

918

2005-2007

תקופת המחקר:

301-0527-07

קוד מחקר:

Subject: USING DESALINATED WATER FOR IRRIGATION

Principal investigator: URI YERMIYAHU

Cooperative investigator:

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O)

שם המחקר: שימוש במים מותפלים להשקיית גידולי פרחים וירקות

חוקר ראשי: אורי ירמיהו

חוקרים שותפים:

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן
50250תקציר

התפלת מים מהווה אחד הפתרונות למחסורי המים של מדינת ישראל. התוכנית מבוססת על התפלת מי הים התיכון ומים מליחים מאזור הנגב ואולי אף מהערבה. המים המותפלים ישתלבו במערכת המים הארצית הקיימת, ויופנו לכל הצרכים כולל השקיה. מים אלו שונים בהרכבם באופן משמעותי מהמים שמסופקים היום להשקיה. יש להניח שריכוז מרבית היונים במים המותפלים יהיה נמוך מאשר במים המסופקים כיום. חלק מהיונים אינם נחוצים לצמח בעוד אחרים כגון סידן, מגנזיום וסולפט נחוצים. מטרת המחקר הנוכחי לקבוע את הריכוזים הדרושים של סידן, מגנזיום במי ההשקיה לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים בעגבניה. ניסויים נמשכו 3 שנים בהם צמחי עגבניה גודלו בבית רשת במו"פ רמת נגב. בשנתיים הראשונות הצמחים גודלו במיכלים, במצע מנותק, והושקו במים מותפלים שהכילו ריכוזים שונים של סידן ומגנזיום. נערך מעקב רציף אחר קליטת המים, גידול הצמחים, הצטברות מינרלים, יבול ואיכותו. בשנה השלישית נערך ניסוי בו צמחי עגבניה גודלו בקרקע והושקו ברמות שונות של מגנזיום וסידן. במחקר אופיינה תגובת העגבניה לטווח רחב של ריכוזי סידן ומגנזיום. תוארו סמני המחסור של שני היסודות וכן האופי האנטגוניסטי ביניהם. ריכוזי סידן במי השקיה נמוכים מ-0.33 מילימולר גרמו לירידה משמעותית ביבול ואיכותו. עליה בריכוז הסידן במי ההשקיה לערך של עד 2.6 מילימולר גרמה לעליה בגידול וביבול ופחיתה בשיעור הפירות עם שחור פיטם. השקיה בריכוז של 5.44 מילימולר סידן לא שיפרה את הגידול והיבול ובמידה מסוימת אף גרמה לפגיעה באיכות הפירות. בריכוז סידן של 1.4 מילימולר, השקיה במגנזיום בתחום ריכוזים של בין 0.4 ל-2.8 לא השפיעה על הגידול, יבול ואיכות העגבניה. בריכוז סידן נמוך, השקיה ברמת מגנזיום גבוה פגעה בקליטת הסידן והגבירה את הופעת תופעת שחור הפיטם, ולהפך, השקיה עודפת בסידן בריכוזי מגנזיום נמוכים גרמה למחסורי מגנזיום. בשנה השלישית גודלו צמחים בקרקע חולית על מנת לבדוק האם יתקבלו מחסורי מגנזיום במימשק הגידול המקובל. נראה שתוספת קומפוסט בתחילת העונה תורמת סידן ומגנזיום אבל ריכוזים של היסודות הללו פוחת אם ריכוזם במי ההשקיה נמוך. בדומה לניסויים במצע הפרלייט, ריכוז המגנזיום הושפע מריכוזי הסידן בעיקר בעלים הבוגרים. בטיפול בו לא הוסף מגנזיום, החלו להופיע סימני מחסור במגנזיום בעלים בעיקר כאשר ריכוז הסידן במי ההשקיה הועשר. הפסקת הניסוי לא אפשרה מעקב בשלבי הגידול הבאים. בהתבסס על תוצאות אלו והממצאים מהניסויים המבוקרים צפוי שהשקיה במים מותפלים שלא יועשרו במגנזיום תגרום לנזקים שיוחמרו אם המים יועשרו בסידן. מאידך העשרה בסידן ללא מגנזיום תגביר את מחסורי המגנזיום.

דו"ח סופי לתוכנית מחקר מספר 301-00527-07

שימוש במים מותפלים להשקיה

Using desalination water for irrigation

מוגש למשרד המדען הראשי במשרד החקלאות ולנציבות המים

ע"י

אורי ירמיהו, אלון בן גל, מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת.

שבתאי כהן, ציון שמר, רמי גולן, מו"פ רמת נגב.

אשר בר טל, מכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.

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

Cohen S., Shemer D., Golan R. Ramat Negev R&D.

Bar Tal, A., ARO, Bet Dagan 50250, Israel.

מאי 2008

טבת תשס"ז

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר 10/10/07

1. תקציר

התפלת מים מהווה אחד הפתרונות למחסורי המים של מדינת ישראל. התוכנית מבוססת על התפלת מי הים התיכון ומים מליחים מאזור הנגב ואולי אף מהערבה. המים המותפלים ישתלבו במערכת המים הארצית הקיימת, ויופנו לכל הצרכים כולל השקיה. מים אלו שונים בהרכבם באופן משמעותי מהמים שמסופקים היום להשקיה. יש להניח שריכוז מרבית היונים במים המותפלים יהיה נמוך מאשר במים המסופקים כיום. חלק מהיונים אינם נחוצים לצמח בעוד אחרים כגון סידן, מגנזיום וסולפט נחוצים. מטרת המחקר הנוכחי לקבוע את הריכוזים הדרושים של סידן, מגנזיום במי ההשקיה לקבלת גידול, יכול ואיכות מיטביים בעגבניה. ניסויים נמשכו 3 שנים בהם צמחי עגבניה גודלו בבית רשת במו"פ רמת נגב. בשנתיים הראשונות גודלו הצמחים במיכלים במצע מנותק והושקו במים מותפלים שהכילו ריכוזים שונים של סידן ומגנזיום. נערך מעקב רציף אחר קליטת המים, גידול הצמחים, הצטברות מינרלים יכול ואיכותו. בשנה השלישית נערך ניסוי בו גודלו צמחי עגבניה בקרקע והושקו ברמות שונות של מגנזיום וסידן. במחקר אופיינה תגובת העגבניה לטווח רחב של ריכוזי סידן ומגנזיום. תוארו סמני המחסור של שני היסודות וכן האופי האנטגוניסטי ביניהם. ריכוזי סידן במי השקיה נמוכים מ-0.33 מילימולר גרמו לירידה משמעותית ביכול ואיכותו. עליה בריכוזי הסידן במי ההשקיה לערך של עד 2.6 מילימולר גרמה לעליה בגידול וביכול ופחיתה בשיעור הפירות עם שחור פיטם. השקיה בריכוז של 5.44 מילימולר סידן לא שיפרה את הגידול והיכול ובמידה מסוימת אף גרמה לפגיעה באיכות הפירות. השקיה במגנזיום בתחום ריכוזים של בין 0.4 ל-2.8 בריכוז של 1.4 מילימולר סידן לא היתה השפעה על הגידול, יכול ואיכות עגבניה. השקיה ברמת מגנזיום גבוה וריכוזי סידן נמוך פגעה בקליטת הסידן והגבירה את הופעת תופעת שחור הפיטם, ולהפך, השקיה עודפת בסידן בריכוזי מגנזיום נמוכים גרמה למחסורי מגנזיום. בשנה השלישית גודלו צמחים בקרקע חולית על מנת לבדוק האם יתקבלו מחסורי מגנזיום במימשק הגידול המקובל. נראה שתוספת קומפוסט בתחילת העונה תורמת סידן ומגנזיום אבל ריכוזם של היסודות הללו פוחת אם ריכוזם במי ההשקיה נמוך. בדומה לניסויים במצע הפרלייט ריכוזי המגנזיום הושפע מריכוזי הסידן בעיקר בעלים הבוגרים. בטיפול בו לא הוסף מגנזיום החלו להופיע סימני מחסור במגנזיום בעלים בעיקר כאשר ריכוזי הסידן במי ההשקיה הועשר. הפסקת הניסוי לא אפשרה מעקב בשלבי הגידול הבאים. בהתבסס על תוצאות אלו והממצאים מהניסויים המבוקרים צפוי שהשקיה במים מותפלים שלא יועשרו במגנזיום תגרום לנזקים שיוחמרו אם המים יועשרו בסידן. מאידך העשרה בסידן ללא מגנזיום תגביר את מחסורי המגנזיום.

2. מבוא

בישראל בשנת 2001 גובשה תוכנית להתפלת מים שתהווה אחד הפתרונות למחסורי המים של מדינת ישראל. התוכנית מבוססת על התפלת מי הים התיכון ומים מליחים מאזור הנגב ואולי אף מהערבה. צפוי כי בשנת 2015 יותפלו כ-800 מל"מ בשנה. המים המותפלים ישתלבו במערכת המים הארצית הקיימת, ויופנו לכל הצרכים כולל השקיה. מים אלו שונים בהרכבם באופן משמעותי מהמים שמסופקים היום להשקיה. יש להניח שריכוז מרבית היונים במים המותפלים יהיה נמוך מאשר במים המסופקים כיום. חלק מהיונים אינם נחוצים לצמח בעוד אחרים כגון סידן, מגנזיום וסולפט נחוצים.

בשנת 2003 הופעל ברמת נגב מתקן התפלה למים המליחים, בעל יכולת ייצור של כ-3 מיליון מ"ק מים מותפלים בשנה. המוליכות החשמלית של מי המקור יהדה לאחר ההתפלה בשיטה של אוסמוזה הפוכה מערך של 7 לערך של 0.5 דציסימנס למ'. על פי הנחיות משרד הבריאות מוסף למים סידן לרמה של כ-50 מ"ג/ל (1.25 מילימולר). מים אלו מכילים ריכוזי מגנזיום וגופרה נמוכים מאוד בהשוואה למי הרשת המסופקים כיום, במערכת הארצית. ריכוזי הבורון במים המותפלים עמד על כ-1.6 מ"ג/ל (0.15 מילימולר), פי 4 מהריכוז המקובל כרמת בורון סבירה במי השקיה, ללא סיכונים לרעילות ברוב גידולי החקלאות הקיימים כיום בישראל. מיד לאחר הפעלת המתקן הוזרמו המים למערכות ההובלה ושימשו להשקית הגידולים באזור רמת נגב. לאחר פרק זמן של כ-4 חודשי השקיה במים המותפלים החלו להיווצר תופעות של התנוונות וקריסת צמחים שהופיעו בגידול עדעד (*Limonium Sinuatum statice*) שגדל בבתי צמיחה. התופעה התאפיינה ברמת פגיעה גבוהה במיוחד בשטחים שנשתלו מוקדם והושקו לזמן ממושך במים המותפלים. היכול הושמד ולא

היה ראוי לשיווק. בעקבות התופעה בשטחי העדעד הופסקה פעילות המתקן. עם החזרה להשקיה במי הרשת החלה התאוששות בחלקות. בעקבות אי הבהירות לגבי גורם הבעיה הועמד ניסוי בתחנת הניסויים ברמת נגב. בו נבחנה ההשפעה של איכויות מים שונות על עדעד מתוצאות הניסוי הזה לא נראה כי הבורון הוא הגורם להתמוטטות צמחי העדעד. בטיפולים בהם ניתן בורון בריכוז גבוהה בשיעור ניכר מהמים המותפלים לא נצפו נזקים. כאן ראוי לציין שאין אנו בטוחים כלל שהנזקים שנגרמו הם תוצאה ישירה של איכות המים. הספקת מים מותפלים חודשה בקיץ 2006 רק לאחר הוספת מתקן להפחתת ריכוז הבורון (לערן של 0.4 ח"מ).

