

תגובת וורדים למחזור מים ודשן במשטרי אקלים שונים בחממה

באזור הבשור

חוקרים שותפים:

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

תקציר:

הבעיה: יחסי הגומלין מליחות (EC)-אקלים משפיעים על תגובת צמחים למיחזור מים בחממות. מטרות המחקר: לבחון את יחסי הגומלין הני"ל בוורדים הגדלים בתמיסה ממוחזרת ולכמת השפעות של לחות יחסית וטמפרטורה בחממה על יכול הפרחים והתפתחות הצמח במספר רמות EC בתמיסות המסוחררות.

שיטות: המחקר בוצע בחממת האקלים בחוות הבשור בוורדים. נבחנו אוורור גג (RV), (RV) + מזורן לח (WP) ו-RV + הצללה (SH), כל אחד בסף EC של 2.7 ו-4.0 דצ"ס/מ'. בטיפול RV נבחן גם סף EC של 5.5 דצ"ס/מ'. נמדדו ריכוזי חיידקים ופיתיוס בתמיסות, יבול, איכות, תצרוכת מים והרכב כימי של צמחים ותמיסות.

תוצאות: טיפולי הצינון גרמו להבדלים משמעותיים בלחות היחסית, בקרינה ובטמפרטורת העלים והשפיעו בעקבות כך על תגובת הצמח למיחזור המים בחממה. טיפול WP העלה את היבול בהשוואה לטיפול RV בסף EC של 4.0 דצ"ס/מ' אך לא בסף 2.7 דצ"ס/מ'. טיפול RV גרם לקיצור פרחים יחסית לטיפול WP ו-SH, כנראה בגלל עקת מים שנבעה מטנספירציה מוגברת יחסית לשני הטיפולים האחרים.

יכול סך הפרחים היה שווה בסף EC של 2.7 ו-4.0 דצ"ס/מ' ורק בסף 5.5 דצ"ס/מ' התקבלה ירידה חזקה ביבול (14.5% ל-1 דצ"ס/מ') ובאורך ענפי הקטיף. הירידה ביבול נבעה מירידה בריכוז הזרחן בעלים בספטמבר 2002 ומעליה בריכוז הנתרן והכלור. מספר הפרחים באורך 70 ס"מ היה נמוך בכ- 30% בסף EC 4.0 בהשוואה לסף 2.7 דצ"ס/מ'.

שמירה על סף EC 2.7 דצ"ס/מ' חייבה הדחת 524-596 מ"מ מים ו-80-93 ק"ג N/ד' (נמוך ב-WP וגבוה ב-RV). בסף 4.0 דצ"ס/מ' שעורי ההדחות היו 160-240 מ"מ ו-25-50 ק"ג N. יש לשקול את החסכון בתשומות ואת שמירת איכות הסביבה מול הירידה הקלה ביבול הכללי והפגיעה המשמעותית יותר באורך הפרחים עם עלית ה-EC.

ריכוז N בזרם הטרנספירציה היה כ- 30 מ"ג/ל' בטיפולים RV ו-SH וכ- 40 מ"ג/ל' בטיפול WP. ריכוזים אלה היו נמוכים בהרבה מהריכוזים בתמיסות המסוחררות (150-200 מ"ג N/ל') ומצביעים על כך שבתדירות השקיה הגבוהה בה עבדנו (עד 16 השקיות ליום) ניתן לרדת בריכוז החנקן בתמיסה. צינון באמצעות הצללה פגע ביבול עקב הקטנת הקרינה בחממה ולכן אינו מהווה אופציה מימשק ראלית בוורדים.

מסקנות: ניתן להקטין עקות מלח בתמיסות מסוחררות על ידי העלאת הלחות היחסית בחממה, להגדיל על ידי כך את היבול ולהקטין את תצרוכת המים וזיהום הסביבה. ערך סף EC של 4.0 דצ"ס/מ' נראה עדיף מבחינת היבול והחסכון בתשומות על פני ערך סף של 2.7 דצ"ס/מ' בשלושת משטרי האקלים שנבחנו, אך יש לאמת זאת בנתוח כלכלי של סך העלויות והתקבולים בגין האיכויות המשתנות. ערך סף של 5.5 דצ"ס/מ' גרם לירידה משמעותית ביבול ואינו מומלץ.

המלצות: לבדוק את יחסי הגומלין משטר צינון - ערך סף EC – נפח מצע הגידול – ריכוז N במים על מנת להשלים את הבנתנו בגורמים העיקריים המשפיעים על התפתחות הוורד, היבול והאיכות במערכות השקיה סגורות באזורים שחונים.

מבוא:

תגובת וורדים למשטרי השקיה, דישון ומליחות נחקרה בעבר בארץ (פייגין וחובי, 1978, 1984, 1986, 1988, 1989; ציפילביץ וחובי, 1999) ובעולם (Tamini et al., 1990; Cabreria, 1997; De Kreij et al., 1999; Lorenzo et al., 2000a,b; Raviv, 2001). בעשור האחרון החלו לגדל ורדים במערכות השקיה סגורות ובעקבות כך נערכו מספר מחקרים לבחינת תגובה הגידול למליחות המצטברת בתמיסה ולהשלכות שיש לכך על הדחת תמיסות מהחממה ועל הדישון (חזן וחובי, Baas and van den Berg, 2000; קרמר וחובי, 1999). עד עתה לא נערכו עבודות ללימוד תגובת ורדים למיחזור מים במשטרי אוורור וצינון שונים בחממה, למרות שהקטנת הדיות מפחיתה תוספת מלחים למערכת ומקטינה את העומס האוסמוטי בצמח הודות לצמצום גרעון המים בעלים.

היפוטזת העבודה היתה שהגדלת הלחות היחסית בחממה תקטין דיות ללא פגיעה משמעותית במוליכות הפיוניות ובהטמעה. הפחתת הדיות תביא לחיסכון במים ותקטין את נפח התמיסה שיש להדיח על מנת לשמור על EC רצוי במערכת. מטרת העבודה היתה לבדוק את ההשערה הנ"ל באזור הבשור ולהמליץ על משטר האקלים הרצוי בחממות בעלות מערכות השקיה סגורות.

חומרים ושיטות:

שתילים מזן מרצדס נשתלו במצע טוף אדום M-08 ביום 10/12/01 בחממת האקלים בחוות הבשור. שטח כל תא בחממה (טיפול) היה 150 מ"ר, רוחבו 7.5 מ' והוא הכיל 4 ערוגות כל אחת ברוחב 1.875 מ'. רוחב מצע הגידול היה 0.5 מ' ועומקו 0.2 מ'. עומד הצמחים היה 12 למ' רץ ערוגה (6400 לדונם חממה ב- 100% ניצול שטח, או 5800 לדונם ב- 90% ניצול שטח, כפי שהיה בניסוי). הקטיף נעשה מדי יום והגבעולים מוינו

לפי חמש קבוצות אורך ונשקלו. בקבוצת האורך 50-60 ס"מ נדגמו מדי חודש 30 ענפי פריחה ונמדדו בהם אורך, רוחב ומשקל הפקע. הגבעולים מוינו ואוחסנו כמקובל בקטיף מסחרי. הטיפולים כללו שלושה ערכי סף EC להדחת התמיסה המסוחרת (2.7, 4.0, 5.5 דצ"ס/מ') בחדרים בעלי אוורור גג (RV), ושני ערכי סף (2.7, 4.0 דצ"ס/מ') בחדרים בעלי מזרן לח (WP) + RV או בחדרים בעלי RV + הצללה (SH) (סה"כ 7 טיפולים ללא חזרות, טבלה 1). בכל הטיפולים (חוץ מ-1) היו ליוזמטרים שהכילו 2 או 1.5 מ' ערוגה לקביעת דיות במהלך היממה (ליוזמטר שקילה, מדידה כל חצי שעה, דיין וחובי, 19--). ריכוזי המטרה של המזינים היו מ"ג N/לי (יחס אמון: חנקה ----), 30 מ"ג P/לי, 160 מ"ג K/לי, 1 מ"ג Fe/ל, 0.5 מ"ג Mn/לי ו-0.25 מ"ג Zn/לי.

נפח המים לטיפול היה 4.4 מ"ק (1.2 מיכל תפעול חיצוני ו-3.2 מ"ק במצע לאחר גמר ניקוז מהיר) [θ ב-95% רוויה ולאחר גמר ניקוז מהיר {30 דקות} היה 0.95 ו-0.45 v/v, בהתאמה]. מערכת ההשקיה כללה שתי שלוחות לערוגה 0.20 מ' בין השלוחות. הטפטפות היו אל נגר מווסת, 0.15 מ' בין הטפטפות וספיקה 1.6 ל"ש'. מי הנקז בכל טיפול נאספו באמצעות מרזב פוליפרופילן במיכל איסוף שקוע בנפח 200 ל'. משאבות טבולות שהותקנו במכלים ושהופעלו על ידי מצוף הזרימו את מי נקז למיכל התפעול, או בשעת הדחה, אל מחוץ למערכת (מי הדחה). מדי מים מדדו את נפח מי ההשקיה (מי טפטפת), מי הנקז, מי ההדחה ותמיסת המילוי (מי רשת בתוספת דשן). תמיסת המילוי הוספה למכל התפעול מדי יום לפני ההשקיה הראשונה, לאחר שכל הנקז משעות הלילה הוחזר אליו. ההחזר היה שווה לנפח המים שנצרכו והודחו ביום הקודם. ריכוזי המזינים בתמיסת המילוי הותאם לתצרוכת גם הוא. מנת ההשקיה היומית היתה שווה לחמש פעמים ה-ET הנמדדת; מספר ההשקיות ליום

Table 1. Treatments description (chamber number, climate regime and threshold EC), range of all season daily minimum relative humidity (RH) and global radiation (Rad), and all season mean minimum and maximum daily air temperatures (in brackets). RV=Roof ventilation; SH=Shading; WP=Wet pad. Set points for climate control are described in Appendix 1. טבלה 1. פרוט הטיפולים בניסוי ותנאי האקלים (תחום וממוצע)

Tr (Chm)	Climate regime	Thres EC (dS/m)	Min. RH (%)	Daily radiation (MJ/m ²)	Temperature C ^o	
					Leaf	Air
1	RV	5.5	20-70 (50)	-	(22.1)	16.6–28.8 (22.0)
2	SH	2.7	19-84 (54)	1–23 (8.2)	(21.5)	16.4–28.6 (21.6)
3	RV	2.7	24-82 (59)	2–20 (12.3)	(21.6)	16.5–28.5 (21.7)
4	SH	4.0	20-79 (56)	2–16 (8.4)	(21.5)	16.6–28.2 (21.8)
5	RV	4.0	18-79 (55)	1–25 (12.2)	(22.0)	16.6–29.2 (22.0)

6	WP	2.7	27-88 (64)	2-19 (12.3)	(21.1)	16.4-26.6 (21.1)
7	WP	4.0	19-96 (64)	1-20 (12.4)	(21.2)	16.5-26.5 (21.1)

נקבע כמנת ההשקיה היומית (מבוטאת ב- מ"מ) חלקי 2 מ"מ (מנת המים להשקיה בודדת שנמצאה כשוטפת מלחים מכל שטח המצע הנבדק). תדירות ההשקיה בפועל נעה בין 8 ל- 15 השקיות ליום, מפוזרות בין הזריחה לשקיעה. מי טפטפת, מי נקז ותמיסת המילוי נדגמו בכל הטיפולים מדי יום לתוך כלי סגור, שחור במשך 24 ש' ולמחרת נמדדו בהם ה- pH וה- EC. פעם בשבוע נעשתה בתמיסה אנליזה לקביעת הריכוז של כלל היונים בתמיסה. N (אמוניקלי וחקתי), 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 ופרחים) בוצעו לאחר יבוש, טחינה ועיכול של החומר היבש בחומצה (קטיונים בחומצה חנקתית + פרכלורית, השאר בחומצה גופרתית + מי חמצן); הבדיקות הכימיות נערכו לאחר מיהול מתאים במים כמתואר לעיל. ה- Cl באברי הצמח נמדד במיצוי מימי של הרקמה היבשה.

תוצאות:

תנאי האקלים בטיפולים השונים

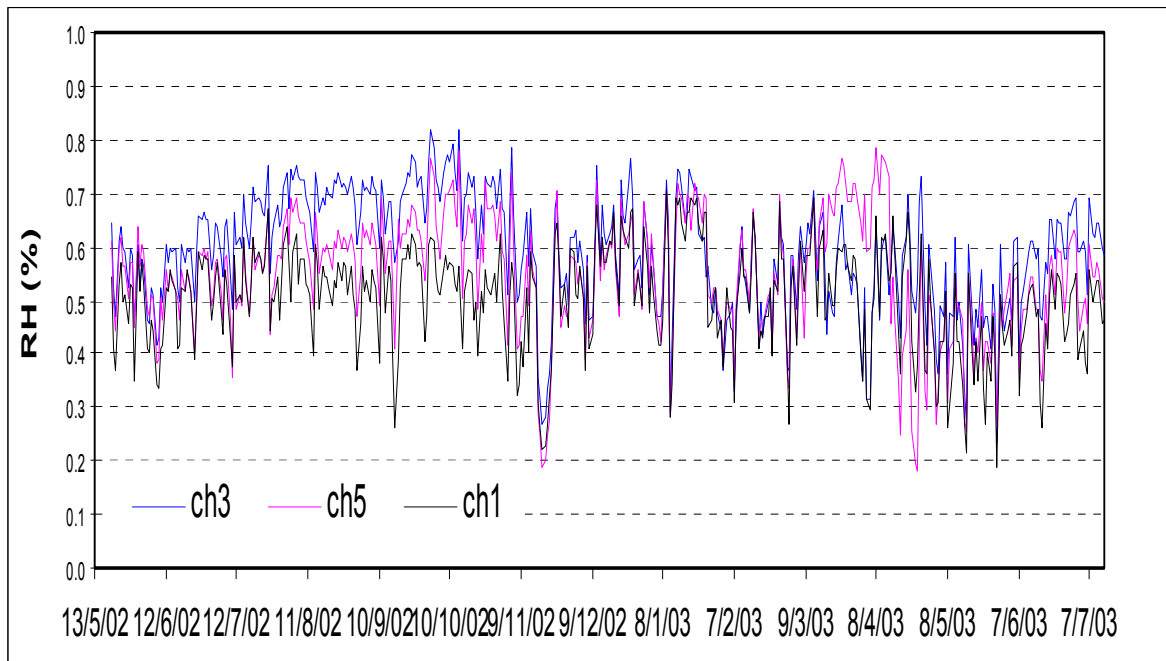
במשטר אוורור גג (RV) הלחות היחסית (RH) בחממה ירדה עם עליית סף ה- EC להדחת תמיסות (איור 1, תאים 1, 3, 5) בגלל ירידה בדיות. ההבדל בטמפרטורות האויר היה זניח אך בכל מקרה נמוך יותר ב- EC 2.7 (תא 3) בהשוואה ל- EC 4 או 5.5 (איור 2). מזרן לח (WP, תאים 6, 7) העלה את ה- RH בכ- 10% בהשוואה

ל- RV ו- SH (איור 1) ללא הבדל עקבי בין טיפולי ה- EC. טמפרטורות האויר בטיפול מסך ההצללה היו גבוהות ב- 1-2 מ"צ בהשוואה לטיפול המזרן הלח ללא השפעה של טיפולי ה- EC (איור 2). בחודשים יוני, יולי, טיפול RV, טמפרטורת העלים ב- EC 2.7 היתה נמוכה בכ- 1 מ"צ מזו שב- EC 5.5 (איור 3) ונמוכה גם באותו שיעור מטמפרטורת האויר. טמפרטורת העלה בטיפול EC 4 היתה בין זו שבטיפול EC 2.7 לבין זו שבטיפול EC 5.5 דצ"ס/מ'. בטיפולי WP ו- SH טמפרטורות העלה היו זהות לטמפרטורות האויר לאורך כל תקופת הניסוי (איורים 3 ו- 2). הגדלת סף ה- EC בטיפול RV מ- 2.7 ל- 4.0 ו- 5.5 הורידה את הלחות היחסית (RH) המזערית בתא הגידול מ- 59% ל- 56% ול- 50% (ממוצע כל עונת הגידול) והעלתה את טמפרטורת העלה הממוצעת מ- 21.6 ל-

22.0 ו- 22.1 מ"צ, בהתאמה (טבלה 1). בטיפול WP ה- RH הממוצעת העונתית היתה גבוהה יותר מאשר בטיפולי RV ו- SH (64, 59 ו- 54%, בהתאמה) וטמפ' האויר הממוצעת היתה נמוכה יותר בכ- 1 מ"צ. הקרינה הגלובלית בטיפול SH היתה נמוכה ב- 30% מזו שבטיפולים WP ו- RV, שהיו די דומים למדי (איור 4 וטבלה 1).

