

פתוח ממשק המשלב מחזור תמיסה בחממה, בקרת אקלים וטפול ביולוגי במים הממוחזרים.

חוקרים שותפים:

בניהו בר-יוסף, יחזקאל כהן - מדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.
גיא קריצמן - הגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי.
אלי מתן - מו"פ דרום.

תקציר:

הבעיה: יחסי הגומלין צמח-מליחות-נפח מצע-אקלים, וצמח-הרכב יוני של תמיסות מסוחררות-מחלות שורש לא נבדקו לפי שעה בחממות בעלות מערכות השקיה סגורות בארץ. מטרות המחקר היו לבחון יחסי גומלין אלה ולכמת השפעות של לחות יחסית, נפח מצע ואילוח תמיסות בפיתוס על יבול והתפתחות גידולי חממה במספר רמות מליחות וריכוזי חנקן במים. שיטות: יחסי הגומלין מיחזור-אילוח נבדקו בבית דגן במלפפון. יחסי הגומלין מיחזור-אקלים נבדקו בחוות הבשור בוורדים ופלפל. הטיפולים: במלפפון נבחנו 4 ערכי סף EC, 8 משטרי דיזון בחנקן ושלושה סוגי ביופילטרים עם ובלי אילוח. בוורדים ובפלפל נבחנו שניים או שלושה משטרי אקלים, כל אחד בשלושה ערכי סף EC או 3 נפח מצע. הבדיקות כללו ריכוזי חיידקים ופיתוס בתמיסה, יבול, איכות, תצרוכת מים והרכב כימי של צמחים ותמיסות. תוצאות: בניסויי המלפפון ריכוזי סך החיידקים בתמיסה המסוחררת בטיפול ביופילטר חול היה גדול בשני סדרי גודל מריכוזי החיידקים בטיפול ביופילטר פומיס ודומה לריכוזי החיידקים בטיפול ללא ביופילטר. שני סוגי הביופילטר הקטינו את ריכוזי הפיתוס בתמיסה המסוחררת. יבול המלפפון לא הושפע על ידי טפולי סף ה-EC בתחום 2.5-4.0 דצ"ס/מ'. צורת החנקן וריכוזו בתמיסה המסוחררת השפיעו על עמידות צמחי מלפפון לפיתוס ו/או פוזריום. הקטנת היחס אמון:חנקה בריכוז 100 ח"מ N והקטנת ריכוזי סך החנקן ביחס אמון:חנקה 70:30 הפחיתו באופן משמעותי את שיעור תמותת הצמחים ממחלות אלו. מנגנון הפעולה המשוער: עלית pH בתמיסה כתוצאה מירידה בריכוזי האמון פגעה באוכלוסיית הפטריות והפחיתה את שיעור הנגיעות במחלות. לביופילטר לא הייתה השפעה על התוצאות. בניסוי הורדים היה יתרון ביבול הפרחים לערך סף 4.0 בהשוואה לערך סף 2.7 דצ"ס/מ' בשלושת טיפולי הצינון (מזרן לח, אוורור גג והצללה). התקבלה ירידה באורך הפרחים הקטופים כאשר סף ה-EC הועלה ל-5.5 דצ"ס/מ'. טיפול ההצללה פגע באופן מובהק ביבול. טיפול מזרן לח הוריד את הדיות בהשוואה לטיפול הצינון האחרים ללא פגיעה ביבול. העלאת סף ה-EC הביאה לחסכון במים ודשן, הקטינה את הדחתם והשפיעה באופן מזערי על הדיות. גם בניסוי הפלפל טיפול במזרן לח הקטין דיות ללא פגיעה בייצור החומר היבש. הגדלת הלחות הקטינה קליטת נתרן וכלור והגדילה עקב כך את יבול הפירות; הקטנת הדיות הפחיתה תצרוכת מים ודשן, הקטינה את הדחתם לסביבה והורידה את נפח המים שנצרך לייצור 1 ק"ג חומר יבש בהשוואה לאוורור גג בלבד. טיפול ההתזה פגע באופן מובהק ביבול בהשוואה לשיטות הצינון האחרות. העלאת סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ' לא השפיעה על היבול הכללי ויבול פירות סוג A כאשר רוחב המצע היה 20 או 50 ס"מ. במצע ברוחב 10 ס"מ הגדלת סף ה-EC פגעה ביבול, במיוחד בטיפול אוורור גג.

העלאת סף ה-EC חסכה מים ודשן והפחיתה את הדחתם לסביבה. צמצום רוחב מצע הגידול מ-50 ל-20 ו-10 ס"מ היה מלווה בירידה מובהקת ביבול ובמשקל השורשים הבלתי מעוצים. כנראה שצמצום מערכת השורשים גרם לירידה ביבול. משקל השורשים לצמח לא הושפע על ידי ספי ה-EC ומשטרי הצינור שנבדקו. מסקנות: ניתן למתן עקות מלח בתמיסות מסוחררות על ידי העלאת הלחות היחסית בחממה בעזרת מזרן לח או על ידי הגדלת נפח מצע הגידול. ניתן להגדיל את סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ' במצע שרוחבו גדול מ-20 ס"מ ללא פגיעה ביבול ותוך חיסכון בתשומות מים ודשן והפחתת זיהום הסביבה. צינור חממה בהצללה (וורדים) ובהתזה (פלפל), ומצע פרלייט ברוחב 10 ס"מ הן אופציות גידול לא ריאליות במערכות השקיה סגורות. עמידות צמחי מלפפון לפיתיום/פוזריום נמצאת ביחס הפוך לריכוז האמון בתמיסה וביחס ישר ל-pH. המחקר התלת-שנתי הנוכחי וזה שלפניו סיפקו את בסיס הידע הנדרש לגידול צמחי חממה במערכות השקיה סגורות. בחירת טכנולוגית המיחזור שתיתן תמורה מרבית לחקלאי תלויה בניתוח כלכלי של העלויות וההכנסות באופציות הגידול השונות. ניתוח כזה לא נעשה לפי שעה. המלצות: 1. לעשות ניתוח כלכלי של התוצאות שהושגו עד כה. 2. להמשיך בניסויי אילוח בממשקי דישון, גידולים וגורמי מחלה נוספים. 3. להקים שני מישקי מודל לגידול צמחי חממה חשובים במערכות השקיה סגורות כדי ליישם את הידע שהושג ולהציגו בפני החקלאים.

רשימת פרסומים :

- Bar-Yosef, B.**, Levkovich, I., and Markovich, T (2003) Biological and chemical aspects of effluent recycling in greenhouses. The New Ag International Conference on Plant nutrition, Barcelona.
- Bar-Yosef, B.**, Fishman, Svetlana, and Klaering, H.P. (2004). A model based decision support system for closed irrigation loop greenhouses. Acta Hort. 654:107-121.
- Bar-Yosef, B.**, Levkovich, I., and Markovich, T. (2005). Lettuce response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. (in press)

כללי

המחקר האינטגרטיבי המדווח בזאת כולל שני פרקים: א. תגובה משולבת של גידולים למיחזור מים ומחלות שורש (בר-יוסף וקריצמן). ב. תגובת משולבת של גידולים למיחזור מים ואקלים בחממה (בר-יוסף, כהן ומתן). הניסויים בוצעו באופן בלתי תלוי ואינם קשורים ישירות אחד לשני ולכן הוחלט לדווח עליהם בשני פרקים נפרדים. סיכום הפרויקט התלת-שנתי ניתן בפרק שלישי..

פרק א' - מלפפון: שנה ג' (2004)

בניהו בר-יוסף, א. לבקוביץ, א. דנקין, ט. מרקוביץ המכון לקרקע, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן גיורא קריצמן, איריס דורנאי, מרים קמחי, ב. קירשנר הגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

תקציר

הבעיה: יחסי הגומלין צמח-צורת החנקן במים-מחלות שורש לא נבחן לפי שעה בחממות ובודאי שלא במערכות השקיה סגורות. מטרת המחקר היו לבחון יחסי גומלין אלה ולכמת השפעות של אילוח בפיתום, טיפול במים באמצעות מסנן ביולוגי והדשיה בצורות וריכוזי חנקן שונים על יכול מלפפון והתפתחות הצמח בתנאי מיחזור מים בחממה. שיטות: נבחנו 4 ריכוזי N ביחס אמון: חנקה 70:30 עם ביופילטר חול ו- 4 יחסי אמון: חנקה בריכוז 100 N ח"מ ללא ביופילטר. התמיסות אולחו בפיתום והייתה גם הדבקה ספונטנית בפוזריום. הבדיקות כללו ריכוזי חיידקים ופיתום בתמיסות, שיעורי תמותת צמחים, יבול, והרכב כימי של צמחים ותמיסות. תוצאות: צורת החנקן וריכוזו בתמיסה המסוחררת השפיעו על עמידות צמחי מלפפון לפיתום ו/או פוזריום. הקטנת היחס אמון: חנקה בריכוז 100 ח"מ N והקטנת ריכוז סך החנקן ביחס אמון: חנקה 70:30 הפחיתו באופן משמעותי את שיעור תמותת הצמחים. מנגנון הפעולה היה שהעלאת ה-pH בתמיסה הורידה את שיעור הנגיעות, וה-pH עלה עם ירידת ריכוז האמון בתמיסה. נוכחות ביופילטר לא השפיעה על התוצאות בהשוואה לטיפול חסר ביופילטר. מסקנות: יש להביא בחשבון את השפעת המימשק בחנקן על עמידות מלפפון לפיתום בתכנון משטר ההדשיה בגידול זה בחממות בעלות מערכת השקיה סגורה. המלצות: להעמיק את המחקר ביחסי הגומלין חנקן: עמידות לפיתום ולהעבירו לגידולי חממה נוספים.

מבוא

מיחזור מים בחממות מלווה בהצטברות הדרגתית של מלחים, הפרשות שורש (פרוטונים), דו-פחמה וחומצות אורגניות) ותוצרי פירוק של שורשים מתים בתמיסה המסוחררת. קיים חשש שהמיחזור גורם גם להצטברות פתוגנים בתמיסה ולפיזור מהיר שלהם בכל נפה מצע הגידול. תגובת מלפפון למיחזור תמיסות דוחה מעט מאד בספרות העולמית (Choi et al., 2001). במספר עבודות נמצא שביופילטרים יעילים בדיכוי מחלות שורש (Van Os and Postma, 2000; Kritzman et al, 2001;), אולם השפעת סוג המצע בביופילטר על דיכוי פתוגנים בכלל ופיתום בפרט, ועל הכימיה של התמיסות המסוחררות לא נחקרה עד כה. נושאים אלה נבדקו בשנת המחקר הראשונה (בר-יוסף

והוב' 2003) ונמצא שביופילטר חול לא היה שונה בהשפעתו על המיקרופלורה מביופילטר פומיס, וששני סוגי הביופילטר לא השפיעו באופן משמעותי על ריכוז החמצן והמזינים וכן על יחסי אמון:חנקה בתמיסות המסוחררות. ריכוז החנקן ויחסי אמון:חנקה בתמיסות מסוחררות משפיעים על הפרשת פרוטונים וחומצות קרבוקסיליות על ידי שורשים (Marschner, 1995), ואלה משפיעים על הפעילות המיקרובילית הכללית (Alexander, 1961) מחד גיסא ועל אוכלוסיית מחוללי מחלות השורש מאידך גיסא. השפעת היחס אמון:חנקה על הפתוגנים ועל התפתחות מלפפון בתנאי מיחזור נבדקה בשנה השנייה למחקר (בר-יוסף וחוב' 2004). נמצא שטיפול 68% חנקה נתן יכול פירות גבוה יותר מאשר טיפול 100% חנקה וששיעור הצמחים שמתו כתוצאה מאילוח מכוון בפיתום לא היה גבוה יותר. תוצאה זאת עמדה בסתירה להשערת המחקר, קרי, שב- 100% חנקה פעילות הפיתום תפחת בגלל ה- pH הגבוה יותר והפרשה מוגברת של חומצות אורגניות שאמורה לעודד מיקרובים תועלתיים ולהקטין זמינות C לפתוגנים. נפח מצע הגידול משפיע על מסת השורשים (בר-יוסף וחוב' 1999), ובעקבות כך, אנו משערים, גם על יכולת הצמח להתמודד עם גורמי מחלות שורש המכלים חלק ממערכת השורשים. נושא זה נבדק בשנת המחקר השנייה (בר-יוסף וחוב' 2004) ונמצא שבגידול אביבי, בתמיסה מסוחררת, הקטנת נפח המצע מ- 45 ל- 10 ל"צמח לא פגעה ביכול ולא הגדילה את שיעור תמותת הצמחים. מטרות העבודה הנוכחית היו לבחון את יחסי גומלין צמח-צורת החנקן בתמיסה-מחלות שורש ולכמת השפעות של אילוח בפיתום, טיפול במים באמצעות מסנן ביולוגי והדשיה בצורות וריכוזי חנקן שונים על יכול מלפפון והתפתחות הצמח בתנאי מיחזור מים בחממה. מלפפון ידוע כגידול רגיש לפיתום ושחיי הגידול שלו בארץ גדולים ולכן נבחר כצמח מבחן למרות שבהצעת המחקר צויין פלפל כצמח שיבחן.

חומרים ושיטות

שתילי מלפפון חישתיל מזן 36-AV נשתלו ב- 1.3.04 בחממת המחקר בבית-דגן. הטיפולים חולקו לשתי קבוצות: א. טיפולי צורת חנקן (ריכוז כללי קבוע 8-10 מילימולר N, ריכוז עולה עם הזמן) (1-4, טבלה 1). ב. טיפולי ריכוז חנקן במים (יחס אמון:חנקה קבוע 70:30 ללא אוריאה) (5-8, טבלה 1). בשתי הקבוצות סף ה- EC להחלפת תמיסות היה 3.5 דצ"ס/מ', המצע היה פרלייט 2, נפחו היה 12 ל" לצמח (מארז ברוחב 20 ועומק 20 ס"מ) והעומד היה 1650 צמחים לדונם חממה (שורה לערוגה, 3 צמחים למ' ריץ). ריכוזי המטרה של האשלגן והזרחן היו 200 ו- 30 מ"ג/ל', בהתאמה, ואלה של הברזל, המנגן והאבץ היו 0.5 ו- 0.25 מ"ג/ל' (כקורטין), בהתאמה. הטפטפות היו מסוג Queen Gil, 3 שלוחות לערוגה (5 ס"מ בין השלוחות). המרחק בין טפטפות לאורך השלוחה היה 10 ס"מ והספיקה 4 ל" (שעה מ'). תדירות ההשקיה עלתה באופן הדרגתי עם גיל הצמח מ- 5 ל- 10 השקיות ליום תוך שמירה על 18 דקות להשקיה לכל אורך התקופה. התמיסות המסוחררות נדגמו ביציאה ממיכלי התפעול (1.5 מ"ק לטיפול, בהם נעשו השלמות נפח המים והדשן מדי 2-3 ימים) (להלן מי טפטפת) ובכניסה אליהם (מי נקז). הדגימה נעשתה מדי יום למשך 24 ש'. במועד אחד נדגמו תמיסות נקז בכל החלקות על מנת להעריך את השונות בריכוזים בין החזרות. מנות ההשקיה, נפחי

הנקזים, נפחי התמיסות המודחות ונפחי המים שהוספו לכל טיפול נמדדו באופן רציף בעזרת מדי מים. כל החלקות אולחו במדבק פיתום בריכוז גבוה שהוסף למיכל התפעול יום לאחר השתילה. טמפרטורות המקסימום היומיות בחממה נעו בין 30 מ"צ בתחילת הניסוי ל- 35 מ"צ בסיומו וטמפרטורות המינימום בין 10 ל- 17 מ"צ. הלחות היחסית המינימלית נעה בין 70 ל- 35% עם ערך ממוצע עם הזמן של 60%. במהלך הניסוי נדגמו צמחים שלמים ונקבעו בהם המשקל הטרי והיבש. מיזגמי חומר יבש עוכלו בחומצה גפרתנית לבדיקת חנקן וזרחן (אוטואנלייזר), כלור (כלורידומטר) ואשלגן ונתרן (פוטומטר להבה), ובחומצה חנקתית לבדיקת סידן, מגנזיום ויסודות קורט (בליעה אטומית). פרי בשל נקטף פעמיים בשבוע. מיקרואורגניזמים נבדקו בתמיסות טריות שנדגמו במצע ובתמיסות בכניסה וביציאה מהחממה.

תוצאות ודיון

אפיון התמיסות המסוחררות

הטיפולים שנבחנו יצרו טווח רחב של ריכוזי אמון, חנקה ואוריאה בתמיסה המסוחררת ובעקבות כך גם טווח רחב של ערכי pH וריכוז חנקן אורגני (איורים 1, 2). בטיפול האוריאה מרבית החנקן האורגני היה התרכובת עצמה אולם בטיפולים האחרים הריכוז נבנה מחיידקים ומהפרשות שורש. ריכוז החנקן האורגני עלה, כצפוי, עם עליית ריכוז החנקה בתמיסה. השימוש באוריאה הוריד את ה- EC אולם הגדיל את ריכוז הניטריטים בתמיסה (איור 1), בעיקר בחודש האחרון לגידול. ריכוז הניטריט היה גבוה יותר בטיפולי אמון מאשר בטיפולי חנקה.

תמותת צמחים

האילוח המכוון בפיתום וההדבקה הספונטנית בפוזריום גרמו לתמותת מרבית הצמחים במהלך הגידול, כאשר הטיפולים השפיעו בעיקר על קצב התמותה. קצב התמותה גבר ככל שבריכוז נתון של חנקן במים היחס אמון:חנקה עלה. הקצב היה מזערי בטיפול 50% חנקה ו- 50% אוריאה (איור 3) בו ריכוז האמון היה כ- 10 ח"מ N וריכוז האוריאה בין 80 ח"מ בתחילת הניסוי לכ- 40 ח"מ N בסיומו (איור 1). כאשר היחס אמון:חנקה היה קבוע (70:30 ללא אוריאה), הגדלת ריכוז סך החנקן מ- 2 ל- 4, 8 ו- 16 מילימולר הגבירה את קצב תמותת הצמחים; בריכוז 2 מילימולר התמותה הייתה 0 (איור 4). יתכן שגם כאן הסיבה הישירה להגדלת קצב התמותה הייתה עלייה בריכוז האמון בתמיסה המסוחררת.

הגדלת ריכוז האמון בתמיסה גרמה לירידה ב- pH (איורים 1, 2). ירידת pH מ- 7.3 ל- 5.7 בגיל 30 יום (משתילה) הביאה לעליה קווית מובהקת בשיעור תמותת הצמחים ולירידה מובהקת במספר הימים שנדרשו להמתת 60% מהצמחים מפיתום ו/או פוזריום (איור 5). מדידות מיקרואורגניזמים (כללי ופתוגנים) שנערכו בתמיסות (נספה 1) לא היו רגישות דיין כדי למצוא קשר בין pH התמיסה המסוחררת וריכוז פתוגנים בה. עם זאת ידוע שהורדת pH מדכאת חיידקים (Alexander, 1961) ולכן ייתכן שפעילות פטריות (כולל פיתום) מוגברת בתנאים אלה. ידוע גם ש- pH גבוהים מדכאים פעילות פטריות (Alexander, 1961) אך בניסוי זה ה- pH המרבי היה 7.3 ולכן לא הגענו לתחום בו השפעת ה- pH ניתנת למדידה.

כפי שהוזכר הגדלת היחס אמון:חנקת גרמה לעליה בריכוז ניטריטים בתמיסה (איורים 1, 2). עליה זאת יכולה לפגוע בעמידות הצמח למחלות שורש ולהשפיע על קצב תמותת צמחים. העובדה שריכוזי הניטריטים היו גבוהים גם בטיפול האוריאה ובטיפול ריכוז חנקן 2 מילימולר, בהם שיעורי התמותה היו נמוכים (איורים 2, 3), שוללת אפשרות זאת בניסוי הנוכחי.

ריכוזי יסודות בנוף

משקל עלים טריים בגיל 32 יום ירד עם עליית היחס אמון:חנקת בתמיסה המסוחררת (טבלה 2), היה מרבי בריכוז חנקן כללי של 8 מילימולר וירד עם עליה וירידה מריכוז זה כאשר היחס אמון:חנקת היה קבוע (טבלה 3). ריכוז החנקן המחזור בעלים ירד עם עליית היחס אמון:חנקת בתמיסה ועלה עם עליית ריכוז סך החנקן בתמיסה. תגובה דומה התקבלה בזרחן, אך היא הייתה פחות ברורה.

באנליזות בשיטת Stepwise regression בין אחוז הצמחים המתים בגיל 40 יום (משתילה) לבין ריכוזי מזינים שונים בעלים בגיל 32 יום נמצא שהגדלת ריכוז הסיידן מ- 1.4 עד 2.6%, או הגדלת ריכוז הזרחן מ- 0.5 עד 1.2% הקטינה באופן מובהק את שיעור תמותת הצמחים (איור 6). הקורלציה עם הסיידן נובעת מכך שריכוז Ca בנוף עלה כאשר ריכוז האמון בתמיסה ירד (קליטה תחרותית). אין לנו הסבר בשלב זה כיצד ריכוז הזרחן בעלים עלה בד בבד עם ירידת ריכוז האמון ועליית ה-pH בתמיסה.

