

תגובת פלפל לחנקן באיכות מים משתנה

אורי ירמיהו, אלון בן-גל, חגי יסעור, אינה פיינגולד, מרכז מחקר גילת מינהל המחקר החקלאי אשר בר-טל, שושנה סוריאנו, מכון וולקני, מינהל המחקר החקלאי שבתאי כהן, אבי אושרוביץ, דורית חשמונאי, רבקה אופנבך, יורם צביאלי, רמי גולן - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית תמר

כתובת המחבר: uri4@volcani.agri.gov.il

תקציר

פלפל הינו אחד מהגידולים העיקריים באזור הנגב והערבה. עם העלייה במצוקת המים והירידה באיכות המים המליחים יש כוונה להתפיל את המים המליחים שבערבה. מאחר וקליטת החנקן ע"י הצמח מושפעת מריכוז המלחים שבתמיסת הגידול יש צורך להתאים את מימשק ההזנה בחנקן לאיכות המים המשתנה. מטרת העל של המחקר להתאים את מימשק הדישון החנקני של פלפל לאיכות מים. במהלך המחקר בעונות 2011/12 ו 2012/13 התקיימו שני ניסויי מיכלים במרכז מחקר גילת וניסוי בקרקע בתחנת יאיר בערבה. מבנה הניסויים: דו גורמי מאוזן: 3 רמות מליחות, 3 רמות חנקן במי ההשקיה. עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה העלתה את משקל הנוף והפרי בכל רמת מליחות. מאידך, עלייה ברמת המליחות הפחיתה את הביומסה בכל רמת חנקן אם כי שיעורי הפחיתה בנוף ובפרי היו שונים. עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה העלתה את משקל הנוף והפרי בכל רמת מליחות. מאידך, עלייה ברמת המליחות הפחיתה את הביומסה בכל רמת חנקן אם כי שיעור השינוי היה שונה בנוף מאשר בפרי. ניתוח של תרומת החנקן היחסית בכל רמת מליחות על יצור ביומסה ויבול מצביע על כך שכאשר משקים במים עם ריכוז נתרן כלורי נמוך מאוד (מים מותפלים) היבול הינו מיטבי והתגובה לחנקן משמעותית חזקה יותר במיוחד בריכוזי החנקן הנמוכים בהשוואה להשקיה במים המכילים ריכוזי נתרן כלורי מתונים או גבוהים. השקיה ברמת מליחות גבוהה פגעה ביבול כאשר התרומה החיובית של החנקן ברמה הגבוהה הייתה מעטה ביותר. עליית ריכוז החנקן הביאה לירידה בקליטת הכלוריד לצמח, אך עליית ריכוז המלח לא הביאה לירידה בריכוז הניטרט. לסיכום, מעבר למים מותפלים והמשך דישון בחנקן בכמות המקובלת כיום, יביא לתוספת יבול.

מבוא ותאור הבעיה

פלפל הינו אחד מהגידולים העיקריים באזור הנגב והערבה. במרבית השטחים, השקית הפלפל הינה במים בעלי ריכוז מלחים גבוה. בערבה התיכונה ההשקיה במים המליחים הנשאבים ממי התהום ובנגב המערבי ההשקיה במי שפד"ן. עם העלייה במצוקת המים והירידה באיכות המים המליחים יש כוונה להתפיל את המים המליחים שבערבה. כמו כן, בנגב המערבי מסופקים כיום מים מותפלים ממתקן ההתפלה שבאשקלון. התפלת מים בשיטת האוסמוזה הפוכה מרחיקה את מרבית היסודות והמינרלים שנמצאים במים ומשנה את ההרכב הכימי שלהם בצורה משמעותית. ככלל הפחתת מלחים (בעיקר נתרן כלורי) מהמים נחשבת כשיפור באיכותם, כי עודפי המלחים גורמים לפגיעה בקרקע, בצמחים ובסביבה. בהיבט זה החשיבות המרובה היא הרחקת הנתרן והכלוריד. בהשקיה במים בעלי מוליכות חשמלית נמוכה וריכוז נתרן כלורי נמוך, ניתן להקטין את מנת ההשקיה כי הצורך בשטיפת המלח מבית השורשים קטן באופן ניכר. השקיה במים מותפלים מאפשרת ביתר קלות מיחזור מים ועל ידי כך חסכון בכמות המים להשקיה. להקטנת מנת השטיפה יתרון משמעותי במזעור נזקי זיהום סביבתיים כגון שטיפת חנקות, חומרים אורגניים מסיסים וחומרי הדברה למי התהום. מאידך, המים המותפלים חסרים במינרלים חיוניים לצמח כולל סידן, מגניון וגופרה המורחקים בתהליך ההתפלה באוסמוזה הפוכה. באופן כללי בישראל, מינרלים

אלו נמצאים במים השפירים ולכן החקלאים לא מוסיפים אותם כדשן. את המינרלים החסרים ניתן להוסיף כדשן או לחילופין לספק אותם על ידי ערבוב עם מים מליחים. לשתי השיטות יתרונות וחסרונות: דישון המינרלים החסרים כרוך בעלות לא מבוטלת ודורש מערכת דישון נוספת מאחר ולא ניתן להוסיף את הדשנים החסרים לדשנים קיימים בגלל בעיות שקיעה. לעומת זאת בשיטת הערבוב אין עלות למינרלים ונפח המים גדל. החסרונות של שיטת הערבוב הם עלייה במקדם השטיפה וזהום הסביבה במלחים עודפים ובמיוחד נתרן כלורי. השינוי באיכות המים יכול להשפיע על הדישון החנקני כתוצאה משני גורמים. הגורם הראשון הוא התחרות בקליטה בין חנקן לכלוריד. קליטת החנקן (בעיקר החנקן) ע"י הצמח מושפעת מריכוז המלחים ובעיקר יון הכלוריד.