איפיון התמיסות המסוחררות

ערכי סף ה-EC להזחת תמיסות בטיפולים 2-7 נשמרו החל מסוף אפריל 2002 ועד לסיום הניסוי עם סטיות של $0.5 \pm$ דצ"ס/מ' סביב הערך המתוכנן. בטיפול 1 (RV, 5.5 דצ"ס/מ') ערך הסף הושג רק בראשית ספטמבר והתנודות ב-EC היו $1.0 \pm$ דצ"ס/מ' (איור 5). ההפרש בין ה-EC בטפטפת ובנקז בטיפולים השונים לא עלה על 0.5 דצ"ס/מ', דבר המעיד על השקיה ברמה נאותה. המחזוריות ב-pH (איור 6) נבעה מתנודות עונתיות בריכוז



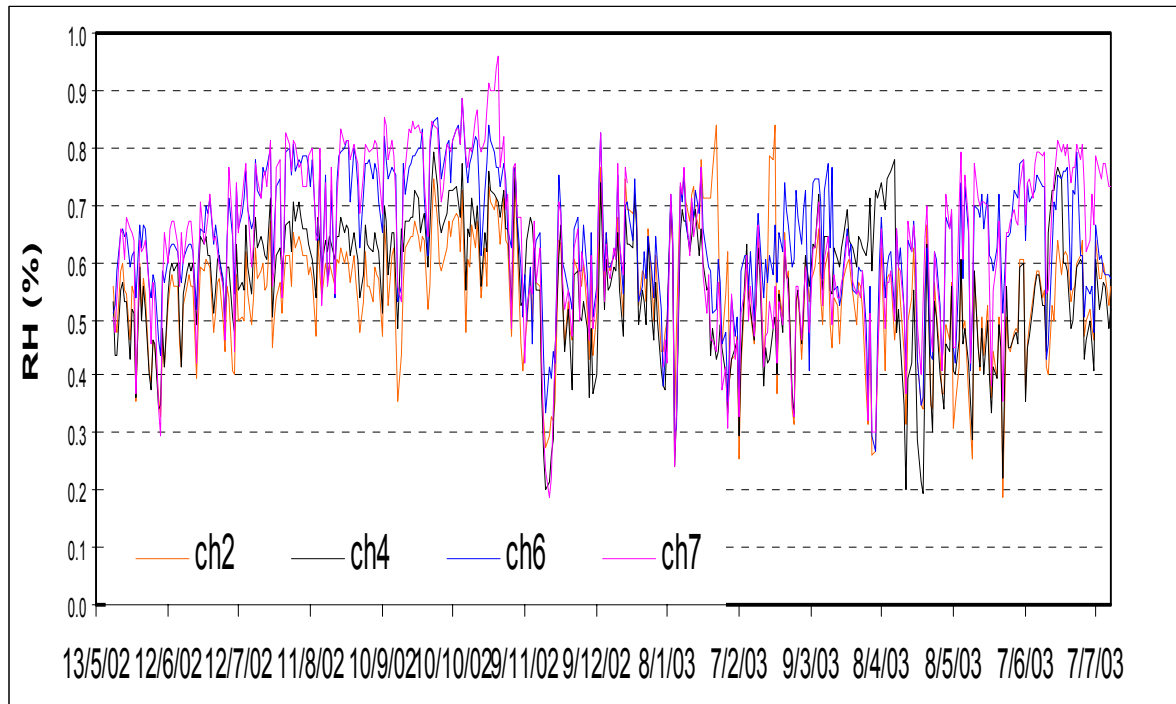


Fig. 1. Daytime relative humidity (RH) in seven studied treatments (ch1-to-ch7) along the experiment. Treatment are described in Table 1 [file RosBsrClimate2002_3.xls].

איור 1. לחות יחסית בחממה (ממוצע שעות האור) כתלות בטיפול ובזמן

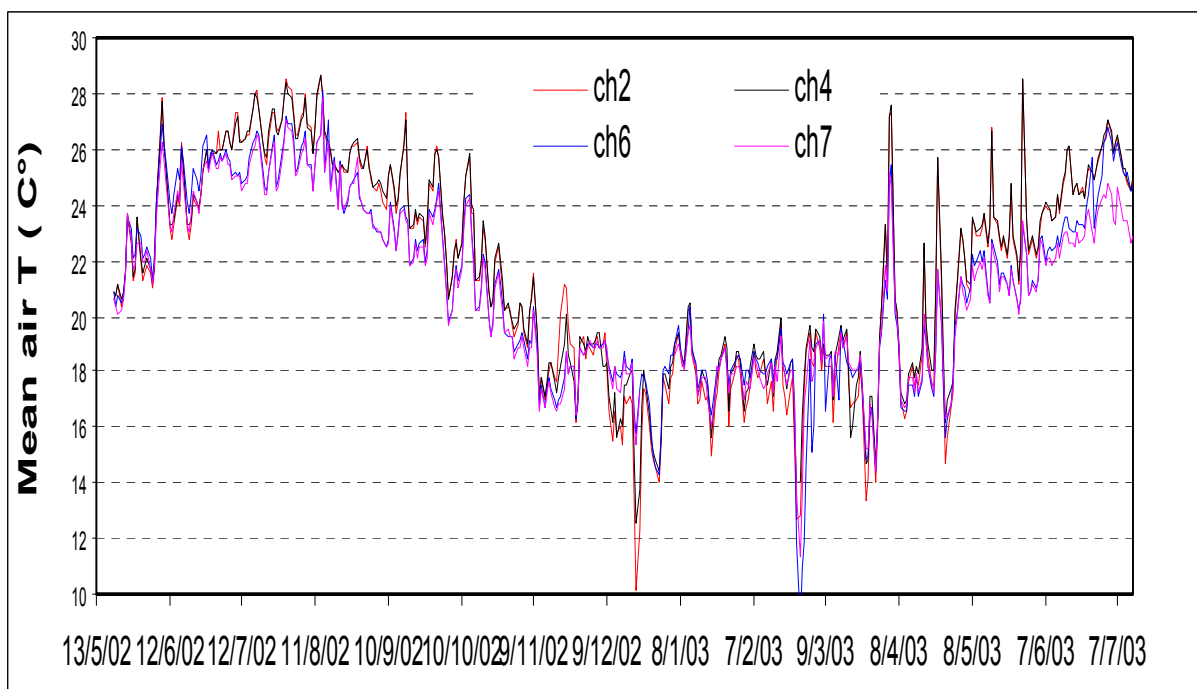
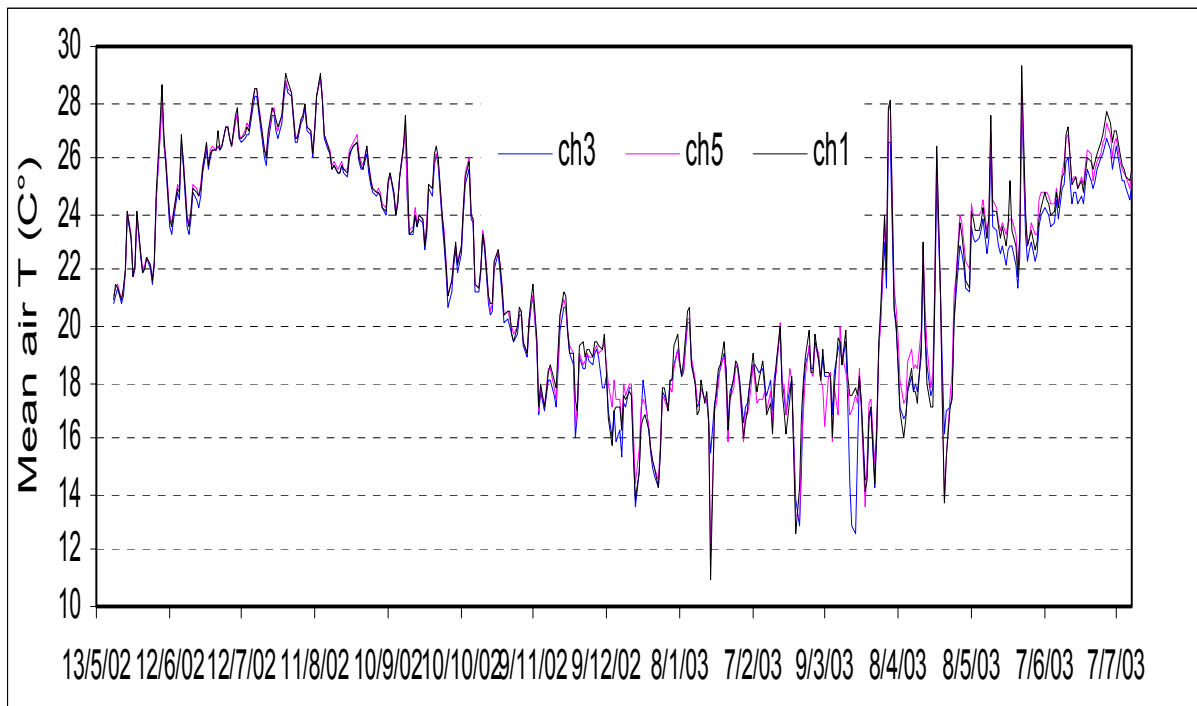


Fig. 2. Daytime mean air temperature in seven studied treatments (ch1-to-ch7) along the experiment [file RosBsrClimate2002_3.xls].

איור 2. טמפרטורת אוויר בחממה (ממוצע שעות האור) כתלות בטיפול ובזמן

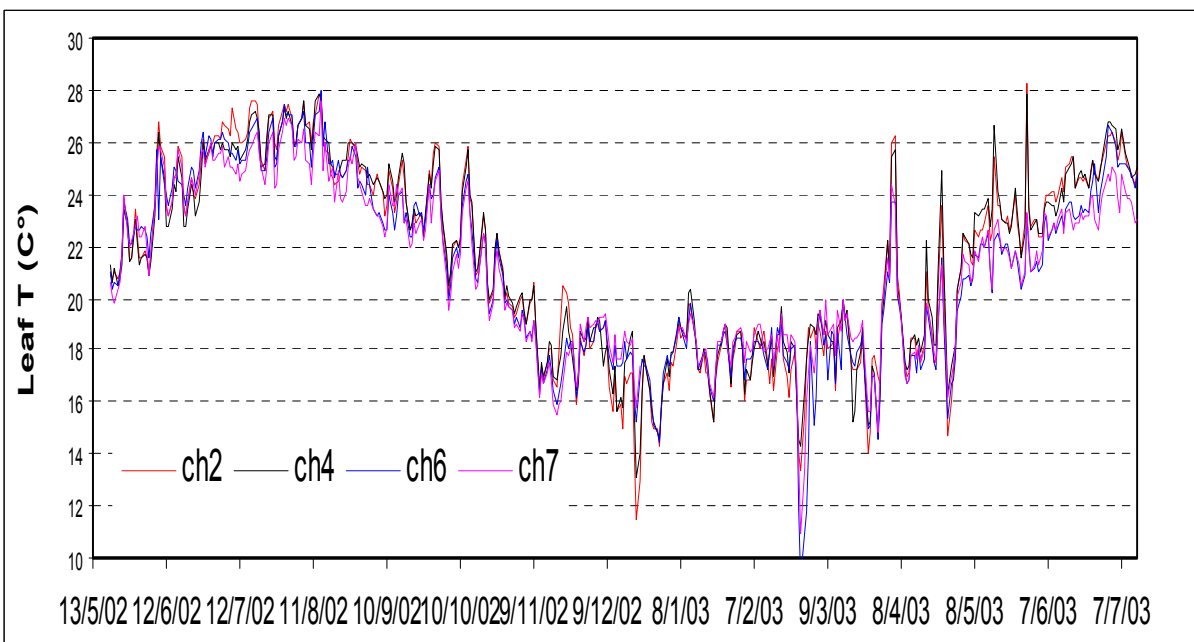
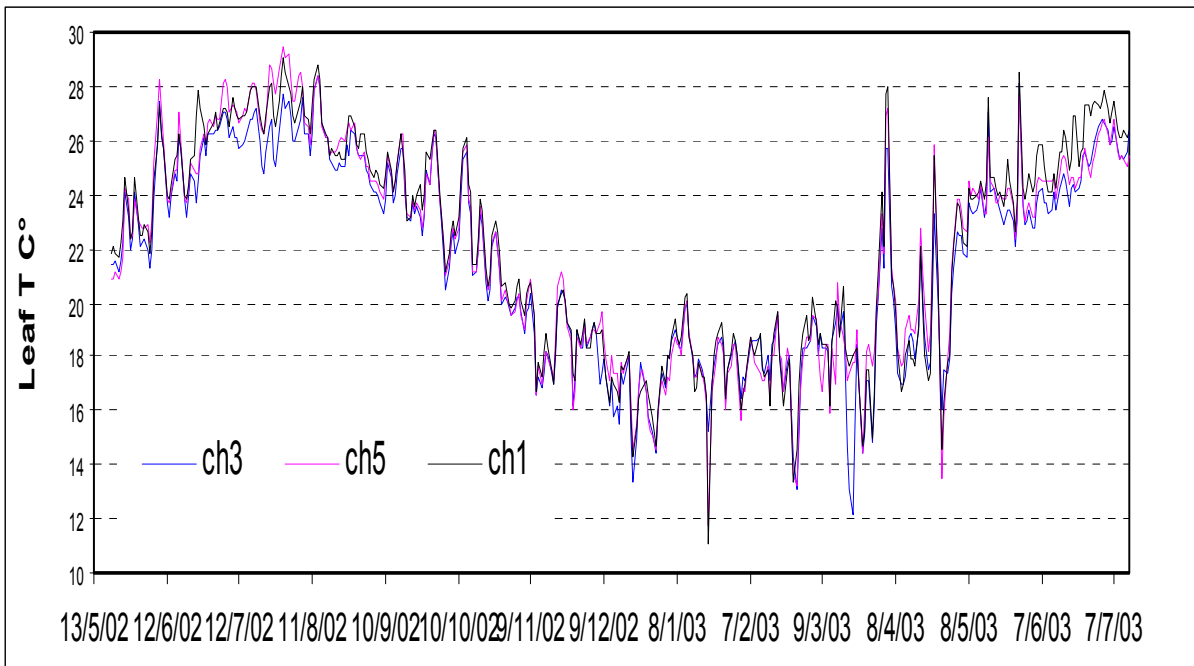


Fig. 3. Daily mean leaf temperature in seven studied treatments (ch1-to-ch7) along the experiment [file RosBsrClimate2002_3.xls].

איור 3. טמפרטורת עלה (ממוצע יומי) כתלות בטיפול ובזמן.