בשנים האחרונות נלמדה רעילות של בורון במגוון רחב של צמחים חד ורב שנתיים ע"י חלק מהשותפים למחקר המוצע וקבוצות מחקר נוספות. תגובת צמחים (כולל יבול) לבורון נלמדה בפלפל (Yermiyahu et al., 2003), בגפן (ירמיהו וח'י, 2004), הדרים (ירמיהו וח'י, 2003), עגבנייה (Ben-Gal and Shani 2002, 2003), אפרסמון (מתבצע בימים אלו ע"י ברטל וח'י) ועוד. לעומת זאת, חסר ידע על תגובת גידולים מסחריים מבחינת יבול ואיכות למחסורי סידן ומגניון וסולפט בהשקיה במים מאיכות גבוהה ובתנאי האקלים של ישראל. מרבית הידע וההמלצות נאספו ממקומות אחרים בעולם השונים באקלים ובממשקי הגידול מאלו שבישראל. שלא כמו שאר יסודות ההזנה, יונים אלו היו מצויים במי מקורות ותוספת של סידן ומגניון למי ההשקיה נעשתה רק במקרים בודדים בהם הוכח מחסור בדרך כלל בעקבות אינטראקציה עם יסודות אחרים שריכוזם היה גבוה. לא ידוע לנו על עבודה שבחנה את התגובה לגופרה בתנאי הארץ במים לא מלוחים. שימוש במים מותפלים להשקיה מחייב אם כן הוספה של היסודות הנ"ל ולכן יש צורך לקבוע את ריכוזם במי ההשקיה על מנת לקבל יבול ואיכות מיטביים. הניסויים מתבצעים בתנאי האקלים של רמת נגב בחממה. עגבנייה נבחרה כצמח מבחן מייצג בגלל שטחי הגידול הנרחבים שלה באזור זה.

השערת המחקר היא ששימוש במים מותפלים להשקיה בממשק הדישון הקיים גורם לפגיעה ביבול

ואיכותו. מטרת העבודה העיקרית היא לקבוע את רמות היסודות סידן ומגניון במים המותפלים לקבלת

גידול, יבול ואיכות מיטביים של עגבנייה (גידול מבחן) הגדלה ברמת נגב. מטרות המשנה של העבודה:

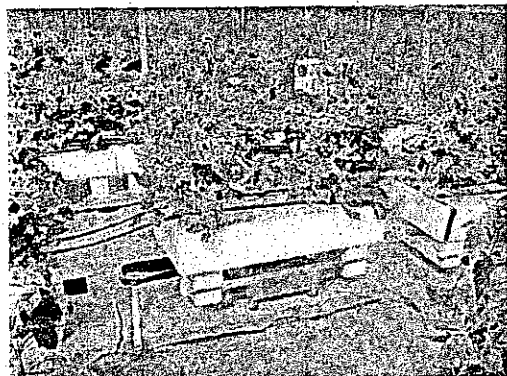
1. לקבוע את הריכוז הדרוש של סידן ומגניון במי ההשקיה לקבלת גידול, יבול ואיכות מיטביים בעגבנייה.
2. לאפיין את יחסי הגומלין בין סידן ומגניון שבמי ההשקיה על קליטת סידן ומגניון, התפתחות, יבול ואיכות של עגבנייה.
3. לאפיין את הקשר בין ריכוז הסידן במי ההשקיה וקליטת מים בעגבנייה.

3. חומרים ושיטות

שנת מחקר ראשונה - בשנה הראשונה הוקמה התשתית לביצוע ניסויי הגידול. נרכש מכשיר להתפלת מים בשיטה של אוסמוזה הפוכה והוקמו מערכות לאגירת מים מותפלים ולגידול הצמחים. מערכת גידול הצמחים מבוססת על 8 טיפולים המושקים מתמיסות סופיות. מערכת ההשקיה אוטומטית ומבוקרת ע"י מחשב עם מעקב רציף אחר כמות מים מושקת בכל טיפול. צמחי עגבניה מזן איקרום גודלו במיכלי פוליסטירן (קלקר) באורך 100 ס"מ, רוחב 50 ס"מ ועומק 20 ס"מ. הצמחים גודלו במצע פרלייט 2 (גודל של 1.2 מ"מ). בכל מיכל נשתלו 5 צמחים בשתי שורות. כל חזרה הכילה 3 מיכלים. צמחים נשתלו ב-21 לפברואר 2006 וגודלו ללא חימום. הצמחים הושקו במערכת טפטוף. כל טיפול הוזן ממיכל של 5000 ל' אשר בתוכו הוכנה תמיסת השקיה סופית. השקיה נעשתה בעודף רב עם נקז של לפחות 40% בתדירות של 4-6 פעמים ביום. תדירות וכמות מי ההשקיה השתנתה במהלך הגידול כפי שיתואר בהמשך. יישום הטיפולים החל שלושה שבועות לאחר השתילה. הטיפולים התבססו על תמיסות דשן מרוכזות שהוכנו ע"י חברת "דשנים וחומרים כימיים בע"מ" ותוספת מלחים. ריכוזי החנקן במי הטפטפת היו 5.7 ל-7.1 מילימולר (80-100 ח"מ), הזרחן 0.48-0.65 (15-20 ח"מ), האשלגן 0.51-4.6 מילימולר (180-220 ח"מ) והסולפט 0.8 מילימולר (26 ח"מ). ריכוזי האמון מכלל החנקן בכל הטיפולים היה בתחום של בין 10-20%. שינויים בריכוזי החנקן והאמון נעשו בהתאם להרכב מי הנקז. 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 ובורון – 0.3 ח"מ. חומציות מי הטפטפת היתה בערך הגבה של 5.5-6.0.

הניסוי הוצב בתבנית של בלוקים באקראי בשש חזרות. נבחנו 8 טיפולים אשר מוצגים בטבלה 1. הערכים מייצגים את ממוצעי הריכוזים במשך הגידול. טיפולים 1-5 בחנו את השפעת העליה בריכוז הסידן ריכוז המגנזיום נשמר קבוע (1.3 מילימולר). טיפולים 3, 6-8 בחנו את השפעת המגנזיום ברמת סידן קבועה של 1.4 מילימולר. העלאת ריכוז הסידן והמגנזיום בטיפולים בהם ריכוזם היה גבוהה נעשתה ע"י מלחי כלוריד. המוליכות החשמלית של תמיסות ההשקיה היתה בתחום של 0.9-1.3 דציסימנס למ'. בקרת השקיה נעשתה ע"י שקילה רציפה של מיכלי הגידול. מיכל גידול מכל טיפול הוצב על משטח שקילה (סה"כ 8 משקלים כמספר הטיפולים). צנרת ההשקיה בטיפטוף הונחה על פני המיכל ועודפי ההשקיה נוקזו באופן חופשי באמצעות נקז אל מחוץ לשטח השקילה (איור 1). הצמחים הודלו עם גדילתם כך שמשקל השתילים נתמך ולא נשקל במהלך הניסוי. מדידת המשקל נעשתה כל דקה ומוצעה ונרשמה כל 10 דקות. לאחר חישוב קצב אובדן המשקל וסינון הנתונים מתוספת המשקל בהשקיה ופחיתה עקב נקז מהיר, נסכמו ערכי הקצב להראות את צריכת המים היומית. בסמוך לעלוות הצמחים של טיפול 2 הותקן תרמומטר לח-יבש אשר הוגבה יחד עם גדילת הצמחים. גם כאן המדידות נערכו כל דקה ומוצעו ונרשמו כל 10 דקות. מתוך מדידות אלה חושבו ונרשמו הלחות היחסית וגירעון לחץ האדים. ערכי קרינת השמש נמדדו בגובה של כ-3 מ' בתוך החממה ומעל לצמחים. אגירת הנתונים נעשתה באוגר נתונים של Campbell scientific ואיסוף הנתונים נעשה אחת לשבוע ממרחק תוך שימוש במודם סלולרי מתוצרת Siemens. תחילת איסוף הנתונים הייתה ביום 101 מתחילת השנה, עת הצמחים היו כבני שלושה שבועות לערך וסיומה ביום 183, ימים בודדים לפני סיום הניסוי.



איור 1. מיכל הגידול מונח על משטח השקילה. מערכת ההשקיה בטיפטוף הונחה על פני המיכל והניקוז נעשה באמצעות נקז תחת. תרמומטר לח/יבש ניתן בסמוך לעלוות הצמח.

בדיקות מי ההשקיה ומי נקז - מוליכות חשמלית, חומציות וריכוז היונים: חנקת, אמון, זרחן, אשלגן, מגנזיום, סידן, כלוריד ונתרן. מי הטפטפת נבדקו בכל הכנה חדשה של תמיסה ומי נקז נבדקו אחת לשבוע. מעקב אחר הגידול הוגטיבי - נעשה ע"י דיגום של צמח מכל חלקה במהלך הגידול. בסה"כ נערכו 4 דיגומים: ב-06.03, 06.05, 06.07 ו-09.07. בשלושת המועדים הראשונים כל צמח פורק לחלקים: עלים לפי גיל לשנים או שלושה, גבעול וקומות של פירות. כל חלקי הצמח נשקלו, נשטפו ויובשו לפני מדידה של משקל היבש. במועד האחרון הופרדו בעלים מהגבעול ונמדד משקל טרי ויבש. קביעת היבול ואיכותו - הפירות נאספו במהלך כל עונת הגידול, נשקלו, נספרו ונקבעה איכותם לפי מדדים המקובלים (דגש יושם על הופעת שחור פיטם). היבול נשמר בקרור בתנאים המקובלים ונקבעה איכות חיי המדף לפי הפרמטרים המקובלים. מעקב אחר קליטת מים - הערכת צריכת המים נעשה בעזרת שקילה רציפה של מיכלי הגידול (תאור מפורט ראה למעלה).

