

דו"ח מסכם לתוכנית מחקר מספר 11-0590-301

דישון עגבניות בגופרה בהשקיה במים מותפלים

Sulfate fertilization of tomatoes irrigated with desalinated water

מוגשת למדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י

אורי ירמיהו ואלון בן-גל, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת
אשר בר-טל, מכון וולקני, מינהל המחקר החקלאי
שבתאי כהן וציון שמר, מו"פ רמת נגב

Yermiyahu U., Ben-Gal A. Gilat Research Center, Agricultural Research Organization, Mobile Post Negev, Israel, 85280. Email: uri4@agri.gov.il.

Bar-Tal A., The Volcani Center, Agricultural Research Organization.

Cohen S., Shemer Z. Ramat Negev Experimental Station.

אפריל 2013

אייר תשע"ג

תקציר

ייצור מים מותפלים בישראל הולך וגדל כאשר חלק ממים אלו מופנה להשקיה כמות שהם או ביחסי מיהול שונים עם מים ממקורות אחרים. ריכוז מרבית היונים במים המותפלים נמוך בהרבה מאשר במים ממקורות אחרים המסופקים כיום, כולל יונים נחוצים לצמח כגון סידן, מגניון וגופרה. מטרת העבודה העיקרית הייתה לקבוע את הרמה הדרושה של גופרה במים המותפלים והיחס בינה לבין חנקה ומוליבדט לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים של עגבנייה. ניסויי גידול של עגבנייה במצע מנותק עם השקיה בריכוז גופרה וחנקן שונים התקיימו במשך שלוש שנים במו"פ רמת נגב. תחום ריכוזי הגופרה במי ההשקיה שנלמד היה רחב: 0.1-3.4 מילימולר בשני ריכוזי חנקן במי השקיה של כ-5 ו-11 מילימולר. בכל הניסויים הגידול הוגטטיבי של הצמחים לא הושפע מהטיפול. גם היבול לא הושפע מטיפול הגופרה. מגמה של עליה ביבול התקבלה עם העליה בריכוז החנקן. טיפולי הגופרית והחנקן השפיעו על הצטברות המינרלים בצמח. סימני מחסור של גופרית בעלים נצפו כחודשים שלושה משתילה. הסימנים החלו להופיע בעלים בוגרים שהתעצמו במהירות תוך ימים ספורים. סימני המחסור הופיעו לראשונה בטיפולי הגופרה הנמוכים ביותר ובמיוחד בשילוב עם טיפול החנקן הגבוה. ריכוזי הגופרית בעלים הפגועים היה בתחום של 0.2-0.3% ומעל לריכוז זה לא נצפו סימני מחסור. עליה בריכוזי הגופרית הפחיתה את הצטברות המוליבדן בחלקי הצמח השונים. באופן דומה עליה בחנקן במי ההשקיה (מרביתו כחנקה) גם היא תרמה לירידה בהצטברות המוליבדן. השקיה בריכוזי גופרה גבוהים הפחיתה את הצטברות הסידן בחלקי הצמח השונים דבר שהתבטא בהעלאת שיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם. בתנאי הגידול הייחודים של רמת נגב מחסורי הגופרית בעלים לא התבטאו בפגיעה ביבול. מאידך, עודפי גופרה במי ההשקיה גרמו לפחיתה בקליטת מוליבדן וסידן וכתוצאה מכך הגדילו את תופעת שחור הפיטם.

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

הגילת

חתימת החוקר

תוכן עניינים:

| | |
|----|----------------------------|
| 2 | 1. מבוא ותאור הבעיה |
| 4 | 2. מטרת המחקר |
| 4 | 3. תיאור הניסויים |
| 7 | 4. תוצאות ודיון |
| 20 | 5. סיכום |
| 20 | 6. תודות |
| 21 | 7. רשימת ספרות מצוטטת |
| 23 | 8. סיכום עם מנחות עם שאלות |

1. מבוא ותאור הבעיה

בשנת 2001 גובשה תוכנית להתפלת מים שתהווה את אחד הפתרונות העיקריים למחסור במים במדינת ישראל. התוכנית מבוססת על התפלת מי הים התיכון ומים מליחים מאזור הנגב ואולי אף מהערבה. אישור ממשלה הנוכחי הינו להתפלת 520 מלמ"ק בשנה אשר יהוו כ-50% מכלל המים השפירים בישראל. בקיץ 2005 החל לפעול מתקן ההתפלה באשקלון בתפוקה של כ-110 מלמ"ק בשנה ומרבית המים הופנו להשקיה כמות שהם או ביחסי מיהול שונים עם מים ממקורות אחרים. בחודש יולי 2007 החל לפעול מתקן ההתפלה בפלמחים בתפוקה של 30 מלמ"ק בשנה. ב-2010 החל לפעול מתקן ההתפלה בחדרה בעל יכולת הפקה דומה לזאת של המתקן באשקלון. בסה"כ בשנת 2012 מותפלים בישראל כ-300 מלמ"ק בשנה ועוד כ-250 מלמ"ק יוספו למערכת בשנים 2013-14 ממתקני סורק ואשדוד. המים המותפלים משתלבים במערכת המים הארצית הקיימת, ומופנים לכל הצרכים כולל השקיה. התפלת המים נעשית בשיטה של אוסמוזה הפוכה כאשר מרבית היונים מורחקים בתהליך זה. לאחר ההתפלה מתבצע תהליך של הוספת יונים על מנת לייצב את המים מבחינה כימית ולעמוד בהנחיות משרד הבריאות. לשם כך, מוסף למים סידן ברמה של לפחות 20 מ"ג/לי (0.5 מילימולר). הסידן מוסף למים המותפלים ע"י המסת אבן גיר בעזרת חומצה גופריתית (מתקני אשקלון ופלמחים) או בפחמן דו חמצני (מתקני חדרה, שורק ואשדוד). לפיכך המים המותפלים היוצאים ממתקן ההתפלה שונים בהרכבם באופן משמעותי ממקורות המים האחרים שמסופקים כיום להשקיה. ריכוז מרבית היונים במים המותפלים נמוך בהרבה מאשר במים ממקורות אחרים המסופקים כיום, כולל יונים נחוצים לצמח כגון סידן, מגניון וגופרה. באזורים שקיבלו מים ממתקן ההתפלה באשקלון התגלו בעיות של מחסורי מגניון בצמחים במיוחד במצעים מנותקים בחממות ובקרקע חולית. אנו צופים מחסורי גופרית בגידולים שיושקו במים שיופקו במתקני חדרה, אשדוד וסורק שבהם ריכוז הגופרה נמוך מאוד.

הגופרית נמצאת בקרקע בצורה אורגנית ואנאורגנית. במרבית הקרקעות מאגר הגופרית בקרקע הוא בעיקר כגופרית הקשורה לחומר האורגני (Reisenauer et al., 1963; Stevenson, 1986). יחס C:N:S בחומר האורגני שבקרקע הוא בערך 1.2; 10; 125, בהתאמה. הגופרית שבחומר האורגני בקרקע מתחלקת לשני מרכיבים: גופרית שקשורה לפחמן וגופרית שאינה קשורה לפחמן (Mengle and Kirkby, 2001). תכולת הגופרית במרבית קרקעות ישראל היא מעל 0.2% (Ravikovitz, 1981). הצורה האנאורגנית בה מצויה הגופרית בקרקעות מאווררות היא בעיקר כ- SO_2 . באזורים צחיחים מלחי גופרית כגון סידן גופריתי, מגנזיום גופריתי ונתרן גופריתי יכולים להצטבר בכמויות גדולות. יון הגופרה בקרקע יכול להיות מסיס בתמיסת הקרקע או ספוח לקולואידים של הקרקע. שתי הצורות נמצאות בשיווי משקל דינמי (Mengel and Kirkby, 2001). הגופרה כאניון דו ערכי (SO_4^{2-}) היא הצורה העיקרית שנקלטת ע"י הצמח באמצעות מערכת השורשים. קליטתו דרך ממברנת הפלסמה כרוכה במעבר פרוטונים שבהם מעורבים לפחות שלושה פרוטונים למעבר של מולקולה אחת של SO_4^{2-} (Clarkson et al., 1993; Tanner and Caspari, 1996; Hawkesford et al., 1995). דווחו על פעילות מוגברת של ATP ושל הטרנספורטרים של גופרה הנמצאים בממברנת הפלסמה בעגבנייה שגודלה בתנאי מחסור של גופרית. הטרנספורטרים של גופרה בממברנת הפלסמה של שורשים הם בעלי אפיניות גבוהה בעוד שאלו שנמצאים בעלים בעלי אפיניות נמוכה (Mengel and Kirkby, 2001). צמחים קולטים H_2S ו- SO_2 מהאטמוספירה דרך הפיוניות (Baldochini, 1993). חלבון המעבר הממוקם על ממברנת הפלסמה דורש הפרש pH כאשר ה-pH בצד החיצוני נמוך מאשר בציטוזול (Clarkson et al., 1993). יון הגופרה אשר נקלט ע"י השורשים יכול לנוע בשיפה או בעצה כתלות במין הצמח (Rennenberg, 1984). תנועת הגופרה בשיפה היא מהעלים הבוגרים לצעירים אך באופן יחסי היא קטנה וזאת הסיבה שסימני מחסור של גופרה נצפים קודם בעלים הצעירים כאשר כמות הגופרית המסופקת

דרך השורשים אינה מספקת לדרישת המצח (Bouma, 1967). הגופרית מהווה כ-0.2% עד כ-0.5% מכלל החומר היבש בצמח ולכן הוא מוגדר כמקרואלמנט כדוגמת חנקן וזרחן (Duke and Reisenauer, 1986). עם העליה בריכוז הגופרית המסופקת לצמח עולה ריכוז הגופרית בצמח. ריכוז הגופרית האורגנית עולה עד הגיעו לערך מירבי בעוד ריכוז הגופרית ממשך לעלות. ממצא זה מצביע על כך שקליטה עודפת של גופרית נשמרת בצמח כיון אנאורגני (Deloch, 1960). בדומה למחסורי חנקן במחסורי גופרית גידול הנוף נפגע יותר מאשר גידול השורש כך לדוגמא בצמח עגבנייה שנמצא במחסור גופרית יחס שורש נוף ח"י ירד לערך של 2.0 בהשוואה לערך של 4.14 בצמח ללא מחסור גופרית (Marschner, 1995). הירידה בשטח פנים של עלים בצמחים הגדלים במחסורי גופרית היא כתוצאה מעלים קטנים יותר וירידה במספרם (Burke et al., 1986). ירידה בתכולת הכלורופיל בעלים היא תופעה אופיינית בצמחים הגדלים במחסורי גופרית (Marschner, 1995). הגופרית חיונית לסינטזה של חלבונים ומצויה במספר חומצות אמינו (הציסטין והמיונתין). לפיכך במצבים של מחסורי גופרית מופרעת סינטזה של החלבונים. בתנאים כאלו עולים ריכוזי הניטרט האורגני המסיס והניטרט שבצמח (Ergle and Eaton, 1951). בתנאי שדה קשה להבחין בין מחסור בגופרית למחסור בחנקן כי בשני המקרים מופרעת הסינטזה של חלבונים ברקמות הצמח. במחסורי גופרית מצטברות בצמח חומצות אמיניות חסרות גופרית. בתירס נמצא שמחסור בגופרית גרם להצטברות אמינים וריכוז נמוך של סוכרים. האבחון של מחסורי גופרית אפשרי באמצעות אנליזה מעבדתית של ריכוז הגופרית והיחס חנקן לגופרית, 170-80 בתנאי מחסור לעומת 130-40 ברקמת צמח בריא (Mengel and Kirky, 1982). מחסורי גופרית בעגבנייה מופיעים כנקרוזות בשולי העלים הבוגרים ונקודות סגולות בין העורקים בעלה (Ward, 1976). העלים הצעירים מצהיבים ומתכווצים כלפי מעלה ובהמשך מפתחים נקרוזות בכל חלקי העלה (Smilde and Roorda van Eysinga, 1968). Eaton (1951) מצא שמחסורי גופרית בעגבנייה מתפתחים במהירות. העלים הופכים כלורוטים כאשר ההצהבה תחילה בעלים הבוגרים. העלים קטנים יותר ובעלי מרקם קשה והגבעולים דקים. הגבעולים בצמחים שגדלו במחסורי גופרית הכילו ריכוזים גבוהים של עמילן, סוכרוז, חנקן כללי מסיס וריכוזים נמוכים של סוכרים לעומת גבעולים שגדלו בנוכחות גופרית. מחסור בגופרית בעגבנייה גרם לפגיעה בפוטוסינתזה (Xu et al., 1996). בשתילי עגבנייה מצאו שקליטת הגופרית הושפעה מאוד מעלית הריכוז בתמיסה מ-0.1 ל-5.0 מילימולר, עליה מתונה בקליטה הייתה עם עליית הריכוז ל-10 מילימולר, ולא הייתה כמעט השפעה לעליה נוספת בריכוז ל-20 מילימולר (Lopez et al., 2000). בצמחי עגבנייה נושאי פרי היתה ירידה ביבול כאשר ריכוז הגופרית ירד מ-5.2 מילימולר ל-0 אך לעליה בריכוז מ-5.2 עד ל-20 מילימולר לא הייתה השפעה על יבול הפרי ואיכותו, למרות שהייתה ירידה בקליטת מגנזיום, סידן וזרחן (Lopez et al., 1996). בעבודה על יחסי חנקה: גופרית: כלור נמצא שלא היה הבדל ביבול ובהתפתחות צמחי עגבניות עם עליה בריכוז הגופרית מ-1.0 ל-3.8 מילימולר (Nukaya and Hashimoto, 2000). צמחים הינם רגישים באופן יחסי לריכוזי גופרית גבוהים בתמיסת הגידול. בריכוזי גופרית גבוהים מ-50 מילימולר גידול הצמחים נפגע באופן משמעותי (Mengel and Kirky, 1982). ההשפעה של ריכוזי נתרן גופריתי עולים נבחנה על גידול ואיכות פלפל ונמצאה שבריכוזים גבוהים ישנה פגיעה ביבול ועליה בשיעור שחור הפיטם. הפגיעה בנוכחות נתרן גופריתי היתה נמוכה בהשוואה לאותה רמה של נתרן כלורי בעיקר ברמות הנמוכות (2000 Navarro, et al.). ריכוזים גבוהים של גופרית באטמוספירה יכולים להיות רעילים לצמח. לפי Saalbach (1984) ריכוז הגופרית באויר שמעליו ישנה בעיה הוא 120 מיקרוג' גופרית למ"ר. ריכוז הגופרית השכיח באטמוספירה הוא כרבע מריכוז הסף שצויין.

יישום של גופרה פוגע בקליטת מוליבדן. Stout et al., (1951) הראו שיישום סידן גופריתי הקטין קליטה של מוליבדן באפונה ועגבנייה. Reismauer (1963) הראה שיישום סידן גופריתי לקרקע דלה במוליבדן הקטין את היבול וריכוז החנקן באפונה. תוצאה דומה התקבלה גם בסויה כאשר גופרה הקטין את קליטת המוליבדן בעוד זרחן העלה את קליטת המוליבדן (Singh and Kumar, 1979). Alhendawi et al., (2005) והראו שתנועה של מוליבדן בקסילם של עגבנייה מושפעת מאוד מריכוז הגופרה שבתמיסת הגידול. ריכוז המוליבדן בקסילם ללא נוכחות גופרה היה גבוהה בפי 11 מאשר בצמחים שגדלו בנוכחות פוספט. הוספת גופרה לתמיסת הגידול שלא הכילה גופרה הורידה את ריכוז המוליבדן לערך דומה לזה שהתקבל בצמחים שגדלו עם גופרה. בהולנד ריכוז הגופרה המומלץ במי ההשקיה למרבית גידולי הירקות והפריחים הוא 1.8 מילימולר ואילו בעגבנייה הריכוז המומלץ גבוה יותר, 4.4 מילימולר גופרה (Kreij et al., 1992). מהסקירה הנ"ל ברור שהידע על הזנת עגבניות בגופרה מועט, יש סתירות בין הממצאים בעבודות הנ"ל וחסר ידע על יחסי היונים גופרה/חנקן/זרחן ומוליבדט בעגבנייה. ככול שידוע לנו לא נעשתה בארץ עבודה שבחנה את ההשפעה של ריכוז הגופרה במי ההשקיה על גידול, יבול ואיכות בעגבנייה.

כפי שתואר ירידה בריכוז של גופרה במי ההשקיה עלולה לפגוע ברמת היבול ואיכותו. סוג הפגיעה ורמתה תלויה בסוג הגידול ובקרקע. בקרקעות קלות, אשר אינם עשירות בחומר אורגני, צפוי שהפגיעה תהיה מהירה יותר על ציר שנות הגידול. לעיתים המחסור אינו מתבטא בהתפתחות הוגטיבית אלא פגיעה בפרי ואיכותו. כפי שתואר למעלה הידע על ההשפעה של ריכוז הגופרה ויחס הריכוזים בין גופרה לאניונים אחרים על תגובת הצמח יבולו ואיכותו מצומצם ובעיקר חסר ידע בתנאי האקלים של ישראל. לפיכך, יש ללמוד את התגובה לגופרה ולהמליץ על המינון המתאים במי ההשקיה בתנאי הגידול והאקלים בישראל.