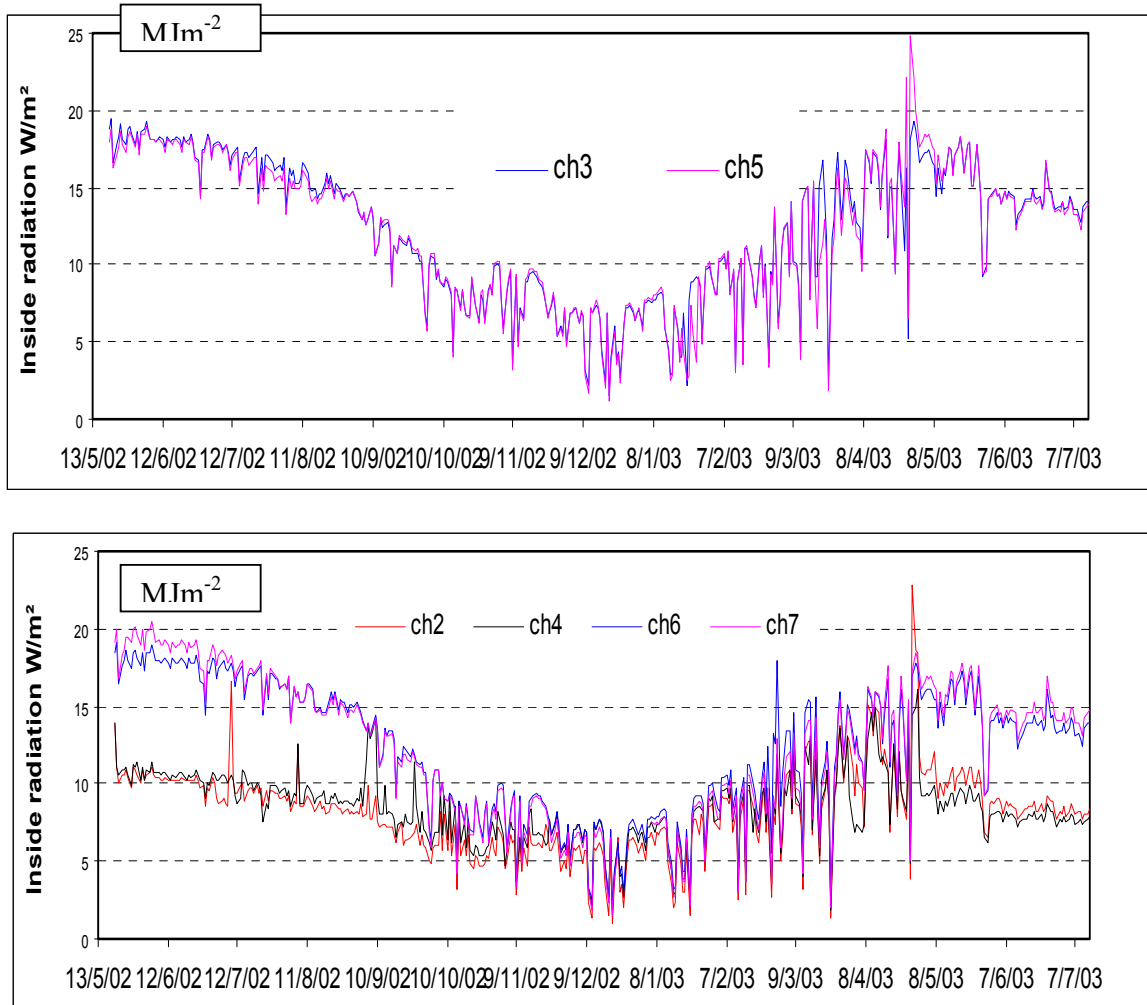
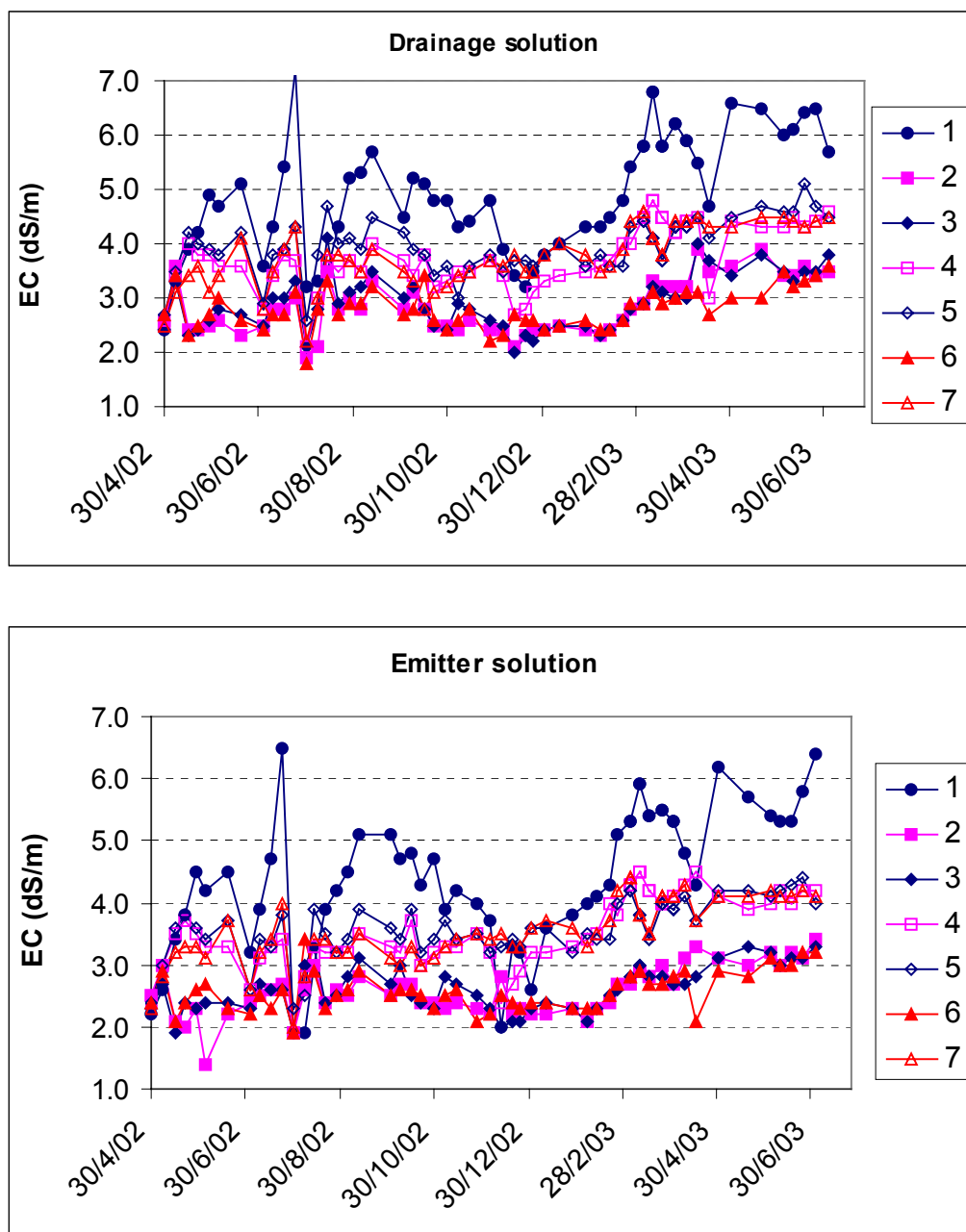


Fig. 4. Global radiation above canopy height in treatments 2-to-6 (ch2-to-ch7) along the experiment [file RosBsrClimate2002_3.xls].

איור 4. קרינה גלובלית בתוך החממה כתלות בטיפול ובזמן

האמון והחנקה במי הטפטפת (איור 7). בתקופות של ET נמוכה (נובמבר-ינואר) קצב העליה ב- eC ירד, התמיסות הוחלפו לעתים רחוקות יותר, משך זמן הניטריפיקציה ללא תוספת אמון עלה וריכוז האמון בתמיסה ירד. עליות ב- pH מעל 7 גרמו לירידות בשיעור של כ- 30% בריכוזי P ו- Mn בהשוואה לריכוזי המטרה; בשאר המזינים ריכוזי המטרה נשמרו קבועים עם הזמן (תוצאות מפורטות אינן מוצגות). בכל טיפול אקלים ריכוז האמון בתמיסה המסוחרת עלה עם ירידת סף ה-EC להדחת תמיסות. הסיבה לכך היא שככל שסף ה-EC גבוה יותר תדירות הוספת התמיסות הטריות (המכילות ריכוז גבוה יחסית של אמון) יורדת, שבר האמון העובר ניטריפיקציה גדל, וריכוזו בתמיסה יורד. היונים העיקריים שהצטברו בתמיסה ושגרמו לעליה במליחות היו Na ו-Cl (טבלה 2). ריכוזיהם בטיפול סף EC 5.5 דצ"ס/מ' במשך

ארבעת החודשים האחרונים לגידול היו 700 ו-1200 מ"ג/ל', בהתאמה. הצטברו גם Ca , Mg , SO_4 - B (טבלה 2). מזינים אלה לא צריך להוסיף איפא כדשנים.



איור 5. EC של מי טפטפת ונקז כתלות בטיפול ובזמן. מדידות יומיות בתמיסות שנאספו במשך 24 שעות.

Fig. 5. Daily mean emitter and drainage solution EC in studied treatments (1-to-7) as a function of time. Solution sampled for 24 h then analyzed [File RoseBsrElem020703.xls]

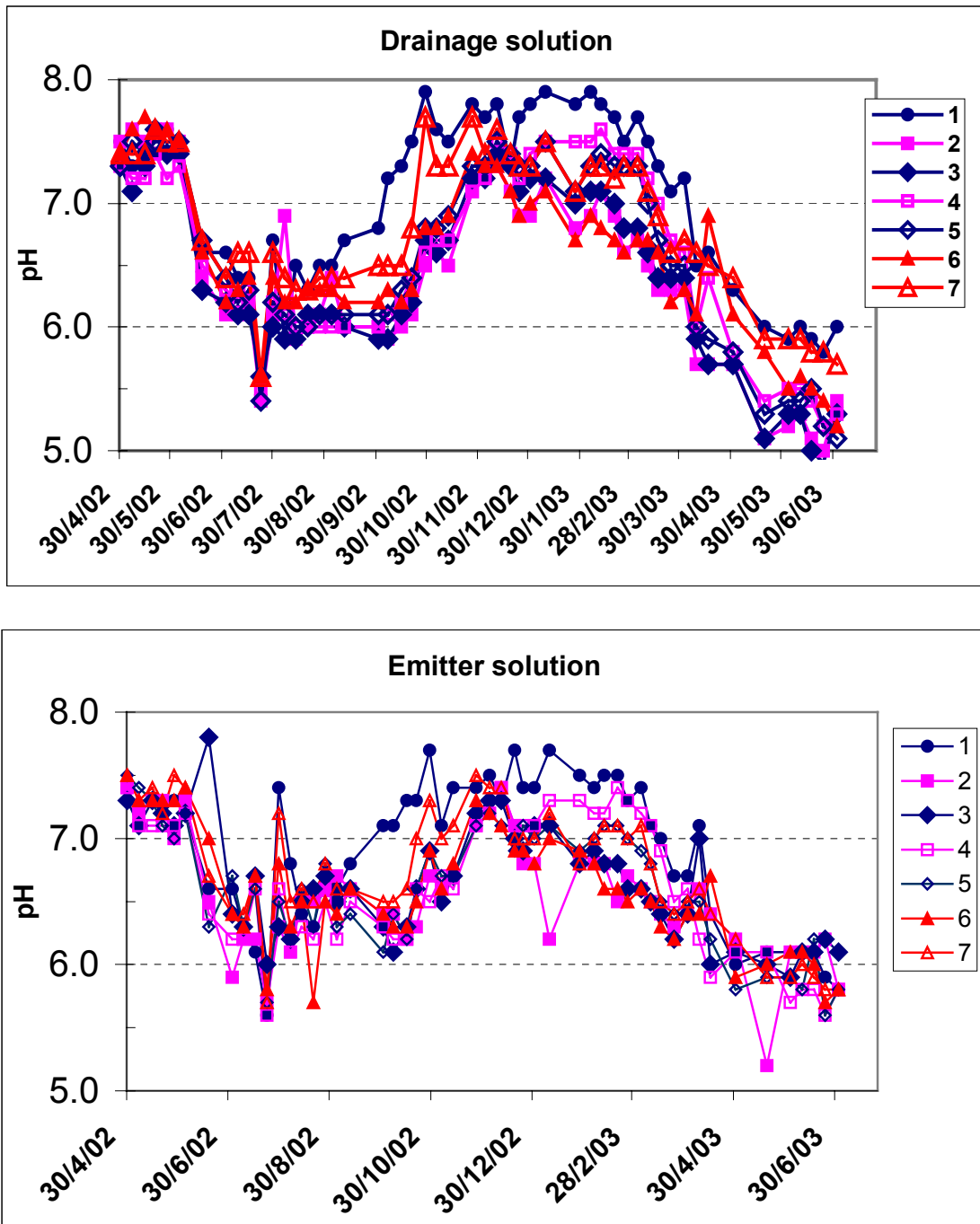


Fig. 6. Daily mean pH of emitter and drainage solutions in treatments 1-to-7 as a function of time. Solutions sampled for 24 h then analyzed [File RoseBsrElem020703.xls].
 איור 6. ה-pH במי טפטפת ונקז כתלות בטיפול ובזמן. המדידות נערכו בתמיסות שנאספו במשך 24 ש.

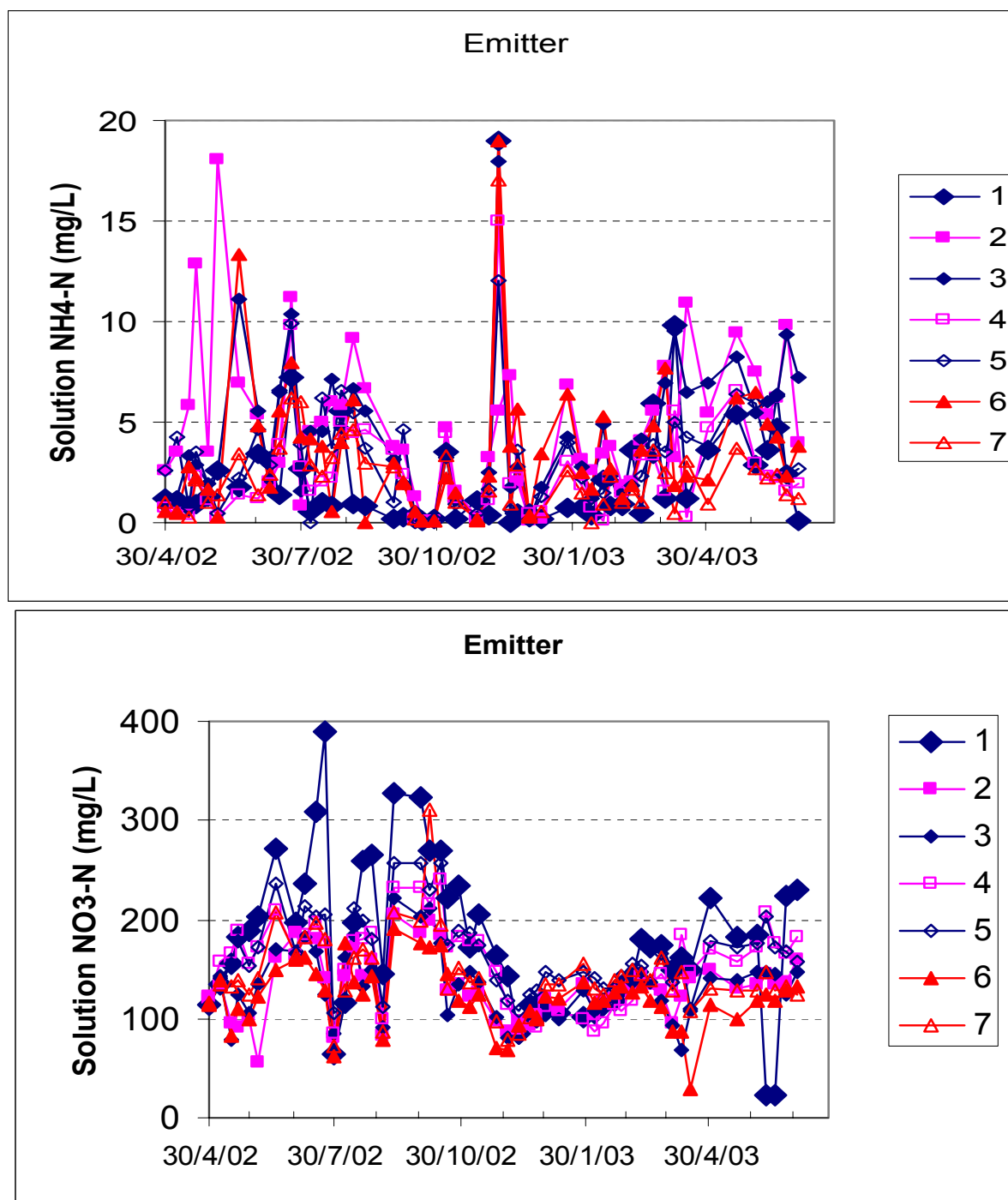


Fig. 7. Emitter solution NO₃-N and NH₄-N concentration as a function of time and treatment (1-to-7). Solution sampled for 24 h then analyzed [file *RoseBsrElem20703.xls*].

איור 7. ריכוזי אמון וחנקן במי טפטפת ונקז כתלות בטיפול ובזמן. המדידות בתמיסות שנאספו במשך 24 ש'.

