בחינת רמות שונות של מיקרואלמנטים בעגבנייה.

חוקרים שותפים:

אורי ירמיהו, אינה פיינגולד, יוסוף אלדנפירי ואלון בן גל - מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי.
חנה יחזקאל, דוד שמואל, שבתאי כהן אלי מתן- מו"פ דרום.
גיא רשף - שה"מ, משרד החקלאות.

תקציר:

גידול עגבנייה למאכל מהווה את אחד הגידולים העיקריים בחממות. תופעות של מחסורים במיקרואלמנטים בעלים נצפים לעיתים בעגבנייה הגדלה בעיקר בקרקעות חוליות. התופעה מתאפיינת בעלים מצהיבים ו/או סימנים שונים בשלבי הגידול השונים ולעיתים ישנה פגיעה גם ביבול. רמת פגיעה גבוהה במיוחד ניתן לראות במצעים מנותקים כאשר מתרחשות תקלות בדישון. דישון מוגבר במיקרואלמנטים עוזר להתגבר על הבעיה בחלק מהמקרים. השערת המחקר היא שריכוזי המיקרואלמנטים תשפיע על גידול ויבול עגבנייה. התקיים ניסויי בחממה במו"פ דרום. צמחי עגבנייה גודלו במצע בו היתה שליטה על ריכוז היסודות שבתמיסת הגידול. נבחנו 12 טיפולים שכללו את ההשפעה של ברזל, אבץ ומנגן במי ההשקיה על הופעת סימני מחסור, גידול ויבול עגבנייה. תחום הריכוזים שנבחן בכל יסוד היה רחב ביותר. ריכוזי מנגן ואבץ בעלים הושפעו מרמת היסודות במי ההשקיה ואף נצפו סימני מחסור בעלים בעיקר ברמות האבץ הנמוכות. למרות טווח הריכוזים הרחב בו נלמדו היסודות לא נמצאה השפעה לברזל ולמנגן שבמי ההשקיה על היבול ואיכותו. לעומת זאת, נראה שריכוז אבץ נמוך מ-0.25 ח"מ במי ההשקיה פוגע בגידול וביבול.

מבוא ותאור הבעיה:

גידול עגבנייה למאכל מהווה את אחד הגידולים העיקריים בחממות. תופעות של מחסורים במיקרואלמנטים בעלים נצפים לעיתים בעגבנייה הגדלה בעיקר בקרקעות חוליות ובמצעים מנותקים. התופעה מתאפיינת בעלים מצהיבים ו/או סימנים שונים בשלבי הגידול השונים ולעיתים ישנה פגיעה גם ביבול. רמת פגיעה גבוהה במיוחד ניתן לראות בשטחים שנשתלו בקרקעות קלות. דישון מוגבר במיקרואלמנטים עוזר להתגבר על הבעיה בחלק מהמקרים. למרות מספר השנים הרב של הגידול הידע בנושא של הזנת עגבנייה במיקרואלמנטים מוגבל.

בניסוי שהתבצע למשך עונה אחת נבחנו בצורה מסודרת ההשפעות שיש לשלושה מיקרואלמנטים שבמי ההשקיה על הגידול היבול ואיכות של עגבנייה. הניסוי בוצע בתנאים מבוקרים בו ריכוז של כל יסוד נבחן בטווח ריכוזים רחב. הידע שיתקבל יכול להוות בסיס לקביעת מימשק הדישון למיזעור נזקי מחסורי מיקרואלמנטים בעגבנייה. מטרות הניסוי הם:

1. ללמוד את תגובה של עגבנייה לברזל.
2. ללמוד את תגובה של עגבנייה לאבץ.
3. ללמוד את תגובה של עגבנייה למנגן.

חומרים ושיטות:

המחקר התבצע בחממה במו"פ דרום. למרות שהקרקע באזור קלה, נוכחות המינרלים בקרקע עלולה למתן את ההשפעה של השינויים במי ההשקיה. לפיכך, גודלו הצמחים במצע פרלייט בו היתה שליטה טובה על ריכוז היסודות שבתמיסת הגידול. שתילי עגבניות מזן 3865 הגיעו ממשתלת שורשים ונשתלו ב-5 ביולי 2006.

הצמחים גודלו במיכלי פוליסטירן (17X40X100 ס״מ) עם יכולת לאסוף נקז. בכל מיכל נשתלו 7 צמחים בשתי שורות. תמיסות ההשקיה הוכנו לכל טיפול במיכל נפרד (תמיסות סופיות) והושקו בעזרת משאבות ומערכת השקיה לחלקות המתאימות. המערכת מבוקרת ע״י מחשב. משטר ההשקיה היה אחיד בכל הטיפולים כאשר השקיה ניתנה 4 פעמים ביום עם רמת נקז גבוהה על מנת למנוע עודפי מלחים והצטברות היסודות במצע הגידול. כמות המים היומית נקבעה בעזרת המוליכות החשמלית של מי הנקז כאשר ערך הסף התחתון לא ירד מ- 30% ממי ההשקיה. ערך ההגבה של תמיסת מי ההשקיה היתה 6.0±0.5 והמוליכות החשמלית 0.5±0.9. משטר הדישון בכל הניסויים היה כמקובל בגידול עגבנייה. ממוצע לאורך כל העונה של ריכוזי חנקן, זרחן, אשלגן במי הטפטפת היו 80, 18 ו-97 ח״מ, בהתאמה. ברזל, אבץ ומוליבדן ברמה הדרושה הוספו כקורוטין ברזל, קורוטין אבץ וקורוטין מנגן (״דשנים וחומרים כימיים בע״מ״), בהתאמה. בניסוי נבחנו 12 טיפולים שמוצגים בטבלה 1. ברזל ומנגן נבחנו בחמש רמות ואבץ בארבע רמות. בכל יסוד הרמה הנמוכה ביותר היתה ללא תוספת של היסוד הנבדק במי ההשקיה. הערכים בטבלה מציינים את הממוצע של ריכוזי היסודות שנתנו במי ההשקיה לאורך העונה.

בדיקות מי טפטפת ומי נקז - נערך מעקב רציף אחר המוליכות החשמלית, חומציות וריכוז היונים (חנקה, אמון, זרחן, אשלגן, ברזל אבץ ומנגן) במי ההשקיה ומי הנקז. מי הטפטפת נבדקו בכל הכנה חדשה של תמיסה ומי נקז נבדקו אחת לשבוע.

מעקב אחר הגידול הוגטטיבי - נעשה ע״י דיגום של צמח מכל חלקה במהלך הגידול. בסה״כ נערכו 3 דיגומים לצמח השלם במהלך העונה ב- 14.8.06, ו- 25.9.06 3.9.06 כלומר 40, 60 ו-82 יום משתילה, בהתאמה. הצמחים נשקלו, נשטפו וייובשו לפני מדידה של משקל היבש.

קביעת היבול ואיכותו - הפירות נאספו במהלך כל עונת הגידול, נשקלו, נספרו ונקבעה איכותם לפי מדדים המקובלים.

מעקב אחר קליטת מינרלים ע״י הצמח - הערכת קליטת יסודות ההזנה נעשה בבדיקות הצמחים השלמים (שלושה במהלך העונה). באנליזות נקבעו ריכוז היסודות אבץ, מנגן וברזל.