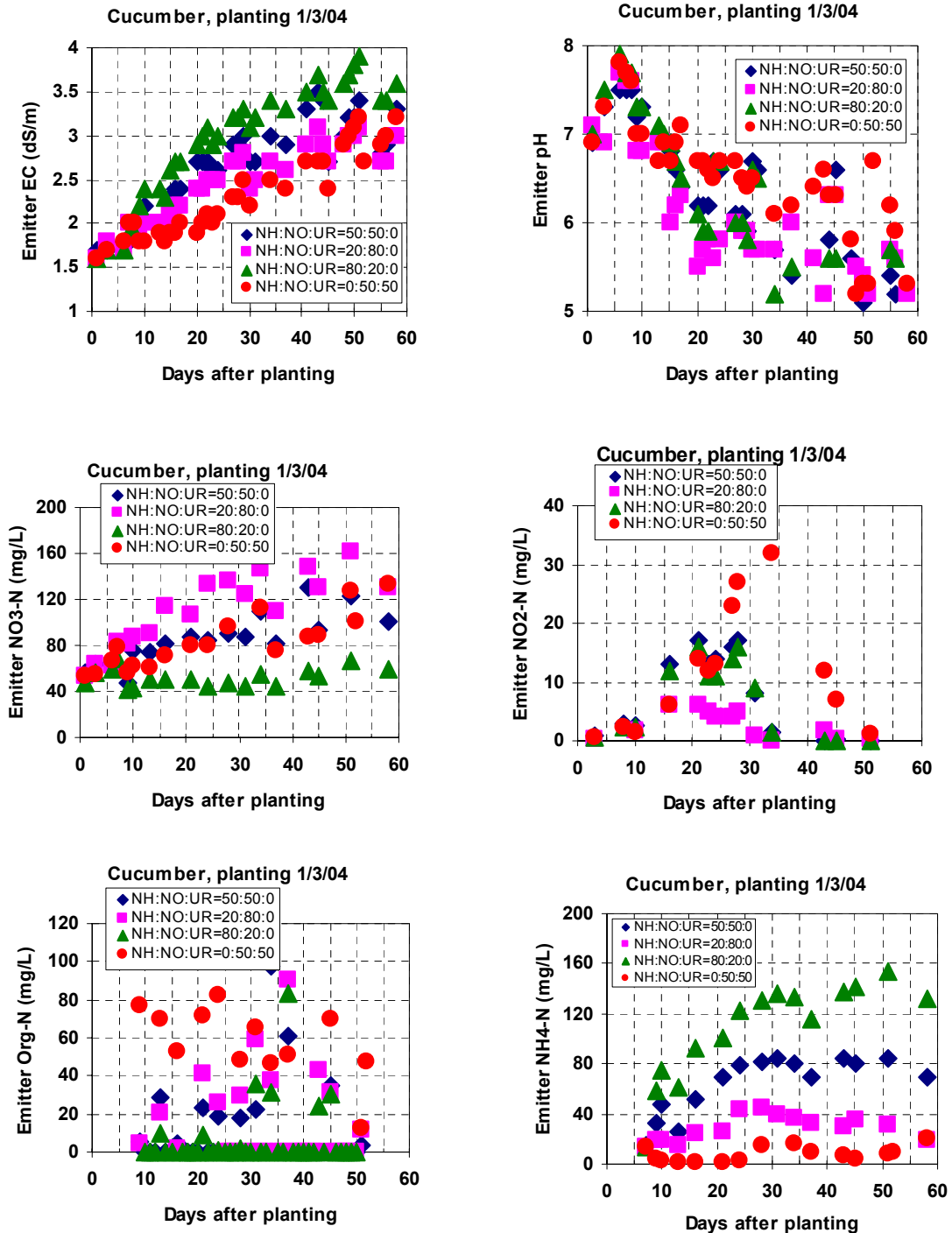
מסקנות מהניסוי הנוכחי

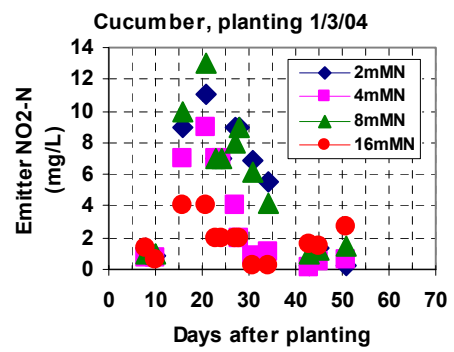
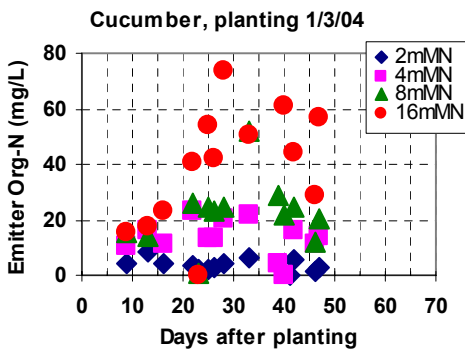
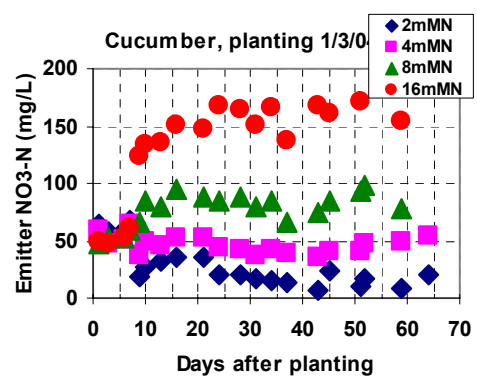
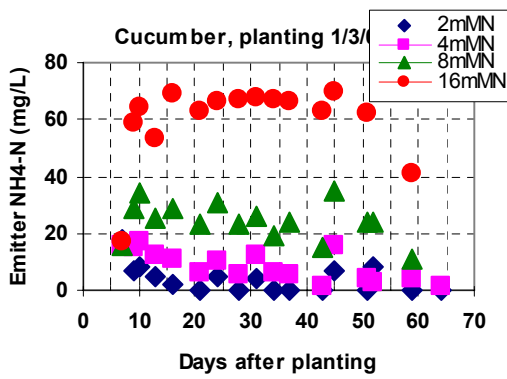
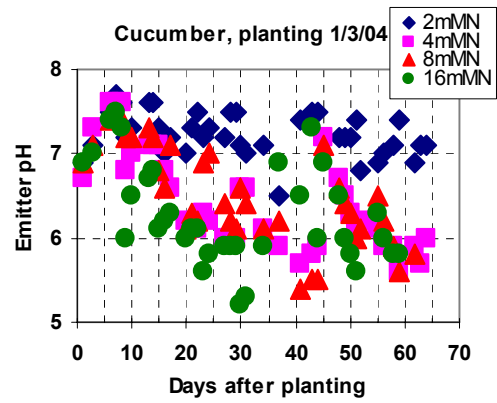
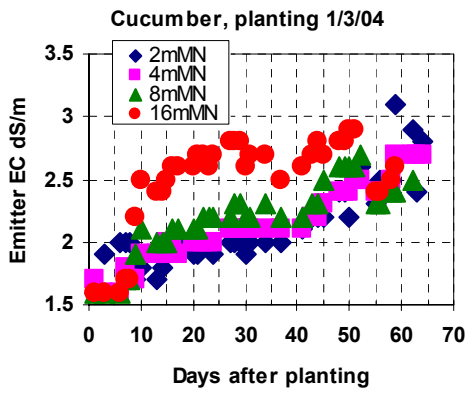
כאשר מתכננים את מימשק החנקן במערכות למיחזור מים בחממות יש להביא בחשבון את השפעת היחס אמון:חנקת וריכוז כלל החנקן בתמיסה על עמידות הצמחים לפיתום. כדי להגדיל עמידות מלפפון לפתוגן זה יש להקטין את ריכוז האמון בתמיסה ולהשיג על ידי כך הגדלה בקליטת סידן ועליה ב-pH התמיסה. שני גורמים אלה נמצאו במתאם גבוה עם אחוז הצמחים שמתו מפיתום בעקבות אילוץ מכוון של התמיסה המסוחררת. יש להרחיב ממצאים אלה לגידולי חממה נוספים ולתנאי אקלים חממה המייצגים אזורי גדול ומועדי שתילה שונים.

טבלה 1. הטיפולים בניסוי.

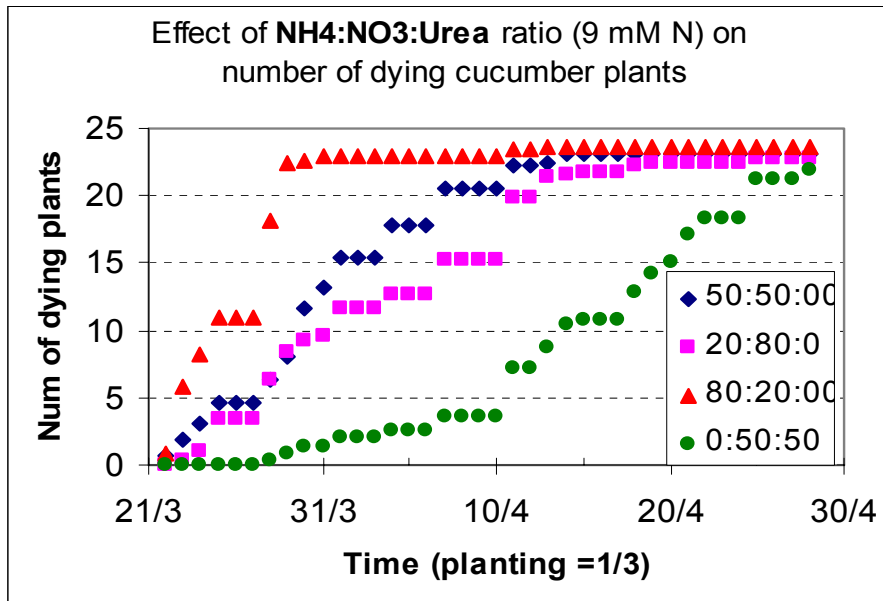
Number	Treatment			Total N (mM)	Biofilter
	NH ₄	NO ₃	Urea		
1	50	50	0	9	Non
2	20	80	0	9	Non
3	80	20	0	9	Non
4	0	50	50	9	Non
5	30	70	0	2	Graduated sand
6	30	70	0	4	Graduated sand
7	30	70	0	8	Graduated sand
8	30	70	0	16	Graduated sand

איור 1. ריכוזי חנקן, pH ומוליכות חשמלית בתמיסות השונות בטיפולים 1-4 כתלות בזמן

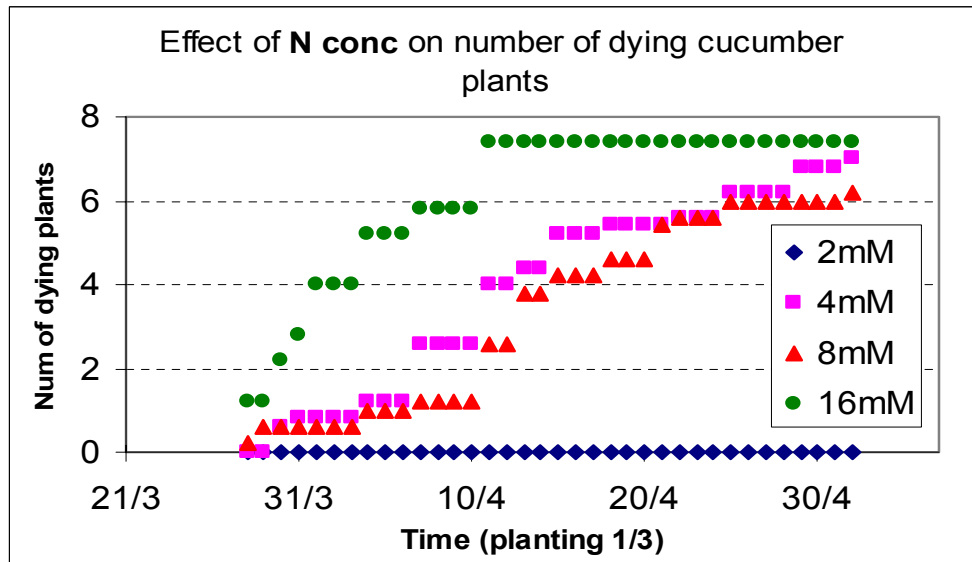




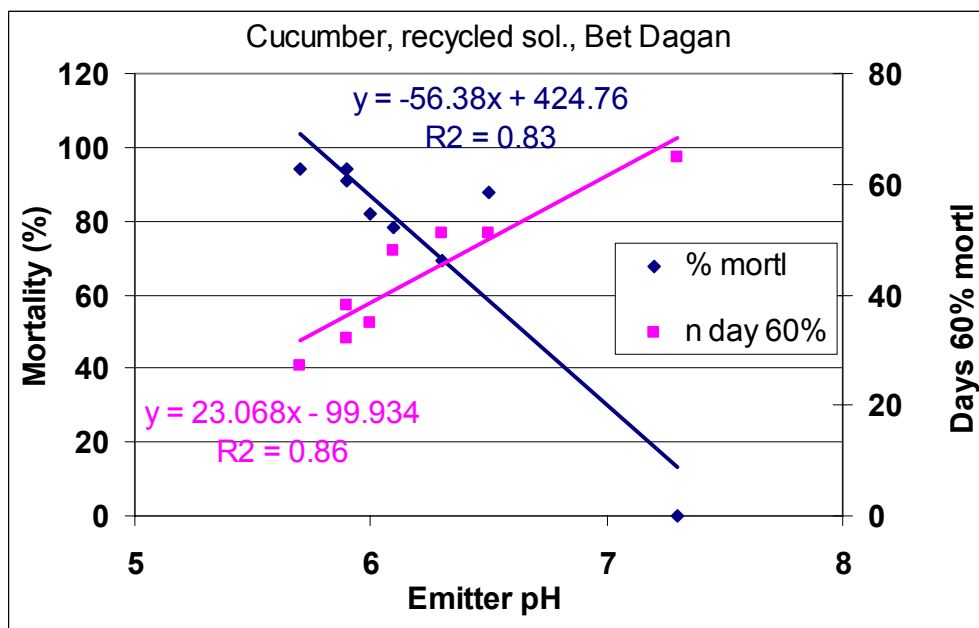
איור 2. ריכוזי חנקן, pH ומוליכות חשמלית בתמיסות השונות בטיפולים 5-8 כתלות בזמן



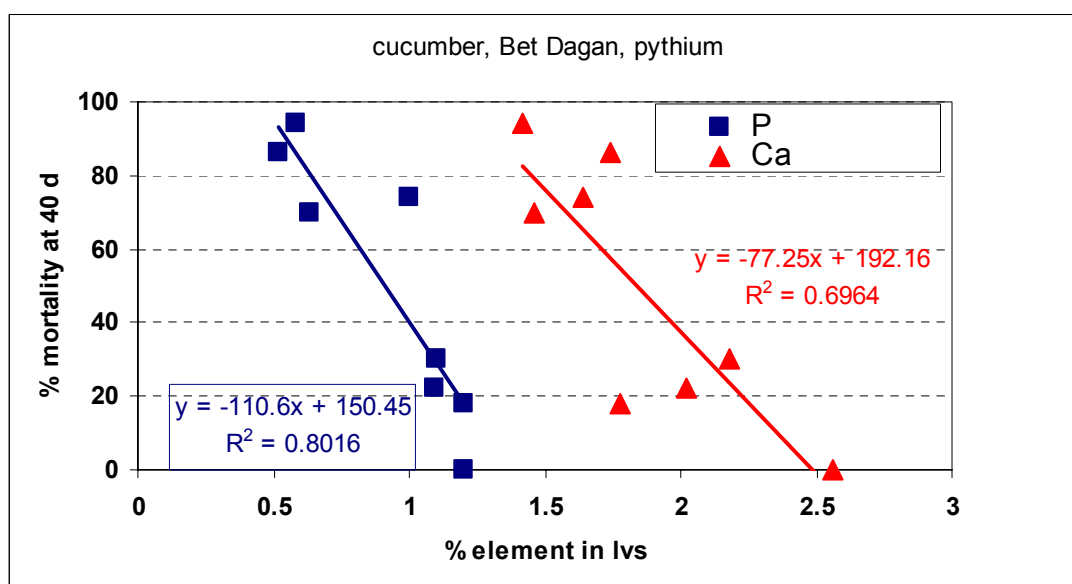
איור 3. השפעת תרכובת החנקן והזמן על מספר הצמחים שמתו כתוצאה מאילוץ בפיתום ביום השתילה



איור 4. השפעת ריכוז החנקן במים (יחס אמון:חנקן 70:30 ללא אוריאדה) והזמן על מספר הצמחים שמתו כתוצאה מאילוץ בפיתום ביום השתילה



איור 5. אחוז הצמחים המתים (Mortality) 60 יום לאחר השתילה (מסך הצמחים בתחילת הניסוי) ומספר הימים שנדרש לתמותת 60% מהצמחים (Days to 60% mortl) כתלות ב-pH התמיסה המסוחררת 30 יום משתילה. הנקודות הניסיוניות מתייחסות לטיפולים 1-8.



איור 6. אחוז הצמחים המתים בגיל 40 יום כתלות בריכוז הסיידן או הזרחן בנוף בגיל 32 יום לאחר השתילה.

ספרות

בר-יוסף, ב., י. כהן, ג. קריצמן, א. מתן, א. דיין. 2003. פיתוח מימשק המשלב מיחזור תמיסה בחממה, בקרת אקלים וטיפול ביולוגי במים הממוחזרים. דוח על פרויקט 02-0347-301 מוגש למדען הראשי, משרד החקלאות.

בר-יוסף, ב., י. כהן, ג. קריצמן, א. מתן, א. דיין. 2004. פיתוח מימשק המשלב מיחזור תמיסה בחממה, בקרת אקלים וטיפול ביולוגי במים הממוחזרים. דוח על פרויקט 03-0347-301 מוגש למדען הראשי, משרד החקלאות.

Choi, E.-Y., Y.-B. Lee and J.-Y. Kim. 2001. Nutrient uptake, growth and yield of cucumber cultivated with different growing substrates under a closed and an open system. *Acta Hort.* 548:543-550.

Kritzman, G., J. Katan, D. Silverman Y. Dishon, E.A van Os and J. Postma. 2001. Disinfection of recycled irrigation water in closed soilless growing systems. *Acta Hort.*

Silverman, D., G. Kritzman, J. Katan, and Y. Dishon. 2001. Disinfestation of recycled irrigation water in a pepper (*Capsicum annuum*) crop. *Acta Hort.* (in press)

Van Os, E.A., and J. Postma. 2000. Prevention of root diseases in closed soilless growing systems by microbial optimization and slow sand filtration. *Acta Hort.* 53:97-103.

נספח 1. מדידת ריכוזי פיתום בתמיסות המסוחררות (CFU) בטיפולים השונים (ממוצע של 4 בדיקות שבועיות ב- 5 חזרות) (נבדק על ידי ד"ר קריצמן)

Kruskal-Wallis One Way Analysis of Variance on Ranks Wednesday, January 19, 2005, 11:02:15

Data source: Treatments 5-8

Group N	Missing	Median	25%	75%
2 mM 25	0	0.000	0.000	0.000
4 mM 25	0	1.000	1.000	10.000
8 mM 25	0	50.000	30.000	100.000
16mM 25	0	0.000	0.000	0.000

H = 78.832 with 3 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

Data source: Treatments 1-4

Group N	Missing	Median	25%	75%
NH4:NO3:U				
50 : 50 : 0	0	1800.000	900.000	2591.750
20 : 80 : 0	0.	0.1000	0.000	1.000
80 : 20 : 0	0	1200.000	575.000	11280.000
0 : 50 : 50	0	1.000	0.000	1.025

H = 75.472 with 3 degrees of freedom. (P = <0.001)

The differences in the median values among the treatment groups are greater than would be expected by chance; there is a statistically significant difference (P = <0.001)

פרק ב' - פלפל

בניהו בר-יוסף, יחזקאל כהן, מרסל פוקס, אירה דינקין, אירית לבקוביץ, שושנה סוריאנו המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי
אלי מתן, חנה יחזקאל, דוד שמואל, אליק סלפוי, אהוד דיין מו"פ דרום
משה ברונר, גיא רשף שה"מ משרד החקלאות

תקציר

הבעיה: רמת המליחות, משטר הצינון בחממה ונפח מצע הגידול משפיעים כל אחד בנפרד ובאופן הדדי על תגובת צמחים למיחזור מים בחממה. מטרות: לבחון את יחסי הגומלין שבין הגורמים הנ"ל בפלפל בתמיסה מסוחררת ולכמת השפעות של לחות יחסית, מליחות ונפח בית שורשים על יכול פירות והתפתחות הצמח במהלך העונה. שיטות: המחקר בוצע ב"חממת האקלים" בחוות הבשור. נבחנו אורור גג (RV), $RV +$ מזרן לח (WP) והתזה (FG), שלושה ספי EC להחלפת תמיסה (2.7, 4.0 ו-5.5 דצ"ס/מ') ושלושה רוחבי מצע (10, 20 ו-50 ס"מ). תוצאות: הגדלת הלחות היחסית בחממה בעזרת WP הקטינה דיות ללא פגיעה בייצור החומר היבש (DM), הפחיתה קליטת נתרן וכלור והגדילה על ידי כך את היבול. השימוש ב-WP חסך מים, הפחית את נפח התמיסה שהודחה לסביבה והקטין את נפח המים שנדרש לייצור ק"ג חומר יבש בהשוואה לאורור גג בלבד. טיפול ההתזה פגע באופן מובהק ביבול בהשוואה לשיטות הצינון האחרות. העלאת סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ' לא השפיעה באופן מובהק על היבול הכללי ויבול פירות סוג A כאשר רוחב המצע היה 20 או 50 ס"מ. במצע ברוחב 10 ס"מ הגדלת סף ה-EC פגעה ביבול, במיוחד בטיפול RV. העלאת סף ה-EC הביאה לחסכון משמעותי בתשומות מים ודשן ולהפחתה בהדחת מים ומזינים לסביבה. צמצום רוחב מצע הגידול מ-50 ל-20 ו-10 ס"מ היה מלווה בירידה מובהקת ביבול ובמשקל השורשים הבלתי מעוצים. יתכן שצמצום מערכת השורשים היה הסיבה לירידה ביבול. משקל השורשים לצמח לא הושפע על ידי ספי ה-EC ומשטרי הצינון שנבדקו. מסקנות: ניתן למתן עקות מלח בתמיסות מסוחררות על ידי העלאת הלחות היחסית בחממה בעזרת מזרן לח או על ידי הגדלת נפח מצע הגידול. ניתן להגדיל את סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 במצע שרוחבו 20 ס"מ ומעלה ללא פגיעה ביבול תוך חיסכון בתשומות מים ודשן והפחתת זיהום הסביבה. צינון בהרטבת עלים ומצע פרלייט ברוחב 10 ס"מ הן אופציות לא ריאליות בגידול פלפל במערכות השקיה סגורות.

מבוא

תגובת פלפל למשטרי השקיה, דישון ומליחות נחקרה באופן די אינטנסיבי בארץ ובעולם. בעשור האחרון החלו לגדל פלפל חממה במערכות השקיה סגורות ונערכו מספר מחקרים בהם נבחנה תגובת הגידול למליחות המצטברת בתמיסה ולהשלכות שיש לכך על הדיות, קליטת מזינים ומימשק ההשקיה והדישון (בר-יוסף וחוב', 1999, 2000 כהן וחוב' 2002). עבודות ללימוד תגובת פלפל למיחזור מים במשטרי אורור/צינון ונפחי מצע שונים לא נערכו לפי שעה. עובדה זאת מפתיעה שכן הקטנת הדיות מפחיתה תוספת מלחים למערכת ומקטינה

את העומס האוסמוטי על הצמח, והגדלת נפח בית השורשים מגבירה קליטה ומאפשרת לגידול לקלוט מים ומזינים בקצב הנדרש גם כאשר המליחות בתמיסה עולה.

השערות העבודה היו: (א) הגדלת הלחות היחסית בחממה תקטין דיות ללא פגיעה במוליכות הפיוניות ובהטמעה. הפחתת הדיות תחסוך מים ותקטין את נפח התמיסה שתודח לצורך שמירה על EC רצויה במערכת; (ב) הקטנת נפח בית השורשים בתנאים של מבלע אטמוספרי חזק לאדי מים תגדיל את עקת המים בצמח, תקטין את קצב קליטת המזינים ותגרום לירידה ביכול בהשוואה לנפח בית שורשים גדול יותר. מטרת העבודה היתה לבדוק את שתי ההשערות ולהמליץ על משטר צינון, נפח מצע ומליחות סף רצויה שיאפשרו קבלת יכול מיטבי במערכות השקיה סגורות באזור הבשור.

