

תגובת ורדים בערבה למיחזור מים ודשן בחממה

ש. קרמר¹, ב. בר-יוסף², ג. צוברי³, ג. קריצמן⁴

מבוא

התמורות החלות בשנים האחרונות בגידול החקלאי בערבה כמו: הארכת עונת הגידול, שימוש בבתי צמיחה מבוקרים, מגבלות מים ומגבלות בשימוש במתיל ברומיד לחיטוי קרקע, מחייבות בחינה ולימוד של אמצעים חדשים ליעול מערכת הגידול הן מבחינת שימוש במצעי גידול מנותקים ושיטות חיטוי והן מבחינת חיסכון במים, דשנים ואנרגיה. ישום הידע במיחזור תמיסות בחממות שהצטבר עד כה באזורים אחרים בארץ חייב להיעשות בזהירות משום עומס החום הגדול בערבה והמליחות הגבוהה של מי ההשקיה העשירים מאד בגופרה, כלוריד, סידן ומגניום.

היקף גידול הורדים בערבה הנו מצומצם עדיין, אך כולו מגודל במערכות מבוקרות במצע מנותק. האפשרות להקטנת כמות המים השנתית ליחידת שטח הנה מפתח להגדלת היקף השטחים. לאור זאת נבחרו ורדים כגידול המבחן הראשון.

מטרת המחקר היתה לפתח ממשק למחזור מים ודשנים בגידול ורדים בערבה. המטרות הייחודיות היו:

1. לימוד תגובת הגידול לערכי סף להחלפת ורענון תמיסות ההשקיה.
 2. לימוד השפעות של הצטברות מלח בתמיסות מסוחררות על קליטת יסודות מזון ותכולתם בצמח.
 3. לימוד יחסי הגומלין שבין ביופילטר גרביטציוני לבין המערכת צמח-מצע-תמיסה.
- המחקר יאפשר לבחון את ההתכנות של גידול ורדים במערכת מיחזור מים בתנאי הגידול בערבה, תוך הגדרת תנאי תפעול רצויים. הידע והמידע שירכשו יאפשרו יישום מהיר של שיטת המיחזור בגידולים נוספים כמו פלפל, עגבניה, מלון ופרחי קטיף, תוך ייעול השימוש במים ודשנים.

עקרונות בסיסיים בישום מיחזור מים

נפח המים המשרת את השטח המושקה הנו גדול ביחס לצריכה היומית: כ- 30 מ"ק/1000מ"ר, כאשר הצריכה היומית המרבית הנה 5-6 מ"ק בחממה מצוננת. הנפח הגדול מונע עליה מהירה מדי בקצב ההמלחה של התמיסה המסוחררת ומונע תמותת צמחים מקרה של תקלה באספקת מי רשת לחממה. מדי יום מוחזר למאגר נפח המים שנצרך על ידי הצמחים וכך ממזערים את קצב עליית המליחות בחממה. הדשנים מוזרקים למים בכניסה לחממה כאשר ריכוזם בתמיסה המסוחררת יורד מתחת לריכוז המטרה. הזרמת כמות גדולה של מים בתדירות גבוהה דרך בית השורשים מקטינה הצטברות מלחים בפני השורש

¹ שירות שדה, לה"ד נגב, שה"מ.

² המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי.

³ תחנת נסיונות "יאיר", מו"פ ערבה תיכונה.

⁴ המכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי.

ומאפשרת לצמחים לקלוט מים בקלות רבה יותר בהתאם לדרישות הדיות. בסופו של יום השקיה הכמות שנגרעה מהמאגר שווה לכמות שנצרכה על ידי הצמחים. שיטה זו מאפשרת לספק באופן מדויק את צריכת המים של הגידול בהתאם לתנאי האקלים והשלב הפיזיולוגי של הצמח.

הדחת מים מתוך המערכת הנה פעולה הכרחית לשמירה על רמת מליחות רצויה במאגר. להחלטות באיזה רמת מליחות יוקזו מים ומה תהיה שיטת ההקזה השפעה רבה על יעילות השימוש במים במערכות מיחזור.

חומרים ושיטות

ניסוי מיחזור המים נערך בחממת מחקר דגם ערבה בחוות יאיר ליד הצבה. גובה המרזב 3.5 מטר, רוחב מפתח 6 מטר, בממדים: 18 X 18 מטר, שטח ברוטו 324 מ"ר. בדרום החממה שביל בטון ברוב 1.8 מטר. שטח גידול נטו 292 מ"ר. כל התוצאות בהמשך יהיו ליחידת שטח גידול נטו. כדי להמיר ליחידת שטח ברוטו יש לכפול את התוצאות במקדם של 0.90.

בחממה מותקנת מערכת חימום (מים), מערכת צינון (מזרון לח ומאווררים) ומסך תרמי 50% צל. בקר אקלים מנהל את פתיחת הוילונות, הפעלת מאווררים ומזרון לח וכן את מערכת החימום. טמפרטורה מרבית במבנה נקבעה ל 30 מעלות צלזיוס (מ"צ). טמפרטורת הלילה לא ירדה מ 18 מ"צ. בתקופות בהן היה צורך להתמודד עם מחלת הבוטריטיס הופעלה מדיניות של אוורור מחזורי בלילה, אשר גרמה לירידת הטמפרטורה במבנה אל מתחת לרמה הרצויה.

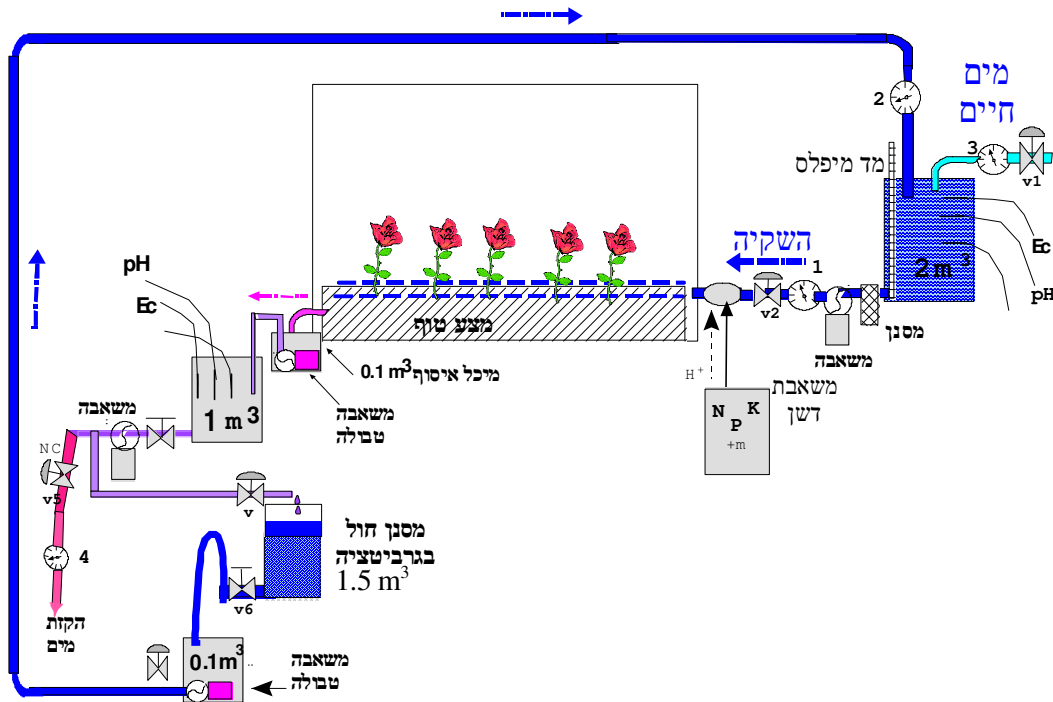
המצע המנותק: טוף מסוג 0-8 M הוכנס למיכלי פוליסטירן הבנויים עם שיפוע כלפי מרכז הציר האורכי. בנקודה הנמוכה יש חורי ניקוז. ממדיהם הפנימיים של המגשים הנם: 1.04 x 0.5 x 0.17 מטר. עובי דופן - 0.04 מטר. נפח מצע במיכל - 88 ליטר. נפח מצע ל1000 מ"ר - 56.4 מ"ק.

שיטת ההשקיה והמחזור: על פני כל ערוגה הונחו שתי שלוחות טפטוף עם טפטפות בספיקה של 2.3 ל"ש כל 0.2 מטר (11.5 ל"ש למטר שלוחה, 15.3 מ"ק/ש"ד). לכל טיפול הייתה מערכת השקיה/מיחזור עצמאית (תרשים 1). משאבה הזרימה את המים מהמיכל הראשי, תוך מדידת כמותם, לחלקות הטיפול שבחממה. כמות המים להשקיה בודדת היתה שווה בכל הטיפולים (ראה להלן) ועמדה על 120 ל"טיפול (או 2.4 מ"ק/ד' חממה). הנסיון הראה שבמנת מים זאת מקבלים שטיפה יעילה של המלחים מכל נפח המצע. מנת ההשקיה היומית בטיפולי המחזור נבחרה להיות ET*4, כאשר ה-ET הוערכה כ- 5 מ"מ/יום; בפועל המנה היתה 21.6 מ"ק/ד' חממה ליום (1080 ל"טיפול). מנת המים היומית היתה קבועה

לכל אורך תקופת הניסוי להוציא מספר חודשים בתחילת הניסוי. מספר ההשקיות ליום היה לפיכך 9. משטר ההשקיה בטיפול ללא מיחזור מתואר בהמשך. הדשן הוזרק למי ההשקיה בהתאם לתוכנית שנקבעת בבקר ההשקיה. ריכוזי המטרה במי הטפטפת היו 100 ח"מ N (NH₄-N:NO₃-N = 1:2.8), 25 ח"מ P ו-100 ח"מ K. תמיסת המילוי הוכנה באופן עצמאי בעזרת אמון חנקתי, חומצה חנקתית, אשלגן חנקתי, וחומצה זרחתית. יסודות קורט הוספו על ידי תמיסת סופר קורטין. החל מתאריך 11/02/2002 הוחלפה החומצה החנקתית באמון חנקתי ויחס אמון:חנקתית השתנה ל-1:1.79.

במיכלי הפוליסטירן הותקנה מתחת לחורי הניקוז תעלת איסוף, שהשתלבה במבנה המיכל. מכל חלקה

תרשים 1. תאור מסלול המים ומרכיבי מערכת המחזור בתחנת ניסיונות "יאיר" לטיפול בודד



הובלו המים לצינור מאספ כללי של הטיפול והוזרמו בגרביטציה למיכל נקז בנפח 0.1 מ"ק המצוי בשוחה מתחת לגובה פני הקרקע. משאבה טבולה, שהופעלה באמצעות מצוף, העבירה את המים למיכל ביניים בנפח 1 מ"ק. ביציאה ממיכל זה מותקנת משאבה המעבירה את המים, או להרחקה תוך כדי מדידת כמותם, או אל מסנן ביולוגי פתוח לאטמוספירה שספיקתו כ- 80 ליטר/שעה. המים שוהים במסנן הביולוגי כ- 8 שעות. המים המטופלים זורמים למיכל איסוף בנפח 0.1 מ"ק בו מותקנת משאבה טבולה מופעלת מצוף, המעבירה את המים תוך כדי מדידת הכמות למיכל הראשי שנפחו 2 מ"ק.

מדי בקר, לפני תחילת ההשקיות, משלימים את נפח המים במיכל הראשי עם מי ברז (ללא דשן). כמות המים המוספת נקבעת בהתאם למדידת מיפלס המים באמצעות חיישן אולטרה-סוני המחובר לבקר ההשקיה ונמדדת בעזרת מד מים. לאחר מכן במהלך היום אין תוספת מי ברז טריים.

מעקב אחר איכות המים: במיכל הראשי ובמיכל איסוף מי הנקז בכל טיפול, נדגמו מים מדי כשעה ונבדקו בהם המוליכות החשמלית וה-pH. נתונים אלו משמשים את בקר ההשקיה לקבלת החלטה לגבי הרחקת מי הנקז במקום להמשיך לסחררם במערכת. פעמיים בשבוע נדגמים מי טפטפת ונבדקת בהן רמת המוליכות החשמלית, ריכוז הכלורידים וריכוז החנקן המינרלי. בהתאם לתוצאות מחשבים את כמות הדשן המוזרקת למי ההשקיה. ההרכב הכימי של מי הרשת ששמשו בניסוי: $pH\ 7.6$; $Cl^-\ 8.8\ mM$; $SO_4^{2-}\ 5.8\ mM$; $K^+\ 0.33\ mM$; $Na^+\ 10.5\ mM$; $Ca^{+2}\ 3.8\ mM$; $Mg^{+2}\ 3.1\ mM$. בתמיסה: קטיונים $24.6\ mmol/L$ ואניונים $20.4\ mmol/L$. ההפרש מוסבר על ידי ריכוז יוני ה- HCO_3^- בתמיסה (לא נבדק, נמסר על ידי מקורות).