ריכוזי חנקה, אמון, זרחן, גופרה וכלוריד מבדיקות המים נקבעו באוטואנלייזר, אשלגן ונתרן בפלם פוטומטר, סידן ומגניון בבליעה אטומית. הניסוי הוצב במבנה של בלוקים באקראי בחמש חזרות. ניתוח התוצאות נעשה בעזרת תוכנת JUMP 5. מבחן שונות בכל הניסויים היה חד כיווני ברמת מובהקות $\alpha = 0.05$.

טבלה 1. ריכוזי ברזל, מנגן ואבץ במי ההשקיה במהלך הגידול. תוצאות מייצגות ממוצע במי ההשקיה לכל יסוד במהלך הגידול.

טיפול מספר	ריכוז ברזל (ח"מ)	ריכוז מנגן (ח"מ)	ריכוז אבץ (ח"מ)
1	0.04	0.48	0.25
2	0.12	0.47	0.24
3	0.26	0.47	0.25
4	0.97	0.47	0.25
5	1.90	0.49	0.25
6	0.97	0.01	0.24
7	0.99	0.06	0.25
8	0.98	0.10	0.24
9	0.98	0.96	0.25
10	0.99	0.48	0.01
11	0.98	0.48	0.05
12	1.00	0.48	1.05

<u>תוצאות:</u>

<u>השפעת ריכוז הברזל במי ההשקיה על גידול, יבול וריכוז המינרלים בצמח</u>

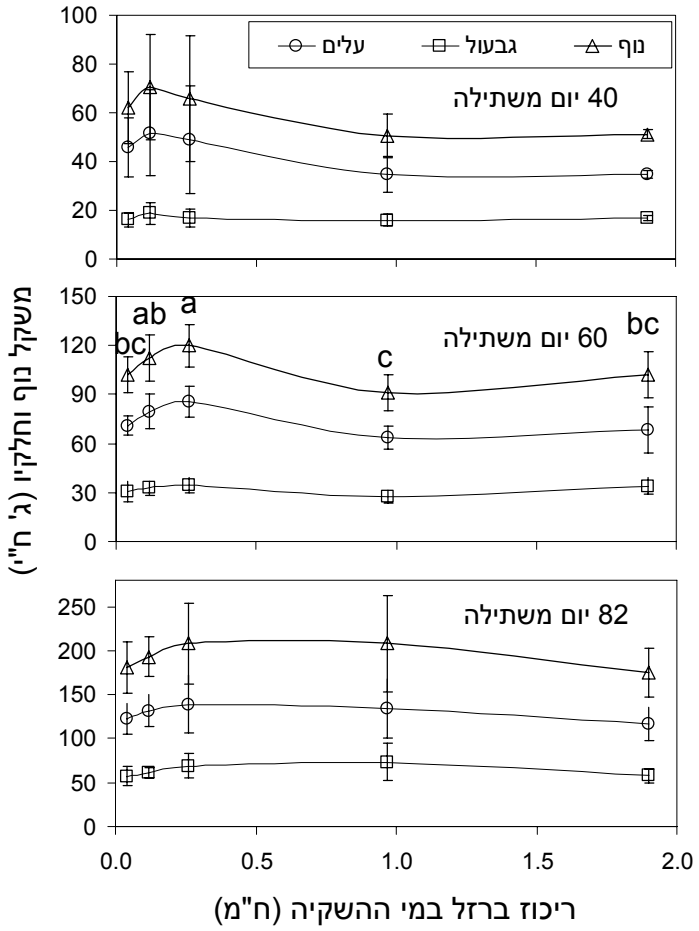
ריכוז הברזל במי ההשקיה היה בטווח רחב של בין 0.04 (ללא תוספת ברזל) ועד לערך של 1.9 ח"מ. למרות זאת, בהסתכלות ויזואלית הצמחים גדלו היטב בכל הטיפולים ולא ניתן היה לראות הבדל הגידול הצמחים בטיפולי הברזל השונים. משקלי ח"י של גבעול, עלים ונוף בשלושת מועדי הדיגום מוצגים בציור 1. כצפוי משקל הצמחים עולה עם הזמן ממשקל נוף יבש של כ-60, 120 ו-200 ג' בצמחים 40, 60 ו-82 יום משתילה, בהתאמה (ציור 1). השפעת הברזל קטנה אך עקבית. ניתן לראות מגמה קבועה של עליה במשקל היבש של הצמחים עד לערך של 0.26 ח"מ ברזל במי השקיה ולאחר מכן חלה ירידה. עם הזמן ההבדלים מתמתנים. לדוגמא במועד הדיגום השלישי גידול מרבי התקבל ב-1 ח"מ ברזל. הבדל מובהק במבחן חד גורמי התקבל רק בדיגום שנעשה 60 יום משתילה בעלים ובנוף (ציור 3).

תוצאות יבול הפירות הטריים מוצגות בציור 2. מאחר והניסוי הסתיים 82 יום משתילה ישנו היבול שנקטף עד מועד זה וכן מספר הפירות הכללי הכולל גם את הפירות הירוקים בסוף הניסוי. בממוצע לכל החלקות נקטפו כ-75 פירות בשלים לחלקה וכמות דומה נשארה ירוקה במועד שהניסוי הסתיים. משקל הפירות שנקטפו אדומים ומשקל ממוצע לפרי אדום מוצגים בציור 2ב. לא נמצאה הבדל מובהק במבחן חד גורמי לריכוז הברזל במי ההשקיה וגם לא ניתן להבחין במגמה משמעותית של טיפולי הברזל על היבול ומרכיביו.

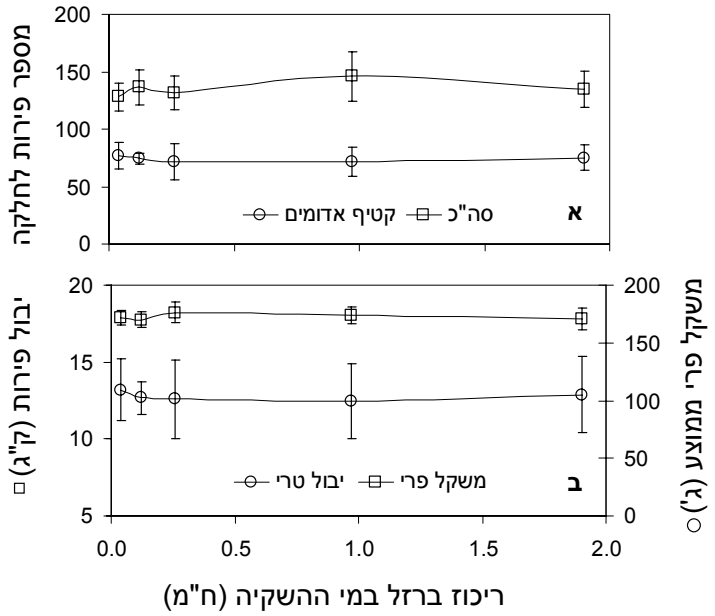
ריכוזי ברזל, מנגן ואבץ בעלים ובפרי כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה מוצגים בציורים 3 ו-4. באופן כללי במהלך כל הגידול לא נראו מחסורים של יסודות בעלים. הצהבה קלה מאוד בעלים הובחנה רק לקראת תום הניסוי בטיפול בו ניתן ריכוז הברזל הנמוך ביותר (0.04 ח"מ). בציור 5 מוצג צמח המושקה בתמיסה בה לא הוסף ברזל (טיפול 1). ריכוז הברזל בעלים דיאגנוסטיים ובגבעול נמדדו בשלושה מועדים