במחקרים פיזיולוגיים ברמת התא וממברנות נמצא שכאשר ריכוזי הכלוריד והחנקן נמוכים הם מתחרים ביניהם על קליטה ומעבר דרך הממברנות. במחקרים רבים שנעשו בצמחים שונים כולל בעבודה שלנו שהסתיימה בעירית, נמצא שעלייה בריכוז הכלוריד בתמיסת הגידול מקטינה באופן משמעותי את קליטת החנקן ע"י הצמח. לכן צפוי שריכוז החנקן המיטבי יפחת עם הירידה בריכוז הכלוריד במים השפירים. הגורם השני הוא כמות החנקן וריכוזו בבית השורשים. כיום מקובל ממשק השקיה שלוקח בחשבון מקדם שטיפה המותאם לאיכות המים. כפי שתואר למעלה היתרון בהשקיה במים באיכות גבוהה היא הקטנה של מקדם השטיפה והפחתה בכמות המים. במקרה זה שמירה על ריכוז החנקן המקובל תקטין את כמות החנקן המוספת. קשה לחזות כמותית מה תהיה התוצאה משני התהליכים המנוגדים הללו מבחינת ריכוז החנקן בבית השורשים ושיעור הקליטה של החנקן ע"י צמחים. מכאן שחסר ידע על ממשק הדישון החנקני המיטבי במים מותפלים.

מטרת המחקר הכללית היא להתאים ממשק דישון של פלפל למים מותפלים ואו שמליחותם נמוכה. המטרות הייחודיות הן: I. לבחון את השפעת ריכוזי החנקן והכלוריד במים על קליטת חנקן על ידי צמחי פלפל, II. לבחון את השפעת ריכוזי הכלוריד והחנקן על הצימוח, יבול הפרי ואיכותו, III. לגבש פרוטוקול ממשק דישון חנקני לפלפל מושקה במים מותפלים והגדל בקרקע.

שיטות וחומרים

במהלך המחקר התבצעו שלושה ניסויים. בשני ניסויים גדלו הצמחים במיכלים בבית רשת במרכז מחקר גילת וניסוי אחד נערך בקרקע בתחנת יאיר בערבה.

ניסויי מיכלים - הניסויים התבצעו במרכז מחקר גילת בשתי עונות עוקבות 2011/12 ו 2012/13. שתילי פלפל מהזן הקיצי Rita (זרעים גדרה) נשתלו ב-29/05 וב-28/05, בהתאמה. השתילים נשתלו במיכלי קלקר (פוליביד, משמר הנגב) בנפח 90 ליטר (18 ס"מ עומק, 100 ס"מ אורך ו-50 ס"מ רוחב), במצע פרלייט 206 (אגריקל, הבונים). שני הניסויים נערכו באותה מערכת, אך בכל עונת שתילה הוחלף המצע. מבנה הניסוי בגילת בכל שנה היה בלוקים באקראי, 5 חזרות לטיפול. כל בלוק הורכב משלוש שורות של מיכלים. כך שכל חזרה מורכבת מ-3 חלקות (2 מיכלים מהווים חלקה) סמוכות, חלקה מרכזית וחלקות שוליים שטופלו באותו טיפול ושימשו לצורך בדיקות הרסניות. שטח חלקה הינו 3.4 מ"ר, שטח חזרה 10.2 מטר רבוע ושטח טיפול הינו 51 מ"ר. בהיקפו של כל הניסוי נשתלו חלקות שוליים לצורך הקטנת השונות המרחבית. בעונה הראשונה נשתלו בכל מיכל 6 צמחים כך שהתקבל עומד צמחים של 3.5 צמחים למ"ר. בעונה השנייה, לאחר הפקת לקחים מהעונה הראשונה, הופחת מספר הצמחים לחלקה ל-10 כך שעומד הצמחים היה 2.9 צמחים למ"ר. בניסויים נבחנו 2 משתנים במבנה מאוזן: מליחות (3 רמות) וחנקן (3 רמות) בסה"כ 9 טיפולים. בעונה הראשונה, בשבועיים הראשונים לאחר השתילה הצמחים הושקו במים מותפלים ודישון אחיד. ריכוזי החנקן, אשלגן וזרחן במי ההשקיה היו 4.3, 1.2, ו-0.84 מילימולר, בהתאמה. הדשן ששימש היה מסוג "שפיר" 6:6:6 (דשן גת בע"מ).

בעונה השנייה, הושקו הצמחים מרגע השתילה במים בעלי רמת מליחות בהתאם לטיפולים עם דיזון אחיד כמו בעונה הראשונה. לאחר שבועיים החל יישום טיפולי החנקן. ההשקיה נעשתה ממיכלים בשיטה של תמיסות סופיות בסה"כ 9 מיכלים. התמיסות הוכנו במיכלים ע"י הוספת NaCl בהתאם לטיפולי המליחות ו-2 ליטר לקוב של תמיסת דשן מורכב שהוכן להשגת טיפולי החנקן הרצויים. להעלאת הסיידן לרמה הרצויה הוספו 100 גרם לקוב של $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ לתמיסה הסופית לכל הטיפולים. בעונה הראשונה הוכנו תמיסות הדשנים המרוכזות ע"י חברת דשן גת בע"מ.