בניסוי נבחנו 5 טיפולים בחמש חזרות. כל חלקה (באורך 5.6 מ') כללה 5 מיכלים. רוחב חלקה היה 1.5 מ', כך ששטח טיפול היה 42 מ"ר חממה. מדי יום נערך קטיפה פרחים בכל החלקות מקטע באורך 3.35 מטר (3 מיכלים) ששטחו 5.04 מ"ר חממה. הפרחים מוינו לקבוצות אורך, נספרו ונשקלו. מספר פעמים במהלך הניסוי נדגמו צמחים שלמים לבדיקת משקל חומר יבש ותכולת אלמנטים בחלקי הצמח השונים.

בדיקות איכות: הבדיקות נערכו שלוש פעמים בתקופה יוני – אוגוסט 2001. תהליך הבדיקה (המפורט כהערה בטבלה המסכמת בפרק התוצאות) מדמה את המסלול אותו עובר ענף הפריחה משלב הקטיפה בחממה, האחסון אצל המגדל וההובלה לשוק היעד. הערכת האיכות נעשתה באופן חזותי על ידי מומחה שהעריך בנפרד את הפרח ואת העלווה. הקריטריונים ששמשו את המעריך מפורטים אף הם בטבלה הנ"ל.

פירוט הטיפולים

טיפול 1. שיני משור קטנות סביב ערך סף ממוצע נמוך. ערך הסף הממוצע עם הזמן היה 2.9 דצ"ס/מ' והמשרעת נעה בין 2.6 ו- 3.2 דצ"ס/מ'. הרחקת המים נעשתה כאשר המוליכות במי הנקז הגיעה ל- 3.2 דצ"ס/מ' וכוונה לקבלת 2.6 דצ"ס/מ' במי הנקז. נפח כל הקזה היה 800 ל'.

טיפול 2. שיני משור בינוניות סביב ערך סף ממוצע בינוני. ערך הסף הממוצע עם הזמן היה 3.2 דצ"ס/מ' והמשרעת נעה בין 2.6 ו- 3.8 דצ"ס/מ'. הרחקת המים נעשתה כאשר המוליכות במי הנקז הגיעה ל- 3.8 דצ"ס/מ' וכוונה לקבלת 2.6 דצ"ס/מ' במי הנקז. נפח כל הקזה היה 1500 ל'.

טיפול 3. שיני משור מזעריות סביב ערך סף ממוצע גבוה. ערך הסף הממוצע עם הזמן היה 3.8 דצ"ס/מ' והמשרעת נעה בין 3.6 ו- 4.0 דצ"ס/מ'. הרחקת המים נעשתה כאשר המוליכות במי הנקז הגיעה ל- 4.0 דצ"ס/מ' וכוונה לקבלת 3.6 דצ"ס/מ' במי הנקז. ההקזות נעשו בתכיפות גבוהה בשעור של כ- 100 ל' להקזה.

טיפול 4. שיני משור גדולות סביב ערך סף ממוצע גבוה. ערך הסף הממוצע עם הזמן היה 3.7 דצ"ס/מ' והמשרעת נעה בין 2.6 ו- 4.8 דצ"ס/מ'. הרחקת המים נעשתה כאשר המוליכות במי הנקז הגיעה ל- 4.8 דצ"ס/מ' וכוונה לקבלת 2.6 דצ"ס/מ' במי הנקז. נפח כל הקזה היה כ- 2000 ל'.

טיפול 5. ביקורת ללא מיחזור. השקיה פעמיים עד ארבע פעמים ביום (5 עד 8.5 מ"ק'ד' חממה ליום) ללא שימוש חוזר במי הנקז.

שתילה: בתאריך 22/08/1999 נשתלו שתילים מורכבים מהזן לונג יגואר. עד לתאריך 22/11/1999 ניתנה מנת מים אחידה לכל הטיפולים ברמה של כ- 12 מ"מ ליום בארבע מחזורי השקיה. הטיפולים החלו בתאריך 22/11/1999. במשך ארבעה חודשים אירעו תקלות בצידוד, אשר גרמו לגלישות מים ממיכלי האגירה ושיבוש המהלך המתוכנן של הטיפולים. רק בחודש אפריל 2000 התייצבה המערכת ותפעול הטיפולים החל להתבצע כמתוכנן.

מערכת הביופילטרים :

א. ממדי ומבנה המסנן הביוולוגי הוגדרו בהתייעצות עם ד"ר גיורא קריצמן מהמחלקה למיקרוביולוגיה במרכז וולקני ועם יצחק דיסון מנהל החממה הלימודית בביה"ס האזורי עין-גדי. קוטרו של המסנן נקבע בהתאם למגבלה שספיקת המים של חומר המילוי היא 160 ל'שעה/מ"ר שטח חתך(מהירות זרימה 0.16 מ'שעה). במציאות מהירות זרימת המים היתה בתחום 0.1-0.3 מ'שעה וגובה המסנן

נבחר כך שזמן השהיה של יחידת מים במסנן היה 7-8 שעות (בהנחה של מהירות זרימה של 0.2 מ/שעה הגובה הדרוש הוא $h=8*0.2=1.6$ m).

ב. מבנה המסנן ושכבות החול (תרשים 2). הגובה הכולל של שכבות החול והחצץ היה 120 ס"מ. מעליהם שכבת מים משתנה בתחום 60-100 ס"מ. שכבת המים מיועדת לשמירה על תנאים אנאירוביים במסנן, לאפשר התפתחות אוכלוסיית חיידקים מיוחדת ולמנוע ערבול בעת כניסת המים למסנן. שכבת החצץ הבזלתי הונחה על רשת פלסטיק עם חורים גדולים למניעת סתימה של מוצא המים. חלוקת שכבות המצע:

שכבה עליונה 0.3 מטר, חול קוארץ - קוטר חלקיקים 0.3-0.6 ס"מ.

שכבה שנייה, 0.3 מטר חול קוארץ - חלקיקים 0.6-0.8 ס"מ.

שכבה שלישית 0.3 מטר חול קוארץ - חלקיקים 0.8-1.5 ס"מ.

שכבה רביעית 0.1 מטר חצץ בזלת דק חלקיקים 2.5-4 ס"מ.

שכבה חמישית תחתונה 0.2 מטר חצץ בזלת גס חלקיקים 6-10 ס"מ.

המיכל נבנה על ידי חיבור של שלשה מיכלים בנפח 500 ליטר אחד על גבי השני כך שהתקבל מיכל שקוטרו 0.85 מטר וגובהו 2.5 מטר.

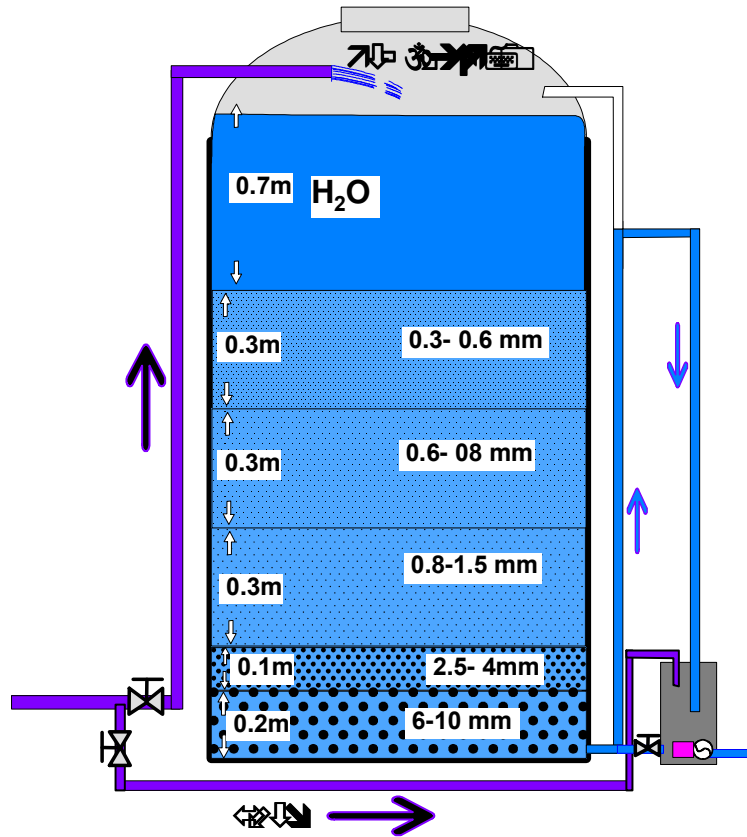
ג. שליטה על קצב התנועה. השליטה בקצב תנועת המים דרך המסנן הושגה באמצעות "גמל" המורכב ביציאה ובאמצעותו ניתן להבטיח שתמיד תישאר שכבת מים של כ-60 ס"מ מעל פני החול. ספיקת המים הנכנסים למסנן ווסתה באמצעות וסת ספיקה (90 ל"ש נומינלי) השומר על ספיקה של 75-70 ל"ש. המים היוצאים מהביופילטר נאספים במיכל ביניים בנפח 100 ליטר בו מותקנת משאבה טבולה הפועלת באופן עצמאי בהתאם לגובה מפלס המים במיכל. מים אלו נמדדים בדרכם למיכל הראשי. לשם מניעת גלישת מים במקרה של ירידה בספיקת המסנן, הותקן פתח ניקוז עודפים המאפשר למים לעקוף את המסנן ולהגיע למיכל הראשי ללא טיפול סינון.

תוצאות

ההרכב הכימי של התמיסות המסוחררות

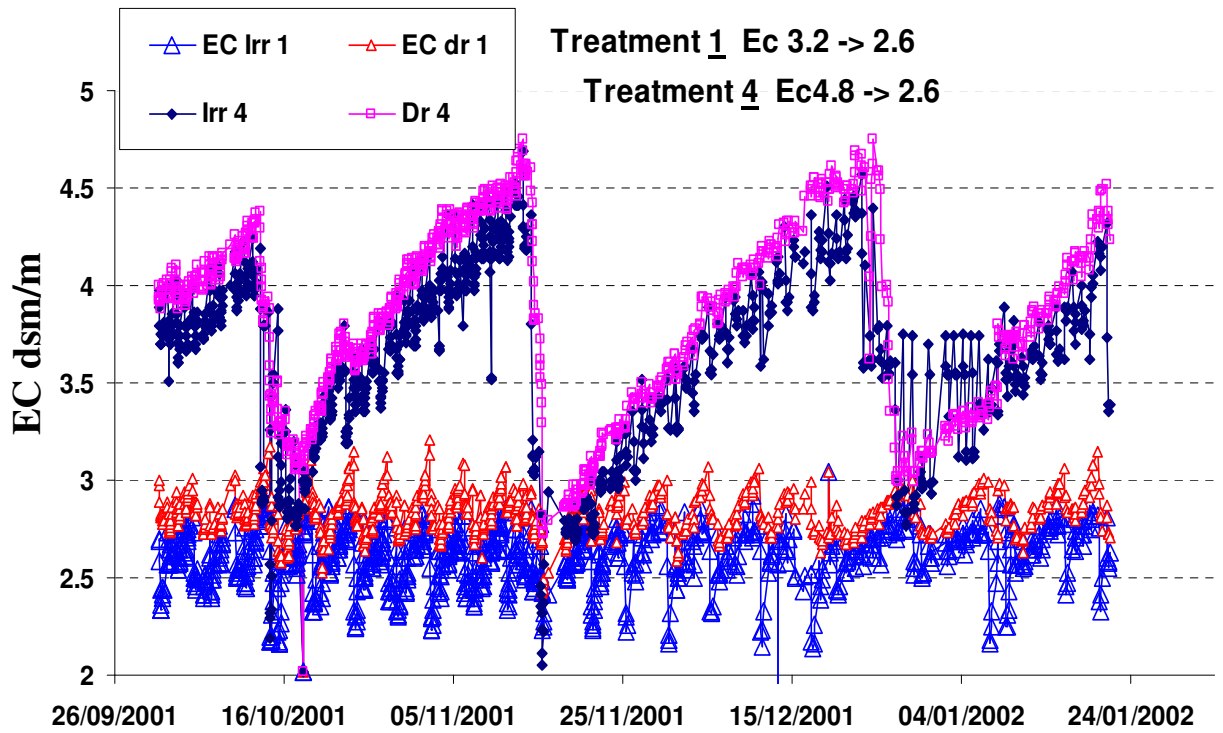
החל באפריל 2000 ועד לסיום הניסוי בסוף שנת 2001 ערכי ה-EC במי הנקז תאמו את הערכים המתוכננים (איורים 3, 4, 5, 6). להוציא טיפול הבקורת, ההפרש בין EC מי הנקז ו-EC מי הטפטפת היה קטן מ-0.5 דצ"ס/מ'. הריכוז הממוצע עם הזמן של החנקן המינרלי במי הטפטפת היה שווה בכל הטיפולים ועמד על $80 \text{ mg NO}_3\text{-N / L}$ ו- $15 \text{ mg NH}_4\text{-N / L}$ (איורים 7, 8). הסטיות מהממוצע היו מרביות בערכי הסף הגבוהים, ושם גם נמצאו ריכוזי האמון המזעריים. הסטיות מהממוצע נבעו מכך שתיוקן הריכוזים בזמן מילוי גרעון המים היומי לקה בחסר. התיוקן המדויק לריכוז המטרה בוצע בזמן החלפת נפחי תמיסה גדולים לאחר הקזות. ערכי ה-pH נעו במשך הניסוי בין 7.5 ל-6.0; במספר מקרים

תרשים 2. תאור מערכת המסנן הביולוגי המותקן בניסוי (קוטר 0.85 מ').