2. מטרת המחקר

השערת המחקר היא ששימוש במים מותפלים להשקיה בממשק הדישון הקיים גורם לפגיעה ביבול ואיכותו. מטרת העבודה העיקרית היא לקבוע את רמת הגופרה הדרושה במים מותפלים והיחס בינה לבין חנקן ומוליבדט לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים של עגבנייה (גידול מבחן) הגדלה ברמת נגב. מטרת המשנה של העבודה:

1. לקבוע את הריכוז הדרוש של גופרה במי ההשקיה לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים בעגבנייה.
2. לאפיין את יחסי הגומלין בין גופרה וחנקן שבמי ההשקיה על קליטת גופרה, התפתחות, יבול ואיכות של עגבנייה.

3. תיאור הניסויים

בשנה הראשונה חודשה התשתית לביצוע ניסויי הגידול. בתחנה קיים מכשיר להתפלת מים בשיטה של אוסמוזה הפוכה ומערכות לאגירת מים מותפלים ולגידול הצמחים. מערכת גידול הצמחים מבוססת על 8 טיפולים שכל אחד מהם הוזן ממיכל של 5000 לי' אשר בתוכו הוכנה תמיסת השקיה סופית. מערכת ההשקיה אוטומטית ומבוקרת ע"י מחשב עם מעקב רציף אחר כמות מים המושקת בכל טיפול. מערכת זאת שימשה לניסויים בשלושת שנות הניסוי. צמחי עגבנייה מזן מיכאלה (הזרע), גודלו במיכלי פוליסטירן (קלקר) באורך 100 ס"מ, רוחב 50 ס"מ ועומק 20 ס"מ. הצמחים גודלו במצע פרלייט 2 (גודל חלקיקים ממוצע של 1.2 מ"מ). בכל מיכל נשתלו 5 צמחים בשורה. כל חזרה הכילה 3 מיכלים. הצמחים הושקו במערכת טפטוף מתווסת אל-נגר של חברת נטפים, טפטפת כל 20 ס"מ. השקיה נעשתה בעודף רב עם נקז של 30-50% בתדירות של 2-5 פעמים ביום. בקרת השקיה נעשתה ע"י בדיקת מי הנקז מידי שבוע. בשלב ראשון הושקו הצמחים במי קו מהולים במים מליחים לרמה של EC 1.5 שהכילו תמיסת דשן 6:6:6 (N: P₂O₅:K₂O) ברמה של 50 ח"מ חנקן. בשלב שני, יושמו הטיפולים שהתבססו על תמיסות דשן שהוכנו ממים מותפלים אליהם הוספו מלחים שונים: H₃PO₄, KH₂PO₄, NaNO₃, KNO₃, Ca(NO₃)₂, CaSO₄, Mg(NO₃)₂, MgSO₄, K₂SO₄, NH₄NO₃, CaCl₂, MgCl₂, KCl, NaCl, B(OH)₃.

יסודות קורט הוספו מתמיסת קורטין ("דשנים וחומרים כימיים בע"מ"). סודיום ביקרבונט (NaHCO_3) הוסף במנה קבועה לכל הטיפולים על מנת להגיע לערך ההגבה הרצוי במי ההשקיה. התמיסות תוכננו כך שריכוזי כל היסודות נשארו קבועים מלבד גופרה חנקה וכלוריד. כלוריד וחנקה היו האניונים שאיזנו את השינויים בריכוז הגופרה במי ההשקיה (טבלה 1).

כל ניסוי הוצב בתבנית של בלוקים באקראי בשש חזרות. נבחנו 8 טיפולים אשר מוצגים בטבלאות 1-3. הערכים מייצגים את ממוצעי הריכוזים במשך הגידול עבור שנות הניסוי השונות. טיפולים 1-5 בחנו את השפעת העליה בריכוז הגופרית בריכוז חנקן קבוע וטיפולים 6-8 בחנו את השפעת העליה בריכוז הגופרית ברמת חנקן גבוהה.

| ריכוז (מיליקוולינט ללי) | ריכוז (מילימולר) | | | | טיפול |
|-------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-------|
| | גופרית+חנקה+כלוריד | כלוריד | חנקן | חנקה | |
| 18.8 | 14.8 ± 1.1 | 4.4 ± 0.9 | 3.6 ± 0.4 | 0.19 ± 0.07 | 1 |
| 18.9 | 13.9 ± 1.7 | 4.6 ± 0.8 | 3.6 ± 0.4 | 0.69 ± 0.23 | 2 |
| 19.4 | 13.5 ± 0.5 | 4.5 ± 0.8 | 3.6 ± 0.4 | 1.16 ± 0.16 | 3 |
| 18.4 | 10.7 ± 0.7 | 4.6 ± 0.8 | 3.6 ± 0.4 | 2.09 ± 0.15 | 4 |
| 18.3 | 8.1 ± 0.7 | 4.4 ± 0.7 | 3.6 ± 0.5 | 3.55 ± 0.13 | 5 |
| 18.2 | 7.7 ± 0.5 | 11.0 ± 0.8 | 10.1 ± 0.7 | 0.21 ± 0.09 | 6 |
| 18.4 | 6.0 ± 0.8 | 11.0 ± 0.7 | 10.0 ± 0.6 | 1.16 ± 0.15 | 7 |
| 17.4 | 0.6 ± 0.5 | 10.8 ± 0.5 | 9.8 ± 0.4 | 3.56 ± 0.36 | 8 |

טבלה 1. רשימת טיפולים לשנת המחקר הראשונה. הערכים מייצגים את הממוצע בעונת הגידול במי טפטפת החל מה-15 לאוקטובר 2009 \pm סטית תקן.

| ריכוז (מיליקוולינט ללי) | ריכוז בטפטפת (מילימולר) | | | | טיפול מספר |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------|
| | גופרית+חנקה+כלוריד | כלוריד | חנקן | חנקה | |
| 19.3 | 14.4 ± 0.3 | 6.0 ± 0.4 | 4.6 ± 0.2 | 0.13 ± 0.03 | 1 |
| 18.8 | 13.2 ± 0.5 | 5.8 ± 0.3 | 4.5 ± 0.1 | 0.57 ± 0.03 | 2 |
| 19.0 | 12.3 ± 0.4 | 5.9 ± 0.3 | 4.6 ± 0.2 | 1.05 ± 0.07 | 3 |
| 19.1 | 10.3 ± 0.4 | 5.9 ± 0.2 | 4.5 ± 0.1 | 2.14 ± 0.1 | 4 |
| 19.1 | 7.8 ± 0.6 | 5.9 ± 0.4 | 4.0 ± 0.2 | 3.75 ± 0.12 | 5 |
| 18.3 | 7.4 ± 0.4 | 11.5 ± 1.0 | 10.7 ± 0.7 | 0.12 ± 0.03 | 6 |
| 18.1 | 5.6 ± 0.2 | 11.1 ± 1.2 | 10.3 ± 1.0 | 1.09 ± 0.03 | 7 |
| 19.0 | 1.4 ± 0.2 | 11.2 ± 0.8 | 10.2 ± 0.7 | 3.68 ± 0.05 | 8 |

טבלה 2. רשימת טיפולים לשנת המחקר השנייה. הערכים מייצגים את הממוצע בעונת הגידול במי טפטפת החל מה-8 לספטמבר 2010 \pm סטית תקן.

| ריכוז (מיליקוולינט ללי) | ריכוז בטפטפת (מילימולר) | | | | טיפול מספר |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------|------------|
| | גופרית+חנקה+כלוריד | כלוריד | חנקן | חנקה | |
| 20.2 | 14.4 ± 1.3 | 5.7 ± 1.0 | 4.5 ± 0.6 | 0.10 ± 0.009 | 1 |
| 19.6 | 13.6 ± 0.6 | 5.5 ± 0.9 | 4.5 ± 0.5 | 0.56 ± 0.123 | 2 |
| 19.3 | 12.9 ± 1.8 | 5.2 ± 1.9 | 4.2 ± 1.3 | 1.24 ± 0.17 | 3 |
| 19.3 | 11.2 ± 2.7 | 5.3 ± 1.7 | 4.3 ± 1.1 | 2.78 ± 1.0 | 4 |
| 17.3 | 8.2 ± 0.7 | 5.2 ± 1.5 | 3.9 ± 0.7 | 3.86 ± 1.04 | 5 |
| 18.6 | 7.5 ± 0.7 | 10.9 ± 0.6 | 10.6 ± 0.3 | 0.18 ± 0.04 | 6 |
| 18.1 | 6.0 ± 1.2 | 10.9 ± 0.8 | 10.5 ± 0.5 | 1.24 ± 0.17 | 7 |
| 15.5 | 1.8 ± 0.9 | 10.3 ± 1.2 | 9.7 ± 0.8 | 3.37 ± 0.61 | 8 |

טבלה 3. רשימת טיפולים לשנת המחקר השלישית. הערכים מייצגים את הממוצע בעונת הגידול במי טפטפת החל מה-11 לספטמבר 2011 \pm סטית תקן.

בדיקות מי ההשקיה ומי נקז כללו מוליכות חשמלית, חומציות וריכוז היונים: חנקה, אמון, זרחן, אשלגן, מגניון, סידן, גופרית, כלוריד ונתרן. מי הטפטפת ומי נקז נבדקו אחת לשבוע.

צמחים ובדיקות עלים נדגמו מכל חלקה. לאחר הפרדה לחלקי צמח שונים כל חלק נשקל, נשטף, ויובש בתנור. לבסוף נקבע משקל יבש של העלים, גבעול ופירות של כל חלק וריכוז המינרלים בו. נקבעו ריכוז היסודות חנקן, זרחן, אשלגן, מגניון, סידן, גופרית, נתרן, כלוריד ומיקרואלמנטים במצויים המתאימים (שריפה רטובה בחומצה גופריתית, שריפה רטובה בחומצה חנקתית ומיצי מימי). ריכוזי חנקה, אמון וזרחן מבדיקות המים ומיצי הצמחים נקבעו באוטואנלייזר, אשלגן בפוטומטר להבה, סידן ומגניון במכשיר בליעה אטומית. גופרית ומיקרואלמנטים ב-ICP. קטיף נעשה לפירות בשלים בלבד. בכל קטיף הפירות נשקלו, נספרו ונקבעה איכותם לפי מדדים מקובלים: יצוא, סדוקים, שחור פיטם ופגעים אחרים.

ניסוי שנה ראשונה - צמחים נשתלו ב-10 לספטמבר 2009. יישום הטיפולים החל ב-15 לאוקטובר כחמישה שבועות משתילה אך הגעה להרכב סופי במי הטפטפת היתה רק ב-23.11.09. הכוונה היתה להתחיל בטיפולים כשבועיים משתילה, אך תקלות במערכת ההשקיה והכנת התמיסות עיכבה את התחלת הטיפולים המתוכננים. ריכוזים ממוצעים במי הטפטפת היו: זרחן 1.09 (34 ח"מ), אשלגן 3.4 מילימולר (131 ח"מ) סידן 2.0 מילימולר (78.8 ח"מ), מגניון 0.94 מילימולר (22.8 ח"מ) ונתרן 8.7 מילימולר (2001 ח"מ). ריכוזי המיקרו-אלמנטים במי ההשקיה היו: ברזל - 1.0 ח"מ, מנגן - 0.5 ח"מ, אבץ - 0.25 ח"מ, נחושת - 0.036 ח"מ, מוליבדן - 0.027 ח"מ ובורן - 0.3 ח"מ. ריכוז האמון מכלל החנקן בכל הטיפולים היה בתחום 10-20%. חומציות מי הטפטפת היתה בערך הגבה של 5.5-6.5. מוליכות חשמלית של מי ההשקיה היתה בתחום 2.0-2.5 דציסימנס למי.

מעקב אחר קליטת מינרלים ע"י הצמח - עלים נבדקו במועדים הבאים 23.11.09 (דיאגנוסטיים), 10.1.10 (קומות העלים שנראו בהם סימני מחסור בגופרית), 7.2.10 (עלים בוגרים, עלים דיאגנוסטיים ופירות), 13.4.10 (דיאגנוסטיים). ב-7.2.10 פורקו צמחים שלמים מטיפול 7 לחלקים השונים: כלל העלים, גבעול ופירות. כל חלק נשקל, נשטף, ויובש בתנור. נקבע אחוז חומר יבש של עלים, גבעול ופירות והתבצעה אנליזת יסודות לקבלת ריכוז המינרלים בהם.

ניסוי שנה שנייה - צמחים נשתלו ב-16 לאוגוסט 2010. יישום הטיפולים החל ב-6 לספטמבר 2010. ריכוזים ממוצעים במי הטפטפת היו (במילימולר): זרחן 0.97 (30.2 ח"מ), אשלגן 3.95 מילימולר (154 ח"מ) סידן 1.92 מילימולר (76.9 ח"מ), מגניון 0.95 מילימולר (22.8 ח"מ) ונתרן 10 מילימולר (230.8 ח"מ). ריכוזי המיקרו-אלמנטים במי ההשקיה היו: ברזל - 1.0 ח"מ, מנגן - 0.5 ח"מ, אבץ - 0.25 ח"מ, נחושת - 0.036 ח"מ, מוליבדן - 0.027 ח"מ ובורן - 0.3 ח"מ. חומציות מי הטפטפת היתה בערך הגבה ממוצע של 5.6. מוליכות חשמלית של מי ההשקיה היתה בתחום 2.0-2.7 דציסימנס למי.

ב-23.10.2010 לספטמבר נדגם צמח מכל חלקה והופרד לפירות, עלים בוגרים (קומות 1+2), שאר העלים וגבעול. כל חלק נשקל, נשטף, ויובש בתנור. נקבע אחוז חומר יבש של עלים, גבעול ופירות והתבצעה אנליזת יסודות לקבלת ריכוז המינרלים בהם. קטיף הפירות הבשלים החל ב-24.10.2010. בתאריך 2.12.2010 החלו להופיע סימני הצהבה והתייבשות עלים אשר החמירו עם הזמן עד כדי פגיעה משמעותית בצמח (איור 1). נעשתה סדרה של בדיקות לבירור הגורם לתופעה והתברר שבמקום סודיום ניטרט (NaNO_3) סופק ע"י החברה סודיום ניטרט (NaNO_2) עם כיתוב מוטעה). ניטרט הינו חומר רעיל מאוד לצמחים ואספקה רציפה שלו גרמה לפגיעה בצמחים. ב-10.1.2011 הופסק הניסוי בשל התקלה.

ניסוי שנה שלישית - צמחים נשתלו ב-24 לאוגוסט 2011. יישום הטיפולים החל ב-11 לספטמבר 2011. ריכוזים ממוצעים במי הטפטפת היו (במילימולר): זרחן 0.98 (30.5 ח"מ), אשלגן 3.75 מילימולר (147 ח"מ) סידן 2.08 מילימולר (83.5 ח"מ), מגניון 1.06 מילימולר (25.8 ח"מ) ונתרן 10.1 מילימולר (233 ח"מ). ריכוזי המיקרו-

אלמנטים במי ההשקיה היו דומים לשנה הקודמת. חומציות מי הטפטפת היתה בערך הגבה ממוצע של 5.7. מוליכות חשמלית של מי ההשקיה היתה בתחום 2.3-2.5 דציסימנס למ'.
כחודש לאחר תחילת הטיפול ובשלושה מועדים נוספים (10.10.11, 27.10.11, 22.2.12, 17.4.12) במהלך העונה נדגם צמח מכל חלקה והופרד לפירות, עלים וגבעול. כל חלק נשקל, נשטף, ויובש בתנור. נקבע אחוז חומר יבש של עלים, גבעול ופירות והתבצעה אנליזה יסודות לקבלת ריכוז המינרלים בהם. בנוסף נעשה דיגום עלים דיאגנוסטיים בארבעה מועדים (10.10.11, 10.11.11, 22.12.11, 10.1.12) לקביעת מינרלים בהם. קטיף הפירות

הבשלים החל ב-27.10.11 והסתיים ב-10.4.12 והתבצע אחת לשבוע ביום קבוע. הפירות מוינו, נשקלו ונספרו באותו יום ונקבעה איכותם לפי מדדים המקובלים: יצוא, סדוקים, שחור פיטם ופגעים אחרים. בכל קטיף שני הוצא מיזגם של 6-10 פירות מכל חלקה לבחינת מדדי איכות כימיים (TA, TSS) ונערך מבחן חיי מדף.

איור 1. צמח פגוע כתוצאה מהשקיה בתמיסה שהכילה ניטריט.



