

השפעת משטר ההזנה על גידול סולידגו.

חוקרים שותפים:

עירית דורי, דויד שמואל, אלי מתן - מו"פ דרום.
אבנר זילבר, אירית לבקוביץ ושושנה סוריאנו - המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי.
שלמה איתן, ישראל שלמה, יאיר נשרי, משה ברונר - שה"מ, משרד החקלאות.

תקציר:

המטרה הכללית של מחקר רב שנתי זה הייתה לגבש ממשק דישון והשקיה שיביא להפחתה בכלורוז, להגדלת היבול ולשיפור האיכות של פרח סולידגו שגדל במצע מנותק ובקרקע. המחקר כלל שלושה ניסויים עיקריים:

בחלק הראשון (ניסוי I) שנמשך מקיץ 2005 עד קיץ 2006 (ארבעה גלי פריחה) נבחנה ההשפעה של ריכוז האמון במים (ריכוז חנקן כללי לכל הטיפולים היה אחיד - 80 מ"ג/ל) על צמחי סולידגו שגדלו בבית צמיחה מחופה פוליאיתילן המצויד במערכת תאורה פוטופריודית בחוות הבשור. מצע הגידול היה פרליט. היחס בין אמון לחנקה בטיפולים היה: (1) 3:1; (2) 3:2; (3) 2:3; ו- (4) 1:9. ריכוז זרחן ואשלגן במי ההשקיה היה אחיד לכל הטיפולים (20-25 ו-120 מ"ג/ל, בהתאמה, 1, 0.5 ו-0.3, מ"ג/ל של ברזל, מנגן ואבץ, בהתאמה). למרות שהטיפולים בניסוי השפיעו על התפתחות הצמחים, לא הייתה כלורוז או התייבשות עלים באף אחד מהטיפולים. עלייה בריכוז האמון במי ההשקיה גרמה לפגיעה חמורה ביבול ובאיכותו. אולם, מכיוון שעלייה בריכוז האמון במי ההשקיה הביאה גם לירידה מובהקת ב-pH, ייתכן כי הפגיעה בצמחים לא הייתה ישירה. הנחנו כי הנזק לצמחים עם העלייה בריכוז האמון במי הטפטפת נגרם כתוצאה מאחת (או יותר) הסיבות הבאות: (i) רעילות אמון - פגיעה ישירה בצמחים בגלל ריכוז גבוה של אמון בסביבת השורשים; (ii) pH חומצי - פגיעה ישירה בגלל pH נמוך; ו- (iii) מחסור ביסוד מזון חיוני (סידן או מגניום) - פגיעה עקיפה בגלל ירידה בקליטה של יסוד מזון חיוני כתוצאה מתחרות עם אמון על אתרי הקליטה בשורש.

בחלק השני (ניסוי II) שנמשך מקיץ 2006 עד קיץ 2007 (שלושה גלי פריחה) נבחנה ההשפעה של תוספת סידן ואמון במי הטפטפת על התפתחות צמחי סולידגו שגדלו בחוות הבשור בתנאים זהים לתנאי ניסוי I. ההנחה הבסיסית הייתה כי ניתן לתקן או למנוע את הנזק הנגרם לצמחים כתוצאה מעלייה בריכוז אמון באמצעות תוספת סידן לתמיסת ההשקיה. הטיפולים בניסוי היו: (1) ריכוז אמון 4% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 90 מ"ג/ל; (2) ריכוז אמון 4% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 45 מ"ג/ל; (3) ריכוז אמון 20% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 90 מ"ג/ל; ו- (4) ריכוז אמון 20% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 45 מ"ג/ל. ריכוזים של חנקן כללי, זרחן ואשלגן במי ההשקיה היה אחיד לכל הטיפולים (70, 20, 120, מ"ג/ל, בהתאמה). השפעת הטיפולים על היבול הכללי (מספר פרחים, משקל טרי ויבש) ועל איכות הענפים (גובה ומשקל ענף פורח) בשלושת גלי הפריחה לא הייתה מובהקת סטטיסטית (ברמה של $P \geq 0.05$). למרות שבחלק מהטיפולים ה-pH במצע הגידול היה גבוה יחסית (7.5-8.0) לא סבלו הצמחים מכלורוז.

בחלק השלישי (ניסוי III) שנמשך מקיץ 2007 עד אביב 2008 (שני גלי פריחה) נבחנה ההשפעה של ריכוזי מגניום וסידן במי ההשקיה על התפתחות צמחי סולידגו שגדלו בקרקע בשור (קרקע חולית, בית צמיחה דומה לבית הצמיחה בניסוי I ו-II). הטיפולים בניסוי כללו צירופים שונים של תוספות סידן ומגניום למי הטפטפת (ריכוזי סידן ומגניום במי הברז היו: 30-40 ו-5-15 מ"ג/ל, בהתאמה לאורך העונה): (1) ללא תוספת של סידן ומגניום; (2) תוספת של סידן עד 110 מ"ג/ל; (3) תוספת של מגניום למי ההשקיה עד 40 מ"ג/ל; (4) תוספת של סידן ומגניום למי ההשקיה עד 110 ו-40 מ"ג/ל, בהתאמה; (5) ריכוז סידן ומגניום במי ההשקיה כמו טיפול 2 + ריסוסי עלווה במגניום (מגניסול 1.5% + משטח); ו- (6) ריכוז סידן ומגניום במי ההשקיה כמו טיפול 2 + ריסוסי עלווה במגניום. לא הייתה השפעה מובהקת לטיפולים בניסוי והצמחים לא סבלו מכלורוז (למרות שה-pH בקרקע היה גבוה יחסית - 7.6-8.0).

בשלושת הניסויים שנערכו במסגרת מחקר זה נבחנו טיפולים שונים המייצגים מגוון גדול של תנאי גידול, כולל pH גבוה בבית השורשים (במצע מנותק ובקרקע). ובאף אחד מהטיפולים שיושמו לא סבלו הצמחים מכלורוז ולכן הסקנו כי לצמחי סולידגו אין בעייה בקליטה של יסודות מזון ככלל ושל יסודות קורט בפרט (גם בתנאים של pH גבוה בבית השורשים), כל עוד אספקת המים ויסודות המזון היא תקינה.

מבוא ותיאור הבעיה

סולידגו (*Solidago*) הוא צמח ממשפחת המורכבים (*Asteraceae*) שמוצאו מיבשת אמריקה הצפונית המשווק מאמצע שנות השבעים במכרזות הפרחים ההולנדיים (רימון, 2000). בישראל החל גידול הסולידגו באמצע שנות השמונים ובשנת 2000 כיסה גידול זה 1700 דונם (רימון, 2000). היקף השיווק של סולידגו מישראל בשנת 2004 עמד על 125 מליון פרחים במחיר ממוצע של 0.12 יורו לפרח כלומר היקף מכירה כולל של כ-15 מליון יורו. סולידגו הוא צמח הוא רב שנתי המגיע בתנאי האקלים של ישראל לשלושה גלי פריחה בשנה ונחשב כיום לגידול השלישי בחשיבותו לייצוא הפרחים הישראלי (אחרי וורדים וגיבסנית). סולידגו הוא צמח המפתח שושנת בתנאי יום קצר, ענף התפרחת מתפתח בתנאי יום ארוך והתפתחות הפרחים מזורזת ע"י יום קצר. כדי לשפר את איכות התפרחת נהוג להשתמש בתנאי יום ארוך עד סמוך לקטיפה (ולרשטיין וחבריה, 1999). ניתן להגיע לקטיפה רצוף של סולידגו כל חודשי השנה אך כדי לשמור על רצף השיווק ואיכותו יש לתכנן את מועדי הגיזום/שתילה ומשטר התאורה.