בעונה השנייה, תמיסת הדשן הוכנה על ידנו במיכלים בנפח של 50 ליטר. המלחים ששימשו להכנת התמיסות המרוכזות היו: K_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 , KH_2PO_4 , NH_4NO_3 , KNO_3 . מיקרואלמנטים הוספו בתכשיר מיקרו-גת (דשן גת בע"מ) במינון של 100 סמ"ק לקוב, התקבלו ריכוזים במי ההשקיה של 1.2, 0.54, 0.27, ו-0.06 ח"מ, ברזל, מנגן, אבץ, ונחושת, בהתאמה. ריכוז האמון בכל הטיפולים היה קבוע בערך של 0.36 מילימולר במי השקיה. שיעור האמון מסך החנקן היה כ-20% בטיפולי החנקן הנמוכים, כ-10% בטיפולי החנקן הבינוניים, ו-5% בטיפולי החנקן הגבוהים. ערכי EC ו-pH נבדקו בכל מילוי של מיכלי התמיסה הסופית. ריכוז כלל היסודות נבדק במי הטפטפת מידי פעם ובסה"כ כ-20 פעמים בכל עונה. ריכוזים הממוצע (מילימולר) וסטיות התקן של זרחן, סיידן ואשלגן היו 0.42 ± 0.04 , 1.3 ± 0.1 ו- 4.1 ± 0.3 , בהתאמה בשתי העונות. בעונה הראשונה ריכוז המגניום לא היה אחיד בכל הטיפולים (טבלה 5.1) עקב טעות בהכנת תמיסות הדשן המרוכזות. משהתגלתה הטעות במהלך הגידול הוחלט להמשיך ללא שינוי במינונים. ריכוז המגניום הממוצע וסטיית התקן בעונה השנייה בכל הטיפולים היה 1.6 ± 0.2 . ריכוז ממוצע וסטיית תקן של חנקן, כלוריד, נתרן וכן ה-EC וה-pH. מי הרקע נדגמו לאורך הניסוי וממוצע של 90 בדיקות התקבלו ערכי ממוצע וסטיית תקן ל-pH, EC (דצ"ס/מ) וכלוריד (מילימולר) של 7.7 ± 0.2 , 0.37 ± 0.06 ו- 1.45 ± 0.35 , בהתאמה.

בגוף הדו"ח, נתייחס ברוב המקרים לטיפולי המליחות והחנקן העיקריים (פרט למקרים בהם נמצאה השפעת גומלין) והם יקראו טיפולי חנקן נמוך בינוני או גבוה וכך גם המליחות. טיפולי החנקן הנמוך הינם טיפולים 1, 4 ו-7 בטבלאות הבאות וממוצע ריכוז החנקן שלהם הינו 2.6 ו-1.9 מילימולר בעונת 2011/12 ו-2012/13, בהתאמה. טיפולים 2, 5, ו-8 הינם טיפולי החנקן הבינוני וממוצע ריכוז החנקן שלהם הינו 4.1 ו-3.8 מילימולר בעונת 2011/12 ו-2012/13, בהתאמה. טיפולי החנקן הגבוה הינם טיפולים 3, 6 ו-9 ובהם ריכוז החנקן הוא 8.3 ו-7.7 מילימולר בעונת 2011/12 ו-2012/13, בהתאמה. טיפולי המליחות הנמוכה הינם טיפולים 1, 2 ו-3 בטבלאות הבאות וממוצע ריכוז הכלוריד שלהם הינו כ-2 מילימולר בשתי העונות. טיפולים 4, 5, ו-6 הינם טיפולי המליחות הבינונית וממוצע ריכוז הכלוריד שלהם הינו כ-10 מילימולר בשתי העונות. טיפולי המליחות הגבוהה הינם טיפולים מס' 7, 8 ו-9 ובהם ריכוז הכלוריד הוא כ-32 מילימולר בשתי העונות.

טבלה 3.1. ממוצע וסטיות התקן של המינרלים, ה-EC וה-pH שנבדקו במי הטפטפת בעונת 2011/12. הנתונים הינם ממוצעים של כ-20 מדידות שנערכו בתקופת הגידול.

טיפול	EC (דצס/מ')	pH	N (מילימולר)	Cl (מילימולר)	Na (מילימולר)	Mg (מילימולר)
1	1.2 ± 0.1	6.4 ± 0.7	2.6 ± 0.3	1.7 ± 0.4	2.1 ± 0.7	0.9 ± 0.1
2	1.2 ± 0.1	6.2 ± 0.7	4.5 ± 0.9	1.6 ± 0.5	1.9 ± 0.6	0.8 ± 0.1
3	1.5 ± 0.2	6.3 ± 0.7	8.7 ± 1.3	1.6 ± 0.4	1.8 ± 0.4	1.8 ± 0.1
4	2.2 ± 0.3	6.4 ± 0.7	2.5 ± 0.5	9.7 ± 0.5	9.0 ± 0.1	0.9 ± 0.1
5	2.2 ± 0.3	6.4 ± 0.7	3.8 ± 1.0	9.7 ± 0.7	8.7 ± 6.8	0.8 ± 0.1
6	2.6 ± 0.3	6.3 ± 0.7	7.9 ± 0.9	9.6 ± 1.0	8.9 ± 7.0	1.8 ± 0.1
7	4.8 ± 0.5	6.4 ± 0.7	2.6 ± 0.6	32.1 ± 1.4	34.7 ± 5.6	0.9 ± 0.1
8	4.9 ± 0.6	6.4 ± 0.7	4.0 ± 0.4	32.2 ± 1.6	34.3 ± 5.6	0.8 ± 0.1
9	5.2 ± 0.5	6.4 ± 0.7	8.1 ± 0.8	32.1 ± 1.3	34.6 ± 5.7	1.9 ± 0.1

טבלה 3.2. ממוצע וסטיות התקן של ריכוז המינרלים, ה-EC וה-pH שנבדקו במי הטפטפת בעונת 2012/13. הנתונים הינם ממוצעים של כ-20 מדידות שנערכו בתקופת הגידול.