4. תוצאות ודיון

4.1 תוצאות שנה ראשונה

מי נקז – ההשקיה היתה בעודף ומי הנקז נמדדו ברציפות במהלך העונה. הערכים שהתקבלו מייצגים את מידת השטיפה ואת התנאים בריזוספרה. ריכוזים ממוצעים במי הנקז במילימולר וסטית תקן בסוגרים היו: זרחן 0.62 (0.23), אשלגן 1.5 (0.2) סידן 2.3 (0.3), מגניון 1.1 (0.1) ונתרן 16.1 (2.0). ריכוז האמון הממוצע בכל הטיפולים היה נמוך, כ-0.3 מילימולר. חומציות מי הנקז היתה בערך הגבה של 5.7 ± 0.3 . מוליכות חשמלית ממוצעת של מי הנקז היתה 3.1 ± 0.4 דציסימנס למ'. ריכוזי גופרה, חנקן, חנקן וכלוריד בטיפולים השונים מוצגים בטבלה 4. ערך ההגבה במי הנקז היה דומה מאוד למי הטפטפת ובטווח הרצוי מצביע על תנאים טובים מבחינת קליטת המינרלים ובחירה נכונה של יחסי אמון חנקן בתנאי הניסוי. באופן כללי, היחס בין המוליכות החשמלית במי הנקז למי הטפטפת היה 1.35 ומבטא מקדם השקיה גבוה כפי שתוכנן. ריכוזי אשלגן וזרחן במי הנקז ירדו משמעותית בהשוואה למי הטפטפת והיחס היה 0.44 ו-0.59, בהתאמה. יחסים אלו מצביעים על קליטה עודפת של מינרלים אלו ביחס לקליטת מים. לעומת זאת, סידן, מגניון ונתרן ריכוזם בנקז היה גבוה ממי הטפטפת והיחס שהתקבל היה בממוצע 1.17, 1.23 ו-1.85, בהתאמה. כלומר קליטת מינרלים אלו היתה נמוכה בהשוואה לקליטת המים. בחמשת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה נמוך (טיפולים 1-5) ריכוז החנקן בנקז היה נמוך ביותר כ-30% מריכוזו במי הטפטפת. לעומת זאת, בשלושת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה גבוה (טיפולים 5-8), ריכוזו במי ההשקיה היה גבוה ממי הטפטפת בכ-10% (טבלאות 1 ו-4). תוצאות אלו מצביעות על כך שטיפולי החנקן שנבחרו מייצגים מצבים שונים כאשר בטיפול החנקן הנמוך מרבית החנקן נקלט ע"י הצמח. לעומת זאת, בטיפול החנקן הגבוה ריכוזו במים מעל הדרוש והעודף מתרכז במי הנקז. כמות הכלוריד הדרושה לצמח קטנה יחסית ולכן ריכוזו במי הנקז גבוה ביחס למי הטפטפת בכל הטיפולים. שיעור התרכזות הכלוריד בנקז גדל עם העליה בריכוזו במי הטפטפת, מפי 1.5 בטיפול 5 לפי 2.1 בטיפולים 1 ו-2. היחס בין ריכוז הגופרית במי הנקז למי הטפטפת עלה עם העליה בריכוז הגופרית לערכים של 0.55, 0.86, 1.06, 1.32 ו-1.50 עבור טיפולים 1, 2, 3, 4, ו-5, בהתאמה. כלומר בשני טיפולי הגופרית הנמוכים ריכוז הגופרית במים שהצמח קלט גבוה מאשר במי הטפטפת ואילו בשלושת הטיפולים האחרים המגמה התהפכה. ככלל, טיפולי החנקן לא השפיעו על היחס בין ריכוזי הגופרית שבמי הנקז לאלה שבמי הטפטפת.

טבלה 4. ריכוזי הגופרית, חנקת, חנקן מינרלי וכלוריד במי הנקז. הערכים מייצגים את הממוצע בעונת הגידול במי נקז החל מה- 15 לאוקטובר 2009 ± סטית תקן.

| טיפול | ריכוז (מילימולר) | | | | ריכוז (מיליקוולינט ללי) |
|-------|------------------|------------|------------|------------|-------------------------|
| | גופרית | חנקת | חנקן | כלוריד | |
| 1 | 0.11 ± 0.02 | 1.1 ± 1.8 | 1.1 ± 1.9 | 28.5 ± 6.9 | 29.8 |
| 2 | 0.59 ± 0.11 | 1.3 ± 1.9 | 1.4 ± 2.1 | 25.9 ± 8.7 | 28.4 |
| 3 | 1.23 ± 0.24 | 1.1 ± 1.6 | 1.3 ± 1.8 | 19.5 ± 1.7 | 23.1 |
| 4 | 2.75 ± 0.43 | 1.1 ± 1.4 | 1.3 ± 1.8 | 14.6 ± 2.1 | 21.2 |
| 5 | 5.32 ± 0.69 | 1.2 ± 1.5 | 1.4 ± 1.9 | 11.2 ± 1.7 | 23.0 |
| 6 | 0.09 ± 0.02 | 12.3 ± 1.9 | 12.4 ± 1.8 | 11.0 ± 1.9 | 23.6 |
| 7 | 1.29 ± 0.11 | 12.6 ± 1.8 | 12.9 ± 1.8 | 8.6 ± 1.5 | 23.8 |
| 8 | 5.34 ± 0.61 | 11.4 ± 1.5 | 11.7 ± 1.7 | 0.8 ± 0.6 | 22.8 |

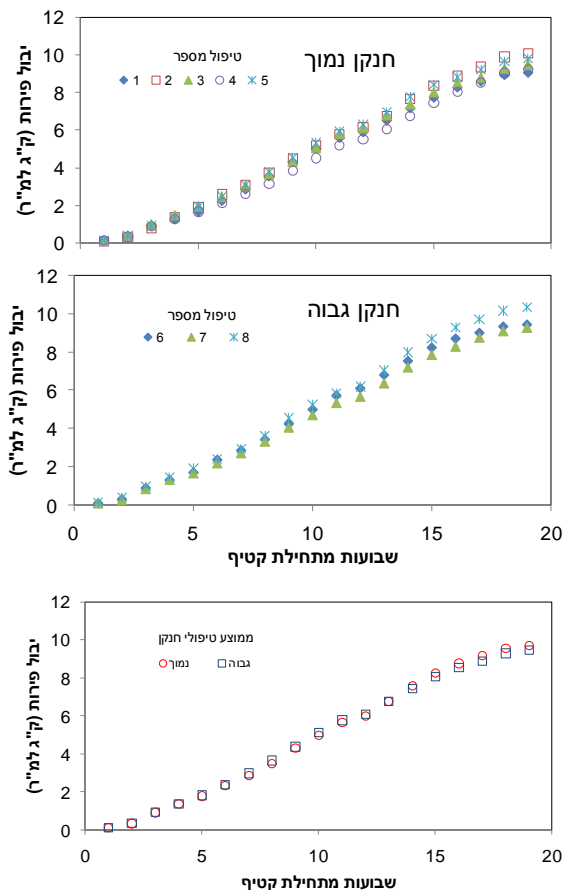
השפעת הטיפולים על הגידול והיבול – גידול הצמחים בכל מהלך העונה היה כמקובל והתפתחותם לא הושפעה מהטיפולים במשך כל תקופת הגידול הראשונה, עד 6 שבועות מתחילת יישום הטיפולים (איור 2). לאחר מכן, הובחנו הבדלים קלים בהתפתחות הנוף בטיפולים 1 ו-6 שנראו מפותחים פחות וגטטיבית בהשוואה לשאר הטיפולים. הבדל זה נשמר עד תום הגידול ונגרם כתוצאה מריכוז גופרה נמוך. הבדלים אלו במשקל העלווה לא באו לידי ביטוי ביבול ואיכות הפירות (טבלה 5). בכל הפרמטרים של היבול והאיכות שנאספו במהלך הגידול לא נמצא כל הבדל בין הטיפולים. בסה"כ היבול המצטבר לאורך העונה לא הושפע מטיפולי הגופרה (איור 3). נראה כי בשבועות האחרונים של העונה מתחיל להתפתח הבדל קל בין טיפולי הגופרה הנמוכים ביותר (טיפולים 1 ו-6) לשאר הטיפולים. נראה שהיישום המאוחר של הטיפולים הוא הגורם לכך שלא הייתה השפעה על היבול. לא נמצא הבדל בין שני טיפולי החנקן ביחס ליבול הכללי והמצטבר לאורך העונה (איור 4). מבחינה זאת ריכוזי החנקן שנבחרו ענו על המטרה.

| טיפול מספר | טיפול גופרה (מילימולר) | טיפול חנקן (מילימולר) | יבול כללי (ק"ג/מ"ר) | יצוא (ק"ג/מ"ר) | שוק (ק"ג/מ"ר) | אחוז יצוא (%) | משקל פרי (ג') | שחור פיטם (ק"ג/מ"ר) | סידוקים (ק"ג/מ"ר) | אחרים (ק"ג/מ"ר) |
|------------|------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 0.2 | 4.5 | 9.1 | 8.5 | 0.6 | 93.7 | 176.0 | 0.01 | 0.12 | 0.45 |
| 2 | 0.7 | 4.5 | 10.1 | 9.4 | 0.6 | 93.7 | 177.5 | 0.00 | 0.19 | 0.46 |
| 3 | 1.2 | 4.5 | 9.5 | 9.0 | 0.5 | 94.7 | 176.3 | 0.00 | 0.08 | 0.42 |
| 4 | 2.1 | 4.5 | 9.2 | 8.8 | 0.4 | 95.3 | 169.2 | 0.00 | 0.10 | 0.35 |
| 5 | 3.6 | 4.5 | 9.8 | 9.0 | 0.8 | 92.2 | 170.7 | 0.00 | 0.15 | 0.64 |
| 6 | 0.2 | 11.0 | 9.5 | 8.9 | 0.6 | 93.7 | 179.2 | 0.01 | 0.11 | 0.47 |
| 7 | 1.2 | 11.0 | 9.3 | 8.7 | 0.6 | 93.5 | 174.5 | 0.00 | 0.05 | 0.55 |
| 8 | 3.6 | 11.0 | 10.2 | 9.6 | 0.7 | 93.5 | 172.0 | 0.02 | 0.10 | 0.54 |

טבלה 5. יבול ואיכות פירות בטיפולים השונים. הערכים מייצגים ממוצעים משש חזרות. בכל המבחנים הסטטיסטיים שנבחנו: חד גורמי כל הטיפולים, חד גורמי כל רמת חנקן ומבחן דו גורמי, לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים בכל פרמטר שנבדק.



איור 2. מצב הצמחים ב-27.1.2010. ניתן לראות שטיפול 6 דומה בגודלו לשאר הטיפולים אך צבע עליו בהיר יותר.



איור 3. משקל פירות כללי מצטבר לכל עונת הגידול בטיפולים השונים.

איור 4. משקל פירות כללי מצטבר השוואה בין ממוצעי טיפולי החנקן. הממוצעים חושבו עבור שלושת טיפולי הגופרה הזהים.

השפעת הטיפולים על הצטברות המינרלים בחלקי הצמח – בתחילת ינואר 2010 החלו להופיע סימני מחסור בעלים בוגרים שהתעצמו במהירות תוך ימים ספורים (איור 5). דיווח דומה נמסר בעבודה אחרת ודווח על כך שמחסורי גופרית בעגבנייה מתפתחים במהירות (Eaton, 1951). הסימנים הופיעו רק בטיפולים 6 ו-1 בהם ניתן ריכוז גופרה נמוך. באופן בולט הסימנים בטיפול 6 היו בולטים יותר. כפי שניתן לראות באיור 5, מחסורי גופרית בעגבנייה מתחילים כהצהבה בעלים הבוגרים בהמשך מופיעים כנקרוזות בשולי העלים הבוגרים ונקודות סגולות בין העורקים בעלה. תיאור זה מתאים לדיווחים קודמים של מחסורי גופרית בעגבנייה (Eaton, 1951; Ward,)



1976). בטבלה 6 מוצגים ריכוזי המינרלים בעלים בוגרים בהם נצפו מחסורי גופרה. ריכוז הגופרית בעלים אלו היה 0.21 ו-0.36% עבור טיפולים 6 ו-1, בהתאמה. בכל שאר הטיפולים ריכוז הגופרית היה מעל 1.1%.

איור 5. סימני מחסור של גופרית בעלי עגבנייה בעוצמה חלשה (א) ועוצמה חזקה (ב ו-ג). מועד צילום 10.1.10.

| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | טיפולי חנקן | טיפולי גופרה | טיפולי מספר |
|------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------------|------|-------------|--------------|-------------|
| (מ"ג לק"ג) | | | | | | % | | | | | | (מילימולר) | | | | |
| 9.8 | 251.7 | 8.1 | 24.4 | 55.3 | 304.3 | 2.53 | 0.44 | 0.34 | 0.75 | 4.92 | 2.52 | 1.10 | 3.64 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 6.5 | 200.5 | 8.5 | 20.4 | 52.0 | 269.2 | 2.05 | 0.44 | 1.11 | 0.69 | 4.11 | 2.91 | 0.90 | 3.60 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 3.9 | 230.5 | 7.5 | 22.5 | 51.6 | 295.9 | 2.38 | 0.54 | 1.36 | 0.71 | 4.61 | 2.83 | 0.89 | 3.53 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 2.9 | 205.2 | 7.7 | 21.7 | 47.7 | 241.1 | 2.01 | 0.57 | 1.31 | 0.67 | 3.66 | 3.22 | 0.87 | 3.65 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 2.5 | 235.6 | 10.9 | 21.4 | 68.9 | 332.9 | 2.64 | 0.78 | 1.34 | 0.81 | 3.10 | 3.23 | 1.11 | 3.53 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 7.4 | 171.6 | 7.0 | 18.4 | 43.2 | 247.1 | 0.83 | 0.67 | 0.21 | 0.43 | 2.28 | 2.55 | 0.87 | 3.81 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 5.4 | 172.0 | 7.3 | 18.8 | 44.0 | 277.2 | 0.62 | 0.78 | 1.23 | 0.57 | 3.06 | 2.87 | 0.81 | 4.05 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 2.2 | 209.9 | 9.2 | 19.6 | 53.6 | 281.0 | 0.49 | 1.18 | 1.12 | 0.68 | 2.42 | 3.68 | 1.25 | 4.09 | 11.0 | 3.6 | 8 |

טבלה 6. ריכוז מינרלים בעלים בוגרים. מועד דיוגום 10.1.2010. ערכים מציגים ממוצעים של 5 חזרות.

בטבלה 7 מוצגים ערכי מינרלים בעלים דיאגנוסטיים בשלושה מועדים לאורך הגידול. מועד הדיגום הראשון נעשה ב-23.11.09, מיד עם התייצבות הריכוזים של המינרלים במי ההשקיה. מועד הדיגום השני היה ב-7.2.10 בתקופה בה גידול הצמח מתון והמועד השלישי היה ב-13.4.10 בתקופה בה גידול הצמח היה נמרץ. נבדקו כל 12 היסודות החיוניים בנוסף לנתרן וכלוריד. מגמה בולטת בכל המועדים הינה שריכוז הגופרית בעלים עולה עם העליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה עד לערך מירבי שמושג בהשקיה של 1.2 מילימולר גופרה (איור 6א). בריכוז של 0.2 מילימולר גופרה במי ההשקיה ריכוז הגופרית בעלים דיאגנוסטיים היה כ-0.3% בשלושת מועדי הדיגום. לעומת זאת, בשאר הטיפולים שיא ריכוז הגופרית בעלים היה בדיגום ב-7.2.10. בדיגום פברואר קצב גידול הצמח היה נמוך בהשוואה לשני המועדים האחרים. חיזוק לכך ניתן לראות בריכוז הסיידן בעלים שגם הוא גבוה משמעותית במועד זה בהשוואה לשני המועדים האחרים (איור 6ג). ריכוז הסיידן בעלים מצטבר עם הזמן והינו במתאם חיובי לגיל העלה. ככלל, טיפולי החנקן לא השפיעו על הצטברות גופרית בעלים (איור 6א). ריכוז המוליבדן בעלים הלך וירד עם העליה בריכוז הגופרית במי ההשקיה מערכים של עד 8 מ"ג לק"ג ח"י ברמת הגופרית הנמוכה ביותר לערכים של כ-2 מ"ג לק"ג ח"י ברמת הגופרה הגבוהה ביותר (איור 6ב). עוצמת התגובה התבטאה בעיקר בריכוזים הנמוכים של הגופרה והיא הלכה ופחתה עם העליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה.

