

תגובת גידולים (פלפל) למיחזור מים בחממות באזור הבשור

חוקרים שותפים:

דוד שמואל, חנה יחזקאל, שבתאי כהן, ד"ר מנחם דינר ואלי מתן – מו"פ דרום
משה ברונר וגיא רשף – שה"מ, לשה"ד נגב, משרד החקלאות.
ד"ר בני בר-יוסף א. לבקוביץ- קרקע ומים, מנהל המחקר החקלאי.

תקציר:

הבעיה: תגובת פלפל למיחזור מים בחממות לא נחקרה לפי שעה בקנה מידה חצי מסחרי באזור הבשור. מטרת המחקר היו ללמוד תגובה זאת בחממה אופיינית באזור הבשור, לאשש תוצאות קודמות של תגובת פלפל לערך הסף (ב-EC) להדחת תמיסות שהתקבלו בניסויים בחלקות קטנות בבית דגן, ולכמת השפעות של ערכים עולים של EC על ייצור חומר יבש, דיות וקליטת יסודות מזון, נתרן וכלור על ידי הצמחים.

שיטות: הניסוי נערך בחוות הבשור. השתילה (זן סליקה) היתה ב- 1 בינואר 2002. נבחנו 6 טיפולים: 4 ערכי סף EC להדחת תמיסות (2.5, 3.3, 4 ו- 4.8 דצ"ס/מ'), בקורת (השקיה במערכת פתוחה), וערך סף 3.2 דצ"ס/מ' בתוספת חיטוי ב-UV. מצע הגידול היה פרלייט 2. **תוצאות:** טיפולי המיחזור לא השפיעו באופן מובהק על היבול הכללי או הראוי ליצוא. משקלי הפירות המעוותים והנגועים בשחור פיטם היו מזערניים בטיפול 2.5 דצ"ס/מ' ועלו עם עליית ערך הסף. גודל הפרי הממוצע הראוי ליצוא ירד עם עליית ה-EC בתמיסה במשך החודש האחרון לגידול.

על מנת לשמור על EC ממוצע של 2.5 או- 3.3 דצ"ס/מ' בתמיסות המסוחררות היה צורך להדיח נפחי תמיסות שהיו שווים ל- 32% ו- 15% מה- ET המצטברת, בהתאמה. בטיפול ערך סף של 4.8 דצ"ס/מ' לא היה צורך להדיח תמיסה כלל.

השפעת הטיפולים על ה-ET, סך ייצור חומר יבש, יעילות ניצול המים (ET חלקי ייצור חומר יבש) וריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בעלים היתה בלתי מובהקת.

מבוא:

מיחזור תמיסות בחממות טומן בחובו שלוש בעיות עיקריות: א. הצטברות מלחים הגורמת לפחיתה בקצב קליטת המים ויסודות המזון (מאקרו ומיקרו) על ידי הצמחים. ב. הצטברות הפרשות שורש (פרוטונים, דו-פחמה וחומצות אורגניות) הגורמות לשינויי pH ואקטיביות יונים קשי תמס בתמיסה. ג. הצטברות פוטנציאלית של פתוגנים והפצתם בחממה. בעיות אלו והשפעתן על יבול ואיכות פלפל בתמיסות מסוחררות נלמדו בעבר בחלקות קטנות בבית דגן (בר-יוסף וחובריו, 1998, 2000). הממצאים העיקריים בעבודות אלו היו: 1. היבול ויעילות השימוש במים ובדשן היו מיטביים בערך סף של 3.2-3.4 דצ"ס/מ', בתדירות השקיה של 10-12 פעימות ליום (Bar Yosef et al., 1999). 2. היבול הראוי ליצוא והיבול הראוי לשוק המקומי היו נמוכים בתדירות השקיה של 6 פעימות ליום בהשוואה ל-12 פעימות ליום (במנה יומית שווה של מים ודשן). 3. היבולים המרביים התקבלו בתדירות השקיה של 18 פעימות ליום בריכוז דשן נמוך ב- 50% בהשוואה לטיפולים האחרים (בר-יוסף וחוב', 2000). 4. לא היו הבדלים מובהקים בין הטיפולים במדדי סך ייצור החומר היבש, שיעור הנגיעות בשחור פיטם ואחוז הפירות הפחוסים (בר-יוסף וחובריו, 2000).

מטרת העבודה הנוכחית הייתה לאשש את הקשר שנמצא בניסוי בבית דגן בין ערך הסף להדחת תמיסות ויבול הפלפל ואיכותו, ולכמת השפעות של הצטברות מלח בתמיסה על קליטת יסודות הזנה, דיות ואוכלוסית מיקרופלורה בתנאי הגידול בבשור.

חומרים ושיטות:

שתילים מזן סליקה נשתלו ב- 1.1.02 במצע פרלייט 2 בצפיפות של 6.6 צמחים למ' רץ ערוגה. ממדי החלקות היו 3 מ' אורך ו- 1.87 מ' רוחב. עומד הצמחים היה 3500 לדונם חממה. מיכלי הגידול (קלקר) היו ברוחב 0.4 מ' וגובה 0.18 מ', מחוררים לאורך דפנותיהם. הם הוצבו על גבי הקרקע

בשיפוע של 1% בכוון הזרימה. תמיסות הנקז של כל החזרות אוחדו והוזרמו בגרביטציה ל"מיכל נקז" בנפח 100 ל'. המערך הניסיוני היה בלוקים באקראי ב- 5 חזרות. החממה היתה בעלת וילונות צד מתקפלים ומאוורר עילי וחוממה בלילה לטמפרטורת מינימום של 18 מ"צ.

ההשקיה נעשתה בשתי שלוחות טפטוף למארז שהמרחק ביניהן היה 20 ס"מ. המרחק בין הטפטפות לאורך השלוחה (1.6 ל/ש') היה 20 ס"מ. כל טפול כלל 1.1 מ³ פרליט, 148 צמחים, 225 טפטפות ומיכל תפעול בנפח 1200 ל'. נפח המים לטפול (מיכל תפעול מלא ועוד נפח המים במצע לפני ההשקיה הראשונה בבוקר) היה כ- 1750 ל'. שעור ההשקיה היומי היה $ET \cdot 5 = ET$ אבפורנספירציה נמדדת, מ³ לד' חממה) ומנת המים לפעימה (השקיה בודדת) היתה 2 מ³ /ד' חממה. מנה זאת הבטיחה שטיפה יעילה של המצע ומניעת הווצרות כיסי מלח. הזמן שנדרש להשקיה בודדת היה 14 דקות. תדירות ההשקיה היתה שווה למנת המים היומית חלקי מנת המים לפעימה. ריכוזי המטרה של החנקן, הזרחן והאשלגן בתמיסות המסוחררות (זהים בכל הטיפולים) היו 120 ח"מ N (70% חנקתי ו-30% אמוניקלי), 30 ח"מ P ו-160 ח"מ K. ריכוזי המטרה של הברזל, האבץ, המנגן והנחושת היו 1, 0.25, 0.5, 0.125 ח"מ, בהתאמה, מוספים כקורטין (EDTA). סטיות מריכוזי המטרה במהלך הניסוי יצוינו בטקסט. מדי יום בשעה 0.100 (לפני ההשקיה הראשונה, כאשר נפח המים במיכל הנקז היה קרוב ל-0), הושלם נפח המים במיכל התפעול. ההשלמה היתה שווה לגרעון ה-ET ועוד נפח ההדחה ביום הקודם. ההשלמה נעשתה ב"תמיסת מילוי" שהכילה את כל יסודות המזון בריכוז שהבטיח שמירה על ריכוז המטרה בתמיסה המסוחררת. הריכוז הנדרש בתמיסת המילוי חושב אחת לשבוע על בסיס ריכוז יסודות המזון במי הטפטפת ובנקז, שנבדקו במעבדה בבית דגן. בגלל נפח ההדחה הנמוך בהשוואה לנפח הכללי והניטריפיקציה המהירה, ריכוז האמון בתמיסה המסוחררת ירד במהירות (ראה "תוצאות ודיון") ולכן היחס אמון: חנקן בתמיסת המילוי היה חייב להיות גבוה בהרבה מהיחס בתמיסת המטרה. הדחת תמיסה נעשתה כאשר ה-EC במי הטפטפת הגיעה לערך הסף (טבלה 1) ועוד "סטיה מותרת" של 0.3 דצ"ס/מ'. בפועל סולקו מי נקז בשעות החמות של היום, כאשר ריכוז המלחים בהם היה מרבי. נפח ההקזה חושב כך שה-EC במי הטפטפת לאחר החזר המים היה שווה לערך הסף פחות "הסטיה המותרת". התמיסות המסוחררות נדגמו ביציאה מהטפטפות וביציאה ממיכל הנקז בחלקות עם ובלי צמחים. האחרונות (1 מ' לטיפול) שמשו לאמון התאידות פוטנציאלית ומינרליזציה גרומת מינרליזציה בלבד. בכל המקרים התמיסות נאספו במשך 24 ש' בכלים אטומים. ה-EC וה-pH נבדקו מדי יום; בדיקות כימיות מקיפות בוצעו, כאמור, אחת לשבוע. מנות ההשקיה, נפחי הנקז, נפחי התמיסות המודחות ונפחי תמיסות המילוי נמדדו באופן רציף בעזרת מדי מים. סחרור התמיסות החל כ- 14 יום לאחר השתילה.