טיפול	EC (דצס/מ')	pH	N (מילימולר)	Cl (מילימולר)	Na (מילימולר)
1	1.1 ± 0.1	6.1 ± 0.7	2.0 ± 0.2	1.7 ± 0.4	1.5 ± 0.4
2	1.1 ± 0.1	6.3 ± 0.6	3.9 ± 0.4	1.9 ± 0.5	1.4 ± 0.6
3	1.2 ± 0.2	6.3 ± 0.6	7.8 ± 0.9	1.5 ± 0.6	1.3 ± 0.4
4	2.0 ± 0.2	6.2 ± 0.7	1.9 ± 0.4	9.4 ± 0.5	10.3 ± 0.2
5	2.0 ± 0.2	6.3 ± 0.6	3.9 ± 0.9	9.8 ± 0.8	10.4 ± 6.8
6	2.1 ± 0.3	6.2 ± 0.6	7.5 ± 0.8	9.8 ± 0.9	10.3 ± 7.2
7	4.8 ± 0.5	6.4 ± 0.4	2.0 ± 0.6	32.1 ± 1.8	30.9 ± 5.3
8	4.8 ± 0.4	6.4 ± 0.5	3.7 ± 0.3	31.1 ± 1.4	30.6 ± 5.6
9	5.0 ± 0.3	6.5 ± 0.5	7.9 ± 0.7	32.2 ± 1.6	33.0 ± 5.3

ניסוי השדה - הניסוי התקיים בתחנת יאיר מו"פ ערבה תיכונה במבנה מכוסה רשת צל 25 מש. לפל מזן 7158 (קנון, זרעים גדרה) נשתל ב-15.9.2012. בניסוי נבחנו 2 משתנים במבנה מאוזן: מליחות (3 רמות) וחנקן (3 רמות) בסה"כ 9 טיפולים. טיפולי המליחות כללו: מים מותפלים, מים מליחים מקומיים ומים מעורבבים (מליחים ומותפלים) ערכי במוליכות החשמלית של המים היו 0.7, 2.5 ו-4.0 דציסימנס למ'. טיפולי החנקן היו ריכוז חנקן כללי במי השקיה של 3.57, 7.14 ו-10.7 מילימולר (50, 100 ו-150 ח"מ, בהתאמה). מבנה הניסוי היה חלקות מפוצלות (ראשי, איכות מים) באקראי בחמש חזרות. אורך כל חלקה היה 4 מ' ברוחב של ערוגה. יבול נאסף מ-4 מ'. דיגומים של צמחים, עלים ופטורות נלקחו במרכז החלקה.

עד שלב החנטה ריכוז החנקן במי ההשקיה בכל טיפולי החנקן נשמר קבוע 50 ח"מ. טיפולי המליחות החלו עם השתילה. סיום הניסוי היה ב-9.4.2013. הדשנים בניסוי תחנת יאיר סופקו ע"י דשנים וחומרים כימיים.

מדדים שנבדקו בניסויים

מדדי גידול וגטטיביים - גובהם של 4-5 צמחים מסומנים בכל חזרה נמדדו כ-10 פעמים לאורך כל אחד מהניסויים. בניסויי המיכלים אחת למספר שבועות פורק צמח שלם מכל חזרה, סה"כ 5 פירוקים בניסוי 2011 ב-50, 80, 107, 134 ו-155 ימים משתילה (תאריך השתילה: 29/5) ו-4 פירוקים ב-2012/13 ב-49, 72, 100 ו-139 ימים משתילה (תאריך שתילה: 28/5). מועד הפירוק השני בכל ניסוי התבצע לפני הקטיפה הראשון, על מנת לקבל תמונת מצב מייצגת של הצמח לפני הרחקת הפירות. הצמחים פורקו לעלים, גבעולים ופירות ובעונת 2012/13 נמדדו גם שורשי הצמחים. משקלו הטרי של כל איבר נשקל ולאחר מכן יובש ב-70 מעלות צלזיוס ונשקל שוב לקביעת משקלו היבש. מתוך נתונים אלו חושבה תכולת החומר היבש. בניסוי השדה נעשה פירוק בשני מועדים בהם נלקח צמח אחד מכל טיפול לדיגום ב-19.11.2012 וב-9.4.2013 (102 ו-243 יום משתילה בהתאמה). משקל ותכולת חומר יבש (ח"י) נקבעו בחלקים השונים שורשים, גבעול ועלים.

מדדי יבול כמותיים - במהלך הניסוי נקטפו כל הפירות הבשלים, כלומר רק פירות אדומים לחלוטין (בערך אחת לשבוע בוצע קטיפה). הפירות מוינו לפירות לשיווק (כל פרי ללא שחור פיטם) ופירות פסולים (פירות עם שחור פיטם). סה"כ נערכו 9 קטיפים בעונת 2011/12, ב-88, 92, 99, 114, 127, 141, 150, 154 ו-165 ימים משתילה ו-8 קטיפים בעונת 2012/13, ב-77, 90, 98, 104, 114, 122, 135 ו-142 ימים משתילה. הפירות הפסולים והראויים לשיווק נספרו ונשקלו בנפרד. לפי מספר הצמחים בכל חלקה בכל עונה, חושבו מספר הפירות ומשקלם לצמח וכך הם מוצגים בגוף העבודה.