במספר דיווחים נמצא שיישום של גופרה פוגע בקליטת מוליבדן במינים שונים (Reisenauer, 1963; Singh and Kumar, 1979). ככלל, טיפולי החנקן לא השפיעו על הצטברות המוליבדן בעלים. מגמה נוספת בולטת הינה הירידה בריכוז הסיידן בעלים בעיקר בריכוז הגופרה הגבוה. במועד הדיגום הראשון היתה בולטת במיוחד מערך של 1.5 ל-0.9% מטיפול הגופרה הנמוך לטיפול הגבוה (טבלה 8). מגמה דומה התקבלה גם בעלים שנדגמו בפברואר מ-4.9 ל-3.1% (טבלה 7). נוכחות גופרה בריכוזים גבוהים במים יכולה ליצור קומפלקסים עם סיידן שיכול להקטין בעקבות כך את ריכוז הסיידן החופשי וזמינותו לצמח. העלאת ריכוז החנקן במי ההשקיה הפחיתה במרבית המקרים את הצטברות הסיידן בעלים (טבלאות 6 ו-7) אשר הינה תוצאה ישירה מהעלאת ריכוז האמון במי ההשקיה. תופעה דומה התקבלה גם במיני צמחים אחרים כגון בזיל ופלפל (אורי ירמיהו ידע אישי). יסוד נוסף שמושפע מהעליה בריכוז הגופרה הינו הנתרן, שלא כמו הסיידן, ריכוזו עולה עם ריכוז הגופרה והחנקן במי ההשקיה. יסוד נוסף שריכוזו בעלים הושפע באופן משמעותי מהטיפולים הינו כלוריד (טבלאות 6 ו-7, איור 6ד). ריכוז החנקן לא הושפע מטיפול הגופרה אך כפוי ריכוז החנקן בעלים בטיפול שהושקו בחנקן הגבוה היה גבוה יותר באופן עקבי מזה שהושקו בריכוז החנקן הנמוך. יש לציין שבסה"כ ריכוז החנקן בעלים דיאגנוסטיים היה כ-3% שנחשב לערך מספק. הכלוריד הינו האניון המשלים של הגופרה והחנקן וריכוזו במי ההשקיה אינו אחיד (טבלא 1) דבר שמתבטא היטב בריכוזו בעלים שהיה בהתאמה לריכוזו במים.

| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | טיפול גופרה | טיפול חנקן | מספר |
|------------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------------|------|-------------|------------|------|
| (מ"ג לק"ג) | | | | | | % | | | | | | (מילימולר) | | | | |
| 6.6 | 112.3 | 8.1 | 16.1 | 21.3 | 92.1 | 1.66 | 0.12 | 0.26 | 0.31 | 1.50 | 3.06 | 0.57 | 3.02 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 3.8 | 116.2 | 6.3 | 17.8 | 23.7 | 115.4 | 1.89 | 0.23 | 0.43 | 0.33 | 1.61 | 3.71 | 0.58 | 2.64 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 2.6 | 119.5 | 7.3 | 18.0 | 21.1 | 115.3 | 1.37 | 0.15 | 0.50 | 0.34 | 1.56 | 3.50 | 0.65 | 2.98 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 2.6 | 126.2 | 6.6 | 18.6 | 24.9 | 137.6 | 0.76 | 0.27 | 0.66 | 0.35 | 1.79 | 3.81 | 0.62 | 3.17 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 2.1 | 107.1 | 10.1 | 16.4 | 24.3 | 95.3 | 1.03 | 0.21 | 0.55 | 0.46 | 0.90 | 3.45 | 0.49 | 3.12 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 6.2 | 102.7 | 6.0 | 16.0 | 19.2 | 126.1 | 0.67 | 0.20 | 0.23 | 0.26 | 1.12 | 3.32 | 0.58 | 3.03 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 3.3 | 95.5 | 7.6 | 16.6 | 19.8 | 128.8 | 0.43 | 0.18 | 0.51 | 0.30 | 1.12 | 3.23 | 0.64 | 3.45 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 2.2 | 103.1 | 10.2 | 21.9 | 20.3 | 99.2 | 0.33 | 0.30 | 0.54 | 0.47 | 0.95 | 3.64 | 0.68 | 3.56 | 11.0 | 3.6 | 8 |

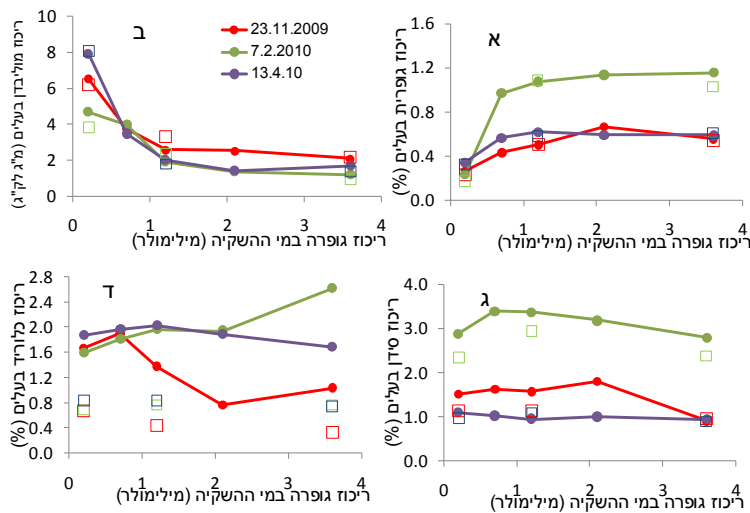
7.2.10

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 4.7 | 311.6 | 6.5 | 68.8 | 36.0 | 175.7 | 1.59 | 0.29 | 0.24 | 0.48 | 2.87 | 1.30 | 0.74 | 2.89 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 4.0 | 286.1 | 7.3 | 69.9 | 42.6 | 185.1 | 1.81 | 0.48 | 0.97 | 0.58 | 3.39 | 2.00 | 0.73 | 3.03 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 1.9 | 313.7 | 6.8 | 47.0 | 40.6 | 201.7 | 1.97 | 0.40 | 1.07 | 0.60 | 3.38 | 1.87 | 0.69 | 3.07 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 1.4 | 311.0 | 7.2 | 51.9 | 38.6 | 210.3 | 1.94 | 0.39 | 1.13 | 0.55 | 3.18 | 2.08 | 0.72 | 3.07 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 1.2 | 330.8 | 7.6 | 55.7 | 54.3 | 211.7 | 2.62 | 0.64 | 1.15 | 0.59 | 2.78 | 1.95 | 0.69 | 3.18 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 3.9 | 279.7 | 5.9 | 47.8 | 45.6 | 205.0 | 0.68 | 0.54 | 0.17 | 0.35 | 2.32 | 1.54 | 0.73 | 3.43 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 2.4 | 299.9 | 6.0 | 48.1 | 42.4 | 221.9 | 0.76 | 0.79 | 1.09 | 0.51 | 2.94 | 1.94 | 0.71 | 3.48 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 0.9 | 317.9 | 8.6 | 47.0 | 45.8 | 232.5 | 0.76 | 0.76 | 1.03 | 0.54 | 2.36 | 1.94 | 0.73 | 3.54 | 11.0 | 3.6 | 8 |

13.4.10

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 7.9 | 134.8 | 8.1 | 32.0 | 30.2 | 108.6 | 1.87 | 0.29 | 0.34 | 0.35 | 1.08 | 3.88 | 0.84 | 3.50 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 3.5 | 109.8 | 6.3 | 28.2 | 31.0 | 100.6 | 1.97 | 0.48 | 0.57 | 0.33 | 1.01 | 4.33 | 0.78 | 3.86 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 2.0 | 107.3 | 6.2 | 27.0 | 28.4 | 105.6 | 2.02 | 0.43 | 0.62 | 0.32 | 0.95 | 4.48 | 0.73 | 3.74 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 1.4 | 101.0 | 6.7 | 30.3 | 27.8 | 102.9 | 1.89 | 0.47 | 0.59 | 0.33 | 0.99 | 4.24 | 0.74 | 4.00 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 1.7 | 81.7 | 9.5 | 26.2 | 30.0 | 94.0 | 1.69 | 0.33 | 0.59 | 0.30 | 0.94 | 4.10 | 0.83 | 3.89 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 8.1 | 120.0 | 7.0 | 26.0 | 30.8 | 97.5 | 0.83 | 0.38 | 0.32 | 0.31 | 0.97 | 3.75 | 0.92 | 3.56 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 1.8 | 95.7 | 7.2 | 28.5 | 27.2 | 94.3 | 0.82 | 0.46 | 0.58 | 0.32 | 1.08 | 3.96 | 0.70 | 4.04 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 1.4 | 83.4 | 8.4 | 29.3 | 25.5 | 94.1 | 0.74 | 0.46 | 0.61 | 0.32 | 0.89 | 4.20 | 0.75 | 4.24 | 11.0 | 3.6 | 8 |

טבלה 7. ריכוז מינרלים בעלים דיאגנוסטיים (עלה בוגר הצעיר ביותר) בשלושה מועדים שונים. מועד דיגום 23.11.2010 הינו המועד שלאחריו ריכוזי כל המינרלים בטיפולים היו קבועים וכמתוכנן. ערכים מציגים ממוצעים של 5 חזרות.



איור 6. ריכוזי גופרית, מוליבדן, סידן וכלוריד בעלים דיאגנוסטיים ממועדים שונים כתלות בריכוז הגופרה במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 5 חזרות.

בטבלה 8 ואיור 7 מוצגים ריכוזי המינרלים בשלושה חלקים שונים של הצמח: עלים צעירים, עלים בוגרים ופירות. בטבלה 9 מוצגים ריכוזי מינרלים מפירות בגילאים שונים, כלל העלים והגבעול של הצמח. באופן כללי כל המגמות שתוארו קודם ביחס לכל המינרלים נשמרו. אך ניתן לראות את הצטברות הגופרית בחלקי הצמח השונים. ריכוז הגופרית בעלים הבוגרים גבוה משמעותית בהשוואה לריכוזם בעלים הצעירים. בפירות ריכוז הגופרית על בסיס ח"י הינו הנמוך ביותר (איור 7א), אך ריכוזו הולך ועולה עם העליה בגיל הפרי (טבלה 9). ריכוז הגופרית בגבעול נמוך ובתחום הריכוזים שנמצאו בפירות.

עלים צעירים

| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | טיפול חנקן | טיפול גופרה | טיפול מספר |
|------------|-------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|-------------|------------|
| (מ"ג לק"ג) | | | | | | % | | | | | | | | (מילימולר) | | |
| 4.7 | 311.6 | 6.5 | 68.8 | 36.0 | 175.7 | 1.59 | 0.29 | 0.24 | 0.48 | 2.87 | 1.30 | 0.74 | 2.89 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 4.0 | 286.1 | 7.3 | 69.9 | 42.6 | 185.1 | 1.81 | 0.48 | 0.97 | 0.58 | 3.39 | 2.00 | 0.73 | 3.03 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 1.9 | 313.7 | 6.8 | 47.0 | 40.6 | 201.7 | 1.97 | 0.40 | 1.07 | 0.60 | 3.38 | 1.87 | 0.69 | 3.07 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 1.4 | 311.0 | 7.2 | 51.9 | 38.6 | 210.3 | 1.94 | 0.39 | 1.13 | 0.55 | 3.18 | 2.08 | 0.72 | 3.07 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 1.2 | 330.8 | 7.6 | 55.7 | 54.3 | 211.7 | 2.62 | 0.64 | 1.15 | 0.59 | 2.78 | 1.95 | 0.69 | 3.18 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 3.9 | 279.7 | 5.9 | 47.8 | 45.6 | 205.0 | 0.68 | 0.54 | 0.17 | 0.35 | 2.32 | 1.54 | 0.73 | 3.43 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 2.4 | 299.9 | 6.0 | 48.1 | 42.4 | 221.9 | 0.76 | 0.79 | 1.09 | 0.51 | 2.94 | 1.94 | 0.71 | 3.48 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 0.9 | 317.9 | 8.6 | 47.0 | 45.8 | 232.5 | 0.76 | 0.76 | 1.03 | 0.54 | 2.36 | 1.94 | 0.73 | 3.54 | 11.0 | 3.6 | 8 |

טבלה 8. ריכוז מינרלים בעלים דיאגנוסטיים, עלים בוגרים מהקומות הראשונות ופירות בשלים. מועד הדיגום 7.2.2010. ערכים מציגים ממוצעים של 5 חזרות.

עלים בוגרים

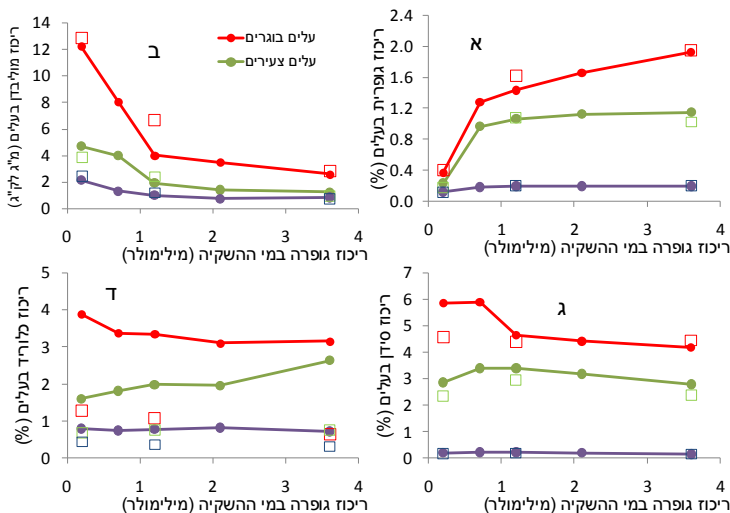
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 12.2 | 466.4 | 6.5 | 61.8 | 50.0 | 410.7 | 3.86 | 0.52 | 0.37 | 0.71 | 5.85 | 2.73 | 1.63 | 2.51 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 8.0 | 465.5 | 5.2 | 72.6 | 45.4 | 371.7 | 3.36 | 0.63 | 1.29 | 0.68 | 5.88 | 2.63 | 1.54 | 2.65 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 4.0 | 453.8 | 6.4 | 63.9 | 48.4 | 392.1 | 3.34 | 0.56 | 1.44 | 0.77 | 4.62 | 2.77 | 1.51 | 2.51 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 3.5 | 498.5 | 5.6 | 74.5 | 48.4 | 431.8 | 3.10 | 0.76 | 1.67 | 0.70 | 4.40 | 2.58 | 1.53 | 2.64 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 2.6 | 514.0 | 9.9 | 74.4 | 64.3 | 449.1 | 3.14 | 0.94 | 1.93 | 0.87 | 4.17 | 3.11 | 1.54 | 2.62 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 12.9 | 531.3 | 5.7 | 77.0 | 55.0 | 439.6 | 1.27 | 0.87 | 0.40 | 0.53 | 4.57 | 3.56 | 1.78 | 3.01 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 6.6 | 460.2 | 6.6 | 77.3 | 53.5 | 440.3 | 1.06 | 1.06 | 1.62 | 0.55 | 4.38 | 3.71 | 1.73 | 3.04 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 2.8 | 518.8 | 9.1 | 82.3 | 64.9 | 461.7 | 0.63 | 1.21 | 1.96 | 0.89 | 4.44 | 3.80 | 2.01 | 2.92 | 11.0 | 3.6 | 8 |

פירות

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|---|
| 2.11 | 19.7 | 4.4 | 14.3 | 8.5 | 32.2 | 0.80 | 0.16 | 0.12 | 0.17 | 0.20 | 3.34 | 0.50 | 1.55 | 4.5 | 0.2 | 1 |
| 1.29 | 18.4 | 4.1 | 12.7 | 8.4 | 33.2 | 0.74 | 0.16 | 0.18 | 0.17 | 0.22 | 3.31 | 0.50 | 1.56 | 4.5 | 0.7 | 2 |
| 0.98 | 20.0 | 4.7 | 13.2 | 9.2 | 36.2 | 0.78 | 0.17 | 0.19 | 0.17 | 0.23 | 3.35 | 0.50 | 1.52 | 4.5 | 1.2 | 3 |
| 0.73 | 19.6 | 4.0 | 12.5 | 9.1 | 34.4 | 0.83 | 0.21 | 0.19 | 0.16 | 0.20 | 3.44 | 0.50 | 1.54 | 4.5 | 2.1 | 4 |
| 0.82 | 18.3 | 4.9 | 12.5 | 9.0 | 35.4 | 0.72 | 0.21 | 0.19 | 0.18 | 0.15 | 3.43 | 0.52 | 1.62 | 4.5 | 3.6 | 5 |
| 2.46 | 20.5 | 4.1 | 13.2 | 8.3 | 35.3 | 0.43 | 0.25 | 0.12 | 0.17 | 0.15 | 3.35 | 0.54 | 1.75 | 11.0 | 0.2 | 6 |
| 1.19 | 17.7 | 4.1 | 13.3 | 7.4 | 34.0 | 0.36 | 0.26 | 0.21 | 0.16 | 0.17 | 3.17 | 0.51 | 1.72 | 11.0 | 1.2 | 7 |
| 0.71 | 19.1 | 4.8 | 13.3 | 8.5 | 34.3 | 0.31 | 0.26 | 0.21 | 0.18 | 0.15 | 3.31 | 0.54 | 1.72 | 11.0 | 3.6 | 8 |

| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | חלק | קומה |
|------------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| (מ"ג לק"ג) | | | | | | % | | | | | | | | | |
| 0.68 | 68.6 | 7.7 | 113.3 | 12.3 | 83.7 | 1.19 | 0.97 | 0.25 | 0.29 | 0.90 | 3.51 | 1.13 | 1.69 | גבעול | |
| 5.87 | 352.3 | 5.8 | 54.5 | 55.1 | 205.8 | 0.94 | 1.22 | 1.53 | 0.59 | 4.19 | 2.73 | 1.37 | 3.33 | עלים | |
| 1.31 | 22.8 | 7.9 | 16.2 | 8.4 | 56.9 | 0.44 | 0.22 | 0.23 | 0.19 | 0.23 | 3.81 | 0.59 | 1.77 | פרי | 1 |
| 1.48 | 22.6 | 11.2 | 21.0 | 9.4 | 62.0 | 0.50 | 0.29 | 0.24 | 0.20 | 0.21 | 4.12 | 0.66 | 2.02 | פרי | 2 |
| 1.20 | 19.0 | 6.3 | 16.8 | 8.2 | 59.5 | 0.41 | 0.24 | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 3.57 | 0.53 | 1.67 | פרי | 3 |
| 1.12 | 19.9 | 9.0 | 23.2 | 10.0 | 63.7 | 0.47 | 0.17 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 3.97 | 0.66 | 2.06 | פרי | 4 |

טבלה 9. ריכוז מינרלים בחלקי הצמח השונים מטיפול 7.2.2010. ערכים מציגים ממוצעים של 5 חזרות.



איור 7. ריכוזי גופרית, מוליבדן, סידן וכלוריד בעלים בוגרים, עלים דיאגנוסטיים ופירות כתלות בריכוזי הגופרה במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 5 חזרות.