ובפרי רק במועד אחד. ריכוז הברזל בעלים, בגבעול ובפרי 40 יום לאחר שתילה לא הושפע מטיפולי הברזל והערכים הממוצעים שהתקבלו היו 100.4, 41.6 ו-51.0 מ״ג לק״ג ח״י, בהתאמה (ציור 3). מגמה וערכים דומים התקבלו גם בדיגום של 60 יום משתילה: 102.3 ו-41.9 מ״ג לק״ג ח״י בעלים ובגבעול, בהתאמה. רק במועד השלישי, 82 יום משתילה ריכוז הברזל בעלים הושפע מטיפולי הברזל ועם העליה בריכוזו בתמיסה עלה ריכוזו בעלים. בטיפול הברזל הנמוך ביותר ריכוז הברזל בעלים היה 81.4 ואילו בגבוהה ביותר 99.5 מ״ג לק״ג ח״י. מגמה דומה התקבלה בגבעול אם כי ההבדל אינו מובהק (ציור 3). מהספרות ריכוז הברזל בעלים הרצוי הוא בתחום של 100-300 מ״ג לק״ג ח״י. ריכוזים נמוכים מערך זה התקבלו רק בתום הניסוי בטיפולי הברזל הנמוכים.

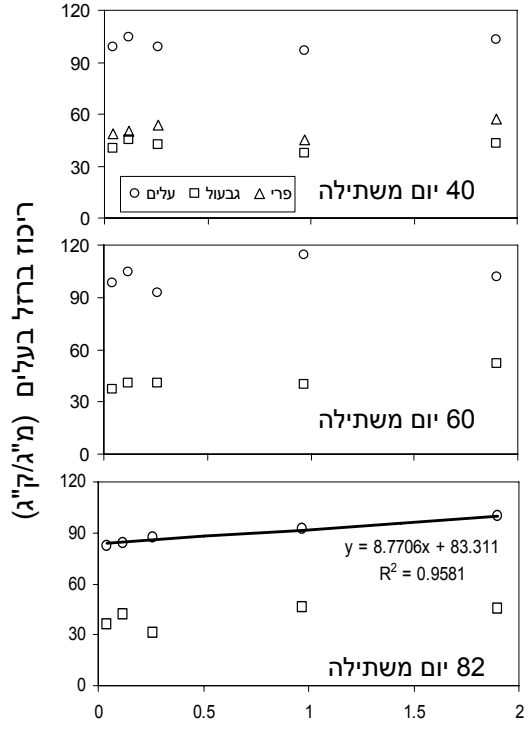
בכל טיפולי הברזל ריכוז המנגן והאבץ שניתנו במי ההשקיה היו קבועים כ-0.5 ו-0.25 ח״מ, בהתאמה. ריכוזי המנגן והאבץ בעלים, בגבעול ובפרי ירדו באופן משמעותי ומובהק עם העליה בריכוז הברזל במי ההשקיה (ציור 4). שיעור הירידה בריכוז האבץ היה גבוה יותר מאשר המנגן. כך לדוגמא כבר לאחר 40 יום משתילה ירד במובהק ריכוז המנגן בעלים מערך של 160 ל-118 מ״ג לק״ג ח״י עם העליה בריכוז הברזל במי ההשקיה מ-0.04 ל-0.97 ח״מ. באותו מועד ריכוז האבץ בעלים ירד מערך של 47 ל-30.6 מ״ג לק״ג ח״י. ירידות בשיעור דומה התקבלו גם בגבעול ובפרי. מגמה זאת נמשכה גם בעלים וגבעולים שנדגמו בשני המועדים המאוחרים.



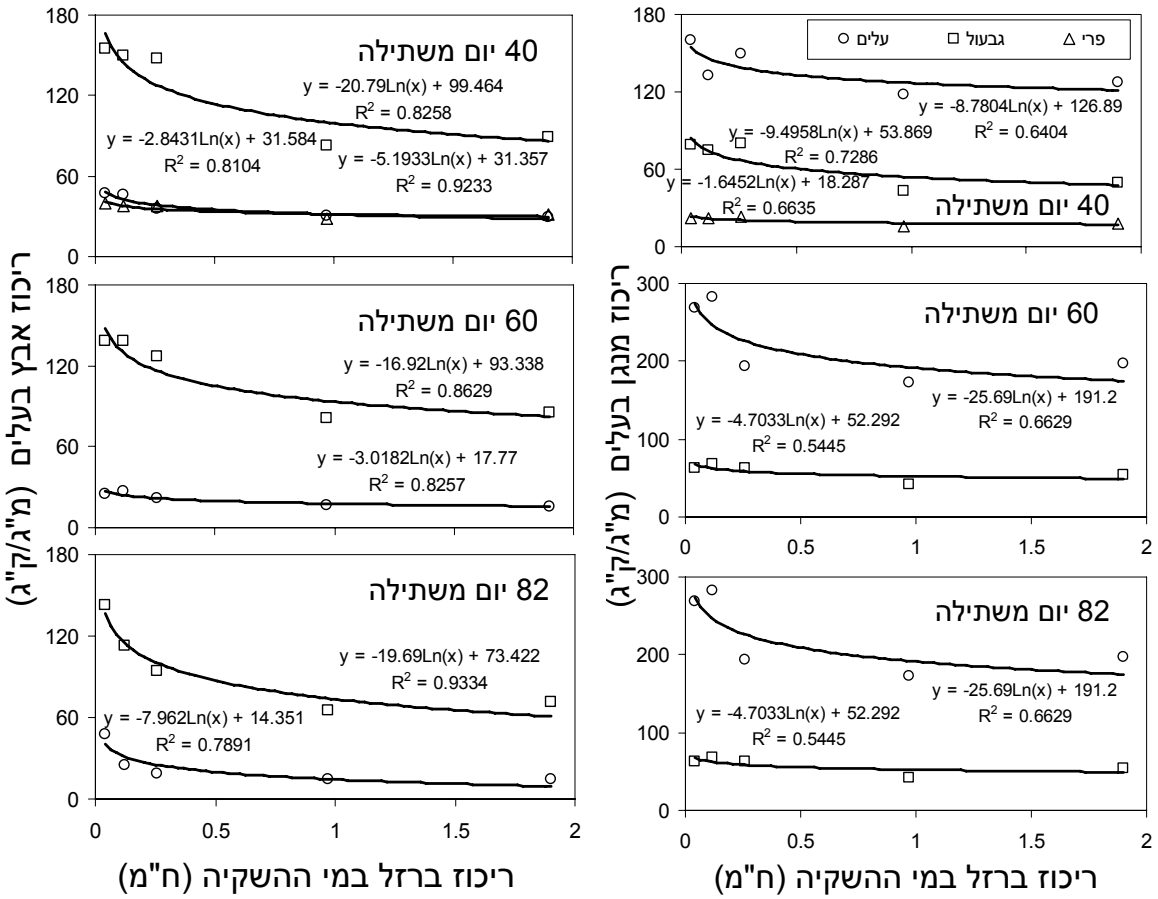
ציור 1. משקל עלים, גבעול ונוף כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן. הבדל בין האותיות מציין הבדל מובהק במבחן חד גורמי בין טיפולי הברזל במועד וחלק צמח נתון.