חומרים ושיטות

שתילים מזן סליקה נשתלו במצע פרלייט 2 לחקלאות ביום 14/9/03 ב"חממת האקלים" בחוות הבשור. נתוני האקלים מחוץ לחממה מסוכמים בנספח 1. שטח כל תא היה 150 מ"ר (רוחבו 7.5 מ') והיו בו 4 ערוגות, כל אחת ברוחב 1.875 מ'. העומד היה 6 צמחים למ' רץ ערוגה (3200 לדונם חממה ב- 100% ניצול שטח, או 2900 לדונם ב- 90% ניצול שטח, כפי שהיה בניסוי). פירות בשלים נקטפו אחת לשבוע, נספרו, נשקלו ומוינו לפי קריטריונים מסחריים. פעמיים במהלך העונה נדגמו צמחים שלמים ובעלים, בגבעולים ובפירות שהיו על השיחים נבדק אחוז החומר היבש וריכוזי היסודות העיקריים. פירות בשלים ועלים דאגנוסטיים נדגמו אף הם במהלך הגידול ונבדקו כנ"ל. הטיפולים (טבלה 1) כללו שני ערכי סף EC להדחת תמיסות (2.7, 4.0 דצ"ס/מ'), כל אחד במשטר אוורור גג (RV), מזרן לח (WP) + RV והתזה ישירה של מי ברז במתזים על העלים (FG) (סה"כ 6 חדרים). בכל צרוף אקלים-EC נבדקו שלושה נפחי מצע ברוחב 50, 20 ו-10 ס"מ (שלושתם בגובה 20 ס"מ) (איור 1). נבדק גם טיפול סף 5.5 דצ"ס/מ' אולם רק באוורור גג ורוחב מצע 50 ס"מ (חדר 7). התמיסות המסוחררות לא חוטאו, אך למרות זאת לא נמצאו צמחים נגועים במחלות שורש במהלך הניסוי. כל החדרים חוממו ל- 18 מ"צ. החזר המים למילוי הגרעון ביום הקודם (ET + הדחה) נעשה לפני ההשקיה הראשונה בבוקר, לאחר שכל נפח הנקז הלילי הוחזר למיכל ההשקיה. המילוי נעשה בעזרת "תמיסת מילוי" בעלת ריכוז מזינים שהבטיח החזר המזינים שנצרכו ביום הקודם. ריכוזי המטרה של המזינים בתמיסה המסוחררת היו 140 מ"ג N/ל' (יחס אמון/חנקן בתמיסת המילוי בין 3/1 ל- 4/1, תלוי ב-pH התמיסה המסוחררת), 30 מ"ג P/ל', 160 מ"ג K/ל', 1 מ"ג Fe/ל', 0.5 מ"ג Mn/ל' ו- 0.25 מ"ג Zn/ל'. נפח המים לחדר היה 3.2 מ"ק (1.4 במיכל ההשקיה + 1.8 במצע הגידול לאחר גמר הניקוז הלילי). תכולת הרטיבות הנפחית במצע (θ) לאחר 12 ש' ניקוז ממצב רוויה היתה 0.45; θ ב- 95% מרטיבות רוויה הייתה 0.95. מערכת ההשקיה כללה שתי שלוחות לערוגה (שלוחה לשורת צמחים) בכל הטיפולים. הטפטפות היו אל נגר מווסתות, 0.15 מ' בין הטפטפות לאורך השלוחה וספיקה 1.6 ל"ש'. מי הנקז נאספו באמצעות מרזב פוליפרופילן, עליו הוצבו ארגזי הגידול, במיכל איסוף שקוע בנפח 200 ל'. משאבות טבולות שהופעלו על ידי מצוף הזרימו את מי נקז למיכל ההשקיה, או כשהיה צורך בהדחה, אל מחוץ למערכת (מי הדחה). מדי מים

מדדו את נפח מי ההשקיה, מי הנקז, מי ההדחה ותמיסת המילוי (איור 1). אחת לשבוע בוצע תיקון בריכוזי המזינים בתמיסה המסוחרת על סמך תוצאות בדיקות המעבדה. מנת ההשקיה היומית היתה שווה לחמש פעמים ET נמדדת; מספר ההשקיות ליום נקבע כמנת ההשקיה היומית (מבוטאת ב- מ"מ) חלקי 2 מ"מ (מנת מים להשקיה בודדת המבטיחה שטיפת מלחים מכל נפח המצע). תדירות ההשקיה בפועל נעה בין 8 ל- 15 השקיות ליום, מפוזרות בין זריחה לשקיעה. מי טפטפת, מי נקז ותמיסת המילוי נאספו בכל הטיפולים מדי יום במשך 24 ש' לתוך כלי סגור שחור ולמחרת נמדדו בהם ה- pH וה- EC.

פעם בשבוע נעשתה בתמיסה אנליזה כימית. N (אמוניקלי וחנקתי), P ו- SO₄ נבדקו באוטואנלייזר; Cl בכלורידומטר; B, Ca, Mg, Fe, Zn ו- Mn בבליעה אטומית, Na ו- K בפוטומטר להבה ודו-פחמה בטיטרציה. אנליזות כימיות של חומר צמחי (עלים, גבעולים ופירות) בוצעו לאחר יבוש, טחינה ועיכול של החומר היבש בחומצה (קטיונים בחומצה חנקתית + ח' פרכלורית, השאר בחומצה גופרתית + מי חמצן); ה- Cl באברי הצמח נמדד במיצוי מימי של החומר הטחון.

תוצאות

תנאי האקלים בטיפולים השונים

טיפולי סף ה- EC לא השפיעו באופן משמעותי על הלחות היחסית או טמפרטורת האויר בחממה (נספח 1). ממוצעי הנתונים בתקופה בה האקלים עלול להיות גורם מגביל בהתפתחות הצמח מראים שהלחות היחסית הממוצעת בטיפול RV ירדה במקצת עם עליית סף ה- EC (68%, 66%, 65% בטיפולי EC 2.7, 4.0 ו- 5.5 דצ"ס/מ' בהתאמה, טבלה 1) בעוד שבטיפולים WP ו- FG סף ה- EC לא השפיע כלל ו- RH הממוצעת במשך שעות האור היתה בכל המקרים 69%. השוואת טיפולי האקלים מראה שבמשטר RV ה- RH היתה נמוכה בהשוואה לטיפולי FG ו- WP והערכים הממוצעים היו 66.5%, 69%, ו- 69% בהתאמה. השפעת משטר הצינור על טמפרטורת האויר הממוצעת בקיץ היתה זניחה (טבלה 1). הקרינה הגלובלית בכל החדרים היתה זהה עם ממוצע בתקופת החורף של 9.7 MJ m⁻² ליום.

איפיון התמיסות המסוחרות

סף ה- EC הנמוך התקבל באמצע דצמבר 2003 ונשמר עם סטיות של $0.3 \pm$ דצ"ס/מ' עד לסיום הניסוי. הסף השני (4.0 דצ"ס/מ') והשלישי (5.5) התקבלו בתחילת ינואר ובאמצע פברואר 2004 ונשמרו עם סטיות של $0.3 \pm$ ו- $0.5 \pm$ דצ"ס/מ' עד סיום הניסוי (איור 2). ההפרש בין ה- EC בטפטפת ובנקז בטיפולים השונים לא עלה על 0.5 דצ"ס/מ' בשום שלב בניסוי הודות להשקיה מספיקה ופיזור מתאים של הטפטפות. המחזוריות ב- pH (איור 3) נבעה מתנודות עונתיות בריכוז האמון והחנקה בתמיסה המסוחרת: כאשר ה- ET היתה נמוכה (נובמבר-ינואר) קצב העלייה ב- EC ירד, התמיסות הוחלפו לעתים רחוקות, משך הזמן שעמד לרשות הניטריפיקציה לפני חידוש האמון בתמיסה המסוחרת עלה, ריכוז האמון הממוצע עם הזמן ירד וריכוז החנקה עלה. מצב זה גורם לעלייה ב- pH בגלל קליטה רבה יותר של חנקה בהשוואה לאמון. ערכי pH מעל 7 גרמו לירידות של כ- 30% ו- 70% בריכוזי P ו- Mn, בהתאמה, בהשוואה לריכוזי המטרה; בשאר המזינים ריכוזי

המטרה נשמרו קבועים עם הזמן. בכל טיפולי הצינון ריכוז האמון הממוצע עם הזמן בתמיסה המסוחרת עלה עם ירידת סף ה-EC ולכן ה-pH ירד (איור 3). ריכוז האמון עלה מכיון שככל שסף ה-EC נמוך יותר תדירות הוספת התמיסות הטריות (המכילות ריכוז גבוה של אמון) עולה, חלק האמון העובר ניטרופיקציה קטן, וריכוז הממוצע עם הזמן בתמיסה עולה.

בכל הטיפולים ההפרש היומי הממוצע עם הזמן (לכל אורך תקופת הניסוי) בין pH מי הטפטפת ו-pH הנקז נע בין 0.06 (FG) סף 4.0 דצ"ס/מ' ל-0.49 (WP) סף 2.7, רוחב מצע 20 ס"מ, **טבלה 2**). רק בעונת החורף (ינואר-פברואר) בסף 4.0 דצ"ס/מ' התקבלו ערכים שליליים (לא מוצג) שמשמעותם הפרשה קטנה והולכת של פרוטונים לתמיסה, כנראה בגלל ירידה בקצב הקליטה של קטיונים על ידי השורשים. הנתונים מלמדים שבכל משטר צינון Δ pH בסף 2.7 היה גדול מאשר בסף 4.0 דצ"ס/מ' מהסבה שנדונה לעיל. הפרשת פרוטונים מרבית (Δ pH גבוה) נמצאה במצע ברוחב 20 ס"מ ומזערית ברוחב 10 ס"מ (טיפול WP). שיטת הצינון לא השפיעה על Δ pH חוץ מירידה חזקה שנרשמה בטיפול FG (סף EC 4.0 דצ"ס/מ'). היונים העיקריים שהצטברו בתמיסה וגרמו לעליה במליחות היו Na ו-Cl (**טבלה 3**). ריכוזיהם בטיפול סף 5.5 דצ"ס/מ' במשך ארבעת החודשים האחרונים לגידול היו 640 ו-1180 מ"ג/ל, בהתאמה. הצטברו גם Ca, Mg, SO₄ ו-B. יונים אלה לא צריך איפה להוסיף בדשן במערכות השקיה סגורות.

יבול ואיכות

צינון במזרון לח (WP) נתן יבול כללי ויבול סוג A שהיו גבוהים ב-5% וב-10%, בהתאמה, מהיבולים בטיפול אוורור גג (RV) (ממוצע כל נפחי המצע וספי ה-EC). התוספת בהשוואה לטיפול ההתזה (FG) היתה 15% ו-26%. הגדלת היבול הושגה הודות לעליה בגודל הפרי הממוצע. בטיפול WP אחוז הפירות הנגועים בשחור פיטם היה נמוך בהשוואה לטיפול RV (**טבלה 4**). מצע ברוחב 50 ס"מ נתן יבול מצטבר גבוה יותר מאשר מצע ברוחב 20 או 10 ס"מ, שלא נבדלו זה מזה. תוספת היבול הושגה הודות להגדלה במספר הפירות כיון שגודלם לא השתנה. נפח המצע לא השפיע על שיעור הנגיעות בשחור פיטם (**טבלה 4**).

העלאת סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ' (ממוצע משטרי האקלים ונפחי המצע) גרמה לירידה של 7% ביבול הכללי. לא הייתה השפעה על יבול סוג A או על גודל הפרי הממוצע. שלא כצפוי העלאת ה-EC הורידה באופן מובהק את שיעור הנגיעות בשחור פיטם (**טבלה 4**). העלאת ה-EC ל-5.5 דצ"ס/מ' לא השפיעה באופן מובהק על היבול או גודל הפרי בהשוואה ל-EC 4.0 דצ"ס/מ' וגם לא על הנגיעות בשחור פיטם. ההשוואה האחרונה אפשרית רק בטיפול RV וברוחב מצע 50 ס"מ. סביר להניח שבנפח מצע קטן יותר ההשפעה השלילית של סף EC 5.5 על היבול היתה באה לידי ביטוי. היבול המרבי בניסוי התקבל בטיפול WP, רוחב מצע 50 ס"מ וסף EC 2.7 דצ"ס/מ' (**טבלה 4**).

פונקציית היבול הכללי כתלות בזמן מלמדת שהיתרון של נפח מצע גדול החל להתבטא כבר באמצע פברואר (כ-60 יום מתחילת הקטיף); הירידה ביבול בטיפול FG בהשוואה לטיפולים WP או RV החלה להתבטא

בסוף חודש מרץ (איור 4), כאשר השימוש באמצעי הצינון עלה. המשקל המצטבר של פרי מתאים לשווק שנמצא נגוע בשחור פיטם זינק מ-80 ג'צמח ב-27.4 ל-280 ג'צמח ב-8.5.04. שיעור העלייה במשקל הפירות הנגועים בשחור פיטם המשיך בקצב דומה עד תחילת יוני (איור 5). הקפיצה בשיעור הנגיעות (איור 5) נבעה מעליה חזקה בטמפרטורה וירידה בלחות היחסית למשך 10 רצופים ימים החל ב-29/4/04 (נספח 1). הגורם העיקרי שהשפיע על הנגיעות בשחור פיטם היה משטר הצינון (הנגיעות המזערית הייתה בטיפול WP) ולכן מוצגת רק השפעת גורם זה כתלות בזמן.

גובה הצמחים כתלות בזמן

במשטר RV גובה הצמחים בטיפול EC 2.7 היה גדול לכל אורך תקופת הגידול בהשוואה לטיפול EC 4.0 דצ"ס/מ'. ההפרש נפתח בתחילת הקטיף והתרחב עד לסיום הניסוי (איור 6). בטיפול WP השפעת טיפולי ה-EC הייתה זניחה. במצע ברוחב 50 ס"מ גובה הצמחים היה גדול לכל אורך תקופת הניסוי מאשר ברוחב 20 או 10 ס"מ והוא היה משמעותי יותר בטיפול EC 4.0 מאשר בטיפול EC 2.7 דצ"ס/מ' (איור 6). השפעת משטר האקלים על גובה הצמחים היתה זניחה בכל נפחי המצע וספי ה-EC. לא נמצא קשר ברור בין גובה הצמחים ושיעור היבול. התוצאות מלמדות שהטיפולים השונים השפיעו על שיפוע הקווים אך לא על מועד הופעת נקודות הפיתול, המייצגות שלבים פיזיולוגיים בהתפתחות הצמח.

ייצור חומר יבש וחלוקתו בין האברים

דגימת הצמחים הראשונה (סוף מרץ, נספח 2א) מייצגת את תקופת קצב הגידול המרבי (ראה איור 6). בשלב זה משקל החומר היבש בגבעולים היה גדול מזה שבועלים בכ-20% בכל הטיפולים. המשקל הכללי המרבי (טרי ויבש) התקבל בטיפול RV, 50 ס"מ, 5.5 דצ"ס/מ'. העלאת סף ה-EC בטיפול RV הגדילה באופן מובהק את משקל הגבעולים, אך לא את משקל העלים. בטיפולים WP ו-FG השפעת סף ה-EC הייתה בלתי מובהקת. המשקל הכללי של הצמחים במצע ברוחב 10 לא היה שונה מזה שברוחב 20 ס"מ, אך היה נמוך בהשוואה למצע ברוחב 50 ס"מ. המשקל הכולל של הצמחים היה מזערי בטיפול FG; המשקל בטיפולים RV ו-WP היה דומה. היחס [חומר יבש בפירות לא בשלים] חלקי [משקל יבש עלים+גבעולים] ירד מ-0.56 ל-0.49 ו-0.43 עם הגדלת סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 ו-5.5 דצ"ס/מ' (ממוצע כל טיפולי הצינון והנפח). היחס היה גדול יותר בטיפול RV מאשר בטיפול WP או FG.

בדגימת הצמחים השניה (לקראת סיום הניסוי, 7.6.04, נספח 2ב) משקל העלים היה גבוה ב-5%-10% ממשקל הגבעולים. אחוז החומר היבש בגבעולים ובעלים עלה בהשוואה לאביב, אך ירד בפירות. מצע ברוחב 50 ס"מ נתן משקל צמח גדול יותר מאשר מצע ברוחב 20 או 10 ס"מ; טיפול FG הוריד את משקל הצמח בהשוואה לטיפולים RV ו-WP שההבדל ביניהם היה זניח.

סך ייצור החומר היבש (טבלה 5) היה מרבי בטיפול WP וגדל עם רוחב המצע. כיבול הפירות כן גם משקל החומר היבש היה מרבי בטיפול EC 4.0 דצ"ס/מ'. היחס [משקל חומר יבש בפירות שנקטפון] חלקי [סך ייצור

החומר היבש (ללא שורשים) היה מזערי בטיפול RV (0.58) וירד עם עליית סף ה- EC (0.61 בסף 2.7 ו- 0.57 בסף 5.5 דצ"ס/מ'). השפעת רוחב המצע על ייצור החומר היבש לא הייתה ברורה (טבלה 5).

שורשים

בבדיקת שורשים שנעשתה ביום 10/6/04 נמצא שהקטנת רוחב מצע הגידול מ- 50 ל- 20 ו- 10 ס"מ גרמה לירידה משמעותית במשקל השורשים הבלתי מעוצים (טבלה 6). הגדלת סף ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' לא השפיעה באופן ברור על משקל השורשים, כמו גם משטר הצינון. הקטנת משקל השורשים הקולטים יכולה להסביר את הירידה שנמצאה ביבול עם הקטנת רוחב המצע מ- 50 ל- 20 ס"מ וכן את העובדה שהיבול בטיפול EC 5.5 דצ"ס/מ' ברוחב 50 ס"מ לא נפל מהיבול בטיפולים האחרים (טבלה 3). המשקל היבש של השורשים היווה 1.5 עד 3.5% מהמשקל היבש של חלקי הצמח העל-אדמתיים בתאריך 7/6/04. זהו אחוז נמוך מאד בהשוואה למצב בקרקע והוא מדגיש את החשיבות של הדשיה תכופה בתנאי גידול קשים בנפח מצע מצומצם.

ריכוזי יסודות באברי הצמח השונים

משטר הצינון השפיע על ריכוז כל היסודות שנבדקו בעלים בסוף חודש מרץ, זולת N. ריכוזי Mg, Ca, P ו- Zn היו גבוהים בטיפול WP בהשוואה לטיפול RV (טבלה 7א). תנועת היסודות הנ"ל אל פני השורש תלויה מאד בדיפוסיה, וזו גדלה עם עליית תכולת הרטיבות (θ) במצע. הקטנת הדיות בטיפול WP (ראה בהמשך) שומרת על θ גבוהה יותר עם הזמן וזה יכול להסביר את העליה בקליטת היסודות. בטיפול FG ריכוז ה- Na בעלים עלה וריכוז ה- K ירד; הקטנת רוחב המצע העלתה את ריכוז K בעלים והורידה את ריכוז Zn. העלאת סף ה- EC הורידה את ריכוז K בעלים והעלתה את ריכוז ה- Ca וה- Mg בהם (טבלה 7) בגלל העלייה בריכוזיהם בתמיסה.

ריכוזי Mg, Ca, K, P בגבעולים היו מזעריים בטיפול WP ודומים בטיפולים RV ו- FG. ריכוזי Na ו- Cl עלו במעבר מ- WP ל- RV ו- FG. ריכוז N מחוזר לא הושפע על ידי משטר הצינון. רוחב המצע השפיע באופן מובהק רק על ריכוז P בגבעולים שירד עם הקטנת הרוחב. סף ה- EC השפיע באופן מובהק רק על ריכוזי Na ו- Cl שעלו עם עליית הסף מ- 2.7 ל- 4.0 ו- 5.5 דצ"ס/מ' (נספח 3א).

ריכוזי היסודות בפירות לא בשלים לא הושפעו על ידי נפח המצע. העלאת ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' העלתה באופן מובהק את % ה- Cl בפירות אך עליה נוספת ל- 5.5 דצ"ס/מ' לא השפיעה עוד. ריכוזי N, P, K, Mg, Na, Cl, Fe ו- Mn בפירות היו מרביים בטיפול FG, בינוניים ב- RV ומזעריים ב- WP. שאר היסודות לא הושפעו על ידי טיפולי האקלים (נספח 3ב).

בדגימת ראשית חודש יוני נמצא שמשטר הצינון השפיע על ריכוז כל היסודות בעלים, חוץ מ- N. ריכוזי P, K ו- Mn היו גבוהים יותר בטיפול WP מאשר בטיפול RV או FG (טבלה 7ב) ואילו ריכוזי Ca, Cl, Na ו- Mg שהתרכזו בתמיסה היו מרביים בטיפול FG ומזעריים בטיפול WP; הקטנת רוחב המצע מ- 50 ל- 20 או 10 ס"מ הורידה ריכוזי Ca, Mg, Zn ו- Mn בעלים אך לא השפיעה על ריכוז היסודות האחרים. העלאת סף

ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' העלתה את ריכוז כל היסודות בעלים (חוץ מ-N) ; עליה נוספת ל- 5.5 דצ"ס/מ' גרמה לירידה בריכוז K, Mn, Na ו- Cl (טבלה ב7).
משטר הצינון השפיע על ריכוז Na, Cl ו- K בגבעולים. ריכוזי Na ו- Cl היו מרביים בטיפול FG, בינוניים בטיפול RV ומזעריים בטיפול WP. ריכוז K היה מרבי בטיפול WP ומזערי בטיפול FG. השפעת נפח המצע על ריכוז היסודות בגבעול הייתה בלתי עקבית (נספח 4א).
ריכוזי כל היסודות בפירות לא בשלים על השיחים (נספח 4ב) היו מזעריים בטיפול WP וגבוהים יותר ודומים בטיפולים RV ו- FG. השפעת רוחב המצע הייתה בלתי עקבית. התגובה לסף ה- EC הייתה תלויה בטיפול הצינון: בטיפול WP ריכוזי כל היסודות בפירות עלו במעבר מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' בעוד שבטיפולים RV ו- FG הריכוזים ירדו.

ריכוזי יסודות בעלים דאגנוסטיים (18.5.04)

השפעת הטיפולים על ריכוז היסודות בעלים דאגנוסטיים (נספח 5) היתה דומה להשפעתם על ריכוז היסודות בסך העלים ביום 7.6.04 שנדונה לעיל. בעוד שריכוזי N ו- P בעלים דאגנוסטיים היו גבוהים בהשוואה לריכוז בסך העלים, ריכוזי שאר היסודות היו נמוכים פי שתיים עד פי חמישה בהשוואה לריכוז בסך העלים.
ריכוזי יסודות בפירות בשלים שנקטפו באופן מסחרי

באביב (18.5.04) טיפולי הצינון השפיעו באופן מובהק על ריכוזי N, Ca, Mg, Na, Cl ו- Zn בפירות בשלים. הריכוזים היו מרביים בטיפול FG ומזעריים בטיפול WP. ריכוזי P, K ו- Fe לא הושפעו על ידי טיפולי הצינון. נפח המצע לא השפיע באופן מובהק על ריכוזי יסודות, בעוד שעלייה בסף ה- EC גרמה לעליה בריכוזי K, Na ו- Cl ולא השפיעה על ריכוז שאר היסודות (טבלה 8).
בקיץ (29.6.04) ריכוזי N, P, K ו- Zn בפירות היו מרביים בטיפול RV. נפח המצע לא השפיע על ריכוז היסודות בעוד שהשפעת ה- EC השתנתה וריכוזי Ca, Cl ו- Zn היו מרביים ב- EC 4.0, בינוניים ב- 5.5 ומזעריים ב- 2.7 דצ"ס/מ' (נספח 6).

אבפוטראנספירציה (ET), מאזן המים ויעילות ייצור חומר יבש

ה- ET נעה בין 1 מ"מ/יום בדצמ' ינו' (ללא הבדל בין הטיפולים) ל- 4.5-4 מ"מ/יום במאי-יוני (איור 7). יש לזכור שה- ET שבאיור נמדדה בחדרים שבכל אחד מהם היו שלושה רוחבי מצע: 50% מסך אורך הערוגות היה ברוחב 50 ס"מ, 26.5% ברוחב 20 ס"מ ו- 23.5% ברוחב 10 ס"מ. בטיפול RV ה- ET המצטברת בסף EC 4.0 היתה נמוכה ב- 7% בהשוואה ל- ET המצטברת בסף 2.7 דצ"ס/מ' בעוד שבטיפול WP ה- ET המצטברת בסף 4.0 דצ"ס/מ' הייתה גדולה יותר (ב- 2%). טיפול WP הוריד את ה- ET המצטברת בהשוואה לטיפול RV (525 לעומת 540 מ"מ, ממוצע שני ספי ה- EC) (טבלה 9). בטיפול FG ה- ET המצטברת הממוצעת היתה 397 מ"מ אולם במקרה זה הירידה ב- ET נבעה לא רק משינויי הלחות היחסית אלא גם מירידה בגודל הצמחים כפי שניתן ללמוד ממשקלם (טבלאות 5, 6). תרומת טיפולי רוחב המצע (קטן [Ss], בינוני [Sm] וגדול [Sl], מ² קרקע) ל- ET הכללית בחדר (ETt) מתוארת ב- [17] [St] (שווה לשטח החדר).

$$St * ET_t = S_l ET_l + S_m ET_m + S_s ET_s \quad [17]$$

בדיקה נסיונית של ה-ET בכל טיפול רוחב מצע בוצעה רק בטיפולי WP. בטיפולים RV ו-FG יש צורך לחשב את ה-ET בכל רוחב מצע מתוך הנתונים הכוללים שנמדדו בתאים המעורבים. נוסחת החישוב מתוארת בנספח 8. הנתונים הניסיוניים בטיפולי WP הראו שהשפעת צמצום רוחב המצע מ-50 ל-10 ס"מ על ה-ET המצטברת היתה חזקה יותר בטיפולי סף EC 4.0 מאשר בטיפולי סף 2.7 דצ"ס/מ' (581 לעומת 413 ו-570 לעומת 438 מ"מ, בהתאמה, **טבלה 8.1** בנספח 8). התקבלה מגמה כללית לפיה היחס היומי [ET בטיפולי מצע ברוחב מסוים] חלקי [ET החדר השלם] היה דומה לכל אורך הניסוי ליחס בעונה כולה.