דיגום עלים דאגנוסטיים נעשה בתאריך 7 ביולי 2002 לקראת סיום הניסוי נדגמו צמחים שלמים ונקבעו בהם המשקל הטרי והיבש בעלים, בגבעולים ובפירות. מידגמים מהחומר היבש עוכלו בחומצה גפרתנית לבדיקת חנקן וזרחן (אוטואנלייזר), בורון (ICP) ואשלגן ונתרן (פוטומטר להבה). עכול בחומצה חנקתית נעשה לצורך בדיקת סידן, מגנזיום ויסודות קורט (בליעה אטומית). כלור נבדק במיצוי מימי בכלורידומטר. הקטיף החל ב-29/4/02. היבול מוין לפי קריטריונים מסחריים: יבול יצוא, פרי מעוות, סדוק, מחודד, ופרי נגוע בשחור פיטם (פרות שחור פיטם נקטפו בגודל מלא).

הניסוי, שטיפוליו מסוכמים בטבלה 1, הסתיים ביום 28/7/02. תנאי האקלים בחוות הבשור במשך תקופת הניסוי מתוארים באיור א.

תוצאות ודיון:

אפיון התמיסות המסוחררות

מאמצע ינואר (התחלת המיחזור) ועד סוף מרץ, מועד הגעת ה-EC לערך הסף של טפול 1 (2.5 דצ"ס/מ') לא היה צורך בהדחת תמיסות (איור 1). התמיסות בטיפולים 2 ו-3 סוחררו במשך כ- 20 ו-40 יום נוספים עד שה-EC שלהם הגיעה לערכי הסף (3.3 ו-4.0 דצ"ס/מ', בהתאמה). בחודש מאי הודחו בשגגה תמיסות בטיפולים 3 ו-4 וה-EC שלהם ירדה עקב כך מ-4 לכ-2.5 דצ"ס/מ' (איור 1). בתנאי האקלים של החודשים יוני-יולי נדרשו 30 ימי סחרור נוספים על מנת לחזור בטיפול 3 ל-EC 4 דצ"ס/מ', ו-60 ימי סחרור על מנת להגיע בטיפול 4 לערך סף של 4.8 דצ"ס/מ'.

ההבדלים ב-pH בין טיפולי המיחזור (איור 2) היו קטנים (עד כחצי יחידת pH), ונבעו משונות בריכוזי החנקן והאמון בתמיסות (איור 3). השונות נבעה מהבדלים בתדירות הדחת התמיסות בטיפולים השונים. ה-pH בנקז היה נמוך בכחצי יחידה מזה שבמי הטפטפת בגלל ניטריפיקציה וקליטת אמון על ידי הצמחים. בטפול הבקורת (מס' 6, מערכת השקיה פתוחה) pH מי הטפטפת

היה גבוה יותר מאשר בטפולי המיחזור (איור 2), אולם בגלל ריכוז אמון גבוה יותר (איור 3) ההפרש ב-pH בין תמיסת הטפטפת והנקז היה גדול יותר מאשר בטיפולי המיחזור. על מנת להפריד בין השפעת הניטריפיקציה והשפעת הקליטה על חומציות התמיסה הותקן בכל טיפול גם לזימטר חסר צמחים. נמצא שה-pH בנקז הליזימטרים היה נמוך מזה שבחלקות השתולות: ב-23 לאפריל ההפרש הממוצע לכל הטיפולים היה 0.35 (טבלה א2) וב-2 לילולי 0.45 יחידות (טבלה ב2). משמעות ההפרש היא שבריכוזי האמון והחנקן ששררו בתמיסות המסוחרות השורשים הפרישו יוני OH והעלו על ידי כך את ה-pH שהתקבל בתהליך הניטריפיקציה. בטיפולי מס' 1, בו ריכוזי האמון היה מרבי (איור 3), הפרשת ה-OH היתה מזערית וההפרש ב-pH היה 0.3; בטיפולי 4, בו ריכוזי האמון היה מזערי, ההפרש הממוצע ב-pH בשני התאריכים היה 0.55. ריכוזי יסודות הקורט והזרחן בתמיסות המסוחרות סטו מריכוזי המטרה בשעורים שנוו בין 10% ל-250% (תוצאות מלאות אינן מפורטות). הגורם העיקרי לסטיות היה השונות ב-pH התמיסות:

$$C_p = 5.542 \text{ pH}^2 - 88.627 \text{ pH} + 382.42 \quad R^2 = 0.42$$

$$C_{Mn} = 0.251 \text{ pH}^2 - 3.610 \text{ pH} + 13.173 \quad R^2 = 0.41$$

השונות ב-pH לא השפיעה באופן מובהק על ריכוזי הברזל והאבץ בתמיסות. היות ופרלייט אינו סופח יונים הירידה בריכוזי הזרחן והמנגן עם עליית ה-pH נבעה מתהליכי שקיעה מהירים שהתרחשו תוך מספר שעות בלבד; העליה בריכוזי המנגן והזרחן עם ירידת ה-pH נגרמה על ידי התמוססות משקעים אלה. בטיפולי 5 (זהה לטיפולי 2 אלא בתוספת קרינת UV) ריכוזי הברזל במים היה נמוך באופן משמעותי מהטיפולים האחרים. הדבר נגרם על ידי פרוק הליגנד (EDTA) על ידי ה-UV ושקיעת יוני Fe^{3+} . היונים שהצטברו במערכת עם הזמן היו נתרן, כלוריד, סידן, מגניון ובורון (טבלה א2ב), שמקורם במים, וברור שאסור להוסיפם כדשן.

יבול

טיפולי המיחזור לא השפיעו באופן מובהק על יבול הפלפל הראוי ליצוא, גודל הפרי הממוצע הראוי ליצוא ומשקל הפירות הכללי (איור 4). משקל הפירות הנגועים בשחור פיטם היה מזערי בטיפולי 1 ועלה עם עליית ערך סף, אולם ההבדל בין הטיפולים היה בלתי מובהק (איור 4). שעור הנגיעות הנמוך יחסית בטיפולי 3 נבע כנראה מה-EC הנמוך בטיפולי זה בחודש מאי (איור 1). משקל הפירות המעוותים גדל עם עליית ערך הסף: מ-1142 ק"ג/ד' בטיפולי 6 (מערכת השקיה פתוחה) ל-1579 ק"ג/ד' בטיפולי 4 (הבדל מובהק ברמת $P=0.05$). משקל הפירות המעוותים בטיפולי 3 היה נמוך בהשוואה לטיפולי 2 (תוצאות מפורטות, כולל מספרי הפירות, מוצגות בנספח 1). לא נמצא קשר מובהק בין היבול המצטבר הראוי ליצוא, או משקל הפירות המעוותים והנגועים בשחור הפיטם, לבין ה-EC הממוצע בתמיסה המסוחרת במשך החודש האחרון לגידול, למרות שערכי ה-EC נעו בין 2.1 דצ"ס/מ' בטיפולי 6 ו-4.5 בטיפולי 4 (איור 1). מאידך - ה-EC נמצאה במתאם מובהק עם משקל הפרי הראוי ליצוא (FW, גפרי, ממוצע כל העונה) (איור 5). נוסחת המתאם היתה:

$$FW = -12.1 (EC - 2.5) + 225.8$$

היתה 2.5 דצ"ס/מ' ושעור הירידה היה 12.1 ג' לכל עליה ב-1 דצ"ס/מ' במוליכות התמיסה.