ציור 2. יבול פירות ומרכיביו כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן.



ציור 3. ריכוז ברזל בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קו מייצג מתאם בעל אופי קווי ישר מובהק.



ציור 4. ריכוז מנגן ואבץ בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קו מייצג מתאם בעל אופי לוגריטמי.

ציור 5. צמח עגבנייה לאחר כ-80 יום מתחילת הטיפולים. ריכוז הברזל במי ההשקיה היה 0.04 ח״מ.

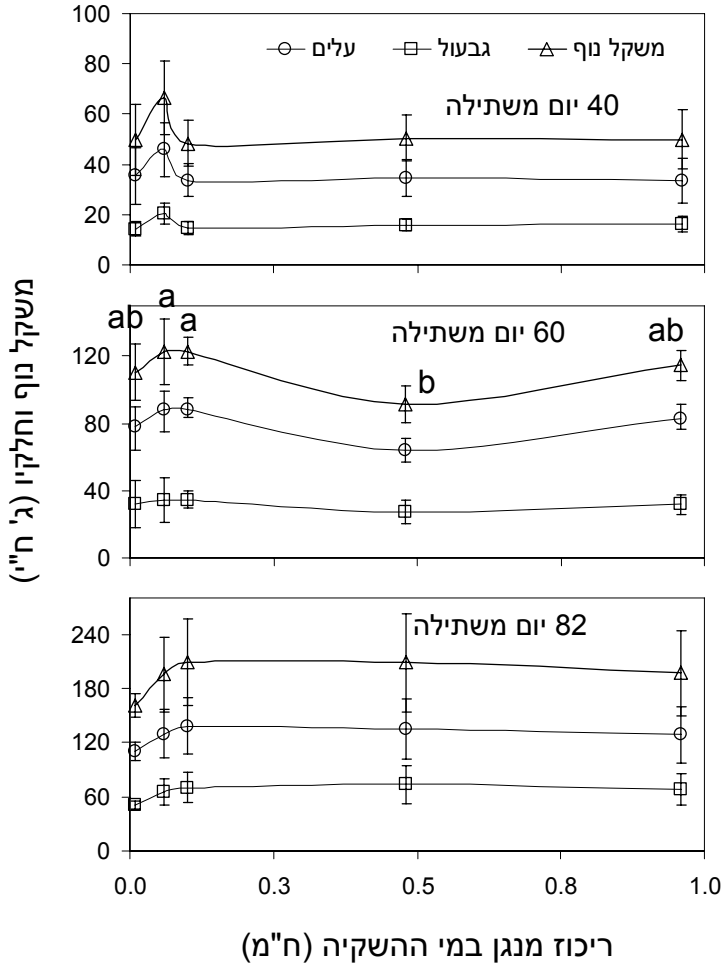
<u>השפעת ריכוז המנגן במי ההשקיה על גידול, יבול וריכוז המינרלים בצמח</u>

ריכוז המנגן במי ההשקיה היה בטווח רחב של בין 0.01 (ללא תוספת מנגן) ועד לערך של 0.96 ח״מ. למרות זאת, ויזואלית לאורך כל תקופת הגידול הצמחים גדלו היטב בכל הטיפולים, ולא ניתן היה לראות הבדל בגידולם. משקל ח״י של גבעול, עלים ונוף בשלושת מועדי הדיגום מוצגים בציור 6. משקל הצמחים עולה עם הזמן ממשקל נוף יבש של כ-60, 120 ו-200 ג׳ במועדים דיגום של 40, 60 ו-82 יום משתילה, בהתאמה (ציור 6). במבחן חד גורמי לא נמצא הבדל מובהק להשפעת המנגן מלבד למשקל ח״י של הנוף בצמחים שנדגמו 60 יום משתילה. באופן כללי ניתן לראות שבמועד הראשון והשני עם העליה בריכוז המנגן עד לערך של 0.1 ח״מ במי השקיה ישנה עליה במשקל הגבעול והעלים ולאחר מכן חלה ירידה. במועד השלישי מגמת העליה נשמרת ואין ירידה עם העליה בריכוז המנגן (ציור 6). במועד זה עלה משקל ח״י של הנוף מערך של כ-160 ל-210 ג׳ לצמח. עליה של כ-30% שכאמור לא נמצאה מובהקת בניתוח השונות.

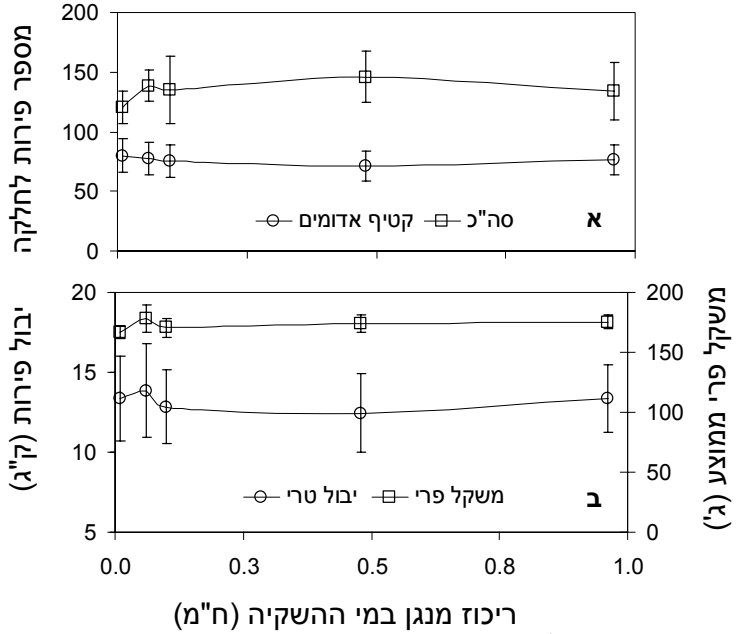
תוצאות יבול הפירות שנקטפו מוצגות בציור 7. מאחר והניסוי הסתיים 82 יום משתילה ישנו היבול שנקטף עד מועד זה וכן מספר הפירות הכללי הכולל גם את הפירות הירוקים בסוף הניסוי. בכל הטיפולים נקטפו בין 70 ל-80 פירות אדומים לשיווק לחלקה וכמות דומה נשארה ירוקה במועד שהניסוי הסתיים. משקל הפירות שנקטפו אדומים ומשקל ממוצע לפרי אדום מוצגים בציור 7ב. לא נמצא הבדל מובהק במבחן חד גורמי לריכוז המנגן במי ההשקיה על היבול ומרכיביו. מספר הפירות בטיפול שהוזן בריכוז המנגן הנמוך ביותר היה נמוך באופן קבוע בהשוואה לשאר הטיפולים אך ההבדל אינו מובהק. מגמה המקבילה לגידול הנוף.