מנת המים לייצור ק"ג חומר יבש (WUE, טבלה 9) היתה גבוהה יותר בטיפולי RV (276 ל"ק"ג/DM, ממוצע טיפולי ה-EC ונפחי המצע) מאשר בטיפולים WP ו-FG (235 ו-220 ל"ק"ג, בהתאמה). תוצאות אלו מאששות את השערתנו שהגדלת הלחות בחממה (טיפולי WP ו-FG) מורידה דיות ללא פגיעה בייצור החומר היבש. הירידה בייצור החומר היבש בטיפולי FG (טבלה 9) נבעה מתמותת עלים כתוצאה מהצטברות מלחים עליהם. מהסתכלות בצמחים הסתבר שהנוזק נגרם בעלים ששוליהם התקפלו כלפי מעלה. המים שנאצרו התאדו וריכוז המלחים הגבוה שנוצר יצר נקרוזות קשות שגרמו לתמותת עלים. עלים ישרים לא ניזוקו מההתזה. הגדלת ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ' בטיפולי WP הגדילה במקצת הן את ה-ET והן את סך ייצור החומר היבש (DM) כך שה- WUE שהתקבל היה די דומה. הגדלה דומה בטיפולי RV הורידה את ה-ET ואת ה-DM ולכן גם כאן ה- WUE לא השתנה באופן משמעותי. טיפולי סף EC 5.5 דצ"ס/מ' נבדק רק בנמצע ברוחב 50 ס"מ, הנוף בו היה גדול על חשבון משקל הפירות ולכן ה-ET היתה גבוהה וכמוה ה- WUE. צינור בהתזה (FG) גרם לירידה משמעותית ביבול כלל הפירות וביבול סוג A בהשוואה לטיפולי RV ו-WP (טבלה 4).

בסף EC 2.7 דצ"ס/מ' צינור במזרון לח הביא לחיסכון בתשומות מים בהשוואה לצינור באורור גג (823 לעומת 1025 מ"מ) ולהקטנה בכמות המים שהודחה (304 לעומת 459 מ"מ) (טבלה 9). בטיפולי סף EC 4.0 לא היה הבדל משמעותי בתשומות המים בין שני טיפולי הצינור אולם שיעור ההדחה בטיפולי RV היה ב-20 מ"מ גדול יותר. השוואה זאת אינה מביאה בחשבון את נפח המים שהתנדף במזרון הלח (לא נמדד). לאור נתונים אלה יש לעשות ניתוח כלכלי כדי לקבוע מהם תנאי העבודה האופטימליים במערכות למיחזור מים שיביאו בחשבון את היבול ואיכותו מחד ואת עלויות המים, הדשן וסילוק העודפים, מאידך. במספר מועדים במהלך הניסוי נבדקה הדיות בצמחים בודדים בשיטת פולס החום (כהן וחוב, 199-). בכל הטיפולים ה-ET השעתית ירדה עם ירידת נפח מצע הגידול. ההפרשים בסף EC 4.0 דצ"ס/מ' היו גדולים יותר מאשר בסף 2.7 דצ"ס/מ' (איור 8). ביום ה-102 ה-ET השעתית בטיפולי RV היתה כפולה בערך מזו שבטיפולי FG (איור 8). המדידות שנעשו אינן מאפשרות להשוות את ה-ET בטיפולים RV ו-WP באותו יום, אך כקרום, ה-ET בטיפולי RV ביום ה-102 היה גבוה בכ-50% מה-ET בטיפולי WP (שניהם בסף EC 4 דצ"ס/מ') (איור 8). ה-ET ברוחבי מצע של 10 ו-20 ס"מ היה נמוך בסף EC 4.0 דצ"ס/מ' בהשוואה

לסף 2.7 דצ"ס/מ'. ההפרש היה דומה בטיפול RV ובטיפול WP. במצע ברוחב 50 ס"מ ההבדל בין שתי רמות הסף היה זניח (איור 8).

עקום גרעון המים בעלה (איור 9) מראה שמעל פוטנציאל מים של כ- 1.2 מגה-פסקל מתחיל העלה לאבד מים במהירות. מסתבר מהנתונים שטיפולי סף ה- EC ורוחב המצע לא השפיעו באופן משמעותי על תכונות תאחיזת המים בעלה. הערכה זאת מתחזקת נוכח העובדה שההבדלים בין חזרות שבוצעו (לא מוצג) היו די דומים להבדלים שבין הטיפולים.

מאזן החנקן

הורדת סף ה- EC מ- 4.0 ל- 2.7 דצ"ס/מ' גרמה להגדלת כמות החנקן שהיה צורך להוסיף למערכת ב- 30 עד 60 ג/מ² (הערך הנמוך בטיפול WP והגבוה בטיפול RV). הגדלה זאת, שנבעה מהדחה מוגברת של תמיסה, לא העלתה באופן משמעותי את הקליטה ו/או ייצור החומר יבש (טבלה 10). ההקזה המוגברת בסף 2.7 דצ"ס/מ' הגדילה את הדחת החנקן ב- 25 עד 53 ג/מ² (טיפולים WP ו-FG, בהתאמה). הקטנת רוחב המצע הקטינה את קליטת החנקן. ההשפעה הייתה חזקה יותר בסף EC 4.0 מאשר בסף 2.7 דצ"ס/מ' (טבלה 10). ההבדל בין הקליטה (שנקבעה בבדיקות N בצמח) לבין ההתצרוכת (ההפרש שבין תוספת N והכמות שהודחה) גובע מכמה סיבות: 1. בסיום הניסוי נותרה כמות N מסוימת בתמיסה. הכמות מוערכת כ- 3 ג/מ² ויש להפחיתה מהתצרוכת. 2. כמות N שנמצאה בצמח אינה כוללת חנקן-חנקתי. כמות זאת, שיכולה להגיע לכ- 5% מהחנקן המחזור מוערכת בכ- 2-3 ג/מ². 3. כמות החנקן שהודחה חושבה לפי ריכוז N ממוצע בתמיסה במשך היום בעוד שההקזה נעשתה בצוהריים, כאשר ריכוז N היה מרבי (נתונים לא מוצגים). עובדה זאת מגדילה את ההדחה ומקטינה את התצרוכת בכ- 2 ג/מ². 4. אמדן הקליטה בפירות מבוסס על שלוש אנליזות כימיות בלבד לאורך העונה וייתכן שיש בו תת-הערכה מסוימת שאת גודלה לא ניתן להעריך. קליטת N (כמו ייצור DM) הייתה מרבית בטיפול WP ועלתה עם עליית רוחב המצע. הגדלת סף ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' הקטינה קליטת N רק בטיפול RV וגם שם בעיקר ברוחב מצע 10 ס"מ (טבלה 10). השפעת הטיפולים על היחס N בפירות שנקטפו חלקי סך קליטת N הייתה קטנה ונעה בין 0.66 ל- 0.70, כאשר הערך הנמוך מאפיין את טיפול RV וסף EC של 4.0 דצ"ס/מ' (טבלה 5).

דיון

נבדקו מתאמים (בשיטת ה- *Stepwise regression*) בין מדדי יבול מחד וריכוזי יסודות וריבועיהם בכלל העלים בתאריכים 30.3.04 ו- 7.6.04, מאידך. המתאמים (נספח 7) לימדו שעליה בריכוז Na בעלים באביב ו- CI בקיץ היתה קשורה לירידה ביבול הכללי והאיכותי של הפירות בעוד שעליה בריכוז P בעלים היתה קשורה לעליה ביבול פירות סוג A ולהגדלת משקל פרי בודד. עליה בריכוז Mn בעלים בתחילת הקיץ הייתה קשורה לעליה במשקל פרי בודד בקטגוריה A והשפיעה על היבול המצטבר הנגוע בשחור פיטם דרך פונקצית פעמון שהמינימום שלה היה בריכוז Mn של 123 מ"ג/ק"ג. הגורם העיקרי שיכול היה להשפיע על קליטת P ו- Mn הוא pH התמיסה, שכן ירידת pH מגדילה מסיסות יונים אלה. למרות שהקטנת ערך סף ה- EC גורמת

לירידה ב- pH התמיסה (איור 3), סף ה- EC לא השפיע באופן מובהק על היבול הכללי ויבול פירות סוג A כאשר רוחב המצע היה 20 או 50 ס"מ. המשמעות היא שגורמים פרט ל- pH השפיעו על קליטות מזינים אלה, למשל- תחרות בקליטה. במצע ברוחב 10 ס"מ הגדלת סף ה- EC פגעה ביבול, במיוחד בטיפול RV. בתנאי הדיות המירבית (6 מ"מ ליום) קצב הקליטה הוא כ- 2 ל" (צמח יום). אם הקליטה העיקרית נעשית במשך 5 ש' (איור 8) מקבלים קצב קליטה של 0.4 ל' לצמח לשעה. בפרלייט, θ לאחר סיום הניקוז המהיר (כחצי שעה לאחר סיום ההשקיה) = 0.45 v/v . בטיפול מצע ברוחב 10 ס"מ (3.3 ל' לצמח) מלאי המים לצמח ברטיבות זאת הוא 1.5 ל'. הוצאת 0.4 ל' מים לאחר סיום הניקוז המהיר תוריד את θ ל- 0.33, וזה עלול לגרום לירידה חזקה במקדם המוליכות ההידראולית של המצע ולהאט שטף תנועת המים והמזינים אל השורשים. במצע ברוחב כפול הבעיה פחותה אך בשעות שיא בקליטה יכולה להתעורר בעיה דומה גם שם. חישוב זה ומגבלת גידול השורשים (טבלה 6) פוסלים גידול פלפל במצע ברוחב 10 ס"מ כאופציה גידול ראלית בפרלייט במערכות השקיה סגורות.

צינון בהתזה במי ברז (טיפול FG) הוריד באופן מובהק את יכול הפירות בכל הקטגוריות בהשוואה לצינון באוורור גג (RV) ובמזרן לח (WP) (טבלה 4) ולכן שיטה זאת אינה באה בחשבון בפלפל לפי שעה. מזרן לח שיפר יבולים, הקטין את כמות המים הדרושה לייצור ק"ג חומר יבש והקטין הדחת תמיסה מהחממה בהשוואה לאוורור גג. שיפור היבולים נבע מהקטנת ריכוזי Na ו- Cl בעלים (טבלה 7א, ב) ומהגדלת ריכוז הזרחן בעלים דיאגנוסטיים (נספח 5). ההחלטה הסופית איזה משטר צינון עדיף תלויה בניחות כלכלי שיביא בחשבון את עלות המזרן הלח, האנרגיה להפעלתו וכמות המים שהוא דורש לצורך הצינון ההתנדפותי.

מסקנות מהניסוי

ניתן למתן עקות מלח בתמיסות מסוחררות על ידי העלאת הלחות היחסית בחממה בעזרת מזרן לח או על ידי הגדלת נפח מצע הגידול. ניתן להגדיל את סף ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 במצע שרוחבו 20 ס"מ ומעלה ללא פגיעה ביבול תוך חיסכון בתשומות מים ודשן והפחתת זיהום הסביבה. צינון בהתזה ומצע פרלייט ברוחב 10 ס"מ הן אופציות גידול לא ריאליות בפלפל במערכות השקיה סגורות.

ספרות

- בר-יוסף, ב., אירית לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 2000. תגובת פלפל למיחזור מים ודשן בחממה. גן שדה ומשק אוקטובר עמ' 45-51.
- כהן ש. וחובריו. 2002. מחזור מים בפלפל בתנאי הערבה, תחנת זוהר ותחנת יאיר. סיכום עונת 2001/2002, מו"פ ערבה. 10 עמ' (דיסק)
- Bar-Yosef, B., T. Markovich, Irit Levkovich. 1999. Pepper esponse to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Horti 548:357-364.
- Cohen, Y., ----- (ref on heat pulse)

טבלה 1. פרוט הטיפולים וטמפרטורת האויר (T), הלחות היחסית (RH) והקרינה הגלובלית (R) בהם בתקופות גידול רגישות (T ו-RH ממוצעים בין 1.3.04 לבין 26.6.04 R ממוצעת בין 1.11.03 לבין 1.3.04). הערכים שבטבלה הם ממוצעי מדידות מעל גובה הנוף ובמרכז השיחים.

(RV = Roof ventilation; FG = Fogging [leaf wetting]; WP = Wet pad)

Tr Ch Clim EC Sub	Clim. regime	Thresh EC (dS/m)	Subs width (cm)	T summer (°C)	RH summ (%)	R winter (MJ m ⁻² d ⁻¹)
1 RV 5.5 50	RV	5.5	50	25.1	64	-
2 FG 2.7 50 2 FG 2.7 20 2 FG 2.7 10	FG	2.7	50 20 10	24.5	70	5.9
3 RV 2.7 50 3 RV 2.7 20 3 RV 2.7 10	RV	2.7	50 20 10	24.9	67	6.8
4 FG 4.0 50 4 FG 4.0 20 4 FG 4.0 10	FG	4.0	50 20 10	24.8	73	6.9
5 RV 4.0 50 5 RV 4.0 20 5 RV 4.0 10	RV	4.0	50 20 10	25.0	66	6.4
6 WP 2.7 50 6 WP 2.7 20 6 WP 2.7 10	WP	2.7	50 20 10	24.3	70	6.6
7 WP 4.0 50 7 WP 4.0 50 7 WP 4.0 50	WP	4.0	50 20 10	24.6	70	6.6

Table 2. Treatment effects on all season average Δ pH (emitter solution pH – drainage pH) of recycled solution^a.

Threshold pH	Cooling method					
	WP				RV ^b	FG
	Growth substrate width (cm)				Ch mean	Ch mean
10	20	50	width Av			
Δ pH						
2.7	0.40	0.49	0.42	0.43	0.43	0.45
4.0 ^c	0.20	0.34	0.26	0.27	0.20	0.06

^aSpecific growth substrate width effect was determined in treatment WP only. In the RV and FG treatments the combined growth substrate effect was measured (Ch mean).

^bIn RV a threshold EC of 5.5 dS/m was also studied, but only with 50 cm wide substrate. The time average Δ pH in this treatment was 0.35.

^cIn treatments with threshold EC 4.0 dS/m negative Δ pH values prevailed during January-February

טבלה 3. ריכוזי יונים שהצטברו בתמיסה בטיפול סף ה-EC (ממוצעי שלושת טיפולי הצינור). התוצאות הן מיום סיום הניסוי (29/6/04, ממוצע טפטפות ונקז). הריכוזים במי ברז מוצגים אף הם.

Threshold EC (dS/m)	Elements accumulating in recycled solutions					
	Cl	SO ₄	B	Na	Ca	Mg
	Last 4 months means, mg/L					
2.7	449	96	0.26	282	75	45
4.0	908	207	0.31	548	133	75
5.5	1441	295	0.38	864	161	108
Fresh water	246	57	0.1	145	48	26

טבלה 4. יבול פלפל ומרכיביו כתלות במשטר הצינון, רוחב מצע הגידול וסף ה-EC להחלפת תמיסות. מוצגים יבול כללי, יבול סוג A ומשקל פירות בגודל מתאים לשווק [M] שהיו נגועים בשחור פיטם [BER] (מצטברים לכל אורך תקופת הקטיף 16/12/03 – 26/6/04). כמו כן מוצגים משקל פרי ממוצע סוג A ו-1% פירות נגועים בשחור פיטם (בקטיף האחרון וממוצע כל העונה).

Table - . Accumulated total and export fruit yield (last harvest 26.6.04), cumulative weight of blossom end rot fruits, average fruit weight and %BER of all fruits on 26.6.04, and all season average fruit weight and %BER fruits

Climate	Vol width cm	EC dS/m	Cumulative			Date specific		All season average			
			Total Yld	Export Yld	BER	Av	BER	Fruit	Export frt	BER	
			g/pl	g/pl	g/pl	Fruit wt	incidence	weight	weight	incidence	
						g/fr	%	g/fr	g/fr	%	
WP	50	2.7	5499	3773	741	135	19.6	166	188	19.4	
		4	5263	3935	506	134	17.8	167	193	15.8	
	20	2.7	4658	3058	587	133	18	155	182	18.7	
		4	4712	2989	762	131	21.8	157	182	16.3	
	10	2.7	4571	2903	676	131	23.5	154	179	18.7	
RV		4	4351	2962	529	128	22.1	155	182	17.3	
	50	2.7	4865	3383	730	119	26	156	190	25.7	
		4	4826	3028	673	116	14.9	147	181	24.4	
		5.5	4428	2854	726	119	28.8	146	180	20.4	
	20	2.7	4116	2631	681	119	27.5	150	180	24.5	
FG		4	4216	2443	764	117	19	138	171	21.1	
	10	2.7	4205	2721	671	114	24.1	146	180	23	
		4	3951	2361	683	114	17.4	135	170	23.9	
	50	2.7	4512	2676	797	124	28.5	149	186	24.2	
		4	4443	3129	438	126	13.8	163	186	14.5	
Main effect averages	20	2.7	3699	2048	657	123	26.9	142	178	27.9	
		4	3849	2461	444	122	11.9	150	177	17	
	10	2.7	3720	2133	672	124	22.7	142	175	24	
		4	3816	2631	461	122	16.3	153	178	18.5	
Main effect averages			ANOVA								
Climate	WP		4842 a	3270 a	634 ab	132 a	20.5	159 a	184 a	17.4 c	
	RV		4372 b	2774 b	704 a	117 c	22.5	145 c	179 b	23.9 a	
	FG		4007 c	2513 c	578 b	124 b	20	150 b	180 b	20.6 b	
Volume	50		4834 a	3254 a	659	125	21.3	156 a	186 a	19.9	
	20		4208 b	2605 b	649	124	20.9	149 b	178 b	21.3	
	10		4102 b	2619 b	616	122	21	147 b	177 b	21.3	
EC	2.7		4427	2814	690 ab	125	24.1 b	151	182	22.7 a	
	4		4381	2882	584 b	123	17.2 c	152	180	18.5 b	
RV [50cm]	5.5		4428	2854	726 a	119	28.8 a	146	180	24.1 a	
Av all			4405	2848	642	123.7	21.1	151.2	181	20.8	
F Clim			41.8***	44.7***	4.7*	25.9***	ns	26.3***	8.8***	18.8***	
F Vol			44.7***	50.3***	ns	ns	ns	17.7***	34.***	ns	
F EC			2.5 (0.09)	2.6 (0.08)	5.2**	ns	22.1***	ns	3.1*	12.8***	
F Clim*EC			ns	10.8***	6.2**	ns	9.5***	7.9**	11.4***	10.2***	
F Vol*EC			ns	ns	4.2*	ns	ns	ns	ns	ns	
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Cl*Vo*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F model			9.9***	12.2***	2.7**	3.3***	4.2***	6.9***	6.3***	5.5***	
CV (%)			7.2	9.9	21.5	5.9	23.8	4.4	2.6	18.2	

טבלה 5. משקל סך החומר היבש והחנקן המחוזור שנמצאו בפירות שנקטפו¹ ובחלקי הצמח העל-קרקעיים² בסיום הניסוי.

Treatment			Harvested	ST+LV+	Harvested	ST+LV+	Total	Total
			fruits	unripe FR	fruits	unripe FR		
			DM	DM	N	N	DM	N
			29.6.04	7.6.04	29.6.04	7.6.04		
Climate	Vol	EC	(end)	sample	(end)	sample	arvested+vine)	
	cm	dS/m	g/m2	g/m2	g/m2	g/m2	g/m2	g/m2
WP	50	2.7	1462.4	902.4	26.6	22.9	2364.8	49.6
		4	1430.8	1024	25.2	24.3	2454.8	49.4
	20	2.7	1168.6	825.6	21.8	19.8	1994.2	41.6
		4	1400.5	822.4	22.9	19.6	2222.9	42.5
RV	10	2.7	1211.7	841.6	23.1	21.0	2053.3	44.1
		4	1277.0	710.4	23.0	18.3	1987.4	41.3
	50	2.7	1351.3	876.8	24.1	26.3	2228.1	50.4
		4	1305.9	896	24.0	21.2	2201.9	45.2
FG	20	5.5	1216.5	905.6	22.8	21.5	2122.1	44.3
		2.7	1006.3	761.6	19.7	21.5	1767.9	41.1
	10	4	1036.0	800	20.9	20.3	1836.0	41.2
		2.7	1210.1	764.8	22.9	21.7	1974.9	44.6
Clim Av.	50	4	915.1	739.2	17.7	19.3	1654.3	37
		2.7	1234.2	713.6	24.0	19.5	1947.8	43.6
	20	4	1164.9	752	22.1	16.8	1916.9	38.9
		2.7	977.6	630.4	19.3	16.8	1608.0	36.1
Vol Av	10	4	1117.3	688	20.7	16.6	1805.3	37.3
		2.7	1078.0	595.2	19.1	15.5	1673.2	34.6
	50	4	983.2	672	17.7	15.5	1655.2	33.2
		2.7	1329.3	849.6	23.7	21.0	2178.9	44.8
EC Av	RV		1138.9	819.84	21.4	21.7	1958.7	43.4
	FG		1091.0	676.48	20.3	16.8	1767.5	37.3
	50		1309.7	859.2	23.8	21.8	2168.9	45.9
Vol Av	20		1112.5	756.48	21.0	19.1	1869.0	40.0
	10		1111.0	721.28	20.6	18.5	1832.3	39.1
	2.7		1189.8	765.12	22.5	20.6	1954.9	42.9
EC Av	4		1181.7	788.48	21.8	19.1	1970.2	40.7
	5.5		1216.5	903.36	22.8	21.5(50 cm)	2119.8	44.3(50 cm)

File pepbsrdmharv.xls:toreport

טבלה 6. משקל שורשים יבשים לא מעוצים בטיפולים השונים ביום 10/6/04. היכן שה- s.d. אינו מצויין נבדקה חזרה אחת בלבד. טיפולי התזה (FG) לא נכללו בבדיקה זאת.

Treatment	Dry root wt (g/pl) ± s.d.	Treatment	Dry root wt (g/pl) ± s.d.
WP 2.7 10	11.5 ± 0.5	RV 2.7 10	9
WP 2.7 20	14 ± 2.9	RV 2.7 20	10.5
WP 2.7 50	21.6 ± 1.7	RV 2.7 50	23.3 ± 3.8
WP 4.0 10	8.5	RV 4.0 10	9.3 ± 1.4
WP 4.0 20	23.7	RV 4.0 20	21.8 ± 0.5
WP 4.0 50	16.3	RV 4.0 50	23.1 ± 0.4
		RV 5.5 50	24.5
Means			
WP	15.9	2.7 dS/m	15.0
RV	17.4	4.0 dS/m	17.1
		5.5 dS/m	24.5
50 cm	21.1		
20 cm	17.5		
10 cm	9.5		

טבלה 7א. ריכוזי יסודות בעלי צמח פלפל בסוף חודש מרץ. מוצגים ממוצעי הטיפולים, סטיית התקן (sd) וניתוח השונות. היבול המרבי התקבל בטיפול WP, 2.7 דצ"ס/מ', 50 ס"מ רוחב מצע.