4.2 תוצאות שנה שניה

מי נקז – ריכוזים ממוצעים במי הנקז במילימולר וסטית תקן בסוגרים היו: זרחן 1.08 ± 0.2 , אשלגן 3.42 ± 0.7 , סידן 3.26 ± 0.5 , מגניון 1.77 ± 0.28 , ונתרן 21.26 ± 3.72 . ריכוז האמון הממוצע בכל הטיפולים היה נמוך עד 0.35 מילימולר. חומציות מי הנקז בערך הגבה של 5.65 ± 0.68 . מוליכות חשמלית ממוצעת של מי הנקז היתה 4.2 ± 0.67 דציסימנס למ'. ריכוזי גופרה, חנקה, חנקן וכלוריד במי הנקז בטיפולים השונים מוצגים בטבלה 10. בדומה לתוצאות השנה הקודמת, ערך ההגבה במי הנקז היה דומה מאוד למי הטפטפת ובטווח הרצוי, עובדה שמצביעה על בחירה נכונה של יחסי אמון חנקה בתנאי הניסוי. באופן כללי, היחס בין המוליכות החשמלית במי הנקז למי הטפטפת היה בין 1.6 ל- 2.1 ומבטא מקדם השקיה גבוה. ריכוז האשלגן במי הנקז ביחס למי הטפטפת לא ירד משמעותית (3.95 לעומת 3.42 , בהתאמה), תוצאה שמצביעה על קליטה עודפת של אשלגן ביחס לקליטת מים. לעומת זאת ריכוזי הזרחן, סידן, מגניון ונתרן בנקז היה גבוה ממי הטפטפת והיחס שהתקבל היה בממוצע $1.11, 1.69, 1.87$ ו- 2.12 , בהתאמה. כלומר קליטת מינרלים אלו היתה נמוכה בהשוואה לקליטת המים. בחמשת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה נמוך (טיפולים 5-1) ריכוז החנקן בנקז היה נמוך מאוד, כ- 80% מריכוזו במי הטפטפת. לעומת זאת, בשלושת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה גבוה (טיפולים 6-8), ריכוזו במי ההשקיה היה גבוה ממי הטפטפת בכ- 18% (טבלאות 1 ו-2). תוצאות אלו מצביעות על כך שטיפולי החנקן שנבחרו מייצגים מצבים שונים, כאשר בטיפול החנקן הנמוך מרבית החנקן נקלט ע"י הצמח. לעומת זאת, בטיפול החנקן הגבוה ריכוזו מספק והוא מתרכז במי הנקז. הכלוריד שאינו יסוד חיוני, מתרכז במי הנקז ביחס למי הטפטפת כאשר שיעור ההתרכזות הולך ועולה עם העליה בריכוזו במי הטפטפת, מערך של פי 2.7 בטיפולים בהם ריכוז כלוריד גבוהה (טיפול 2) ל- 2.0 בטיפול בו ריכוז הכלוריד היה נמוך (טיפול 5). היחס בין ריכוזי הגופרית במי הנקז למי הטפטפת עלה עם העליה בריכוזי הגופרית לערכים של $0.77, 0.91, 1.48, 2.05$ ו- 1.46 עבור טיפולים

1, 2, 3, 4, ו-5, בהתאמה. כלומר בשני טיפולי הגופרית הנמוכים הצמח קלט יחסית יותר גופרית מאשר מים ואילו בשלושת הטיפולים הגבוהים המגמה היתה הפכה.

טבלה 10. ריכוזי הגופרית, חנקה, חנקן מינרלי וכלוריד במי הנקז. הערכים מייצגים את הממוצע עד הפסקת הניסוי \pm סטית תקן.

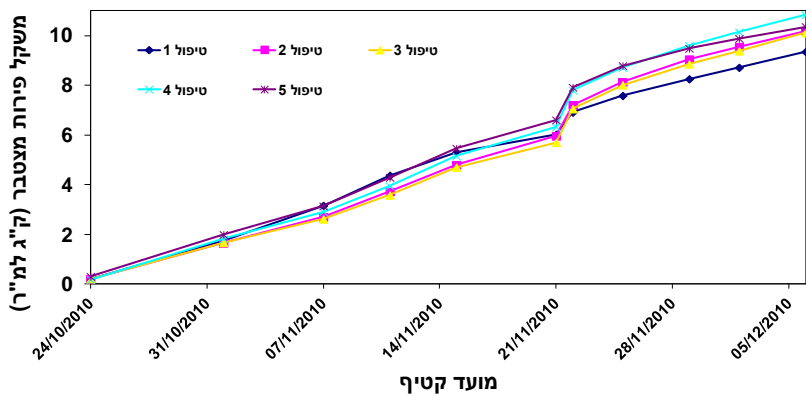
| ריכוז (מיליקוולינט לל') | ריכוז (מילימולר) | | | | טיפול |
|-------------------------|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-------|
| | גופרית+חנקה+כלוריד | כלוריד | חנקן | חנקה | |
| 30.3 | 25.7 ± 6.9 | 5.1 ± 0.7 | 4.5 ± 0.5 | 0.10 ± 0.02 | 1 |
| 38.9 | 35.1 ± 8.7 | 3.4 ± 1.1 | 3.3 ± 1.1 | 0.52 ± 0.11 | 2 |
| 38.2 | 32.5 ± 1.7 | 4.6 ± 2.8 | 4.2 ± 2.4 | 1.55 ± 0.37 | 3 |
| 33.2 | 24.6 ± 2.1 | 5.5 ± 1.9 | 4.2 ± 1.7 | 4.39 ± 1.10 | 4 |
| 25.4 | 15.9 ± 1.7 | 4.7 ± 1.9 | 4.0 ± 1.2 | 5.47 ± 0.72 | 5 |
| 27.0 | 11.3 ± 1.9 | 15.7 ± 5.8 | 15.6 ± 5.7 | 0.09 ± 0.01 | 6 |
| 18.6 | 2.9 ± 1.5 | 14.4 ± 4.1 | 14.3 ± 4.0 | 1.40 ± 0.05 | 7 |
| 20.0 | 0.8 ± 0.6 | 13.9 ± 3.5 | 13.6 ± 3.3 | 5.60 ± 0.73 | 8 |

השפעת הטיפולים על הגידול והיבול – גידול הצמחים היה כמקובל ועד תחילת הקטיף שהחל ב- 24.10.2010 לא ניתן היה להבחין בהבדל בהתפתחות הצמחים בטיפולים השונים. ביטוי לכך ניתן בתוצאות דיגום הצמחים ב- 23.10.2010 (טבלה 11). לכל המדדים נעשו הניתוחים הסטטיסטיים הבאים: חד גורמי כל הטיפולים, חד גורמי לכל רמת חנקן ומבחן דו גורמי לחנקה וגופרית. לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים בכל הפרמטרים שנבדקו חוץ מההבדל המובהק בין טיפולי החנקן בתכולת החומר היבש של העלים. בשלב זה היו כ-40 פירות לצמח ב-8 קומות בממוצע. תכננו לבצע עוד דיגומי צמחים בהמשך עונת הגדול על מנת לכמת את השפעות הטיפולים כתלות בזמן. כאמור בגלל הפסקת הניסוי חלק זה לא בוצע כמתוכנן.

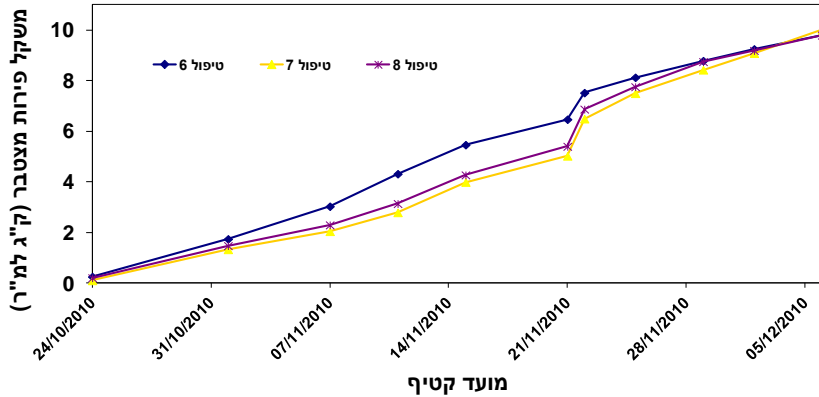
| נוף | פירות | | | | | | עלים | | גבעול | | ריכוז המי השקיה | | טיפול |
|-------|----------|------|-------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|-----------|-----------------|------------|-------|
| | משקל ח"י | מספר | קומות | תכולת ח"י | משקל פרי | משקל ח"י | משקל טרי | תכולת ח"י | משקל ח"י | תכולת ח"י | משקל ח"י | חנקן | |
| (גר') | | | (%) | (גר') | (גר') | (גר') | (%) | (גר') | (גר') | (%) | (גר') | (מילימולר) | |
| 279.2 | 39.8 | 8.3 | 5.1 | 67.3 | 136.6 | 2679.0 | 9.8 | 90.8 | 12.2 | 53.2 | 5.9 | 0.13 | 1 |
| 294.6 | 42.3 | 8.8 | 5.0 | 69.0 | 145.3 | 2922.9 | 9.2 | 95.7 | 11.4 | 53.6 | 5.9 | 0.57 | 2 |
| 283.8 | 38.7 | 8.5 | 5.1 | 67.8 | 130.8 | 2561.3 | 9.7 | 97.6 | 12.1 | 54.4 | 5.9 | 1.07 | 3 |
| 308.1 | 43.2 | 8.8 | 5.0 | 69.0 | 150.5 | 2995.6 | 9.3 | 104.6 | 10.8 | 53.1 | 5.9 | 2.14 | 4 |
| 260.5 | 42.0 | 8.0 | 5.0 | 61.6 | 127.7 | 2557.2 | 9.6 | 83.2 | 12.0 | 49.6 | 5.9 | 3.71 | 5 |
| 260.4 | 41.8 | 7.8 | 5.1 | 64.3 | 132.3 | 2629.2 | 11.3 | 82.0 | 13.3 | 48.5 | 11.2 | 0.13 | 6 |
| 293.8 | 39.8 | 8.0 | 4.9 | 66.2 | 126.4 | 2583.0 | 10.4 | 111.0 | 12.0 | 56.4 | 11.2 | 1.07 | 7 |
| 279.0 | 39.8 | 7.8 | 4.6 | 66.4 | 119.3 | 2589.8 | 10.9 | 100.1 | 12.2 | 54.5 | 11.2 | 3.71 | 8 |

טבלה 11. פרמטרים שונים של נוף צמח מתאריך ב-23.10.2010 (לפני קטיף פירות). ערכים מייצגים ממוצעים משש חזרות.

עד לתקלה שגרמה להפסקת הניסוי התבצעו 11 קטיפים. משקל פירות מצטבר לטיפולי הגופרית על רקע חנקן נמוך מוצג באיור 8. ככלל לא היה הבדל בין הטיפולים במשקל הפירות המצטבר עד הקטיף השביעי. החל מקטיף זה ניתן לראות שעם העליה בריכוז הגופרית במי ההשקיה עולה משקל הפירות הכללי ומשלב זה בולט בעיקר היבול הנמוך יחסית של טיפול הגופרית הנמוך ביותר בהשוואה לשאר הטיפולים. השפעת ריכוז הגופרית שבמי ההשקיה על היבול המצטבר בטיפולי החנקן הגבוה מוצגת באיור 9. בולטת העובדה שבטיפול הגופרית הנמוך היבול המצטבר בין הקטיפים השלישי והשביעי היה גבוה יותר ולאחר מכן הפער הצטמצם כך שבקטיף האחרון לא היה הבדל בין שלושת הטיפולים (איור 9). משקל פירות כללי לאחר 11 קטיפים (טבלה 12) לא נבדל בין כל הטיפולים בכל המבחנים הסטטיסטיים שעשינו: חד גורמי כל הטיפולים, חד גורמי כל רמת חנקן ומבחן דו גורמי לגופרית וחנקה. בהתבסס על תוצאות הצטברות היבול (איורים 8 ו-9 וטבלה 12) ותוצאות דיגום הצמחים לפני הקטיף נראה שבשלב זה לטיפולי הגופרית לא היתה השפעה על פוטנציאל היצור. לעומת זאת, השפעה משמעותית יותר היתה על ההבשלה שהיתה מהירה יותר ככל שריכוז הגופרית היה נמוך יותר. טיפולי הגופרית השפיעו באופן משמעותי ומובהק על הפירות ליצוא (טבלה 12). בנייתו חד גורמי של טיפול גופרית לכל רמת חנקן התקבל באופן מובהק שיש יותר פירות סדוקים משמעותית בטיפול הגופרית הנמוך בהשוואה לשאר הטיפולים. תוצאה דומה התקבלה גם בנייתו דו גורמי מאוזן (גופרית 3- רמות וחנקן-2 רמות) כאשר עם העליה בריכוז הגופרית במי ההשקיה מערך של 0.13 ל-1.07 ועד- 3.71 מילימולר יורד יבול הפירות הסדוקים לערכים של 6.2, 4.5 ו-3.8 ק"ג למ"ר, בהתאמה. השקיה בריכוז חנקן גבוה הפחיתה במובהק את תופעת הסידוקים מערך ממוצע של 5.3 ל-4.4 ק"ג למ"ר. תופעת הסידוק היתה הגורם העיקרי שהשפיע על מדד יבול הפרי באיכות יצוא, כאשר בטיפול הגופרית הנמוך יבול הפרי באיכות יצוא היה נמוך באופן מובהק משאר הטיפולים בכל הניתוחים הסטטיסטיים שנעשו. באופן דומה, השקיה בריכוז חנקן גבוה יותר הגדילה את יבול הפרי באיכות יצוא באופן מובהק. תופעה בולטת נוספת אם כי פחות משמעותית מבחינה כמותית היתה שחור הפיטם (טבלה 12). באופן מובהק בהשקיה בריכוז הגופרית הגבוה ביותר התקבלו יותר פירות נגועים בשחור פיטם. כמו כן, השקיה בריכוז חנקן גבוה הפחיתה במובהק את תופעת שחור הפיטם.



איור 8. משקל פירות כללי מצטבר בטיפולי הגופרית השונים על רקע חנקן נמוך במי ההשקיה.



איור 9. משקל פירות כללי מצטבר בטיפולי הגופרית השונים על רקע חנקן גבוה במי ההשקיה.

| אחרים (ק"ג/גמ"ר) | שחור פטים (ק"ג/גמ"ר) | סדוקים (ק"ג/גמ"ר) | יצוא (ק"ג/גמ"ר) | יבול כללי (ק"ג/גמ"ר) | חנקן (ppm) | גופרה (ppm) | טיפול |
|------------------|----------------------|-------------------|-----------------|----------------------|------------|-------------|-------|
| 1.04 | 0.30 | 6.34 | 1.89 | 9.58 | 56 | 3.2 | 1 |
| 0.84 | 0.16 | 4.66 | 4.08 | 9.74 | 56 | 16 | 2 |
| 0.82 | 0.09 | 5.07 | 3.90 | 9.88 | 56 | 32 | 3 |
| 0.85 | 0.22 | 4.99 | 4.67 | 10.74 | 56 | 64 | 4 |
| 0.84 | 0.90 | 4.47 | 3.88 | 10.09 | 56 | 128 | 5 |
| 1.09 | 0.10 | 6.12 | 2.29 | 9.61 | 154 | 3.2 | 6 |
| 0.96 | 0.06 | 3.96 | 4.50 | 9.49 | 154 | 32 | 7 |
| 0.99 | 0.36 | 3.23 | 5.03 | 9.60 | 154 | 128 | 8 |

טבלה 12. יבול כללי יבול ליצוא ואיכות פירות לאחר 11 קטיפים בטיפולים השונים. הערכים מייצגים ממוצעים משש חזרות.

