשר ה- EC הממוצע עם הזמן (החל מהיום ה- 50) עלה מ- 2.1 ל- 3.3 דצ"ס/מ' וב- 20% כאשר ה- EC עלה מ- 2.1 ל- 4.6 דצ"ס/מ'. איכות הפרות עלתה במידת מה עם הירידה ביבול. היבול שהתקבל בערך הסף הנמוך (2.1 דצ"ס/מ') היה דומה לזה שהושג בון C8 בתנאי גידול מיטביים בצמר סלעים במערכת הדשיה פתוחה (Bar-Yosef, 1996). הירידה היחסית ביבול הפרות עקב ההמלחה הייתה גדולה מהירידה היחסית במשקל החומר היבש הכללי. הירידה ביבול נגרמה על ידי הקטנת מספר הפרות, וההבדל הקטן במשקל החומר היבש נבע מהקצאה מועדפת של מוטמעים לגבעולים ולשורשים בתנאי EC גבוה. משקל פרי בודד לא הושפע, ואחוז החומר היבש בו עלה מ- 63 ל- 69 ג'ק"ג עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסות. יבול הפרות ואיכותם בצמר סלעים היו גבוהים בהשוואה לפרלייט. המליחות הנורידה באופן משמעותי את ריכוזי הסידן והמגנז בקליפת הפרי. למרות שהירידה לא השפיעה על הופעת רקבונות, תפטירים וכתמים בפרי לאחר אחסון היא מצביעה על מגמה מסוכנת. הירידה בריכוז הסידן ארעה למרות שריכוזו במצע עלה עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסות, וריכוזו ברקמות אחרות בצמח לא ירד. התופעה קשורה כנראה להקטנת שטף זרימת המים לפרות כתוצאה מעליית המליחות, וההשפעה המיוחדת שיש לכך על יסודות שתנועתם בפלואם מוגבלת. השערה זאת נתמכת על ידי העובדה שתכולת המים בפרי ירדה עם עליית המליחות. סחרור התמיסות וטיפול ערך הסף לא גרמו למגבלה בריכוז החמצן במים או לעליה באוכלוסיית המיקרופלורה בתמיסה. השוואה בין נתוני התמיסות בפרלייט ובצמר הסלעים מלמדת שריכוזי הסיליקה בצמר סלעים היה גבוה יותר, וריכוז המגנז נמוך יותר מאשר בפרלייט. משמעות ההבדלים מבחינת התפתחות הצמח והיבול אינה ברורה לפי שעה.

השפעת הטיפולים בניסוי הפלפל על ייצור חומר יבש ומשקל סך הפרות הייתה מתונה יחסית, בעוד שההשפעה על היבול הכלכלי הייתה מאד משמעותית. תדירות השקיה של 6 פעמים ביום, לעומת 12 או 18 השקיות ליום, הקטינה העברת מוטמעים לפרות גדולים והגדילה את מספר הפרות הפסולים לשווק. הורדת ריכוז הדשן בתדירות הגבוהה