Climate	Substrate width cm	EC dS/m	N	sd	P	sd	K	sd	Sampling date 30.3.04 (leaves)										Fe	sd	Zn	sd	Mn	sd
									Ca	sd	Mg	sd	Na	sd	Cl	mg/kg								
WP	50	2.7	3.7	0.3	0.37	0.03	8.6	0.6	3.3	0.4	1.05	0.1	1.05	0.1	1.03	500	97	111	23	347	33			
		4	3.8	0.2	0.4	0.06	7.9	0.7	3.4	0.4	1.1	0.08	1	0.14	1.1	505	301	147	22	330	31			
		20	2.7	3.8	0.1	0.38	0.03	8.1	0.1	3.1	0.3	1.03	0.17	1.02	0.05	0.98	451	74	83	2	347	32		
		4	3.7	0.3	0.36	0.03	8	0.2	3.4	0.4	1.15	0.1	1.02	0.05	1.13	436	59	128	10	335	38			
		10	2.7	3.8	0.5	0.36	0.03	8.6	0.6	3.6	0.2	1.13	0.05	1.15	0.1	1.03	525	21	92	10	393	25		
		4	3.7	0.3	0.36	0.02	8.2	0.3	3.4	0.3	1.13	0.13	1.02	0.05	1.1	382	38	128	9	340	25			
RV	50	2.7	4	0.1	0.35	0.05	8.3	0.7	2.9	0.4	0.9	0.08	1.08	0.1	1.03	714	185	113	22	339	34			
		4	3.7	0.2	0.35	0.01	8	0.7	3.6	0.3	1.15	0.1	1.03	0.1	1.2	787	219	113	8	352	21			
		5.5	3.6	0.1	0.33	0.02	7.3	0.4	3.4	0.2	1.13	0.05	0.95	0.06	1.33	704	70	128	27	369	34			
		20	2.7	3.9	0.1	0.36	0.04	8.4	0.2	2.75	0.1	0.93	0.1	1.15	0.13	0.95	801	135	94	8	333	32		
		4	3.8	0.1	0.35	0.04	8	0.7	3.4	0.1	1.08	0.1	1.05	0.1	1.1	826	126	103	13	337	12			
		10	2.7	3.9	0.2	0.32	0.02	8.5	0.4	2.8	0.2	0.92	0.05	1.13	0.05	1	712	82	103	20	344	8		
	4	3.6	0.2	0.34	0.01	8.8	0.2	3.2	0.4	1	0.11	1.1	0.08	1.13	735	156	98	13	334	46				
FG	50	2.7	3.8	0.2	0.32	0.01	7.4	0.4	3.3	0.1	1.15	0.06	1.22	0.05	1.8	564	71	106	14	332	27			
		4	3.8	0.2	0.35	0.03	6.3	0.2	3.4	0.1	1.18	0.05	1.18	0.05	2.04	533	122	130	27	356	8			
		20	2.7	3.9	0.1	0.32	0.04	7.7	0.4	3.1	0.1	1.08	0.1	1.2	0.08	1.55	555	105	97	6	333	20		
		4	3.9	0.1	0.37	0.04	7.2	0.5	3.1	0.3	1.1	0.08	1.12	0.09	1.83	485	43	108	19	320	32			
		10	2.7	4	0.2	0.32	0.03	7.6	0.7	3	0.1	1.08	0.05	1.2	0.08	1.68	526	56	99	5	319	32		
		10	4	4	0.1	0.37	0.03	7.6	0.6	3.1	0.4	1.13	0.1	1.25	0.06	1.9	505	108	121	17	348	81		
Main effect means																								
Clim	WP		3.7		0.37		8.2	a	3.4	a	1.1	a	1.05	b	1.06	466	c	115	a	348				
	RV		3.8		0.34		8.2	a	3.1	b	1.01	b	1.07	a	1.1	754	a	107	c	344				
	FG		3.9		0.34		7.3	b	3.1	a	1.12	a	1.2	a	1.8	528	b	110	b	335				
Vol	50		3.7		0.35		7.7	b	3.3	a	1.09	ns	1.07	b	1.36	615	ns	121	a	346				
	20		3.8		0.36		7.9	ab	3.1	b	1.06	ns	1.1	a	1.25	592	ns	102	b	334				
	10		3.8		0.35		8.2	a	3.2	ab	1.06	ns	1.14	a	1.3	564	ns	107	b	346				
EC	2.7		3.8		0.34		8.1	a	3.1	b	1.03	b	1.13	a	1.23	594	ns	100	c	343				
	4		3.8		0.36		7.8	ab	3.3	ab	1.11	a	1.09	ab	1.39	577	ns	119	b	339				
	5.5		3.6		0.33		7.3	b	3.4	a	1.13	a	0.95	b	1.33	704	ns	127	a	369				
ANOVA																								
Av	all		3.8		0.35		7.9		3.2		1.07		1.1		1.31	592		110		342				
F	Clim		ns		5.5**		31***		5.3**		11.8***		21***		144***	35.8***		3*		ns				
F	Vol		ns		ns		7.6**		3.2*		ns		4.8*		ns	ns		11***		ns				
F	EC		ns		ns		5.8**		7.2**		7.7**		8**		8.3***	ns		16***		ns				
F	Clim*EC		ns		ns		ns		6.1**		3.1*		ns		ns	ns		9.3***		ns				
F	Vol*EC		ns		ns		3.3*		ns		ns		ns		ns	ns		ns		ns				
F	Clim*Vol		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns		ns		ns				
F	Cl*Vo*EC		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	ns		ns		ns				
F	model		ns		ns		5.9***		3**		3.2***		4.3***		18***	4.6***		4.6***		ns				
Original data file name: PepLvsEI0404.xls																								

טבלה 8. ריכוז יסודות ו-% ח.י. בפירות פלפל סוג א' שנקטפו ביום 18.5.04.

Climate	Vol	EC	%DM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn
	cm	dS/m		g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	mg/kg	mg/kg	mg/kg
WP	50	2.7	10.2	1.6	0.32	2.48	0.035	0.12	0.45	0.2	91	22	20
		4	9.3	1.58	0.33	2.28	0.05	0.12	0.44	0.22	73	30	24
	20	2.7	9.5	1.6	0.32	2.28	0.05	0.11	0.43	0.18	92	24	22
RV		4	10.3	1.58	0.34	2.2	0.05	0.11	0.4	0.22	73	24	23
	10	2.7	10.3	1.6	0.34	2.42	0.035	0.11	0.44	0.17	61	22	21
		4	9.8	1.8	0.36	2.23	0.04	0.11	0.48	0.17	81	27	22
FG	50	2.7	9.8	1.58	0.31	2.1	0.048	0.12	0.48	0.16	77	31	27
		4	11	1.5	0.34	2.4	0.053	0.13	0.49	0.19	84	32	25
		5.5	9.8	1.73	0.36	2.73	0.05	0.13	0.64	0.25	88	33	24
Vol Av	20	2.7	9.3	1.73	0.37	2.3	0.065	0.13	0.56	0.19	71	27	37
		4	9	1.88	0.39	2.15	0.053	0.12	0.53	0.2	85	24	22
	10	2.7	10.5	1.7	0.32	2.15	0.043	0.11	0.5	0.15	102	29	25
EC Av		4	8.3	1.58	0.35	2.53	0.055	0.14	0.54	0.2	85	24	32
	50	2.7	9.8	1.8	0.34	2.18	0.045	0.11	0.65	0.23	88	34	29
		4	10	1.78	0.35	2.2	0.058	0.13	0.73	0.31	78	30	26
Anova	20	2.7	8.8	1.95	0.38	2.55	0.055	0.15	0.77	0.28	88	33	25
		4	11.5	1.73	0.33	2.28	0.045	0.11	0.7	0.27	82	33	25
	10	2.7	11	1.68	0.33	2.03	0.05	0.13	0.64	0.24	80	34	23
Clim Av.		4	9.8	1.73	0.32	2.45	0.055	0.14	0.76	0.27	70	36	29
	WP		9.9	1.63	0.34	2.31	0.043	0.11	0.44	0.19	78.5	24.6	21.9
	RV		9.6	1.67	0.35	2.34	0.052	0.12	0.53	0.19	84.4	28.5	27.4
Vol Av	FG		10.1	1.78	0.34	2.28	0.51	0.13	0.71	0.26	80.9	33.2	25.8
	50		9.96	1.65	0.34	2.34	0.048	0.117	0.55	0.22	82.7	30.1	24.7
	20		9.7	1.74	0.36	2.29	0.053	0.12	0.56	0.22	81.8	27.3	25.8
EC Av	10		9.9	1.68	0.34	2.3	0.046	0.123	0.56	0.2	79.6	28.6	25.2
	2.7		9.9	1.69	0.34	2.28	0.047	0.117	0.55	0.2	83.2	28.3	25.4
	4		9.9	1.68	0.34	2.3	0.051	0.121	0.56	0.23	79	28.8	25.3
Anova	5.5		9.8	1.73	0.36	2.73	0.05	0.128	0.64	0.25	87.8	32.8	24
	Av all		9.87	1.69	0.34	2.31	0.049	0.12	0.56	0.215	81.4	8.8	25.2
	F Clim		ns	3.5*	ns	ns	3.1*	4.1*	91***	23.4***	ns	11.7***	9.5***
F Vol		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.8 (.07)	ns	ns	ns	
F EC		ns	ns	ns	4.3*	ns	ns	6.4**	7.**	ns	ns	ns	
F Clim*EC		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Vol*EC		3.26*	ns	ns	ns	ns	3.1*	4.2*	3.7*	ns	ns	ns	6.4**
F Clim*Vol		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cl*Vo*EC		ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.4(.064)	ns	ns	3.2*	ns	3.9**
F model		ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.*	11.8***	4.1***	ns	2.1*	3.2***
CV(%)		16.8	12.1	13.4	12.4	12.4	27.7	14.7	12.7	20.6	18.9	21.5	18.3

טבלה 9. מאזן מים (ET מצטברת, סך תוספת מים וסך ההדחה) בטיפולים השונים, ייצור חומר יבש כללי ויעילות ייצור החומר היבש על ידי הצמחים (WUE) בתקופת הניסוי (27/6/04 - 28/10/04). בכל הטיפולים חוץ מטיפול RV5.5, 50% משטח החדר היה תחת מצע ברוחב 50 ס"מ, 26.5% תחת מצע 20 ס"מ ו 23.5% תחת מצע 10 ס"מ. להערכת ה-ET במצע סטנדרטי (50 ס"מ) יש לכפול כל ET מוצג ב- 1.1 (ראה משוואות בנספח 8). בטיפול RV5.5 כל השטח היה תחת מצע ברוחב 50 ס"מ.

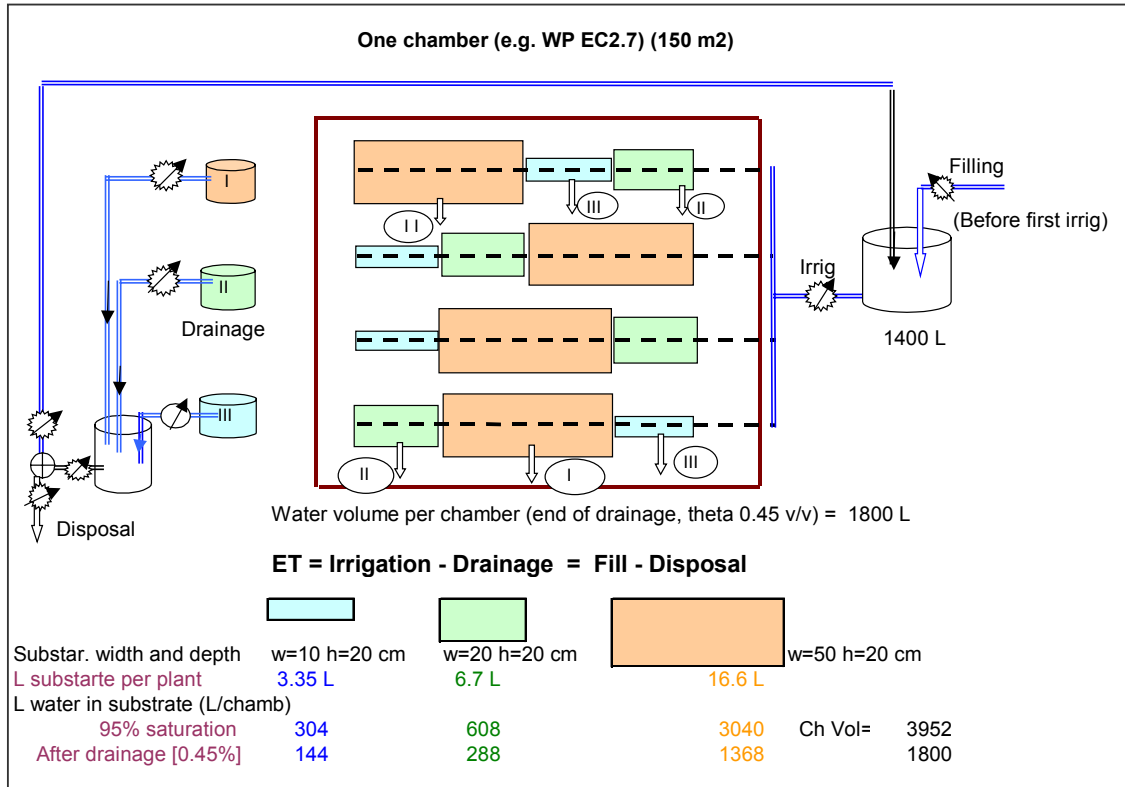
Treatment	Cumulative ET mm	Fresh water Added mm	Disposed Water mm	Total DM ^a g/m ²	WUE ^b L/kg DM
1RV5.5	623	686	63	2122	294
5RV4.0	521	668	146	1976	264
3RV2.7	559	1025	459	2073	270
7WP4.0	531	656	125	2284	232
6WP2.7	520	823	304	2193	237
4FG4.0	407	508	105	1826	223
2FG2.7	387	838	451	1793	216

^a Leaves, stems and unripe fruits on bush on 7/6/04 plus all season (up to 27.6.04) cumulative harvested fruits. Data derived from Table 7 by taking into account the contribution of each substrate width to the total DM in the chamber.

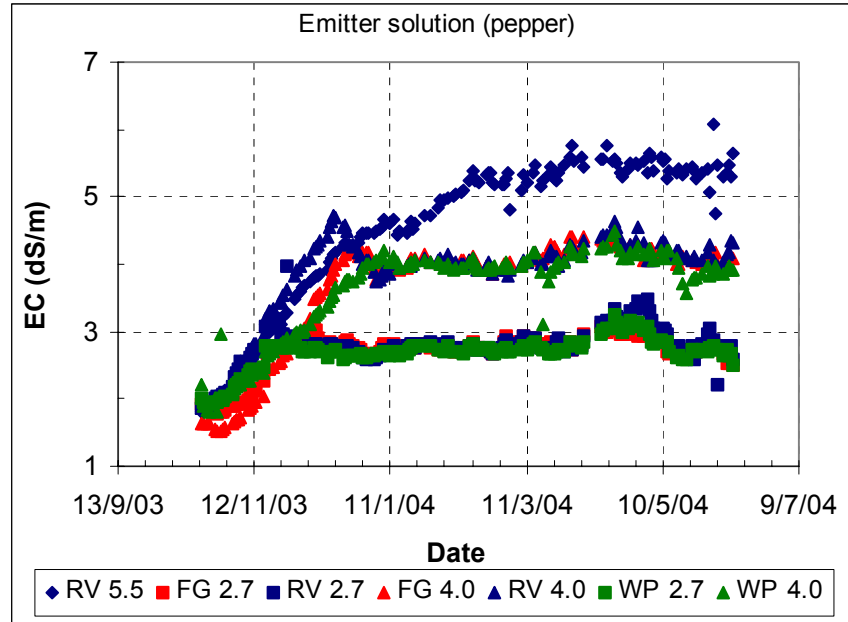
^b Cumulative ET (Lm⁻² ground until 27/6/04) divided by total DM production (kg m⁻² ground)

טבלה 10. מאזן החנקן (תוספת, הדחה ותצרוכת), קליטת החנקן על ידי הצמח, ריכוז החנקן בזרם הטרנספירציה וסך ייצור החומר היבש בטיפולים השונים. קליטת החנקן לחדר שלם חושבה לפי הקליטה הניסיונית לכל טיפול רוחב מצע ושטחו בחדר.

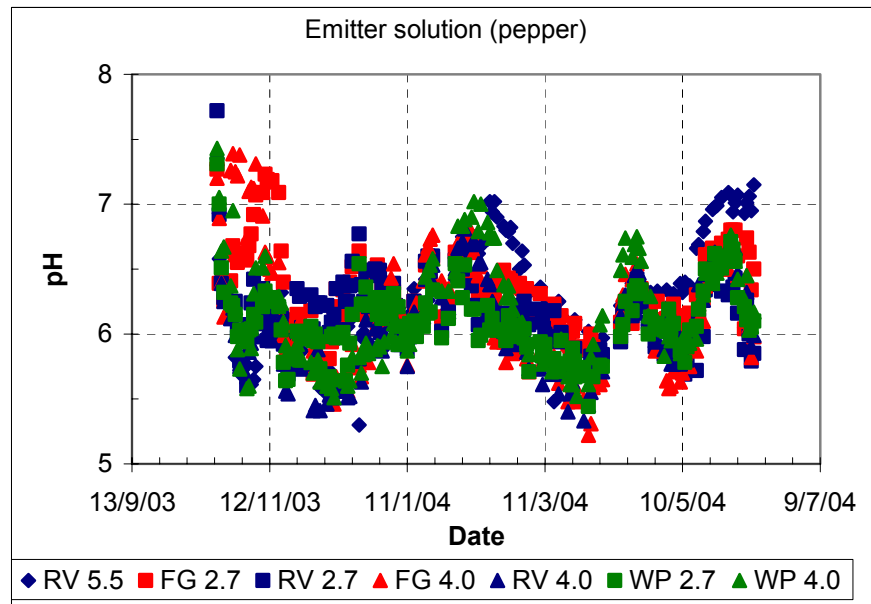
N balance (added, discharged and consumed), uptake by plant, concentration in transpiration stream and DM production in studied treatments. Planting 14.9.03; end 27.6.04. 3200 pl/du								
Treatment			Added	Discharged	Consumed N	N uptake	Cn	DM
Climate	EC	Subs. Width	N	N	Add-discharged		Transp strm	produced
	dS/m	cm		g N/m ²		g/m ²	mg/L	g/m ²
RV	5.5	(entire room) 50	69	12	57	44.3	71	2122
	4	50	-			45.2		2202
		20	-			41.2		1836
		10	-			37		1654
		Entire room	77	27	50	42.2	81	1976
	2.7	50	-			50.4		2228
		20	-			41.1		1768
		10	-			44.6		1975
		Entire room	136	75	61	46.6	83	2048
WP	4	50	-			49.4		2455
		20	-			42.5		2223
		10	-			41.3		1987
		Entire room	81	19	62	45.7	86	2284
	2.7	50	-			49.6		2365
		20	-			41.6		1994
		10	-			44.1		2053
		Entire room	110	44	66	46.2	89	2193
FG	4	50	-			38.9		1917
		20	-			37.3		1805
		10	-			33.2		1655
		Entire room	60	17	43	37.1	91	1826
	2.7	50	-			43.6		1948
		20	-			36.1		1608
		10	-			34.6		1673
		Entire room	112	70	42	39.5	102	1793



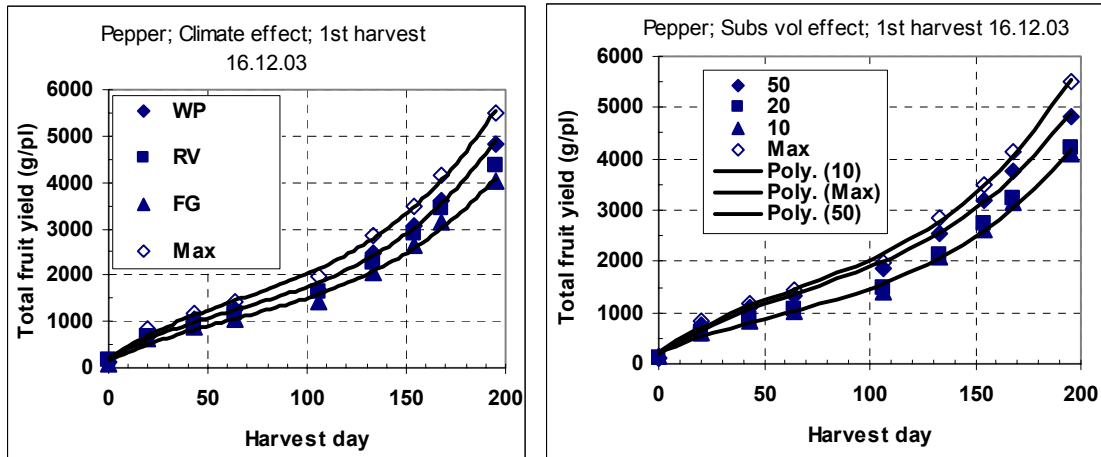
1. תאור סכמטי של מערכת המיחזור בכל אחד משבעת התאים בחממת האקלים. אחוז שטח החדר שהיה תפוס על ידי מצע ברוחב 10, 20 ו-50 ס"מ היה 24, 26 ו-50%, בהתאמה. נפח המים במצע ברוחבים השונים ניתן בתחתית האיור. ה-ET נמדדה בשתי שיטות: [השקיה פחות נקז] ו-[מילוי פחות הדחה].



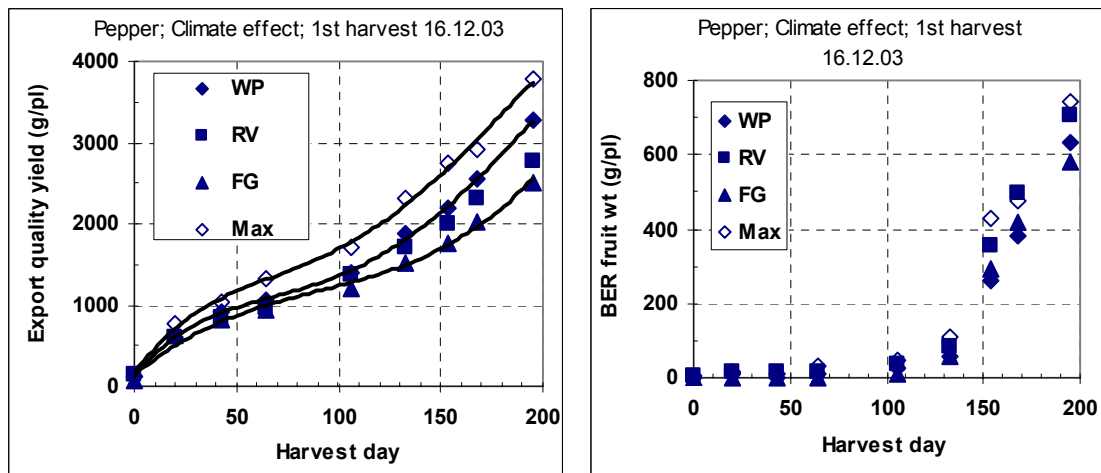
איור 2. EC במי הטפטפת כתלות בטיפול ובזמן. מדידות יום-יומיות בתמיסות שנאספו במשך 24 שעות. ההבדל בין ה-EC במי הטפטפת והנקז היה קטן, מיד מ-0.5 דצ"ס/מ'



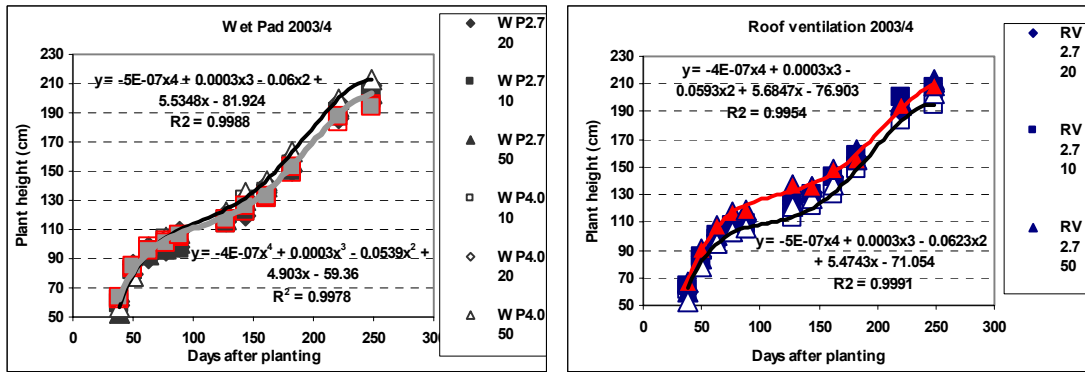
איור 3. pH במי הטפטפת כתלות בטיפול ובזמן. מדידות יום-יומיות בתמיסות שנאספו במשך 24 שעות.



איור 4. יבול סך הפירות כתלות בזמן. מימין: השפעת רוחב המצע בעומק קבוע של 20 ס"מ (ממוצע טיפולי האקלים וה-EC). משמאל: השפעת משטרי האקלים (ממוצע טיפולי נפח מצע ו-EC). לצורך השוואה ניתן גם הטיפול שנתן את היבול המרבי בניסוי (WP 50 cm 2.7 dS/m). הקווים הם פולינום מסדר 3.