השפעת ריכוז הדשן (יחס N:P:K קבוע) במי ההשקיה על הגידול של צמחי סולידגו שגדלו במצע טוף נבחנה על ידי ציפליביץ וחובריו (1997) במטרה ליצור עקום קליטה של יסודות מזון ועל מנת לקבוע את הגורם להצהבת עלים. קצב ייצור החומר היבש בעבודה זו היה מרבי כאשר ריכוז החנקן, זרחן ואשלגן במי הטפטפת היה: 125 (60% N-NO₃ מכלל החנקן), 30 ו-160 מ"ג/ל, בהתאמה, וריכוז נמוך של יסודות הקורט בתמיסת ההשקיה היה הגורם העיקרי להצהבת עלים. מניתוח הריכוז של יסודות הקורט בעלים הסיקו המחקרים כי הסיבה להצהבה קשורה כנראה למחסור במנגן (ציפליביץ וחובריו, 1997). אולם, בניסוי נוסף שבוצע על ידי צוות מחקר זה שנה לאחר מכן נמצא כי הגורם להצהבת עלים היה קשור למחסור של אבץ (ציפליביץ וחובריו, 1997). הטיפולים בניסויי ציפליביץ וחובריו (1997; 1998) כללו ריכוזים שונים של ברזל, מנגן ואבץ במי ההשקיה אולם, למרות ההבדלים במי הטפטפת לא נמצאו הבדלים מובהקים בריכוז יסודות אלו בעלים. מצע הגידול בניסויי ציפליביץ וחובריו (1997; 1998) היה טוף וה-pH של מי הנקז מכלים עם צמחים היה 6.0-6.4. טוף הוא מצע "אקטיבי" הסופח/משחרר קטיונים ואניונים כתלות ב-pH (זילבר, 1991), ולכן סביר להניח כי ב-pH זה השתחררו כמויות גדולות של מנגן מהטוף עצמו. בנוסף, תהליכי ספיחה/שחרור ושקיעה/התמוססות בתמיסות עם טוף השפיעו כנראה גם על הריכוז בבית השורשים של יסודות מזון אחרים (אמון, אשלגן, זרחן, סידן ויסודות קורט), ולכן סביר להניח כי ריכוז יסודות המזון בקרבת השורשים בניסויי ציפליביץ וחובריו (1997; 1998) היה שונה מאוד מאשר מי הטפטפת. בשנים האחרונות מדווחים חקלאים ומדריכי גידול רבים על בעיות בשטחי גידול סולידגו שתולים בקרקע ובמצעים מנותקים, בעיקר כלורוזה והתייבשות עלים שגורמים לירידה חמורה באיכות הענפים לייצוא, ומביאים לעיתים קרובות לפסילה של גלי פריחה שלמים (ציפליביץ וחובריו, 1997; 1978; ינאי וחובריו, 2000). למרות יישום המלצות הדישון של ציפליביץ וחובריו (1997; 1998) לא הצליחו החקלאים והמדריכים לפתור את הבעיות.

הנחת המחקר הבסיסית של המחקר הנוכחי היא כי הכלורוזה בעלים והפגיעה ביכול הסולידגו הם תוצאה של pH גבוה בבית השורשים הגורם לזמינות נמוכה של יסודות קורט ולמחסור בצמח. ה-pH ברוב קרקעות ישראל הוא גבוה ולכן הנחנו כי לא ניתן לפתור מחסורים אלו באמצעות הגדלת מנת הדשן במים (גם כאשר ישתמשו בכילטים) בגלל היעלמות מהירה של יסודות הקורט המוספים עם מי ההשקיה כתוצאה מתהליכי ספיחה ושקיעה של מלחים קשי תמס בקרקע. הנחנו כי ניתן לפתור מחסורים אלו באמצעות החמצה זמנית של בית השורשים על ידי הגדלת ריכוז אמון במים, השקיה בתדירות גבוהה ואו באמצעות ריסוסי עלווה. שימוש בדשן אמוניאקלי כאמצעי להורדת ה-pH של בית השורשים בשילוב עם ריסוסי עלווה ביסודות קורט הם אמצעי מקובל ויעיל להפחתה בכלורוזה ולשיפור הקליטה של יסודות קורט בגידולים רבים (לדוגמה: פרח שעווה וספארי סנט).

המטרה הכללית של מחקר רב שנתי זה היתה לגבש ממשק דישון והשקיה שיביא להפחתה בכלורוזיס, להגדלת היבול ולשיפור האיכות של פרח סולידגו שגדל בבית צמיחה על מצע מנותק ובקרקע.

שיטות וחומרים

ניסוי I: הניסוי נערך בבית צמיחה מחופה פוליאטילן המצויד במערכת תאורה פוטופריודית הארכת היום נעשתה כמקובל בגידול: שבירת לילה בהארה מחזורית 5 דקות אור 10 דקות חושך. חלון התאורה עמד על 8 שעות 20:00 עד 4:00. השתילה התבצעה בתאריך 18/7/05 בתוך מארזי פוליפרופילן (רוחב של 40 ס"מ וגובה 17 ס"מ) שהונחו על גבי הקרקע בשיפוע של 1% ומולאו בפרלייט דק מסוג H-2. שתילי סולידגו מהזן "טרה" (משתלת "לב טוב") נשתלו בתאריך 18.7.05 בעומד של 20 שתילים למטר רץ ערוגה (כ- 13,000 צמחים לדונם, 666 מטר שורה לדונם) והושקו בשתי שלוחות טפטוף "אל נגר" עם טפטפות של 1.6 ל"ש' שהוצבו במרחק של 15 ס"מ. הטיפולים השונים (ריכוז אמון במי הטפטפת) החלו ב- 15/8/05, כחודש לאחר השתילה. היחס בין אמון לחנקה בטיפולים היה: 1:3 (RN1); 2:3 (RN2); 3:2 (RN3); ו- 9:1 (RN4). ריכוז החנקן הכללי בחודשיים הראשונים של העונה היה אחיד לכל הטיפולים ברמה של 100 מ"ג/ל' והוא ירד ל- 80 מ"ג/ל' בהמשך. ריכוז הזרחן והאשלגן ויסודות הקורט במי ההשקיה היה אחיד לכל הטיפולים (20-25 ו-120 מ"ג/ל', בהתאמה, 1, 0.5, 0.3, ו- 0.4 מ"ג/ל' של ברזל, מנגן, אבץ ובורון, בהתאמה). מכל טיפול היו ארבע חזרות. בכל אחד מגלי הפריחה נערך מעקב אחר יבול הפרחים ואופיינו מדדי איכות של אורך ומשקל פרח ב- 30 פרחים מכל חלקה. 30 הענפים המיועדים לאיפיון איכות נבחרו באופן אקראי מבין הענפים הגדולים. ענפים קטנים הוגדרו כענפים אשר משקלם פחות מ- 15 ג' והם אינם מסחריים. גל הפריחה הראשון נקטף בין 6.10.05 לבין 16.10.05, גל הפריחה השני נקטף בין 14.1.06 לבין 2.2.06, גל פריחה שלישי נקטף בין 30.4.06 לבין 8.5.06 וגל הפריחה הרביעי נקטף בין 2.7.06 לבין 12.7.06. לצורך הבדיקה נדגמו 4 צמחים מכל חלקה באופן אקראי. הצמחים פורקו לגבעולים, פרחים, עלים תחתונים ועלים עליונים, יובשו בתנור ונבחנו בהם תכולת יסודות ההזנה. לאחר סיום הקטיף בכל אחד מגלי הפריחה נערך גיזום בגובה המצע וכאשר הפריצות החדשות הגיעו לגובה של כ- 15 ס"מ, בוצע דילול של ענפים דקים ואינדוקטיבים, כך שהושארו כ- 6 גבעולים יפים בכל צמח. במסגרת הניסוי נערך מעקב (3 פעמים בשבוע) אחר pH ו- EC במי הטפטפת, הנקז והליזימטרים, ופעם בשבוע נבדקה במעבדה תכולת יסודות ההזנה. בכל אחד מגלי הפריחה נערך מעקב אחר יבול הפרחים ואופיינו מדדי איכות של אורך ומשקל פרח ב- 30 פרחים מכל חלקה.