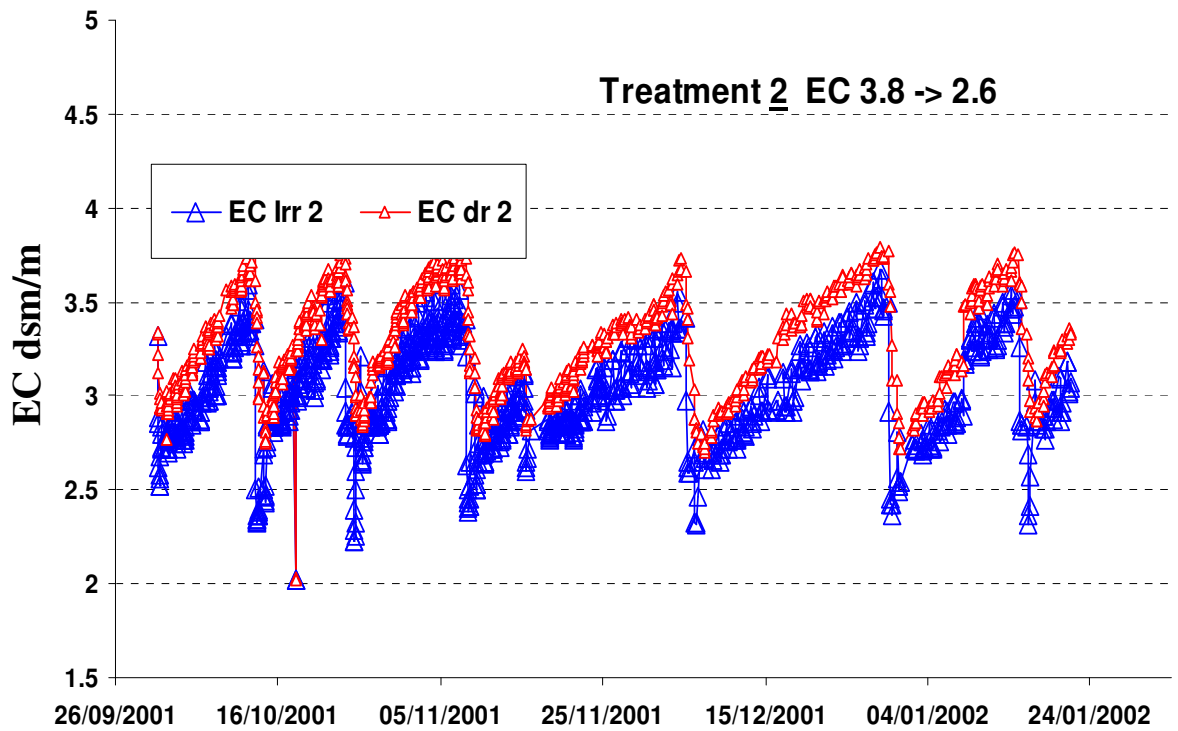


ה- pH ירד ל- 5 ואף למטה מזה (איור 9). בטיפול הבקורת בו ריכוז האמון היה מירבי (איור 8) ערכי ה- pH היו בדרך כלל מזעריים (איור 9).
 ריכוז הגופרה בנקז ביום 25/4/01 הגיע ל- 9.7 מילימולר (1100 מ"ג SO_4 /ל'), ה- pH היה 6.7, וריכוזי סך הזרחן, הסידן והמגניון היו 0.38, 5.35 ו- 4.54 מילימולר, בהתאמה. ה- EC היה 4.9 דצ"ס/מ' (פרטים אינם מוצגים). בחישוב צורונים בעזרת Mineql+ נמצא ש- 45% מסך P נמצאו כ- H_2PO_4^- 26%, HPO_4^- 9%, CaHPO_4^0 11% כ- MgHPO_4^0 . מסך הסידן והמגניון 75% ו- 79% היו כ- Ca^{2+} Mg^{2+} ו- 24% ו- 20% כ- CaSO_4^0 MgSO_4^0 , בהתאמה. צורוני הגופרה היו SO_4^{2-} 74%, CaSO_4^0 13%, MgSO_4^0 9% ו- 3% NaSO_4^- . מקדמי האקטיביות של היונים החד והדו-ערכיים היו 0.82 ו- 0.46, בהתאמה. הודות למקדמים הנמוכים התמיסות היו תת-רוויית ביחס לגבס CaSO_4 , (CaHPO_4) DCPD ו- (Ca_3PO_4) TCP, ורווית ביתר ביחס להידרוקסיאפטיט.
 זמן קצר לאחר החזר גרעון המים היומי למערכת בשעה ב- 06:00 התקבלה ירידה ב- EC ועליה ב- pH במי הטפטפת ומיד לאחר מכן חל שינוי דומה גם בנקז. שעור השינוי ב- EC וב- pH היה כ- 0.2 יחידות (איור 10). כשעה לאחר מכן ערכי ה- EC וה- pH בתמיסות התחילו לעלות ולרדת, בהתאמה, בגלל קליטת מים והפרשת פרוטונים על ידי הצמחים. עד הצהריים השינויים היו מהירים ולאחר מכן נעשו הרבה יותר איטיים.

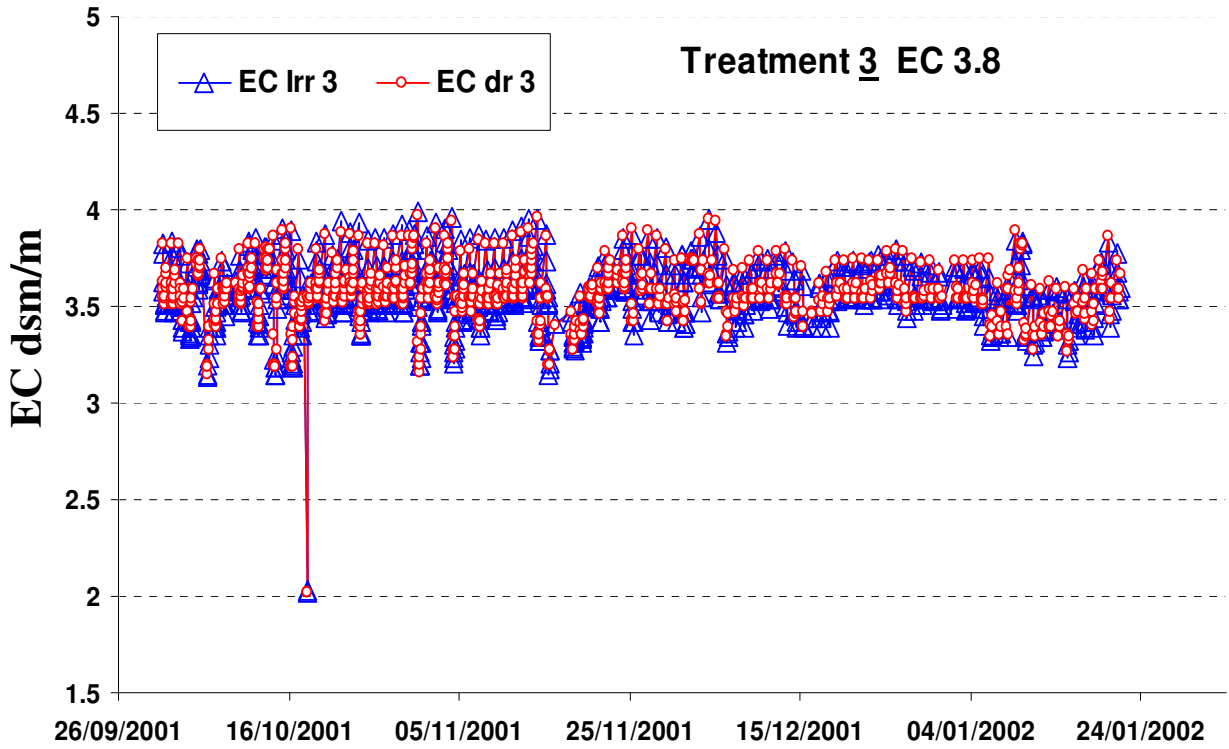
איור 3. רמת המוליכות החשמלית במי ההשקיה ובמי הנקז בטיפולים 1 ו-4 כתלות בזמן.



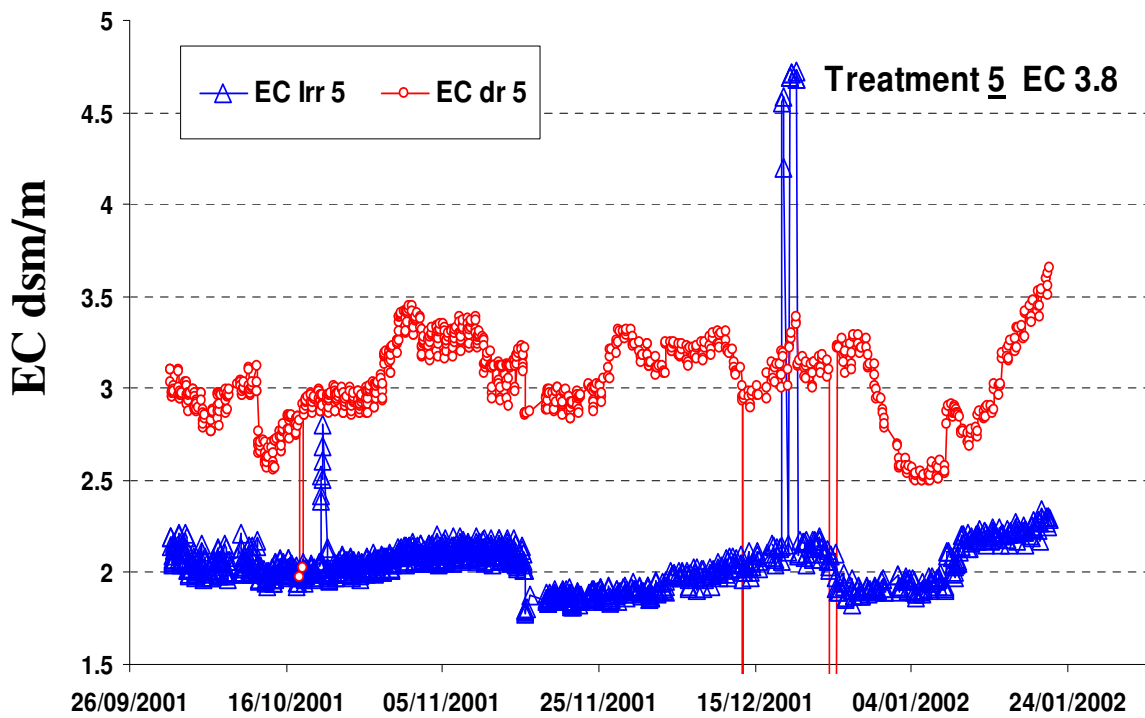
איור 4. רמת המוליכות החשמלית במי ההשקיה ובמי הנקז בטיפול 2 כתלות בזמן.