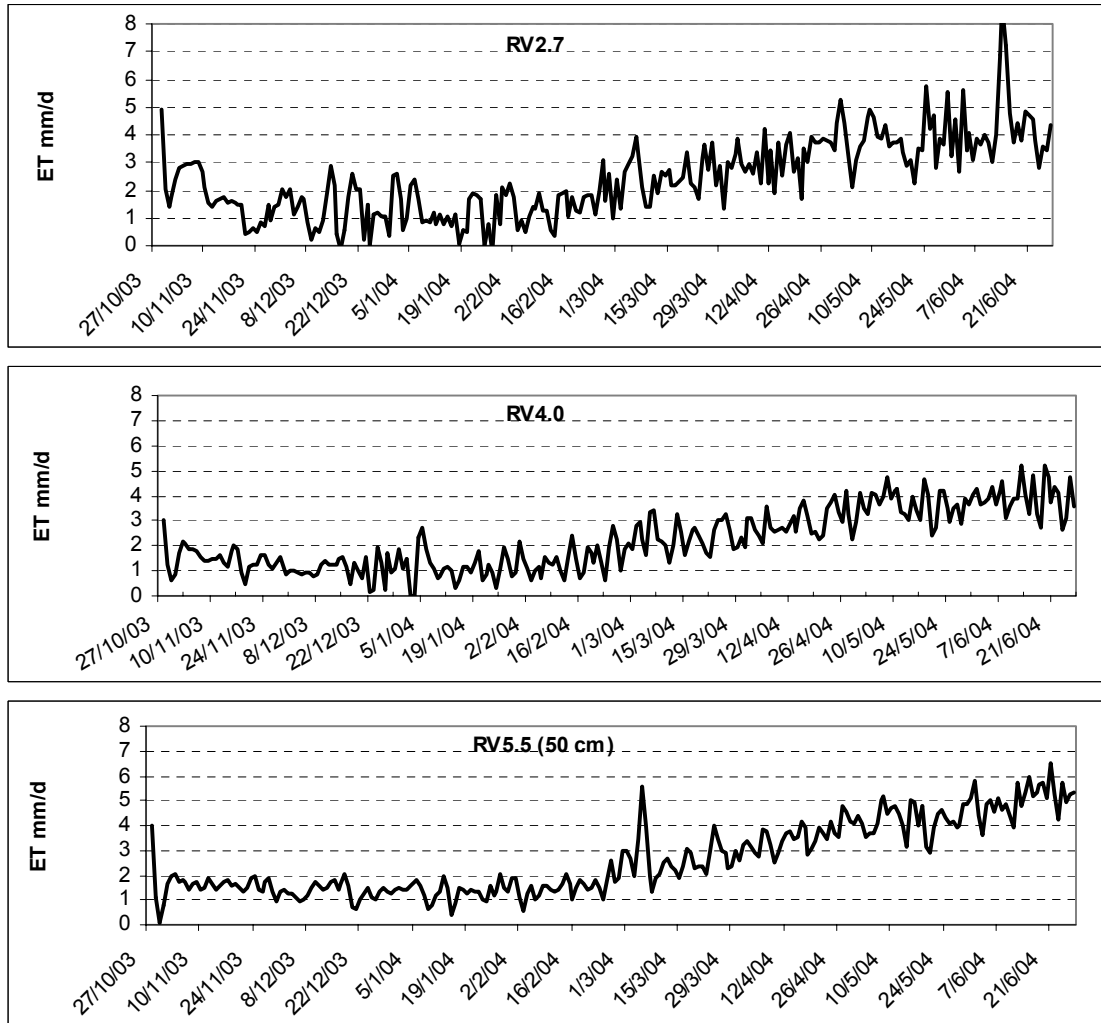


איור 5. השפעת הזמן (ממועד הקטיף הראשון, 16.12.03) וטיפולי האקלים (ממוצע נפחי מצע ו-EC) על יבול סוג A (שמאל) ומשקל הפירות שהתגלו כנגועים בשחור פיטם (ימין). כרפרנס ניתן גם הטיפול שנתן את היבול המרבי בניסוי (WP 50 cm 2.7 dS/m). הקווים הם פולינום מסדר 3.

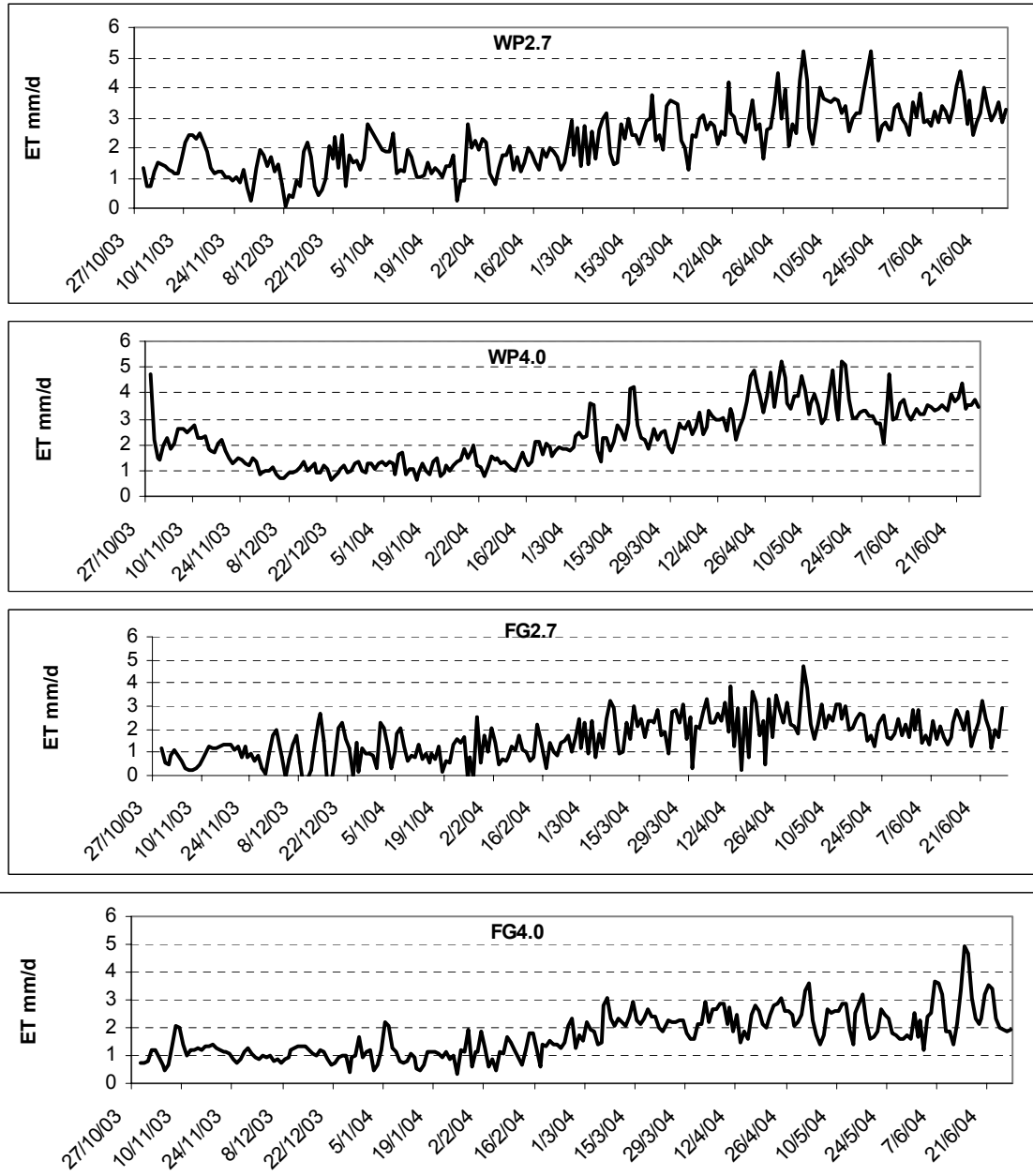


איור 6. גובה הצמחים בטיפולים השונים כתלות בזמן (שתילה 14.9.03). סטיית התקן הממוצעת בכל המדגמים (15 צמחים לחזרה) היתה 7.5% עם פיזור של $\pm 3.7\%$.

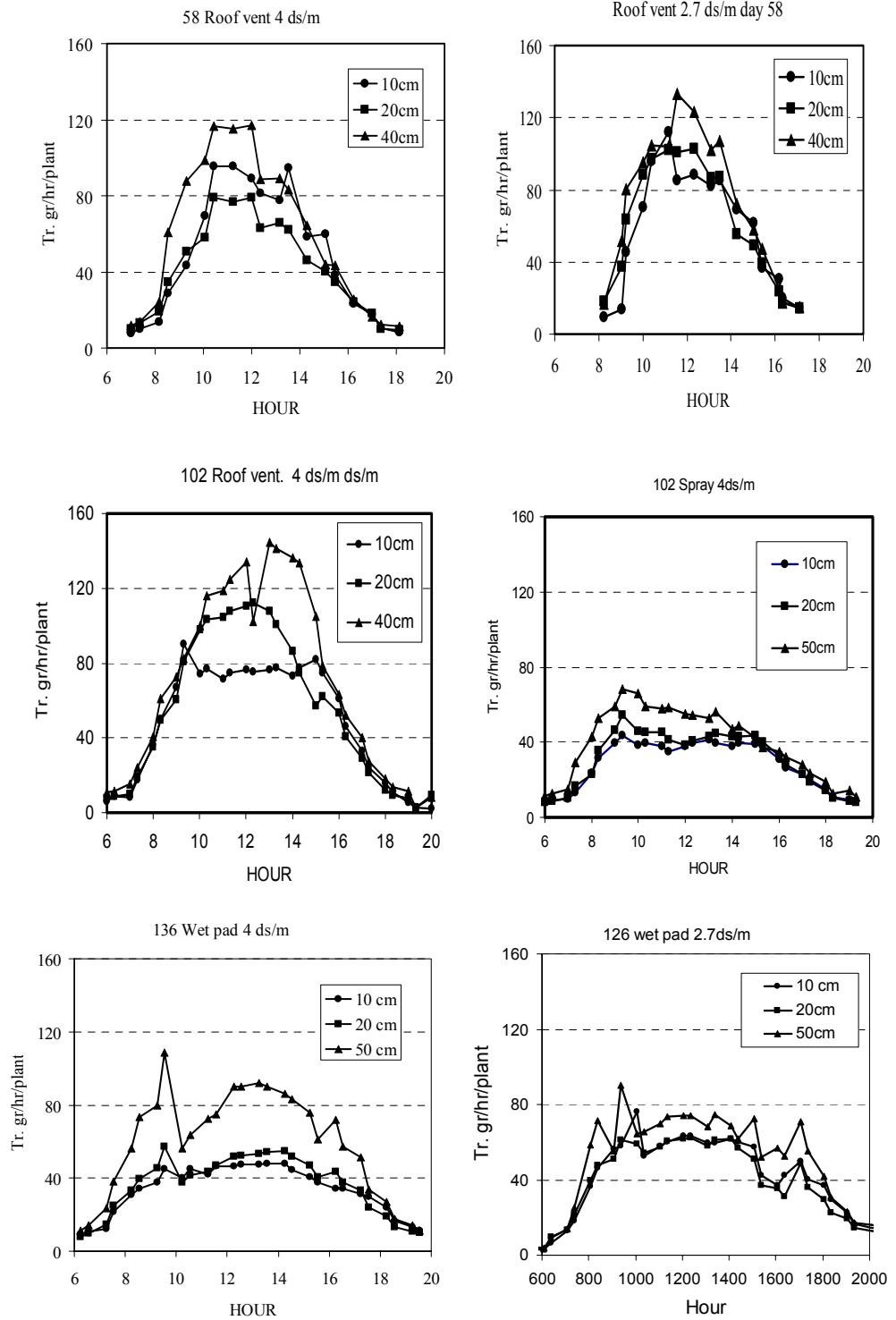
איור 7. אבפוטנספרציה (ET) יומית כתלות בזמן ובערך הסף להחלפת תמיסות בטיפול אוורור גג (RV).
ה-ET בערכי סף 2.7 ו-4.0 דצ"ס/מ' נקבעו בתאים בהם היו שלושה טיפולי רוחב מצע: 10, 20 ו-50 ס"מ.
להערכת ה-ET במצע סטנדרטי (50 ס"מ) יש לכפול כל תוצאה ב-1.1 (ראה משוואות בנספח 8). בטיפול
5.5 דצ"ס/מ' נבדק רוחב מצע 50 ס"מ בלבד.



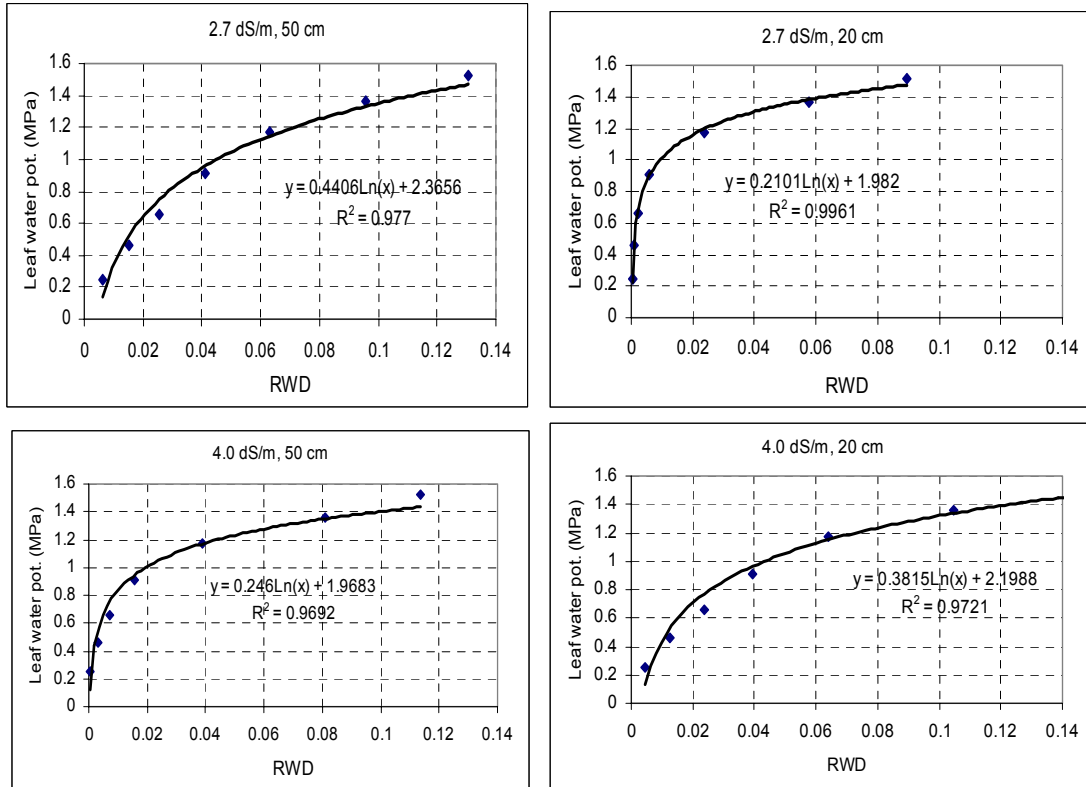
איור 7. אבפוטרגנספרציה (ET) יומית כתלות בזמן ובערך הסף להחלפת תמיסות בטיפולי מזרן לח (WP) והתזה (FG). ה-ET בערכי סף 2.7 ו-4.0 דצ"ס/מ' נקבעו בתאים בהם היו שלושה טיפולי רוחב מצע: 10, 20 ו-50 ס"מ. להערכת ה-ET במצע סטנדרטי (50 ס"מ) יש לכפול כל תוצאה ב-1.1 (ראה משוואות בנספח 8). בטיפול 5.5 דצ"ס/מ' נבדק רוחב מצע 50 ס"מ בלבד.



איור 8. דיות שעתית (מ"ל לצמח לשעה) לאורך היום בטיפולים שונים (משטרי צינור, סף EC, רוחב מצע [10, 20 ו-50 ס"מ]) בשלושה מועדים. כל קו הוא ממוצע של 7-10 צמחים. הבדיקות נעשו ע"י ד"ר י. כהן.

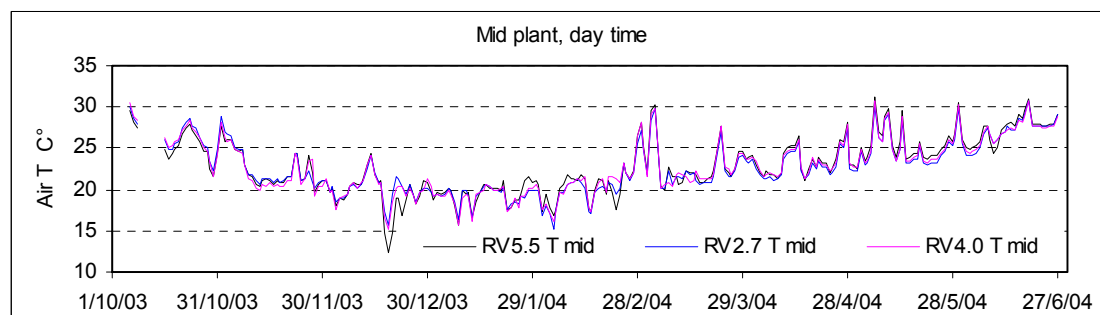
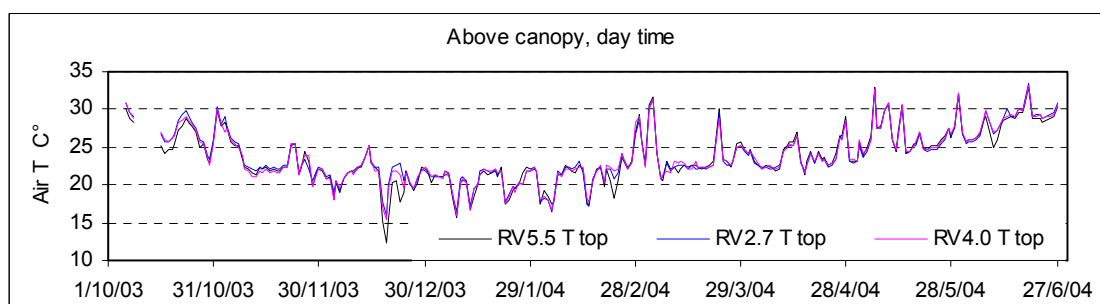
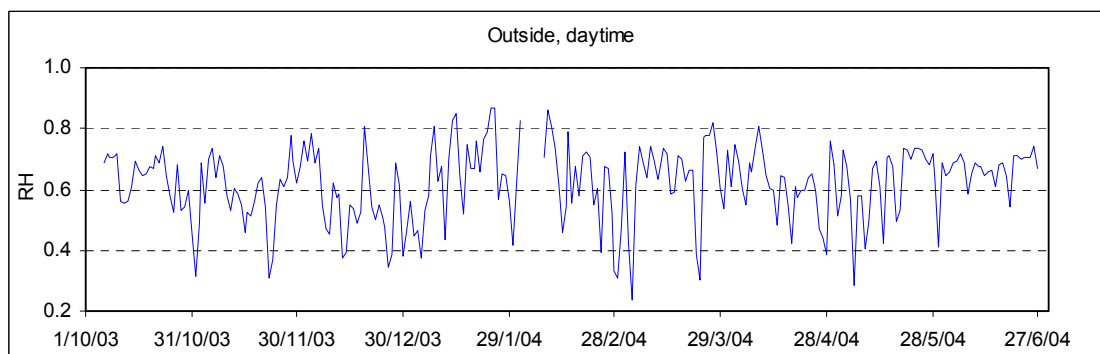
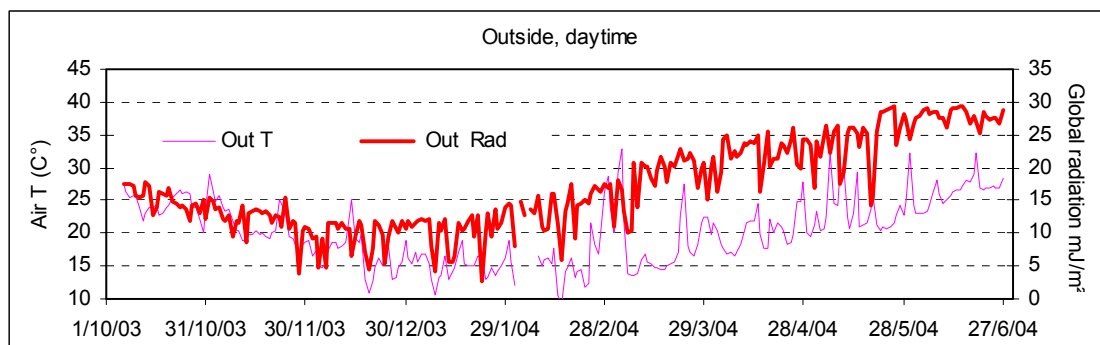


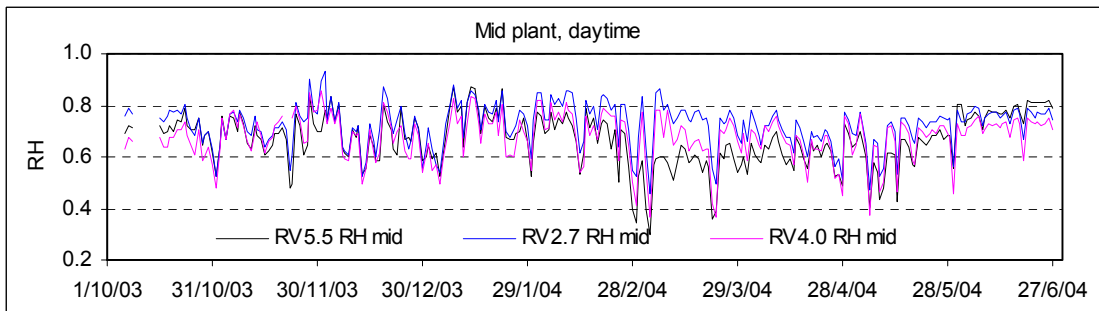
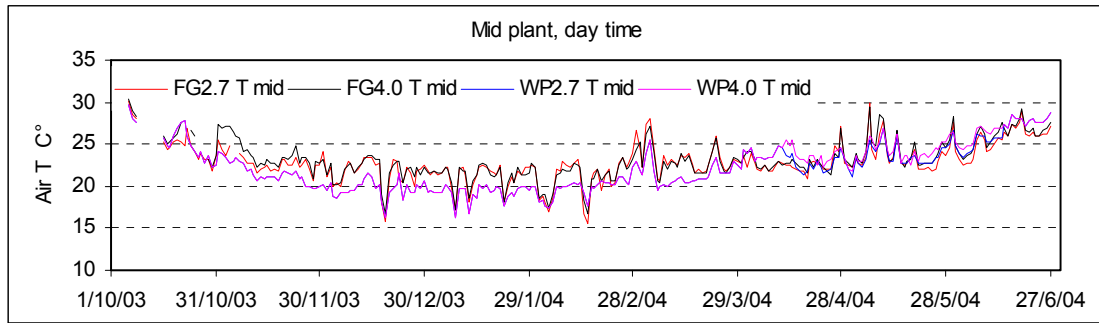
איור 9. עקום גרעון מים יחסי (RWD) מול פוטנציאל מים בעלה. הנתונים מתייחסים לטיפול RV ועלים מבוגרים באביב. הגדרות: $RWD = 1 - \theta_L / \theta_{SL}$, כאשר θ_L מייצג תכולת רטיבות משקלית בעלה ו- θ_{SL} תכולת רטיבות ברוויה. כל הנקודות באיור מסוים התקבלו מאותו עלה (מנותק) לאחר הרוויתו וחשיפתו ללחץ גובר לשיעורין באמצעות שולנדר. הבדיקות בוצעו על ידי ד"ר י. כהן.