ריכוזי יסודות בצמח

ריכוזי Na, Zn, Fe, P, N בעלים דאגנוסטיים ביום 7 לילולי לא הושפע באופן מובהק ($P=0.05$) על ידי הטיפולים (טבלה 3). הגדלת ערך הסף הביאה לעליה בריכוזי הסידן והמגניון בעלים ולהורדה בריכוזי האשלגן, אולם גם כאן ההשפעה היתה בלתי מובהקת (טבלה 3). ריכוזי המנגן לא הושפע על ידי ערך הסף חוץ מירידה חריגה שנמצאה בטיפולי 2 ושהיתה קשורה כנראה לירידה בריכוזי המנגן בתמיסה המסוחרת באותו שבוע (טבלה ב2). מבין כל היסודות שנבדקו בצמח בסיום הניסוי (טבלה 4) רק ריכוזי החנקן, הזרחן, האבץ והמנגן בעלים הושפע באופן מובהק ($P=0.05$) על ידי הטיפולים. ההבדל היחיד היה בכל המקרים בין טיפולי הבקורת (מערכת השקיה פתוחה) לטיפולי המיחזור, בעוד שהשפעת ערכי הסף על הריכוזי היתה זניחה. בדומה לעבודות קודמות (בר-יוסף וחובריו, 1998, 2000) הצמח צבר את הכלור והנתרן בגבעולים, בעוד שריכוזיהם בעלים ובפירות עלו בשעור מתון עם עליית המליחות (טבלה 4).

ייצור חומר יבש וקליטה

טיפולי המיחזור לא נבדלו ביניהם במשקל הטרי או היבש של העלים והגבעולים בסיום הניסוי (טבלה 5). מדד מסת העלים לוקה בחסר שכן עלים הוסרו במהלך העונה ללא שקילה ולכן אין

ליחס משמעות רבה למשקל הגדול של העלים הטריים בטיפול הבקורת (טבלה 5). אחוז החומר היבש בפירות (טבלה 5) שימש לצורך חישוב כמות החומר היבש שהצטברה בפירות במהלך הניסוי. סך ייצור החומר היבש (פירות + עלים + גבעולים) נע בין 916 ל-1078 ק"ג/ד'; תלותו בטיפולים היתה זניחה (טבלה 5).

הקליטה המצטברת (טבלה 6) חושבה מתוך נתוני המשקל היבש וריכוז היסודות בעלים, בגבעולים ובפירות בסיום הניסוי (טבלה 4). השפעת הטיפולים על הקליטה היתה קטנה ובלתי עקבית וניתן רק לציין שקליטת החנקן, הזרחן והאשלגן בטפול 4 (ערך סף מרבי) היתה המזערית מבין הטיפולים שנבחנו, וזו שבטיפול 6 (מערכת פתוחה) היתה המרבית. הסטיה מהמוצע לכאן או לכאן היתה כ-10% בלבד.

אבפוטנספירציה

ערכי האבפוטנספירציה (ET) היומיים עלו באופן הדרגתי עם הזמן כתוצאה מהתפתחות הצמח, התארכות היום ועלית הטמפרטורות (איור 6). הטיפולים לא השפיעו באופן משמעותי על ה-ET היומית (איור 6) או על ה-ET המצטברת (טבלה 7). בטיפול 5 (חיטוי ב-UV) היו אבודי מים רבים שנבעו מתקלות בהפעלה, ובטיפול 6 לא נמדד הנקז, לכן התוצאות בטיפולים אלה אינן מוצגות. מדידות האבפוטנספירציה התאפיינו בתנודות גדולות שנבעו מליקוי בהצבת מדי המים בצינורות דרכם נשאבו התמיסות ממכלי הנקז למיכלי התפעול. התנודות מסכו הבדלים אפשריים ב-ET בין הטיפולים.

ה-ET המצטברת (ממוצע כל הטיפולים) עמדה על 66% מההתאדות המצטברת מגיית סוג א' בשטח פתוח בחווה. שיעור הדחת המים נע בין 0.2% מה-ET בטיפול 4 ל-32% מה-ET בטיפול 1 (שווה ערך למקדם שטיפה של 32%). שיעור סילוק החנקן נע בין 0.2 ק"ג/ד' בטיפול 4 ל-28 ק"ג/ד' בטיפול 1 (טבלה 7). ההתאמה בין שני האומדנים של תוספת החנקן (צריכה+סילוק לעומת תוספת מוערכת דרך המים) היתה סבירה (הבדל של 10%-15% לטובת התוספת דרך המים).

ריכוז N בזרם הטרנספירציה (קליטת N חלקי ET, ממוצע כל הטיפולים וכל עונת הגידול, טבלה 7) היה 45 מ"ג/ל'. יעילות ניצול המים (ET מצטברת [טבלה 7] חלקי סך ייצור חומר יבש [טבלה 6]) היתה 530 ל"ק"ג עם הבדלים קטנים בין הטיפולים. בחישוב זה הנחנו שמשקל העלים שהוסרו ללא שקילה היה שווה למשקל העלים שנמצאו על השיחים בסיום הניסוי (טבלה 6). יעילות הניצול שהתקבלה דומה לזו שדווחה קודם לכן בפלפל (בר יוסף וחבריו 2000).

מיקרופלורה

הריכוז של מספר חיידקים ופטריית הידועים כמחוללי מחלות שורש בפלפל נבדק בתמיסות המסוחררות בסיום הניסוי. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוז בין הטיפולים ובשום מקרה לא התקבל ריכוז פתוגנים המהווה סכנה לגידול (טבלה 8). החיטוי ב-UV (טיפול 5) לא היה אפקטיבי, אך לא ניתן להסביר בעזרת התוצאות את הסיבות לכך.

מסקנות:

בניסוי זה היה יתרון משמעותי לטיפול בו ערך הסף להדחת תמיסות היה מרבי. היבול האיכותי לא נפגע, הושג חסכון של 190 מ"ק מים ו-32 ק"ג חנקן לדונם לעונה בהשוואה לטיפול 1 (ערך סף מזער), ושיעור הדחת התמיסה לסביבה שאף לאפס.

הקשר המובהק היחיד שנמצא היה בין ה-EC הממוצעת בתמיסה המסוחררת במשך החודש האחרון לגידול ומשקל הפרי הראוי ליצוא (ממוצע כל העונה) (איור 5). נוסחת התגובה שהתקבלה לימדה שהמוליכות שמעליה חלה ירידה בגודל הפרי היתה 2.5 דצ"ס/מ' ושעור הירידה במשקל מגודל מרבי של 226 ג'/פרי היה 12.1 ג' לכל עליה ב-1 דצ"ס/מ' במוליכות התמיסה.

הניסוי נערך בתקופת גידול בלתי שגרתית – מראשית ינואר ועד סוף יולי. היבול הכללי והראוי ליצוא היו נמוכים יחסית ועמדו על כ-8.5 ו-5.5 טון/ד', בהתאמה. יש לחזור על הניסוי בעונת הגידול העיקרית על מנת לקבוע את פונקצית התגובה של הצמח לערך הסף להדחת תמיסות בתנאי גידול אופייניים לאזור הבשור.

ספרות:

ב. בר-יוסף, א. לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 1998. תגובת פלפל לערך הסף להחלפת תמיסות מסוחררות בחממה. דו"ח על מחקר "תגובת גידולים למיחזור מים בחממות" (00-250-301) מנהל המחקר החקלאי.

ב. בר-יוסף, א. לבקוביץ, ט. מרקוביץ. 2000. תגובת פלפל לתדירות השקיה וריכוז דשן בתמיסות מסוחררות בחממה. דו"ח על מחקר "תגובת גידולים למיחזור מים בחממות" (00-250-301) מנהל המחקר החקלאי

Bar-Yosef B., Markovich T., Levkovich I. 2000. Pepper response to leachate recycling in a greenhouse in Israel. Acta Hort. 548:357-364.

טבלה 1. הטיפולים בניסוי¹.