ריכוזי המנגן בעלים בגבעול ובפרי כתלות בריכוז הברזל במי ההשקיה מוצגים בציור 8. באופן כללי במהלך כל הגידול העלים נראו בריאים. ריכוז המנגן בעלים דיאגנוסטיים גבוה באופן משמעותי מריכוזו בגבעול ואלו גבוהים מריכוזו בפרי. בכל מועד ריכוז המנגן שנמדד בחלקי הצמח השונים עלה באופן ישר ומובהק עם העליה בריכוז המנגן בתמיסת מי ההשקיה. ריכוזי המנגן בעלים, בגבעול ובפרי היו: 18, 16.6 ו-9.4 מ״ג לק״ג ח״י, בהתאמה כאשר ריכוזי המנגן במי ההשקיה היו 0.01 ח״מ, ו- 233, 88.2 ו-25.3 ח״מ, בהתאמה כאשר ריכוז המנגן במי ההשקיה היה 0.96 ח״מ. מגמות דומות התקבלו במועדי הדיגום הבאים. ריכוזי המנגן בעלים ובגבעול הלך וירד עם הזמן בעיקר בריכוזי המנגן הנמוכים במי ההשקיה. לדוגמא ריכוז המנגן בעלים היה 18, 12 ו-7.7 מ״ג לק״ג ח״י בעלים שנדגמו 40, 60 ו- 82 יום משתילה, בהתאמה. ריכוזים אלה של מנגן נמוכים. לפי הספרות ערכים נמוכים מ-25 ו-20 מ״ג לק״ג ח״י מנגן בעלים ובפרי, בהתאמה מוגדרים כמחסור. למרות זאת לא נראו סמני מחסור של מנגן בעלים אפילו לא בטיפול הנמוך ביותר. תחום מספק של מנגן בעלים הינו בין 50 ל-500 מ״ג לק״ג ח״י. עלים בצמחים שדושנו ברמה של 0.01 ו-0.06 ח״מ מנגן היו מתחת לערך זה. עלים בצמחים שדושנו ברמה של 0.1 ח״מ מנגן היו בערך התחתון של הטווח שצויין. לפי מדד זה ריכוז המנגן במי ההשקיה רצוי שיהיה מעל ערך 0.1 ח״מ.

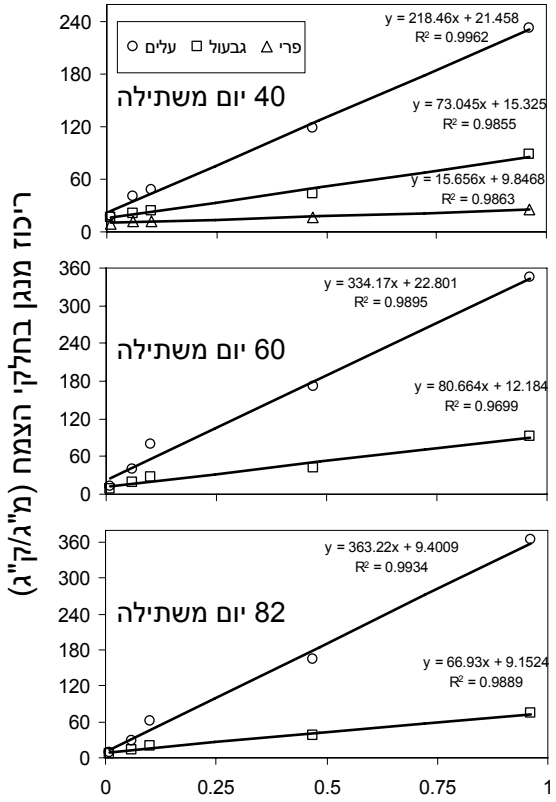
בכל טיפולי המנגן ריכוזי הברזל והאבץ שניתנו במי ההשקיה היו קבועים כ-1.0 ו-0.25 ח״מ, בהתאמה. ריכוזי הברזל בעלים, בגבעול ובפרי לא הושפעו מטיפולי המנגן (תוצאות לא מוצגות). ריכוזי האבץ בעלים, בגבעול ובפרי כתלות בריכוז המנגן במי ההשקיה מוצגים בציור 9. בניתוח חד גורמי לא נמצא הבדל לטיפול המנגן על ריכוזי האבץ בעלים. אך, ניתן לראות מגמה קבועה בה ריכוז האבץ יורד עם העליה בריכוז המנגן במי ההשקיה. אומנם שיעור הירידה אינו רב בעיקר בעלים ובפרי אך משמעותי יותר בגבעול. בדיגום שנעשה 40 יום משתילה ירד ריכוז האבץ בגבעול מערך של כ-120 ל- 81 מ״ג לק״ג ח״י עם העליה בריכוז המנגן מ-0.01 ל-1 ח״מ (ציור 9).



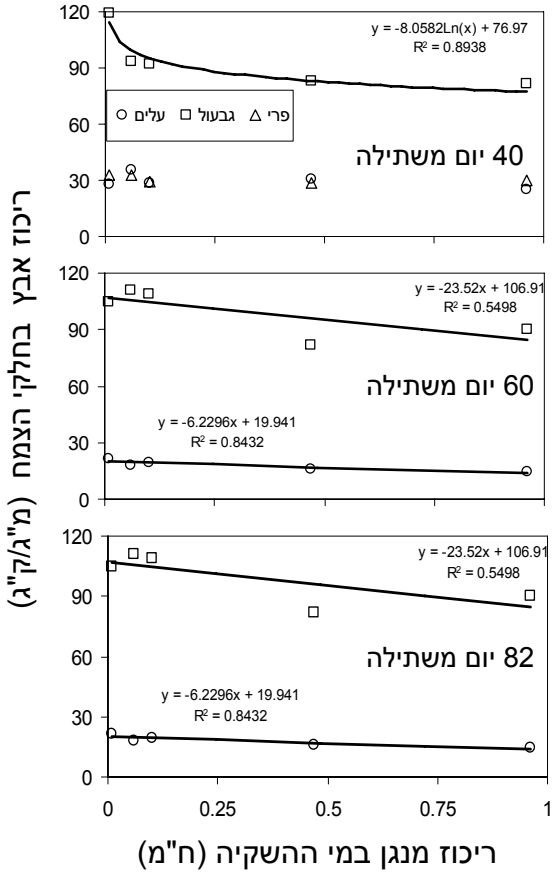
ציור 6. משקל עלים, גבעול ונוף כתלות בריכוז המנגן במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן. הבדל בין האותיות מציין הבדל מובהק במבחן חד גורמי בין טיפולי המנגן במועד וחלק צמח נתון.



ציור 7. יבול פירות ומרכיביו כתלות בריכוז המנגן במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן.



ציור 8. ריכוז מנגן בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז המנגן במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קו מייצג מתאם בעל אופי קווי ישר מובהק.