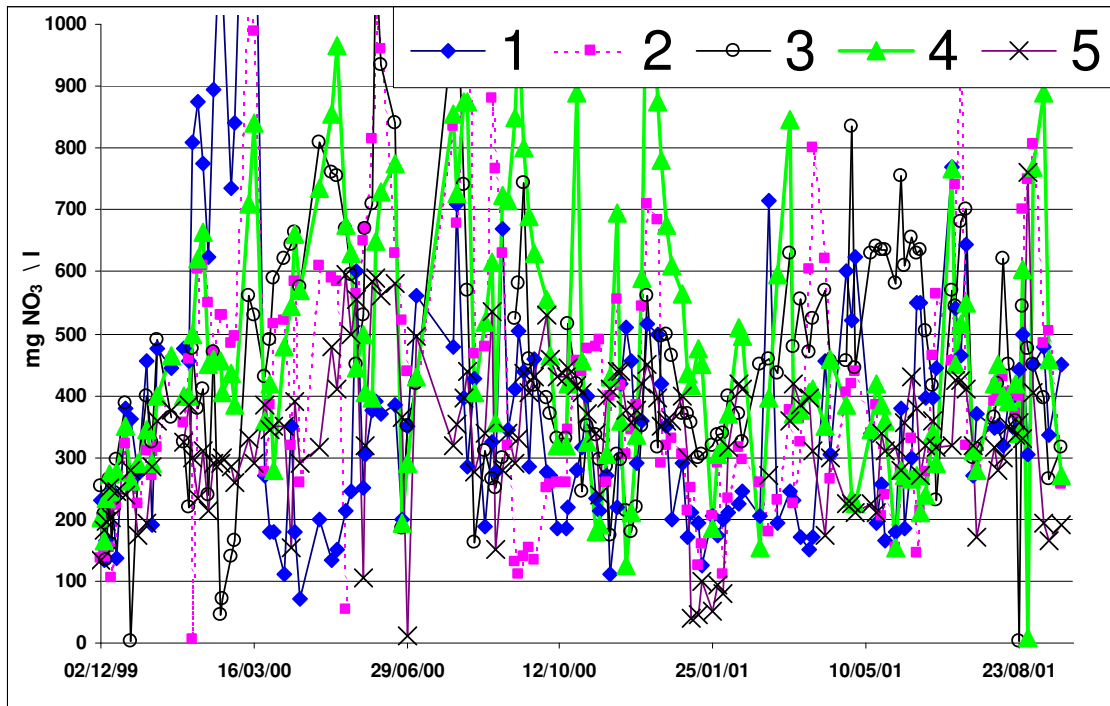
איור 5. רמת המוליכות החשמלית במי ההשקיה ובמי הנקז בטיפול 3 כתלות בזמן.



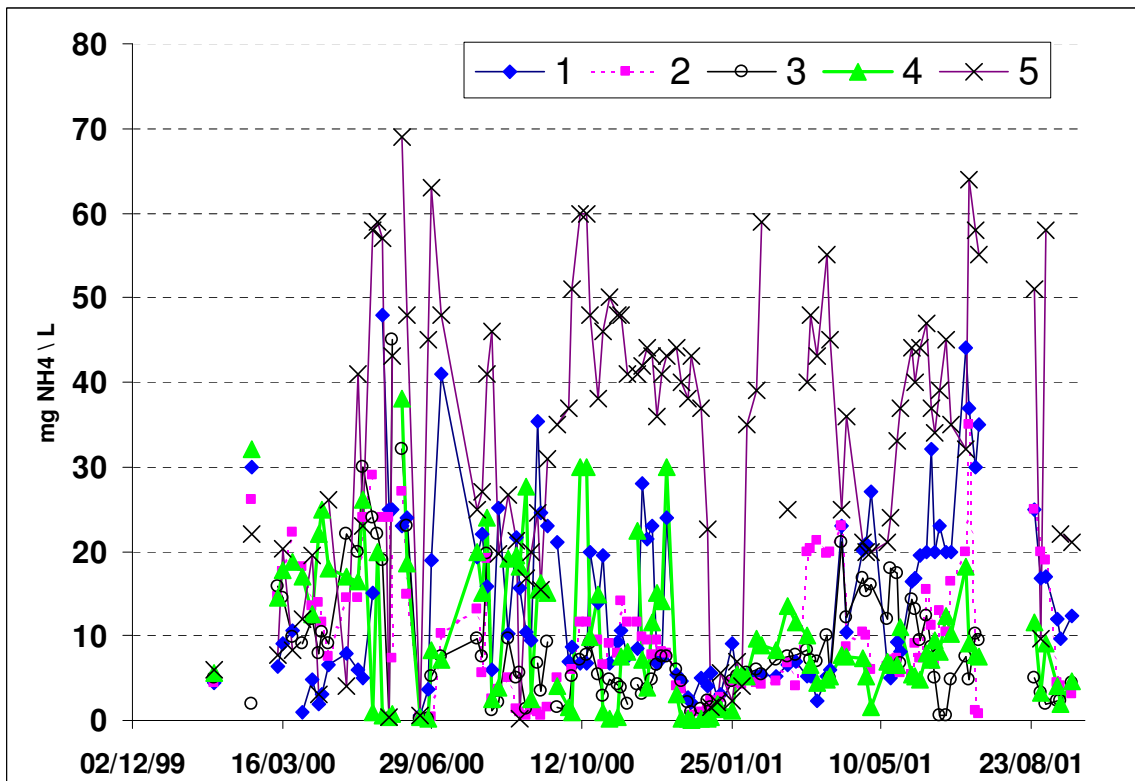
איור 6. רמת המוליכות החשמלית במי ההשקיה ובמי הנקז בטיפול 5 כתלות בזמן.



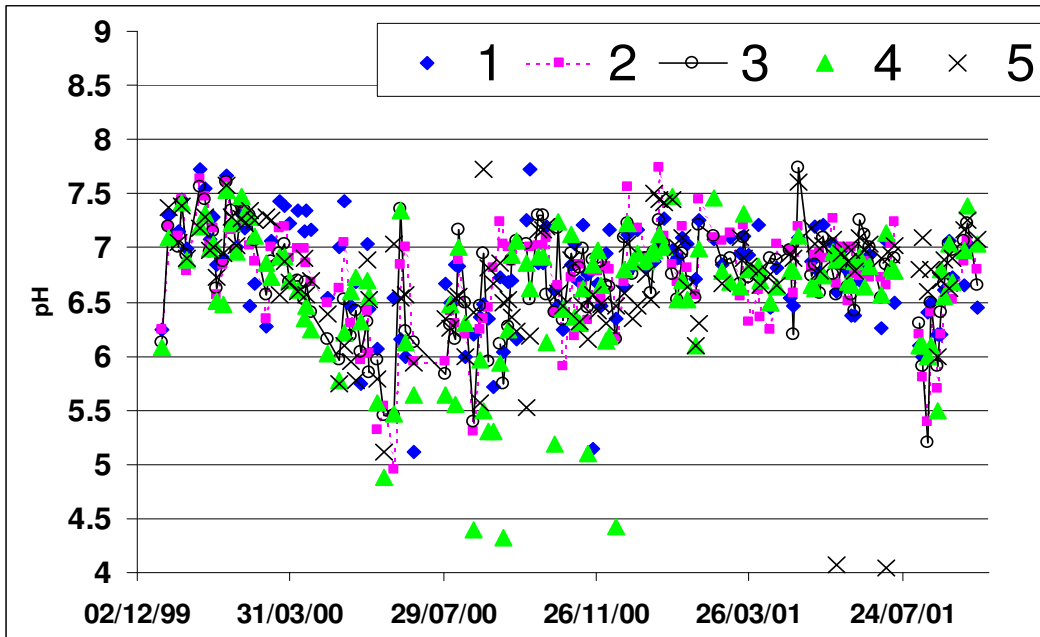
איור 7. ריכוז חנקה במי הטפטפת כתלות בזמן ובטיפול.



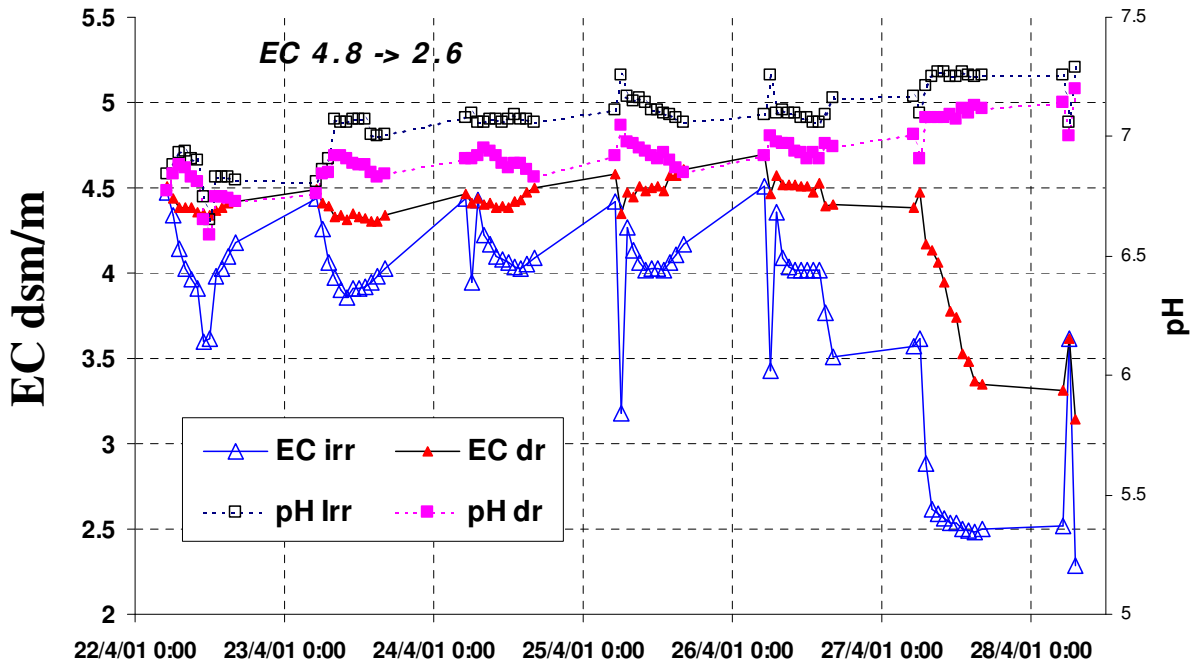
איור 8. ריכוז אמון במי הטפטפת כתלות בזמן ובטיפול.



איור 9. ערך ההגבה (pH) כתלות בזמן ובטיפול



איור 10. דוגמה מייצגת של ערכי ה-EC ו-pH בתמיסת הטפטפת (irr) והנקז (dr) לאורך היום במשך שבוע (טיפול 4).



השפעת הביופילטר על הכימיה של התמיסות

בדיקות כימיות שנעשו בתמיסות שנדגמו בכניסה לביופילטר וביציאה ממנו הראו שהביופילטר לא השפיע באופן משמעותי על ה-pH ועל ריכוזי החנקן, האמון, הסידן והכלוריד בתמיסה (טבלה 1). הבדיקות נעשו בחודש אפריל בלבד ויש לאשש אותן גם בעונות הקיץ והחורף.

מיקרופלורה בכניסה וביציאה מהביופילטר

בכל הטיפולים ובשלושת מועדי הדגימה שנבחרו ריכוזי כלל החיידקים והפטריית ביציאה מהביופילטר היו נמוכים פי 5 עד פי 100 מהריכוזים בכניסה אליו. אגרובקטריום, שנבדק כמודל להתנהגות פתוגן, נמצא ברוב הדגימות בכניסה לביופילטר, אך לא ביציאה ממנו (טבלה 2). בטיפול הבקורת (מערכת פתוחה ללא ביופילטר) ריכוז כלל החיידקים והפטריית היה גדול יותר בנקז מאשר במי הטפטפת, כפי שצפוי שיהיה. מקור המיקרופלורה (במיוחד האגרובקטריום) במי הרשת אינו ברור.