ניסוי II: הטיפולים בניסוי היו: (1) ריכוז אמון 4% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 90 מ"ג ל'; (2) ריכוז אמון 4% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 45 מ"ג ל'; (3) ריכוז אמון 20% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 90 מ"ג ל'; ו- (4) ריכוז אמון 20% (מכלל החנקן), ריכוז סידן 45 מ"ג ל'. ריכוזים של חנקן כללי, זרחן ואשלגן במי ההשקיה היה אחיד לכל הטיפולים (70, 20, 120 מ"ג/ל', בהתאמה). הריכוז של יסודות קורט (ברזל, מנגן, אבץ ובורון) היה 0.7, 0.5, 0.25, ו- 0.4 מ"ג/ל', בהתאמה, ושל מגניון היה 30 מ"ג/ל'. מכל טיפול היו ארבע חזרות. תנאי הניסוי (בית צמיחה, מצע, השקיה) ושיטות העבודה (דיגום צמחים ומים, בקרה ואסיף יבול) היו זהים לאלו שבניסוי I. גל הפריחה הראשון נקטף בין 15.10.06 לבין 26.10.06, גל הפריחה השני נקטף בין 8.2.07 לבין 1.3.07 וגל הפריחה השלישי נקטף בין 17.7.07 לבין 27.7.07.

ניסוי III: בניסוי נבחנו ההשפעה של ריכוזי מגניון וסידן במי ההשקיה על התפתחות צמחי סולידגו שגדלו בקרקע (חוות הבשור, קרקע חולית, בית צמיחה דומה לבית הצמיחה בניסוי I ו-II). הטיפולים בניסוי היו: (1) ללא תוספת של סידן ומגניון (ריכוזי סידן ומגניון במי הברז היו: 30-40 ו-5-15 מ"ג/ל', בהתאמה לאורך העונה); (2) תוספת של סידן עד 110 מ"ג/ל'; (3) תוספת של מגניון למי ההשקיה עד 40 מ"ג/ל'; (4) תוספת של סידן ומגניון למי ההשקיה עד 110 ו-40

מ"גל", בהתאמה; (5) ריכוז סידן ומגניון במי ההשקיה כמו טיפול 2 + ריסוסי עלווה במגניון (מגניסול 1.5% + משטח);
 ו- (6) ריכוז סידן ומגניון במי ההשקיה כמו טיפול 2 + ריסוסי עלווה במגניון. מכל טיפול היו חמש חזרות. טיפול בצמחים
 ושיטות העבודה היו זהות לאלו שפורטו בניסוי I ו-II.

תוצאות ודיון

ניסוי I

הטיפולים השונים בניסוי יחס בין אמון לחנקת במי הטפטפת) החלו באמצע אוגוסט 2005. השפעת הטיפולים
 השונים על ה-pH של תשטיפים מכלים עם צמחים בשלושה שבועות הראשונים לא הייתה משמעותית, כנראה בגלל
 השקיה עודפת שהביאה לטשטוש ההבדלים בין הטיפולים. לאחר הקטנת מנת המים והתאמת משטר ההשקיה לדיות בפועל,
 נוצר הבדל משמעותי ב-pH בין הטיפולים השונים. ה-pH במי הטפטפת של ארבעת הטיפולים במהלך הניסוי היה אחיד
 (0.18±6.81) ואילו ה-pH בתשטיפים מכלים עם צמחים ירד עם העלייה בריכוז האמון במי הטפטפת והערכים הממוצעים
 לימים 50-90 משתילה היו: 7.08, 5.29, 4.37, ו-4.34, בטיפולים RN1, RN2, RN3, ו-RN4, בהתאמה (איור 1).
 תהליכי ניטרופיקציה במצע הביאו לירידה בריכוזי האמון בתשטיפים ולעלייה בריכוזי החנקת, כך שריכוז החנקת הכללי
 בתשטיפים היה דומה לריכוזו במי הטפטפת (אינו מוצג). אולם, תהליכי הניטרופיקציה הושפעו מהטיפולים בניסוי והיחס
 בין ריכוז אמון בתשטיפים מכלים לבין ריכוזו במי טפטפת היה: 0.81, 0.63, 0.43, ו-0.05, בטיפולים RN3, RN4,
 RN2, ו-RN1, בהתאמה. הירידה בשיעור הניטרופיקציה נבעה כנראה מ-pH נמוך במצע (בעיקר בטיפולים RN2,
 RN3, ו-RN4), שהביא לפגיעה באוכלוסיות המיקרואורגניזם, או לחילופין, מריכוז גבוה של אמון בתמיסה
 (Focht & Verstraete, 1977).

השפעת הטיפולים בניסוי על היבול בגל הראשון לא הייתה מובהקת סטטיסטית (ברמה של $P \geq 0.05$), אם כי
 ניכרה מגמה של ירידה ביבול עם העלייה בריכוז האמון בתמיסה, בעיקר בגלל עלייה במספר הפרחים הקטנים (אינו מוצג),
 אולם, החל מהגל השני המגמה של ירידה ביבול עם העלייה בריכוז האמון במי הטפטפת נעשתה מאוד מובהקת, בעיקר
 בגלל ההשפעה על אורך הפרחים (איור 2 עליון ותחתון, בהתאמה). הקשר בין ריכוז האמון במי הטפטפת לבין אורך
 הפרחים והיבול המסחרי היה מובהק (רק תוצאות של גל הפריחה השני מוצגות באיור 3 עליון ותחתון, בהתאמה). למרות
 ההבדלים המשמעותיים ב-pH בית השורשים, לא נראו סימני כלורוזה באף אחד מהטיפולים.