ציור 9. ריכוז אבץ בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז המנגן במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קווים מייצגים מתאם בעל אופי קווי או לוגריטמי.

השפעת ריכוז האבץ במי ההשקיה על גידול, יבול וריכוז המינרלים בצמח

ריכוז האבץ במי ההשקיה היה בטווח רחב של בין 0.01 (ללא תוספת אבץ) ועד לערך של 1.06 ח״מ. השפעה על הגידול החלה זמן קצר מתחילת הטיפולים. בשלב הראשון החלו להופיע סימני מחסור של אבץ שהתבטאו בעלים הבוגרים בטיפול בו לא הוסף אבץ (ריכוז במי ההשקיה 0.01 ח״מ). בציור 10 (צד שמאל) ניתן לראות את סימני המחסור שהחלו להופיע בשלב מאוחר יותר בטיפול בו ניתן 0.05 ח״מ אבץ. הצמחים שהושקו בריכוז הנמוך ביותר של האבץ נפגעו באופן משמעותי. בשלב ראשון גידולם נפגע ומאוחר יותר הצמחים התנוונו וגידולם נעצר. ביטוי לכך ניתן לראות בציור 10 (תמונה מימין). משקל הצמחים מבטאים מגמה זאת באופן מובהק (ציור 11). אומנם במדידות שנעשו 40 יום משתילה ההבדל בין טיפול האבץ הנמוך והשאר אינו מובהק אך המגמה ברורה ומתחזקת במדידות שנעשו לאחר מכן. לדוגמא, משקל החי״י של עלים 40 יום משתילה בטיפול אבץ של 0.01 ח״מ היה כ-29 ועלה ל-40 ג׳ לצמח בעוד שלאחר 82 יום משקל העלים באותם טיפולים היה כ-68 ו-142 ג׳, בהתאמה. התפתחות הצמחים ומשקלם לא הושפעה באופן מובהק החל מריכוז של 0.05 ח״מ אבץ במי ההשקיה.

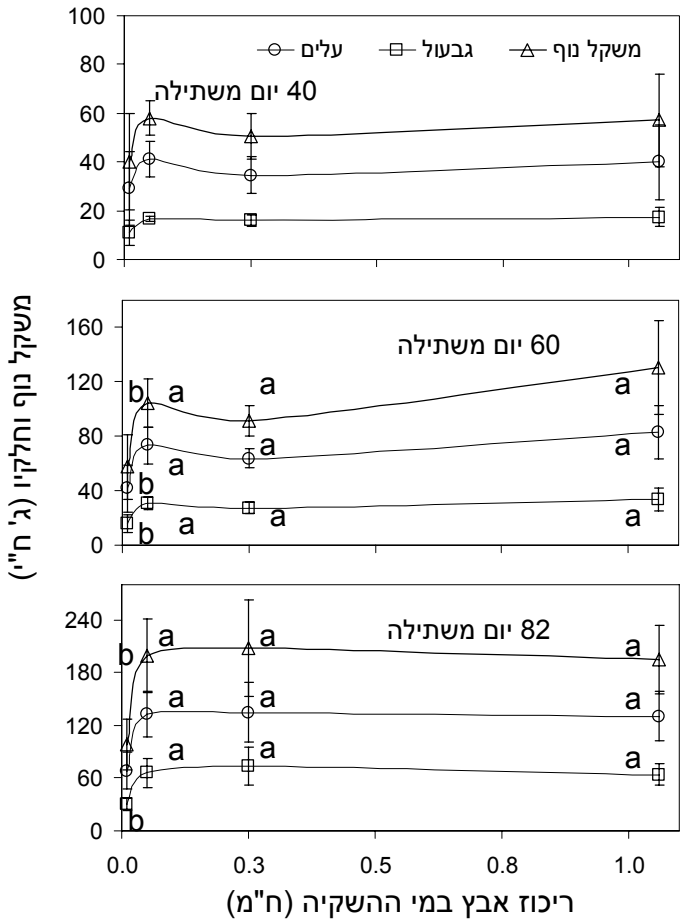
תוצאות יבול הפירות האדומים מוצגות בציור 12. בכל הפרמטרים שנמדדו: מספר פירות, משקל לחלקה ומשקל פרי ממוצע בטיפול בו ניתן אבץ ברמה של 0.01 ח״מ היה נמוך באופן משמעותי ומובהק משאר הטיפולים שלא נבדלו ביניהם. מספר פירות לחלקה בטיפול זה היה כ-39 לעומת יותר מ-70 בשאר החלקות ומשקל פרי ממוצע היה כ-119 ג׳ לעומת כ-175 ג׳ בשאר הטיפולים. בסה״כ משקל יבול הפירות לחלקה היה נמוך באופן משמעותי והיה 4.3 לעומת כ-13 ק״ג לחלקה. תוצאה זאת מקבילה להתפתחות הצמח כפי שבאה ליידי ביטוי בציור 11.

ריכוזי אבץ בעלים, בגבעול ובפרי כתלות בריכוז האבץ במי ההשקיה מוצגים בציור 13. באופן כללי נצפו מחסורים בעלים בטיפול האבץ הנמוך ביותר כשלושה שבועות משתילה ובטיפול שקיבל 0.05 ח״מ רק בשלבים מאוחרים יותר, כ-60 מתחילת הטיפולים. סימני המחסור החלו מהעלים הבוגרים. בכל המועדים ובכל החלקים שנמדדו, עם העליה בריכוז האבץ במי ההשקיה עולה ריכוזו בחלקי הצמח. העליה במגמה בעלת אופי של עקום רוויה. העליה של ריכוז האבץ משמעותית ביותר ומובהקת במבחן חד גורמי (תוצאות אינם מוצגות) ובמתאם לוגריתמי (ציור 13). ככלל, לא ניתן לראות הבדלים משמעותיים בין שלושת מועדי הדיגום והערכי האבץ דומים בעלים ובגבעול. ריכוז האבץ בעלים עולה מערך של 5 ל-40 מ״ג לק״ג ח״י עם העליה בריכוז האבץ במי ההשקיה מ-0.01 ל-1.06 ח״מ. בספרות ערכים של אבץ בעלים נמוכים מ-20 מ״ג לק״ג ח״י נחשבים למחסור. ערכים אלו נמצאו בעיקר בצמחים שגדלו בשני ריכוזי האבץ הנמוכים ביותר. תחום ערכי האבץ בעלים המספק הינו בין 30 ל-200 מ״ג לק״ג ח״י. ריכוז האבץ בעלים שהושקו בטיפול האבץ הגבוה ביותר היו בתחום של 40 מ״ג לק״ג ח״י. ריכוזי האבץ בפרי נמדדו במועד אחד והם עלו מערך של כ-11 ל-35 מ״ג לק״ג ח״י בטיפול אבץ של 0.01 ל-1.06 ח״מ. בדומה לעלים ערך נמוך מ-17 מ״ג לק״ג ח״י נחשב למחסור בפרי וערכים מספקים הם בתחום של בין 26-60 מ״ג לק״ג ח״י. ערכים בתחום זה נמצאו בפירות של שני טיפולי האבץ הגבוהים. ממצאים אלו מתאימים למגמות הגידול והיבול שנצפו ומכאן שריכוז האבץ במי ההשקיה רצוי שיהיה לפחות 0.25 ח״מ. ריכוז האבץ בגבעול גבוה באופן משמעותי בהשוואה לריכוז האבץ בעלים ובפרי. בעוד שבאיברים אלו הגיע ל-40 מ״ג לק״ג ח״י בגבעול ריכוזו הגיע לשיעור של כ-190 מ״ג לק״ג ח״י. מכאן, שבעגבנייה תנועת האבץ מוגבלת וחלק גדול מהאבץ נשאר בגבעול ואינו מגיע לעלים ולפרי.