יבול פרחים ואיכותם

יבול המצטבר של כלל ענפי הפריחה ירד עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסה, אולם הירידה המירבית במספר הפרחים היתה 5% בלבד (איור 11). העלות ערך הסף הגדילה את יבול הפרחים הקצרים (50 ס"מ, איור 12) והורידה את יבול הפרחים הבינוניים והארוכים (איורים 13 ו-14 בהתאמה). השפעת ההמלחה החלה ביולי 2000 והתגברה עם הזמן (איורים 11 עד 14). הירידה ביבול הענפים הארוכים פוצתה על ידי הקטנת תשומות המים והדשן והפחתת שעורי הדחתם מהמערכת (טבלה 3). השפעת הטיפולים על המשקל הטרי של ענפי הפריחה הייתה בלתי מובהקת, אולם למרות זאת האבפוטנספירציה (ET) בטיפול הפתוח ללא מיחזור היתה נמוכה בכ- 30% בהשוואה לטיפול 1 (טבלה 3). יתכן שהנתון האחרון נבע מטעות טכנית.

איכות ענפי הפריחה: בבדיקה הראשונה איכות הפרחים והעלווה בטיפולים 2 ו-4 הייתה נמוכה יותר מאשר בשאר הטיפולים כבר מהיום השני בחדר התצפית (טבלה 4). בטיפול 5 נראו סימנים ראשוניים לפגיעה באיכות החל ביום הרביעי. לא ניתן ליחס את הירידה באיכות ל-EC התמיסות, מכיוון שאלה השתנו בטיפולים שנפגעו באופן בלתי עקבי (איורים 3 עד 6). נתוני ריכוז היונים במי ההשקיה במחצית השנייה של חודש יוני מראים שריכוז החנקות היה נמוך באופן משמעותי בטיפולים 2, 4 ו-5 בהשוואה לטיפולים 1 ו-3 (210-270 מ"ג $\text{NO}_3/\text{ל'}$ לעומת 550-650 מ"ג $\text{NO}_3/\text{ל'}$, בהתאמה). הסבה להבדלים היתה בקרת ריכוז לקויה באותו פרק זמן. יתכן שהריכוז הנמוך השפיע לרעה על חיי המדף של הורד למרות שמשקל ענפי הפריחה באותו שלב גידול לא נפגע (תוצאות מפורטות אינן מובאות). שתי בדיקות נוספות של חיי מדף נערכו בחודש אוגוסט, לאחר תקופה שבה ריכוז החנקן במי ההשקיה היה קבוע ויציב. תוצאות הבדיקות מראות שלמרות שונות נכרת ב-EC בין הטיפולים, ההבדלים במדדי האיכות שנבדקו היו זניחים.

טבלה 1. הרכב כימי של תמיסות בכניסה וביציאה מהביופילטר כתלות בטיפול בשני מועדים בחודש אפריל.

Table 1. Ion concentration in inflowing (Entrance) and outflowing (Exit) biofilter solutions in the studied treatments. The two sampling dates were arbitrarily chosen.

TR	Entrance	Exit	Entrance	Exit
	4 Apr		25 Apr	
	PH			
1	6.9	6.8	7.1	6.9
2	6.8	6.8	7.1	7.3
3	6.3	6.6	6.8	7.2
4	6.2	6.4	7.1	7.0
	NO ₃ -N (mg N/L)			
1	43	36	142	127
2	138	130	89	89
3	109	100	117	145
4	87	81	49	45
	NH ₄ -N (mg N/L)			
1	4.7	2.5	2.6	2.3
2	2.4	4.9	3.2	2.8
3	3.8	3.3	2.2	2.9
4	2.2	2.6	2.6	2.1
	Cl (mg/L)			
1	488	525	600	464
2	560	613	680	640
3	696	674	720	682
4	504	492	593	585
	Ca (mg/L)			
1	200	194	218	232
2	164	146	164	146
3	312	260	240	330
4	176	166	176	166

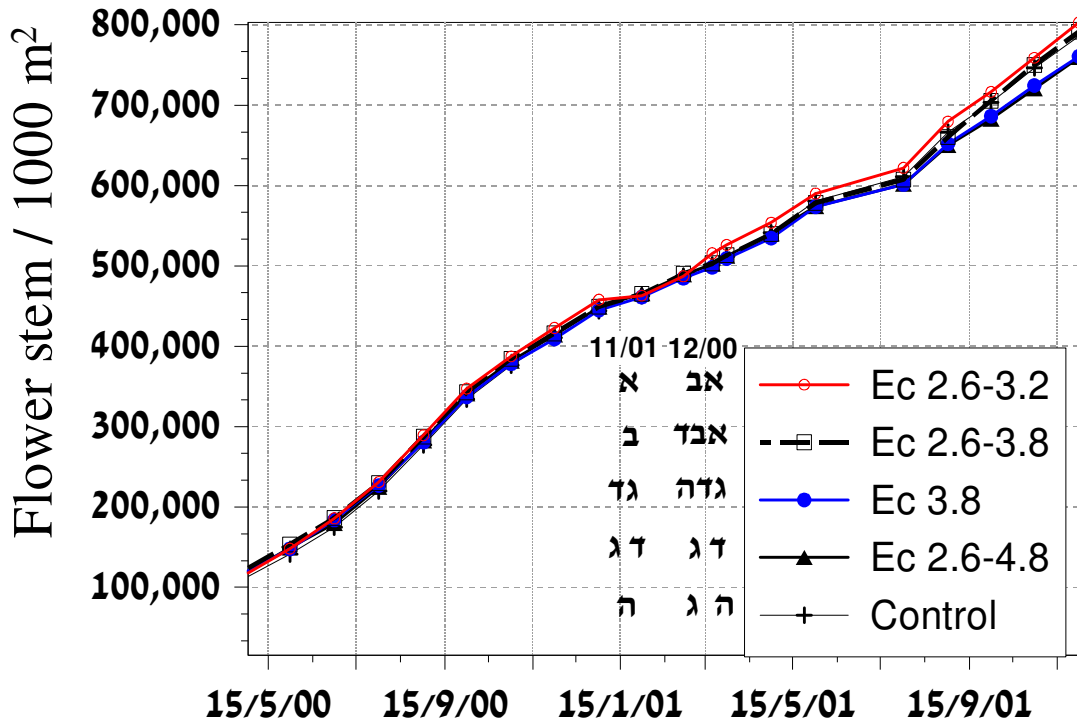
טבלה 2. ריכוז מיקרואורגניזמים בתמיסות הנכנסות והיוצאות מהביופילטר כתלות בטיפול המחזור והזמן וכן הריכוז במי הטפטפת והנקז בטיפול הפתוח¹ (open).

Table 2. Microorganism concentration in solutions entering and exiting the biofilter in studied treatments, and concentration in emitter and drainage solutions in the open irrigation treatment, as a function of time.

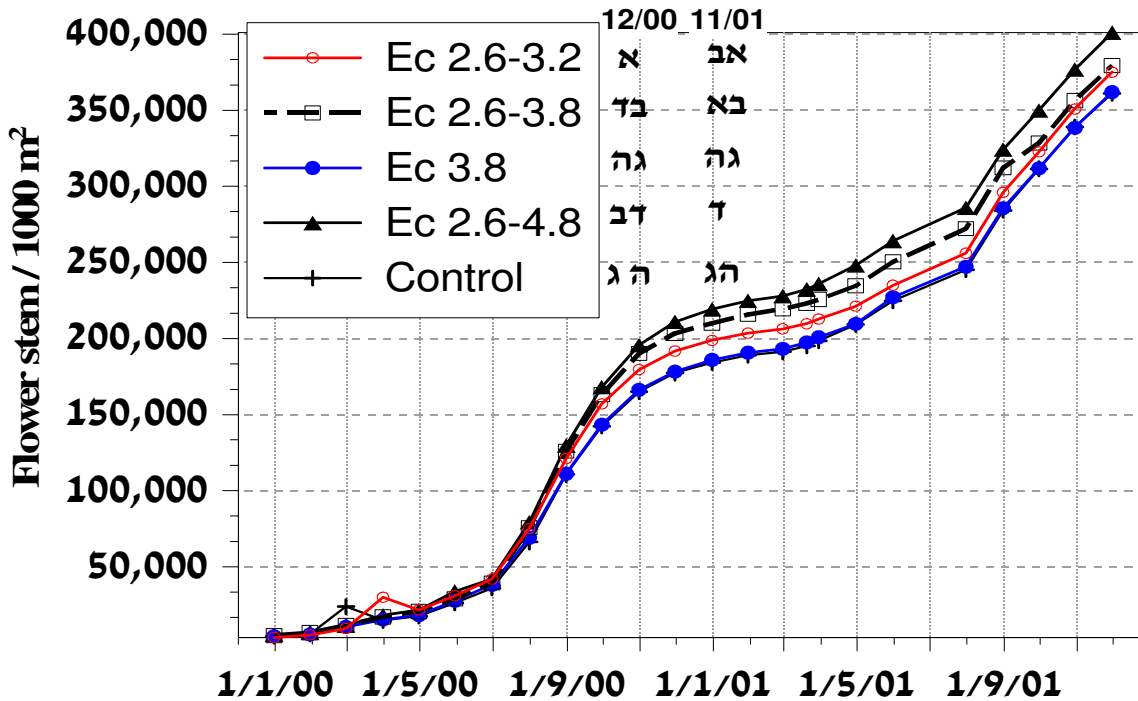
Treat.	18.7.01		6.11.01		18.12.01	
	Entrance	Exit	Entrance	Exit	Entrance	Exit
Bacteria – all, CFU/mL						
1	6.0E+05	2.0E+03	1.4E+05	3.0E+03	7.0E+04	7.0E+03
2	3.0E+04	5.0E+01	3.0E+04	1.0E+03	4.0E+03	6.0E+01
3	2.0E+04	5.0E+03	2.2E+05	2.2E+05	1.6E+05	1.0E+03
4	3.0E+05	2.0E+03	6.0E+03	1.0E+03	2.0E+05	3.5E+04
Open: emit	9.0E+04	-	1.2E+05	-	9.0E+03	-
Open: drng	3.5E+05	-	3.0E+05	-	1.3E+05	-
Fungi - all, CFU/mL						
1	70	80	60	0	40	0
2	0	0	30	30	0	0
3	0	0	-	-	30	0
4	10	0	20	0	30	0
Open: emit	40	-	40	-	0	-
Open: drng	170	-	20	-	120	-
Agrobacterium, CFU/mL						
1	0	0	30	0	100	0
2	100	0	0	0	0	0
3	10	0	0	0	0	0
4	200	0	10	0	30	0
Open: emit	5000	-	100	-	80	-
Open: drng	100	-	0	-	110	-

¹ בטיפול ללא מיחזור (פתוח) לא היה ביופילטר או כל מתקן טהור אחר.

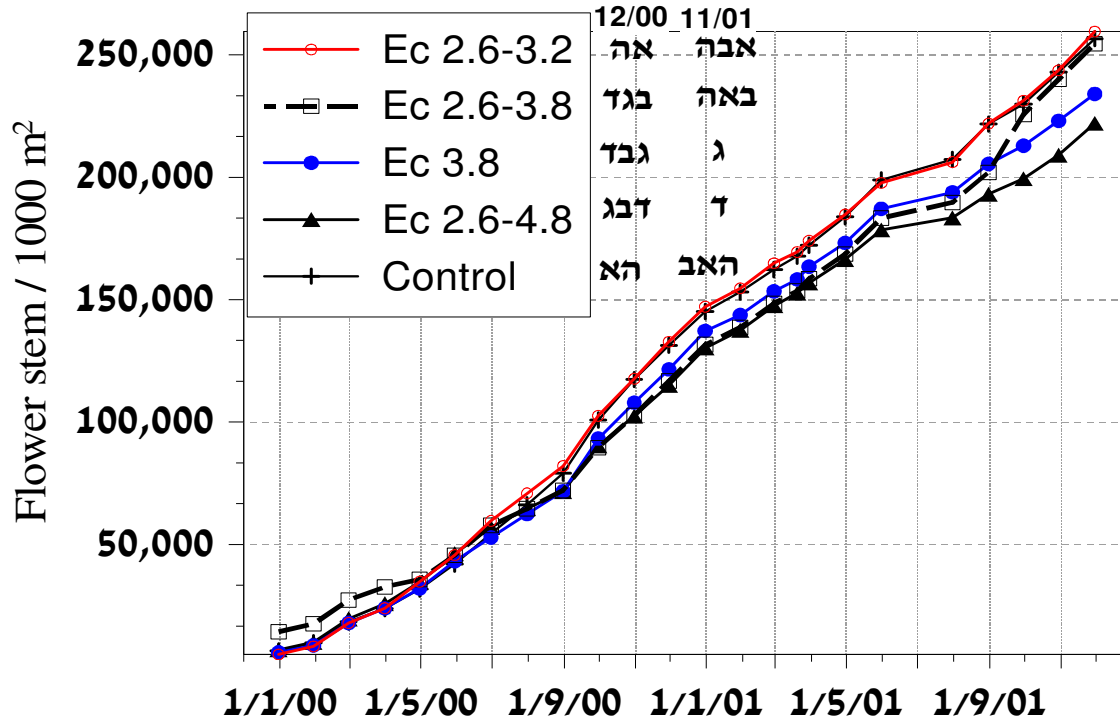
איור 11. מספר ענפי הפריחה שנקטפו (אורך מזערי 50 ס"מ) כתלות בזמן ובטיפול. הניתוח הסטטיסטי (מבחן תחום) מראה שהיבול עד דצמבר 2000 בטפול 1 היה גבוה באופן מובהק מאשר בטיפולים 3, 4 ו-5 בעוד שבנובמבר 2001 היבול בטיפול 1 היה גבוה באופן מובהק מאשר בשאר הטיפולים.