נספח 1. תנאי האקלים (טמפרטורה, קרינה גלובלית ולחות יחסית) מחוץ לחממה ובתוכה בתקופת הניסוי.

הנתונים בחממה נמדדו מעל לנוף ובגובה אמצע הצמח, אך לא כולם מוצגים בזאת





נספח 2. משקל חומר יבש (וסטיית התקן) באברי הצמח (עלים, גבעולים פירות לא בשלים) באמצע הניסוי)

30.3.04 ולקראת סיומו

		Date 30.3.04																						
Substrate		Plant Fresh weight										Plant dry wt					% Dry matter							
Climate	width	EC	All pl	sd	LV	sd	ST	sd	FR	sd	All pl	sd	LV	sd	ST	sd	FR	sd	LV	sd	ST	sd	FR	sd
	cm	dS/m			g/plant										g/plant					g/100 g				
WP	50	2.7	2107	347	454	59	404	39	1249	254	198	37	56	7	71	12	71	21	12.4	1	17.5	2	5.6	1
		4	1940	66	436	50	413	65	1091	126	201	281	59	10	82	28	60	3	13.6	2	19.7	5	5.6	1
	20	2.7	1651	63	368	47	331	56	952	158	155	11	45	8	59	9	51	14	12.2	2	18	2	5.3	1
		4	1735	152	389	52	367	53	978	90	173	24	51	2	61	14	60	8	13.2	1	16.6	2	6.2	1
RV	10	2.7	1743	210	358	39	317	41	1068	161	154	35	41	5	60	14	53	21	11.5	1	18.7	2	5.1	2
		4	1797	182	387	42	373	29	1037	135	176	8	51	6	68	6	56	5	13.2	1	18.4	3	5.5	1
	50	2.7	1989	115	469	56	415	41	1104	46	225	45	63	9	56	24	106	59	13.4	1	14	6	9.5	5
		4	1994	307	446	56	379	60	1169	201	190	49	57	10	71	24	62	23	12.7	1	18.4	3	5.3	2
FG		5.5	1883	264	468	53	429	29	986	217	212	27	70	10	78	11	64	18	14.9	1	18.2	1	6.5	1
	20	2.7	1862	127	447	26	400	36	1015	81	204	19	62	3	70	5	72	16	13.9	0	17.4	1	7.2	2
		4	1643	285	389	48	355	39	899	206	169	22	53	7	60	6	56	10	13.8	1	16.9	0	6.3	1
	10	2.7	1707	210	411	41	358	25	938	154	183	41	53	7	62	8	68	30	12.8	1	17.3	1	7.2	3
FG		4	1647	71	350	17	331	18	967	78	162	10	43	2	56	7	63	15	12.2	1	17	1	6.5	1
	50	2.7	1736	168	441	10	402	17	893	173	184	5	60	2	71	5	53	6	13.7	0	17.6	1	6.1	1
		4	1987	147	426	51	375	40	1185	88	171	12	51	6	62	9	59	12	12	2	16.5	1	5	1
	20	2.7	1451	281	356	45	332	43	763	201	145	26	48	9	57	10	40	8	13.4	1	17	2	5.3	0
EC		4	1667	152	394	19	369	42	904	119	165	17	52	5	62	8	51	15	13.3	2	16.7	1	5.6	2
	10	2.7	1513	248	356	52	338	32	819	178	180	50	47	8	60	7	73	51	13.3	1	17.6	0	9.5	8
		4	1553	231	368	55	333	33	852	145	137	27	46	6	51	5	39	18	12.6	1	15.4	1	4.5	1
Main effect means																								
Clim	WP		1829	a	399	b	367	ns	1063	a	176	ab	51	b	67	ns	59	ab	12.7	b	18.1	ns	5.5	ns
	RV		1818	a	426	a	381	ns	1011	a	192	a	57	a	65	ns	70	a	13.4	a	17	ns	6.9	ns
	FG		1651	b	390	b	358	ns	903	b	164	b	51	b	60	ns	52	b	13.1	ab	16.8	ns	6	ns
Vol	50		1948	a	449	a	402	a	1097	a	197	a	59	a	70	a	68	ns	13.2	a	17.4	ns	6.2	ns
	20		1668	b	391	b	359	b	918	b	168	b	52	b	61	b	55	ns	13.3	a	17.1	ns	6	ns
	10		1660	b	372	b	342	b	947	b	165	b	47	c	59	b	59	ns	12.6	b	17.4	ns	6.4	ns
EC	2.7		1751	ns	407	b	366	b	978	ns	181	b	53	b	63	b	65	ns	13	b	17.2	ns	6.7	ns
	4		1774	ns	398	b	366	b	1009	ns	172	b	51	b	64	b	56	ns	13	b	17.3	ns	5.6	ns
	5.5		1883	ns	468	a	429	a	986	ns	212	a	70	a	78	a	64	ns	14.9	a	18.1	ns	6.5	ns
ANOVA																								
Av all			1769		406		369		993		178		53		64		61		13.1		17.3		6.2	
F Clim			5**		ns		ns		6.5**		4.5*		3.4*		ns		4*		ns		ns		ns	
F Vol			16***		17***		12***		11***		7.5**		14.6***		3.4*		ns		ns		ns		ns	
F EC			ns		ns		ns		ns		ns		3.3*		ns		ns		3.9*		ns		ns	
F Clim*EC			ns		3.4*		4.4*		ns		3.4*		3.4**		ns		ns		6.5**		ns		ns	
F Vol*EC			ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
F Clim*Vol			ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
F Cl*Vo*EC			ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns		ns	
F model			3**		3.3***		2.8**		2.7**		2.5**		4.8***		ns		ns		2.1*		ns		ns	

Original file PepDM0404.xls:print

נספח 2 (דיגום לקראת סיום הניסוי)

Date 7.6.04														
Climate	Substrate		Plant Fresh weight					Plant dry weight					% Dry matter	
	width cm	EC dS/m	All pl	LV	Unripe		All pl	LV	Unripe		LV	Unripe		
					ST g/plant	FR			ST g/plant	FR		ST g/100 g	FR	
WP	50	2.7	2730	740	570	1300	277	110	88	84	14.8	15.4	6.5	
		4	2730	710	610	1400	319	110	130	80	15.5	21.3	5.7	
	20	2.7	2260	600	440	1190	258	92	95	71	15.2	21.6	5.9	
		4	2160	590	510	1120	256	87	105	65	14.9	20.5	5.8	
		10	2.7	2140	680	430	1120	263	103	95	65	14.9	22.2	5.8
	20	4	2050	540	450	1050	223	82	89	51	15.4	19.7	4.9	
RV	50	2.7	2580	870	440	830	273	138	95	41	15.9	21.5	4.9	
		4	2480	670	520	1240	277	95	108	77	14.2	20.7	6.1	
	20	5.5	2490	770	550	590	282	130	125	28	16.8	22.7	4.7	
		2.7	2280	780	380	780	239	125	79	34	16.2	20.7	4.4	
		4	2170	550	480	1090	250	83	100	67	15	20.9	6.1	
	10	2.7	2160	730	380	730	238	117	83	39	15.9	21.7	5.2	
FG	50	4	2030	540	430	1010	232	80	91	60	14.7	21.2	5.9	
		2.7	2060	730	420	540	223	105	92	26	14.4	21.9	4.9	
	20	4	2140	620	500	940	234	85	95	55	13.7	19	5.8	
		2.7	1780	650	350	480	198	100	75	22	15.5	21.4	4.5	
		4	2130	580	430	940	216	80	81	54	13.8	18.8	5.6	
	10	2.7	1780	580	320	620	186	85	73	28	14.7	22.9	4.5	
		4	1780	530	440	780	211	72	91	47	13.6	20.7	6.1	
Main effect means														
Clim eff	WP		2340	640	500	1200	266	97	99.5	69	15.1	20.1	5.8	
	RV		2310	700	450	900	256	110	96.9	49.3	15.5	21.3	5.3	
	FG		1950	620	410	720	211	88	84.8	38.6	14.3	20.8	5.2	
Vol eff	50		2460	730	510	980	269	110	103	55.5	15	20.3	5.5	
	20		2130	620	430	930	236	95	89.5	51.9	15.1	20.6	5.4	
	10		1990	600	410	880	225	90	87	48.4	14.9	21.4	5.4	
EC eff	2.7		2200	710	410	840	239	108	85.7	45.4	15.3	21	5.2	
	4		2190	590	490	1060	246	86	98.8	61.6	14.5	20.3	5.8	
	5.5		2490	770	550	590	282	130	124	28.3	16.8	22.7	4.7	
ANOVA														
Av all			2210	660	460	930	245	99	93.9	52.2	15	20.8	5.4	
F Clim			13.6***	5*	16***	38***	17***	12***	5**	32***	22***	ns	ns	
F Vol			16***	11***	25***	ns	11***	10***	7**	ns	ns	ns	ns	
F EC			ns	12***	15***	20***	ns	18***	8.5***	21***	20***	ns	6**	
F Clim*EC			ns	4*	ns	ns	ns	6**	ns	15***	10***	ns	9**	
F Vol*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Cl*Vo*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.5*	ns	
F model			3.7***	3.7***	6.8***	7.9***	3.5***	5***	3**	8***	6***	1.9*	2.4**	
CV (%)			13.5	15.5	12.6	20.6	14.3	16.5	18	25.8	4.5	12	15.6	

Original file PepDM0604.xls:print

נספח 3א. ריכוז יסודות בגבעולי צמח פלפל בסוף חודש מרץ. מוצגים ממוצעי הטיפולים ותוצאות ניתוח השונות. היבול המרבי התקבל בטיפול WP, 2.7 דצ"ס/מ', 50 ס"מ רוחב מצע.

Climate	Substrate width cm	EC dS/m	N	P	Sampling date 30.3.04 (stems)					
					K g/100g	Ca	Mg	Na	Cl	
WP	50	2.7	1.95	0.27	3.68	0.79	0.4	1.08	1.2	
		4	1.88	0.29	3.78	0.76	0.39	1.13	1.28	
		20	2.7	1.93	0.29	3.63	0.77	0.43	0.95	1.28
	10	4	1.8	0.26	3.48	0.71	0.4	1.28	1.35	
		2.7	1.83	0.25	3.73	0.82	0.42	1.1	1.23	
		4	1.75	0.27	3.35	0.79	0.39	1.15	1.25	
RV	50	2.7	2.08	0.31	4.18	0.79	0.49	1.05	1.08	
		4	1.9	0.29	3.85	0.86	0.47	1.15	1.4	
		5.5	2	0.33	3.8	0.91	0.49	1.3	1.48	
	20	2.7	2.03	0.28	3.58	0.73	0.44	1.08	1.2	
		4	1.95	0.29	3.98	0.78	0.43	1.2	1.43	
		10	2.7	2.05	0.3	3.88	0.86	0.48	1.13	1.2
	4	1.8	0.27	4.08	0.86	0.46	1.15	1.33		
		2.7	2.08	0.3	3.75	0.77	0.43	1.1	1.3	
		4	1.83	0.3	4.08	0.91	0.5	1.23	1.48	
FG	50	2.7	1.93	0.29	3.89	0.81	0.44	1.15	1.48	
		4	1.98	0.31	4.05	0.9	0.51	1.35	1.55	
		10	2.7	1.95	0.3	3.5	0.84	0.49	1.1	1.23
	10	4	1.93	0.3	4.48	0.89	0.49	1.35	1.48	
		Main effect means								
		Clim	WP	1.85	0.27	3.6	0.77	0.41	1.11	1.26
	RV	1.97	0.3	3.9	0.83	0.46	1.15	1.3		
	FG	1.95	0.3	4	0.85	0.48	1.21	1.42		
Vol	50	1.96	0.3	3.87	0.83	0.46	1.15	1.31		
		20	1.93	0.29	3.76	0.78	0.44	1.17	1.38	
		10	1.88	0.28	3.83	0.84	0.45	1.16	1.28	
EC	2.7	1.98	0.29	3.75	0.78	0.45	1.08	1.24		
		4	1.87	0.29	3.9	0.83	0.45	1.22	1.39	
		5.5	2	0.33	3.8	0.91	0.49	1.3	1.48	
ANOVA										
Av all		1.93	0.29	3.83	0.82	0.45	1.16	1.33		
F Clim		2.9(0.06)	4.8*	4.8*	3.1(0.052)	13.5***	6.1**	11.8***		
F Vol		ns	3.2*	ns	ns	ns	ns	4.6*		
F EC		3.8*	ns	ns	ns	ns	6.1***	18.1***		
F Clim*EC		ns	ns	3.3*	ns	5.2**	ns	2.8(0.069)		
F Vol*EC		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F Clim*Vol		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F Cl*Vo*EC		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F model		ns	1.6(0.09)	1.6(0.09)	ns	2.7**	3.7***	4.3***		
Original file PepStEI0404.xls:topublish										

נספח 3ב. ריכוז יסודות בפירות פלפל לא בשלים (על השיחים) בסוף חודש מרץ. מוצגים ממוצעי הטיפולים וניתוח השונות. יבול הפירות המרבי התקבל בטיפול WP, 2.7 דצ"ס/מ', 50 ס"מ רוחב מצע.

Sampling date 30.3.04 (unripe fruits on vine)													
Climat	Substra	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn	
	width c	dS/m			g/100g						mg/kg		
WP	50	2.7	2.5	0.42	3.1	0.11	0.16	0.45	0.34	110	37	35	
		4	2.5	0.43	3.4	0.09	0.16	0.48	0.47	113	37	26	
	20	2.7	2.4	0.43	3.1	0.14	0.18	0.46	0.29	97	27	33	
		4	2.5	0.44	3.1	0.13	0.16	0.5	0.39	104	41	21	
RV	10	2.7	2.2	0.39	2.9	0.11	0.15	0.46	0.3	113	27	35	
		4	2.5	0.45	3.1	0.14	0.17	0.48	0.42	115	34	23	
	50	2.7	2.7	0.48	3.8	0.16	0.19	0.52	0.37	116	35	39	
		4	2.8	0.48	3.6	0.12	0.18	0.52	0.41	129	42	34	
FG	20	5.5	2.4	0.41	2.9	0.12	0.16	0.47	0.41	112	37	28	
		2.7	2.8	0.47	3.4	0.14	0.17	0.5	0.36	120	37	38	
	10	4	2.6	0.47	3.6	0.12	0.17	0.52	0.43	131	34	30	
		2.7	2.5	0.41	3.1	0.11	0.16	0.43	0.31	120	42	34	
EC	50	4	2.5	0.43	3.1	0.13	0.18	0.46	0.39	112	34	29	
		2.7	2.8	0.49	3.5	0.13	0.18	0.6	0.4	115	49	32	
	20	4	2.7	0.5	3.7	0.13	0.19	0.62	0.52	114	37	33	
		2.7	2.8	0.47	3.4	0.12	0.17	0.6	0.42	124	34	36	
ANOVA	10	4	2.8	0.48	3.8	0.13	0.2	0.59	0.52	143	40	35	
		2.7	2.6	0.5	3.3	0.12	0.17	0.58	0.44	121	35	32	
	50	4	3.2	0.59	4.2	0.17	0.22	0.71	0.6	118	40	33	
		2.7	2.6	0.46	3.36	0.13	0.17	0.52	0.41	117	36.7	31.9	
Clim	WP		2.4 b	0.42 b	3.1 b	0.12	0.16 b	0.47 b	0.37 b	109 b	34	29 b	
	RV		2.6 ab	0.45 ab	3.4 al	0.13	0.17 ab	0.49 b	0.38 b	120 a	37	33 a	
	FG		2.8 a	0.5 a	3.6 a	0.13	0.19 a	0.62 a	0.48 a	122 a	39	33 a	
Vol	50		2.6	0.46	3.4	0.12	0.17	0.52	0.42	115	39	32	
	20		2.6	0.46	3.4	0.13	0.18	0.53	0.4	120	35	32	
	10		2.6	0.46	3.3	0.13	0.18	0.52	0.41	116	35	31	
EC	2.7		2.6	0.45	3.3	0.13	0.17	0.51	0.36 b	115	36	35 a	
	4		2.7	0.47	3.5	0.13	0.18	0.54	0.46 a	120	38	29 b	
	5.5		2.4	0.41	2.9	0.12	0.16	0.47	0.41 ab	112	37	28 b	
Av all			2.61	0.46	3.36	0.13	0.17	0.52	0.41	117	36.7	31.9	
F Clim			5.1**	3.3*	2.7(0.076)	ns	4.8*	13.3***	10.6***	3.6*	ns	5.2**	
F Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F EC			ns	ns	ns	ns	2.8(0.07)	ns	10.3***	ns	ns	10.3***	
F Clim*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	5.2**	
F Vol*EC			ns	ns	ns	3.7*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Cl*Vo*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F model			ns	ns	ns	ns	ns	1.9*	2.7**	ns	ns	2.4**	

נספח 4א. ריכוז יסודות בגבעולי צמח פלפל בראשית הקיץ (דיגום צמחים 7.6.04). מוצגים ממוצעי הטיפולים וניתוח שונות. היבול המרבי התקבל בטיפול WP, 2.7 דצ"ס/מ', 50 ס"מ רוחב מצע

Pepper stem element conc as a function treatment. Sampling 7/6/04, Planting 14.9.03; fi												
Date 7.6.04												
Climate	Substrate	EC	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl			
		width cm	dS/m									
WP	50	2.7	1.8	0.27	2.08	0.73	0.4	0.73	0.98			
		4	1.53	0.25	2.05	0.92	0.43	0.85	1.18			
	20	2.7	1.7	0.26	1.98	0.75	0.43	0.83	0.95			
		4	1.63	0.28	2.1	0.89	0.44	0.83	1.18			
RV	10	2.7	1.58	0.24	1.98	0.79	0.42	0.8	0.93			
		4	1.68	0.25	2.08	0.89	0.44	0.95	1.23			
	50	2.7	1.75	0.26	1.98	0.74	0.43	0.75	0.88			
		4	1.7	0.23	2.08	0.8	0.45	0.93	1.3			
FG	20	5.5	1.4	0.23	2.03	0.69	0.38	0.85	1.48			
		2.7	1.83	0.25	2.08	0.81	0.46	0.88	1			
	10	4	2.28	0.24	1.9	0.72	0.43	1.05	1.35			
		2.7	1.85	0.26	2.05	0.82	0.42	0.78	0.88			
Clim Av	50	4	1.8	0.25	2	0.72	0.43	1.05	1.33			
		2.7	1.83	0.26	1.93	0.74	0.4	1.08	1.3			
	20	4	1.63	0.26	1.83	0.92	0.48	1.13	1.6			
		2.7	1.9	0.25	1.95	0.73	0.42	1.1	1.35			
Vol Av	10	4	1.73	0.27	1.88	0.82	0.46	1.2	1.68			
		2.7	1.75	0.23	1.78	0.8	0.41	1.03	1.18			
	50	4	1.6	0.26	1.75	0.84	0.47	1.25	1.68			
		2.7	1.83	0.26	1.93	0.74	0.4	1.08	1.3			
EC Av	20	2.7	1.9	0.25	1.95	0.73	0.42	1.1	1.35			
		4	1.73	0.27	1.88	0.82	0.46	1.2	1.68			
	10	2.7	1.75	0.23	1.78	0.8	0.41	1.03	1.18			
		4	1.6	0.26	1.75	0.84	0.47	1.25	1.68			
Anova	WP		%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%Na	%Cl			
						g/100g						
	RV		1.65	0.26	2.04	a	0.83	0.43	0.83	c	1.07	c
			1.8	0.24	2.01	a	0.76	0.43	0.9	b	1.17	b
FG		1.74	0.25	1.85	b	0.81	0.44	1.13	a	1.46	a	
		1.74	0.25	1.85	b	0.81	0.44	1.13	a	1.46	a	
F Clim	50		1.66	b	0.25	1.99	0.79	0.42	0.9	1.24		
			1.84	a	0.26	1.98	0.79	0.44	0.98	1.25		
	20		1.71	ab	0.25	1.94	0.81	0.43	0.98	1.2		
			1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
F Vol	10		1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	50		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F EC	20		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Clim*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Vol*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Clim*Vol	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Cl*Vo*EC	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Cl*Vo*EC	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Cl*Vo*EC	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Cl*Vo*EC	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
F Cl*Vo*EC	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
			1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			
	20		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
F Cl*Vo*EC	10		1.78	0.25	1.98	0.77	0.42	0.88	1.05			
			1.73	0.25	1.96	0.84	0.45	1.03	1.39			
	50		1.4	0.23	2.03	0.69	0.37	0.85	1.48			

נספח 4. ריכוז יסודות בפירות פלפל בלתי בשלים (על השיחים) בתאריך 7.6.04. מוצגים ממוצעי הטיפולם
וניתוח שונות. היבול המרבי התקבל בטיפול WP, 2.7 דצ"ס/מ', 50 ס"מ רוחב מצע.