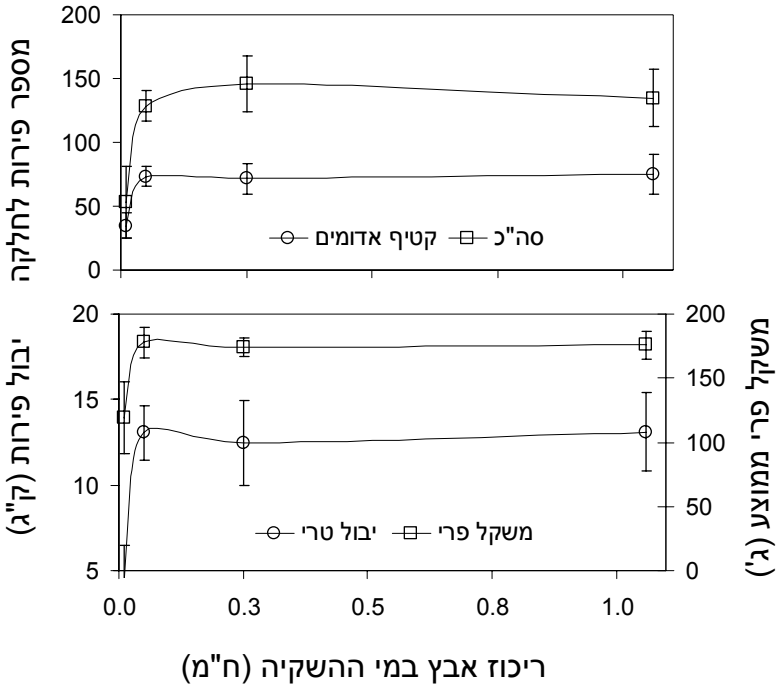
העלאת ריכוז האבץ במי ההשקיה השפיעה על הצטברות ברזל ומנגן בנוף (ציור 14). במבחן חד גורמי לשני היסודות, יש השפעה מובהקת בין הטיפולים אך בהסתכלות כללית בכל המועדים ניתן לראות שהירידה היא בעלת אופי לוגריטמי כאשר שיעור הירידה הולך ופוחת עם העליה בריכוז האבץ שבמי ההשקיה. ההשפעה של האבץ על הצטברות המנגן היא משמעותית יותר בהשוואה לברזל. לדוגמא ריכוז המנגן בעלים ירד מ-222 ל-118 מ״ג לק״ג ח״י עם העליה בריכוז אבץ במי ההשקיה מ-0.01 ל-0.25 ח״מ. ריכוז הברזל בעלים באותו המועד ובאותם ריכוזי אבץ במי השקיה ירד מערך של 169 ל-97 מ״ג לק״ג ח״י (ציור 14).

הירידות בריכוזי המנגן והברזל לא הגיעו לרמת מחסור של יסודות אלו בעלים, מנגן מעל 50 וברזל מעל 100 מ״ג לק״ג ח״י.

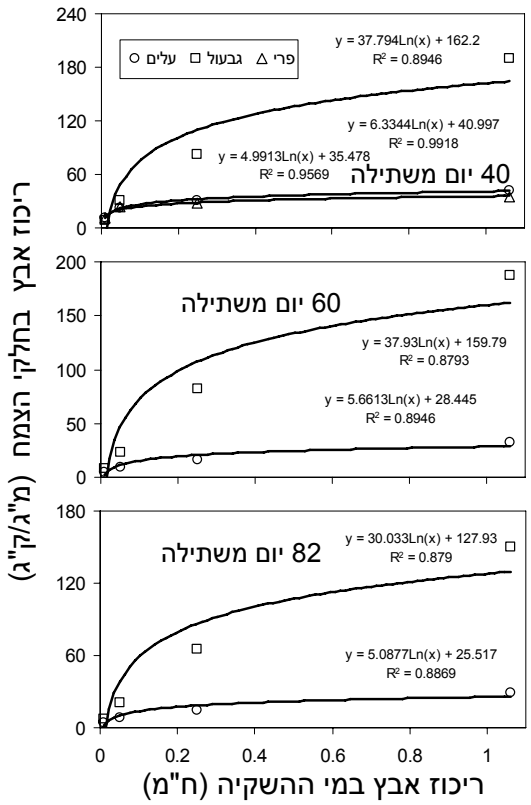
ציור 10. צמחי עגבנייה לאחר כ-80 יום מתחילת הטיפולים. ריכוז האבץ במי ההשקיה היה בטיפול 10 0.01 ח״מ (תמונה מימין) ובטיפול 11 0.05 ח״מ (תמונה משמאל).



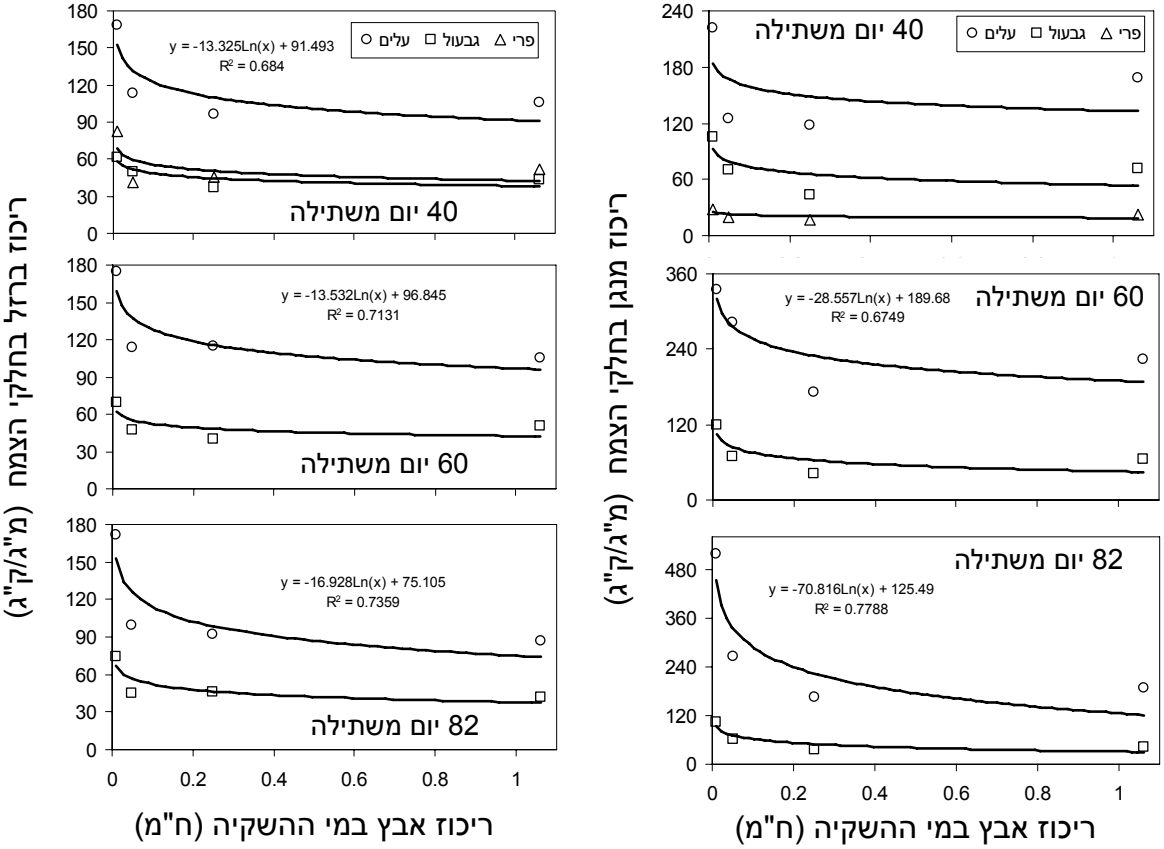
ציור 11. משקל עלים, גבעול ונוף כתלות בריכוז האבץ במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן. הבדל בין האותיות מציין הבדל מובהק במבחן חד גורמי בין טיפולי הברזל במועד וחלק צמח נתון.