הערות	סך EC בטפטפת (דצ"ס/מ')	טיפול
מערכת סגורה	2.4	1
מערכת סגורה	3.2	2
מערכת סגורה	4.0	3
מערכת סגורה	4.8	4
חיטוי ב-UV	3.2	5
מערכת פתוחה, מנת השקיה כמו בסגורה	-	6

¹ להוציא טפול 5 התמיסות לא חוטאו.

טבלה 2. ההרכב הכימי של מי הטפטפת, הנקז, לזיזימטר חסר צמחים ותמיסת המילוי ביום 23 אפריל 2002 (שתילה 1 ינואר 2002).

טפול	E.C	pH	N-NH4	N-NO3	P	K	Na	Cl	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
1טפטפת	2.1	7.2	34.6	138	43	206	204	233	60	40	1.1	0.37	0.82
2טפטפת	3.1	6	10.3	197	74	196	388	541	113	71	1.9	0.43	1.13
3טפטפת	3.4	6	10.2	210	83	231	407	580	105	77	2.4	0.62	1.73
4טפטפת	3.4	6	6.9	208	78	226	424	609	108	77	2	0.5	1.05
5טפטפת	2.6	6.4	11.1	179	67	187	284	416	98	61	0.7	0.39	0.93
6טפטפת	2	7	50.5	114	40	196	158	177	54	34	0.8	0.33	0.46
1נקז	2.3	6.3	20.6	156	52	206	220	283	70	45	1.5	0.46	1.33
2נקז	3.4	5.1	5.2	207	80	196	406	596	118	75	2.4	0.25	1.31
3נקז	3.7	5.1	5.1	223	92	236	424	658	116	83	2.9	0.73	1.98
4נקז	3.7	5.3	1.8	220	85	231	443	687	118	82	2.3	0.49	1.11
5נקז	3.1	5.4	0.8	197	78	206	318	504	114	68	0.6	0.44	1.02
6נקז	2	5.8	15.1	145	45	201	220	224	63	41	1	0.27	0.57
1לזיזימטר	2	6.9	25.6	144	34	196	189	216	58	37	1.4	0.39	0.47
2לזיזימטר	2.8	6.2	15.1	181	63	196	318	436	97	61	1.9	0.35	1.08
3לזיזימטר	3.4	5.7	7.8	215	85	236	370	576	108	75	2.5	0.67	1.85
4לזיזימטר	3.4	5.6	5.3	211	81	226	388	594	111	73	2.2	0.54	1.42
5לזיזימטר	3.1	5.5	3.2	194	74	211	335	504	106	66	1.1	0.47	1.12
6לזיזימטר	2.1	6.2	16.4	149	48	196	204	240	68	41	1.1	0.26	0.68
מי מילוי	2	7.3	51.5	108	40	192	173	183	58	35	0.7	0.19	0.47

טבלה 2ב. כמו טבלה 2א, אלא בתאריך 2 יולי 2002.

טפול	E.C	pH	N-NH4	N-NO3	P	K	Na	Cl	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
טפטפת 1	2.2	6.2	3	138	40	89	201	421	89	53	1	0.27	0.51	0.36
טפטפת 2	3	6.4	2.3	154	36	72	319	692	99	76	0.8	0.2	0.29	0.51
טפטפת 3	3.3	5.9	2.2	174	51	72	319	725	124	84	1.4	0.41	0.74	0.55
טפטפת 4	4.2	6.1	2.5	215	52	105	479	1019	130	100	1.3	0.25	0.55	0.77
טפטפת 5	2.4	6.7	8.4	138	40	105	219	472	85	55	0.3	0.29	0.35	0.4
טפטפת 6	2	7.3	44	104	39	164	114	195	52	29	0.7	0.23	0.39	0.21
נקז 1	2.5	5.6	0.3	151	45	81	219	513	103	61	1.6	0.32	0.59	0.45
נקז 2	3.4	6	0.1	179	40	56	385	834	113	88	1	0.2	0.18	0.62
נקז 3	3.6	5.4	0.4	201	57	64	385	839	137	95	1.5	0.47	0.83	0.64
נקז 4	4.9	5.7	0.1	255	58	105	580	1187	154	115	1.3	0.24	0.61	0.92
נקז 5	2.9	5.5	0.5	169	47	97	278	606	104	70	0.7	0.3	0.37	0.5
נקז 6	2.1	5.7	24.1	159	53	216	147	250	62	33	1.4	0.35	0.57	0.24
ליזימטר 1	2.2	5.8	4.2	143	40	105	182	403	85	51	1.3	0.3	0.57	0.36
ליזימטר 2	3	5.6	0.4	162	36	72	298	695	99	76	1	0.23	0.32	0.53
ליזימטר 3	3.2	5.3	1	183	51	72	319	731	122	83	1.5	0.45	0.79	0.57
ליזימטר 4	4.1	5.6	0.9	218	52	105	455	991	130	100	1.3	0.29	0.62	0.77
ליזימטר 5	2.5	5.2	0.9	153	42	105	238	517	93	60	0.5	0.31	0.46	0.44
ליזימטר 6	1.9	6.2	15.9	124	37	156	114	215	57	80	0.8	0.26	0.43	0.22
מי מילוי	1.7	6.8	25.7	83	28	122	98	206	54	28	0.6	0.2	0.3	0.2

טבלה 3. ריכוז יסודות בעלים דיאגנוסטיים של צמחי פלפל ביום 7 ליולי (השתילה היתה ב- 1 ינואר).

Mn	Zn	Fe	Cl	Na	Mg	Ca	K	P	N	טיפול
mg/kg			g/ 100 g							
196 a	102	150	0.20	0.64	0.42 ab	0.85 ab	4.74 a	0.50	5.3	1
162 b	112	150	0.25	0.65	0.41 ab	0.84 ab	4.64 ab	0.48	5.4	2
202 a	102	180	0.24	0.65	0.42 ab	0.89 ab	4.53 ab	0.49	5.3	3
203 a	114	157	0.26	0.62	0.45 a	0.97 a	4.48 ab	0.48	5.2	4
212 a	106	162	0.22	0.64	0.44 a	0.93 ab	4.67 ab	0.48	5.2	5
155 b	93	191	0.22	0.62	0.37 b	0.79 b	4.40 b	0.49	5.5	6
188	105	165	0.23	0.64	0.42	0.88	4.58	0.49	5.32	ממוצע
8.9	0.71	1.01	1.8	0.93	2.09	2.22	2.1	0.55	1.24	F
0.001	0.62	0.44	0.4	0.48	0.11	0.09	0.11	0.74	0.33	PR>F
26.2	ns	ns	ns	ns	0.062	0.148	0.298	ns	ns	Lsd

טבלה 4. ריכוז יסודות בכלל העלים, הגבעולים ופירות הפלפל שנמצאו על השיחים בסיום הניסוי¹

טיפול	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn
	mg/kg									
	עלים									
1	3.6 ב	0.35 בג	6.3 אב	2.3	0.94 אב	0.86	0.47 ב	875	127 א	507 אב
2	3.6 ב	0.37 בג	6.4 אב	2.2	0.93 אב	0.87	0.53 אב	647	129 א	476 בג
3	3.7 אב	0.40 אב	6.3 אב	2.2	0.97 אב	0.88	0.55 אב	718	154 א	443 בג
4	3.2 ב	0.32 ג	6.0 ב	2.4	1.05 א	0.82	0.64 א	804	142 א	495 אב
5	3.8 אב	0.37 בג	6.4 אב	2.2	0.98 אב	0.88	0.47 ב	692	161 א	573 א
6	4.2 א	0.43 א	6.6 א	2.1	0.78 ב	0.92	0.55 אב	855	89 ב	404 ג
ממוצע	3.68	0.375	6.32	2.25	0.94	0.87	0.54	765	134	483
F	3.6	4.9	1.2	0.74	1.9	0.95	1.5	0.78	4.4	3.9
PR>F	0.02	0.004	ב.מ	ב.מ	ב.מ	ב.מ	ב.מ	ב.מ	0.007	0.012
Lsd	0.58	0.059	0.57	0.47	0.21	0.106	0.17	347	40.5	97
	גבעולים									
ממוצע	2.1	0.38	4.4	0.62	0.47	1.04	0.79 ²	125	52	108
	פירות על השיחים									
ממוצע	2.4	0.47	2.6	0.11	0.14	0.45	0.17	164	57	37

¹ ההבדלים בריכוזי היסודות בגבעולים ובפירות בין הטיפולים היו בלתי מובהקים ברמת $P=0.05$, ולכן רק הממוצעים מוצגים
² הריכוזים בטיפולים 1 עד 6 היו 0.76, 0.80, 0.86, 0.90, 0.74, 0.67, בהתאמה

טבלה 5. משקל טרי ויבש של צמחי פלפל בסיום הניסוי (ג'צמח), המשקל היבש של כלל הפירות שנקטפו וסך ייצור החומר היבש (ח.י., עלים+גבעולים+פרי). שתילה וסיום 1.1.02 ו- 2.8.02, בהתאמה.