מדדי יבול איכותיים - שיעור שחור הפיטם חושב ע"י חלוקת מספר הפירות הנגועים בסך כל הפירות. בשלושה מועדי קטיפה במהלך כל עונה נדגמו כ-20 פירות מובחרים (הגדולים ביותר, ללא שחור פיטם, ללא עיוותים ואדומים לחלוטין) מכל חזרה לצורך בדיקות איכות שכללו משקל פרי ממוצע, עובי דופן שנמדד ע"י חיתוך הפרי במרכזו ומדידת עובי הדופן בשלושה מקומות ע"י מד קליבר דיגיטלי מדגם dc-515, זרעי הפרי נשקלו ובעונת 2012/13 גם נספרו. כ-200 גרם מכל פרי רוסקו במעבד מזון והופק תסנין עליו בוצעו הבדיקות הבאות לצורך קביעת מדדי איכות כימיים: ריכוז המוצקים המסיסים (TSS) נקבע באמצעות רפרקטומטר (Atago, Tokyo, Japan) ומוצג כיחידות °Brix ב 20 מעלות צלזיוס, ריכוז סוכרוז נקבע באמצעות גלוקומטר (Optimum xceed, Abbott, IL, USA) וחמיצות ע"י טיטור 10 ml של תסנין הפירות ב-0.1 NaOH מולר עד ל-pH 8.1, החמיצות מבוטאת ביחידות של מילימולר חומצה ציטרית.

ריכוז מינרלים בעלים דיאגנוסטיים וקריאת ריכוז כלורופיל - בכל אחד מהמועדים בהם נדגם צמח שלם נדגמו גם עלים דיאגנוסטיים. עלה דיאגנוסטי הוגדר כעלה הצעיר ביותר אשר הגיע לשיא גודלו, בדרך כלל מדובר בעלה הרביעי מהקדקוד, כמקובל בפרוטוקולים של שירות ההדרכה של משרד החקלאות. בכל המועדים העלים נדגמו בשעה 10 בבוקר ונדגמו 12 עלים לחזרה. העלים הובאו מיד למעבדה ושם נמדדו ערך ריכוז הכלורופיל במכשיר SPAD (Minolta, Osaka, Japan). ונמדד שטחם של העלים (Li-cor portable area meter, Li-3000, NE, USA) לאחר מכן נשטפו העלים במים מזוקקים ויובשו בתנור, נטחנו ונשמרו עד לאנליזה. ריכוזי חנקן, זרחן, אשלגן ונתרן נמדדו לאחר שריפה רטובה בחומצה גופרתית ופראוקסיד (Snell and Snell, 1949). ריכוזי חנקן וזרחן נקבעו ע"י אוטואנלייזר, (Lachat Instruments, Milwaukee, WIS, USA). ריכוז אשלגן ונתרן נקבע ב-Atomic Absorption (Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA). באותו המכשיר נקבע גם ריכוזם של מגנזיום וסידן לאחר שריפה יבשה ב-550

מעלות צלזיוס. ריכוז הכלוריד נקבע לאחר מיצוי מימי של אבקת העלים ביחס של 1:100 במטלטלת לילה ולאחר סינון נקבע בכלורידמטר (Sherwood-scientific, chloride analyzer 926, Cambridge, UK). ריכוז מינרלים בפטוטרות - בשלושה מועדים בכל ניסוי נדגמו 6 פטוטרות של עלים דיאגנוסטים מכל חזרה. הפטוטרות נשקלו מיד ויובשו ב-70 מעלות צלזיוס לצורך קביעת תכולת הרטיבות. לאחר מכן נטחנו הפטוטרות. אבקת הפטוטרות עורבבה במים מזוקקים ביחס של 1:100. לאחר טלטול של לילה במטלטלת וסינון נקבעו כלוריד בכלורידמטר וניטראט באוטואנלייזר במכשירים שהוזכרו לעיל. ריכוז ותכולת המינרלים בחלקי הצמח השונים - בכל אחד מהמועדים בהם נדגם צמח שלם הצמח פורק לאיבריו השונים: עלים, גבעול ופירות ובעונת 2012/13 נוספו גם שורשים. כל איבר נשקל בעודו טרי ולאחר מכן נשטף ויובש ב-70 מעלות צלזיוס. החומר היבש נשקל, נטחן ונקבעו בו ריכוזי המינרלים חנקן, כלוריד, נתרן, מגניזיום, סידן וזרחן בשיטות שהוזכרו קודם. חישובים וסטטיסטיקה - בכל אחד ממועדי הפירוק שלאחר הקטיף (מועד שלישי והלאה), הערכת משקל הפירות לצמח בוצעה ע"י חלוקה של משקל הפירות שנקטף מאותה החלקה, עד אותו המועד, במספר הצמחים בחלקה. כמות המינרלים בפירות הוערכה על בסיס ריכוזי המינרלים שהתקבלו מאנליזת פירות אדומים בשני מועדי קטיף שונים. חישוב כמות המינרלים בכל איבר בוצע ע"י מכפלה של הריכוז שהתקבל באנליזה (מדוגמת אותו איבר) במשקלו היבש של האיבר. הניתוח הסטטיסטי נעשה בתוכנת (SAS Institute Inc., Cary, NC, U.S.) JMP 7.1. השפעת הטיפולים העיקריים נבחנה ב- One-way ANOVA ע"י מבחן תוכי קרמר ברמת סמך של 0.05. השפעת הגומלין נבחנה במבחן Two-way ANOVA.

תוצאות

ניסוי מיכלים עונה ראשונה

מאחר ותוצאות שני הניסויים היו דומים. תוצאות עונה ראשונה מוצגים בנספח המצורף. דיון והמסקנות יכללו גם את תוצאות העונה הראשונה.