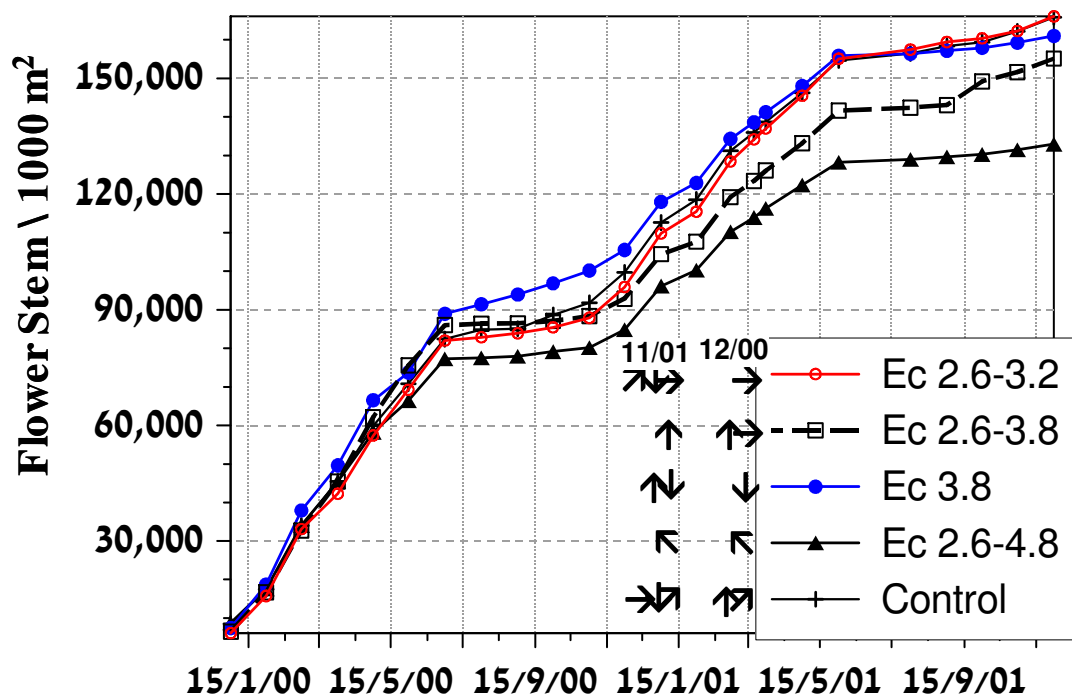
איור 12. מספר ענפי פריחה שנקטפו בקבוצת האורך 50 ס"מ, כתלות בזמן ובטיפול. בתוך האיור מוצג ניתוח סטטיסטי (מבחן תחום), המראה כי מספר הפרחים המצטבר (נובמבר 2001) בטיפול 4 היה גבוה באופן מובהק משאר הטיפולים.



איור 13. מספר ענפי פריחה, שנקטפו בקבוצת האורך 60 ס"מ, כתלות בזמן ובטיפול. בתוך האיור מוצג ניתוח סטטיסטי (מבחן תחום), המראה כי מספר הפרחים המצטבר בטיפול 1 היה גבוה באופן מובהק מטיפולים 3 ו-4.



איור 14. מספר ענפי פריחה, שנקטפו בקבוצת האורך 70 ס"מ, כתלות בזמן ובטיפול. בתוך האיור מוצג ניתוח סטטיסטי (מבחן תחום), המראה כי מספר הפרחים המצטבר בטיפול 1 היה גבוה באופן מובהק מהיבול בטיפולים 3 ו-4. היבול המצטבר בטיפול 4 היה נמוך באופן מובהק מהיבול המצטבר בשאר הטיפולים.



טבלה 3. השפעת טיפולי המיחזור על תשומות מים ודשן, שעורי הדחתם מהמערכת, משקל ענפי הפריחה ושעור האבפורנספירציה (ET). כל הנתונים מתייחסים לתקופה 01/01/01-31/12/01.

Table 3. Treatment effects on water and N input and disposal rates, flowering stems weight, and cumulative evapotranspiration. All data refer to the period 01/01/01-31/12/01.

TR	Threshold	fluct (+) dS/m	Total stem fresh wt kg/du	ET m ³ /du	Fresh Water ¹ m ³ /du	Water disposal m ³ /du	N ¹ added kg/du	N ² disposed kg/du
1	2.9	0.3	9070	1311	3061	1750	306	131
2	3.2	0.6	9284	1260	2051	791	205	79
3	3.8	0.2	8111	1239	1917	678	192	68
4	3.7	1.1	7997	1221	1649	428	165	43
5	2.6	open	8871	985	2639	1654	264	165

¹Estimated as fresh water applied or effluent disposed x 100 g N/m³, respectively.

² Estimated deviations from presented means $\pm 10\%$.

אבפורנספירציה (ET)

ה-ET היומית הגיעה לערכה המרבי בחודש מאי (כ- 7 מ"מ/יום) והתחילה לרדת בסוף חודש יוני. בחודשי החורף ה-ET נעה בין 3 ל- 4 מ"מ/יום (איור 15). בטיפול הבקורת ללא מיחזור ערכי ה-ET היו מזערניים לכל אורך תקופת הניסוי. בגלל בעיה אפשרית ברישום נפח מי הנקז בטיפול זה לא ברור אם ממצא זה בטעות מקורו, או שהוא נבע מתדירות השקיה ומנת השקיה נמוכות יותר בטיפול זה יחסית לטיפולים האחרים (4 לעומת 9 השקיות ליום; כ- 1.5 ET ליום לעומת 4 ET ליום).

אחוז חומר יבש בענפי הפריחה

בחודשים דצמבר עד מרץ אחוז החומר היבש בענפי הפריחה לא הושפע באופן עקבי על ידי הטיפולים. בענפים באורך 50 ס"מ האחוז הממוצע עם הזמן בעלים נע בין 20.4% בטיפול 1 ל- 24.8% בטיפול 3 (ממוצע כל הטיפולים = 23.5%). בגבעולים האחוז נע באותם טיפולים בין 21.7% ל- 22.5% (ממוצע כללי = 22.0%). בענפי פריחה באורך 60 ס"מ ההבדלים בין הטיפולים היו קטנים יותר ואחוזי החומר היבש הממוצע בעלים ובגבעולים היו 24.4% ו- 23.3%, בהתאמה (נתונים מפורטים אינם מובאים). אחוז החומר היבש בענפי פריחה באורך 70 ס"מ לא נבדק בעבודה זאת.

טבלה 4. איכות ענפי הפריחה (\pm סטית תקן) כתלות בזמן מהקטיף¹. מדד האיכות מביא בחשבון הזות כללית, צבע וחיי מדף. מדד איכות העלוה מביא בחשבון צבע, ברק ונזקים לרקמה. הדרוג: 1 מצוין, 5 גרוע.

26.6.01 - ימים מקטיף						טפול
14	11	7	4	2	1	
איכות פרחים						
3.33	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
2.33	2.00±1.0	2.00±1.0	2.00±1.0	1.33±0.6	1.00	2
2.33	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3
2.33	2.00	2.00	2.00	1.33±0.6	1.00	4
2.67	2.00	1.67±0.6	1.67±0.6	1.00	1.00	5

איכות עלווה

3.33	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
2.33	2.00±1.00	2.00±1.00	2.00±1.00	1.33±0.6	1.00	2
2.33	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3
2.33	2.00	2.00	2.00	1.33±0.6	1.00	4
2.67	2.00	1.67±0.6	1.67±0.6	1.00	1.00	5

8.8.01 - ימים מקטיף						טפול
14	11	7	4	2	1	
איכות פרחים						
3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2
2.67	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3
3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4
3.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5

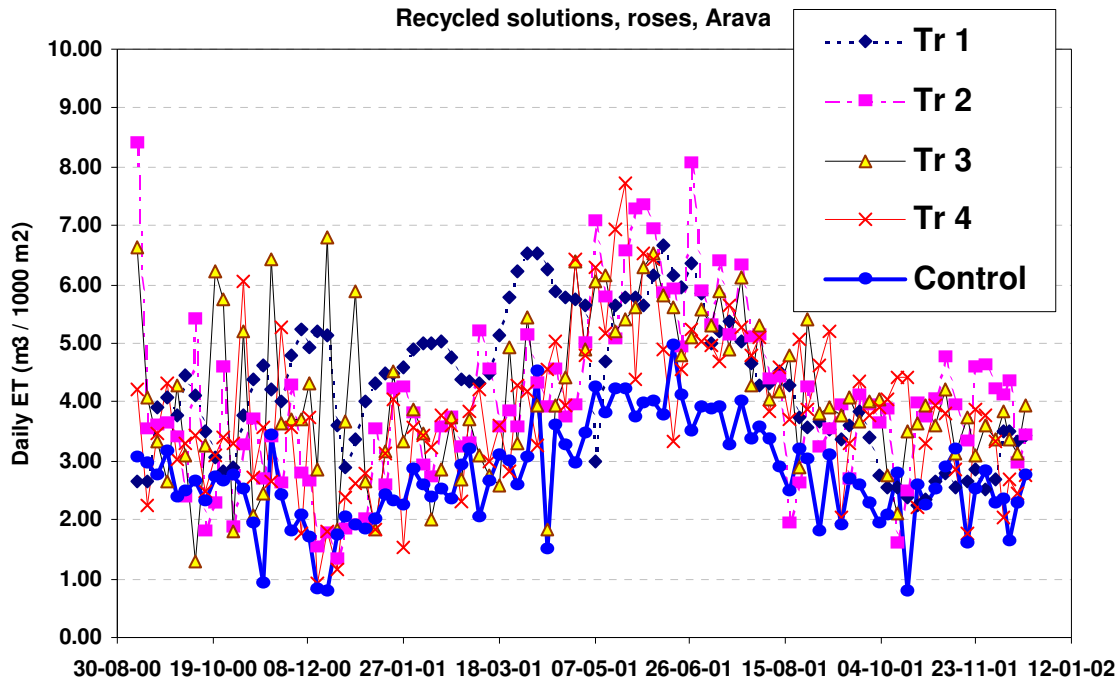
איכות עלווה

1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	3
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	4
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5

19.8.01 - ימים מקטיף						טפול
9	3	1	9	3	1	
איכות עלווה			איכות פרחים			
1.00	1.00	1.00	1.25±0.5	1.00	1.00	1
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2
1.00	1.00	1.00	1.25±0.5	1.00	1.00	3
1.50±0.6	1.00	1.00	1.75±1.00	1.00	1.00	4
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5

¹ הפרחים הנקטפים שוהים בקרור כ- 4 שעות; מיון והעברה לחדר קירור של 2-4°C למשך 12 שעות; הוצאה מחדר הקירור ואריזות הפרחים בארגז משלוח; השהייה (הדמיית הובלה ושינוע) בטמפרטורה של 9°C למשך 24 שעות; הוצאת הפרחים מארגז המשלוח והצבתם בחדר תצפית לבחינת איכותם וחיי המדף.