מעקב אחר קליטת מינרלים ע"י הצמח - הערכת קליטת יסודות ההזנה נעשה בבדיקות הצמחים השלמים ובשני מועדים בפירות אדומים. נקבעו ריכוזי היסודות חנקן, זרחן, אשלגן, מגנזיום וסידן במצויים המתאימים (שריפה רטובה בחומצה גופריתית, שריפה רטובה בחומצה חנקתית ומיצוי מימי). ריכוזי חנקת, אמון וזרחן

מבדיקות המים ומיצויי הצמחים יקבעו באוטואנלייזר, אשלגן בפלם פוטומטר, סידן ומגנזיום במכשיר בליעה אטומית.

טבלה 2. רשימת טיפולים לשנת המחקר הראשונה. ניסוי במצע מנותק.

טיפולים	ריכוז (מילימולר)		דציסימנס למ'
	סידן	מגנזיום	
1	0.18	1.36	0.93
2	0.33	1.33	0.90
3	1.36	1.38	1.07
4	2.62	1.44	1.32
5	5.44	1.41	1.92
6	1.42	0.37	0.97
7	1.44	0.73	0.98
8	1.36	2.78	1.27

שנה שנייה - מערכת הניסוי ששימשה לשנה הראשונה שימשה גם את השנה השנייה. צמחים מזן "איקרס" נשתלו ב-ספטמבר 2006 וגודלו ללא חימום. מערכת ההשקיה והדישון היו זהות לשנה הקודמת. יישום הטיפולים החל שלושה שבועות לאחר השתילה. הטיפולים התבססו על תמיסות דשן מרוכזות שהוכנו ע"י חברת "דשנים וחומרים כימיים בע"מ" ותוספת מלחים. ריכוזי החנקן במי הטפטפת היו 5.7 ל-7.1 מילימולר (80-100 ח"מ), הזרחן 0.48-0.65 (15-20 ח"מ), האשלגן 0.51-4.6 מילימולר (180-220 ח"מ) והסולפט 0.8 מילימולר (26 ח"מ). ריכוזי האמוניום מכלל החנקן בכל הטיפולים היה בתחום של בין 10-20%. שינויים בריכוזי החנקן והאמוניום נעשו בהתאם להרכב מי הנקז. 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 ובורון - 0.3 ח"מ. חומציות מי הטפטפת היתה בערך הגבה של 5.5-6.0.

הניסוי הוצב בתבנית של בלוקים באקראי בשש חזרות. נבחנו 2 משתנים: סידן (4 רמות) ומגנזיום (2 רמות). הטיפולים מוצגים בטבלה 2. העלאת ריכוזי הסידן והמגנזיום בטיפולים בהם ריכוזם היה גבוהה נעשתה ע"י מלחי כלוריד. המוליכות החשמלית של תמיסות ההשקיה היתה בתחום של 0.9-1.3 דציסימנס למ'. בדיקות מי ההשקיה ומי נקז - מוליכות חשמלית, חומציות וריכוזי היונים: חנקן, אמוניום, זרחן, אשלגן, מגנזיום, סידן, כלוריד ונתרן. מי הטפטפת נבדקו בכל הכנה חדשה של תמיסה ומי נקז נבדקו אחת לשבוע. קביעת היבול ואיכות - הפירות נאספו במהלך כל עונת הגידול, נשקלו, נספרו ונקבעה איכותם לפי מדדים המקובלים (דגש יושם על הופעת שחור פיסט).

מעקב אחר קליטת מינרלים ע"י הצמח - ב-20.12.06 במועד קרוב מאוד לפני שהחל קטיף הפירות (7-8 קומות) נלקח צמח אחד מכל חלקה. כל צמח פורק לחלקים: עלים וגבעול לפי גיל לשלושה חלקים ופירות מכל קומה. כל חלקי הצמח נשקלו, נשטפו וייובשו לפני מדידה של משקל היבש. הערכת קליטת יסודות והתחלקותם בחלקי הצמח השונים נעשה בבדיקות הצמחים השלמים ובשני מועדים של עלים דיאגנוסטיים (7.1.07 ו-29.3.07) ומועד אחד של פירות אדומים (14.3.07).

החל מסוף חודש מרץ החלו להופיע סמנים של מחלת רקבון השורש והכתר. עם הזמן התעצמה המחלה וצמחים החלו למות. הרחקת הצמחים המתים נספרה. ב-23 לאפריל 2007 הופסק הניסוי. במועד זה נחתכו כל הגבעולים והערכת עוצמת מחלה בהם נקבעה בסקלה של בין 0-3 (0 בריא, 3 מת).

טבלה 2. רשימת טיפולים ניסוי רמת נגב 2006. ניסוי במצע מנותק.

טיפול	ריכוז (מילימולר)	
	סידן	מגנזיום
1	0.50	0.25
2	1.00	0.25
3	2.50	0.25
4	5.00	0.25
5	0.50	2.50
6	1.00	2.50
7	2.50	2.50
8	5.00	2.50

שנה שלישית - בשנה השלישית הוצב ניסוי בו גודלו צמחי עגבנייה בקרקע. צמחי עגבניה מזן 1903 (זן לא מורכב עמיד לרקבון הכתר) נשתלו ב-15.8.07. מימשק הגידול היה כמקובל באזור בקרקע חולית וכלל יישום של קומפוסט ברמה של כ-2 קוב לדונם לאורך שורת הצמחים. הצמחים נשתלו בערוגה ברוחב 2 מ' בשורה אחת כל 20 ס"מ. אורך חלקת הניסוי 7.5 מ'. הגידול עוצב לענף אחד לצמח. הצמחים הושקו פעם ביום או ביומיים כתלות בעונה. בחודשי הקיץ שיעור ההשקיה הגיע ל-6 קוב ליום לדונם וירד בחורף ל-4 קוב פעם ביומיים. דישון בתחילת העונה היה אחיד לכל הטיפולים בדשן $(N;P_2O_5;K_2O)$ 6;6;6 ברמה של חצי ליטר לקוב שהוסף למים מותפלים שלא הכילו כלל סידן ומגנזיום. ב-18.9.07 החלו טיפולי הדישון שכללו שמונה טיפולים שמוצגים בטבלה 3. הניסוי הינו דו גורמי: סידן (2 רמות) ומגנזיום (4 רמות) והוצב במבנה של בלוקים האקראי בארבע חזרות. ריכוזי הסידן שנבחרו מייצגים שני מצבים: 1 מילימולר שהינו הריכוז שצפוי שיגיע עם המים המותפלים המסופקים מהקו (בגלל הנחיות של משרד הבריאות) וטיפול מועשר בסידן. ריכוזי המגנזיום נבחרו ממצב של חוסר דישון לרמה של 1 מילימולר. עלים דיאגנוסטיים נדגמו במהלך העונה בשני מועדים: 25.10.07 ו-27.12.07. קרקע נדגמה בשני מועדים בסמוך לטפטפת דוגמא מכל חלקה. מועד ראשון בתחילת הניסוי ב-19.9.07 בשני עומקים 0-20 ו-40-20 ס"מ ומועד שני בתום הניסוי ב-30.1.08 בעומק אחד 0-20 ס"מ. בדיקות מוליכות חשמלית, חומציות וריכוזי יסודות שונים נעשתה במיצוי קרקע: מים 1:1.

טיפול	ריכוז (מילימולר)	
	סידן	מגנזיום
1	1.0	0.00
2	1.0	0.25
3	1.0	0.50
4	1.0	1.00
5	2.0	0.00
6	2.0	0.25
7	2.0	0.50
8	2.0	1.00

יבול נאסף מידי שבוע נשקל, נספר ועבר תהליך מיון כפי שתואר בניסויים הקודמים. ב-15 לינואר 2008 התרחשה כבדה שגרמה לתמותת הנוף והניסוי הופסק.

טבלה 3. רשימת טיפולים ניסוי רמת נגב 2007. ניסוי שדה בקרקע המקומית.

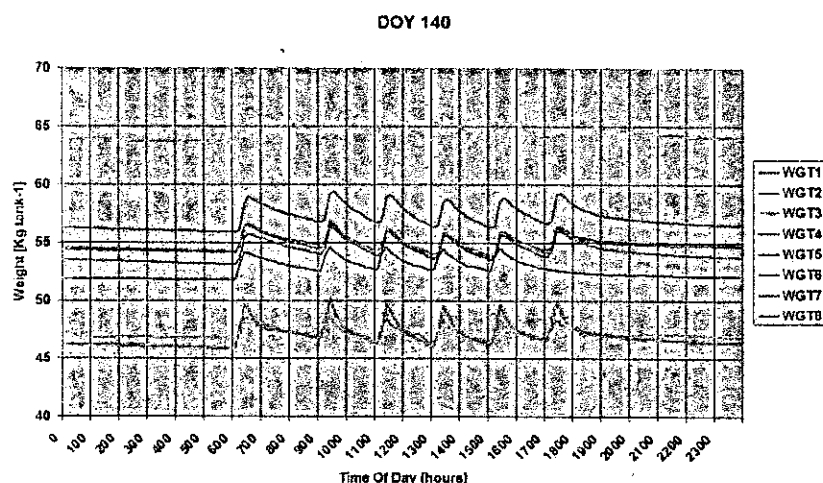
4.1 שנת מחקר ראשונה

השפעת הטיפולים על קליטת מים - להצגת השתנות משקל מיכלי הגידול של הטיפולים השונים במהלך היום נבחר יום 140 מתחילת השנה (איור 2) כמייצג לימים אחרים. העלייה המהירה במשקל המיכל מייצגת השקיה ואילו פחיתתו נובעת מ: (1) נקז מהיר לאחר השקיה, (2) אידוי מפני המיכל (3) דיות הצמחים במהלך היום.

ביום המוצג התבצעה ההשקיה הראשונה בשעה 6 בבוקר ולאחר כ- 3 שעות ניתנו עוד 5 השקיות במרווח של שעותיים ביניהן. זאת למעט בטיפול 1, שצריכת המים בו היתה נמוכה ועבורו הוספו רק 4 השקיות. ניתן לראות כי עיקר אובדן המשקל בטיפולים השונים היו במהלך היום בין השעות 06:00 ל 20:00 לערך כאשר במהלך שעות הבוקר המוקדמות ושעות הלילה אובדן רק מעט ממשקל מיכלי הגידול. כן ניתן לראות כי צריכת המים בין השקיה להשקיה היתה דומה ומשקל המיכלים (בכל טיפול וטיפול) הגיע לרמה דומה לפני ההשקיה הבאה. ההבדל במשקל הממוצע של המיכלים (כמו למשל משקלו הממוצע הגבוה של טיפול 3) נובע כנראה

ממילוי כמות מצע שונה במיכל

וקיבולת מים בהתאם.