עלייה בריכוז אמון במי הטפטפת הביאה לעלייה מובהקת בריכוז החנקת הכללי בעלים העליונים והתחתונים בגל
 הראשון (טבלה 1) וביתר איברי הצמח (אינו מוצג). גם ריכוז זרחן בצמחים הושפע מהיחס בין אמון לחנקת (טבלה 1), אם
 כי סביר להניח כי ההשפעה הייתה עקיפה והעלייה בקליטה של זרחן היא תוצאה של ירידת ה-pH בבית השורשים (איור
 1). בשונה מזרחן, עלייה ביחס בין אמון לחנקת הביאה לירידה בריכוזי סידן ומגניון בצמחים (טבלה 1, איור 4 עליון).
 כנראה בגלל תחרות עם אמון. נמצא קשר מובהק בין ריכוז הסידן בעלים לבין מרכיבי יבול שונים (רק הקשר בין ריכוז
 סידן בעלים לעליונים לבין אורך הפרח בגל השני מוצג באיור 4 תחתון). בדומה לזרחן, ריכוזי הברזל, אבץ ומנגן עלו עם
 העלייה ביחס בין אמון לחנקת, כנראה בגלל השפעה עקיפה של ה-pH (טבלה 1).

טבלה 1. השפעת היחס בין אמון לחנקקה במי הטפטפת על רכוז יסודות מזון בעלים עליונים ותחתונים בזמן האסיף של ניסוי 1.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	g 100g ⁻¹ DW			mg kg ⁻¹ DW				
Top Leaves								
2nd harvest								
1	4.8	0.62	5.1	0.76	0.39	489	44	733
2	4.7	0.62	5.3	0.77	0.39	501	51	746
3	4.5	0.56	5.3	0.91	0.36	462	52	685
4	4.2	0.53	5.6	1.24	0.35	251	38	578
Probability>F	0.0006	0.0095	0.177	<0.0001	0.0412	0.0031	0.325	0.096
LSD _{0.05}	0.30	0.071	0.65	0.073	0.047	172.1	23.7	197.7
3rd harvest								
1	4.1	0.59	5.2	0.69	0.46	654	32	272
2	3.6	0.50	5.2	0.91	0.50	862	29	389
3	3.5	0.43	5.1	1.08	0.50	508	23	386
4	3.6	0.42	5.0	1.05	0.44	315	28	212
Probability>F	<0.0001	<0.0001	0.553	<0.0001	0.0007	<0.0001	0.0047	<0.0001
LSD _{0.05}	0.21	0.063	0.41	0.071	0.038	122.4	6.0	37.9
4st harvest								
1	3.7	0.49	4.6	0.76	0.49	753	61	408
2	3.4	0.46	4.5	1.01	0.48	163	25	318
3	3.4	0.42	4.5	0.96	0.46	133	25	240
4	3.3	0.35	4.5	0.88	0.49	156	36	116
Probability>F	0.0013	0.0017	0.945	<0.0001	0.452	<0.0001	0.0265	<0.0001
LSD _{0.05}	0.24	0.082	0.49	0.059	0.058	120.2	33.9	59.1
Bottom Leaves								
2nd harvest								
1	4.1	0.85	7.3	0.43	0.38	526	31	559
2	4.1	0.73	6.9	0.40	0.39	557	39	1071
3	3.8	0.59	7.4	0.39	0.34	460	34	994
4	3.8	0.48	7.4	0.67	0.32	323	28	673
Probability>F	0.127	<0.0001	0.343	0.317	0.0047	0.179	0.133	0.0027
LSD _{0.05}	0.576	0.069	0.98	0.497	0.0049	300.7	14.1	250.8
3rd harvest								
1	3.7	0.70	6.1	0.94	0.44	916	29	371
2	3.4	0.54	6.1	1.08	0.45	969	27	497
3	3.2	0.40	6.4	1.24	0.42	473	31	473
4	3.4	0.42	6.1	1.34	0.45	385	33	272
Probability>F	0.0006	<0.0001	0.167	<0.0001	0.118	0.0003	0.851	0.0003
LSD _{0.05}	0.22	0.112	0.46	0.994	0.041	331.9	21.0	114.6
4st Harvest								
1	3.2	0.52	5.1	0.89	0.39	786	62	427
2	3.0	0.37	5.3	1.18	0.40	260	46	397
3	3.0	0.31	5.2	1.24	0.38	189	24	321
4	1.9	0.30	5.4	1.18	0.42	216	47	195
Probability>F	0.066	<0.001	0.382	<0.0001	0.281	<0.0001	0.613	<0.0001
LSD _{0.05}	0.24	0.052	0.54	0.100	0.058	224.8	80.3	83.9

ניסוי II

למרות הבדלים משמעותיים ב-pH (ממוצע לאורך העונה בתשטיפים מכלים עם צמחים היה: 7.5, 7.7, 5.9 ו-6.5 בטיפולים 1, 2, 3 ו-4, בהתאמה, איור 5 עליון), לא סבלו הצמחים מכלורוזה באף אחד מהטיפולים בניסוי. תוספת הסידן למי ההשקיה השפיעה על ריכוזי הסידן בתשטיפים מכלים עם צמחים (איור 5 תחתון). השפעת הטיפולים על היבול הכללי (מספר פרחים, משקל טרי ויבש) של שלושת גלי הפריחה בניסוי II לא הייתה מובהקת סטטיסטית (ברמה של $P \geq 0.05$). השפעת הטיפולים על איכות הענפים (גובה ומשקל ענף פורח) של הגל הראשון הייתה מובהקת, אך לא מובהקת בגל השני והשלישי (טבלה 2). ההבדלים ביבול ובאיכות הענפים בין גלי הפריחה נבעו מהבדלים אקלימיים (בעיקר טמפרטורה ועצמת קרינה) ופרק הזמן של הגידול הווגטטיבי (84, 99 ו-77 ימים בגל הראשון, השני והשלישי, בהתאמה). למרות ה-pH הגבוה בחלק מהטיפולים

טבלה 2. השפעת הטיפולים על היבול (למטר שורה, 666 מטר רץ בדונם) של שלושת גלי פריחה בניסוי II: מספר הפרחים באיכות ייצוא (Marketable flowers), אורך פרח באיכות ייצוא (Flower length), משקל ממוצע של פרח (Flower FW), ומשקל טרי כולל (Total DW).