Table 2. Concentration of elements that accumulated in recycled solutions as a function of threshold EC values. The concentrations are emitter solutions averaged over last 4 months of growth. Fresh water ion concentrations varied by $\pm 20\%$ around the mean. טבלה 2. ריכוז היונים שהצטברו בתמיסה בטיפולי סף ה-EC. הערכים המובאים הם הריכוזים היומיים הממוצעים במשך ארבעת החודשים האחרונים לגידול. הריכוזים המקבילים במי הברז 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	500	135	0.16	300	100	65
4.0	800	200	0.26	500	125	100
5.5	1200	276	0.31	700	150	140
Fresh water	180	60	0.1	100	57	28

יבול ואיכות

בטיפול WP סף EC של 4 דצ"ס/מ' נתן יבול כללי גבוה ב- 15% מסף EC של 2.7 דצ"ס/מ' (איור 8). בטיפולי RV ו-SH היבול הכללי בשתי מוליכויות הסף היה שווה. סף EC של 5.5 דצ"ס/מ' הוריד את היבול הכללי בהשוואה לסף 4.0 או 2.7 דצ"ס/מ' ב- 23% (טיפול RV). הצללה (SH) בסף EC של 2.7 דצ"ס/מ' הורידה את יבול סך הפרחים בהשוואה ל-WP או RV (שלא נבדלו ביניהם) ב- 6%-8%. בסף EC של 4.0 דצ"ס/מ' היה ל-WP יתרון של 9%-22% על פני RV ו-SH, בהתאמה (איור 8). נציין שטיפול 7 (WP, EC 4.0) שנתן את היבול המרבי בניסוי היה ממוקם בקצה המזרחי של המבנה והקרינה הגלובלית היומית הממוצעת בו היתה 12.4 MJ/m² לעומת 12.3 בטיפול 6 (WP2.7) (טבלה 1). ניתן לראות בגרף היבול הכללי שהיתרון של טיפול 7 החל להתבטא עם התקצרות היום בסוף ספטמבר 2002 והוא נמשך עד סוף מרץ 2003. לאחר מכן שיפועי הקווים בטיפולים 7 ו-6 היו דומים. בשלושת טיפולי האקלים סף EC של 4.0 דצ"ס/מ' הוריד את יבול הפרחים הארוכים (70 ס"מ) בכ- 30% בהשוואה לסף 2.7 דצ"ס/מ'. לא היה הבדל ביבול פרחים קצרים (40 ס"מ) בין טיפולים אלה, והוא עמד על כ- 5% מסך היבול. בסף EC של 5.5 דצ"ס/מ' היתה עליה חזקה במספר הפרחים באורך 40 ס"מ והיבול בקבוצת אורך זאת עלה ל- 23% מהיבול הכללי (איור 8). ברמת EC נתונה אוורור גג (RV) גרם לקיצור פרחים בהשוואה לטיפול WP או SH (איור 8), אינדיקציה לעקת מים בצמח וסגירת פיוניות. חיזוק לכך אפשר לראות בעובדה שטמפרטורת העלה הממוצעת בטיפול RV היתה גבוהה בכ- 0.5 מ"צ בהשוואה לטיפול WP (טבלה 1). משקל ענף פורח ממוצע בטיפולי סף EC של 5.5, 4 ו-2.7 דצ"ס/מ' (RV) היה 20.9, 21.0 ו-21.7 ג'; המשקל ליחידת אורך (ממוצע סך הפרחים) היה 0.44, 0.40 ו-0.39 ג'/ס"מ, בהתאמה (טבלה 3). המשקל ליחידת אורך עלה עם עלית אורך ענף הפריחה (מ- 0.35 ג'/ס"מ בענפים קצרים מ- 40 ס"מ ועד ל- 0.53

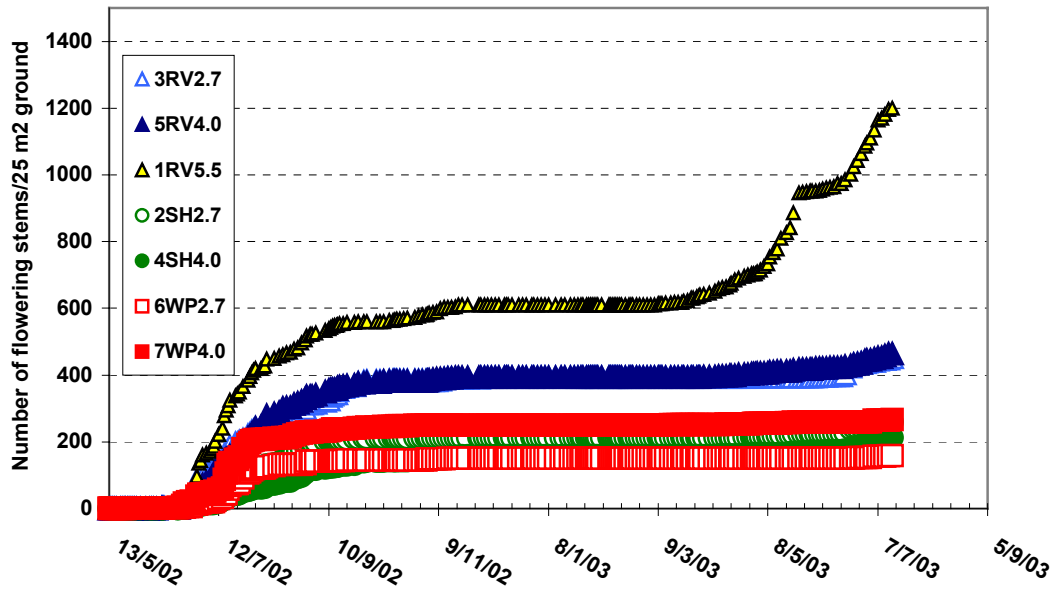
ג'ס"מ בענפים ארוכים מ- 70 ס"מ; תוצאות מפורטות אינן מוצגות). המשקל הממוצע של ענף פורח היה גבוה יותר בטיפולי WP (25.05 ג') מאשר בטיפולי RV או SH (21.35 ו- 21.85 ג' בהתאמה, ממוצע EC 2.7 ו- 4.0 דצ"ס/מ'); המשקלים המקבילים ליחידת אורך גבעול היו 0.41, 0.40 ו- 0.38 ג'ס"מ. הטיפולים לא השפיעו באופן משמעותי על קוטר הפקעים (איור 9) והערכים הממוצעים על פני כל תקופת הניסוי נעו בין 21.4 ו- 22.4 מ"מ בטיפולים SH2.7 ו- WP4.0, בהתאמה. ההשפעה על אורך הפקעים היתה דומה (ממוצע של 32.0 ו- 32.8 מ"מ באותם טיפולים). יוצא דופן היה טיפול סף EC 5.5 דצ"ס/מ' בחודש יולי 2003 שהוריד באופן ברור את אורך וקוטר הפקעים בהשוואה לטיפולים האחרים (איור 9).

ריכוז יסודות בחלקי הצמח השונים

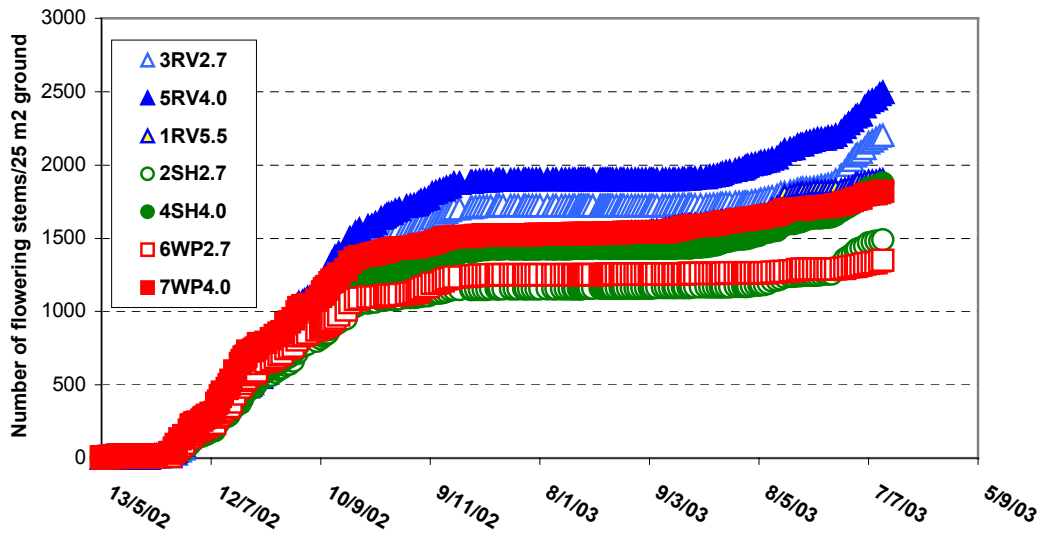
העלאת סף ה-EC (EC_{thr}) הביאה להגדלת ריכוזי Na, Cl ו- Mg בעלי ענפים פורחים משווקים ביום 3.9.02 ולהפחתת ריכוז ה- Mn בהם. בטיפול RV (בו התקבלה ה- ET המירבית, ראה בהמשך) ריכוזי Mn ו- Cl היו גבוהים בהשוואה לטיפול WP או SH בעוד שריכוזי N, P, K ו- Zn היו מרביים בטיפול WP. השפעת הטיפולים על ריכוזי היסודות בפקעים היתה זניחה (טבלה 3). באביב (14.3.03) עליה ב- EC_{thr} הגדילה את ריכוזי Na, Cl ו- Ca בעלי ענפים פורחים ובגבעולים והורידה את ריכוזי N, P, K, Fe ובמיוחד Mn בהם. בטיפול RV ריכוזי Mn ו- Mg בעלים היו גבוהים במקצת בהשוואה לטיפול WP או SH. השפעת הטיפולים על ריכוזי היסודות בפקעים היתה קטנה בהשוואה להשפעתם על העלים או הגבעולים אך מגמת ההשפעה היתה דומה (טבלה 4). בסיום הניסוי (16.7.03) ריכוזי N, P, K בעלי ענפים פורחים הושפעו באופן זניח על ידי EC_{thr} ; Ca ו- Mn ירדו עם עליית EC_{thr} במשטרי אקלים RV ו- WP (אך לא ב- SH), Na לא הושפע ו- Cl עלה באופן משמעותי עם עליית EC_{thr} בשלושת משטרי האקלים (טבלה 5). הירידה בריכוז הסיידן ארעה למרות שהיסוד הצטבר בתמיסה המסוחררת ונבעה כנראה מתחרות עם נטרן שהצטברותו עלתה על זו של הסיידן. בטיפול 7 שנתן יבול מרבי ריכוזי N ו- P בעלי ענפים משווקים בסיום הניסוי היו מרביים; בטיפול 1 שנתן יבול מזערי ריכוז Mn היה מזערי וריכוז Cl היה מרבי (0.53 לעומת 0.32% בטיפול 7). השפעת הטיפולים על ריכוזי היסודות בפקע ובגבעולים היתה דומה לזו שבעלים (טבלה 5).

בסיום הניסוי נעשתה אנליזה כימית בצמח השלם (טבלה 6). ריכוזי Ca, Mg, Cl בסך העלים ובפקעים היו גבוהים יותר בצמח השלם מאשר בענפי הקטיף שלו, בעוד שריכוזי יסודות המאקרו האחרים היו דומים. ריכוזי N, P, Ca, Mg בגבעולי צמח שלם היו גבוהים יותר בהשוואה לגבעולי ענפי קטיף; ב- K המצב היה הפוך וב- Na ו- Cl הריכוזים בצמח השלם ובענפים הפורחים היו שווים (טבלה 7).

Up to 40 cm rose flower yield

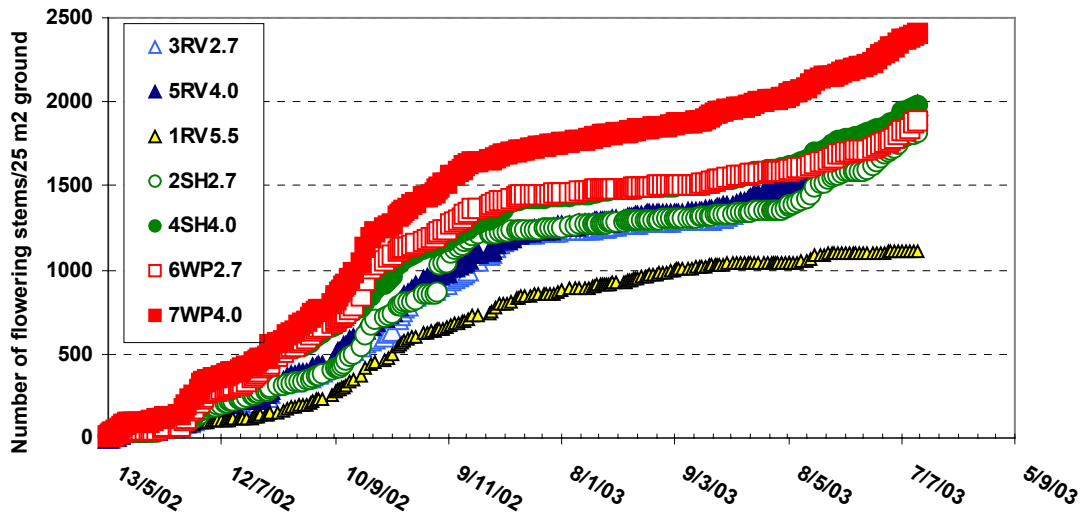


40-50 cm flower yield

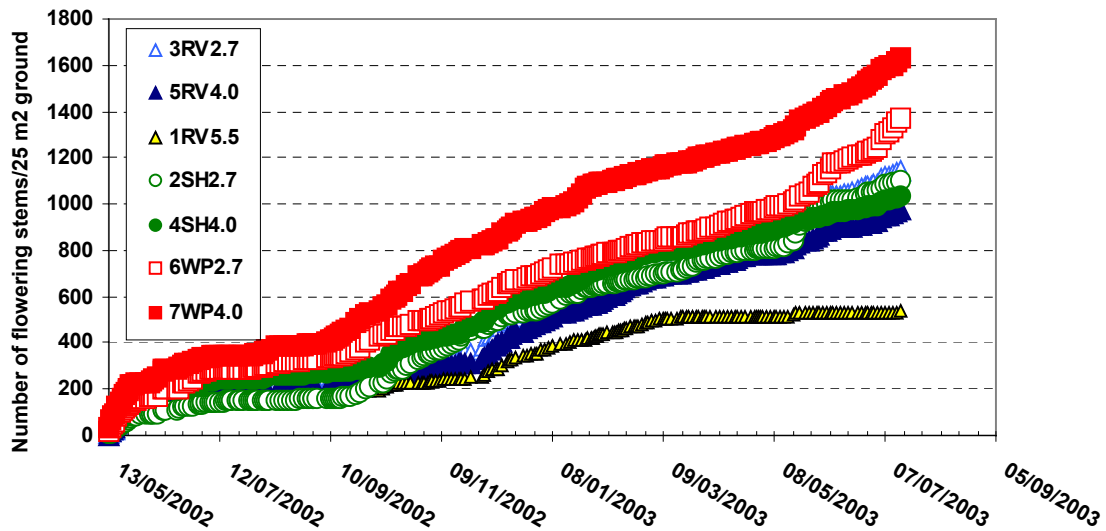


איור 8א. פרטים ראה במקרא 8.