איור 2. משקל מיכלי הגידול של

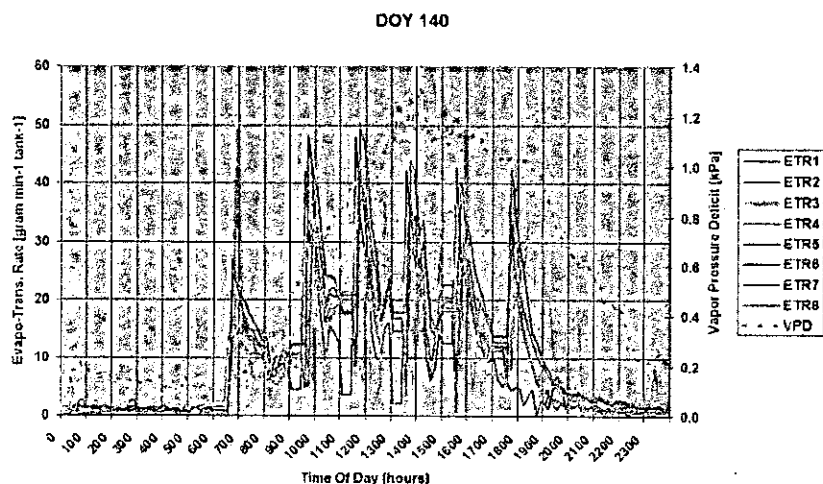
הטיפולים השונים ביום 140.

עליה מהירה מייצגת השקיה בעוד

שפחיתה נובעת מנקז לאחר

השקיה, אידוי ודיות.

קצב אובדן המשקל (הוא קצב האידוי-דיות להלן א"ד) כפי שחושב מערכי השתנות המשקל בזמן בטיפולים השונים, וערכי גרעון לחץ האדים ביום 140 מוצגים באיור 3. עד לשעה 06:30 לערך קצב הא"ד נמוך. עם עליית גרעון לחץ האדים, מעט לאחר זריחה, ועם ההשקיה הראשונה ניתן לראות כי קצב הא"ד מתגבר משמעותית ולאחר מכן הולך ופוחת עד להשקיה הבאה וכך הלאה עד השעה 20:00 לערך, עם ירידת עוצמת הקרינה בחממה, בה חוזר הקצב לערכיו הנמוכים. ניתן לראות כי קצב הא"ד בטיפול 1, בעל רמת הסיכון הנמוכה ביותר במי ההשקיה, היה נמוך מכל הטיפולים האחרים. גרעון לחץ האדים הגיע לשיאו בשעה 14:00 לערך ופחת לערכים נמוכים רק בשעה 23:00, זמן רב לאחר שקצב הא"ד פחת, זאת בשל אגירת החום בחממה.



איור 3. קצב האידוי-דיות

לטיפולים השונים וערכי גרעון

לחץ האדים ביום 140. ערכי קצב

גבוהים בכל הטיפולים התקבלו

בשעות האור ומיד לאחר השקיה.

גרעון לחץ האדים עלה עם זריחה,

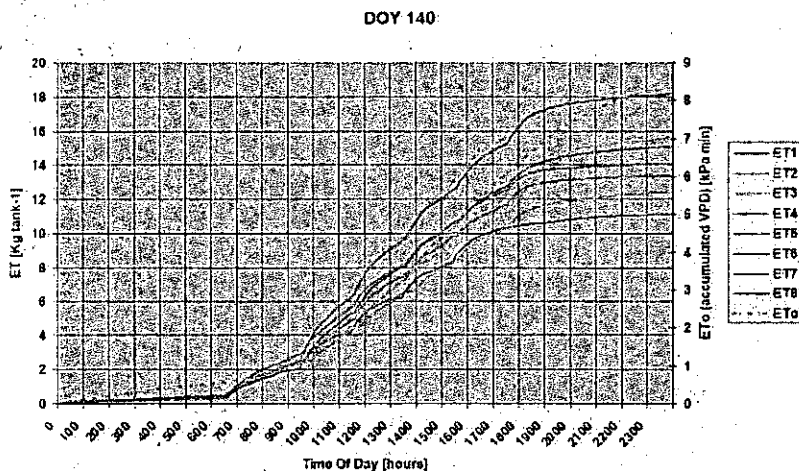
הגיע לשיאו ב- 14:00 לערך ופחת

שוב לערכים נמוכים רק בשעה

23:00 לערך.

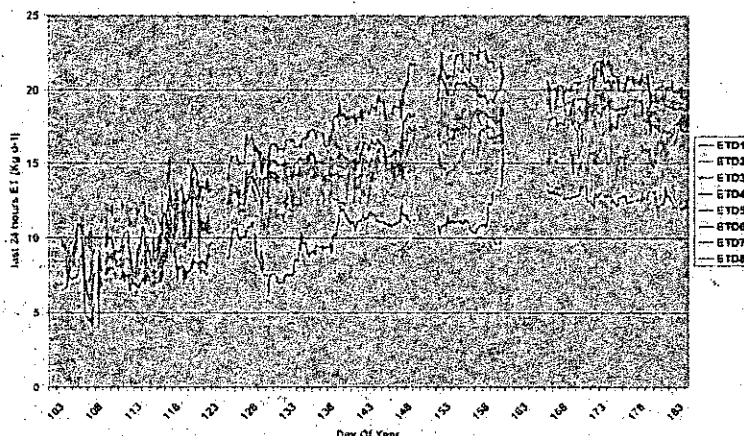
אובדן המשקל היומי המצטבר (היא צריכת המים היומית המצטברת) ביום 140, כפי שחושב מסכימת

קצב האיבוד-דיות, וכן גרעון לחץ האדים המצטבר מוצג באיור 4. ניתן לראות כי צריכת המים היומית היתה היתה שונה מאוד בין הטיפולים ונעה בין 18 ל-11 ליטר ליום למיכל גידול. הגבוהה ביותר היתה בטיפולים 3 ו-8 והנמוכה ביותר בטיפול 1. על פיתוצאות אלו נקבעה מנת ההשקיה היומית המירבית והותאמה לצריכת המים של הטיפולים באמצעות מתן מספר השקיות מתאים. מרווח הזמן בין ההשקיות נקבע כך שאובדן המשקל / צריכת המים ביניהן יהיה דומה כך שקיבול המים לפני כל השקיה יהיה דומה לקודמו ובכך יעמדו הצמחים לפני מתח תאחיזה מירבי דומה במהלך היממה.



איור 4. אובדן המשקל היומי המצטבר (צריכת המים) לטיפולים השונים וגרעון לחץ האדים המצטבר ביום 140.

צריכת המים ב-24 השעות האחרונות (ממוצע רץ) בטיפולים השונים חושבה לכל תקופת הניסוי בדומה לחישוב צריכת המים היומית ביום 140 הנראה מעלה. באיור 5 ניתן לראות כי צריכת המים שהיתה בממוצע כ-7.5 ליטר למיכל ליום בתחילת המדידות (כאשר הצמחים היו בני שלושה שבועות לערך), הלכה ועלתה עם התפתחות הצמחים עד ל-17.5 ליטר למיכל ליום (יום 150 לערך). משם ואילך התאזנה הצריכה ואף פחתה מעט לקראת סיום הניסוי. בין הטיפולים לא נראו הבדלים משמעותיים עד ליום 115 לערך. מיום זה ואילך טיפול 1 (בעל רמת הסידן המוספת הנמוכה ביותר) נבדל משאר הטיפולים בהציגו צריכת מים נמוכה יחסית ואליו הצטרף בשלב מאוחר יותר טיפול 2 (רמת סידן נמוכה). טיפולים 3, 6 ו-8 הצטיינו בצריכת המים הגדולה ביותר מכל הטיפולים מיום 115 ועד לסוף הניסוי. האזורים המקוטעים באיור נובעים מתקלות טכניות בעקבותיהן לא נרשמו נתוני החישובים השונים באזור הנתונים.



איור 5. צריכת המים ב-24 השעות האחרונות בטיפולים השונים במהלך הניסוי.

לסיכום, שקילת מיכלי הגידול אפשרה התאמת ממשק ההשקיה לטיפול הדישון השונים. צריכת המים של צמחי העגבניה השתנתה כמצופה במהלך עונת הגידול ובחלק מהטיפולים הכפילה את עצמה. צריכת המים של צמחי העגבניה בתנאי הגידול בהם נערך הניסוי החלה באופן משמעותי לאחר זריחה עם עליית גרעון לחץ האדים וההשקיה הראשונה (06:00 לערך), הגיעה לשיא בצהרי היום ופחתה לקראת שקיעה (20:00 לערך), זאת למרות שגרעון לחץ האדים בחממה פחת לעכים נמוכים רק כ-3 שעות מאוחר יותר. טיפולי הסידן

הנמוך הראו צריכת מים נמוכה יחסית לשאר טיפול הניסוי. נציין שמדידות מוליכות פיוניות, אשר אינן מוצגות כאן, הראו בטיפול 2 שרמת הסידן המוספת למי ההשקיה שלו נמוכה, מוליכות נמוכה במובהק משאר הטיפולים.

השפעת הטיפולים על הגידול והיבול - לריכוז הסידן במי ההשקיה היתה השפעה חזקה ביותר על גידול העגבניה. מספר שבועות לאחר תחילת יישום הטיפולים נראו הצמחים שהושקו ברמת הסידן הנמוכה ביותר (0.18 מילימולר) שונים באופן משמעותי משאר הטיפולים. הצמחים היו קטנים יותר, המרחק בין העלים היה קצר יותר והעלים נראו קשיחים ושברים. באיור 6 ישנו ביטוי כמותי להשפעת הסידן. דיגום הצמחים הראשון התבצע כשלושה שבועות מתחילת יישום הטיפולים. במועד זה היו כ-4-5 קומות גידול, התחלת חנטה בקומה הראשונה וללא פירות. משקל הגבעול והעלים בטיפול שהושקו ברמת הסידן הנמוכה ביותר נמוך באופן משמעותי מהטיפולים שהושקו ברמות הסידן הגבוהות. אומנם צמחים שהושקו ברמת הסידן הנמוכה ביותר המשיכו לגדול עוד מספר שבועות אך לאחר מכן נבלמה הגדילה. העלים הצעירים היו מעוותים ומנוונים. ביטוי לכך ניתן לראות בדיגום הצמחים האחרון שהתבצע כ-70 יום מתחילת יישום הטיפולים כאשר משקל הח"י של הנוף היה כחצי משאר הטיפולים. בטיפול זה התקבלו מספר מצומצם של פירות בעלי משקל ממוצע נמוך מאוד (איורים 7 ו-8). במועד זה משקל הצמחים היה כחצי משאר הטיפולים. בטיפול זה היתה פריחה וחנטה מועטת אך הפירות גדלו מעט מאוד ונשרו במהלך הגידול. מספר מועט ביותר של פירות (3 לחלקה בממוצע) הגיע לקטיף. כל הפירות כולל אלו שנשרו היו עם שחור פיטם.