טיפול	ח.י.	משקל טרי			משקל יבש			פירות	עלים	פירות	סה"כ	כלל ייצור
		עלים	גבעולים	פירות	עלים	גבעולים	פירות					
	%	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'	ק"ג/ד'
1	11.2	9.7	5.9	1230 אב	2142	699	137	209	77.6	424	916	492
2	12.2	10.6	5.5	1222 אב	2248	802	145	237	95.3	477	994	517
3	11.7	12.6	6.4	1096 ב	2037	813	128	259	95.7	482	1011	529
4	11.7	11.6	7.0	1242 שב	1998	919	144	228	104.6	477	1078	601
5	10.6	10.5	5.8	1285 אב	2317	867	136	244	92.1	472	992	520
6	10.3	9.9	6.5	1543 א	2427	657	156	237	68.5	462	1005	543
ממוצע	11.3	10.8	6.2	1270	2195	793	141	236	89.0	466	999	534
F	0.73	1.73	0.71	1.68	1.59	1.38	0.77	0.73	1.95	0.85		
PR>F	0.61	0.17	0.62	0.18	0.21	0.27	0.58	0.61	0.13	0.53		
Lsd				378								

⁺יבול פרי טרי מצטבר כפול % ח.י. פרי (טור מס' 3)

טבלה 6. כמות מצטברת של יסודות שנמצאה בצמחי הפלפל בסיום הניסוי (עלים¹ + גבעולים + סך פירות שנקטפו)

Mn	Zn	Fe	Cl	Na	Mg	Ca	K	P	N	טיפול
g/m ² greenhouse										
0.182	0.075	0.349	4.02	7.19	4.30	8.21	41.49	4.45	27.36	1
0.176	0.079	0.297	4.04	6.76	4.25	7.95	41.19	4.41	28.14	2
0.160	0.095	0.331	4.44	7.47	4.44	7.97	40.86	4.64	28.00	3
0.181	0.078	0.341	4.72	7.28	4.74	8.64	39.89	4.23	26.84	4
0.200	0.088	0.292	3.80	7.15	4.51	8.05	41.13	4.33	27.70	5
0.157	0.065	0.364	3.71	6.76	3.82	7.57	41.74	4.93	31.13	6
0.176	0.080	0.329	4.13	7.12	4.36	8.07	41.28	4.50	28.27	ממוצע
										ע

¹ משקל העלים (טבלה 5) הוכפל לשם פיצוי על משקל העלים שהוסרו במהלך הניסוי ולא נשקלו

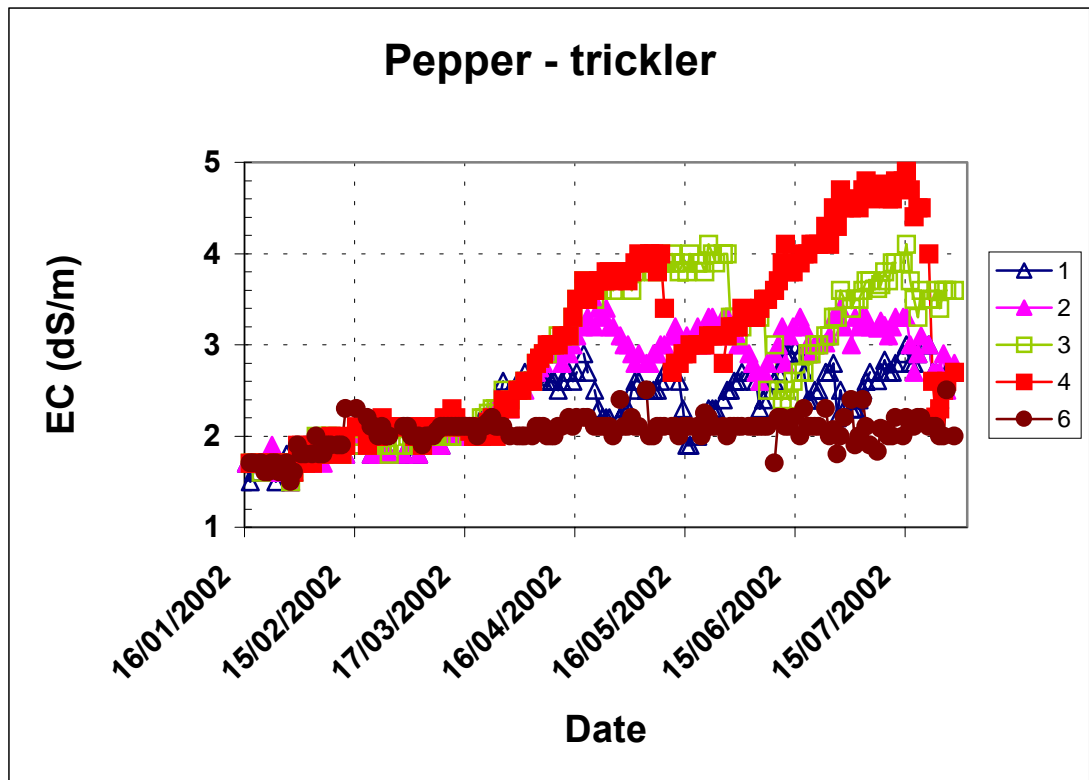
טבלה 7. מאזן מים וחנקן במיחזור תמיסות בגידול פלפל בחוות הבשור¹

טיפול	ET	הדחה	תוספת	סילוק	צריכה	צריכה+סלו	תוספת
	מ"מ לעונה		מ"מ לעונה	ק"ג N/ד' עונה	ק	ק	במים
1	591	187	778	28	27.5	56	62
2	642	95	737	15	28.1	43	53
3	590	28	618	5	28.0	33	36
4	587	1	588	0.2	26.8	27	30
ממוצע	602				27.6		
ע							