השפעת הטיפולים על הצטברות המינרלים בחלקי הצמח – בטבלה 13 מוצגים ריכוזי המינרלים באברי הצמח השונים כתלות בטיפולים. מגמה בולטת בכל האיברים הינה שריכוז הגופרית בעלים עולה עם העליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה עד לערך מירבי שמושג בהשקיה של 1.2 מילימולר גופרה (איור 10א). בריכוז של 0.2 מילימולר גופרה במי ההשקיה ריכוז הגופרית בעלים בוגרים היה כ- 0.34% לעומת זאת, בשאר הטיפולים ריכוז הגופרית בעלים היה גבוה משמעותית והגיע עד 1.5%. הערכים שהתקבלו עבור העלים הבוגרים היו דומים מאוד לערך שהתקבל עבור כלל העלים ומתאימים לערכים שהתקבלו בניסוי שהתקיים בעונה הקודמת. מכאן, שבמועד הדיגום ריכוז הגופרית בעלים הבוגרים היה דומה לשאר העלים. ריכוז הסידן בעלים מצטבר עם הזמן והינו במתאם חיובי לגיל העלה כפי שניתן לראות מההבדלים המשמעותיים בריכוזי הסידן בהשוואה לערכים שהתקבלו בשאר העלים. ריכוזי הגופרית בגבעול ובפירות היו נמוכים משמעותית מאשר בעלים והגיעו לערכים מירביים של 0.26 ו-0.22%, בהתאמה. ככלל, טיפולי החנקן לא השפיעו על ריכוז הגופרית בכל חלקי הצמח שנבדקו. תוצאה זאת הינה בסתירה לממצאים של השנה הקודמת בהם ריכוז הגופרית היה נמוך יותר בטיפולי החנקן הגבוהים. ריכוז המוליבדן בחלקי הצמח השונים הלך וירד עם העליה בריכוז הגופרית במי ההשקיה. לדוגמא ריכוזו בעלים ירד מ- 6.3 מ"ג לק"ג ח"י ברמת הגופרית הנמוכה עד ל-3.3 מ"ג לק"ג ח"י ברמת הגופרה הגבוהה ביותר (איור 10ב). עוצמת התגובה התבטאה בעיקר בריכוזים הנמוכים של הגופרה והיא הלכה ופחתה עם העליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה. מגמה דומה לגבי העלים התקבלה בעונה הקודמת. בדומה לגופרית, ריכוז

המוליבדן בגבעול ובפירות נמוך משמעותית מאשר בעלים. אך שלא כמו בעונה הקודמת טיפולי החנקה לא השפיעו על הצטברות המוליבדן בעלים. בדומה לעונה הקודמת התקבלה מגמה של עליה בריכוז הסידן בעלים עם גיל העלה, בעיקר בריכוז הגופרה הגבוה (איור 10ג). נוכחות גופרה בריכוזים גבוהים במים יכולה ליצור קומפלקסים עם סידן ועל ידי כך להקטין את ריכוז הסידן החופשי וזמינותו לצמח. תופעת שחור הפיטם הינה תוצאה ישירה של ירידה בריכוז הסידן בפרי דבר שמתאים לממצא של העליה בפירות הפגועים בטיפול הגופרית הגבוה (טבלה 12). בעונה הקודמת, העלאת ריכוז החנקן במי ההשקיה הפחיתה במרבית המקרים את הצטברות הסידן בעלים וההנחה היתה כי זאת תוצאה ישירה מהעלאת ריכוז האמון במי ההשקיה. בעונה הנוכחית לא התקבלה השפעה כזו ולהיפך, נמצאה מגמה של ריכוזי סידן מעט גבוהים בריכוז החנקן הגבוה. יסודות נוספים שהושפעו מהעליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה היו הנתרן (טבלה 13) והאשלגן (איור 10ד). בניגוד לסידן, ריכוזם עלה עם ריכוז הגופרה במי ההשקיה. חלק מהתופעה יכול להיות מוסבר על ידי התחרות עם הסידן. יסוד נוסף שריכוזו בעלים הושפע באופן משמעותי מהטיפולים הינו כלוריד (טבלה 13). הכלוריד הינו האניון המשלים של הגופרה והחנקה וריכוזו במי ההשקיה אינו אחיד (טבלה 2) דבר שמתבטא היטב בריכוזו בעלים שעלה עם העליה בריכוז הכלוריד במי ההשקיה (איור 11). ריכוז החנקן לא הושפע מטיפול הגופרה ושלא כמו בעונה הקודמת, ריכוז החנקן בעלים בטיפול שהושקה בחנקן הגבוה היה זהה לזה שהושקה בריכוז החנקן הנמוך. מכאן, שהחנקן לא היה גורם מגביל גם בטיפול שהושקה בריכוז החנקן הנמוך.

עלים בגרים

| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | ריכוז באיבר | | | | | | | | ריכוז במי ההשקיה | | | טיפול מספר |
|------|-------|------|------|------|-------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|--------|------------|
| | | | | | | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | גופרה | חנקן | כלוריד | |
| 6.34 | 477.7 | 8.4 | 71.0 | 97.2 | 199.9 | 5.21 | 0.60 | 0.34 | 1.09 | 5.00 | 3.85 | 1.10 | 2.86 | 14.4 | 5.9 | 0.13 | 1 |
| 3.83 | 403.5 | 7.0 | 69.2 | 90.4 | 186.2 | 5.29 | 0.64 | 1.11 | 1.17 | 5.54 | 4.23 | 1.00 | 2.67 | 13.2 | 5.9 | 0.57 | 2 |
| 3.31 | 455.3 | 10.5 | 76.6 | 84.5 | 189.2 | 4.73 | 0.60 | 1.24 | 1.08 | 5.13 | 4.27 | 1.04 | 2.80 | 12.3 | 5.9 | 1.07 | 3 |
| 3.19 | 378.7 | 9.1 | 66.3 | 85.0 | 172.8 | 4.16 | 0.67 | 1.31 | 1.10 | 5.11 | 4.38 | 1.02 | 2.88 | 10.3 | 5.9 | 2.14 | 4 |
| 3.28 | 360.5 | 15.8 | 66.4 | 94.7 | 197.6 | 4.19 | 0.75 | 1.34 | 1.05 | 3.73 | 5.08 | 1.16 | 3.06 | 7.8 | 5.9 | 3.73 | 5 |
| 4.60 | 408.9 | 7.8 | 60.8 | 81.3 | 152.3 | 2.19 | 0.53 | 0.34 | 1.16 | 5.47 | 3.74 | 1.03 | 2.90 | 7.4 | 11.3 | 0.13 | 6 |
| 2.70 | 384.3 | 9.4 | 69.9 | 88.8 | 236.3 | 1.75 | 0.65 | 1.39 | 1.09 | 5.22 | 4.30 | 1.12 | 3.07 | 5.6 | 11.3 | 1.07 | 7 |
| 2.25 | 400.4 | 12.5 | 65.7 | 95.0 | 162.5 | 1.38 | 0.69 | 1.53 | 1.17 | 4.51 | 4.93 | 1.12 | 3.06 | 1.4 | 11.3 | 3.73 | 8 |

טבלה 13. ריכוז

מינרלים באברי

הצמח השונים

מועד דיגום

23.10.2010

ערכים מציגים

ממוצעים של 6

חזרות.

כל העלים

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 8.16 | 374.9 | 9.2 | 57.3 | 67.8 | 240.4 | 4.17 | 0.44 | 0.32 | 0.74 | 3.56 | 3.68 | 0.91 | 2.88 | 14.4 | 5.9 | 0.13 | 1 |
| 5.77 | 304.6 | 7.2 | 49.0 | 61.2 | 239.8 | 4.18 | 0.55 | 1.13 | 0.69 | 3.68 | 4.07 | 0.83 | 2.83 | 13.2 | 5.9 | 0.57 | 2 |
| 4.11 | 326.5 | 8.7 | 49.6 | 63.5 | 263.8 | 3.58 | 0.51 | 1.26 | 0.64 | 3.41 | 4.29 | 0.89 | 2.95 | 12.3 | 5.9 | 1.07 | 3 |
| 3.85 | 349.3 | 8.6 | 59.0 | 63.1 | 241.3 | 3.63 | 0.56 | 1.35 | 0.67 | 3.39 | 4.31 | 0.90 | 3.03 | 10.3 | 5.9 | 2.14 | 4 |
| 4.07 | 292.9 | 13.1 | 48.6 | 71.7 | 245.1 | 3.17 | 0.72 | 1.32 | 0.63 | 2.77 | 4.38 | 1.00 | 3.10 | 7.8 | 5.9 | 3.73 | 5 |
| 6.67 | 363.4 | 6.6 | 48.7 | 63.9 | 190.8 | 1.66 | 0.45 | 0.33 | 0.65 | 3.68 | 3.73 | 0.94 | 2.90 | 7.4 | 11.3 | 0.13 | 6 |
| 3.55 | 320.0 | 8.2 | 50.8 | 58.3 | 186.1 | 1.22 | 0.46 | 1.27 | 0.65 | 3.65 | 4.37 | 0.89 | 2.98 | 5.6 | 11.3 | 1.07 | 7 |
| 2.79 | 290.2 | 9.8 | 44.9 | 73.1 | 221.7 | 0.68 | 0.56 | 1.41 | 0.64 | 2.81 | 4.59 | 0.92 | 3.02 | 1.4 | 11.3 | 3.73 | 8 |

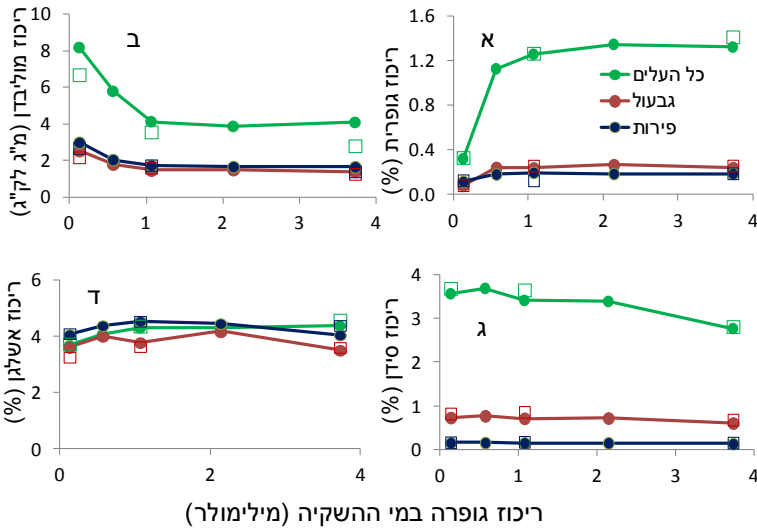
גבעול

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 2.53 | 59.8 | 10.4 | 94.9 | 15.4 | 71.8 | 2.22 | 0.29 | 0.08 | 0.25 | 0.73 | 3.61 | 0.83 | 1.86 | 14.4 | 5.9 | 0.13 | 1 |
| 1.79 | 57.0 | 9.4 | 93.4 | 18.7 | 71.9 | 2.30 | 0.34 | 0.24 | 0.24 | 0.77 | 4.01 | 0.78 | 1.70 | 13.2 | 5.9 | 0.57 | 2 |
| 1.46 | 57.1 | 10.3 | 89.2 | 15.2 | 74.1 | 2.05 | 0.30 | 0.24 | 0.22 | 0.72 | 3.79 | 0.76 | 1.96 | 12.3 | 5.9 | 1.07 | 3 |
| 1.49 | 61.8 | 10.4 | 99.0 | 18.5 | 72.9 | 2.13 | 0.36 | 0.27 | 0.23 | 0.72 | 4.17 | 0.88 | 1.81 | 10.3 | 5.9 | 2.14 | 4 |
| 1.39 | 51.1 | 12.1 | 92.8 | 18.0 | 77.9 | 1.95 | 0.42 | 0.24 | 0.20 | 0.61 | 3.51 | 0.82 | 1.94 | 7.8 | 5.9 | 3.73 | 5 |
| 2.16 | 61.3 | 9.5 | 77.0 | 15.3 | 64.0 | 1.10 | 0.33 | 0.08 | 0.24 | 0.83 | 3.27 | 0.84 | 1.70 | 7.4 | 11.3 | 0.13 | 6 |
| 1.60 | 56.8 | 10.9 | 77.7 | 16.0 | 68.2 | 0.93 | 0.34 | 0.26 | 0.24 | 0.86 | 3.64 | 0.85 | 1.82 | 5.6 | 11.3 | 1.07 | 7 |
| 1.26 | 53.1 | 10.5 | 76.2 | 15.6 | 61.9 | 0.61 | 0.44 | 0.26 | 0.22 | 0.69 | 3.61 | 0.89 | 1.74 | 1.4 | 11.3 | 3.73 | 8 |

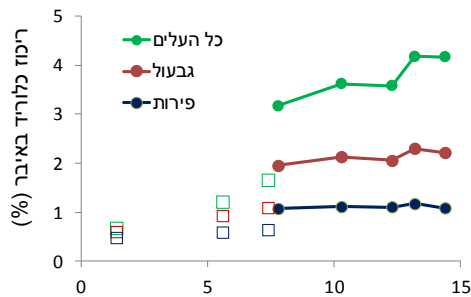
פירות

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| 2.98 | 17.9 | 4.7 | 18.1 | 16.1 | 46.0 | 1.09 | 0.11 | 0.12 | 0.17 | 0.16 | 4.07 | 0.54 | 2.00 | 14.4 | 5.9 | 0.13 | 1 |
| 2.03 | 19.5 | 5.2 | 20.4 | 15.4 | 52.1 | 1.17 | 0.13 | 0.18 | 0.18 | 0.16 | 4.39 | 0.56 | 2.09 | 13.2 | 5.9 | 0.57 | 2 |
| 1.72 | 18.3 | 5.1 | 20.5 | 16.9 | 49.5 | 1.11 | 0.13 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 4.54 | 0.60 | 2.18 | 12.3 | 5.9 | 1.07 | 3 |
| 1.66 | 21.1 | 5.2 | 20.1 | 19.4 | 53.3 | 1.11 | 0.14 | 0.19 | 0.18 | 0.16 | 4.46 | 0.58 | 2.13 | 10.3 | 5.9 | 2.14 | 4 |
| 1.64 | 16.6 | 4.9 | 18.6 | 17.5 | 49.3 | 1.07 | 0.19 | 0.19 | 0.16 | 0.14 | 4.05 | 0.56 | 2.11 | 7.8 | 5.9 | 3.73 | 5 |
| 2.67 | 20.6 | 4.7 | 18.6 | 16.7 | 44.4 | 0.65 | 0.13 | 0.13 | 0.18 | 0.17 | 4.10 | 0.56 | 2.04 | 7.4 | 11.3 | 0.13 | 6 |
| 1.73 | 20.3 | 5.3 | 21.2 | 14.4 | 54.8 | 0.59 | 0.13 | 0.22 | 0.19 | 0.18 | 4.54 | 0.62 | 2.21 | 5.6 | 11.3 | 1.07 | 7 |
| 1.40 | 18.8 | 5.5 | 26.2 | 17.9 | 51.5 | 0.48 | 0.19 | 0.22 | 0.20 | 0.16 | 4.40 | 0.66 | 2.28 | 1.4 | 11.3 | 3.73 | 8 |

איור 10. ריכוזי גופרית, מוליבדן, סידן ואשלגן באיברים שונים בצמח כתלות בריכוז הגופרה במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 6 חזרות.



איור 11. ריכוזי כלוריד באיברים שונים בצמח כתלות בריכוז הכלוריד במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 6 חזרות.



4.3 תוצאות שנה שלישית

מי נקז – ריכוזים ממוצעים במי הנקז במילימולר וסטית תקן בסוגרים היו: זרחן 0.96 ± 0.32 , אשלגן 2.71 ± 0.56 , סידן 2.18 ± 0.33 , מגניון 1.20 ± 0.11 , ונתרן 15.67 ± 2.25 . ריכוז האמון הממוצע בכל הטיפולים היה נמוך עד 0.44 מילימולר. חומציות מי הנקז בערך הגבה של 0.7 ± 5.79 . מוליכות חשמלית ממוצעת של מי הנקז היתה 3.0 ± 0.17 דציסימנס למי. ריכוזי גופרה, חנקה, חנקן וכלוריד במי הנקז בטיפולים השונים מוצגים בטבלה 14. ערך ההגבה במי הנקז היה דומה מאוד למי הטפטפת ובטווח הרצוי מצביע על תנאים טובים מבחינת קליטת המינרלים ובחירה נכונה של יחסי אמון חנקה בתנאי הניסוי. באופן כללי, היחס בין המוליכות החשמלית במי הנקז למי הטפטפת היה בין 1.13 ל- 1.38 ומבטא מקדם השקיה גבוה. ריכוזי האשלגן והזרחן היו במי הנקז ביחס למי הטפטפת ביחס של 0.72 ו- 0.98 , בהתאמה. ריכוזי הסידן, מגניון ונתרן בנקז היה גבוה מאשר במי הטפטפת והיחס שהתקבל היה בממוצע 1.05 , 1.13 , 1.55 , כלומר קליטת מינרלים אלו היתה נמוכה בהשוואה לקליטת המים. בחמשת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה נמוך (טיפולים 1-5) ריכוז החנקן בנקז היה נמוך, כ- 32% מריכוזו במי הטפטפת. לעומת זאת, בשלושת הטיפולים בהם ריכוז החנקן במי הטפטפת היה גבוה (טיפולים 6-8), ריכוזו במי ההשקיה היה גבוה במעט (כ- 4%) מהטפטפת. תוצאות אלו מצביעות על כך שטיפולי החנקן שנבחרו מייצגים מצבים שונים כאשר בטיפול החנקן הנמוך מרבית החנקן נקלט ע"י הצמח ובטיפול החנקן הגבוה ריכוזו מספיק והוא מתרכז במי הנקז. היחס בין ריכוזי הגופרית במי הנקז למי הטפטפת עלה עם העליה בריכוזי הגופרית לערכים של 0.46 , 0.85 , 1.13 , 1.36 , 1.69 , עבור טיפולים 1, 2, 3, 4, ו-5, בהתאמה. כלומר בשני טיפולי הגופרית הנמוכים הצמח קלט יחסית יותר גופרית מאשר מים ואילו בשלושת הטיפולים הגבוהים המגמה התהפכה.

| טיפול | ריכוז (מילימולר) במי הנקז | | | ריכוז (מיליקווילינט לל') | |
|-------|---------------------------|--------------|--------------|--------------------------|--------------------|
| | גופרית | חנקן | חנקן | כלוריד | גופרית+חנקן+כלוריד |
| 1 | 0.09 ± 0.02 | 2.13 ± 1.18 | 2.51 ± 1.81 | 22.46 ± 6.57 | 25.1 |
| 2 | 0.48 ± 0.18 | 4.29 ± 1.54 | 5.25 ± 1.92 | 17.08 ± 2.79 | 22.8 |
| 3 | 1.41 ± 0.14 | 2.38 ± 1.43 | 2.77 ± 2.09 | 20.62 ± 6.05 | 24.8 |
| 4 | 3.78 ± 1.72 | 3.80 ± 1.55 | 4.53 ± 2.11 | 15.45 ± 6.35 | 23.8 |
| 5 | 6.51 ± 0.85 | 1.19 ± 1.41 | 1.68 ± 2.36 | 13.15 ± 3.24 | 21.3 |
| 6 | 0.06 ± 0.01 | 12.32 ± 3.45 | 12.45 ± 3.68 | 15.36 ± 8.32 | 27.9 |
| 7 | 1.51 ± 0.40 | 11.62 ± 3.73 | 11.79 ± 3.96 | 9.73 ± 3.66 | 23.0 |
| 8 | 8.03 ± 1.15 | 8.71 ± 1.50 | 8.98 ± 1.98 | 3.02 ± 0.80 | 20.0 |

טבלה 14. ריכוזי הגופרית, חנקן, חנקן מינרלי וכלוריד במי הנקז. הערכים מייצגים את הממוצע עד הפסקת הניסוי ± סטית תקן.