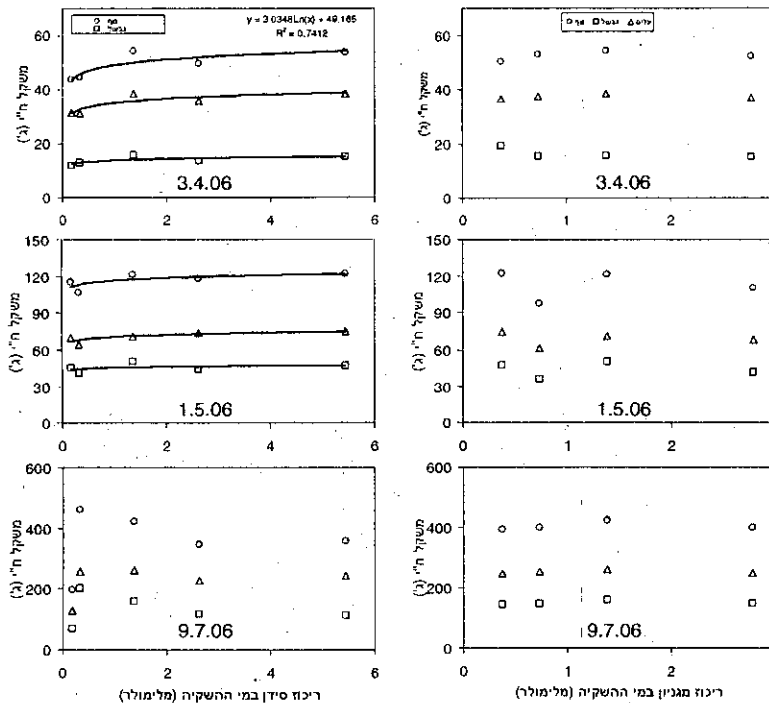
התפתחות הצמחים בטיפול הסידן הגבוהה יותר (0.33 מילימולר) היתה טובה ובאופן כללי במהלך הגידול הגידול הוגסטיבי היה דומה לצמחים שהושקו ברמות הסידן הגבוהות יותר. הבדל קטן במשקל הח"י ביחס לגידול ברמות הסידן הגבוהות התקבל במועדים הראשון והשני (איור 6). גידול הפירות בטיפול זה נפגע באופן משמעותי. בסה"כ בממוצע בכל עונת הגידול התקבלו כ-37 פירות לחלקה במשקל של 3.4 ק"ג (איורים 7 ו-8). מרבית הפירות (כ-90%) היו עם שחור פיטם (איור 7). משקל ממוצע של פרי משוק היה 103 ג' נמוך בהשוואה לטיפולים שהושקו ברמות סידן גבוהות יותר. אי גידול הפירות אפשר התפתחות וגסטיבית ומשקל הצמח הכללי בתום הגידול היה גבוהה באופן משמעותי בהשוואה לטיפולי הסידן הגבוהים יותר (איור 6). בשני ריכוזי הסידן הגבוהים מ-0.33 מילימולר גידול הצמחים היה במיטבו (איור 6). מספר הפירות הגיע עד לערכים של 450 פירות לחלקה עם משקל כללי של כ-45 ק"ג. שיעור הפירות עם שחור פיטם הלך וירד עם העליה בריכוז הסידן (איור 7). ברמת סידן של 1.36 מילימולר שיעור הפירות עם שחור פיטם היה 60% והוא פחת ל-34% ברמת סידן של 2.62 מילימולר. בטיפולים אלו המשקל הממוצע ליצוא היה כ-127 ג' לפרי. העליה בהנבה בטיפולי הסידן הגבוהים בלמה את הגידול הוגסטיבי כפי שניתן לראות בגידול הצמחים בתום עונת הגידול (איור 6). בטיפול הסידן הגבוהה ביותר (5.44 מילימולר) מספר הפירות הכללי היה דומה לשני טיפולי הסידן הנמוכים ממנו אך משקל הפירות היה נמוך יותר ושיעור הפירות בעלי שחור פיטם עלה באופן לערך של 48%. באופן כללי בכל הטיפולים משקל פרי בפירות עם שחור פיטם היה נמוך בהשוואה לפירות הבריאים 67 ג' לעומת 93 ג', בהתאמה.

בניסוי הנוכחי נבחנו 4 טיפולי מגניון במי ההשקיה כאשר ריכוז הסידן נשמר קבוע. ריכוזי המגניון היו בתחום של בין 0.4 ל-2.8 מילימולר. באופן כללי, לא נראו הבדלים בגידול הצמחים ובמופעים במהלך הגידול. משקלי הצמחים והבדלים ביבול ואיכותו לא התקבלו בכל המדדים שנבדקו (איורים 6-8).

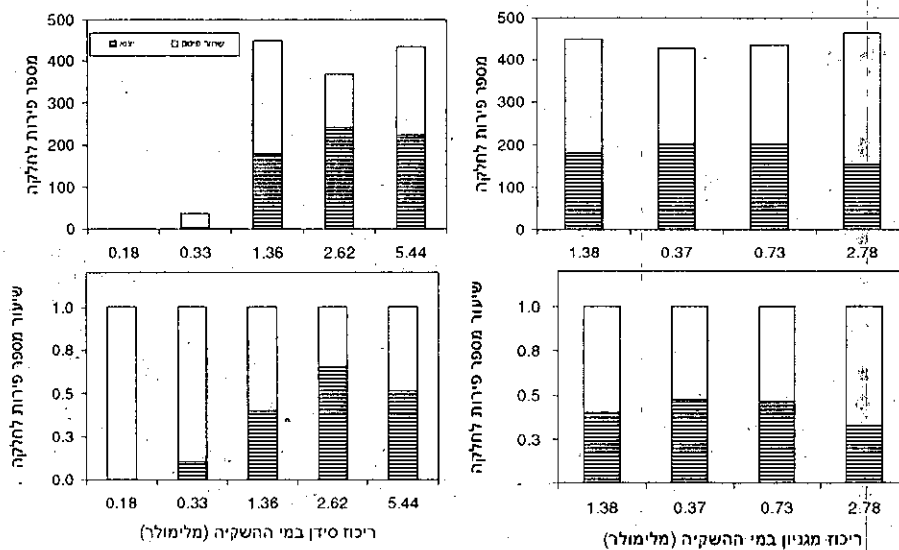
אנליזות ליסודות בעלים נעשו במספר מועדים שונים בדוח הנוכחי לא ניתן להציג את כל התוצאות ולכן יוצגו רק התוצאות של הדיגום מה-1.5.06. במועד זה נדגם צמח מחלקה אשר חולק לשלושה בכל חלק 3-4 קומות. ריכוזי היסודות מוצגים באיור 9. העליה בריכוז הסידן במי ההשקיה השפיעה על ריכוזי הזרחן הסידן והמגניון ולא היתה השפעה משמעותית לחנקן והאשלגן שבעלים. ריכוזי הזרחן ירד עם העליה בריכוז הסידן במי ההשקיה כנראה בגלל הירידה בזמינותו הזרחן החופשי שחלקו הגיב עם הסידן. הסידן עלה באופן משמעותי עם העליה בריכוז הסידן במי ההשקיה. העליה בעלת עקומת רוויה. ריכוזי הסידן בעלים הולך ועולה עם התבגרות העלים. בחלק הבוגר של הצמח ריכוזי הסידן הגיע לערך מירבי של 7%, בחלק המרכזי לכ-5% ובחלק הצעיר (3 קומות עליונות) לכ-3%. ידוע שהסידן זורם בקסילם בלבד ולכן תוצאות אלו מתאימות לספרות. ריכוזי המגניון הושפע באופן משמעותי מריכוזי הסידן במי ההשקיה וריכוזו פחת משמעותית עם

העליה בריכוז הסידן. בדומה לסידן ריכוז המגניזיום בעלים עלה עם התבגרות העלים. שינוי בריכוז המגניזיום במי ההשקיה העלה את ריכוז המגניזיום בעלים כאשר ריכוז המגניזיום הירבי היה 1.5 ו-2.5% בעלים הצעירים והבוגרים, בהתאמה. שינוי בריכוז המגניזיום במי ההשקיה לא להשפיע על ריכוז החנקן והזרחן בעלים אך הפחית בצורה משמעותית את ריכוז האשלגן והסידן בהם. תוצאות הללו מצביעות על האנטגוניזם בין סידן ומגניזיום ביחס לקליטת היסודות.

לסיכום, ריכוזי סידן במי השקיה נמוכים מ-0.33 מילימולר גרמו לירידה משמעותית ביבול ואיכות. עליה בריכוז הסידן במי ההשקיה לערך של עד 2.6 מילימולר גרמה לעליה בגידול וביבול ופחיתה בשיעור הפירות עם שחור פיטם. עליה לריכוז של 5.44 מילימולר סידן לא שיפרה את הגידול והיבול ובמידה מסוימת אף גרמה לפגיעה באיכות הפירות. להשקיה במגניזיום בתחום ריכוזים של בין 0.4 ל-2.8 מילימולר בריכוז של 1.4 מילימולר סידן לא היתה השפעה על הגידול, יבול ואיכות עגבניה.

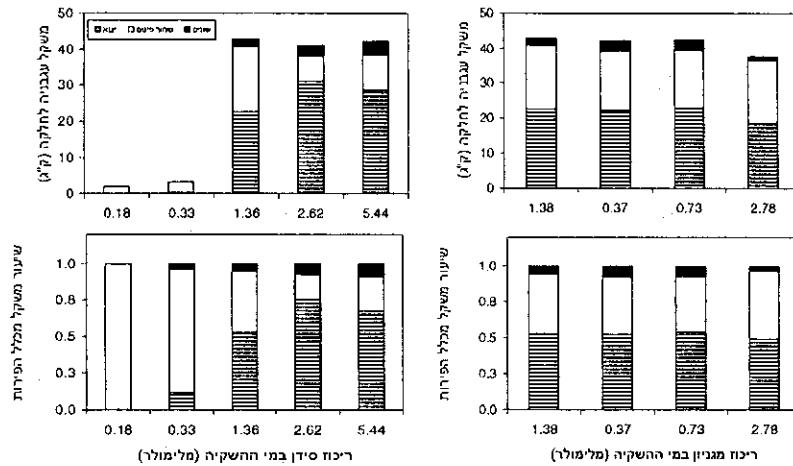


איור 6. משקל ח"י של חלקי צמח עגבניה שהושקו ברמות שונות של סידן ומגניזיום בשלושה מועדי דיגום.