Pepper unripe fruit element concentration in studied treatments. Sampling 7/6/04, Planting 14.9.03; first harvest 16.12.03. 3.2 pl/m2 ground																			
Climate	width cm	EC dS/m	DM	N	P	K	Ca g/100g	Mg	Na	Cl	Fe	Zn mg/kg	Mn	DW	N g/plant	P	K	Subst.	Sampling date 7.6.04
WP	50	2.7	6.5	2.2	0.34	2.7	0.04	0.15	0.44	0.2	75	32	24	84	1.83	0.29	2.25		
		4	5.7	2.6	0.45	3.4	0.063	0.19	0.57	0.3	93	40	34	80	2.05	0.35	2.67		
	20	2.7	5.9	2.2	0.38	3	0.045	0.16	0.47	0.2	67	35	24	70	1.51	0.26	2.05		
		4	5.8	2.4	0.43	3.2	0.065	0.19	0.53	0.27	95	40	33	65	1.52	0.27	1.98		
	10	2.7	5.8	2.4	0.4	3	0.048	0.17	0.51	0.21	77	38	28	65	1.5	0.26	1.91		
		4	4.9	2.7	0.45	3.5	0.07	0.2	0.62	0.3	128	47	33	50	1.32	0.23	1.74		
RV	50	2.7	4.9	3.1	0.55	3.8	0.08	0.23	0.62	0.29	139	50	38	42	1.29	0.23	1.6		
		4	6.1	2.3	0.41	2.9	0.075	0.19	0.61	0.35	95	45	27	76	1.7	0.31	2.19		
	20	5.5	4.7	2.9	0.57	3.8	1.52	0.28	0.73	0.55	205	77	45	28	0.83	0.16	1.07		
		2.7	4.4	3	0.54	4	0.075	0.26	0.64	0.27	139	48	40	34	1.04	0.18	1.36		
	10	4	6	2.2	0.37	2.8	0.06	0.16	0.46	0.27	86	37	28	66	1.46	0.24	1.8		
		2.7	5.2	2.7	0.5	4.3	0.118	0.23	0.7	0.27	157	53	43	38	1.02	0.18	1.4		
FG	50	4	5.9	2.6	0.43	3	0.07	0.2	0.52	0.24	117	50	28	61	1.53	0.25	1.78		
		2.7	4.9	2.8	0.56	3.6	0.125	0.26	0.88	0.45	207	75	49	26	0.71	0.14	0.93		
	20	4	5.8	2	0.38	2.5	0.083	0.18	0.68	0.44	113	41	32	54	1.1	0.21	1.37		
		2.7	4.5	2.7	0.53	3.5	0.1	0.26	0.96	0.5	163	54	41	22	0.58	0.11	0.75		
	10	4	5.6	2.2	0.4	2.6	0.085	0.19	0.69	0.41	121	43	30	54	1.11	0.2	1.28		
		2.7	4.5	3	0.54	3.1	0.133	0.26	1.03	0.52	220	76	41	28	0.82	0.15	0.87		
	4	6.2	2.4	0.41	2.7	0.07	0.18	0.6	0.35	115	40	29	48	1.09	0.19	1.24			
Main factor means																			
Clim Av	WP		5.8 a	2.4 b	0.41 b	3.1 b	0.055 b	0.17 b	0.52 c	0.25 c	89 b	39 b	29 b	69 a	1.62 a	0.28 a	2.1 a		
	RV		5.3 ab	2.7 a	0.48 a	3.5 a	0.09 a	0.22 a	0.61 b	0.32 b	134 a	51 a	35 a	50 b	1.27 b	0.22 b	1.6 b		
	FG		5.2 b	2.5 b	0.47 a	3 b	0.099 a	0.22 a	0.81 a	0.44 a	156 a	55 a	37 a	39 c	0.9 c	0.17 c	1.07 c		
Vol Av	50		5.5	2.5	0.47	3.2	0.088 a	0.21	0.65	0.37 a	132	51 a	35	56	1.36	0.24 a	1.73 a		
	20		5.4	2.4	0.44	3.1	0.072 b	0.2	0.62	0.32 b	112	43 b	33	52	1.2	0.21 b	1.54 ab		
	10		5.4	2.6	0.46	3.2	0.085 a	0.21	0.66	0.31 b	135	50 a	34	48	1.21	0.21 b	1.49 b		
EC Av	2.7		5.2 ab	2.7 a	0.48 b	3.4 ab	0.085 b	0.22 b	0.69 ab	0.32 b	138 b	51 b	36 b	46 b	1.14 b	0.2 b	1.46 b		
	4		5.8 a	2.4 b	0.41 c	2.9 b	0.071 b	0.19 c	0.59 b	0.32 b	107 b	42 b	30 c	62 a	1.43 a	0.25 a	1.79 a		
	5.5		4.7 b	2.9 a	0.57 a	3.8 a	0.153 a	0.28 a	0.73 a	0.55 a	205 a	77 a	45 a	28 c	0.83 c	0.16 b	1.07 c		
ANOVA																			
Av all			5.43	2.5	0.45	3.2	0.082	0.21	0.64	0.34	127	48	34	52	1.26	0.22	1.59		
F Clim			2.8*	5.9**	6.9**	5**	28***	16***	33***	87***	13***	17***	9***	32***	36***	28***	53***		
F Vol			ns	ns	ns	ns	3.6*	ns	ns	9***	ns	5.3**	ns	ns	ns	3.7*	3.4*		
F EC			6.1**	10***	10***	6**	21***	17***	9***	35***	9.5***	21***	11***	32***	17***	15***	17***		
F Clim*EC			9.4***	19***	15***	11***	13***	19***	15***	16***	9.4***	18***	20***	15***	3.9*	ns	ns		
F Vol*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	3.6*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F Cl*Vo*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
F model			2.4**	4.5***	3.9***	2.7**	8***	6.1***	6.8***	17***	3.9***	7.5***	4.9***	8.3***	7.2***	6***	8.9***		
CV(%)			15.6	12	16.4	19	26.5	15.9	19.5	15.9	36	21	20	26	23.1	22.8	21.7		
File: /PepFrVineE10604.xls:ToPublish																			

נספח 5. ריכוזי יסודות בעלים דאגנוסטיים שנדגמו ב- 18.5.04

Climate	Vol	EC	%DM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn
	cm	dS/m		g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g	mg/kg	mg/kg	mg/kg
WP	50	2.7	22.8	4.4	0.45	0.4	0.49	0.26	0.56	0.32	113	34	112
		4	22.8	4.5	0.47	0.4	0.65	0.28	0.62	0.45	114	45	146
	20	2.7	24.8	4.6	0.49	0.43	0.55	0.26	0.6	0.32	109	30	113
		4	22.3	4.4	0.5	3.9	0.63	0.3	0.64	0.4	119	56	142
	10	2.7	20.7	4.5	0.48	4.2	0.52	0.26	0.57	0.3	116	28	111
		4	23	4.3	0.48	3.9	0.57	0.28	0.66	0.37	119	45	141
RV	50	2.7	24.5	4.3	0.42	3.8	0.59	0.28	0.63	0.48	112	37	128
		4	28	4.3	0.46	3.8	0.71	0.28	0.59	0.42	110	32	142
	20	5.5	25.9	4.1	0.37	3.6	0.86	0.32	0.61	0.58	102	36	122
		2.7	27.4	4.4	0.41	4.1	0.57	0.28	0.62	0.31	108	48	124
	10	4	31.6	4.1	0.41	3.9	0.68	0.3	0.55	0.36	104	34	124
		2.7	23.9	4.3	0.39	3.6	0.48	0.26	0.63	0.27	116	37	119
FG	50	4	27.3	4.3	0.42	3.7	0.64	0.26	0.56	0.39	109	29	134
		2.7	24.3	4.5	0.4	4	0.67	0.32	0.84	0.98	130	49	122
	20	4	24.6	4	0.42	3.4	0.75	0.37	0.86	1.12	122	51	131
		2.7	23.8	4.3	0.35	3.8	0.75	0.37	0.93	1.33	128	39	137
	10	4	23.2	4.2	0.42	3.3	0.85	0.39	0.96	1.37	120	53	145
		2.7	20.9	4.3	0.38	3.4	0.6	0.33	0.79	0.99	114	32	116
		4	22.9	4.3	0.43	3.5	0.76	0.37	0.96	1.25	127	48	131
Main effect means													
Clim	WP		22.7	4.4	0.48	4	0.57	0.27	0.61	0.36	115	40	127
	RV		27.1	4.2	0.41	3.8	0.67	0.28	0.6	0.4	108	36	128
	FG		23.2	4.2	0.4	3.5	0.73	0.36	0.89	1.18	123	46	130
Vol	50		24.7	4.3	0.43	3.8	0.69	0.3	0.66	0.61	113	40	130
	20		25.1	4.3	0.44	3.9	0.66	0.31	0.7	0.63	114	44	130
	10		23	4.3	0.43	3.7	0.6	0.29	0.7	0.6	117	37	125
EC	2.7		23.4	4.4	0.43	3.9	0.56	0.28	0.66	0.52	115	36	117
	4		24.6	4.3	0.45	3.7	0.69	0.31	0.72	0.69	116	44	138
	5.5		25.9	4.1	0.37	3.6	0.86	0.32	0.61	0.58	102	36	122
Anova													
Av all			24.2	4.3	0.43	3.79	0.65	0.3	0.69	0.61	115.1	40.3	128.4
F Clim			17.6***	7.8**	30.7***	20.8***	22.6***	136***	98.4***	197***	5.8**	10.8***	ns
F Vol			3.7*	ns	ns	ns	7.8**	5.1*	ns	ns	ns	5.8**	ns
F EC			ns	7.6*	9.2**	5.5**	25.5***	24.1***	ns	8.4***	ns	12***	11.6***
F Clim*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	3.1*	ns	ns	21.7***	ns
F Vol*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F Cl*Vo*EC			ns	3.3*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F model			3.4***	2.7**	5.6***	4.1***	7***	20.2***	12.8***	25.1***	ns	6.5***	2*
CV(%)			10.5	4.8	7.9	7.1	12.4	6	10.7	23.4	11.5	16.3	12.4

נספח 6. ריכוז יסודות ו-% ח.י. בפירות פלפל סוג א' שנקטפו ביום 29.6.04.

Climate	Vol	EC	%DM	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn	
	cm	dS/m		sd g/100g	sd g/100g	sd g/100g	sd g/100g	sd g/100g	sd g/100g	sd g/100g	sd mg/kg	sd mg/kg	sd mg/kg	sd
WP	50	2.7	6.3	2.2	0.46	4	0.04	0.18	0.59	0.28	77	31	30	
		4	7.6	2	0.38	3.2	0.05	0.12	0.54	0.31	66	31	24	
	20	2.7	6.1	2.3	0.47	3.8	0.05	0.19	0.56	0.31	81	31	31	
		4	8.3	1.7	0.34	2.6	0.05	0.13	0.5	0.28	75	33	24	
	10	2.7	6.3	2.4	0.51	3.8	0.06	0.2	0.67	0.33	78	32	33	
		4	8.5	1.8	0.34	2.6	0.05	0.14	0.45	0.28	71	33	24	
RV	50	2.7	7.4	2.1	0.42	3.5	0.05	0.19	0.51	0.25	68	37	28	
		4	5.8	2.5	0.54	4.4	0.07	0.22	0.85	0.35	80	42	31	
		5.5	7.2	2.1	0.44	3.6	0.06	0.18	0.59	0.4	56	28	27	
	20	2.7	6	2.3	0.49	4.3	0.06	0.22	0.63	0.3	74	37	31	
		4	6.4	2.2	0.5	4.2	0.08	0.2	0.72	0.36	71	37	28	
	10	2.7	7.3	2.2	0.44	3.6	0.05	0.18	0.56	0.24	70	30	26	
FG		4	6.2	2.4	0.51	4.2	0.07	0.22	0.69	0.38	71	36	31	
	50	2.7	7	2.2	0.57	3.4	0.06	0.2	1.09	0.56	61	30	29	
		4	6.2	2.1	0.49	3.5	0.08	0.24	0.98	0.62	83	43	27	
	20	2.7	7.7	2	0.4	2.8	0.05	0.16	0.99	0.43	61	24	26	
		4	6.4	2.1	0.5	3.4	0.08	0.21	1.1	0.76	77	39	28	
	10	2.7	7.2	1.9	0.41	2.6	0.06	0.19	0.94	0.54	58	26	26	
	4	6.3	1.9	0.43	3.2	0.08	0.21	1.04	0.72	81	38	31		
Main effect means														
Clim	WP		7.2	2	0.42	3.3	0.05	0.16	0.55	0.3	75	32	28	
	RV		6.6	2.2	0.48	4	0.06	0.2	0.65	0.32	70	35	29	
	FG		6.8	2	0.46	3.1	0.07	0.2	1.02	0.6	70	33	28	
Vol	50		6.8	2.1	0.47	3.6	0.06	0.19	0.73	0.4	70	35	28	
	20		6.8	2.1	0.45	3.5	0.06	0.18	0.75	0.4	73	33	28	
	10		7	2.1	0.44	3.3	0.06	0.19	0.72	0.42	71	32	28	
EC	2.7		6.8	2.2	0.46	3.5	0.05	0.19	0.73	0.36	70	31	29	
	4		6.9	2.1	0.45	3.5	0.07	0.19	0.76	0.45	75	37	27	
	5.5		7.2	2.1	0.44	3.6	0.06	0.18	0.59	0.4	56	28	27	
Anova														
Av all			6.84	2.11	0.45	3.5	0.06	0.19	0.74	0.4	71.4	33.4	28	
F Clim			ns	4.2*	3.7*	12.3***	10.1***	14.9***	37***	58***	3.1*	3.1*	ns	
F Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F EC			ns	ns	ns	ns	7.8**	ns	ns	7.3**	12***	16***	ns	
F Clim*EC			12.6***	7**	9***	10.8***	5.8**	14.9***	3.2*	5.3**	21***	8.6***	10.7***	
F Vol*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F Clim*Vol			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Cl*Vo*EC			ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F model			2.1*	1.9*	2.4**	3.2***	3.3***	4.1***	4.9***	8.3***	4.7***	3.6***	2.1*	
CV(%)			16	14.7	18.1	18.2	22.2	17.2	27.2	27.4	10.5	16.3	13.7	

נספח 7. סיכום מתאמים בין מדדי יבול לבין ריכוז יסודות בעלים בשני תאריכים. (מקדמי המתאמים מאופיינים על ידי הטעות התקנית שלהם ומובהקותם הסטטיסטית (F)).

$$YT = -1548.55 Na_1^2 + 6293.3 \quad R^2 = 0.34, F = 8.8^{**} \quad [1]$$

St. error	521	643
F(and Pr>F)	8.8(0.09)	96.(0.001)

המתאם המיטבי לשני משתנים היה עם ריכוזי ה- Cl וה- Zn בעלים בתאריך 7.6.04:

$$YT = -264.6 Cl_2 + 6.37 Zn_2 + 2632.1 \quad R^2 = 0.52, F = 8.6^{**} \quad [2]$$

St. error	93.6	2.54	919
F(and Pr>F)	8.0(0.01)	6.3(0.02)	8.2(0.01)

צרוף Fe (השפעה שלילית על היבול!) נתן מתאם שהסביר 68% מכלל השונות ביבול:

$$YT = -427.2 Cl_2 + 10.31 Zn_2 - 1.75 Fe_2 + 2355.9 \quad R^2 = 0.68, F = 10.4^{**} \quad [3]$$

St. error	99.7	2.6	0.65	785
F(and Pr>F)	18(0.006)	16(0.001)	7.3(0.02)	9.0(0.009)

המודל הטוב ביותר שניתן היה לקבל (ברמת מובהקות של 0.15) הסביר 79% מכלל השונות ביבול:

$$YT = -732.5 Cl_2 + 4.94 Zn_2 - 2.63 Fe_2 + 144.84 Ca_2^2 + 4133.8 \quad R^2 = 0.79, F = 13.3^{***} \quad [4]$$

St. error	137	2.9	0.62	51.8	910
F(and Pr>F)	29(0.001)	ns	18(0.001)	28(0.008)	7.8(0.015)

יבול ראוי ליצוא (YX, ג'/צמח)

המשתנה היחיד שנמצא במתאם הגבוה ביותר עם YX היה ריבוע ריכוז P בעלים בתאריך (P_1^2) 30.3.04:

$$YX = 20036 P_1^2 + 362.2 \quad R^2 = 0.42, F = 12.1^{**} \quad [5]$$

St. error	5762	721
F(and Pr>F)	12.1(0.03)	ns

המתאם המיטבי לשני משתנים הושג על ידי הוספת ריבוע ריכוז Na בעלים בתאריך 7.6.04 למודל:

$$YX = 18231 P_1^2 - 236.29 Na_2^2 + 912.15 \quad R^2 = 0.56, F = 10.3^{**} \quad [6]$$

St. error	5189	101.3	684
F(and Pr>F)	12(0.003)	5.4(0.03)	ns

צרוף Mn נתן מודל שהסביר 69% מכלל השונות ביבול:

$$YT = 14545 P_1^2 - 236.6 Na_2^2 + 11.25 Mn_1 + 125.5 \quad R^2 = 0.69, F = 11.0^{***} \quad [7]$$

St. error	4784	88.6	4.6	680
F(and Pr>F)	9.2(0.008)	7.1(0.018)	5.9(0.03)	ns

המודל הטוב ביותר עם 4 משתנים הסביר 78% מכלל השונות ביבול:

$$YT = 17913 P_1^2 - 302.1 Na_2^2 + 13.05 Mn_1 - 6545.3 P_2 + 1721 \quad R^2 = 0.78, F = 11.9^{***} \quad [8]$$

St. error	4469	83.2	4.2	2852	918
F(and Pr>F)	16(0.001)	13(0.003)	9.9(0.007)	ns	3.5(0.08)

משקל פרי בודד (FW, ג'/פרי)

המשתנה היחיד שנמצא במתאם הגבוה ביותר עם FW היה (P_1^2) :

$$FW = 372.7 P_1^2 + 104.9 \quad R^2 = 0.45, F = 13.9^{**} \quad [9]$$

St. error	99.8	12.5
F(and Pr>F)	15(0.03)	9.5(0.02)

המתאם המרבי לשני משתנים הושג על ידי הוספת ריבוע ריכוז Fe בעלים בתאריך 30.3.04 למודל:

$$FW = 303.5 P_1^2 - 0.000019 Fe_1^2 + 120.5 \quad R^2 = 0.57, F = 10.7^{***} [10]$$

St. error	96.5	0.000009	13.5
F(and Pr>F)	10.42(0.003)	5.4(0.03)	ns

צרוף Zn נתן מודל שהסביר 67% מכלל השונות ביבול:

$$FW = 167.5 P_1^2 - 0.000025 Fe_1^2 + 0.000145 Zn_2^2 + 122.1 \quad R^2 = 0.67, F = 10.1^{***} [11]$$

St. error	109	0.000009	0.00007	12
F(and Pr>F)	ns	5.1(0.04)	ns	13(0.005)

המודל הטוב ביותר עם 4 משתנים שיפר במעט את R^2 אך מרבית המקדמים היו בלתי מובהקים ולכן אינו מוצג.

משקל פרי בודד באיכות יצוא (EFW, ג'/פרי)
המשתנה היחיד שנמצא במתאם הגבוה ביותר עם EFW היה ריבוע ריכוז Mn בעלים ב- 30.3.04 (Mn_1^2):

$$EFW = 0.00085 Mn_1^2 + 170.3 \quad R^2 = 0.29, F = 6.9^* [12]$$

St. error	0.00032	4.2
F(and Pr>F)	3(0.05)	12.5(0.02)

המתאם המטבי לשני משתנים הושג על ידי הוספת ריבוע ריכוז N בעלים בתאריך 7.6.04 למודל:

$$FW = 0.000996 Mn_1^2 + 12.60 N_2 + 126.58 \quad R^2 = 0.47, F = 13.1^{**} [13]$$

St. error	0.00030	3.9	20.8
F(and Pr>F)	17.4(0.001)	3.7(0.03)	8.3(0.006)

לא ניתן היה להשיג מודל טוב יותר ברמת מובהקות של 0.15.

משקל מצטבר של פירות נגועים בשחור פיטם (BER, ג'/צמח)
המשתנה היחיד שנמצא במתאם המטבי עם BER היה מינוס ריבוע ריכוז Mn בעלים בתאריך 7.6.04 (Mn_2^2):

$$BER = -0.0264 Mn_2^2 + 857.25 \quad R^2 = 0.34, F = 8.6^{**} [14]$$

St. error	0.009	76.6
F(and Pr>F)	8.6(0.005)	125(0.001)

המתאם המרבי לשני משתנים הושג על ידי הוספת ריכוז Mn בעלים באותו תאריך למודל:

$$BER = -0.478 Mn_2^2 + 81.2 Mn_2 - 2712.5 \quad R^2 = 0.72, F = 20.6^{***} [15]$$

St. error	0.096	17.3	763
F(and Pr>F)	25(0.001)	22(0.0002)	12.6(0.03)

צרוף Cl נתן מודל שהסביר 81% מכלל השונות ביבול:

$$BER = -0.464 Mn_2^2 + 80.0 Mn_2 - 10.53 Cl_2^2 - 2676.1 \quad R^2 = 0.81, F = 21.6^{***} [16]$$

St. error	0.082	14.7	3.9	646
F(and Pr>F)	24(0.001)	6.1(0.007)	4.5(0.02)	8.6(0.005)

הכנסת משתנים נוספים למודל שפרה את המתאם באופן שולי ולכן מודלים נוספים אינם מוצגים.

נספח 8. אמדן ה-ET בטיפולי רוחב מצע מתוך המדידות שבוצעו בחדרים בחממה

תרומת כל טיפול רוחב מצע (קטן [S_s], בינוני [S_m] וגדול [S_l], מ² קרקע) ל-ET הכללית בחדר (ET_t) ניתנת במשוואה [17] (S_t שווה לשטח הקרקע הכללי בחדר).

$$St * ET_t = Sl ET_l + Sm ET_m + Ss ET_s \quad [17]$$

נגדיר: f₁+f₂+f₃=1; S_l/S_t=f₁; S_m/S_t=f₂; S_s/S_t=f₃; ET_s/ET_t=a₁; ET_m/ET_t=a₂; S_l/S_t=f₁; S_m/S_t=f₂; S_s/S_t=f₃; f₁+f₂+f₃=1 נציב את ההגדרות ב- [17] ונקבל אמדן של ET במצע 50 ס"מ (ET_l) מתוך ה- ET_t הנמדדת בתא מעורב:

$$ET_l = ET_t / (f_1 + f_2 a_2 + f_3 a_1) \quad [18]$$

ניתן להעריך את a₁, a₂ מתוך טיפול WP בו נמדדה ה-ET בנפרד בכל טיפול רוחב מצע (טבלה 8.1). את ET_m ו-ET_s ניתן לחשב מתוך ET_l לפי ההגדרות שלמעלה. המכנה במשוואה [18] חושב מתוך הקבועים שבטבלה – וערכו היה 0.914; מכאן ש- ET_l = ET_t / 0.914. נתוני טבלה 8.1 מראים גם שהשפעת צמצום רוחב המצע מ- 50 ל- 10 ס"מ על ה-ET בטיפול WP היתה חזקה יותר בטיפול EC 4.0 מאשר בטיפול 2.7 דצ"ס/מ' (השווה a₁ בשני ספי ה-EC).

טבלה 8.1. ה-ET המצטברת שנמדדה בשלושת טיפולי רוחב המצע (ET_l, ET_m, ET_s) ובחדר כלו (ET_t) בשני ספי EC (2.7 ו- 4.0 דצ"ס/מ') בטיפול WP. ערכי ה-ET שמשו לחישוב המקדמים במשוואה [18].

Tr	Measured (Lm ⁻² ground)				Calculated			
	ET _t	ET _l	ET _m	ET _s	a ₁	a ₂	f ₁	f ₂
	10.11.03 -27.6.04							
WP2.7	520	570	504	438	0.77	0.88	0.50	0.265
WP4.0	531	581	543	413	0.71	0.93	0.50	0.265
Av					0.74	0.905		

פרק ג' - סיכום שלוש שנות המחקר

נבנה בסיס הידע ופותחה טכנולוגיה שלמה לגידול צמחי חממה במערכות השקיה סגורות. הטכנולוגיה כוללת חלופות בין גובה היבול, חסכון בתשומות מים ודשן ומזעור זיהום הסביבה. ניתנות המלצות על מימשקי הדשיה מיטביים (מנות מים, תדירות השקיה וריכוזי מזינים) בתנאי מליחות שונים. בכל הגידולים שנבחנו (וורדים, פלפל ומלפפון) סף EC להחלפת תמיסות בגובה של 4-4.5 דצ"ס/מ' היה שווה או עדיף מבחינת היבול ואיכותו על סף 2-2.5 דצ"ס/מ'. תוצאה זאת נתמכת על ידי עבודות נוספות במיחזור מים שמבצע צוות המחקר במימון המדען הראשי (עגבניה, ליזיאנטוס, סולידגו). הטכנולוגיה מאפשרת שליטה ב-pH התמיסה המסוחררת באמצעות מימשק החנקן ללא צורך בהוספת חומצה או בסיס. היא גם מביאה בחשבון השפעה של ריכוז האמון במים על עמידות צמחים לפיתום ומאפשרת החזר חנקן לתמיסה בצורת אוריאה. המחקר הוכיח שניתן למתן עקות מלח בתמיסה מסוחררת על ידי העלאת הלחות היחסית בחממה בעונה החמה (בעזרת מזרן לח) והגדלת רוחב מצע הגידול. המזרן הלח הקטין דיות בהשוואה לאוורור גג ללא פגיעה בייצור החומר היבש, אך העלויות הכרוכות בשימוש בו לא נבדקו לפי שעה. כמו כן לא נבדק אורך החיים של מצע הגידול (במקרה זה פרלייט) בתנאי מיחזור כך שקשה להעריך את עלות הגדלת נפח המצע בחממה. נבדקו הבטים שונים של שילוב מסנן ביולוגי במערכות מיחזור המים. מסנן חול מדורג הקטין באופן משמעותי ריכוזי פיתום בתמיסות מסוחררות, אולם יעילותו היתה פחותה מיעילות מסנן פומיס. באילוח בריכוז גבוה מסנן חול לא מנע התפשטות מהירה של המחלה בחממה ותמותת צמחים. מסנן חול לא השפיע על ההרכב הכימי של התמיסות.

הטכנולוגיה שפותחה צריכה להבחן עתה בחממות מודל על מנת להדגים בפני החקלאים את היתרונות הגלומים בהן מהצד של הקטנת תשומות מים ודשן והפחתת עלויות והן מהצד של שיפור יבולים ואיכויות. תפעול חממה מודרנית בעלת מערכת השקיה סגורה הוא תהליך מורכב הדורש זמן רב מצד החקלאי. במחקר מקביל הממומן על ידי קרן GIF אנו מפתחים מערכת מומחה שמטרתה הפעלה אוטומטית של חממה כזאת בצורה מיטבית (Bar-Yosef et al, 2004). ללא המחקר המדווח בזאת לא ניתן היה לקבל את תמיכת GIF לפיתוח מערכת המומחה.

ספרות

Bar-Yosef, B., Fishman, Svetlana, and Klaering, H.P. (2004). A model based decision support system for closed irrigation loop greenhouses. Acta Hort. 654:107-121.