השפעת הטיפולים על הגידול והיבול – בדומה לשנים הקודמות, גידול הצמחים היה כמקובל ועד תחילת הקטיף שהחל ב- 27.10.2011 לא ניתן היה להבחין בהבדל בהתפתחות הצמחים בטיפולים השונים. ביטוי לכך ניתן בתוצאות דיגום הצמחים ב-11.10.2011 (טבלה 15). לכל המדדים נעשו הניתוחים הסטטיסטיים הבאים: חד גורמי כל הטיפולים, חד גורמי לכל רמת חנקן ומבחן דו גורמי לחנקן וגופרית. לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים בכל הפרמטרים שנבדקו. בשלב זה היו כ-10 פירות לצמח.

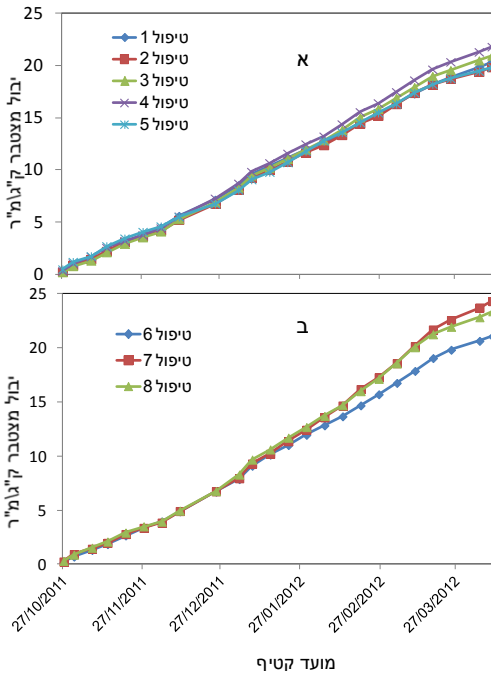
| טיפול | ריכוז במי השקיה גופרית חנקן (מילימולר) | | משקל עלים גבעול (ג' לצמח) | | | פר" משקל פרי משקל ח"י תכולת ח"י (%) | | | בימוסה לצמח (ג') |
|-------|----------------------------------------|------|---------------------------|------|------|-------------------------------------|----------|------|------------------|
| | גופרית | חנקן | גבעול | עלים | נוף | משקל פרי | משקל ח"י | מספר | |
| 1 | 0.14 | 5.5 | 21.7 | 57.4 | 79.1 | 66.1 | 6.2 | 9.5 | 117.9 |
| 2 | 0.56 | 5.5 | 20.3 | 58.0 | 78.3 | 66.4 | 6.0 | 8.8 | 112.9 |
| 3 | 1.24 | 5.5 | 20.1 | 58.1 | 78.2 | 69.7 | 6.2 | 9.3 | 119.4 |
| 4 | 2.78 | 5.5 | 21.1 | 66.0 | 87.1 | 68.7 | 5.8 | 11.8 | 134.7 |
| 5 | 3.40 | 5.5 | 20.2 | 51.8 | 72.0 | 69.3 | 5.9 | 10.5 | 115.1 |
| 6 | 0.14 | 10.8 | 21.3 | 55.7 | 77.0 | 68.8 | 5.9 | 9.8 | 117.1 |
| 7 | 1.24 | 10.8 | 21.2 | 62.3 | 83.5 | 83.2 | 5.8 | 8.8 | 125.2 |
| 8 | 3.40 | 10.8 | 19.0 | 59.3 | 78.3 | 69.8 | 5.7 | 9.3 | 114.5 |

טבלה 15 פרמטרים שונים של נוף צמח מתאריך ב- 11.10.2011 (לפני קטיף פירות). ערכים מייצגים ממוצעים משש חזרות.

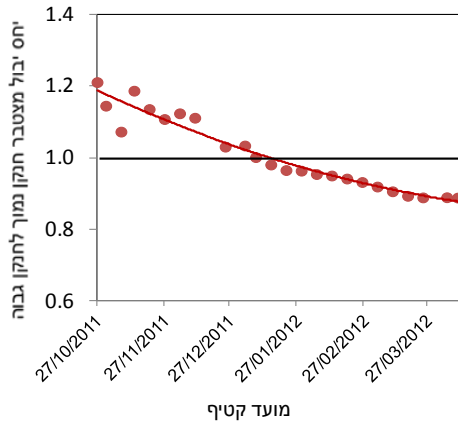
באיור 12 מוצג משקל יבול מצטבר של כל הפירות במהלך העונה. לטיפולי הגופרית בכל רמת חנקן לא היתה השפעה על היבול עד אמצע דצמבר. לאחר מועד זה התחיל הבדל בין הטיפולים שנשמר עד לסוף העונה. בטיפולי הגופרית ברמת החנקן הנמוכה בלט טיפול 4 (2.8 מילימולר גופרית) עם יבול גבוה בהשוואה לשאר טיפולי הגופרית (נמצא הבדל מובהק בניתוח שונות חד כיווני רק לטיפולים אלו). בין טיפולי החנקן הגבוה בלט טיפול הגופרית הנמוך שהיבול בו היה נמוך באופן מובהק (ניתוח חד כיווני לטיפולים אלו) בהשוואה לשני טיפולי הגופרית הגבוהים. לטיפולי החנקן היתה השפעה על התפלגות היבול במהלך העונה כאשר בתחילת העונה היבול המצטבר שהתקבל בטיפולי החנקן הנמוך היו גבוהים יותר בהשוואה לטיפולי החנקן הגבוה. מגמה זאת נשמרה עד עד ה-8 לינואר לאחר מועד זה המגמה התהפכה והיבול המצטבר בטיפולי החנקן הגבוה היו גבוהים יותר בהשוואה לחנקן הנמוך. בתום העונה היבול המצטבר בממוצע טיפולי החנקן הנמוך היה נמוך ב-11% בהשוואה לממוצע טיפולי החנקן הגבוה (איור 13). במבחן דו גורמי (גופרית 3 טיפולים, חנקן 2 טיפולים) השפעת החנקן והגופרית היו מובהקים כאשר ריכוז הנמוך של גופרית שונה במובהק משני האחרים. מכל הטיפולים היבול המיטבי התקבל בטיפולים 7 ו-8 שונים במובהק מטיפולי 5 בו התקבל היבול הנמוך (טבלה 16). שיעור הפירות הראויים לשיווק היה בין 81 ל-88% מכלל הפירות, כאשר בולט בטיפולי 5 שבו שיעור הפירות הראויים לשיווק הינו הנמוך ביותר בעיקר כתוצאה משיעור הפירות הפגועים בשחור פיטם (טבלה 16).

| טיפול | יבול כללי (ק"ג/מ"ר) | יבול לשיזוק (ק"ג/מ"ר) | שחור פיטם (ק"ג/מ"ר) | סדוקים (ק"ג/מ"ר) | ירוקים (ק"ג/מ"ר) | אחרים (ק"ג/מ"ר) |
|-------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | 21.5BC | 18.6ABC | 0.31B | 1.70A | 0.04A | 0.84A |
| 2 | 20.9BC | 17.6BC | 0.39B | 1.96A | 0.02A | 0.87A |
| 3 | 22.1ABC | 19.3ABC | 0.30B | 1.58A | 0.01A | 0.98A |
| 4 | 22.9ABC | 19.6ABC | 0.38B | 1.96A | 0.13A | 0.86A |
| 5 | 20.7C | 16.9C | 0.91A | 1.84A | 0.01A | 1.10A |
| 6 | 22.0ABC | 19.3ABC | 0.47B | 1.33A | 0.09A | 0.82A |
| 7 | 25.4A | 22.2A | 0.21B | 1.54A | 0.09A | 1.36A |
| 8 | 24.4AB | 20.9AB | 0.32B | 1.58A | 0.19A | 1.42A |

טבלה 16. יבול כללי יבול ליצוא ואיכות פירות לאחר 24 קטיפים בטיפולים השונים. הערכים מייצגים ממוצעים משש חזרות. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בניתוח חד כיווני רמת מובהקות $(\alpha \leq 0.01)$.



איור 12. משקל פירות כללי מצטבר בטיפולי הגופרית השונים על רקע חנקן נמוך (א) וגבוה (ב) במי ההשקיה.



איור 13. יחס היבול המצטבר בין ממוצע טיפולי החנקן הנמוך לממוצע טיפולי החנקן הגבוה. ממוצע טיפולי החנקן הנמוך התקבל משלושת טיפולי הגופרית המקבילים לאלו של החנקן הגבוה.

השפעת הטיפולים על הצטברות המינרלים בחלקי הצמח – ריכוזי כל היסודות החיוניים בנוסף לנתרן וכלוריד באברי הצמח השונים נמדדו ב-4 מועדים שונים. בדו"ח יוצג מועד מייצג (טבלה 16). מגמות עיקריות שהתקבלו בדיגום זה זהות לאלו שהתקבלו בשנים בקודמות (טבלאות 9 ו-13). ריכוז הגופרית בעלים עולה עם העליה בריכוז הגופרה במי ההשקיה עם מגמה ברורה של עקום רוויה (איור 14א). ריכוזי הגופרית בגבעול ובפירות היו נמוכים משמעותית בהשוואה לעלים. בדומה לעונה השנייה טיפולי החנקן לא השפיעו על ריכוזי הגופרית בכל חלקי הצמח שנבדקו. ריכוזי המוליבדן בעלים ופירות הלך וירד עם העליה בריכוזי הגופרית במי ההשקיה (איור 14ב). בדומה לשנים הקודמות עוצמת התגובה התבטאה בעיקר בריכוזים הנמוכים של הגופרה והיא הלכה ופחתה עם העליה בריכוזי הגופרה במי ההשקיה. בדומה לעונות הקודמות ריכוזי הסיידן הגבוה ביותר התקבל בכלל העלים, לאחר מכן

בעלים הצעירים (דיאגנוסטיים) ובגבעול כאשר בפירות ריכוזו היה נמוך משמעותית. נוכחות גופרה בריכוזים גבוהים במים יכולה ליצור קומפלקסים עם סידן ועל ידי כך להקטין את ריכוז הסידן החופשי וזמינותו לצמח. תופעת שחור הפיטם הינה תוצאה ישירה של ירידה בריכוז הסידן בפרי דבר שמתאים לממצא של העליה בפירות הפגועים בטיפול הגופרית הגבוה (טבלה 16). בדומה לעונה הקודמת, העלאת ריכוז החנקן במי ההשקיה העלתה את הצטברות הסידן בעלים. יסוד נוסף שריכוזו בעלים הושפע באופן משמעותי מהטיפולים הינו כלוריד (טבלה 16). הכלוריד הינו האניון המשלים של הגופרה והחנקה וריכוזו במי ההשקיה אינו אחיד (טבלה 2) דבר שמתבטא היטב בריכוזו בעלים שעלה עם העליה בריכוז הכלוריד במי ההשקיה (איור 15).

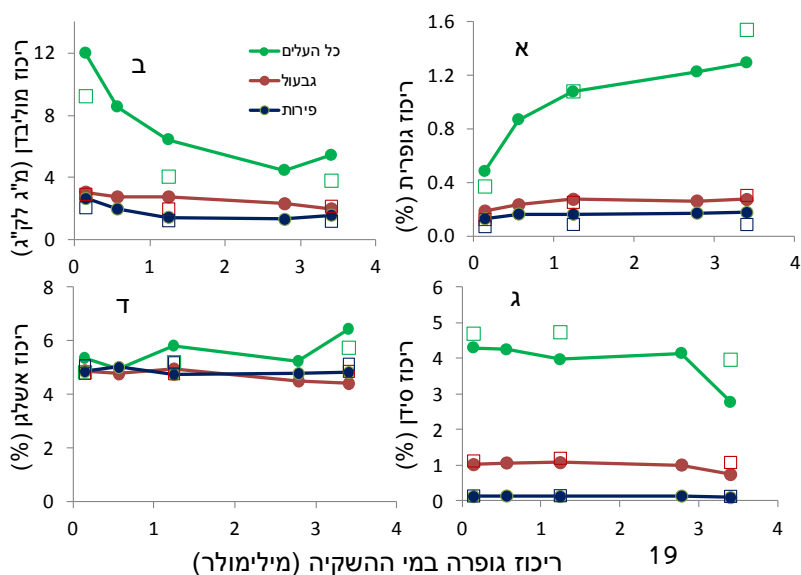
טבלה 16. ריכוז מינרלים באברי הצמח השונים מועד דיגום 11.10.2011. ערכים מציגים ממוצעים של 6 חזרות.

| עלים דיאגנוסטיים | | | | | | | | | | | | | | ריכוז במי ההשקיה | | | טיפול מספר |
|------------------|------|------|------|------|-------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|---------|------------|
| ריכוז באיבר | | | | | | ריכוז גופרה חנקן מלימולר | | | | | | | | | | | |
| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | כלוריד | חנקן | מלימולר | |
| 9.13 | 86.9 | 13.0 | 27.9 | 41.4 | 142.6 | 1.82 | 0.17 | 0.25 | 0.47 | 1.38 | 4.12 | 0.75 | 4.24 | 14.4 | 5.5 | 0.14 | |
| 8.32 | 84.9 | 15.8 | 32.1 | 44.0 | 146.6 | 1.72 | 0.17 | 0.47 | 0.50 | 1.51 | 4.29 | 0.74 | 4.21 | 13.6 | 5.5 | 0.56 | 2 |
| 4.69 | 86.2 | 13.5 | 28.4 | 43.1 | 158.6 | 1.92 | 0.20 | 0.56 | 0.51 | 1.62 | 4.22 | 0.72 | 4.12 | 12.9 | 5.5 | 1.24 | 3 |
| 4.00 | 85.9 | 13.6 | 29.1 | 43.8 | 156.7 | 1.67 | 0.22 | 0.57 | 0.48 | 1.41 | 4.15 | 0.71 | 4.28 | 11.2 | 5.5 | 2.78 | 4 |
| 4.29 | 81.8 | 15.0 | 26.7 | 48.2 | 159.6 | 1.60 | 0.25 | 0.59 | 0.46 | 1.01 | 4.46 | 0.83 | 4.36 | 8.2 | 5.5 | 3.40 | 5 |
| 7.45 | 86.0 | 13.8 | 32.3 | 41.3 | 142.0 | 0.75 | 0.14 | 0.27 | 0.53 | 1.63 | 4.37 | 0.79 | 4.51 | 7.5 | 10.8 | 0.14 | 6 |
| 4.23 | 86.4 | 15.6 | 35.7 | 42.5 | 165.1 | 0.86 | 0.20 | 0.63 | 0.59 | 1.79 | 4.83 | 0.84 | 4.85 | 6.0 | 10.8 | 1.24 | 7 |
| 3.35 | 92.8 | 15.9 | 32.2 | 42.6 | 154.2 | 0.53 | 0.22 | 0.72 | 0.59 | 1.34 | 4.74 | 0.86 | 4.69 | 1.8 | 10.8 | 3.40 | 8 |