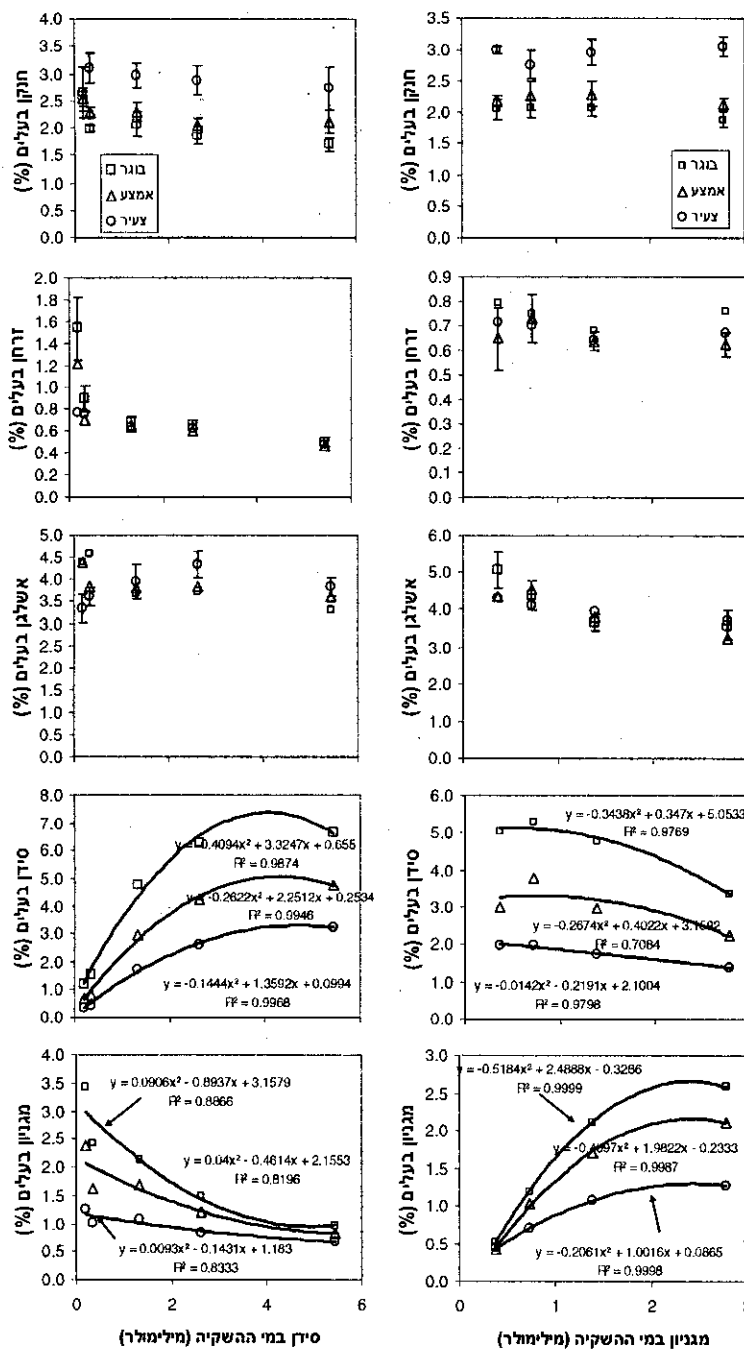


איור 7. מספר פירות ליצוא ופירות עם שחור פיטם ושיעורם מכלל הפירות כתלות ברמות שונות של סידן ומגניזיום.

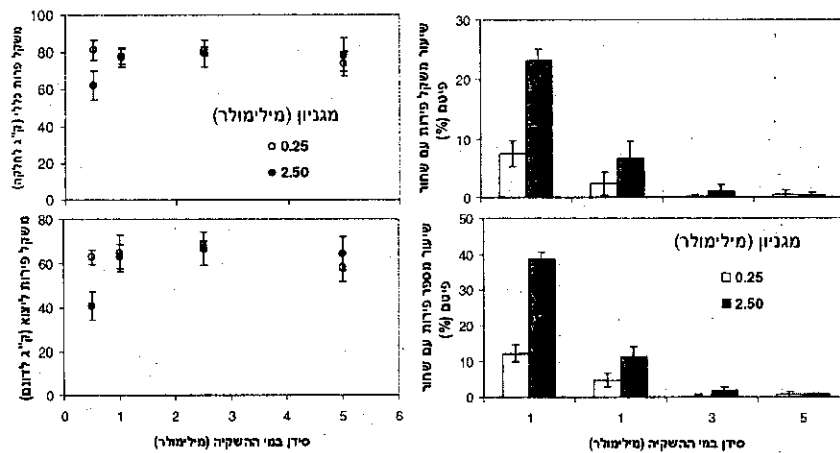
איור 8. משקל פירות ליצוא ופירות עם שחור פיתם ושיעורם מכלל הפירות כתלות ברמות שונות של סידן ומגנזיום.



איור 9. ריכוז יסודות בעלים של עגבניה כתלות בטיפול הסידן והמגנזיום. הצמחים נדגמו ב-1.5.06. מכל חלקה נדגם צמח שחולק לשלושה חלקים: בוגר, אמצע וצעיר. בכל חלק היו 3-4 קומות.

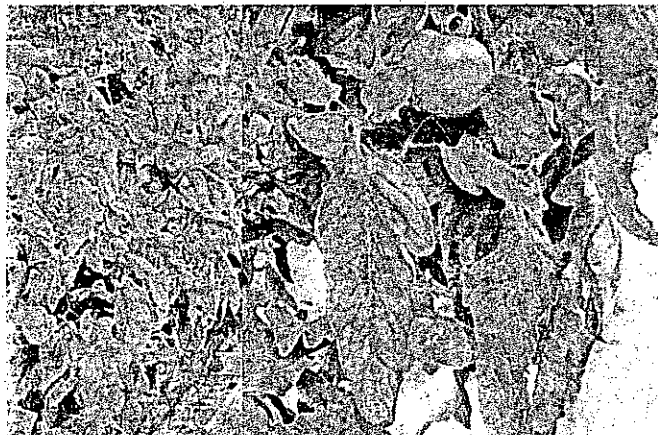


4.2. שנה שניה- הטיפול לא השפיע על התפתחות הצמחים וגידולם היה דומה (תוצאות לא מוצגות). שילוב בין ריכוז המגנזיום והסידן במי ההשקיה השפיע על היבול ואל איכות הפירות (איור 10). משקל הפירות ומספרם היה דומה במרבית הטיפולים יוצא דופן הינו טיפול 5 (ריכוז סידן נמוך ורמת מגנזיום גבוהה) שהיתה בו פגיעה מובהקת במשקל הפירות הכללי (ירידה של כ-23%). ירידה משמעותית יותר התקבלה ביבול ליצוא בו היתה פחיתה ב-37% בטיפול 5 בהשוואה לטיפול עם רמת המגנזיום הנמוכה. הגורם העיקרי לירידה בפירות ליצוא הוא העליה בפירות עם שחור פיטם (איור 10). בהשקיה בריכוז סידן של 0.5 מילימולר ומגנזיום נמוך שיעור פירות עם שחור פיטם היה כ-10% והוא פחת עם העליה בריכוז הסידן. עליה בריכוז המגנזיום במי ההשקיה הגבירה את שיעור הפירות עם שחור פיטם בצורה משמעותית בעיקר בשתי רמות הסידן הנמוכות. ברמת המגנזיום הנמוכה והגבוהה משקל הפירות ליצוא ירד ל-60% ו-40%, בהתאמה (איור 10).



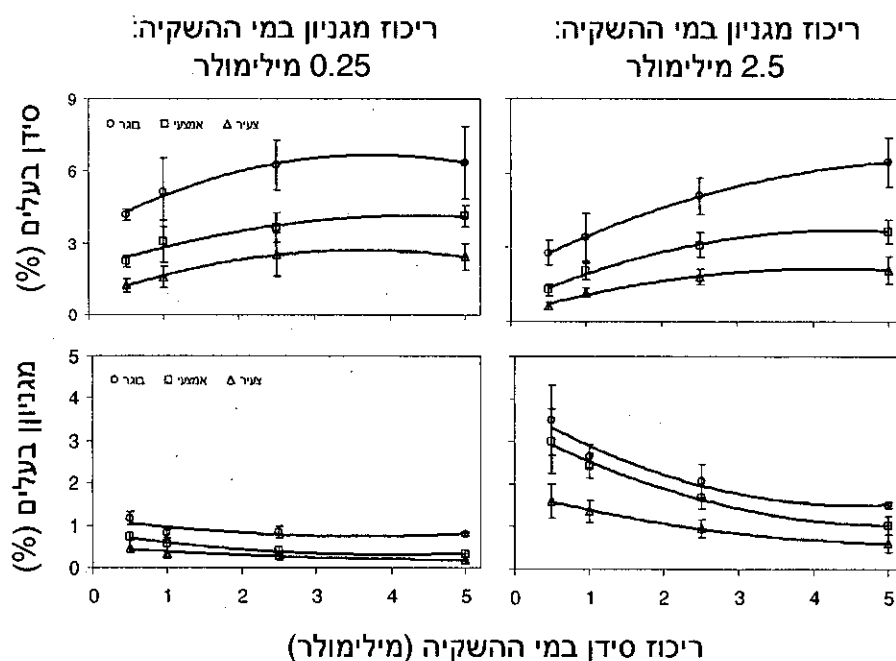
איור 10. יבול ואיכות פירות מניסוי שנת מחקר שניה.

כחודשים לאחר התחלת הטיפולים החלו להופיע סימני מחסור במגנזיום (איור 11). סימני המחסור במגנזיום בלטו מאוד בטיפול 4 בו ריכוז המגנזיום נמוך אך בריכוז הסידן הגבוה ביותר, 5.0 מילימולר. בשלב שני מספר שבועות לאחר מכן בחומרה פחותה החלו להופיע סימני מחסור בטיפול 3 בו רמת המגנזיום נמוכה ורמת הסידן היא 1 מילימולר. טיפולים אלו סבלו לאורך כל העונה. בשאר הטיפולים לא הופיעו סימני מחסור של סידן. ביטויי החזותי נמצאה גם בבדיקות העלים שנעשו במועדים השונים. לדוגמא מוצגים באיור 12. תכולות הסידן והמגנזיום כתלות בטיפולים בשלושה חלקים שונים של הצמח. ככלל, עם העליה בריכוז הסידן במי ההשקיה ועליה בגיל העלים עולה ריכוזו בעלים. עליה בריכוז המגנזיום במי ההשקיה הפחיתה את ריכוז הסידן בעלים בכל רמת סידן נתונה. ריכוז הסידן בעלים הנמוך ביותר בכל הטיפולים היה כ-0.5% ונראה שריכוז זה עדיין מספק לפני שרואים מחסור סידן בעלים. ריכוז המגנזיום בעלים הושפע מאוד מריכוזי הסידן והמגנזיום במי ההשקיה ומגיל העלים. עם העליה בריכוז הסידן ריכוזו ועם העליה בריכוז המגנזיום ריכוזו עלה. בדומה לסידן ריכוז המגנזיום בעלים עולה עם גיל העלים. ריכוזי המגנזיום בעלים בהם החלו להופיע סימני מחסור היו בין 0.2 ל-0.3%. מגמות דומות התקבלו במועדי הדיגום האחרים ולא יוצגו בדות הנוכחי. תוצאות אלו מתאימות לממצאים מהעונה הקודמת בה נמצאה תחרות בין סידן ומגנזיום. עם העליה ביסוד אחד חלה פחיתה בקליטתו של השני.