ציור12 . יבול פירות ומרכיביו כתלות בריכוז האבץ במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות והקווים את סטית התקן.



ציור 13. ריכוז אבץ בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז האבץ במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קווים מייצגים מתאם בעל אופי לוגריטמי מובהק.



ציור 14. ריכוז אבץ בחלקי הצמח בשלושה מועדי דיגום כתלות בריכוז האבץ במי ההשקיה. הערכים מייצגים ממוצע ל-5 חזרות. קווים מייצגים מתאם בעל אופי לוגריטמי מובהק.

<u>דיון וסיכום</u> :

בניסוי המדווח נבחנו שלושה מיקרואלמנטים בטווח רחב של ריכוזים. הריכוז הנמוך לכל יסוד היה ריכוזו במים. בדיקות מי ההשקיה הראו שריכוזי הברזל, המנגן והאבץ היו 0.04, 0.01 ו-0.01 ח״מ, בהתאמה. ריכוזים אלו נמוכים ביותר ומתחת לרמות המומלצות להזנת עגבניות וצמחים בכלל. לעומת זאת הריכוז הגבוה שנבחר לכל יסוד היה מעבר לתחום המומלץ 1.9, 0.96 ו-1.05 ח״מ עבור הברזל, המנגן והאבץ, בהתאמה. הגידול נמשך כמעט 3 חודשים משתילה והצמחים הגיעו להנבה.

טיפולי הברזל במי ההשקיה - באופן כללי לריכוז הברזל במי ההשקיה לא היתה השפעה על הגידול, היבול ואיכותו (ציורים 2-1). לאורך מרבית הגידול לא נראתה גם השפעה לריכוז הברזל במי ההשקיה על הצטברותו בעלים, בגבעול ובפרי (ציור 3). רק לאחר יותר מחודשים החלו להופיע סימני מחסור קלים בעלים הבוגרים (ציור 5) ובמועד הדגימה האחרון נמצא מתאם חיובי בין ריכוזו במי ההשקיה לריכוזו בעלים (ציור 3). ככלל ריכוז הברזל בעלים היה בתחום הרצוי, כ-100 מ״ג לק״ג ח״י. מאידך, הצטברות מנגן ואבץ הושפעה מטיפולי הברזל. באופן כללי, ריכוזם של שני יסודות אלו פחת עם העליה בריכוז הברזל במי ההשקיה. טיפולי הברזל במי ההשקיה יושמו כמתוכנן ומי ההשקיה סופקו במערכות נפרדות. למרות זאת, גם בריכוזי הברזל הנמוכים ביותר במי ההשקיה שיעור הצטברותם בנוף ובפרי היה דומה לטיפולים שהוזנו בברזל. מאחר ובסך הכל ריכוז הברזל באברי הצמח הנבדקים היה בתחום הרצוי נראה שבמערכת הגידול היתה הספקה שמיסכה את ההבדל בין טיפולי הברזל שבמי ההשקיה. קיימות מספר אפשרויות: הראשונה ברזל שהגיע עם השתילים השניה

ברזל שהיה במערכת הגידול (מיכלים ששימשו לגידול קודם). יכול להיות שהארכת הגידול היה ההבדל בין הטיפולים גדל.

טיפולי מנגן במי ההשקיה – העלאת ריכוז המנגן במי ההשקיה התבטאה בריכוזו בעלים, בגבעול ובנוף לאורך כל הגידול (ציור8). למרות זאת ההשפעה על הגידול והיבול היתה קטנה ביותר וביטוי קל אך בלתי מובהק התקבל רק לקראת סוף הניסוי. מכאן, שהמנגן לא היה גורם מגביל בניסוי גם כאשר ריכוז המנגן במי ההשקיה היה נמוך ביותר. בולטת העובדה שהעלאת ריכוז המנגן לא השפיעה כלל על הצטברות הברזל בעלים אך גרמה לפחיתה בריכוז האבץ. בדומה לברזל, נראה שבמערכת הנוכחית לא הגענו למצבי מחסור כנראה בגלל המצאות מנגן בשתיל ו/או במערכת הגידול.

טיפולי אבץ במי השקיה – שלא כמו ברזל ומנגן, לאבץ שבמי ההשקיה היתה שפעה על הגידול והיבול של עגבנייה. השפעת האבץ בטיפול הנמוך ביותר היתה מהירה ותוך מספר שבועות ניתן היה להבחין בפגיעה בצמחים. לקראת סוף הניסוי הצמחים בטיפול האבץ הנמוך ביותר התנוונו (ציורים 10, 11 ו-12). ריכוז האבץ בגבעול גבוה באופן משמעותי מהעלים והפרי מה שמעיד על בעיית תנועה של אבץ בצמח. ריכוז האבץ הרצוי במי ההשקיה הוא לפחות 0.25 ח״מ. לא רצוי להעלות את ריכוז האבץ לערכים גבוהים מאחר ובריכוזים אלו חלה ירידה בהצטברות הברזל והמנגן בעלים (ציור 14).

לסיכום, הניסיון להשרות מחסורי ברזל ומנגן בצמחי עגבנייה לא הצליח בניסוי גם בטיפולים בהם לא הוספו יסודות אלו כלל. כנראה שבחודשי הניסוי הראשונים היה מספיק מהם בשתיל ו/או במערכת הגידול. לעומת זאת, הצלחנו להשרות מחסורים באבץ אשר התבטאו בגידול וביבול. יש להמשיך ולחקור את ההשפעה של מיקרואלמנטים אלו על מנת להכיר את תחומי השפעתם ויחסי הגומלין ביניהם על הגידול ויבול העגבנייה.