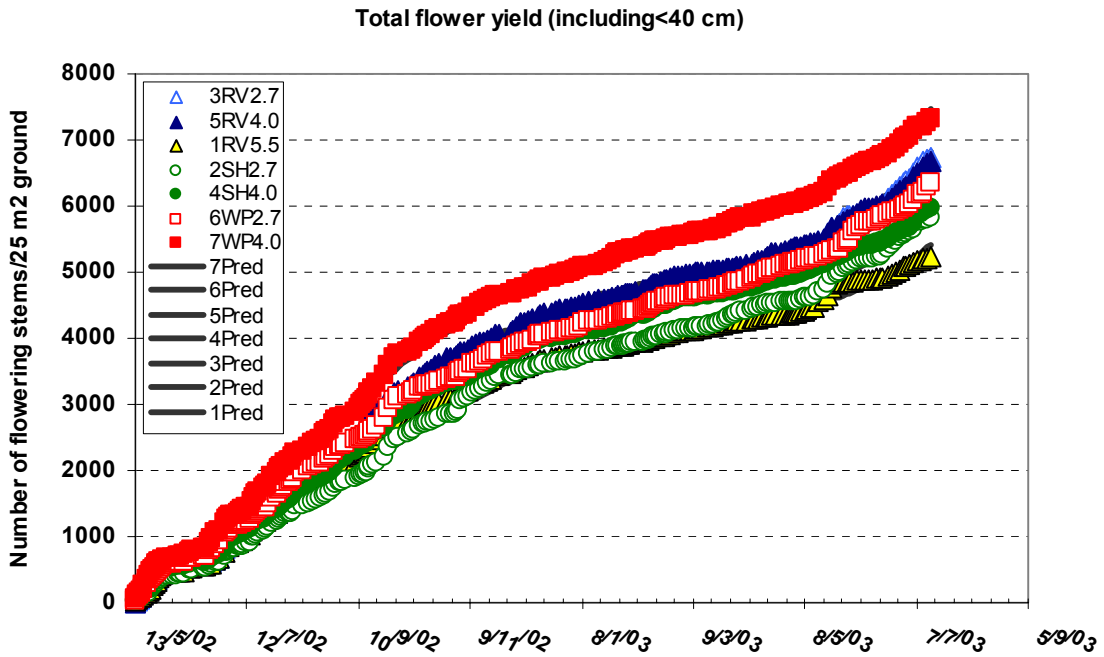
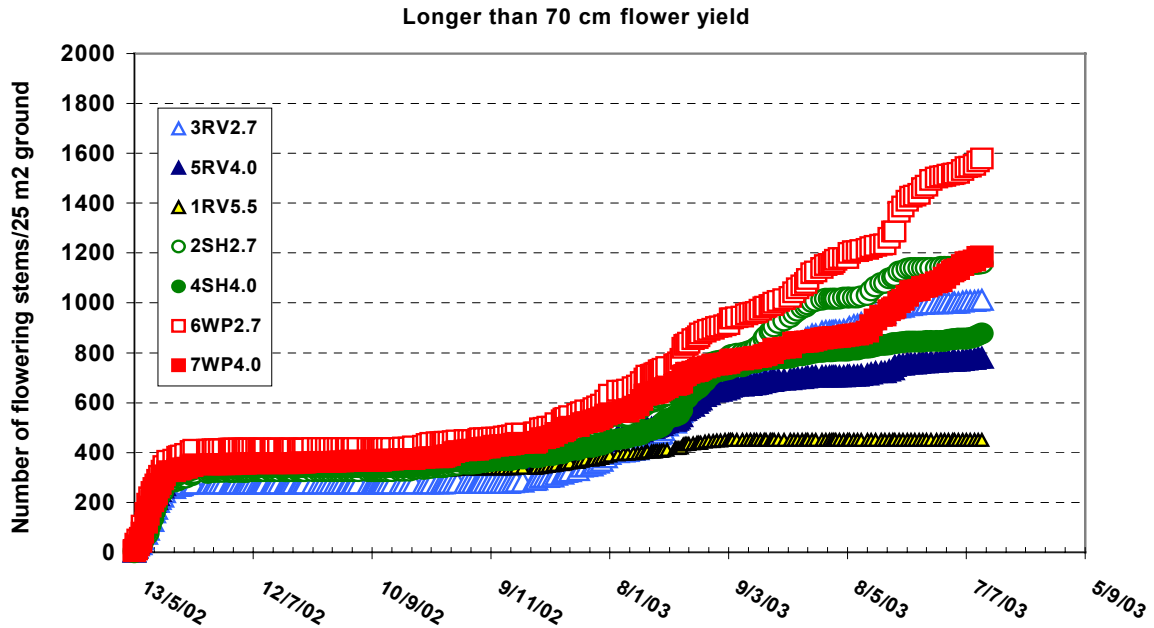
50-60 cm flower yield



60-70 flower yield



איור 8ב. פרטים ראה במקרא 8ג.



איור 8. יבול ורדים לפי קבוצות אורך כתלות בזמן ובטיפול (8 < 40 ו- 40-50 ס"מ; 8 > 50-60 ו- 60-70 ס"מ; 8 > 70 ס"מ ויבול כללי). ניתוח סטטיסטי נעשה עבור היבול הכללי בלבד. הניתוח מבוסס על פולינום מסדר 4 שהותאם לכל אחד משבעת הטיפולים (פרטים בעמוד הבא). קווי הפולינום מוסתרים על ידי הנקודות הניסיוניות.

המשך מקרא איור 3. בפולינום (משוואה [1]) $TY =$ יבול כללי (מספר ענפים פורחים/25 מ²) - $t =$ ימים שחלפו מתחילת הקטיף (13.5.02). המודל והמקדמים היו מובהקים סטטיסטית (ראה ערך F ורמת ההסתברות) בכל אחד מהטיפולים.[#]

$$TY = a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + a \quad [1]$$

Parameter	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	TR 6	TR 7
a1	11.410	5.947	8.343	11.1295	10.975	16.080	16.539
$\pm s.e$	0.655	0.618	0.604	0.590	0.601	0.571	0.725
F	303***	92***	191***	356***	334***	793***	521***
a2	0.1071	0.1467	0.1565	0.1178	0.1575	0.0764	0.1280
$\pm s.e$	0.0064	0.0061	0.0059	0.0058	0.0059	0.0056	0.071
F	415***	586***	700***	415***	715***	187***	325***
a3	-	-	-	-	-	-	-
$\pm s.e$	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
F	557***	902***	1138***	745***	1299***	509***	709***
a4	6.923E-	8.143E-	9.032E-	7.061E-	9.700E-	6.168E-	8.838E-
$\pm s.e$	2.683E-	2.531E-	2.472E-	2.414E-	2.461E-	2.338E-	2.970E-
F	666***	1035***	1335***	855***	1554***	696***	887***
a	89.3324	151.558	155.941	144.881	114.159	152.297	198.597
$\pm s.e$	19.216	18.131	17.70	17.29	17.62	16.74	21.25
F	21.6***	69.9***	77.6***	70.2***	41.9***	82.7***	87.3***
R ² model	0.9981	0.9985	0.9987	0.9987	0.9989	0.9988	0.9987
F model	29289**	38398**	52541**	45175**	52756**	49456**	43050**

[#]A t-test can be used to evaluate whether treatments differ in any given polynomial parameter. The 95% confidence limit = [parameter value] $\pm t_{0.975} * s.e$. From t distribution Table and for 56 degrees of freedom (number of harvests-1) $t_{0.975}=2.0$ (applies to all treatments and parameters). Example: The 95% confidence limit for parameter a1 in Tr 1 = $11.41 \pm 2.0 * 0.655$ and in Tr 5 = $10.975 \pm 2.0 * 0.601$. Since the lower limit of Tr1 is less than the upper limit of Tr 5 (10.1 vs. 12.18) the two treatments do not differ at the 95% probability level

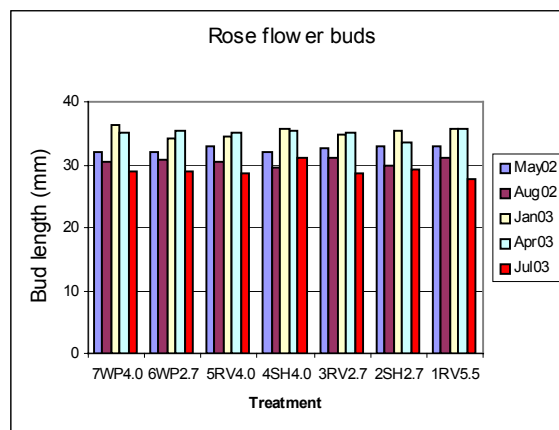
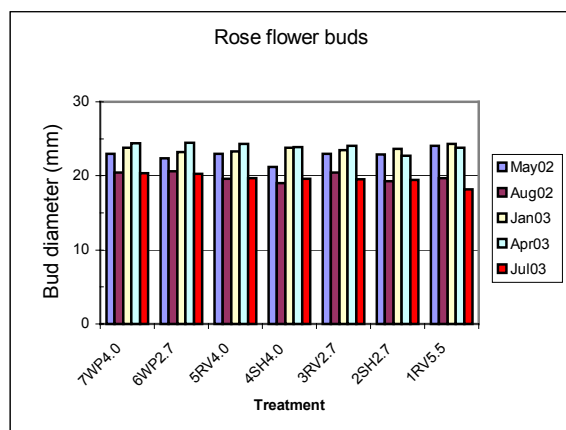


Fig. 9. Bud length and diameter as a function of treatment (e.g. 7WP2.7 = Tr number 7, WP, threshold EC 2.7 dS/m) and time in year (monthly average).

איור 9. קוטר ואורך הפקעים בענפים משווקים כתלות בטיפול ובחודש השנה

טבלאות 3, 4, 5. ריכוז יסודות בעלים, גבעולים ופקעים בענפי פריחה של ורד (שלושה מועדים)

Tables 3, 4, 5. Treatment effects on element concentration in rose cut flowers

Table 3. Element concentration in rose harvested flowering stems (3.9.02)

Tr	N	P	K	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Zn	Mn
g/100 g										
Leaves										
1RV5.5	1.56	0.19	2.17	1.85	0.34	0.54	0.62	168	45	290
2SH2.7	1.70	0.20	2.49	1.53	0.31	0.50	0.25	228	30	305
3RV2.7	1.57	0.21	2.09	1.53	0.32	0.44	0.28	165	38	320
4SH4.0	1.64	0.22	2.17	1.49	0.37	0.50	0.39	223	33	283
5RV4.0	1.88	0.23	2.49	1.50	0.34	0.52	0.42	148	43	300
6WP2.7	1.75	0.20	2.33	1.56	0.30	0.44	0.22	173	38	320
7WP4.0	1.99	0.30	2.74	1.59	0.36	0.54	0.30	235	55	210
ECthr means (\pm st. dev)										
RV	1.73 \pm 0.22	0.22 \pm 0.01	2.29 \pm 0.28	1.52 \pm 0.02	0.33 \pm 0.01	0.48 \pm 0.06	0.35 \pm 0.10	156 \pm 12	40 \pm 35	310 \pm 14
WP	1.83 \pm 0.17	0.25 \pm 0.07	2.53 \pm 0.29	1.58 \pm 0.02	0.33 \pm 0.04	0.49 \pm 0.07	0.26 \pm 0.06	204 \pm 44	46 \pm 12	265 \pm 78
SH	1.67 \pm 0.04	0.21 \pm 0.01	2.33 \pm 0.23	1.51 \pm 0.03	0.34 \pm 0.04	0.50 \pm 0.02	0.32 \pm 0.10	225 \pm 4	32 \pm 2	294 \pm 16
Climate means (\pm st. dev)										
EC2.7	1.67 \pm 0.09	0.20 \pm 0.09	2.30 \pm 0.20	1.54 \pm 0.02	0.31 \pm 0.01	0.46 \pm 0.04	0.25 \pm 0.03	189 \pm 34	35 \pm 5	315 \pm 9
EC4.0	1.84 \pm 0.18	0.25 \pm 0.04	2.47 \pm 0.29	1.53 \pm 0.06	0.36 \pm 0.02	0.52 \pm 0.02	0.37 \pm 0.06	202 \pm 47	44 \pm 11	264 \pm 48
Buds										
1RV5.5	1.80	0.25	2.17	0.46	0.26	0.37	0.11	35	40	70
2SH2.7	1.90	0.25	2.25	0.49	0.24	0.39	0.08	40	43	83
3RV2.7	1.91	0.27	2.17	0.41	0.27	0.37	0.08	78	35	95
4SH4.0	1.92	0.26	2.25	0.43	0.25	0.39	0.10	63	40	80
5RV4.0	1.85	0.26	2.09	0.46	0.26	0.37	0.06	130	48	88
6WP2.7	2.15	0.29	2.33	0.34	0.24	0.41	0.11	168	53	80
7WP4.0	2.01	0.28	2.33	0.44	0.25	0.41	0.07	63	55	58
Climate means (\pm st. dev)										
RV	1.88 \pm 0.04	0.26 \pm 0.01	2.13 \pm 0.06	0.43 \pm 0.04	0.26 \pm 0.01	0.37 \pm 0.01	0.07 \pm 0.01	104 \pm 37	41 \pm 9	91 \pm 5
WP	2.08 \pm 0.10	0.28 \pm 0.01	2.33 \pm 0.10	0.39 \pm 0.07	0.24 \pm 0.01	0.41 \pm 0.10	0.09 \pm 0.03	115 \pm 74	54 \pm 2	69 \pm 15
SH	1.91 \pm 0.01	0.25 \pm 0.01	2.25 \pm 0.10	0.46 \pm 0.04	0.24 \pm 0.01	0.39 \pm 0.02	0.09 \pm 0.01	52 \pm 16	41 \pm 2	81 \pm 2
ECthr means (\pm st. dev)										
EC2.7	1.99 \pm 0.14	0.27 \pm 0.02	2.25 \pm 0.08	0.41 \pm 0.07	0.25 \pm 0.02	0.39 \pm 0.02	0.09 \pm 0.02	95 \pm 66	44 \pm 9	86 \pm 8
EC4.0	1.93 \pm 0.08	0.27 \pm 0.01	2.22 \pm 0.12	0.44 \pm 0.02	0.25 \pm 0.01	0.39 \pm 0.02	0.08 \pm 0.02	85 \pm 39	48 \pm 7	75 \pm 15

בסיום הניסוי נבדקו גם עלים דאגנוסטיים ועלים מהרבע התחתון של הצמח (נספח 2). להוציא סידן ומגניון ריכוזי היסודות בסך העלים היו נמוכים בהשוואה לעלים הדיאגנוסטיים או לעלים בחלק התחתון של הצמח. להוציא חנקן, ריכוזי היסודות בעלים התחתונים היו שווים לריכוזים בעלים הדיאגנוסטיים, או גבוהים מהם. השוואה זאת חיונית לצורך אומדן סך הקליטה של היסודות השונים על ידי הצמחים. במקרה האחרון נדגמו גם צמחים בכל אחת מארבע הערוגות בחדרים השונים כדי להעריך את השונות

הנובעת ממיקום הצמחים. מבדיקת המאקרואלמנטים התברר שריכוזי N, P, K, Na, Cl בסך העלים לא היו שונים בערוגות השונות אך ריכוזי Ca ו-Mg היו גבוהים במקצת בשתי הערוגות המרכזיות בהשוואה לערוגה המזרחית או המערבית (נספח 2). יצוין שכל התוצאות המוצגות בעבודה זאת מבוססות על דיגום צמחים בשתי השורות המרכזיות בלבד.

Table 4. Element concentration in rose harvested flowering stems (14.3.03)

Tr	N	P	K	Na	Cl	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
			g/100 g				mg/kg			
Leaves										
1RV5.5	2.00	0.34	2.10	0.50	1.10	0.75	0.34	208	70	48
2SH2.7	2.74	0.56	2.50	0.46	0.55	1.10	0.31	318	90	60
3RV2.7	2.74	0.63	2.30	0.41	0.45	1.03	0.31	293	105	30
4SH4.0	2.79	0.62	2.20	0.49	0.55	0.81	0.31	225	78	25
5RV4.0	2.21	0.45	2.20	0.44	0.50	1.06	0.43	238	85	60
6WP2.7	2.70	0.56	2.10	0.40	0.40	1.01	0.31	243	118	53
7WP4.0	2.48	0.49	1.90	0.43	0.60	0.78	0.30	225	55	43
EC means										
RV	2.47±0.37	0.54±0.13	2.25±0.07	0.42±0.02	0.47±0.03	1.04±0.02	0.37±0.08	265±39	95±14	45±21
WP	2.59±0.15	0.52±0.05	2.00±0.14	0.42±0.02	0.50±0.14	0.89±0.16	0.30±0.01	234±13	87±45	48±7
SH	2.76±0.04	0.59±0.04	2.35±0.21	0.47±0.02	0.55±0.10	0.95±0.20	0.31±0.10	271±66	84±8	42±25
Climate means										
EC2.7	2.73±0.02	0.58±0.04	2.30±0.20	0.42±0.03	0.47±0.08	1.05±0.05	0.31±0.10	285±38	104±14	48±16
EC4.0	2.49±0.29	0.52±0.09	2.10±0.17	0.45±0.03	0.55±0.05	0.88±0.15	0.35±0.07	229±7	73±16	43±18
Stems										
1RV5.5	1.05	0.45	0.76	1.10	0.56	0.27	0.25	120	20	25
2SH2.7	1.21	0.44	1.10	0.35	0.28	0.33	0.21	135	28	28
3RV2.7	1.14	0.40	0.93	0.37	0.24	0.27	0.18	155	18	35
4SH4.0	1.20	0.36	0.70	0.76	0.40	0.32	0.17	223	15	30
5RV4.0	1.11	0.42	0.76	0.68	0.44	0.24	0.19	110	10	20
6WP2.7	1.08	0.40	1.05	0.41	0.20	0.30	0.17	470	18	30
7WP4.0	1.14	0.36	0.87	0.62	0.40	0.29	0.20	128	13	18
Buds										
1RV5.5	2.13	0.33	1.90	0.43	0.19	0.24	0.19	100	38	23
2SH2.7	2.19	0.38	2.00	0.34	0.07	0.33	0.16	65	55	20
3RV2.7	2.18	0.36	1.93	0.32	0.13	0.21	0.15	103	45	32
4SH4.0	2.14	0.32	1.93	0.35	0.11	0.20	0.14	78	33	35
5RV4.0	2.09	0.34	1.93	0.35	0.06	0.21	0.14	150	23	28
6WP2.7	2.21	0.35	1.93	0.31	0.11	0.24	0.16	100	55	25
7WP4.0	2.16	0.32	1.93	0.31	0.07	0.22	0.17	85	28	28