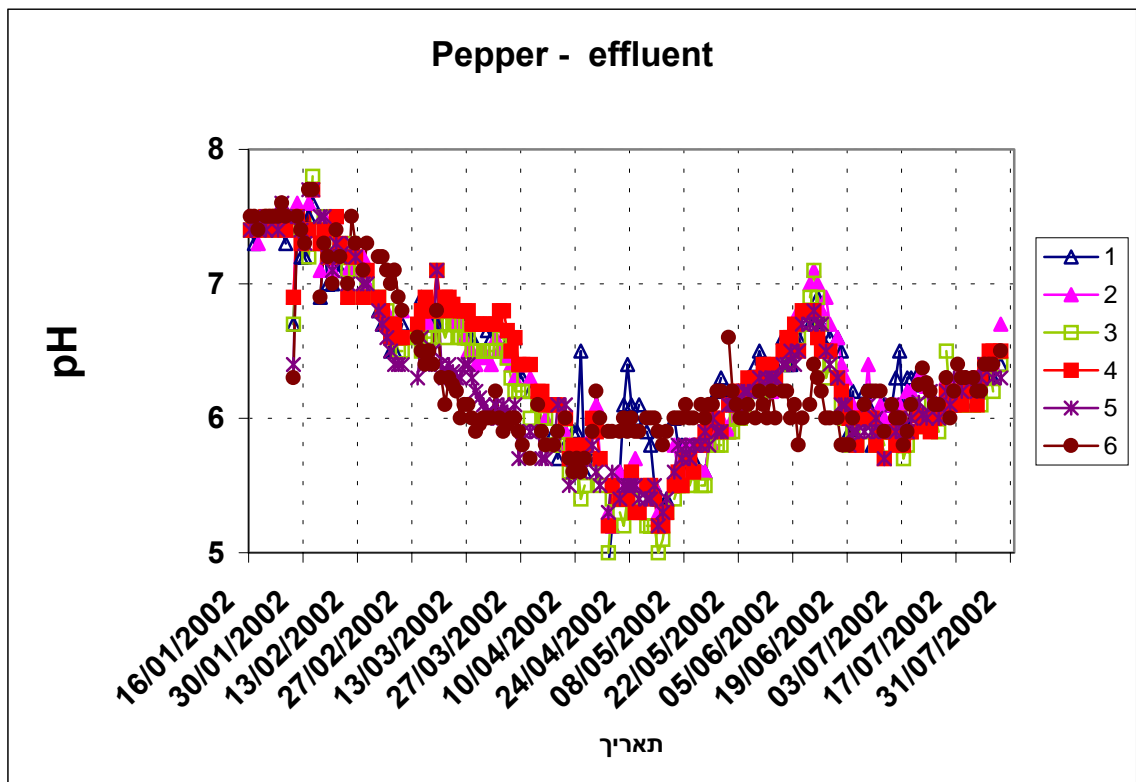
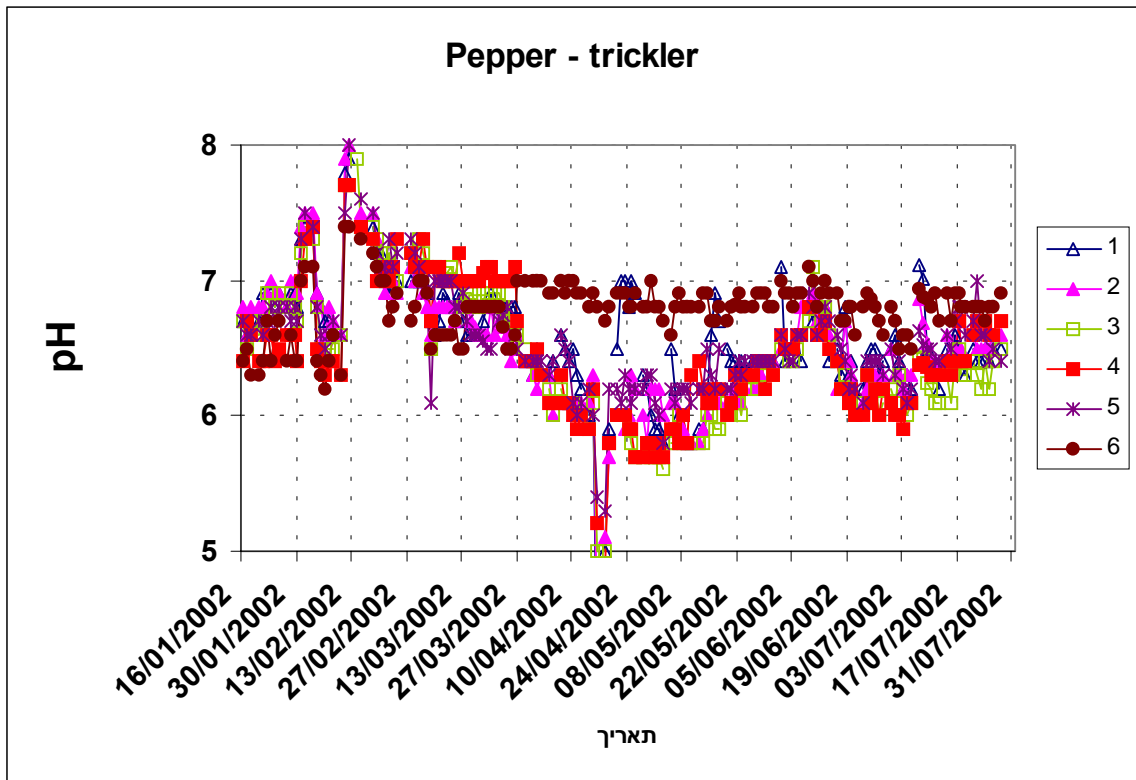
¹ הסילוק נקבע לפי נפח ההדחה כפול ריכוז N בתמיסת הנקז ; הצריכה נקבעה לפי הקליטה (טבלה 6) ; התוספת במים הערכה לפי נפח המילוי וריכוז N בו באותו זמן.

טבלה 8. ריכוז (Colony Forming Units, CFU/mL) סה"כ חיידקים ופטרייות ומיקרואורגניזמים גורמי מחלות שורש בפלפל במי הנקז. תאריך הדגימה ----- . בטיפול 5 התמיסה חוטאה ב- UV . הסימנים – ו- + מסמנים העדר ונוכחות בתמיסה ללא אפיון כמותי.

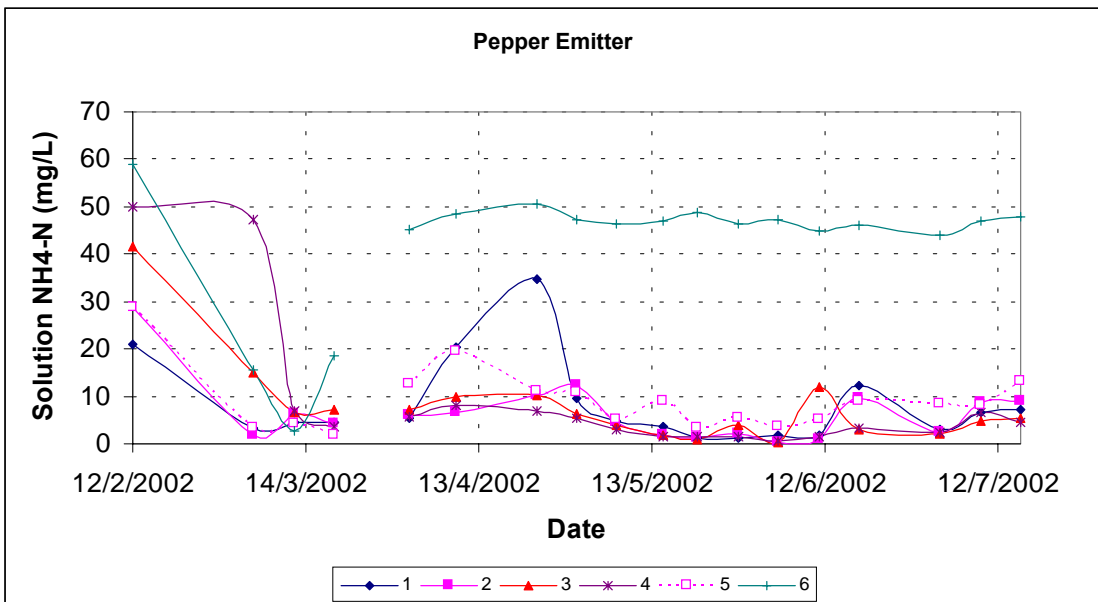
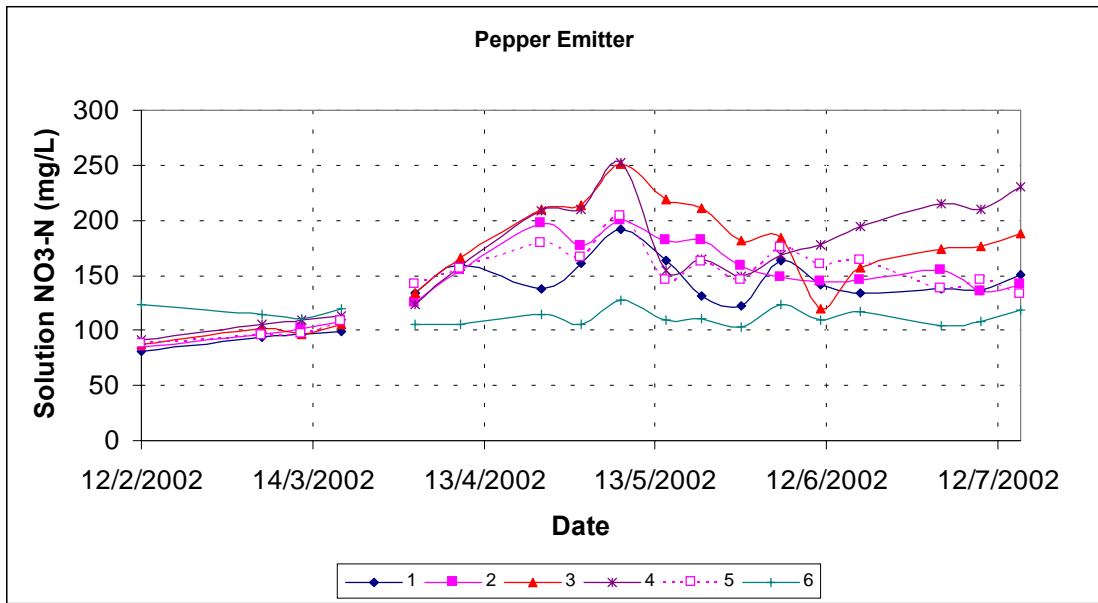
טיפול	סה"כ חיידקים	פסאודומונס פלורסצנט	סה"כ פטריות	קסנטומונס	קלוויבקטר	פיתיום	ארוויניה
ללא	5×10^4	0	200	2×10^3	2×10^3	-	+
1	2×10^4	1×10^3	400	200	3×10^3	-	+
4	9×10^4	1×10^3	10	2×10^3	1×10^3	-	+
5 לפני	8×10^4	1×10^3	0	0	200	-	-
5 אחרי	7×10^4	0	0	300	7×10^3	-	-