Treatment	Marketable flowers Num m ⁻¹	Flower length (cm)	Flower FW g	Total DW g m ⁻¹
Harvest I: 15-26 October 2006				
1	61	90.6	29.1	381
2	59	90.6	28.8	388
3	60	93.7	33.4	406
4	58	90.3	27.6	398
Probability>F	0.8889	0.0109	0.0297	0.8323
LSD _{0.05}	10.7	2.81	5.08	83.4
Harvest II: 8 February-1 Mars 2007				
1	65	116	50.5	638
2	65	115	52.2	642
3	65	114	52.0	637
4	65	115	51.5	665
Probability>F	0.998	0.4492	0.3963	0.8165
LSD _{0.05}	7.4	4.9	7.74	99.7
Harvest III: 17 May-27 May 2007				
1	92	115	46.9	942
2	87	113	47.2	958
3	97	113	46.4	930
4	87	115	47.2	919
Probability>F	0.194	0.573	0.988	0.787
LSD _{0.05}	13.7	5.6	10.51	118.6

עליה בריכוז אמון במי הטפטפת הביאה לעלייה מובהקת בריכוז החנקן הכללי בעלים העליונים בגל הראשון והשלישי (טבלה 3) וביתר איברי הצמח (אינו מוצג). מגמה דומה אם כי לא מובהקת סטטיסטית הייתה גם בגל השני. ריכוזי האשלגן בצמח לא הושפעו מהטיפולים בניסוי (ממוצע של ריכוזי אשלגן בעלים העליונים בגל הפריחה הראשון, השני והשלישי היה 4.0, 5.2 ו-4.8 ג'100 ג' חומר יבש, בהתאמה). ריכוזי זרחן בצמחים בגל הראשון והשלישי הושפעו

מטיפול האמון (טבלה 3), אם כי סביר להניח כי ההשפעה הייתה עקיפה וקליטת הזרחן הושפעה בעיקר מההבדל ב-pH בבית השורשים (איור 5 עליון). הריכוז של זרחן בעלים העליונים (טבלה 3) וביתר חלקי הצמח (אינו מוצג) של צמחים מטיפולים 1 ו-2 בגל הראשון והשלישי היה נמוך משמעותית מזה של צמחים מטיפולים 3 ו-4. מגמה דומה אם כי לא מובהקת נמדדה גם בגל השני. עלייה בריכוז סידן במי הטפטפת (טיפולים 1 ו-3 בהשוואה לטיפולים 2 ו-4) הביאה לעלייה מובהקת בריכוזי הסידן בכל חלקי הצמח ולירידה בריכוזי המגניזיום (מוצג רק עבור עלים עליונים, טבלה 3). הירידה בריכוזי המגניזיום נבעה כנראה מתחרות עם סידן על אתרי הקליטה בשורש. בדומה לזרחן, ריכוז יסודות הקורט בעלים העליונים עלה כתוצאה מעלייה בריכוז האמון במי הטפטפת, כנראה בגלל ההשפעה על ה-pH בבית השורשים (איור 5 עליון). ההשפעה של ריכוז אמון על ריכוזי ברזל ואבץ בעלים העליונים הייתה מובהקת בגל הראשון ולא מובהקת בגל השני והשלישי (אם כי המגמה הייתה דומה, טבלה 3). ההשפעה של ריכוז אמון על ריכוזי מנגן הייתה מובהקת בשלושת הגלים. עלייה בריכוז סידן במי הטפטפת (טיפולים 1 ו-3 בהשוואה לטיפולים 2 ו-4) הביאה לעלייה מובהקת בריכוזי הברזל והאבץ בגל הראשון אך לא בגל השני והשלישי. לעומת זאת, עלייה בריכוזי הסידן הביאה לירידה בריכוזי המגניזיום בכל שלושת הגלים (טבלה 3). הירידה בריכוזי המגניזיום נבעה כנראה מתחרות עם סידן על אתרי הקליטה בשורש ואילו העלייה בריכוזי הברזל והאבץ אינה מובנת.

טבלה 3. השפעת הטיפולים על הריכוזים הממוצעים של יסודות מזון בעלים העליונים בשלושת גלי הפריחה של ניסוי II.

	N g 100g ⁻¹ DW	P	Ca	Mg	Fe	Zn mg kg ⁻¹ DW	Mn
1st harvest							
1	3.7	0.37	0.94	0.59	208	28	281
2	3.7	0.38	0.78	0.68	186	26	349
3	3.9	0.48	0.94	0.63	251	26	359
4	3.7	0.46	0.78	0.68	211	23	391
Probability>F	0.0114	0.0001	<0.0001	0.0018	0.0016	0.0498	<0.0001
LSD _{0.05}	0.16	0.059	0.068	0.057	36.4	4.7	43.9
NH ₄ -Prob>F	0.0326	<0.0001	0.117	0.042	0.0021	0.068	0.0005
Ca-Prob>F	0.1004	0.863	<0.0001	0.0003	0.0043	0.0459	<0.0001
2nd harvest							
1	3.8	0.43	1.33	0.57	275	29	146
2	3.5	0.43	1.07	0.65	248	28	166
3	3.8	0.44	1.15	0.58	301	25	286
4	3.7	0.43	1.03	0.62	211	28	301
Probability>F	0.148	0.993	0.016	0.0112	0.476	0.449	<0.0001
LSD _{0.05}	0.34	0.079	0.241	0.067	125.4	8.3	52.1
NH ₄ -Prob>F	0.278	0.7964	0.0928	0.5712	0.1642	0.2102	<0.0001
Ca-Prob>F	0.062	0.8973	0.0068	0.0021	0.7872	0.6669	0.1939
3rd harvest							
1	3.7	0.34	1.06	0.43	483	29	184
2	3.8	0.37	0.88	0.55	483	44	214
3	4.0	0.45	0.96	0.48	457	24	349
4	3.8	0.45	0.85	0.56	536	24	369
Probability>F	0.0035	<0.0001	0.0068	0.0096	0.291	0.391	<0.0001
LSD _{0.05}	0.17	0.054	0.155	0.106	118.7	36.3	43.7
NH ₄ -Prob>F	0.0061	<0.0001	0.098	0.161	0.632	0.203	<0.0001
Ca-Prob>F	0.835	0.304	0.0018	0.0022	0.186	0.410	0.0334

ניסוי III

הצמחים בניסוי III גדלו בקרקע מקומית ולא במצע מנותק כפי שהיה בניסויים I ו-II, ולכן ניסוי משקף היטב תנאים אופייניים לגידול סולידגו אצל חקלאים. ה-pH בקרקע (דיגום תמיסות קרקע באמצעות משאבים) היה 7.6-7.9 לאורך העונה אולם למרות ה-pH הגבוה יחסית, לא נראו סימני כלורוזה באף אחד מהטיפולים. השפעת הטיפולים על היבול הכללי (מספר פרחים, משקל טרי ויבש) של שני גלי הפריחה בניסוי III לא הייתה מובהקת סטטיסטית (טבלה 4). ראוי לציין כי יבול הצמחים (מספר פרחים, אורך ומשקל פרח ממוצע) בניסוי III היה גבוה מאלו של צמחים שגדלו במצע מנותק (השוואת נתוני יבול, טבלה 4 וטבלה 2), זאת למרות שקשה להשוות בין ניסויים שנערכו בתנאים לא זהים.

טבלה 4. השפעת הטיפולים על היבול (למטר שורה, 666 מטר רץ בדונם) של שני גלי פריחה בניסוי III: מספר הפרחים באיכות ייצוא (Marketable flowers), אורך פרח באיכות ייצוא (Flower length), משקל ממוצע של פרח (Flower FW) ומשקל טרי כולל (Total DW).