Table 5. Element concentration in leaves, stems and buds of harvested rose flowering stems (16.7.03)											
TR	N	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cl	Fe	Mn	Zn
				g/100g						mg/kg	
					Leaves						
1RV5.5	1.6	0.20	2.7	0.67	0.57	0.21	0.36	0.53	169	85	183
2SH2.7	1.6	0.18	2.4	0.64	0.81	0.22	0.33	0.32	207	160	56
3RV2.7	1.6	0.20	2.7	0.70	0.91	0.23	0.36	0.27	219	172	73
4SH4.0	1.6	0.17	2.2	0.53	0.88	0.25	0.31	0.38	187	196	50
5RV4.0	1.7	0.18	2.7	1.47	0.77	0.21	0.34	0.39	181	165	-
6WP2.7	1.8	0.18	2.7	0.73	0.83	0.23	0.36	0.22	198	165	-
7WP4.0	1.9	0.22	2.8	0.61	0.69	0.23	0.37	0.32	267	112	62
					EC means						
RV	1.65±0.07	0.19±0.07	2.70±0.10	0.69±0.02	0.84±0.10	0.22±0.01	0.35±0.1	0.33±0.08	200±27	168±5	86±19
WP	1.85±0.07	0.20±0.03	2.75±0.07	0.67±0.08	0.76±0.10	0.23±0.10	0.36±0.01	0.27±0.07	232±49	138±37	63±2
SH	1.60±0.10	0.18±0.01	2.30±0.14	0.59±0.08	0.84±0.05	0.23±0.02	0.32±0.01	0.35±0.04	197±14	178±25	53±4
					Climate means						
EC2.7	1.67±0.11	0.19±0.01	2.60±0.17	0.69±0.04	0.85±0.05	0.23±0.01	0.35±0.02	0.27±0.05	208±11	166±6	65±8
EC4.0	1.73±0.15	0.19±0.03	2.56±0.32	0.61±0.08	0.78±0.10	0.23±0.02	0.34±0.03	0.36±0.04	212±48	158±42	71±26
					Stems						
1RV5.5	1.6	0.34	1.3	-	0.26	0.15	0.49	0.30	-	-	-
2SH2.7	1.1	0.30	1.3	-	0.31	0.12	0.30	0.20	-	-	-
3RV2.7	1.1	0.26	1.4	-	0.36	0.15	0.28	0.25	-	-	-
4SH4.0	1.1	0.26	1.4	-	0.32	0.13	0.36	0.27	-	-	-
5RV4.0	1.0	0.28	1.3	-	0.30	0.13	0.28	0.26	-	-	-
6WP2.7	1.0	0.27	1.4	-	0.30	0.13	0.27	0.15	-	-	-
7WP4.0	1.0	0.27	1.1	-	0.23	0.12	0.39	0.21	-	-	-
					Buds						
1RV5.5	1.6	0.24	2.6	0.52	0.30	0.20	0.33	0.16	113	50	68
2SH2.7	1.6	0.25	2.4	0.52	0.48	0.20	0.31	0.17	142	79	48
3RV2.7	1.6	0.25	2.6	0.63	0.86	0.22	0.31	0.13	175	99	95
4SH4.0	1.5	0.24	2.4	0.48	0.30	0.20	0.33	0.16	102	69	52
5RV4.0	1.5	0.26	2.8	0.48	0.28	0.20	0.34	0.15	111	70	84
6WP2.7	1.7	0.26	2.6	0.51	0.32	0.20	0.31	0.15	112	63	47
7WP4.0	1.6	0.26	2.6	0.51	0.31	0.20	0.31	0.13	112	57	60

טבלה 6. ריכוזי יסודות בעלים, גבעולים ופקעים בצמח השלם. דיגום ביום 16.7.03.

Table 6. Element concentrations in entire rose plants sampled on 16/7/03

Tr	N	P	K	Ca g/100 g	Mg	Na	Cl	Fe	Zn mg/kg	Mn
Leaves										
1RV5.5	1.3	0.17	1.8	1.3	0.35	0.49	1.15	291	80	197
2SH2.7	1.4	0.16	2.2	1.4	0.28	0.33	0.47	365	63	295
3RV2.7	1.6	0.18	2.0	1.3	0.25	0.29	0.31	278	45	249
4SH4.0	1.4	0.16	2.0	1.4	0.32	0.34	0.51	260	132	291
5RV4.0	1.4	0.16	2.0	1.5	0.34	0.34	0.69	360	31	337
6WP2.7	1.7	0.18	2.2	1.4	0.25	0.31	0.29	244	69	301
7WP4.0	1.7	0.28	2.5	1.4	0.32	0.39	0.39	279	216	196
EC means (excluding 5.5 dS/m)										
<i>RV</i>	<i>1.50±0.14</i>	<i>0.17±0.014</i>	<i>2.0±0.01</i>	<i>1.40±0.14</i>	<i>0.29±0.06</i>	<i>0.31±0.03</i>	<i>0.50±0.27</i>	<i>319±58</i>	<i>38±10</i>	<i>293±62</i>
<i>WP</i>	<i>1.70±0.02</i>	<i>0.23±0.07</i>	<i>2.35±0.21</i>	<i>1.40±0.01</i>	<i>0.28±0.05</i>	<i>0.35±0.06</i>	<i>0.34±0.07</i>	<i>261±25</i>	<i>142±100</i>	<i>248±74</i>
<i>SH</i>	<i>1.40±0.03</i>	<i>0.16±0.02</i>	<i>2.10±0.14</i>	<i>1.40±0.01</i>	<i>0.30±0.03</i>	<i>0.33±0.01</i>	<i>0.49±0.03</i>	<i>321±74</i>	<i>97±49</i>	<i>293±3</i>
Climate means										
2.7dSm	<i>1.57±0.15</i>	<i>0.17±0.01</i>	<i>2.1±0.11</i>	<i>1.37±0.06</i>	<i>0.26±0.02</i>	<i>0.31±0.02</i>	<i>0.36±0.10</i>	<i>296±62</i>	<i>59±12</i>	<i>282±28</i>
4.0dSm	<i>1.50±0.17</i>	<i>0.20±0.07</i>	<i>2.2±0.29</i>	<i>1.43±0.06</i>	<i>0.33±0.01</i>	<i>0.36±0.03</i>	<i>0.53±0.15</i>	<i>300±53</i>	<i>126±93</i>	<i>275±72</i>
Stems										
1RV5.5	1.7	0.47	0.62	0.71	0.29	0.39	0.47	-	-	-
2SH2.7	1.3	0.34	0.69	0.54	0.18	0.26	0.18	-	-	-
3RV2.7	1.3	0.48	0.56	0.51	0.23	0.37	0.25	-	-	-
4SH4.0	1.4	0.43	0.84	0.51	0.23	0.34	0.36	-	-	-
5RV4.0	1.4	0.37	0.69	0.70	0.24	0.31	0.36	-	-	-
6WP2.7	1.2	0.35	0.69	0.45	0.19	0.24	0.19	-	-	-
7WP4.0	1.3	0.37	0.62	0.34	0.19	0.23	0.25	-	-	-
Buds										
1RV5.5	1.4	0.24	2.4	0.79	0.25	0.41	0.20	211	62	94
2SH2.7	1.5	0.24	2.4	0.84	0.27	0.33	0.20	310	174	148
3RV2.7	1.6	0.33	2.3	0.71	0.23	0.31	0.18	186	181	112
4SH4.0	1.4	0.23	2.6	0.74	0.25	0.34	0.21	235	81	124
5RV4.0	1.3	0.21	2.3	0.82	0.28	0.29	0.19	469	79	146
6WP2.7	1.7	0.24	2.3	0.47	0.21	0.31	0.17	293	49	98
7WP4.0	1.7	0.25	2.8	0.59	0.21	0.34	0.17	139	63	80

אבפורנספירציה

ה-ET נעה בין 1 מ"מ/מיום בדצמי-ינוי (ללא הבדל בין הטיפולים) ל-4.5 מ"מ/מיום ביוני (טיפול RV) (איור 5). ערכי ה-ET היומית שנקבעו מתוך מאזן המים בתמיסות המסוחררות התאפיינו בקפיצות גדולות סביב הערך הממוצע. הקפיצות נבעו מכך שהוספת המים הטריים למיכל התפעול (החזר ET+הדחה) לא נעשתה תמיד בשעה הרצויה. השעה הרצויה היא לפני ההשקיה הראשונה בבוקר, לאחר החזרת כל הנקז הלילי למיכל התפעול. ניתן לראות שההתאמה בין ET שנמדדה בליזימטר גדול (12 צמחים) לבין ET שנמדדה במדי מים היתה טובה (טיפולים 3, 5) בעוד שבליזימטרים קטנים (8 צמחים) ההתאמה פחות טובה והתקבלו תוצאות שקשה להסבירן

(למשל: הבדלים קצוניים בין חדרים 2 ו-4 [טיפול SH] במאי-יולי 2003 שלא התקבלו בחדרים אחרים; או ET של 4-5 מ"מ/מיום בטיפול SH באוגי-ספט' 2002 בשעה שבטיפולים RV ו-WP ה-ET באותו זמן היתה 3-4 מ"מ/מיום).

ה-ET המצטברת בטיפולי RV ו-SH ירדה עם עליית סף ה-EC מ-2.7 ל-4.0 דצ"ס/מ', ובטיפול RV גם במעבר מ-4.0 ל-5.5 דצ"ס/מ' (טבלה 8). בטיפול WP המגמה היתה הפוכה וה-ET עלתה במעבר מ-2.7 ל-

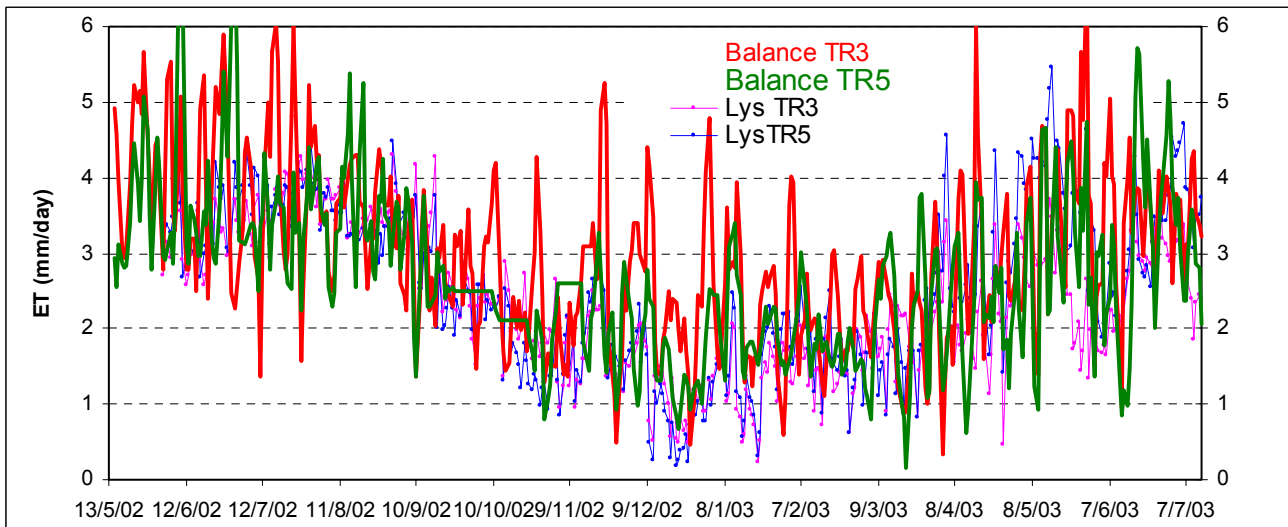
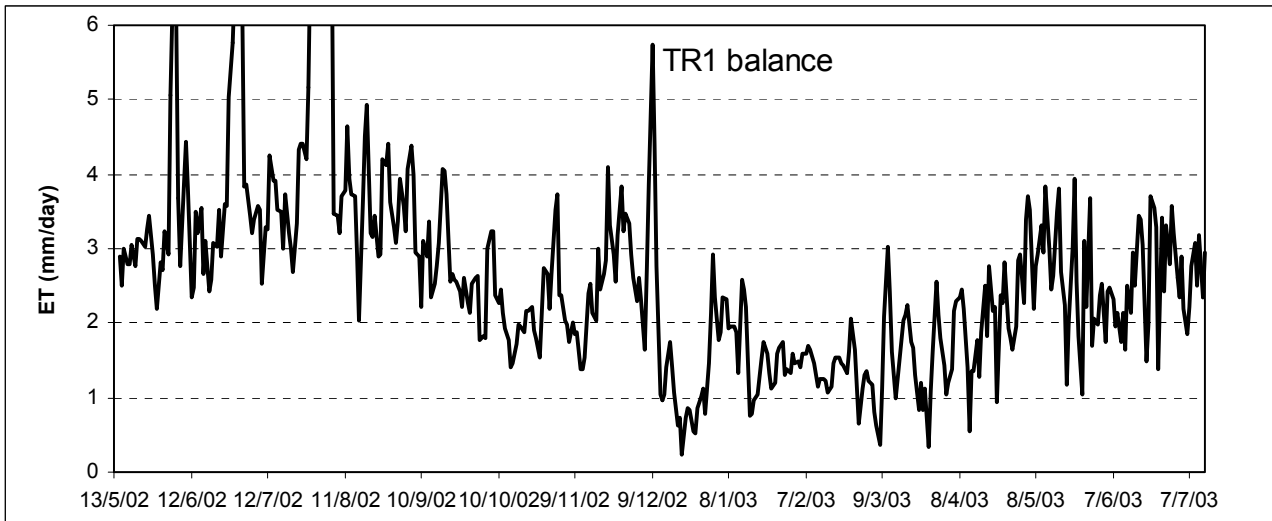
4.0 דצ"ס/מ'. תוצאות אלו נמצאות בהתאמה עם ערכי סך ייצור החומר היבש בטיפולים הנ"ל (טבלה 7).
במונחים

מוחלטים השפעת ה-EC על ה-ET היתה קטנה ולא עלתה על 5% מהערך הממוצע של ET בטיפול אקלים כלשהו. מוזן לח הוריד את ה-ET המצטברת בהשוואה ל-RV (כ-900 לעומת כ-1070 מ"מ, ממוצע שתי רמות ה-EC); בטיפול SH ה-ET המצטברת הממוצעת היתה כ-900 מ"מ, אולם במקרה זה הירידה ב-ET נבעה לא רק משינויי המיקרו-אקלים אלא גם מירידה בגודל הצמחים (ראה טבלה 8).