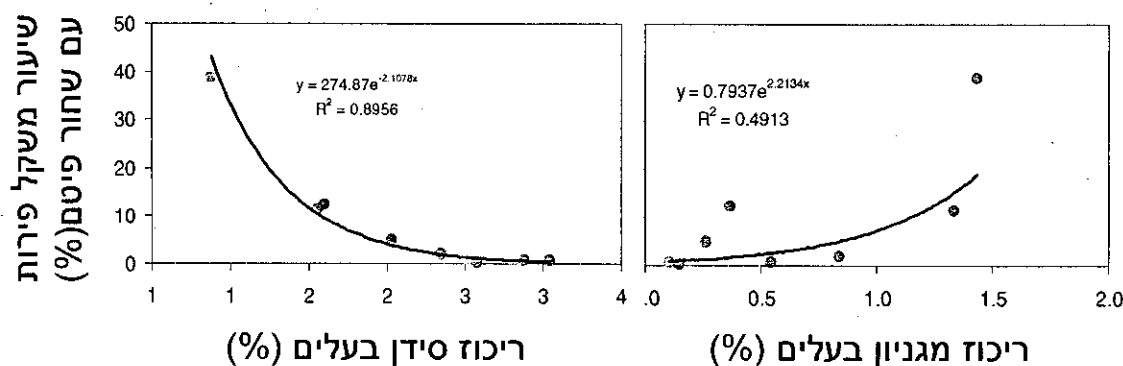


איור 11. תופעות מחסור מגנזיום בצמחים. בצד ימין סימני מחסור קלים בתחילת התהליך, בצד שמאל צמחים פגועים ממחסור מגנזיום. טיפול הנפגע ביותר ריכוז מגנזיום נמוך עם ריכוז הסידן הגבוה ביותר (טיפול 4).

באיור 13 מוצג הקשר בין עוצמת תופעת שחור הפיטם לריכוז הסידן והמגניון בעלים דיאגנוסטיים. דיגום העלים נעשה ב-7 לינואר 2007. ניתן שעם העליה בריכוז הסידן בעלים פוחת שיעור שחור הפיטם. ראוי לציין שכל שמונת הטיפולים נמצאו במתאם טוב ללא קשר לטיפול המגניון. הקשר בעל אופי לוגרטימי ומובהק סטטיסטית. המשמעות היא שעוצמת תופעת השחור הפיטם הולכת ומתחזקת עם הירידה בריכוז הסידן בעלים. לעומת זאת, הקשר בין תופעת שחור הפיטם לריכוז המגניון בעלים אינו נמצא במתאם טוב והוא תלוי בטיפול המגניון (איור 13) כאשר בכל רמת מגניון ישנה פחיתה בשיעור הפירות הפגועים עם העליה ברמת הסידן. תוצאות אלו מחזקות את ההנחה שהגורם המשמעותי לתופעת שחור הפיטם הינו מחסורים בסידן.

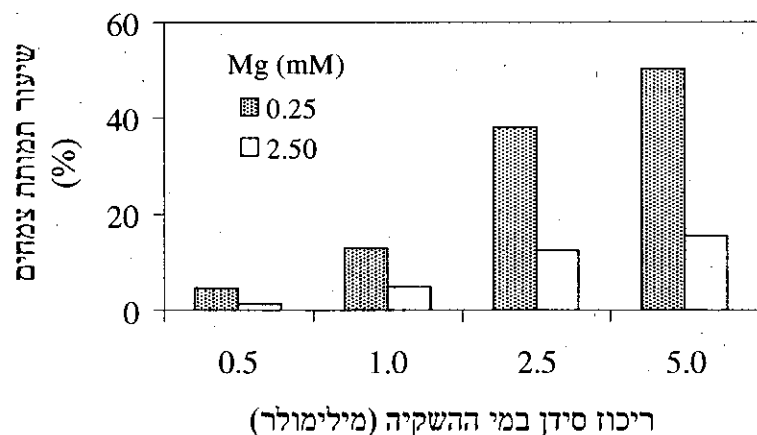


איור 12. ריכוזי סידן ומגניון בחלקי הצמח השונים כתלות בטיפול הסידן והמגניון במי ההשקיה. הדיגום נעשה קרוב לתחילת קטיף הפירות. הערכים מייצגים ממוצע של כל החזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.



איור 13. קשר בין עוצמת תופעת שחור הפיטם לריכוזי סידן ומגניון בעלים דיאגנוסטיים.

החל מסוף חודש מרץ החלו להופיע סמנים של מחלת רקבון השורש והכתר. עם הזמן התעצמה המחלה וצמחים החלו למות. נערך מעקב אחר התפתחות המחלה כולל ספירה של הצמחים המתים שהורחקו. ב-23 לאפריל 2007 הופסק הניסוי. במועד זה נחתכו כל הגבעולים והערכת עוצמת מחלה בהם נקבעה בסקלה של בין 0-3 (0 בריא, 3 מת). תוצאות אחוז הצמחים המתים כתלות בטיפול מוצג באיור 14. עם העליה בריכוז הסיידן עולה באופן משמעותי עוצמת המחלה בעיקר כאשר ריכוז המגניון נמוך. אך עם העלאת ריכוז המגניון בתמיסת ההשקיה יורדת באופן משמעותי עוצמת המחלה. תוצאות אלו הם ראשוניות ומצביעות על קשר בין הזנה בסיידן ומגניון לבין מחלת רקבון הכתר. קשר זה לא הוגדר במטרות התוכנית ולפיכך, לא ילמד במסגרת התוכנית הנוכחית.



איור 14. השפעת טיפולי הסיידן והמגניון על עוצמת מחלת רקבון השורש והכתר בעגבניה.

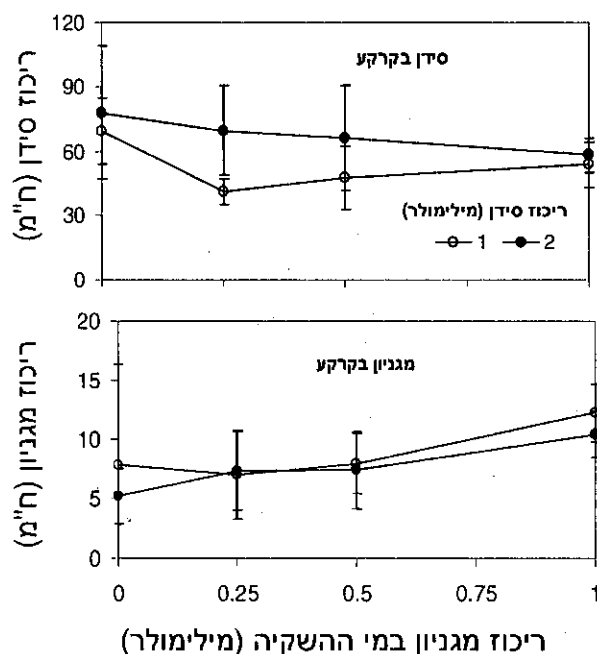
4.3. שנה שלישית - בשנה השלישית צמחי עגבניה גודלו בקרקע וטיפול ההשקיה כללו שתי רמות סידן ו-4 רמות מגניון. תוצאות אנליזת הקרקע בתחילת הגידול ובסופו מוצגים בטבלה 3 ואיור 15, בהתאמה. בדיקת הקרקע בתחילת הניסוי מצביעות על כך שריכוז המינרלים בשכבת הקרקע העליונה עד 20 ס"מ גבוהים בשיעור ניכר בהשוואה לשכבה שמתחתיה. הבדלים אלו הן כנראה בעיקר כתוצאה מיישום קומפוסט בשכבה זאת בתחילת העונה. דיגום הקרקע בתום העונה מייצג את ריכוזי היסודות בתמיסת הקרקע הזמינים לעגבניה (איור 15). המוליכות החשמלית במיצי הקרקע היתה בתחום של 0.5 ל-0.6 דציסימנס למ' ללא הבדל בין הטיפולים (תוצאות לא מוצגות). ערכים אלו נמוכים במקצת מערך ממוצע של 0.7 דציסימנס למ' (טבלה 4) ומייצגים חוסר הצטברות יונים בקרקע ובמידה קלה אף שטיפה של חלק מהמלחים שהגיעו עם הקומפוסט. כלל ניתן לראות שריכוז הסיידן במיצי תמיסת הקרקע היה בין 60-80 ח"מ. תחום ריכוזי הסיידן הללו דומים לערכים שהיו בתחילת הניסוי לפני יישום טיפולי ההשקיה בשכבת הקרקע העליונה כ-70 ח"מ. השפעת טיפולי הסיידן והמגניון במי ההשקיה ניכרת גם במיצי תמיסת הקרקע כאשר יש מגמה של עליה בריכוז סידן בטיפולים שהושקו ברמת הסיידן הגבוהה בממוצע 68 ח"מ (1.7 מלימולר) לעומת 53 ח"מ (1.3 מלימולר) בריכוז הסיידן הנמוך. באופן דומה עם העליה בריכוז המגניון במי ההשקיה ישנה עליה בריכוזו בתמיסת הקרקע כאשר בטיפול ללא תוספת סידן ריכוזו בתמיסת הקרקע היה בין 5-7 ח"מ לעומת יותר מ-10 ח"מ בטיפול שהושקו ברמה הגבוהה ביותר 1 מלימולר (איור 15). תחום ערכים אלו של מגניון בקרקע נמוך באופן משמעותי בהשוואה לערכים שהתקבלו בקרקע בתחילת הגידול. תכולת הרכיבות בקרקע בקיבול שדה הינה כ-15% ולכן הכפלה של ריכוזי הסיידן במיצי בערך של פי 6.5 תייצג את ריכוזי המינרלים בתמיסת הקרקע במצב של קיבול שדה. עבור הסיידן והמגניון הערכים המתקבלים גבוהים מהריכוזים של היסודות במי ההשקיה דבר שמצביע על כך שתרומתם של הסיידן והמגניון שהיו בקרקע עדיין ניכרת.