Treatment	Marketable flowers Num m ⁻¹	Flower length (cm)	Flower FW g	Total DW g m ⁻¹
Harvest I: 7-30 January 2008				
1	73	104	45.0	687
2	75	103	42.5	688
3	75	103	43.3	703
4	72	102	41.5	684
5	76	102	41.4	702
6	76	107	42.7	658
Probability>F	0.703	0.921	0.853	0.771
LSD _{0.05}	10.8	4.5	9.55	102.2
Prob.>F – Ca	0.828	0.329	0.292	0.709
Prob.>F – Mg	0.899	0.353	0.524	0.819
Prob.>F CaX Mg	0.414	0.735	0.872	0.675
Harvest II: 24 April-8 May 2008				
1	84	114	45.9	1031
2	92	114	41.8	1008
3	85	113	45.2	988
4	85	114	43.7	1064
5	87	112	45.3	990
6	86	114	45.1	898
Probability>F	0.643	0.369	0.131	0.212
LSD _{0.05}	15.4	3.4	8.84	199.0
Prob.>F – Ca	0.241	0.699	0.261	0.496
Prob.>F – Mg	0.365	0.402	0.812	0.858
Prob.>F CaX Mg	0.239	0.722	0.598	0.212

הטיפולים בניסוי (ריכוזים שונים של סידן ומגניזיום במי ההשקיה) השפיעו על ריכוז יסודות המזון בצמח (טבלה 5). ריכוזי החנקן והאשלגן בצמח לא הושפעו מהטיפולים בניסוי (ממוצע של ריכוזי אשלגן בעלים העליונים בגל הפריחה הראשון והשני היה 4.0 ו-5.6 ג'100 ג' חומר יבש, בהתאמה). תוספת מגניזיום למים (טיפולים 3, 4 ו-6) הביאה לעלייה מובהקת בריכוזי הזרחן בעלים העליונים והתחתונים בגל הפריחה הראשון ומגמה דומה היתה בגל הפריחה השני (מובהק רק בעלים התחתונים, טבלה 5). כצפוי, הטיפולים בניסוי השפיעו על ריכוזי הסידן בצמחים. אולם, ניתוח סטטיסטי של

התוצאות הצביע כי הגורם העיקרי שהשפיע על ריכוזי הסידן בצמחים היה דווקא המגניון (טבלה 5). עליה בריכוז המגניון במים (טיפולים 3, 4 ו-6) הביאה לירידה מובהקת בריכוזי הסידן בצמחים (בעיקר בגל הפריחה הראשון). לעומת זאת, עלייה בריכוזי הסידן במים (טיפולים 2, 4, 5 ו-6) הביאה לירידה בריכוזי המגניון בעלים (טבלה 5). ממצאים אלו הם תוצאה של תחרות בין סידן למגניון על אתרי הקליטה בשורש (Marschner, 1995) והם מצביעים על החשיבות הרבה של תכנון משטר הדישון לצמחים. לעיתים רבות, מחסור ביסוד מזון כלשהו לצמח איננו נגרם בגלל ריכוז נמוך של היסוד בתמיסת הקרקע אלא כתוצאה מריכוז גבוה של יסוד מתחרה. בתנאים אלו אין משמעות רבה בהגדלת הריכוז של היסוד החסר במי ההשקיה כל עוד כלל המערכת איננו מאוזן כמות. ריכוזי יסודות הקורט (ברזל, אבץ ומנגן) בצמחים מכל הטיפולים היו ברמה נאותה ולא הושפעו מהטיפולים בניסוי (טבלה 5).

טבלה 5. השפעת הטיפולים על הריכוזים הממוצעים של יסודות מזון בעלים העליונים והתחתונים בשני גלי הפריחה

של ניסוי III.

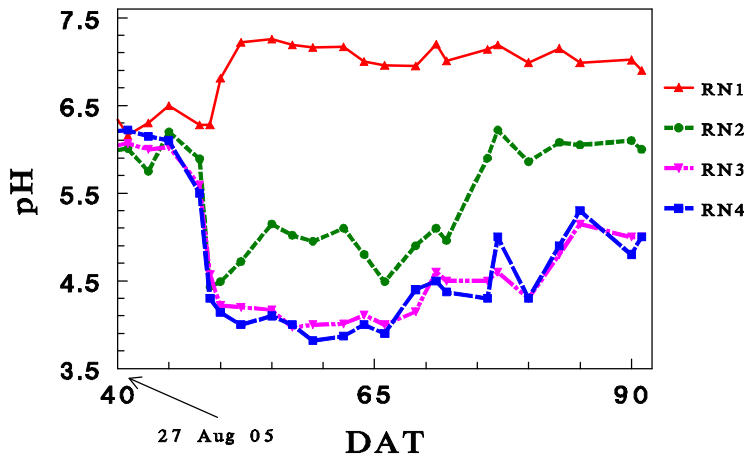
	N	P	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn
	g 100g ⁻¹ DW		mg kg ⁻¹ DW				
1st harvest: upper leaves							
1	4.1	0.38	1.47	0.52	380	41	319
2	4.0	0.37	1.45	0.45	357	40	292
3	4.1	0.42	1.30	0.59	357	35	272
4	4.1	0.40	1.39	0.51	376	34	316
5	4.1	0.38	1.46	0.58	358	33	275
6	4.2	0.42	1.37	0.64	373	36	280
Probability>F	0.536	0.050	0.032	<0.0001	0.957	0.723	0.256
LSD _{0.05}	0.26	0.332	0.164	0.054	105.1	20.4	77.3
Ca-Prob>F	0.632	0.242	0.341	<0.0001	0.919	0.830	0.627
Mg-Prob>F	0.810	0.0071	0.0076	0.0002	0.938	0.245	0.549
1st harvest: bottom leaves							
1	4.1	0.35	1.48	0.50	455	32	334
2	4.1	0.32	1.59	0.45	520	36	331
3	4.0	0.38	1.36	0.55	556	36	308
4	4.0	0.36	1.46	0.50	524	35	352
5	4.0	0.34	1.54	0.56	551	37	320
6	4.0	0.40	1.44	0.59	607	38	315
Probability>F	0.825	0.0104	0.0029	<0.0001	0.402	0.768	0.459
LSD _{0.05}	0.245	0.061	0.154	0.051	216.1	13.0	71.5
Ca-Prob>F	0.821	0.119	0.0121	0.0005	0.751	0.565	0.286
Mg-Prob>F	0.555	0.0417	0.005	0.0014	0.309	0.453	0.919
2nd harvest: upper leaves							
1	3.6	0.29	1.53	0.54	395	57	247
2	3.4	0.29	1.60	0.47	404	35	238
3	3.6	0.31	1.40	0.57	447	51	279
4	3.6	0.30	1.49	0.53	383	43	244
5	3.8	0.29	1.74	0.53	371	47	253
6	3.6	0.29	1.52	0.56	414	41	241
Probability>F	0.237	0.906	0.150	0.0435	0.552	0.516	0.702
LSD _{0.05}	0.18	0.068	0.379	0.096	131.8	36.0	87.2
Ca-Prob>F	0.879	0.597	0.101	0.085	0.302	0.086	0.228
Mg-Prob>F	0.723	0.381	0.051	0.076	0.247	0.722	0.369
2nd harvest: bottom leaves							
1	3.2	0.24	1.81	0.45	479	58	420
2	3.3	0.25	1.99	0.42	636	63	455
3	3.5	0.30	1.52	0.57	505	57	368
4	3.3	0.26	1.99	0.49	567	67	452
5	3.5	0.25	1.91	0.48	520	53	386
6	3.3	0.26	1.85	0.54	571	67	446
Probability>F	0.416	0.114	0.0103	0.0006	0.645	0.313	0.471
LSD _{0.05}	0.46	0.058	0.322	0.093	305.9	37.3	168.2
Ca-Prob>F	0.918	0.248	0.0014	0.157	0.199	0.153	0.193
Mg-Prob>F	0.282	0.0164	0.0179	<0.0001	0.892	0.183	0.694