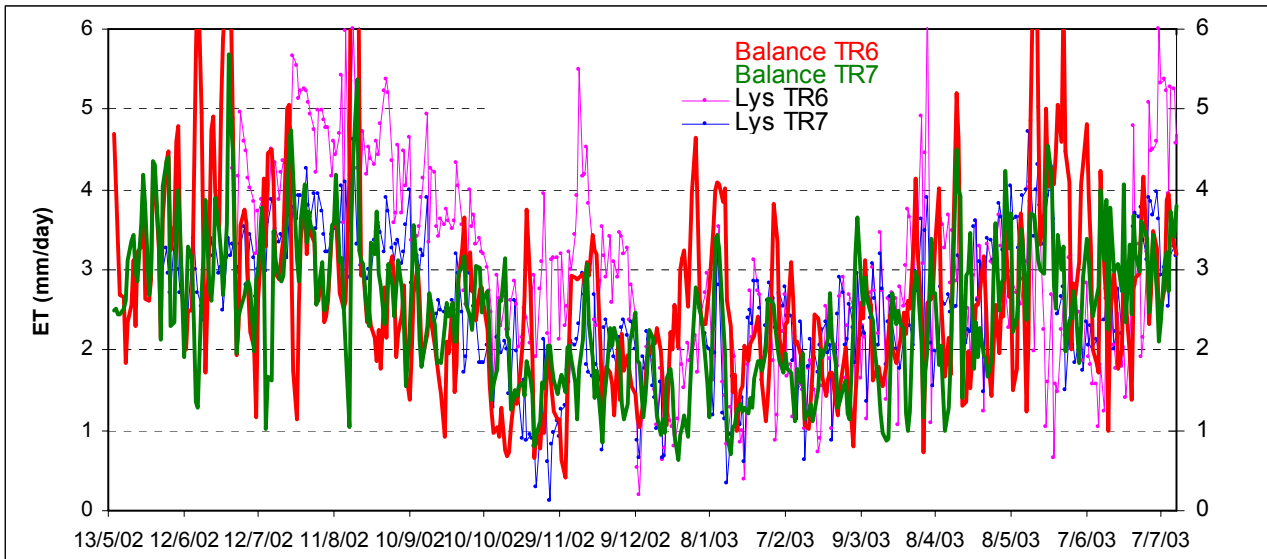
טבלה 7. השוואה בין ריכוזי יסודות בענפים משווקים ובצמח השלם בסיום הניסוי (16.7.03)

Table 7. Comparison between element concentration in harvested flowering stems (HFS) and in entire plant (SEP) sampled on 16/7/03 (all treatment means):

Tr	N	P	K	Na	Cl	Ca	Mg
				g/100 g			
				Leaves			
HFS	1.67	0.19	2.60	0.35	0.35	0.78	0.23
SEP	1.50	0.18	2.10	0.36	0.54	1.39	0.29
Average	1.58	0.185	2.35	0.355	0.445	1.08	0.26
F	ns	ns	ns	ns	7.2*	13.**	4.5*
				Stems			
HFS	1.1	0.28	1.31	0.34	0.23	0.30	0.13
SEP	1.4	0.40	0.67	0.31	0.29	0.54	0.22
Average	1.25	0.34	0.99	0.32	0.26	0.42	0.18
F	5.7*	24.***	149***	ns	ns	21***	33***
				Buds			
HFS	1.6	0.25	2.6	0.32	0.15	0.41	0.20
SEP	1.5	0.25	2.4	0.33	0.19	0.71	0.24
Average	1.55	0.25	2.5	0.325	0.17	0.56	0.22
F	ns	ns	ns	ns	17.***	51.**	8.1**



איור 10א. אבפורנספירציה יומית בטיפולי אוורור גג [RV] - TR3) סף EC 2.7, - TR5, סף EC 4.0, TR1 - סף EC 5.5 דצ"ס/מ'. הנתונים בטיפולים 3, 4 התקבלו בעזרת (Lys) [אינטגרציה של מדידות כל 30 דקי לאורך היממה] ומתוך מאזן המים בתמיסה המסוחררת (Balance). בטיפול 1 לא היו ליימטרים.



איור 10. אבפורנספירציה יומית בטיפולי מסך צל [SH] (TR2 - סף 2.7 EC, TR4 - סף 4.0 EC) וטיפולי מזרן לח [WP] (TR6 - סף 2.7 EC, TR7 - סף 4.0 EC דצ"ס/מ'). הנתונים התקבלו בעזרת ליזימטרים (Lys) [אינטגרציה של מדידות כל 30 דקי לאורך היממה] ומתוך מאזן המים בתמיסה המסוחררת (Balance).

ה-ET היחסית בשעות היממה השונות הושפעה מאורך היום (החודש בשנה); השפעת הטיפולים על ה-ET היחסית היתה זניחה (איור 11). בשעות הדיות המרבית (1100-1300) ה-ET החצי שעתית בטיפולי RV היתה 6.5%-7% מסך ה-ET היומית. בטיפולים SH ו-WP האחוז היה 5.5%-6%. טיפולי SH ו-WP מאופיינים על ידי קפיצות ב-ET היחסית שנבעו מפריסת מסך הצל והפעלת הצינור בזמנים שהוכתבו על ידי התנאים בחממה וערכי ה-Set points (נספח 1). ה-ET בשעות הלילה היתה זניחה (פחותה מכושר הרזולוציה של הליזימטרים).

נפח המים לייצור 1 ק"ג חומר יבש (WUE, טבלה 8) היה תלוי בטיפול האקלים: בסף 2.7 דצ"ס/מ' ה-WUE בטיפולים SH, WP ו-RV היה 308, 392 ו-411 ל"ק"ג DM. בסף 4.0 ה-WUE היה 305, 380 ו-439 ל"ק"ג, בהתאמה. בסף 5.5 דצ"ס/מ' (RV), ה-WUE היה 468 ל"ק"ג (טבלה 8). ניתן להסביר WUE גבוה זה בשתי דרכים: 1. הערכת יתר של ה-ET בטיפול RV5.5 (בטיפול זה לא היה ליזימטר וה-ET מבוסס על מאזן

המים הכולל); 2. ה-EC הגבוהה פגעה חזק יותר בייצור החומר היבש מאשר ב-ET. העובדה שבניסוי דומה בערבה ה-ET היתה גבוהה מאשר בניסוי הנוכחי בעוד שייצור החומר היבש היה נמוך יותר (קרמר וחובי, 2001)

מאפשרת להניח שהסבר (2) הוא הנכון יותר.

טבלה 7. מאזן מים (ET מצטברת וסך תוספת והדחת מים בטיפולים השונים), ייצור חומר יבש (בענפים שנקטפו ובצמח השלם), ומשקל טרי ממוצע של ענף פריחה שלם ושל יחידת אורך שלו. הנתונים מתייחסים לכל תקופת הניסוי (13.7.03-13.5.02).

Table 7. Overall (13.5.02-13.7.03) water balance, rose cut flower dry matter production, and flowering stem fresh weight in relation to recycled solution threshold EC (5.5, 4.0 or 2.7 dS/m) and greenhouse climate (roof ventilation RV, wet pad WP, and screen shading SH)

Treatment	Flowering stems ^a			Cumulative ET mm	Fresh water Added mm	Disposed Water mm	Total DM ^c g/m ²
	DM ^b g/m ²	Specific wt g FW/cm	Fresh wt g/stem				
1RV5.5	1026	0.44	20.9	983	1127	144	2102
5RV4.0	1320	0.40	21.0	1053	1293	241	2400
3RV2.7	1376	0.39	21.7	1091	1687	596	2656
7WP4.0	1723	0.42	25.1	947	1109	162	3108
6WP2.7	1491	0.39	25.0	877	1407	524	2846
4SH4.0	1202	0.38	21.4	852	1067	213	2141
2SH2.7	1219	0.37	22.3	949	1507	556	2423

^a All size cut flowers; fresh weight and specific weight are all length group means

^b Dry matter weight=harvested cut flowers fresh weight x %DM (23.3%, Kramer et al., 2002)

^c Total DM=harvested flowering stems (column 2 this table)+entire plants in greenhouse at experiment termination (776, 904, 980, 639, 780, 1055, 1085 g m⁻², treatments 1 to 7, respectively)+pruned material removed during the growth period (~ 300 g DM/m² for all treatments)

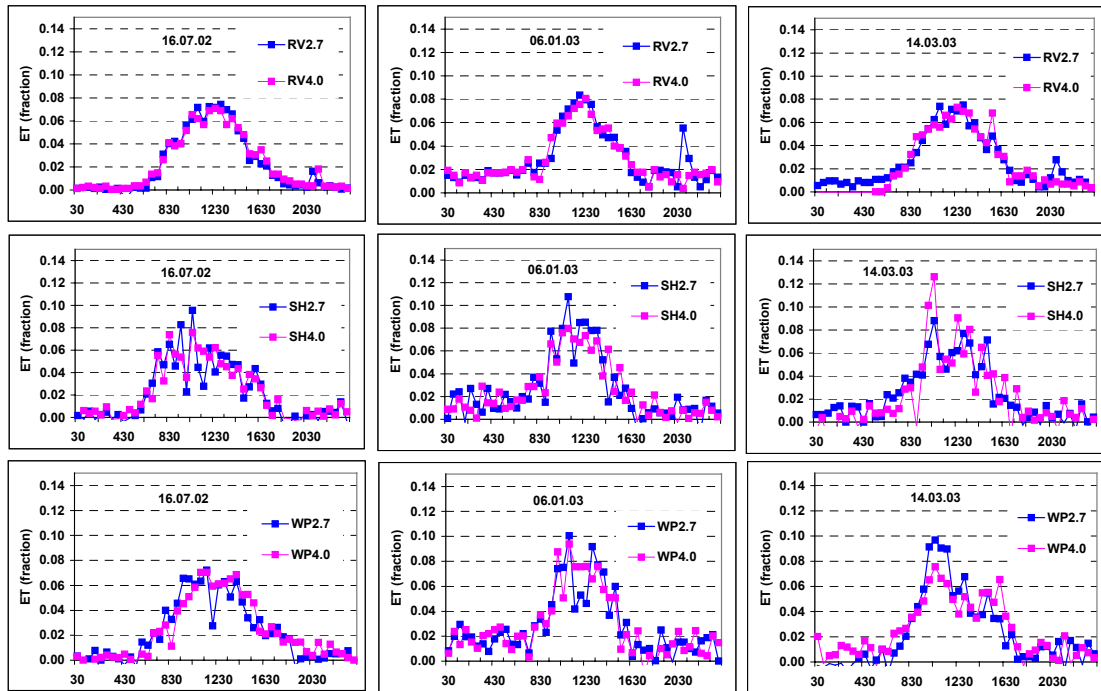
מאזן מים וחנקן

שמירה על סף EC של 2.7 דצ"ס/מ' חייבה הדחת 524-עד-596 מ"מ מים ו-80-עד-93 ק"ג N/ד' (הערכים הנמוכים בטיפול WP והגבוהים בטיפול RV); שמירה על סף EC של 4.0 דצ"ס/מ' חייבה הדחת 160-עד-240 מ"מ ו-25-עד-50 ק"ג N (התחומים כנ"ל), בעוד שבסף EC 5.5 דצ"ס/מ' היה צורך להדיח 144 מ"מ ו-28 ק"ג N/דונם בלבד (טבלה 3). מאזן החנקן נסגר היטב בכל הטיפולים חוץ מטיפול RV5.5 (כ-15% מסך N שהוסף בטיפול זה אינו מאוזן). נראה שהסטיה נגרמה על ידי הערכת יתר של ה-ET בטיפול זה שכן כמות N שהוספה חושבה כנפח תמיסת המילוי כפול ריכוז N נמדד בתמיסה המוספת. בכל הטיפולים כמות N שנמצאה בסך ענפי הקטיף (CF_N) הייתה גדולה מהכמות שנמצאה בצמחים בסיום הניסוי (EP_N). היחס CF_N חלקי EP_N נע בין 1.12 (טיפול RV5.5) ל-1.73 (טיפול SH4.0) עם ממוצע של 1.39 (טבלה 8).

הריכוז הממוצע של N בזרם הטרונספירציה (קליטה מצטברת חלקי ET מצטברת, C_N) עם הזמן היה 31

33 -ו

Fig. 11. Fraction of daily ET of 30 minute ET increments (midnight to midnight) along three days in studied treatments (Treatment RV5.5 had no weighing lysimeter and therefore is not included in the Figure).



מ"ג N ל"י בטיפולים RV ו-SH, ו-44 מ"ג N ל"י בטיפול WP. לטיפול ה-EC לא היתה השפעה על C_N . ערכי ה- C_N היו נמוכים פי חמישה לערך מריכוזי המטרה של N בתמיסות המסוחררות והם מצביעים על כך שבתדירות ההשקיה בה עבדנו ניתן להסתפק בריכוז N נמוך בהרבה מזה שנמצא בפועל בתמיסות (איור 7). עניין הפחתת ריכוזי המטרה מצדיק מחקר מיוחד שכן הורדת ריכוזי החנקן תקטין את העומס האוסמוטי ואת נפח התמיסות.

דיון

ערך ה- EC_{thr} שמעליו התקבלה ירידה ביבול היה 4 דצ"ס/מ' (EC_{red}). במשטר צינון RV כל עליה בשיעור של 1 דצ"ס/מ' מעל EC_{red} גרמה לפחיתת יבול של 39.3 ענפי פריחה ל-25 מ"ר (שפוע קו התגובה). ירידה זו שוות ערך ל-14.5% מיבול הפרחים המרבי (סך כל קבוצות האורך) (איור 12). אחוז הירידה גבוה מזה שנמצא בניסוי דומה בערבה עם מזרן לח (כ-5% פחיתה ל-1 דצ"ס/מ', קרמר וחוב, 2001) או בניסוי

במערכת מיחזור מים בהולנד (כ- 2% ל- 1 דצ"ס/מ', Baas and van der Berg, 2000). ה-EC הגבולי (EC_{red}) שנמצא בניסוי הערבה היה 3.5 דצ"ס/מ'. בניסוי הערבה לא נבדקה הלחות היחסית בחממה ולכן קשה להעריך אם ההבדלים בערך הגבולי ובשיפוע קו התגובה בין שני הניסויים אכן נובעים מהשוני במשטרי הצינור שננקטו.

ריכוז P בעלי ענפים פורחים בתאריך 3.9.02 הסביר 62% מהשונויות בסך יבול הפרחים (ניתוח Stepwise regression, משוואה [3], תחום ריכוזי P 0.19-0.30%). אחוז הנתרן בעלים בתאריך 14.3.03 היה הגורם המשפיע השני בחשיבותו (משוואה [4], תחום ריכוזים 0.40-0.50%) והסביר 32% מהשונויות הכללית ביבול. מבין כל היסודות שנבדקו בצמח בשלושה מועדים במהלך הניסוי (טבלאות 3, 4, 5) רק שני הריכוזים שהוזכרו עמדו בקריטריון של כניסה למודל ברמת מובהקות של 0.15, או נמוך מזה. יבול הפרחים ניתן לתיאור בעזרת פולינום מסדר 4 (משוואה [1]). מכיוון שמרבית המקדמים בפולינום היו מובהקים ונמצאה שונות ביניהם בטיפולי הניסוי היה טעם לבחון את תלותם בריכוזי היסודות בצמח. ניתוח stepwise regression הראה שמבין חמשת הפרמטרים בפולינום רק a (החותך) ו- a1 היו תלויים באופן מובהק בריכוז יסוד זה או אחר: החותך הושפע בעיקר על ידי ריכוז הברזל והזרחן בעלים ביום 16.7.03 (משוואות 5, 6) ואילו a1 הושפע בעיקר על ידי ריכוז K בעלים ביום 14.3.03 וריכוז הכלור ביום 16.7.03 (משוואות 7, 8). רק הריכוזים שצוינו עמדו בקריטריון של רמת מובהקות של 0.15.

טבלה 8. נפח המים לייצור ו ק"ג חומר יבש, מאזן החנקן וריכוז N בזרם הטרנספירציה כתלות בטיפולי סף ה-EC והאקלים. קליטת N שווה לכמות שנמצאה בענפי הקטיף, בצמח בסיום הניסוי ובחומר שנגזם והוסר.