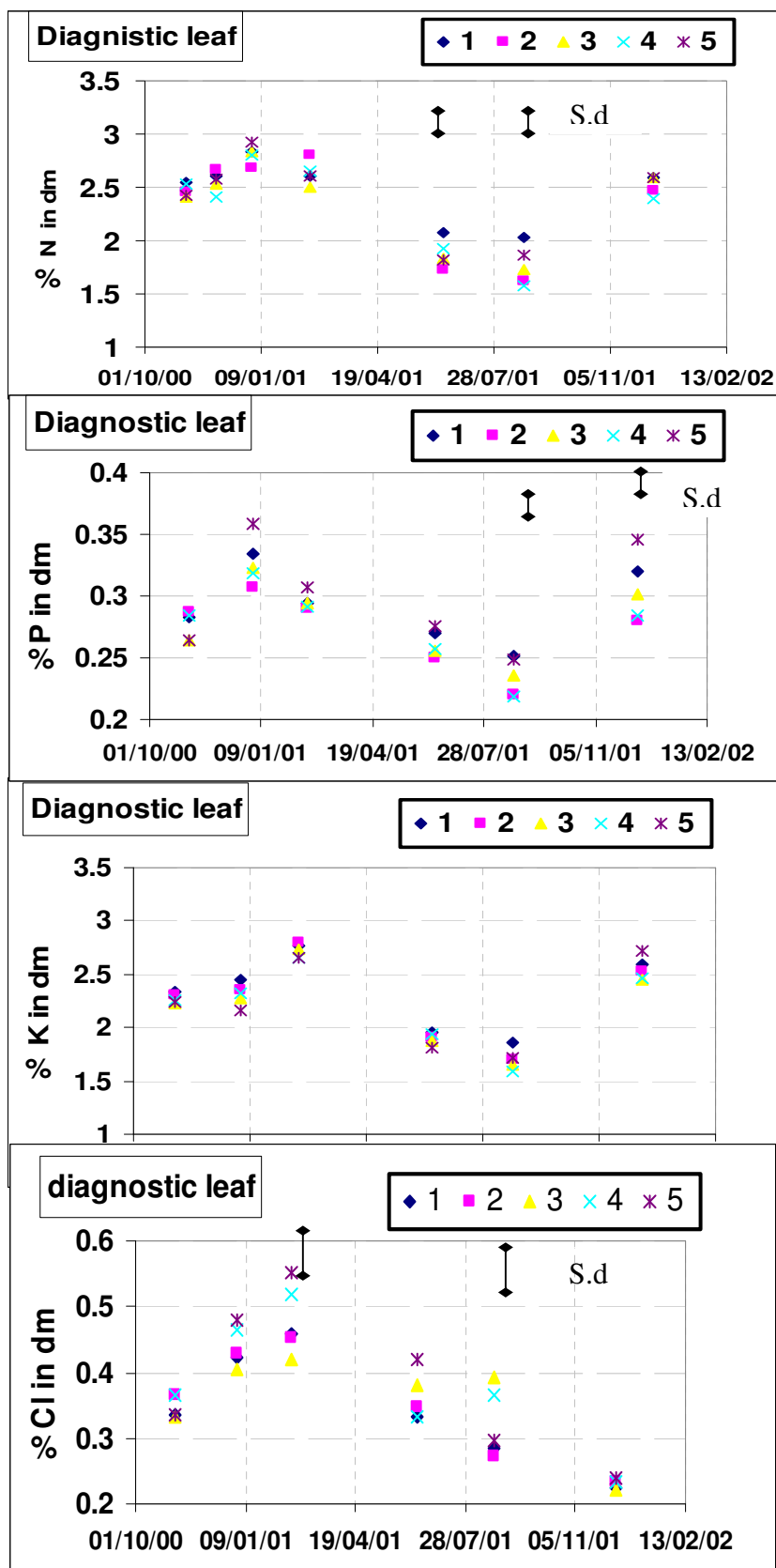
איור 15. אבפוטראנספירציה (ET) יומית כתלות בזמן ובטיפול. האומדן מבוסס על ההפרש שבין מנות ההשקיה והנקז.



ריכוז יסודות בעלים מיצגים (דיאגנוסטיים)

באופן כללי העלאת ערך הסף (EC) להחלפת תמיסות גרמה לירידה בריכוזי החנקן המחזור, הזרחן, והאשלגן בעלים דיאגנוסטיים. השפעת המליחות החלה לבוא לידי בטוי בסוף שנת 2000 והיא הלכה והתחזקה במהלך שנת 2001 (איור 16). ביולי 2001 ריכוז החנקן המחזור בעלים בטיפולים 1 ו-4 היה 2.0 ו-1.6%, וריכוזי הזרחן והאשלגן היו 0.26 ו-0.22% ו-1.8 ו-1.6%, בהתאמה. ריכוז הכלור בעלים עלה עם עליית ערך הסף ובתחילת יולי 2001 הוא נע בין 0.34% בטיפול 1 ו-0.44% בטיפול 4 (איור 16). בניסוי מיחזור תמיסות בורדים שנערך בחוות הבשור ושבו אחד מערכי הסף להחלפת תמיסות היה 3.5 דצ"ס/מ' ריכוז הכלור בכלל העלים היה $0.30 \pm 0.02\%$ (מתן וחוב', 1999). בניסויי מיחזור דומים בוורדים בלכיש ובבקעת הירדן בהם נבחנו ערכי סף של 2.5 ו-2.7 דצ"ס/מ', בהתאמה, ריכוזי הכלור בכלל העלים היו 0.39% ו-0.25% (חזן וחוב', 2000, וציפילביץ וחוב' 2000, בהתאמה). בטיפול הבקורת ללא מיחזור התקבלו בניסוי הנוכחי קפיצות גדולות בריכוז הכלור בעלים עם הזמן, כנראה בגלל שינויים שהוכנסו במשטר ההשקיה בטיפול זה במהלך העונה ושהשפיעו על ריכוז הכלוריד.

איור 16. ריכוזי יסודות בעלים דיאגנוסטיים של צמחי ורד כתלות בטיפול ובזמן. הריכוזים נקבעו בשריפה רטובה והתוצאות מבוטאות כ- % מהחומר היבש. היכן שסטיות התקן אינן מסומנות ההבדלים בין הטיפולים היו בלתי מובהקים.



בתמיסת המצע. ריכוז הנתרן בעלים דיאגנוסטיים בחודש אוגוסט 2001 נע בין 0.27% בטיפול 1 ו- 0.23% בטיפול 5 (טבלה 5). ריכוזים אלה כפולים כמעט מריכוזי הנתרן שנמצאו בעלים בחודש דצמבר בניסוי הנוכחי ומהריכוזים שנמצאו בניסויי הבשור ולכיש שהוזכרו לעיל.

ריכוזי הסידן בעלים בחודש יוני ירדו עם עליית ערך הסף (EC), אך בחודש אוגוסט המגמה השתנתה והקשר בין ה- EC וריכוזי הסידן נעשה חסר משמעות (טבלה 5). טיפולי המיחזור לא השפיעו על ריכוזי המגניזיום בעלים הן בחודש יוני והן בחודש אוגוסט, למרות שהריכוז בעלים עלה בתקופה זאת בכ- 50% (טבלה 5).

טבלה 5. ריכוזי סידן, מגניזיום ונתרן בעלים דיאגנוסטיים של צמחי ורד (% מחומר יבש) כתלות בטיפול המיחזור. תאריכי הדיגום: 14.6.01 ו- 23.8.01.

Table 4. Calcium, Mg and Na concentration in rose diagnostic leaves as a function of treatment at two sampling dates: 14.6.01 and 23.8.01.

Treatment	Ca		Mg		Na	
	June	Aug	June	Aug	June	Aug
1	0.82	0.77	0.25	0.39	0.22	0.27
2	0.79	0.70	0.25	0.34	0.26	-
3	0.72	0.72	0.24	0.32	0.20	0.25
4	0.63	0.83	0.23	0.34	0.24	0.25
5	0.69	0.87	0.25	0.37	0.20	0.23
Mean	0.76	0.78	0.25	0.35	0.22	0.25
PR>F	0.032	n.s	n.s	0.022	n.s	n.s
F	3.45			3.89		

פרוס ריכוזי המלחים במצע בסיום הניסוי

נדגמו שתי שכבות מצע (0-7 ו- 8-17 ס"מ), כל אחת בשני מרחקים מהטפטפת: 1-2 ו- 12-13 ס"מ (מחצית המרחק בין שלוחות הטפטוף בערוגה). ה- EC בכל הטיפולים היה מרבי בשכבה העליונה (0-7 ס"מ) במרחק 12.5 ס"מ מהטפטפת. ה- EC בכל נקודה עלה עם עליית ערך הסף להחלפת תמיסה (טבלה 6). פרוס ריכוזי הכלוריד במצע היה דומה בדרך כלל לפרוס ה- EC (טבלה 6). בטיפול הבקורת ללא מיחזור ריכוזי המלחים בשכבה העליונה, במרחק 12-13 ס"מ, היה גבוה באופן ניכר מאשר בטיפולים האחרים. הדבר נבע ממנת השקיה יומית נמוכה בטיפול זה (פחות מ- 50% מאשר בטיפולים האחרים) כך ששטיפת המלחים היתה פחות יעילה. ריכוז של 200 מ"ג Cl⁻/ק"ג טוף (טיפול 4, טבלה 6) נותן בתכולת רטיבות משקלית של 50% ריכוז של 400 מ"ג Cl⁻/ל' בתמיסת המצע. ריכוז זה קרוב לריכוז הכלוריד שנמצא בתמיסת הנקז בטיפול 4, חודש אפריל (טבלה 1). דוגמא זאת מוכיחה שכמות המלח שנמצאה

במצע בטיפולים 1-4 נבעה משאריות תמיסה שזרמה במצע והתיבשה ולא מכיסי מלה בהם חלה הצטברות מומסים עם הזמן.

טבלה 6. מוליכות חשמלית במיצוי מימי של טוף¹ בסיום הניסוי (12 לפבר' 2002). המרחק הוא מהטפטפת בניצב לשורה והעומק הוא מפני השטח.

Table 5. Electrical conductivity (EC) and Cl⁻ concentration in tuff-H₂O extract¹. Sampled on 12.2.02 (end of experiment). Distance is perpendicular to the emitter tubes.

Depth (cm)	Distance (cm)		Distance (cm)	
	0 (zero)	12.5 (mid)	0 (zero)	12.5 (mid)
	Tr 1 (2.6-3.2)		Tr 2 (2.6-3.8)	
	<i>dS/m</i>		<i>dS/m</i>	
0 - 7	0.75	1.47	1	1.92
8 -17	0.97	0.66	0.6	0.55
	Tr 3 (3.8 steady)		Tr 4 (2.6-4.8)	
	<i>dS/m</i>		<i>dS/m</i>	
0 - 7	1.68	1.69	1.84	-
8 -17	0.68	0.98	0.87	-
	Tr 5 (2.6, open)			
	<i>dS/m</i>			
0 - 7	0.98	2.73		
8 -17	0.75	0.91		
	Distance (cm)			
	0 (zero)	12.5 (mid)	0 (zero)	12.5 (mid)
Depth (cm)	mg Cl/kg dry tuff			
	Tr 1 (2.6-3.2)		Tr 2 (2.6-3.8)	
0 - 7	118	54	118	148
8 -17	54	54	104	122
	Tr 3 (3.8 steady)		Tr 4 (2.6-4.8)	
0 - 7	186	170	202	-
8 -17	154	140	200	
	Tr 5 (2.6, open)			
0 - 7	100	252		
8-17	122	168		

¹Extract: One kg air dried tuff + 2 L H₂O equilibrated for 1 h. The initial EC (2.6 dS/m) and Cl concentration (308 mg/L) in local fresh water correspond at theta = 0.50 v/v to 0.65 dS/m and 154 mg Cl/kg.

דין

כדי לנתח את השפעת טיפולי המחזור על יבול הפרחים ביטאנו את מספר ענפי הפריחה בקבוצות האורך השונות כשבר ממספר הענפים בטיפול 1 (טבלה 7). כאשר הצבנו יבול יחסי זה מול ה-EC הממוצע עם הזמן התקבל מתאם קלוש, שנבע מסטיות של טיפול 5 (ללא מיחזור) מקו התגובה של הטיפולים האחרים (איור 17a). המתאם השתפר כאשר היבול היחסי הוצב מול ה-EC המרבי הממוצע עם הזמן (EC ממוצע עם הזמן + משרעת) (איור 17b). במקרה האחרון התקבל ערך סף של 3.5 דצ"ס/מ' שמעליו התקבלה ירידה ביבול עם עליית ה-EC.

טבלה 7. יבול יחסי של מספר ענפי פריחה כתלות בטיפול. היבול ניתן כענפי פריחה באורך 50 ס"מ, 60+70 ס"מ, וסכום שתי הקבוצות (סה"כ). היבול היחסי מבוטא כשבר מהיבול בטיפול 1.