מסקנות

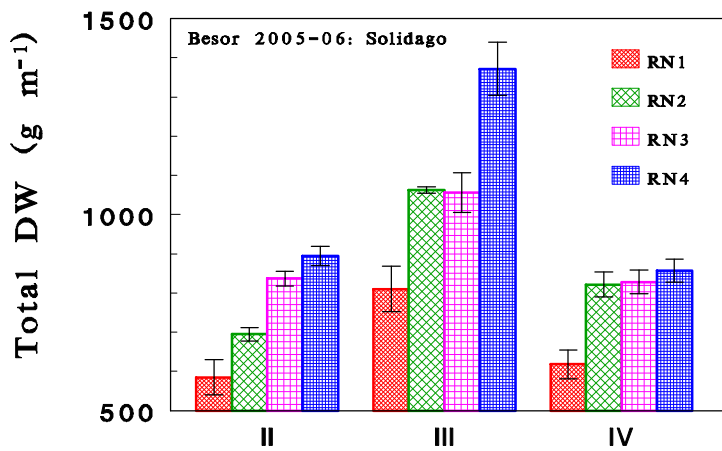
בשלושת הניסויים שנערכו במסגרת מחקר זה נבחנו טיפולים שונים המייצגים מגוון גדול של תנאי גידול, כולל pH גבוה בבית השורשים (במצע מנותק ובקרקע). באף אחד מהטיפולים שיושמו לא סבלו הצמחים מכלורוזה ולכן הסקנו כי לצמחי סולידגו אין בעייה בקליטה של יסודות מזון ככלל ושל יסודות קורט בפרט (גם בתנאים של pH גבוה בבית השורשים), כל עוד אספקת המים ויסודות המזון היא תקינה. אנו מניחים כי כלורוזה בשטחים חקלאיים נובעת כנראה מתקלות ומליקויים בשליטה ובבקרה על מערכות ההשקיה והדישון.

רשימת ספרות

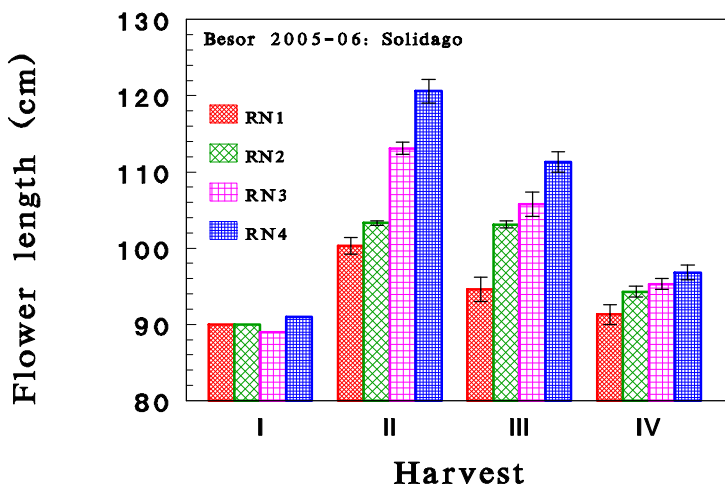
- ולרשטיין, י., בן-טל, י., ליבמן, ד., מיצ'ניק, ב., ואפגין, ל. 1999. סולידגו 'טרה': תנאים אופטימליים ליום ארוך: "דפי מידע", תשנ"ט, אפריל, גיליון 8.
- זילבר, א. 1991. תכונות כימיות ותהליכי שטח פנים של חמרים פירוקלסטיים מהר פרס, רמת הגולן. חיבור לשם קבלת תואר דוקטור לפילוסופיה מוגש לאוניברסיטה העברית בירושלים.
- ינאי, ע., אבידן, א., מור, א., וישראל, ש. 2000. סולידגו: סיכום תצפיות במצעים מנותקים. 'פרחים', תש"ס, אוגוסט, 12.
- ציפליביץ, א., גלעד, ז., צור, נ., שלמה, א., אבידן, א., ואחיעם, מ. 1997. סולידגו: קצב קליטת יסודות הזנה וקביעת הגורם להצהבת עלווה. "פי מידע", תשנ"ז, מרץ, גיליון 7.
- ציפליביץ, א., גלעד, ז., צור, נ., שלמה, א., אבידן, א., ואחיעם, מ. 1998. סולידגו: קביעת הגורם להצהבת עלווה. "פי מידע", תשנ"ח, מאי, גיליון 9.
- רימון, ד., 2000. סולידגו: דינמיקה של התפתחות גידול. "פרחים/דפי מידע", תשס"א, דצמבר, גיליון 4.
- Focht, D.D., Verstraete, W., 1977. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. *Adv. Microbiol. Ecol.* 1, 135-214.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed. Academic Press, New York.

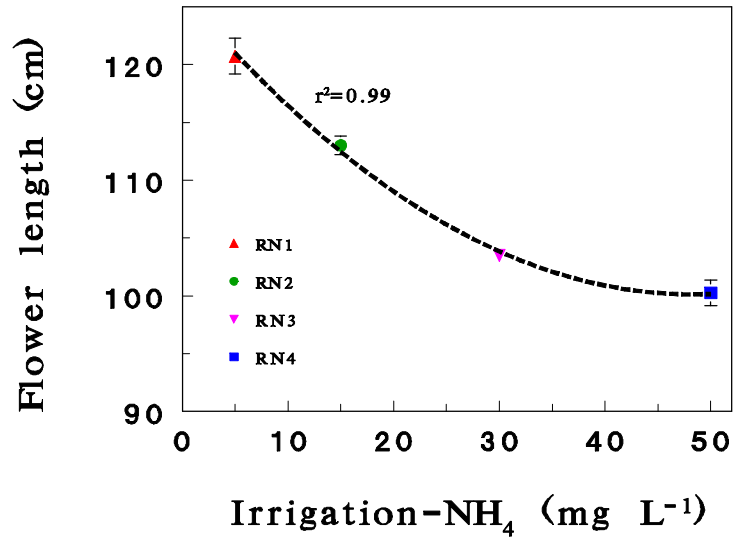


איור 1. ניסוי I – השפעת היחס בין אמון לחנקה במי הטפטפת על ה-pH בתשטיפים מכלים עם צמחים. DAT מציין ימים משתילה – 18 יולי 2005.