הגדילה את משקל הפרות והקטינה את אחוז הפרות הבלתי ראויים לשווק. קרוב לודאי שהעלאת תדירות ההשקיה הורידה את ה-EC הממוצע עם הזמן בפני השורש, והפחתת הדישון תרמה אף היא לכך. ריכוזי היסודות שנמדדו בעלים במועדים השונים נבחנו ב- stepwise regression מול היבול הראוי ליצוא, היבול הראוי לשווק והיבול הכללי. היסוד שנמצא במתאם הגבוה ביותר עם שלושת קבוצות היבול היה P ביום ה-179 משתילה (בר-יוסף וחוב', 2000b). בתחום הריכוזים שנמצא באותו תאריך (0.32% – 0.39%) יכול הפרות ירד עם עליית ריכוז הזרחן בעלים. תוצאה דומה התקבלה בניסוי קודם במיחזור מים בפלפל (Bar-Yosef et al, 2000), אלא ששם תחום ה-EC היה רחב יותר. ידוע שריכוז גבוה של זרחן משרה מחסורי אבץ בצמחים (Marschner, 1995); יתכן שמנגנון זה גרם לירידה שנמצאה ביבול האיכותי. תמיכה לכך ניתן למצוא בעובדה שברגרסיות הנ"ל הגורם השני בחשיבותו בקביעת היבול היה אבץ. ריכוז הנתרן בעלים הסביר רק כ-20% מהשונות הכללית ביבול הראוי לשווק בעוד שריכוזי מגן, ברזל, סידן, מגניזיום ואשלגן בעלים לא נמצאו במתאם מובהק עם היבול כלל. פונקציות התגובה של חסה ראש ומלון לערך הסף להדחת תמיסות (פרק תוצאות) מאפשרות להעריך את הירידה ביבול עם הגדלת ערך הסף ולהשוותה עם החסכון המושג במים ודשן ועם השיפור באיכות הסביבה הנגזרים מהמיחזור. לא כומתה עדיין הפגיעה באיכות הקולס עם העלייה בריכוזי הנתרן והכלור בתמיסה ובצמח. יש לחקור את השפעת המיחזור על ההחממה וההוורדה בחסה ולאשש את פונקציות התגובה שנמצאה בקנה מידה חצי מסחרי לפני גיבוש המלצות מימשק מיחזור בגידול זה.

ספרות

- בר-יוסף, ב., מ. רביב, ג. קריצמן, א. מתן, א. אבידן. 2000a. תגובת גידולים למחזור מים דשנים בחממות (מלון). דו"ח על פרויקט מדען 301-0250-99.
- בר-יוסף, ב., מ. רביב, ג. קריצמן, א. מתן, א. אבידן. 2000b. תגובת גידולים למחזור מים דשנים בחממות (פלפל). דו"ח על פרויקט מדען 301-0250-00.
- לבקוביץ, אירית, ב. בר-יוסף, ט. מרקוביץ. 2002. תגובת גידולים למחזור מים דשנים בחממות (חסה ראש). דו"ח על פרויקט מדען 301-0250-01.
- Alexander, M. 1961. Introduction to soil microbiology. John Wiley, New York.
- Bar-Yosef, B., P. Imas, M. Keinan, I. Levkovitch and B. Sagiv. 1993. Response of lettuce plants grown on different substrates and under two salinity levels to monopotassium phosphate. Second Annual Report submitted to Rotem-Ampert –Negev Fertilizer Group of Israel Chemicals.
- Bar-Yosef, B. 1996. Greenhouse muskmelon response to irrigation rate and K concentration in water. PP. 35-50, In: Proc. 9th Inter. Cong. Soilless Culture. St Helier, Jersey, April 1996, Inter. Soc. Soilless Culture.
- Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2000. Pepper response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hortic. 548:357-364.
- Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2001. Gypsophila response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hortic. 554:193-203.
- Feigin, A., A. E. Pressman, P. Imas and O. Miltau. 1991. Combined effects of KNO₃ and salinity on yield and chemical composition of lettuce and chinese cabbage. Irrig. Sci. 12:223-230.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. Wiley-Interscience, New York.
- Maas, E.V. and G.F. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance – current assessment. J. Irrig. and Drainage Div., Proc. Am. Soc. Civil Eng. 103:115-134.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed, Academic Press, New York.
- Saure, M.C. 1998. Causes of the tipburn disorder in leaves of vegetables. Scientia Hort. 76:131-147.
- Sonneveld, C. 1988. The salt tolerance of greenhouse crops. Netherlands J. Agric. Sci. 36:63-73.
- Van den Ende, J., P. Koornneef, C. Sonneveld. 1975. Osmotic pressure of the soil solution: determination and effects on some glasshouse crops. Neth. J. agric. Sci. 23:181-190.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה ללמוד את הקשר שבין היכול וערכי הסף (EC) להחלפת תמיסות מסוחררות בגידולי חממה חשבים שלא נחקרו עד כה במערכות מיתור. כצמחי מבחן נבחרו מלון וחסה ראש, השונים מאד מהגידולים שכבר נחקרו (פלפל וגפסנית). 2. לחקור תגובת גידולי חממה להגדלת תדירות ההשקיה והקטנת ריכוז הדשן במים בתמיסות ממוחזרות. כצמח מבחן נבחר פלפל שתגובתו לערכי הסף להחלפת תמיסות ולמדה בשלב א' של מחקר זה.

עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח נערכו ניסויים בתמיסות מסוחררות בחממה בבית דגן. נבחנו 4 ערכי סף להחלפת תמיסות במלון ובחסה ראש ו- 3 תדירויות השקיה בפלפל, כאשר בגבוהה ביותר נבחנו שני ריכוזי דשן במים. פונקציות התגובה של חסה ראש ומלון (וקודם לכן פלפל וגפסנית) לערך הסף להדחת תמיסות מאפשרות להעריך את הירידה ביכול עם הגבהת ערך הסף ולהשוותה עם החסכון המושג במים ודשן ועם הקטנת זיהום הסביבה. לא כומתה עדיין הפגיעה באיכות הקולס והפלפל עם העלייה בריכוזי הנתרן והכלור בתמיסה ובצמח.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו הגדלת ערך הסף הורידה את יכול הפרות במלון אך שפרה את איכות הפרות. הירידה ביכול נגרמה על ידי הקטנת מספר הפרות ללא פגיעה במשקל הפרי הבודד. בחסה ראש התקבלה ירידה ביכול כתוצאה מהגדלת ערך הסף אך בנוסף לכך התקבלה פגיעה קשה באיכות הקולס. יש לאשש את התוצאות בניסוי חצי מסחרי בחוות. השפעת תדירות ההשקיה על ייצור חומר יבש ומשקל סך הפרות בפלפל הייתה מתונה יחסית, בעוד שההשפעה על היכול הכלכלי הייתה מאד משמעותית. הגדלת התדירות והגדלת ריכוז הדשן בתדירות הגבוהה הגדילו את מספר הפרות הגדולים והקטינו את מספר הפרות הפסולים לשווק. יש לבחון את יחסי הגומלין תדירות-ריכוז במצעים שונים ובגידולים נוספים.

הבעיות שנותרו לפתרון והתייחסות המשך המחקר לגביהן המחקר עד כה לא כלל מערכות לטיפול/חיטוי התמיסות המסוחררות. התוצאות התפעול של מערכות אלו יחסי ישר לנפח התמיסה המסוחררת ויש להביא זאת בחשבון בהמלצות המימשק. ביופילטרים משפיעים על הכמיה של התמיסות וחיטוי ב-UV מפרק כלאטים; יש לכמת השפעות אלו ולהתחשב בהן בעת בחירת המערכת הרצויה לטיפול במים. בעיה אחרת שלא נחקרה היא יחסי הגומלין אקלים-תגובה לערכי סף. שני הנושאים ילמדו במסגרת מחקר נמשך במיתור מים בחממות שיתחיל השנה.

האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח

ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ס. מרקוביץ. 2000. תגובת מלון למחזור מים ודשן בחממה. גן שדה ומשק, גליון אפריל 65-69.
ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ס. מרקוביץ. 2000. תגובת פלפל למחזור מים ודשן בחממה. גן שדה ומשק גליון אוקטובר 45-51.
ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ס. מרקוביץ, י. מור. 2001. גפסנית: תגובת הצמח למחזור מים ודשן בחממה. פרחים/דפי מידע אוק-נוב. 47-52.

ב. בר-יוסף, אירית לבקוביץ, ס. מרקוביץ. 2001. תגובת פלפל לתדירות השקיה וריכוז דשן בתמיסות מסוחררות בחממה. גן שדה ומשק (נשלח לפרסום).

א. לבקוביץ, ב. בר-יוסף, ס. מרקוביץ. 2002. תגובת חסה ראש למחזור מים בחממה. דו"ח פנימי, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי (בהכנה לפרסום בספרות המקצועית). 25 עמדים.

Bar-Yosef, B. 1999. Modeling pepper response to leachate recycling in greenhouses. Proc. models - plant growth / control shoot-root environments in greenhouses. Bet Dagan, Israel Feb. 1999.
Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2000a. Pepper response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. 548:357-364.
Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2001. Gypsophila response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. 554:193-203.