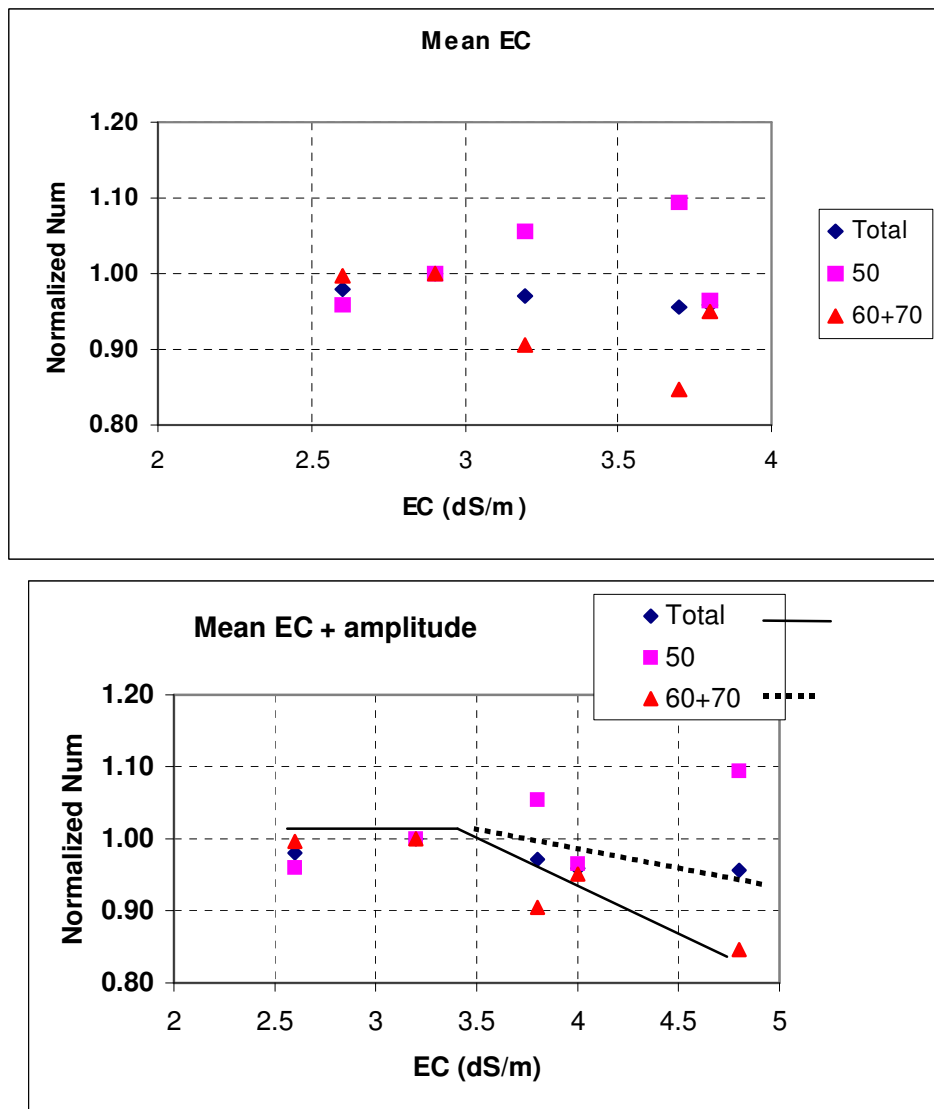
Table 6. Relative marketable flowering stem yield divided into 3 length groups: 50 cm, 60 + 70 cm and their sum. The yield is proportional to that in treatment 1.

יבול יחסי של ענפי פריחה			EC ממוצע + משרעת	EC ממוצע עם הזמן	טיפול
סה"כ	60+70 ס"מ	50 ס"מ			
1.00	1.00	1.00	3.2	2.9	1
0.97	0.90	1.05	3.8	3.2	2
0.96	0.95	0.96	4.0	3.8	3
0.96	0.85	1.09	4.8	3.7	4
0.98	1.00	0.96	2.6	2.6	5

הירידה במספר הפרחים הכללי ובמספר הפרחים האיכותיים (60 + 70 ס"מ אורך) היתה בשעור של 5% -15% לכל עליה ב-1 דצ"ס/מ' במוליכות התמיסה (בתחום 3.5-5.0 דצ"ס/מ'), בהתאמה. היבול הכללי ירד בצורה מתונה יותר בגלל עליה במספר ענפי פריחה באורך 50 ס"מ עם עליית ה-EC בתמיסה (איור 17b). פגיעה קטנה ביבול ורדים במערכת מיחזור מים בתחום ערכי סף EC של 2-5 דצ"ס/מ' (2% לכל עליה ב-1 דצ"ס/מ') דווחה על ידי Baas and van der Berg (2000). נתוני היבול מלמדים שממשק "שיני המשור הגדולות" (משרעת מבוקרת גדולה מעל ומתחת ל-EC הממוצע עם הזמן) גרמה לפגיעה של כ-10% ביבול ענפי הפריחה האיכותיים בהשוואה למימשק "שיני המשור הקטנות". ההשוואה נעשתה כאשר ה-EC הממוצע עם הזמן היה כ-3 או כ-3.7 דצ"ס/מ' (השווה טיפולים 1 ו-2 וטיפולים 3 ו-4, בהתאמה, טבלה 7). הפגיעה ביבול האיכותי פוצתה על ידי הגדלת יבול הפרחים באורך 50 ס"מ ועל ידי הקטנת תשומות המים והחנקן (טבלה 3). בטיפול 2 התשומות היו נמוכות ב-30% בהשוואה לטיפול 1, ובטיפול 4 ב-16% בהשוואה לטיפול 3.

לא ניתן לקבוע בניסוי הנוכחי באופן מדויק את סך ייצור החומר היבש כיון שרק ענפי הפריחה נשקלו והיחס בין משקל העלים והגבעולים ואחוז החומר היבש בהם נקבעו לעתים רחוקות מדי. מאזן מקורב מלמד שבתקופה שבין 1.1.01 ו- 31.12. 01 (12 חודשים) קצב ייצור החומר היבש היה בכל הטפולים

איור 17. יבול יחסי (מספר ענפי פריחה) כתלות במוליכות החשמלית במי הטפטפת. הנורמליזציה נעשתה ביחס ליבול בטיפול 1 בשלוש קבוצות אורך (50 ס"מ, 60 + 70 ס"מ והמספר הכללי). באיור העליון ה- EC היא המוליכות הממוצעת עם הזמן; באיור התחתון ה- EC היא המוליכות המרבית הממוצעת עם הזמן (ממוצע + משרעת).



213±14 ג'מ² חממה לחודש (טבלה 8). יעילות ייצור החומר היבש על ידי הצמחים (ET שנתית לפי טבלה 3 חלקי ייצור חומר יבש שנתי לפי טבלה 8) ירדה בתקופה זאת מ- 517 בטיפול 1 ל- 388 ל"ק"ג בטיפול 5 (טבלה 8). מכיוון שההבדל במשקל החומר היבש בין הטיפולים היה קטן, הדיות ירדה כנראה בגלל עלית המליחות בפני השורש בלי פגיעה בהטמעה נטו. עלית המליחות בפני השורש דווקא בטיפול

הביקורת יכלה לנבוע מתדירות ההשקיה הנמוכה בטיפול זה יחסית לאחרים וממנת מים קטנה יותר שנתנה בו. מקדמי נצילות המים שהתקבלו דומים לערכים שפורסמו בספרות (Raviv and Blom, 2001). הכפלת משקל החומר היבש בריכוז הכלור המשוקלל בצמח (ממוצע סך העלים והגבעולים לאורך כל תקופת ההנבה) נותנת אומדן של קליטת הכלור על ידי הצמחים (טבלה 8). ניתן לראות שכמות הכלור שנקלטת (כ- 7.5 ג' כלור/מ² חממה במשך 12 חודש) זניחה בהשוואה לכמות הכלור שהוספה למערכת דרך המים.

קשה להעריך מתוך עבודה זאת מה היה מנגנון הנזק שגרם לקיצור אורך ענפי הפריחה. הנתונים מראים ששעורי העליה בריכוזי הכלור והנתרן בעלים כתוצאה מעלית ה- EC בתמיסה היו משמעותיים יותר משעורי הירידה בריכוזי יסודות המזון בעלים. האם משמעות הדבר היא שעלית ריכוזי הכלור והנתרן ברקמות היא שגרמה לקיצור ענפי הפריחה? התוצאות מצביעות על אפשרות זאת, אך אינן מהוות הוכחה שאכן זה מנגנון הפעולה.

טבלה 8. אומדני ייצור חומר יבש, קליטת כלור ומקדמי יעילות יצור חומר יבש (ET חלקי חומר יבש) כתלות בטפול (1.1.2001 – 31.12.2001).

Table 8. Estimates of total dry matter (DM) production, Cl uptake and DM production efficiency as a function of treatment. Roses, closed irrigation system, Arava.

יעילות ייצור ח.י. ⁶	קליטת כלור ⁵	% כלור בחומר היבש ⁴	יבול ח.י. ³	% ח.י. ענפי פריחה ²	כלור מוסף ¹	טיפול
L/kg d.m.	g/m ² grhs		g/m ² grhs		g/m ² grhs	
517	7.4	0.38	2535	21.5	943	1
464	8.1	0.39	2716	22.5	632	2
490	7.8	0.40	2531	24.0	590	3
496	8.1	0.43	2463	23.7	508	4
388	6.8	0.35	2538	22.0	813	5

¹מנת המים שהוספה (טבלה 3) כפול ריכוז הכלור במים (308 מ"ג/ל').

²שקלול הערכים בעלים ובגבעול תוך התחשבות במשקל היחסי שלהם.

³חושב על ידי הכפלת המשקל הטרי של ענפי הפריחה (טבלה 3) ב- % החומר היבש בתוספת 30% המביאים בחשבון ענפים שלא נשקלו (קצרים מ- 50 ס"מ), משקל הענפים בשמלה ונשירת עלים.

⁴שקלול התכולה בעלים ובגבעולים.

⁵משקל החומר היבש כפול % הכלור המשוקלל בחומר היבש.

⁶ET⁶ שנתית (טבלה 3) חלקי משקל חומר יבש שנתי.

מסקנות

המחקר הוכיח שניתן לגדל בהצלחה ורדים בחממה בעלת מערכת השקיה סגורה בערבה. במימשק שבו ה- EC נע בין 4.8 ל- 2.6 דצ"ס/מ' (שיני משור גדולות) חלה ירידה ביבול הפרחים הארוכים מ- 60 ס"מ בהשוואה לטיפולים בהם ה- EC נשמר ברמה קבועה של 3.8 או 2.9 דצ"ס/מ' (שיני משור קטנות), אולם סך מספר ענפי הפריחה מעל אורך 50 ס"מ וחיי המדף של הפרחים לא נפגעו. טיפול שיני המשור

הגדולות הביא להסכון משמעותי בסך תשומות המים והדשן יחסית לטיפולים האחרים, כך שיש צורך בנתוח כלכלי (שלא נעשה עדיין) על מנת להעריך מה היה הטיפול המיטבי בניסוי. יש לאשש את ממצאי העבודה בקנה מידה חצי מסחרי אצל הקלאי בערבה. בהמשך המחקר יש להגדיר את תדירות הסחרור, ריכוזי המטרה של יסודות המזון כתלות ב- EC ואת מנות ההשקיה היומיות שיתנו תמורה מירבית למגדלים.

ספרות

- חזן, ע., פ. שניר, ש. ויצמן, נ. פינס, א. אבידן. 2000. סיכום תוצאות מיחזור מי נקז בין השנים 1996-1999. פרחים. 15:69-72.
- מתן, א., ע. דורי, ל. בן-יונס, ד. שמואל וחוב'. 1999. מיחזור מי נקז בורדים. מו"פ דרום, סיכום עונת 1998/1999. עמ' 201-217.
- ציפילביץ, א., א. אבידן, מ. רובינזון, ת. אלון, ד. סילברמן, י. גל. 2000. מערכת מיחזור מי נקז עם חיטוי בחממות ורדים – תוצאות חלקיות. דפי מידע 58-62: 7.
- Baas, R and D. van der Berg. 2000. Sodium accumulation and nutrient discharge in recirculation systems: a case study with roses. *Acta Hort.* 507:157-164.
- Raviv, M. and T.J. Blom. 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Scientia Hort.* 88:257-276.