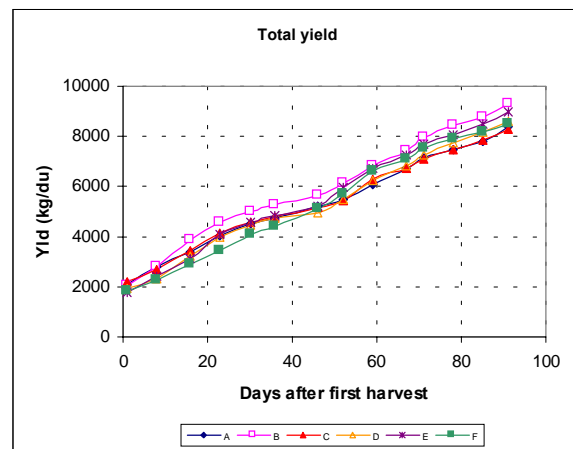
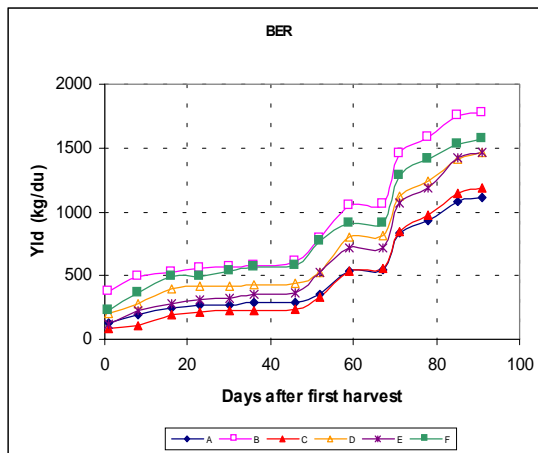
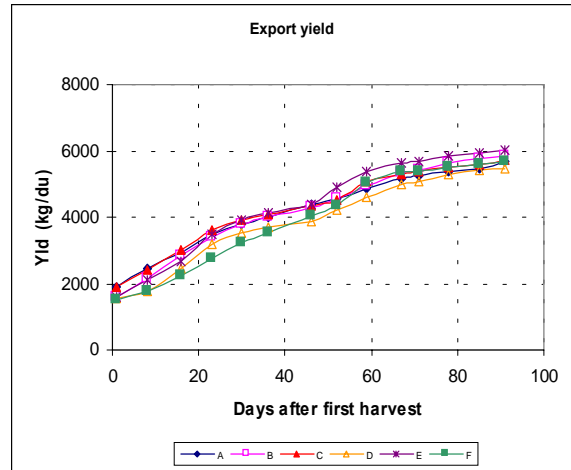
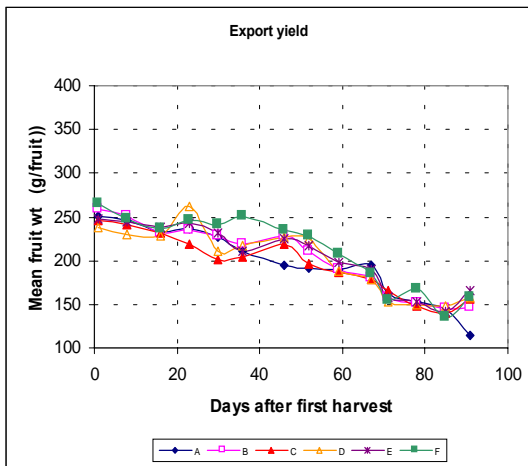
איור 1. המוליכות החשמלית בתמיסות המסוחררות כתלות בזמן ובטיפול. ההבדל בין EC מי הטפטפת והנקז היה קטן מ- 0.3 דצ"ס/מ', לכן מוצגת רק המוליכות במי ההשקיה.



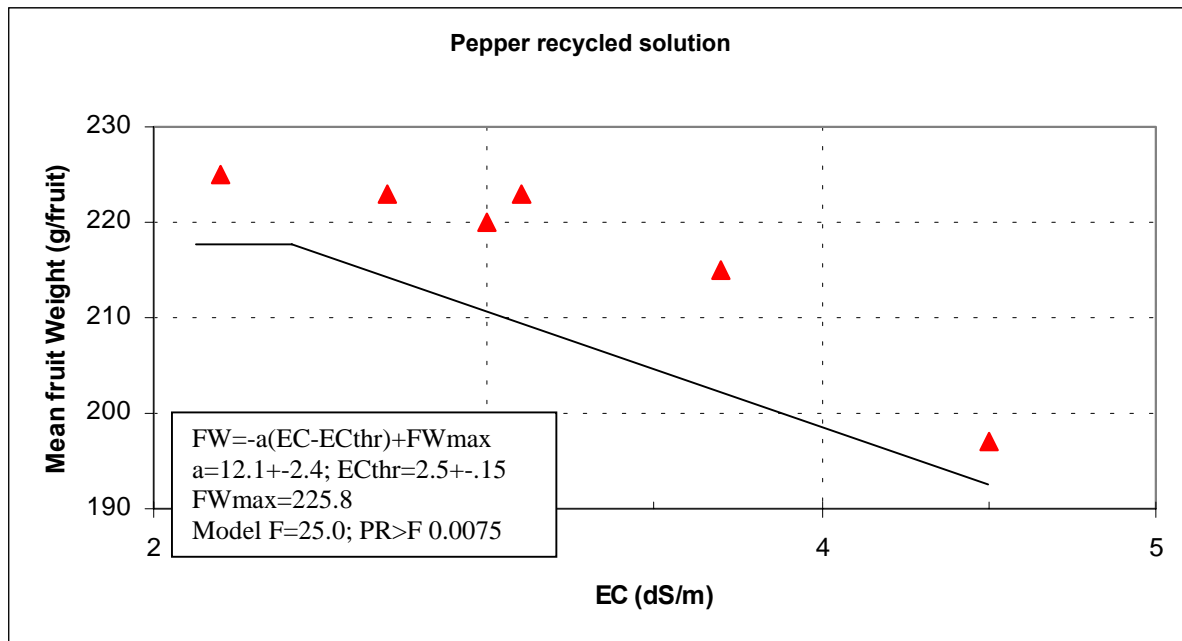
איור 2. ה-pH בתמיסות המסוחררות כתלות בזמן ובטיפול. האיור העליון מתאר את הערכים במי הטפטפת והתחתון במי הנקז.