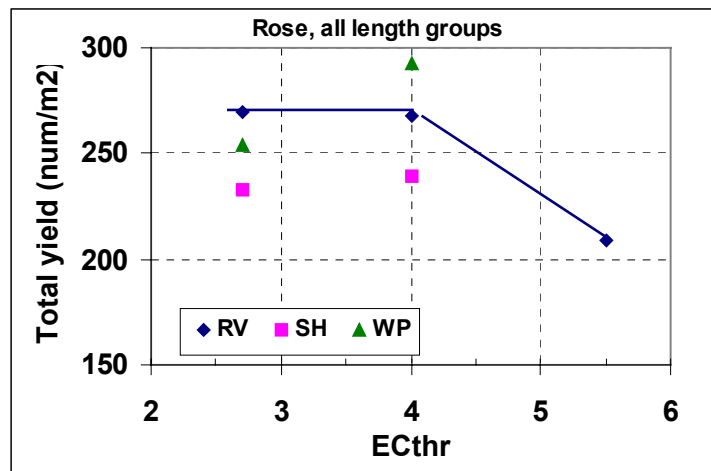
Table 8. Overall (13.5.02-13.7.03) water use efficiency (WUE), N balance, and N concentration in transpiration stream (C_N) in relation to recycled solution threshold EC (5.5, 4.0 or 2.7 dS/m) and greenhouse climate (roof ventilation RV, wet pad WP, and screen shading SH)

Tr	WUE ^a L/kg DM	Added N g/m ² grh	N uptake ^b			Disposed N g/m ² grh	Balance ^c N g/m ² grh	C_N ^d mg N/L
			Cut Flwr g/m ² greenhouse	Plants g/m ² greenhouse	Pruned			
1RV5.5	468	74.5	13.3	11.9	3.9	28	13.4	30
5RV4.0	439	87	17.2	10.9	3.9	49	2	30
3RV2.7	411	134	17.9	13.5	3.9	93	6	32
7WP4.0	305	74	22.4	16.2	3.9	25	2.5	45
6WP2.7	308	124	19.4	14.6	3.9	80	2	43
4SH4.0	380	74	15.6	9.0	3.9	42	-0.5	33
2SH2.7	392	127	15.8	12.3	3.9	88	3	34

^a Cumulative ET/total DM production ^b Cut Flwr=cumulative N in harvested cut flowers; Plants=N in entire plants found in the greenhouse at experiment termination; Pruned=N in pruned shoots removed from greenhouse during the experiment (found to be ~300 g DM/m² in all treatments; % N assumed to be 1.3% [~mean %N in entire plant]) ^c N balance=Added N - N uptake - Disposed N - N leftover in solution. N leftover was estimated to be 4 g N/m² greenhouse (54 L tuff/m², $\theta=0.50$ L/L tuff, 150 mg N/L tuff solution) ^d C_N =N uptake/cumulative ET (mg/L)

איור 12. יבול מצטבר של ענפי קטיף בוורדים (כל האורכים) כתלות בערך הסף להדחת תמיסות (ECthr) בשלושה משטרי צינן: אוורור גג (RV), הצללה (SH), ומזרן לח (WP). משוואת קו התגובה:

$$Y = -39.3 (ECthr - 4.0) + 271.4 \quad [2]$$



$$Y = 584.3 [\%P_2] + 122.75 \quad R^2 = 0.62; F = 8.1^* \quad [3]$$

	$\pm s.e.$	205.4	46.0	
	F	8.1*	7.1*	$[\%P_2] = 0.19\text{-to-}0.30\%$

$$Y = 484.2 [\%P_2] - 420.85 [\%Na_1] + 331.1 \quad R^2 = 0.94; F = 30.4^{**} \quad [4]$$

	$\pm s.e.$	95.0	92.4	50.6	
	F	14.1**	11.2*	ns	$[\%Na_1] = 0.40\text{-to-}0.50\%$

$$a = 0.983 [Fe_3] - 56.76 \quad R^2 = 0.85; F = 28.7^{**} \quad [5]$$

	$\pm s.e.$	0.18	37.8	
	F	28.7**	ns	$[Fe_3] = 169\text{-to-}267 \text{ mg Fe/L}$

$$a = 1.331 [Fe_3] - 953.0 [\%P_3] + 53.43 \quad R^2 = 0.975; F = 76.3^{***} \quad [6]$$

	$\pm s.e.$	0.116	217	30.6	
	F	131**	19.2*	ns	$[\%P_3] = 0.17\text{-to-}0.22\%$

$$a_1 = -18.90 [\%K_1] + 52.80 \quad R^2 = 0.85; F = 46.2^{**} \quad [7]$$

	$\pm s.e.$	3.54	7.76	
	F	46.2**	28.5**	$[\%K_1] = 1.9\text{-to-}2.5$

$$a_1 = -19.58 [\%K_1] - 10.64 [\%Cl_3] + 57.98 \quad R^2 = 0.975; F = 76.3^{***} \quad [8]$$

	$\pm s.e.$	2.79	5.20	6.57	
	F	49**	ns	77.9**	$[\%Cl_3] = 0.22\text{-to-}0.53\%$

שני ניתוחי המתאמים מדגישים את רגישות היבול לריכוז הזרחן בעלים כגורם חיובי ולנתרן וכלור כגורמים שליליים. קליטת הזרחן ירדה עם עלית סף ה-EC להדחת תמיסות, כנראה בגלל תחרות עם אניונים ככלור וגופרה שהצטברו בתמיסה המסוחררת, או בגלל עליה מסוימת ב-pH בטיפול ה-EC הגבוהים (איור 6).

התוצאות שהתקבלו נמצאו בהתאמה להשערת המחקר לפיה הגדלת הלחות בחממה (טיפול WP) מפחיתה דיות ללא פגיעה בייצור חומר יבש (טבלה 8). לא מפתיע איפה שה- WUE בטיפול WP היתה נמוכה בהשוואה לטיפולים SH ו-RV (טבלה 9). השילוב שבין טיפול WP ו-EC_{thr} של 4.0 דצ"ס/מ' נתן את התוצאות המיטביות, בעיקר בזכות השאת יבול ענפי פריחה באורך 50-70 ס"מ, הקטנת תשומות המים והחנקן ומזעור הדחת מים ומזינים אל מחוץ לחממה. תוצאות אלו יש להעריך מבחינה כלכלית

שכן בעבודה זאת לא נבדקו עלויות ההפעלה (במיוחד נפח המים שהתנדפו מהמזרן בטיפול WP והוצאות האנרגיה והבלאי הכרוכות בהפעלת המזרן הלח) ואף לא מחירי השוק בהתאם לאיכות ענפי הקטיפ.

מסקנות

טיפול הצינור גרמו להבדלים משמעותיים בלחות היחסית, בקרינה ובטמפרטורת העלים והשפיעו על ידי כך על תגובת הצמח למיחזור מים בחממה. טיפול WP העלה יבולים בהשוואה לטיפול RV בסף EC של 4.0 דצ"ס/מ' (כאשר הצמח היה נתון לעקה אוסמוטית מתונה) אך לא בסף 2.7 דצ"ס/מ'. טיפול RV גרם לקיצור פרחים בהשוואה לטיפול WP ו-SH, כנראה בגלל עקת מים שנבעה מטרנספירציה מוגברת יחסית לטיפולים האחרים.

יבול סך הפרחים בטיפול צינור כלשהו היה שווה בסף EC של 2.7 ו- 4.0 דצ"ס/מ' ורק בסף 5.5 דצ"ס/מ' התקבלה ירידה ביבול (14.5% ל- 1 דצ"ס/מ') ובאורך ענפי הקטיפ. הפחיתה ביבול נגרמה על ידי ירידה בריכוז הזרחן בעלים בספטמבר 2002 ועליה בריכוז הנתרן והכלור. הגדלת סף ה- EC מ- 2.7 ל- 4.0 דצ"ס/מ' גרמה לפחיתה של כ- 30% במספר הפרחים באורך 70 ס"מ.

שמירה על סף EC 2.7 דצ"ס/מ' חייבה הדחת 524-596 מ"מ מים ו- 80-93 ק"ג N/ד' (נמוך ב- WP וגבוה ב- RV). בסף 4.0 דצ"ס/מ' שיעורי ההדחה היו 160-240 מ"מ ו- 25-50 ק"ג N. יש לשקול את החיסכון שהושג בתשומות ובהקטנת זיהום הסביבה מול הירידה שהתקבלה ביבול ובמיוחד באורך הפרחים עם הגדלת סף ה- EC.

ריכוז N בזרם הטרנספירציה היה כ- 30 מ"ג/ל' בטיפול RV ו- SH וכ- 40 מ"ג/ל' בטיפול WP. ריכוזים אלה היו נמוכים בהרבה מהריכוזים בתמיסות המסוחררות (150-200 מ"ג N/ל') ומצביעים על כך שבתדירות ההשקיה הגבוהה בה עבדנו (עד 16 השקיות ליום) ניתן לרדת בריכוז החנקן בתמיסה. טיפול הצינור בהצללה פגע בייצור החומר היבש עקב הקטנת הקרינה ולכן אינו מהווה אופציה מימשק ראלית בוורדים.

ספרות

- חזן, ע., פ. שניר, שוש ויצמן, נ. פינס וא. אבידן. 2000. סיכום תוצאות מיחזור מי נקז בין השנים 1996-1999. "פרחים" יוני 2000 ע' 69-72.
- ציפילביץ', א., מ. רובינזון, תמר אלון, א. קניג, א. אבידן, זיוה גלעד וי. אלון. 1999. השפעת מימשק ההשקיה על יבול ואיכות הוורדים בטוף. דפי מידע יולי 1999 ע' 57-60.
- קרמר, ש., ב. בר-יוסף, ג. צוברי, ג. קריצמן וא. אושרוביץ. 2002. תגובת ורדים למיחזור מים ודשנים בערבה. מו"פ ערבה, מינהל המחקר החקלאי ושה"מ. מ. 25 ע'.
- Baas, R. and D. van den Berg. 2000. Sodium accumulation and nutrient discharge in recirculation systems: a case study with roses. Acta Hort. 507:157-164.
- Dasberg, S. and A. Feigin. 1978. The effect of irrigation, fertilization and organic matter on roses grown in four soils in the greenhouse. Scientia Hort. 9:181-188.
- Dayan, E., ----- 19--. *Lysimeter description*

- De Kreij, C. and T.J.M. van den Berg. 1990. Nutrient uptake, production and quality of Rosa hybrid in rockwool as affected by EC and nutrient solution. Proc. Xith Intern. Plant Nutr. Colloq 1989. Kluwer, Dordrecht pp. 519-523.
- Feigin, A., S. Dasberg and Z. Singer. 1980. Rose culture in scoria. *Scientia Hortic.* 99:131-138.
- Feigin, A., C. Ginzburg, A. Ackerman and S. Gilead. 1984. Response of roses growing in a volcanic rock substrate to different NH_4/NO_3 ratios in a nutrient solution. *Intern. Soc. Soilless Culture*, pp. 207-214.
- Feigin, A., C. Ginzburg, S. Gilead and A. Ackerman. 1986. Effect of NH_4/NO_3 ratio in nutrient solution on growth and yield of greenhouse roses. *Acta Hortic.* 189:127-132.
- Feigin, A., Ruth Ganmore-Newman and S. Gilead. 1988. Response of rose plants to Cl and NO_3 salinity under different CO_2 atmospheres. *Intern. Soc. Soilless Culture*, pp. 135-143.
- Lorenzo, H., M.C. Cid, J.M. Siverio and M. Caballero. 2000a. Influence of additional ammonium supply on some nutritional aspects in hydroponic rose plants. *J. Agric. Sci.* 134:421-425.
- Lorenzo, H., M.C. Cid, J.M. Siverio and M.C. Ruano. 2000b. Effect of sodium on mineral nutrition in rose plants. *Ann. Appl. Biol.* 137:65-72.
- Raviv, M. and T.J. Blom. 2001. The effect of water availability and quality on photosynthesis and productivity of soilless-grown cut roses. *Scientia Hortic.* 88:257-276.
- Sonneveld, C., R. Baas, H.M.C. Nijssen and J. de Hoog. 1999. Salt tolerance of flower crops grown in soilless culture. *J. Pl. Nutr.* 22:1033-1048.
- Tamini, Y.N., D.T. Matsuyama, K.D. Ison-Takata and R.T. Nakano. 1999. Distribution of nutrients in cut-flower roses and the quantities of biomass and nutrients removed during harvest. *Am. Soc. Hortic. Sci.* 34:251-253.

Appendix 1. Set points for climate control in the various treatments.

Set points ventilation Summer Regime

Chamber	West wall	East wall	Roof	Fan	Shade	Wet pad	North end roll-up
1	closed/night closed/day	open/night open/day	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed/night	off			from 4
2		open/night open/day	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed/night	off	Rg>600 extend Rg<400 fold delay 5 minute		from 4
3		open/night open/day	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed/night	off			from 4
4		open/night open/day	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed/night	off	Rg>600 extend Rg<400 fold delay 5 minute		T _{open} = 22°C T _{close} = 20°C Closed/night
5		open/night open/day	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed/night	off			T _{open} = 22°C T _{close} = 20°C Closed/night
6		open/night open/day	T _{open} = 25°C ¹ T _{close} = 23°C Closed/night			T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed	T _{open} = 22°C T _{close} = 20°C Closed/night
7		closed/night closed/day	T _{open} = 25°C ² T _{close} = 23°C Closed/night		off	T _{open} = 25°C T _{close} = 23°C Closed	T _{open} = 22°C T _{close} = 20°C Closed/night

^{1 2} In chambers 6, 7 (WP): Roof ventilation when wet pad and fan are off.

Heating set points: Night 17 C on 18 C off
Day 10 C on 11 C off

Original

file:

../Rose/BesClosedMarcel.xls

¹ roof ventilated when wet pad and fan off

² roof ventilated when wet pad and fan off

Appendix 2. Element concentration in leaves sampled on 17.6.03 (end of experiment) in mid chamber rows and in west and east chamber rows. Three leaf groups were sampled: entire plant all leaves, diagnostic leaves (5th from top), and bottom leaves (10-30 cm).

Tr	N	P	K	Na	Cl	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn
				g/100 g					mg/kg	
Diagnostic leaves (5th from top) mid chamber rows										
1RV5.5	1.8	0.23	2.2	0.42	0.51	0.61	0.23	335	91	39
2SH2.7	1.8	0.20	2.3	0.41	0.32	1.10	0.28	-	220	63
3RV2.7	1.9	0.20	2.0	0.37	0.37	1.00	0.25	308	213	50
4SH4.0	1.8	0.22	2.2	0.48	0.44	0.80	0.25	271	171	184
5RV4.0	1.8	0.21	2.3	0.39	0.46	0.94	0.29	346	205	112
6WP2.7	2.3	0.24	2.5	0.39	0.23	1.22	0.28	230	258	49
7WP4.0	2.3	0.24	2.0	0.34	0.27	0.82	0.24	192	130	-
Mean	1.9	0.2	2.2	0.4	0.4	0.9	0.3	280.3	184.0	82.8
All plant leaves mid chamber rows										
1RV5.5	1.3	0.17	1.8	0.49	1.15	1.3	0.35	291	197	80
2SH2.7	1.4	0.16	2.2	0.33	0.47	1.4	0.28	365	295	63
3RV2.7	1.6	0.18	2.0	0.29	0.31	1.3	0.25	278	249	45
4SH4.0	1.4	0.16	2.0	0.34	0.51	1.4	0.32	260	291	132
5RV4.0	1.4	0.16	2.0	0.34	0.69	1.5	0.34	360	337	31
6WP2.7	1.7	0.18	2.2	0.31	0.29	1.4	0.25	244	301	69
7WP4.0	1.7	0.28	2.5	0.39	0.39	1.4	0.32	279	196	-
Mean	1.5	0.2	2.1	0.4	0.5	1.4	0.3	296.7	266.6	70.0
Bottom plant part leaves mid chamber rows										
1RV5.5	1.6	0.24	2.3	0.59	1.07	0.93	0.32			
2SH2.7	1.7	0.23	3.1	0.53	0.51	0.93	0.25			
3RV2.7	1.9	0.24	2.7	0.46	0.57	0.93	0.25			
4SH4.0	1.7	0.23	2.7	0.49	0.60	0.66	0.28			
5RV4.0	1.7	0.21	2.5	0.42	0.59	0.92	0.28			
6WP2.7	1.9	0.31	2.7	0.42	0.47	0.92	0.26			
7WP4.0	1.9	0.31	2.5	0.44	0.48	0.70	0.25			
Mean	1.8	0.3	2.7	0.5	0.6	0.9	0.3			
All plant leaves chamber west row										
1RV5.5	1.4	0.17	1.8	0.34	0.75	1.2	0.31			
2SH2.7	1.6	0.17	2.2	0.33	0.45	1.3	0.26			
3RV2.7	1.4	0.16	1.7	0.29	0.44	1.2	0.24			
4SH4.0	1.3	0.15	1.8	0.37	0.71	1.3	0.26			
5RV4.0	1.4	0.17	1.7	0.29	0.49	1.3	0.25			
6WP2.7	1.4	0.17	2.0	0.33	0.42	1.3	0.25			
7WP4.0	1.6	0.19	2.2	0.36	0.36	1.0	0.22			
Mean	1.4	0.2	1.9	0.3	0.5	1.2	0.3			
All plant leaves chamber east row										
1RV5.5	1.5	0.20	1.8	0.59	1.08	1.1	0.28			
2SH2.7	1.5	0.17	2.0	0.33	0.50	1.4	0.28			
3RV2.7	1.5	0.17	1.7	0.34	0.39	1.3	0.24			
4SH4.0	1.4	0.18	2.0	0.41	0.63	1.3	0.27			
5RV4.0	1.5	0.18	1.8	0.33	0.57	1.3	0.28			
6WP2.7	1.6	0.20	2.0	0.36	0.36	1.3	0.23			
7WP4.0	1.7	0.23	1.8	0.37	0.48	1.2	0.25			
Mean	1.5	0.2	1.9	0.4	0.6	1.3	0.3			

Statistical analysis of leaf group effect on nutrient concentration in leaves (all treatment means)

Leaf group ¹	N	P	K	Na	Cl	Ca	Mg
	g/100 g						
DL	2.0 a	0.22 b	2.2 b	0.40 b	0.37	0.9 c	0.26 b
AL	1.5 c	0.18 c	2.1 bc	0.36 b	0.54	1.4 a	0.30 a
BL	1.8 b	0.25 a	2.6 a	0.48 a	0.61	0.9 c	0.27 b
F	13.7	8.9	16.	5.6	1.3	22.5	2.9
PR>F	.0001	.0001	.0001	0.002	ns	.0001	0.04
Lsd _{0.05}	0.19	0.04	0.25	0.07	0.26	0.16	0.035

¹DL=diagnostic leaves; AL=all plant leaves; BL=bottom part leaves