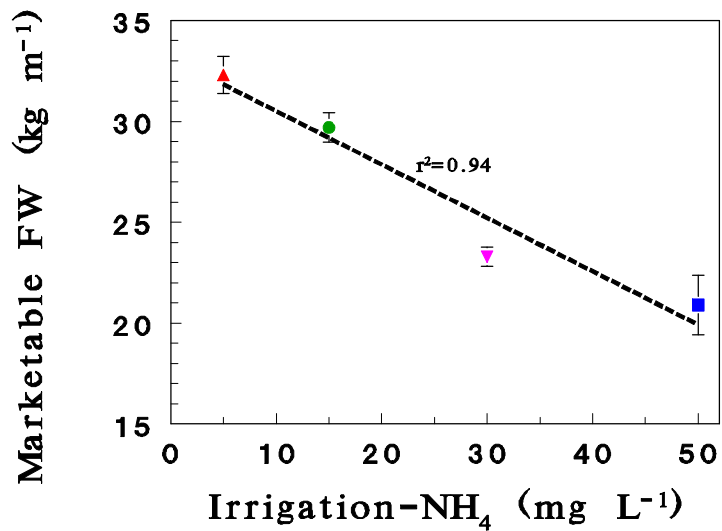


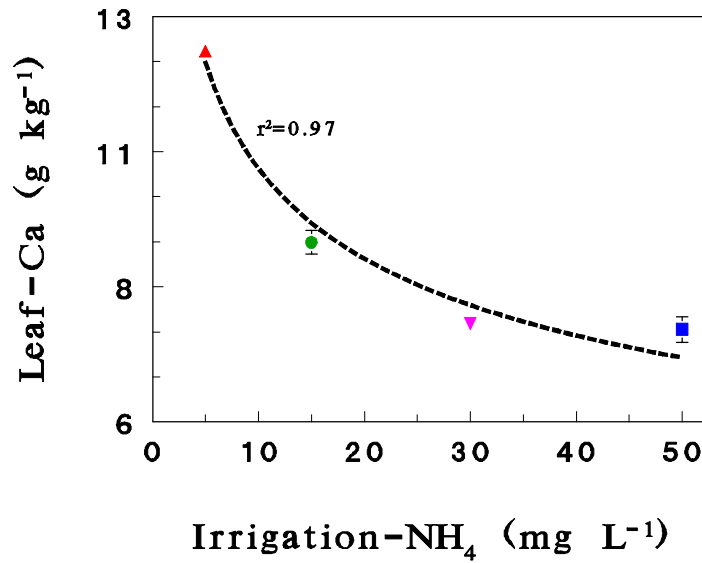
איור 2. ניסוי I – השפעת היחס בין אמון לחנקה במי הטפטפת על היבול היבש הכללי (עליון, למטר שורה, 666 מטר שורה לדונם) ועל אורך ענפי הפריחה (תחתון) בגלי הפריחה השונים (ממוצע לארבע חזרות לטיפול במהלך ניסוי I). קוים אנכיים מציינים את שגיאת הניסוי של כל טיפול.



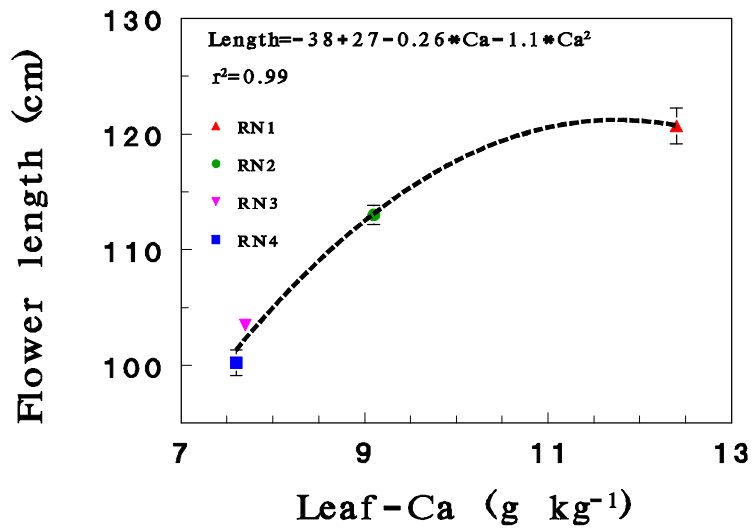


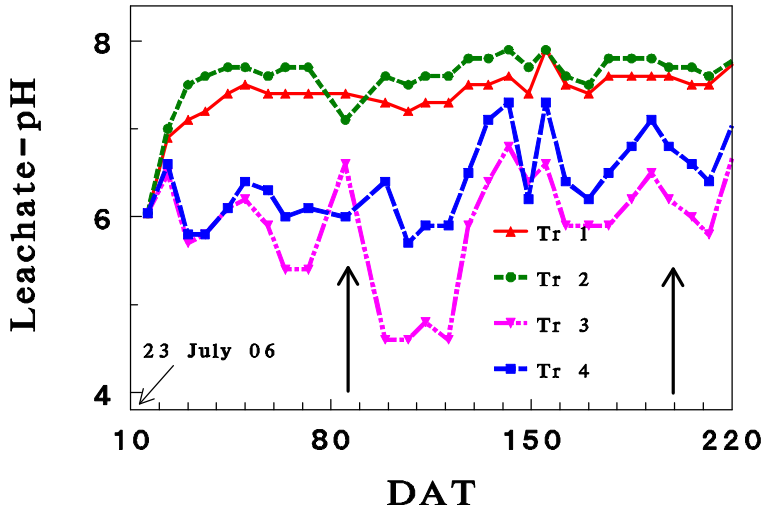
איור 3. ניסוי I – עלינון:
 השפעת היחס בין אמון לחנקה
 במי הטפטפת על אורך ענפי
 הפריחה (ממוצע לכל טיפול
 בגל הפריחה השני). תזתון:
 השפעת ריכוז האמון במי
 הטפטפת על היבול המסחרי
 שנקטף (למטר שורה, 666
 מטר שורה לדונם, ממוצע לכל
 טיפול בגל הפריחה השני).
 קוים אנכיים מציינים את
 שגיאת הניסוי של כל טיפול.





איור 4. ניסוי I - עליון:
 השפעת היחס בין אמון
 לחנקן במי הטפטפת על
 ריכוז סידן בעלים. תחתון:
 השפעת ריכוז הסידן
 בעלים על אורך ענפי
 הפריחה (ממוצע לכל
 טיפול בגל הפריחה השני).
 קווים אנכיים מציינים את
 שגיאת הניסוי של כל
 טיפול.





איור 5. ניסוי II - עליון:

השפעת הטיפול על ה-

pH בתשטיפים מכלים

עם צמחים במהלך

הניסוי. היציבים מציינים

את תחילת הקטיף בגל

הראשון והשני; תחתון:

השפעת הטיפול על

ריכוז סידן בתשטיפים

מכלים עם צמחים

במהלך הניסוי. קוים

אופקיים מרוסקים מציינים

את ריכוזי הסידן במי

הטפטפת (45-90

מ"ג/ל). DAT מציינ ימים

משתלה (23 יולי 2006).