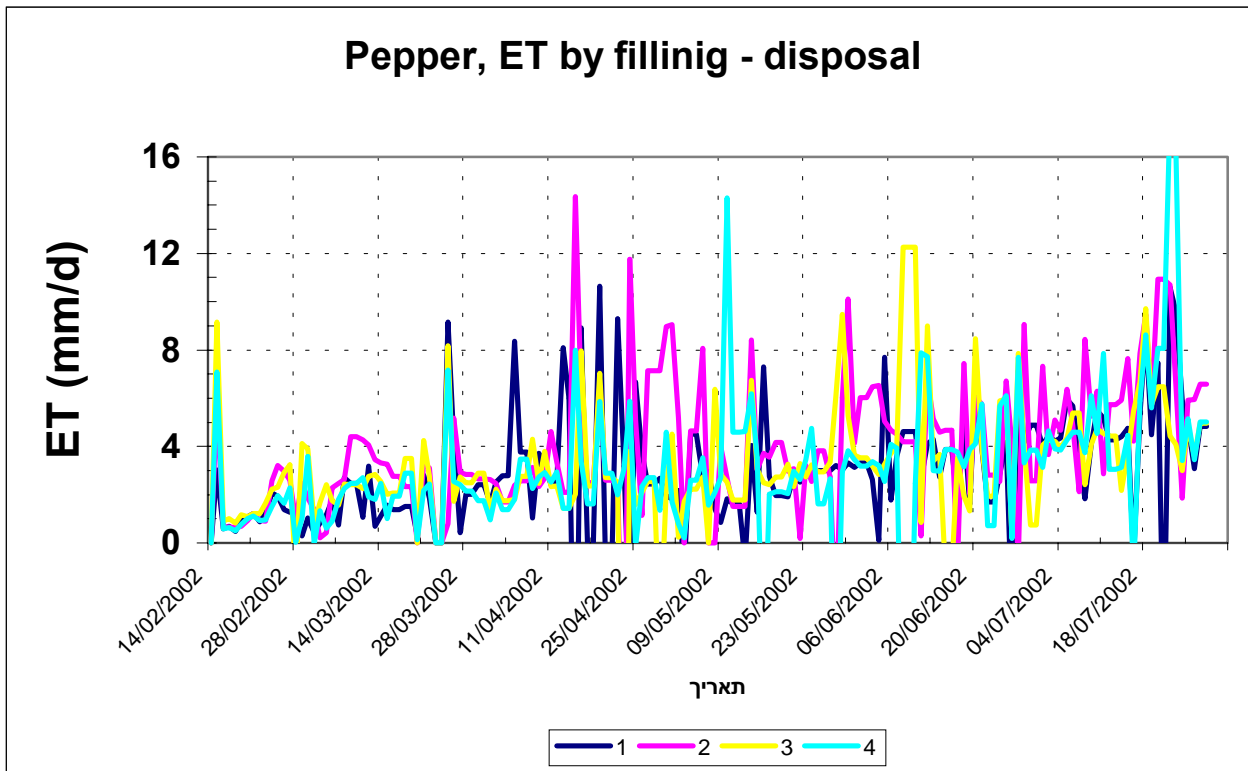
איור 3. ריכוזי חנקן חנקתי (איור עליון) ואמוניקלי (איור תחתון) כתלות בטיפול ובזמן.



איור 4. יבול פרי ראוי ליצוא (למעלה מימין), גודל ממוצע של פרי ראוי ליצוא (למעלה משמאל), יבול כללי (למטה מימין) ומשקל פירות נגועים בשחור פיטם (למטה משמאל) כתלות בזמן ובטיפול. הניתוח הסטטיסטי בוצע בנתוני חודש מאי, יוני, יולי (מצטבר חודשי) והסך הכל. סיכום: יבול ראוי ליצוא-הבדלים בלתי מובהקים (P=0.05) בין הטיפולים בכל התאריכים; גודל פרי ראוי ליצוא-הבדל מובהק בחודש יוני (lsd=18) ובממוצע העונתי (lsd=26); יבול כללי-הבדל מובהק בחודש יוני (lsd=621); פירות נגועים בשחור פיטם-הבדל מובהק ביבול המצטבר בלבד (lsd=535)



איור 5. הקשר בין ה-EC הממוצעת במשך החודש האחרון לגידול והמשקל הממוצע של הפרי הראוי ליצוא (ממוצע כל אורך תקופת הניסוי) (FW). הפרמטרים: FW_{max} = משקל הפרי כאשר ה-EC אינה מהווה גורם מגביל; EC_{thr} = סף ה-EC שמעליו חלה ירידה במשקל הפרי; a = שיעור הירידה במשקל הפרי על כל עליה של 1 דצ"ס/מ' במוליכות התמיסה.



איור 6. אבפוטנספירציה בטיפולים השונים כתלות בזמן. שתילה 1 ינואר. בגלל התנודות הניכרות לא ניתן לציין הבדלים בין הטיפולים.

נספחים

נספח 1. יבול כללי, יבול ראוי ליצוא ומשקל ומספר פירות מעוותים ונגועים בשחור פיטם כתלות בטיפול ובחודש הקטיף.

טבלה I. יבול כללי (יצוא + מעוות + שחור פיטם)

TR	Weight (kg/du)			
	May	June	July	Sum
1	4491	1593 b	2260 ab	8344
2	4996	1859 b	2542 a	9397
3	4554	1711 b	2000 b	8265
4	4463	1748 b	2375 ab	8586
5	4559	2172 ab	2231 ab	8962
6	3925	2543 a	1879 b	8347
Mean	4498	1938	2214	8650
F	1	3.59	2.17	0.92
PR>F	0.44	0.02	0.099	0.49
lsd	ns	621	544	ns

טבלה II. יבול ראוי ליצוא

TR	Weight (kg/du)				Number (per du)			
	May	June	July	Sum	May	June	July	Sum
1	3802	1074 a	797 ab	5673	15765	5390 b	5227 ab	26382
2	3775	1140 a	972 a	5887	15400	5483 b	5973 a	26857
3	3925	1131 a	669 ab	5724	16730	5740 ab	4153 ab	26623
4	3513	1105 a	834 ab	5452	18760	5291 b	5133 ab	29184
5	3898	1483 ab	648 ab	6029	16065	7046 ab	3920 ab	27031
6	3240	1803 b	627 b	5670	12800	8027 a	3733 b	24560
Mean	3692	1289	758	5739	15920	6163	4690	26773
F	0.99	2.99	1.81	0.49	0.86	2.14	1.89	0.39
PR>F	0.45	0.036	0.16	0.78	0.52	0.10	0.14	0.85
lsd	ns	560	331	ns	ns	2526	2131	ns

טבלה III. משקל פרי ממוצע ראוי ליצוא

TR	Weight (g/fruit)			
	May	June	July	Overall
1	257 a	199 b	157	223 a
2	247 a	204 b	164	220 ab
3	234 ab	197 b	161	215 ab
4	205 b	210 ab	162	197 b
5	242 ab	211 ab	164	223 a
6	242 ab	223 a	169	225 a
Mean	238	208	163	217
F	2.0	3.1	0.43	1.86
PR>F	0.12	0.03	0.82	0.15
lsd	41	18	ns	26

טבלה IV. משקל פרי נגוע בשחור פיטם

TR	Weight (kg/du)				Number (per du)			
	May	June	July	Sum	May	June	July	Sum
1	272 ab	259 b	594	1125 b	1260 ab	2730 b	8820	12810
2	567 a	520 a	754	1841 a	2625 ab	5857 a	13113	21595
3	222 b	313 ab	649	1183 b	1120 b	3535 ab	11200	15855
4	420 ab	378 ab	669	1467 ab	2170 ab	4888 ab	13067	20125
5	319 ab	401 ab	748	1468 ab	1680 ab	4389 ab	12087	18155
6	538 a	367 ab	672	1577 ab	2765 a	4153 ab	11060	17978
Mean	390	373	681	1444	1937	4259	11558	17753
F	2.3	1.45	1.0	2.65	2.2	1.48	1.44	2.0
PR>F	0.08	0.25	0.44	0.054	0.09	0.24	0.25	0.12
lsd	310	243	ns	535	1544	2937	ns	7278

טבלה V. משקל פרי מעוות

TR	Weight (kg/du)				Number (per du)			
	May	June	July	Sum	May	June	July	Sum
1	355	210	819 ab	1384 ab	1820 b	1318	6533	9672 ab
2	626	148	809 ab	1582 a	1995 ab	910	6580	9485 ab
3	391	223	669 ab	1283 ab	2240 ab	1388	5553	9182 ab
4	509	217	853 a	1579 a	3010 a	1266	6673	10949 a
5	330	238	798 ab	1366 ab	1750 b	1237	6300	9287 ab
6	280	281	581 b	1142 b	1505 b	1587	4480	7572 b
Mean	415	220	755	1389	2053	1284	6020	9358
F	1.4	0.59	1.74	1.88	2.18	0.46	1.33	1.53
PR>F	0.27	0.71	0.17	0.14	0.10	0.80	0.29	0.23
lsd	ns	ns	ns	ns	1184	ns	ns	2897