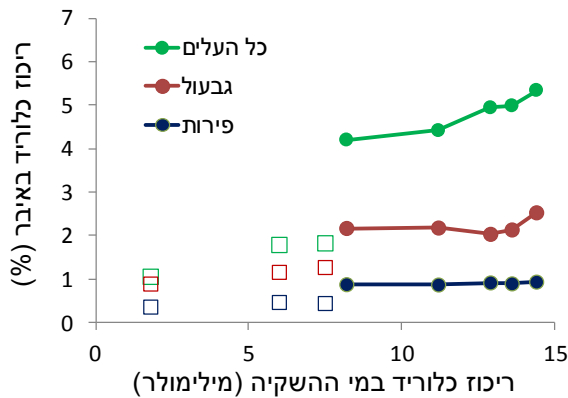
| כל העלים | | | | | | | | | | | | | | ריכוז במי ההשקיה | | | טיפול מספר |
|----------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|---------|------------|
| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | כלוריד | חנקן | מלימולר | |
| 11.99 | 207.3 | 13.1 | 33.3 | 75.0 | 264.3 | 5.34 | 0.49 | 0.48 | 1.08 | 4.30 | 5.34 | 0.95 | 3.53 | 14.4 | 5.5 | 0.14 | 1 |
| 8.55 | 190.3 | 15.6 | 34.7 | 80.0 | 278.5 | 4.99 | 0.50 | 0.87 | 1.04 | 4.24 | 4.96 | 0.84 | 3.46 | 13.6 | 5.5 | 0.56 | 2 |
| 6.44 | 186.3 | 13.1 | 31.7 | 86.6 | 276.4 | 4.94 | 0.59 | 1.08 | 0.99 | 3.96 | 5.80 | 0.92 | 3.59 | 12.9 | 5.5 | 1.24 | 3 |
| 4.47 | 201.5 | 12.2 | 27.3 | 86.4 | 222.8 | 4.42 | 0.55 | 1.23 | 1.09 | 4.14 | 5.22 | 0.84 | 3.50 | 11.2 | 5.5 | 2.78 | 4 |
| 5.43 | 212.4 | 20.9 | 39.2 | 94.1 | 269.1 | 4.20 | 0.72 | 1.29 | 0.89 | 2.77 | 6.42 | 1.10 | 3.71 | 8.2 | 5.5 | 3.40 | 5 |
| 9.23 | 177.0 | 11.5 | 30.6 | 72.3 | 247.7 | 1.83 | 0.50 | 0.37 | 1.14 | 4.69 | 4.82 | 0.89 | 3.70 | 7.5 | 10.8 | 0.14 | 6 |
| 4.06 | 166.8 | 10.8 | 32.4 | 79.8 | 231.9 | 1.79 | 0.70 | 1.08 | 1.21 | 4.74 | 5.20 | 0.78 | 3.57 | 6.0 | 10.8 | 1.24 | 7 |
| 3.80 | 206.2 | 15.1 | 29.6 | 90.4 | 238.9 | 1.06 | 0.69 | 1.54 | 1.20 | 3.96 | 5.74 | 1.00 | 3.90 | 1.8 | 10.8 | 3.40 | 8 |

| גבעול | | | | | | | | | | | | | | ריכוז במי ההשקיה | | | טיפול מספר |
|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|---------|------------|
| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | כלוריד | חנקן | מלימולר | |
| 3.07 | 68.9 | 19.4 | 108.5 | 15.6 | 73.9 | 2.53 | 0.22 | 0.19 | 0.44 | 1.02 | 4.88 | 0.82 | 2.16 | 14.4 | 5.5 | 0.14 | 1 |
| 2.76 | 63.8 | 12.7 | 104.3 | 15.9 | 72.8 | 2.13 | 0.23 | 0.23 | 0.44 | 1.07 | 4.76 | 0.77 | 2.14 | 13.6 | 5.5 | 0.56 | 2 |
| 2.76 | 67.1 | 11.5 | 108.3 | 15.6 | 73.7 | 2.03 | 0.24 | 0.27 | 0.45 | 1.08 | 4.94 | 0.84 | 2.25 | 12.9 | 5.5 | 1.24 | 3 |
| 2.32 | 61.6 | 12.0 | 94.4 | 16.6 | 74.9 | 2.18 | 0.22 | 0.26 | 0.46 | 1.01 | 4.49 | 0.81 | 2.19 | 11.2 | 5.5 | 2.78 | 4 |
| 2.00 | 65.9 | 13.8 | 114.3 | 15.6 | 76.0 | 2.17 | 0.25 | 0.27 | 0.39 | 0.75 | 4.40 | 0.90 | 2.46 | 8.2 | 5.5 | 3.40 | 5 |
| 2.93 | 54.0 | 9.8 | 74.1 | 14.3 | 56.8 | 1.27 | 0.25 | 0.12 | 0.46 | 1.13 | 4.78 | 0.82 | 2.19 | 7.5 | 10.8 | 0.14 | 6 |
| 1.99 | 51.8 | 9.7 | 79.1 | 16.5 | 57.7 | 1.16 | 0.33 | 0.25 | 0.51 | 1.20 | 4.77 | 0.83 | 2.26 | 6.0 | 10.8 | 1.24 | 7 |
| 2.16 | 70.3 | 12.0 | 102.7 | 17.5 | 66.5 | 0.89 | 0.33 | 0.30 | 0.52 | 1.08 | 4.85 | 0.98 | 2.30 | 1.8 | 10.8 | 3.40 | 8 |

| פירות | | | | | | | | | | | | | | ריכוז במי ההשקיה | | | טיפול מספר |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|---------|------------|
| Mo | Mn | Cu | Zn | B | Fe | Cl | Na | S | Mg | Ca | K | P | N | כלוריד | חנקן | מלימולר | |
| 2.66 | 16.5 | 10.4 | 26.0 | 18.8 | 49.1 | 0.93 | 0.07 | 0.13 | 0.20 | 0.13 | 4.84 | 0.62 | 2.50 | 14.4 | 5.5 | 0.14 | 1 |
| 1.99 | 17.1 | 11.8 | 26.9 | 19.4 | 46.9 | 0.89 | 0.08 | 0.16 | 0.20 | 0.14 | 5.00 | 0.66 | 2.64 | 13.6 | 5.5 | 0.56 | 2 |
| 1.46 | 17.3 | 10.4 | 25.4 | 18.5 | 48.0 | 0.92 | 0.07 | 0.16 | 0.20 | 0.13 | 4.73 | 0.62 | 2.64 | 12.9 | 5.5 | 1.24 | 3 |
| 1.32 | 17.5 | 11.1 | 26.8 | 20.3 | 53.5 | 0.87 | 0.07 | 0.17 | 0.21 | 0.14 | 4.77 | 0.64 | 2.69 | 11.2 | 5.5 | 2.78 | 4 |
| 1.59 | 16.7 | 10.4 | 24.8 | 19.1 | 44.3 | 0.88 | 0.10 | 0.17 | 0.20 | 0.10 | 4.81 | 0.67 | 2.84 | 8.2 | 5.5 | 3.40 | 5 |
| 2.07 | 16.9 | 9.9 | 27.5 | 19.8 | 52.7 | 0.44 | 0.07 | 0.13 | 0.23 | 0.14 | 5.06 | 0.67 | 2.66 | 7.5 | 10.8 | 0.14 | 6 |
| 1.24 | 16.5 | 10.5 | 28.6 | 20.1 | 52.2 | 0.47 | 0.09 | 0.18 | 0.23 | 0.15 | 5.18 | 0.67 | 2.83 | 6.0 | 10.8 | 1.24 | 7 |
| 1.20 | 19.7 | 11.3 | 28.4 | 21.6 | 58.6 | 0.36 | 0.09 | 0.20 | 0.25 | 0.13 | 5.12 | 0.74 | 2.95 | 1.8 | 10.8 | 3.40 | 8 |



איור 14. ריכוזי גופרית, מוליבדן, סידן ואשלגן באיברים שונים בצמח כתלות בריכוז הגופרה במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 6 חזרות. תוצאות 11.10.2011.



איור 15. ריכוזי כלוריד באיברים שונים בצמח כתלות בריכוז הכלוריד במי ההשקיה. סימנים עגולים מייצגים טיפולים בהם ריכוז החנקן נמוך סימנים מרובעים בהם ריכוז החנקן גבוה. ערכים מייצגים ממוצעים של 6 חזרות. תוצאות 11.10.2011.

5. סיכום

ניסויי גידול של עגבנייה במצע מנותק עם השקיה בריכוז גופרה וחנקן שונים התקיימו במשך שלוש שנים. תחום ריכוזי הגופרה במי ההשקיה שנלמד היה רחב: 0.1-3.4 מילימולר בשני ריכוזי חנקן במי ההשקיה של כ-5 ו-11 מילימולר. מהערכים שהתקבלו במי הנקז נראה שטיפול החנקן שנבחרו מייצגים מצבים שונים כאשר בטיפול החנקן הנמוך מרבית החנקן נקלט ע"י הצמח ובטיפול החנקן הגבוה ריכוזו מספק והוא התרכז במי הנקז. בכל שלושת הניסויים גידול וגטטיבי של הצמחים לא הושפע מהטיפולם עד תחילת הקטיף. בכל הניסויים טיפולי הגופרה לא השפיעו על היבול וגם בריכוזי הגופרה הנמוך ביותר לא התקבלה פגיעה ביבול. מגמה של עליה ביבול התקבלה בטיפולי החנקן עם יתרון קל לטיפול החנקן הגבוה בהשוואה לחנקן הנמוך. סימני מחסור של גופרית בעלים נצפו כחודשים שלושה משתילה. הסימנים החלו להופיע בעלים בוגרים שהתעצמו במהירות תוך ימים ספורים. מחסורי הגופרית החלו כהצהבה בעלים הבוגרים בהמשך הופיעו כנקרוזות בשולי העלים ונקודות סגולות בין העורקים בעלה. תיאור זה מתאים לדיווחים בספרות. סימני המחסור הופיעו לראשונה בטיפולי הגופרה הנמוכים ביותר (1 ו-6). באופן בולט הסימנים בטיפול 6 היו חזקים יותר. ביטוי לכך התקבל גם בבדיקות העלים בהם ריכוזי הגופרית היה נמוך (מגמה שהתקבלה בחלק ממועדי הדיגום). ריכוזי הגופרית בעלים הפגועים היה בתחום של 0.2-0.3%. מעבר לריכוז זה לא נצפו סימני מחסור. חוסר התגובה לגידול וליבול גם כאשר הצמח הוזן בחסר בגופרה יכולים להיות מוסברים בכך שהמחסור בגופרית התבטא בעיקר בעלים הבוגרים דבר שאינו מהווה גורם מגביל מאחר ועלים אלו בעלי פעילות נמוכה ותרומתם לצמח אינה רבה. בנוסף, מחסורי הגופרית התבטאו בחודשים דצמבר – ינואר, בשלב גדול שבו הצמח נשא מספר רב של פירות שהיוו מבלע. בהמשך העונה עם שינויי האקלים, קצב הצימוח הואט וכמות הגופרית שהצמח היה צריך לגידול פחתה. יש להניח שבתנאי אקלים שונים בהם קצב הצימוח היה ממשיך להיות נמרץ מחסורי הגופרית היו מתבטאים גם בגידול הווגטטיבי וביבול. טיפולי הגופרית והחנקן השפיעו על הצטברות מינרלים נוספים בצמח. עליה בריכוזי הגופרית הפחיתה את הצטברות המוליבדן בחלקי הצמח השונים. באופן דומה עליה בחנקן (מרביתו כחנקה) גם היא תרמה לירידה בהצטברות המוליבדן. השקיה בריכוזי גופרה גבוהים הפחיתה את הצטברות הסיידן בחלקי הצמח השונים דבר שהתבטא בהעלאת שיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם. הפחיתה בהצטברות הסיידן היא כנראה תוצאה של ירידה בריכוז הסיידן החופשי באזור השורשים עקב היווצרות של מולקולות של סידן גופריתי. שלא כמו הסיידן, ריכוזי האשלגן בחלקי הצמח עלו עם העליה בריכוזי הגופרה במי ההשקיה. כנראה תוצאה מהירידה בריכוז הסיידן החופשי בסביבת השורשים.

בתנאי הגידול הייחודים של רמת נגב מחסורי הגופרית לא התבטאו ביבול. מאידך, עודפי גופרה במי ההשקיה גרמו לפחיתה בקליטת מוליבדן ופחיתה בקליטת סידן דבר שהגביר את תופעת שחור הפיטם.

6. תודות

תודות לרועי יוסף על ביצוע הניסויים לאחמד הואשלה, אינה פיינגולד, לודמילה יוסופוב, שושנה סוריאנו, מרים קינן ורנין שוואהנה ממכון וולקני על התמיכה והסיוע בבדיקות המעבדה.

- Alhendawi RA, Ernest A. Kirkby, David J. Pilbeam. 2005. Evidence that sulfur deficiency enhances molybdenum transport in xylem sap of tomato plants. *J. Plant Nutrition*, 28, 8:1347 – 1353.
- Balochini, D.D. Deposition of gaseous sulfur compounds to vegetation. 1993. In: *Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants*, ed. by De Kok, L-J., Stulen, I., Rennenberg, H., Brunold, C. and Rauser, W.E. SPB Academic Publishing bv. The Hague.
- Bouma, D. 1967. Nutrient uptake and distribution in subterranean clover during recovery from nutritional stresses. 1. Experiments with phosphorus. *Aust. J. Biol. Sci.* 20:601-612.
- Burke, JJ, Holloway, P. and Dalling, MJ. 1986. The effect of sulfur deficiency on the organization and photosynthetic capability of wheat leaves. *J. Plant Physiol.* 125. 371-375.
- Clarkson, D.T., Hawkesford, M.J. and Davidian, J. 1993. Membrane and long-distance transport of sulfate. In: *Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants*, ed. by De Kok, L-J., Stulen, I., Rennenberg, H., Brunold, C. and Rauser, W.E. SPB Academic Publishing bv. The Hague. Pp 3-19.
- Deloch, W.H. 1960. Analytical determination of sulfur in biochemical materials and the uptake of sulfur by crops in relation to fertilizer application. Ph. D. Thesis Justus Liebig University Giessen.
- Duke SH and Reisenauer. 1986. Roles and requirement of sulfur in plant nutrition. In M.A. Tabatabai (ed) *Sulfur in Agriculture*. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
- Eaton SV. 1951. Effects of sulfur deficiency on growth and metabolism of tomato botanical gazette, Vol. 112, 3:300-307.
- Ergle, D.R. and Eaton, F.M. 1951. Sulfur nutrition of cotton. *Plant Physiol.* 26:639-654.
- Fessas, Y. 2001. The strategic position of desalination in the overall water policy of Cyprus. *Desalination*. 136: 125-131.
- Hawkesford, M.J., Schneider, A., Belcher, A.R., and Clarkson, D.T. 1995. Regulation of enzymes in the sulphur-assimilatory pathway. *Z. Pflanzenernahr. Bodenk.* 158:55-57.
- Kreij, C., Sonneveld, C. Warmenhovn, M.G. Straver, N. 1992. Guide values for nutrient element contents of vegetables and flowers under glass. Third Edition. Naaldwijk, 45.
- Lopez, J., Tremblay, N., Voogt, W., Dube, S., and Gosselin, A., 1996. Effects of varying sulphate concentrations on growth, physiology and yield of the greenhouse-tomato. *Scient. Hort.* 67, 207-217.
- Lopez, J., Tremblay, N., Gosselin, A., Bell, C.I., Dorais, M., and Zeki, H. 2000. Sulphate uptake and translocation in tomato seedlings in response to sulphate level in the nutrient solution. *Acta Hort.* 534, 181-188.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of higher plants. Institute of plant nutrition, University of Hohenheim, Federal republic of Germany. By Academic Press.
- Mengel, K. and Kirkby EA (eds). 2001. Principles of plant nutrition. 5th edition. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/London.
- Navarro MJ, Garrido C., Cavajal M., Martinez V. Yield and fruit quality of pepper plants under sulphate and chloride salinity. *J. Hort. Scie.& Biotech.* 77:52-57.
- Nukaya, A., and H. Hashimoto, 2000. Effects of nitrate, chloride and sulfate ratios and concentrations in the nutrient solution on yield, growth and mineral uptake characteristics of tomato plants grown in closed rockwool system. *Acta Hort.* 511, 165-171.
- Ravikovitz, S. 1981. Soils in Israel. Pub. HaKibbutz Hameuched. P. 478 (Hebrew).

- Reisenauer, HM. 1963. The effect of sulfur on the absorption and utilization of molybdenum by peas. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27:553-555.
- Saalbach, E. 1984. The significance of atmospheric sulphur compounds for the supply of agricultural crops. *AngeW. Bot.* 58:147-156.
- Singh, M. and Kumar, V. 1979. Sulfur, phosphorus, and molybdenum interactions on the concentration and uptake of molybdenum in soybean plants (*Glycine-max*). *Soil Sci.* 127, 307-312.
- Smilde, K. W. And Roorda van Eysinga, J. P. N. L. 1968. Nutritional diseases in glasshouse tomatoes. Cent agric Publ Docum Wageningen, 48 pp.
- Stevenson, FJ. 1986. Cycles of soil carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. John Wilwy and Sons, New York.
- Tanner. W., and Caspari, T. 1996. Membrane transport carriers. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47:595-626.
- Ward, G. M. 1976. Sulphur deficiency and toxicity symptoms in greenhouse tomatoes and cucumbers. *Can J Pl Sci* 56,133-137.
- Xu, H. L., J. Lopez, F. Rachii, N. Tremblay, L. Gauthier, Y. Desjardins, A. Gosselin. 1996. Effect of sulphate on photosynthesis in greenhouse-grown tomato plants. *Physiologia Plantarum* 96, 722–726.

8. סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה:

מטרת העבודה העיקרית היא לקבוע את הרמה הדרושה של גופרה במים המותפלים והיחס בינה לבין חנקן ומוליבדן לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים של עגבנייה.

עיקרי התוצאות:

ניסויי גידול של עגבנייה במצע מנותק עם השקיה בריכוז גופרה וחנקן שונים התקיימו במשך שלוש שנים מו"פ רמת נגב. בכל הניסויים גידול וגטטיבי של הצמחים לא הושפע מהטיפולים. טיפולי הגופרה לא השפיעו על היבול וגם בריכוז הגופרה הנמוך ביותר לא התקבלה פגיעה ביבול. סימני מחסור של גופרית בעלים נצפו כחודשים שלושה משתילה. ריכוז הגופרית בעלים הפגועים היה בתחום של 0.2-0.3%. מעבר לריכוז זה לא נצפו סימני מחסור. טיפולי הגופרית והחנקן השפיעו על הצטברות המינרלים בצמח. עליה בריכוז הגופרית הפחיתה את הצטברות המוליבדן בחלקי הצמח השונים. באופן דומה עליה בחנקן במי ההשקיה (מרביתו כחנקן) גם היא תרמה לירידה בהצטברות המוליבדן. השקיה בריכוזי גופרה גבוהים הפחיתה את הצטברות הסיידן בחלקי הצמח השונים דבר שהתבטא בהעלאת שיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם.

מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

לריכוז הגופרה במי ההשקיה השפעה משמעותית על הצטברותו בצמח ועל קליטת מינרלים אחרים על ידי הצמח. בתנאי הגידול ברמת נגב מחסור בגופרית לא השפיע על היבול אך פגע באיכותו.

בעיות שנתרו לפתרון:

יש צורך ללמוד את השפעת הגופרה בתנאי גידול אחרים כולל בקרקע.

הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח:

בשלב זה לא היה פרסום.

פרסום הדו"ח: אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)

- ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט) - כן

- חסוי – לא לפרסום: יש לצרף אישור ומידע ממוסד המחקר - לא

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? לא