כלל, הטיפולים לא השפיעו על התפתחות הצמחים וגידולם היה דומה (תוצאות לא מוצגות). החל מאמצע חודש דצמבר 2007 החלו להופיע סימני מחסור של מגניון בעלים בטיפול 5 (רמת סידן גבוהה ללא תוספת מגניון) אשר התעצמו עם הזמן. סימני מחסור של מגניון נצפו גם בטיפול 1 (רמת סידן נמוכה ללא תוספת מגניון) אם כי בעוצמה פחותה בהרבה. הסימנים נצפו בעלים בחלק המרכזי של הצמח. תוצאות בדיקות עלים דיאגנוסטיים (עלים שלמים צעירים ביותר) ובוגרים (מהחלק התחתון של הצמח) שנעשו ב-27.12.07 מוצגים באיור 16. בדומה לבדיקות בשנים הקודמות ריכוזי הסיידן והמגניון בעלים היו נמוכים

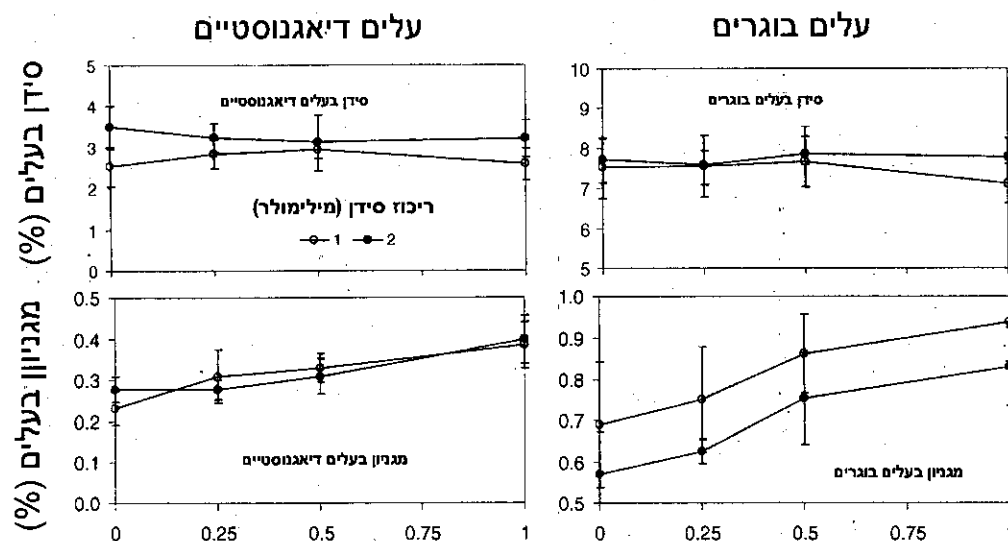
בעלים הצעירים באופן משמעותי בהשוואה לעלים הבוגרים. ריכוז הסידן בעלים הושפע קלות מטיפול הסידן במים לטיפול המגניון לא היתה השפעה על ריכוזי הסידן בעלים. לעומת זאת, עליה בריכוז המגניון השפיעה באופן משמעותי על ריכוזו בעלים. לא ניתן לראות השפעה לסידן בעלים הדיאגנוסטיים לעומת זאת, בעלים הבוגרים עליה בריכוזי הסידן במי ההשקיה הפחיתה את ריכוזי המגניון בעלים בכל רמת מגניון במי ההשקיה. לפי תוצאות אלו נראה שמחסורי מגניון בולטים יותר בעלים הבוגרים בהשוואה לעלים הצעירים אם כי הערכים המוחלטים שונים באופן משמעותי וריכוזי המגניון בעלים הבוגרים גבוהה יותר. מגמה דומה התקבלה גם בניסויים הקודמים בהם גדלו הצמחים מצע מנותק עם ריכוזים מגניון וסידן קבועים. אך בניסוי הקרקע לעומת זאת ריכוזי מינרלים אלו היו גבוהים יותר בתחילת הגידול ויש להניח שהמגמה של ריכוזים גבוהים בעלים הבוגרים התחזקה בשל כך. אחת המטרות של הניסוי בשנה השלישית היה לקבוע את ערכי הסף נראה שבגלל סיום הניסוי שלא במועדו יהיה קשה להמליץ על ערכים אלו ובאיזה עלים לדגום. בגלל אירועי הקרה שהתרחשו בחודש ינואר 2008 נוף הצמחים מת והניסוי הסתיים. בבדיקת יכולת הפירות שהתקבל עד מועד זה לא נמצא הבדל מובהק בין הטיפולים (תוצאות לא מוצגות).

טבלה 4: תכונות כימיות של מיצוי קרקע (קרקע: מים 1:1) השני עומקים. הקרקע נדגמה ב-19.9.07 בתחילת הניסוי לפני יישום הטיפולים.

עומק	EC	חומציות	K	Na	Ca	Cl	Mg
	דציסימנס למ'		מ"מ	מ"מ	מ"מ	מ"מ	מ"מ
0-20	0.7	7.3	51.9	24.0	71.7	41.3	29.6
20-40	0.2	7.8	19.6	5.9	27.6	11.5	10.2



איור 15: ריכוזי סידן ומגניון במיצוי קרקע: מים (1:1) כתלות בטיפול המגניון בשתי רמות סידן במי ההשקיה. מועד הדיגום ב-30.1.08 בתום הניסוי.



ריכוז מגניון במי ההשקיה (מילימולר)

איור 16. ריכוז סידן ומגניון בעלים דיאגנוסטיים ומבוגרים (שליש תחתון של הצמח) כתלות בטיפול מגניון במי ההשקיה בשתי רמות של סידן במי ההשקיה. העלים נדגמו ב-27.12.07.

5. סיכום

בשנתיים הראשונות גודלו הצמחים במיכלים במצע מנותק והושקו במים מותפלים שהכילו ריכוזים שונים של סידן ומגניון. נערך מעקב רציף אחר קליטת המים, גידול הצמחים, הצטברות מינרלים יכול ואיכות. בשנה השלישית נערך ניסוי בו גודלו צמחי עגבניה בקרקע והושקו ברמות שונות של מגניון וסידן. במחקר אופיינה תגובת העגבניה לטווח רחב של ריכוזי סידן ומגניון. תוארו סמני המחסור של שני היסודות וכן האופי האנטגוניסטי ביניהם. ריכוזי סידן במי השקיה נמוכים מ-0.33 מילימולר גרמו לירידה משמעותית ביכול ואיכותו. עליה בריכוז הסידן במי ההשקיה לערך של עד 2.6 מילימולר גרמה לעליה בגידול וביכול ופחיתה בשיעור הפירות עם שחור פיטם. השקיה בריכוז של 5.44 מילימולר סידן לא שיפרה את הגידול והיכול ובמידה מסוימת אף גרמה לפגיעה באיכות הפירות. השקיה במגניון בתחום ריכוזים של בין 0.4 ל-2.8 בריכוז של 1.4 מילימולר סידן לא היתה השפעה על הגידול, יכול ואיכות עגבניה. השקיה ברמת מגניון גבוה וריכוז סידן נמוך פגעה בקליטת הסידן והגבירה את הופעת תופעת שחור הפיטם, ולחפך, השקיה עודפת בסידן בריכוזי מגניון נמוכים גרמה למחסורי מגניון. בשנה השלישית גודלו צמחים בקרקע חולית על מנת לבדוק האם יתקבלו מחסורי מגניון במימשק הגידול המקובל. נראה שתוספת קומפוסט בתחילת העונה תורמת סידן ומגניון אבל ריכוזם של היסודות הללו פוחת אם ריכוזם במי ההשקיה נמוך. בדומה לניסויים במצע הפרלייט ריכוז המגניון הושפע מריכוזי הסידן בעיקר בעלים הבוגרים. בטיפול בו לא הוסף מגניון החלו להופיע סימני מחסור במגניון בעלים בעיקר כאשר ריכוז הסידן במי ההשקיה הועשר. הפסקת הניסוי לא אפשרה מעקב בשלבי הגידול הבאים. בהתבסס על תוצאות אלו והממצאים מהניסויים המבוקרים צפוי שהשקיה במים מותפלים שלא יועשרו במגניון תגרום לנזקים שיוחמרו אם המים יועשרו בסידן.

מטרות המחקר

מטרות הספציפיות לתקופת הדוח היו:

1. לקבוע את הריכוז הדרוש של סידן ומגנזיום במי ההשקיה לקבלת גידול, יכול ואיכות מיטביים בעגבנייה.
2. לאפיין את יחסי הגומלין בין סידן ומגנזיום שבמי ההשקיה על קליטת סידן ומגנזיום, התפתחות, יכול ואיכות של עגבנייה.
3. לאפיין את הקשר בין ריכוז הסידן במי ההשקיה וקליטת מים בעגבנייה.

עיקרי הניסויים והתוצאות

ניסויים נמשכו 3 שנים. בשנתיים הראשונות גודלו הצמחים במיכלים במצע מנותק והושקו במים מותפלים שהכילו ריכוזים שונים של סידן ומגנזיום. נערך מעקב רציף אחרי קליטת המים, גידול הצמחים, הצטברות מינרלים יכול ואיכותו. בשנה השלישית נערך ניסוי בו גודלו צמחי עגבניה בקרקע והושקו ברמות שונות של מגנזיום וסידן. במחקר אופיינה תגובת העגבניה לטווח רחב של ריכוזי סידן ומגנזיום. תוארו סמני המחסור של שני היסודות וכן האופי האנטגוניסטי ביניהם. השקיה ברמת מגנזיום גבוה וריכוז סידן נמוך פגעה בקליטת הסידן והגבירה את הופעת תופעת שחור הפיטם, ולהפך, השקיה עודפת בסידן בריכוזי מגנזיום נמוכים גרמה למחסורי מגנזיום. בשנה השלישית גודלו צמחים בקרקע חולית על מנת לבדוק האם יתקבלו מחסורי מגנזיום במימשק הגידול המקובל. בטיפול בו לא הוסף מגנזיום החלו להופיע סימני מחסור במגנזיום בעלים בעיקר כאשר ריכוז הסידן במי ההשקיה הועשר.

המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו

בהתבסס על תוצאות אלו והממצאים מהניסויים המבוקרים צפוי שהשקיה במים מותפלים שלא יועשרו במגנזיום תגרום לנזקים שיוחמרו אם המים יועשרו בסידן.

הבעיות שנותרו לפתרון

יש להמשיך וללמוד את ההשפעות של ריכוזי הסידן והמגנזיום במי ההשקיה על מנת לקבוע את ריכוזם האופטימלי עבור גידולים שונים.

הפצת ידע

תוצאות המחקר לא פורסמו עד כה.

פרסום הדוח

ללא הגבלה

האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? - לא -