תוצאות מיכלים עונה שנייה

השפעת הטיפולים על גידול הווגטיבי

מדדי הגידול נבחנו ב 4 מועדים שונים במהלך העונה. בשונה מעונת 2011/12, בעונה זו יישום טיפולי המליחות החל מיום השתילה. כמו כן, בעונה זו בנוסף לאברי הנוף נדגמו גם שורשי הצמחים. מאחר והמגמות שהתקבלו בכל המועדים היו דומים נבחר מועד אחת לייצג את התוצאות. בטבלה 4.2.1 מוצגים תוצאות מדדי גידול הווגטיבי עבור המועד השני שהינו 72 יום משתילה. במועד זה הצמח היה לפני התחלת קטיף פירות. הגידול הווגטיבי כפי שנמצא בכל המדדים (גובה, מספר פרקים ומשקל ח"י עלים, גבעול ונוף) הושפע מטיפולי החנקן והמליחות. משקל השורשים לא הושפע מהטיפולים באף אחד מהמועדים. מאחר ובניתוח שונות דו כיווני לא נמצאה השפעת גומלין בין הטיפולים העיקריים ניתן להתייחס לממוצעי ההשפעות העיקריות (טבלה 4.2.1). באופן כללי, עם העלייה ברמת החנקן ישנה עלייה בגובה, במשקל ח"י של העלים, הגבעול והנוף. מאידך, עם העלייה במליחות ישנה ירידה בכל המדדים. מגמות אלו היו מובהקות בכל המדדים כאשר המובהקות בין הרמה הנמוכה לגבוהה בכל טיפול עיקרי הייתה מובהקת.

עוצמת השפעת טיפולי החנקן על משקל העלים הייתה גבוהה באופן משמעותי בהשוואה להשפעתם על הגבעול. עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה מערך של 1.9 ל-3.9 ו-7.7 מילימולר גרמה לעלייה במשקל העלים בשיעור של 47.4% ו-105.1%, בהתאמה, בעוד שבמשקל הגבעול העלייה הייתה בשיעור של 8.1% ו-

27.4%, בהתאמה. בסה"כ העלייה בריכוז החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הגבירה את ייצור ח"י של הנוף בשיעור של 25.6 ו-56%, בהתאמה. עוצמת ההשפעה של טיפולי המליחות על משקל הגבעול ומשקל העלים הייתה דומה. עלייה בריכוז המליחות מ-2 ל-32 מילימולר הפחיתה את משקלי הגבעול והעלים בשיעור של 30%. בסה"כ העלייה בריכוז מליחות מי ההשקיה מהרמה הראשונה לשנייה ולשלישית הפחיתה את משקל הנוף ב-11.6 ו-29.7%, בהתאמה. מכאן, שעוצמת ההשפעה של טיפולי החנקן על הגידול הווגטיבי הייתה משמעותית יותר בהשוואה להשפעת טיפולי המליחות. השפעת טיפולי החנקן על תכולת החומר היבש בעלים הייתה נמוכה מהשפעתם על תכולת החומר היבש בגבעול. באופן כללי, עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה יש ירידה בתכולת הח"י בגבעול ובעלים. שיעור הירידה בתכולת הח"י בגבעול הייתה 27.1 לעומת 7.0% בעלים. עם עלית החנקן במי ההשקיה מריכוז של 1.9 ל-7.7 מילימולר, בהתאמה. טיפולי המליחות לא השפיעו על תכולת הח"י בגבעול אך בעלים התקבלה עלייה של 8% עם עלייה בריכוז המליחות מ-2 ל-32 מילימולר.

דינמיקה של הגידול הווגטיבי בטיפולים השונים

בכל במועדים לא נמצאה השפעת גומלין בין טיפולי המליחות והחנקן (תוצאות לא מוצגות). לאורך כל העונה קצב צבירת משקל הנוף היה מאוד דומה בשני טיפולי החנקן הגבוהים ואילו ברמת החנקן הנמוכה הקצב היה איטי יותר וכך גדל ההפרש בין טיפול זה לטיפולי החנקן הגבוהים עם התקדמות העונה. לאורך כל העונה משקל הח"י של הנוף בריכוז החנקן הגבוה היה גבוה יותר באופן מובהק ממשקל הנוף בריכוז החנקן הנמוך. פרט למועד הדיגום השני בו לא היה הבדל מובהק בין ריכוז החנקן הנמוך לבינוני, לאורך כל העונה ההבדל בין החנקן הגבוה לבינוני לא היה מובהק. ההבדלים בין טיפולי המליחות נשמרו קבועים לאורך כל העונה פרט למועד האחרון, בו גדל הפער בין טיפול המליחות הנמוך לשניים האחרים. לאורך כל העונה, משקל הנוף בטיפול המליחות הנמוכה היה גבוה באופן מובהק מטיפול המליחות הגבוהה, ואילו במועד הדיגום האחרון, נוצר הבדל מובהק גם בין טיפול המליחות הבינונית לנמוכה (תוצאות לא מוצגות).

טבלה 4.2.1. נתוני מדדים וגטיביים מניסוי 2012/13 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים

נאספו מצמחים 72 יום משתילה

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		עלים		גבעול		שורשים		נוף			
N	NaCl	משקל יבש (גרם)	תכולת ח"י (%)	משקל יבש (גרם)	תכולת ח"י (%)	משקל יבש (גרם)	תכולת ח"י (%)	משקל נוף יבש (גרם)	גובה (ס"מ)	מס פרקים	שטח עלה דיאגנוסי (סמ"ר)
1.9	2	29.5	13.1	46.9	17.3	6.7	7.3	81.1	93.0	16.0	81.4
3.9	2	43.7	12.0	47.5	14.6	8.4	6.8	100.6	105.2	17.8	83.1
7.7	2	71.5	11.4	64.9	11.9	8.1	7.0	141.4	125.4	18.6	95.5
1.9	10	27.2	12.3	41.9	16.7	8.6	7.2	72.7	90.8	15.0	78.4
3.9	10	44.5	11.8	54.5	13.4	9.0	6.6	104.1	113.4	16.8	84.1
7.7	10	53.0	11.4	51.3	12.6	7.2	7.0	108.6	106.8	18.4	98.4
1.9	32	25.4	13.2	36.1	18.0	8.2	7.1	65.3	79.6	13.6	71.5
3.9	32	33.2	12.3	33.1	13.9	5.0	6.9	70.3	84.4	16.2	79.6
7.7	32	44.1	13.0	42.9	13.4	5.6	7.2	91.7	90.4	16.0	82.0
השפעות עיקריות											
1.9		27.4 C	12.8 A	41.6 B	17.3 A	7.8 A	7.2 A	73.0 B	87.8 B	14.8 B	77.1 B
3.9		40.4 B	12.0 B	45.0 AB	13.9 B	7.4 A	6.7 A	91.7 B	101.3 A	16.9 A	82.3 B
7.7		56.2 A	11.9 B	53.0 A	12.6 B	6.9 A	7.1 A	113.9 A	107.5 A	17.6 A	91.9 A
	2	48.9 A	12.1 B	53.1 A	14.6 A	7.7 A	7.1 A	107.7 A	107.8 A	17.5 A	86.7 A
	10	40.9 AB	11.8 B	49.2 A	14.2 A	8.2 A	6.9 A	95.2 A	103.6 A	16.7 A	86.9 A
	32	34.2 B	12.8 A	37.3 B	15.1 A	6.2 A	7.1 A	75.7 B	84.8 B	15.3 B	77.7 B

NaCl*

N	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות באותה עמודה מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$

מדדי יבול ואיכותו - מדדי היבול הכמותיים הושפעו כולם מטיפולי החנקן וטיפולי המליחות (טבלה 4.2.2), למעט מס' הפירות הכולל לצמח אשר לא הושפע מטיפולי המליחות העיקריים. מאחר ולא הייתה השפעת גומלין בין הטיפולים העיקריים נתייחס להשפעתם בלבד. משקל הפירות הכולל הושפע במידה גדולה יותר מטיפולי החנקן, כאשר תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הביאה לתוספת של 38%-42%, בהתאמה. ניתן לראות כי ההבדל ביבול הכללי בין רמת החנקן הבינונית לגבוהה אינו גדול ואינו מובהק כלומר השפעת החנקן פסקה ברמה זו. עליית המליחות במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה הביאה לפחיתה ביבול של 8%-33%, בהתאמה. משקל הפירות לשיווק הושפע בצורה דומה מטיפולי המליחות ומטיפולי החנקן, תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לגבוהה הביאה לעלייה של 58% ביבול הפירות

לשיווק. טיפול המליחות הגבוה הוריד את משקל הפירות לשיווק ב-54% לעומת טיפול המליחות הנמוכה. מס' הפירות הכולל לצמח הושפע רק מטיפולי החנקן אשר הביאו לעלייה של 10% עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לגבוה. מספר הפירות לשיווק לצמח הושפע הרבה יותר מטיפולי המליחות מאשר מטיפולי החנקן, בהם רק הרמה הגבוהה נבדלה באופן מובהק מהרמה הנמוכה והעלייה במספרם הייתה של 11%. בטיפולי המליחות לעומת זאת, כל עלייה בריכוז המלח במי ההשקיה הביאה לירידה מובהקת במס' הפירות לשיווק כאשר המעבר מרמת מליחות נמוכה לבינונית וגבוהה מביאה לירידה של 11% ו-39%, בהתאמה.

טבלה 4.2.2. נתוני מדדי יבול כמותיים מניסוי 2012/13 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם סכום של כל הקטיפים לאורך הניסוי. ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		פירות כללי		פירות לשיווק	
N	NaCl	משקל פירות כולל לצמח (גרם)	מס' פירות כולל לצמח	משקל פירות לשיווק לצמח (גרם)	מס' פירות לשיווק לצמח
1.9	2	2483.6	28.9	2044.4	22.6
3.9	2	3613.6	31.9	2976.7	25.7
7.7	2	3775.8	30.6	3653.8	27.4
1.9	10	2551.3	30.1	1989.8	21.9
3.9	10	3297.8	32.7	2480.0	22.3
7.7	10	3341.5	30.6	2857.4	22.9
1.9	32	1685.3	28.2	1051.4	14.6
3.9	32	2364.2	34.2	1420.2	15.6
7.7	32	2555.7	34.5	1516.9	15.5
השפעות עיקריות					
1.9		2240.0 B	29.1 B	1695.2 A	19.7 B
3.9		3091.9 A	32.9 A	2292.3 B	21.2 AB
7.7		3183.2 A	31.9 A	2676.0 C	21.9 A
	2	3290.9 A	30.4 A	2891.6 A	25.2 A
	10	3022.4 B	31.1 A	2442.4 B	22.4 B
	32	2201.7 C	32.3 A	1329.5 C	15.2 C
NaCl*N		לי"מ	לי"מ	לי"מ	לי"מ

ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

מדדי איכות פרי - בשלושה מועדי קטיף במהלך העונה נדגמו כ-20 פירות מובחרים (הגדולים ביותר), ללא שחור פיטם, ללא עיוותים ואדומים (לחלוטין) מכל חזרה לצורך בדיקות איכות שכללו משקל פרי ממוצע, עובי דופן, משקל ומספר זרעים וכן מדדים כימיים שכללו בדיקת TSS, חמיצות וגלוקוז (תוצאות לא מוצגות). שיעור שחור הפיטם התקבלה השפעת גומלין בין הטיפולים. במליחות הנמוכה תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הגבוה הביאה לירידה של 75% בשיעור שחור פיטם. במליחות הבינונית תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הגבוה הביאה לירידה של 37% בשיעור הפירות עם שחור פיטם. במליחות הגבוהה תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הגבוה הביאה לעלייה של 13% בשיעור שחור פיטם. משקל הפרי הממוצע הושפע באופן מובהק מטיפולי החנקן ומטיפולי המליחות אך ההשפעה של טיפולי החנקן הייתה גדולה יותר, תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לעלייה של 22%-34% במשקל הפרי הממוצע ואילו עליית ריכוז המלח במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה

הביאה לירידה של 1 ו- 13%, בהתאמה. עובי הדופן הושפע רק מטיפולי החנקן כאשר תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הביאה לעלייה של 9 ו- 16%, בהתאמה. משקל הזרעים הושפע רק מטיפולי המליחות כאשר רק ריכוז המלח הגבוה נבדל באופן מובהק מהריכוז הנמוך והבינוני כשהירידה במשקל הזרעים היא של 25%. מס' הזרעים לא הושפע מהטיפולים. החמיצות (מבוטאת ביחידות של מילימולר חומצה ציטרית) עלתה עם תוספת החנקן במי ההשקיה. טיפולי החנקן מראים כי החמיצות בריכוז החנקן הגבוה הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר בריכוז נמוך, אותה השפעה נצפתה גם בטיפולי המליחות. ערך ה-TSS עלה עם תוספת המליחות למי ההשקיה ב-8 ו-20% עם העלייה מהמליחות הנמוכה לבינונית והגבוהה, בהתאמה. ריכוז הגלוקוז לא הושפע מטיפולי החנקן העיקריים והושפע מטיפולי המליחות העיקריים. במליחות הגבוהה ריכוז הגלוקוז היה גבוה באופן מובהק מריכוז הגלוקוז ברמת המליחות הנמוכה והתוספת הינה של 19%.

ריכוז מינרלים והתפלגותם בצמח - כיוון שהיפותזת המחקר התייחסה לתחרות בין ניטרט לכלוריד, נתמקד במינרלים אלו. תוצאות שאר המינרלים שנבדקו לא יופיעו ויוזכרו בדיון. בטבלה מספר 4.2.3 מוצגים ריכוזי הכלור והחנקן בעלים הדיאגנוסטיים במועד 72 ו-139 ימים משתילה, מועד 72 נבחר משום שבמועד זה טרם החל קטיף הפירות, ו-139 נבחר משום שזהו הדיגום האחרון. עם עליית ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה עלה ריכוז החנקן בעלים. בדיגום שנעשה 72 יום משתילה. העלייה הייתה מובהקת ב-37% ו-60% מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה, בהתאמה. ריכוז החנקן לא הושפע מעליית המליחות בתמיסת ההשקיה. ריכוז הכלוריד בעלים הדיאגנוסטיים 72 יום משתילה עלה בצורה מובהקת עם עליית המליחות בתמיסת ההשקיה כאשר בין הריכוז הגבוה לנמוך ישנה עלייה של 350% בריכוז הכלוריד. עם עליית ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה התקבלה ירידה משמעותית ומובהקת בריכוז הכלוריד בין טיפולי החנקן הנמוך לגבוה בשיעור של 53%. ריכוז הכלורופיל בעלים הגיב באופן דומה בכל מועדי הדיגום. ריכוז הכלורופיל עלה עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה וירד עם העלייה במליחות. ריכוז הכלורופיל בעלים הושפע באופן חזק יותר מטיפולי החנקן מאשר טיפולי המליחות. במועד דיגום שנעשה 72 יום משתילה, תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הביאה לעלייה של 14% ו-24%, בהתאמה. לעומת זאת, עלייה בריכוז המלח במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 1% ו-6%, בהתאמה.

טבלה 4.2.3: תוצאות ריכוזי N, Cl וריכוז כלורופיל בעלים הדיאגנוסטיים מניסוי 2012/13 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם משני מועדי דיגום

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		72 יום משתילה			139 יום משתילה		
N	NaCl	N (%)	Cl (%)	קריאת ריכוז כלורופיל	N (%)	Cl (%)	קריאת ריכוז כלורופיל
1.9	1.6	2.6	0.6	45.4	3.9	0.4	62.0
3.9	1.6	3.5	0.6	52.0	4.6	0.3	67.2
7.7	1.6	4.4	0.2	58.6	5.0	0.2	68.3
1.9	9.7	2.7	1.3	46.4	3.9	1.2	63.1
3.9	9.7	3.6	1.1	53.1	4.6	1.0	70.3
7.7	9.7	4.3	0.7	58.0	4.6	0.4	69.4
1.9	32.1	2.8	2.5	49.4	3.9	2.1	67.5
3.9	32.1	3.9	1.7	56.4	4.6	1.2	76.0
7.7	32.1	4.4	1.3	59.1	4.5	1.0	75.8
השפעות עיקריות							
1.9		2.7 C	1.5 A	47.1 A	3.9 B	1.2 A	64.2 B
3.9		3.7 B	1.1 B	53.8 B	4.6 A	0.8 B	71.2 A
7.7		4.3 A	0.7 C	58.6 C	4.7 A	0.5 C	71.2 A
	2	3.5 A	0.4 C	52.0 B	4.5 A	0.3 C	65.8 B
	10	3.5 A	1.0 B	52.5 B	4.3 A	0.8 B	67.6 B
	32	3.7 A	1.8 A	54.9 A	4.4 A	1.4 A	73.1 A
NaCl*N		ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

ריכוז המינרלים בפטוטרות - ריכוז הניטרט והכלוריד בפטוטרות נמדד 4 פעמים במהלך עונת 2012/13. בכל דיגום נלקחו 6 פטוטרות לחזרה. המגמות חזרו על עצמן בכל ארבעת המועדים ולכן מוצגות תוצאות של המועד השני (80 ימים משתילה), במועד זה טרם החל קטיף הפירות. ריכוז הכלוריד בפטוטרות בכל הטיפולים היה בטווח שבין 10 ל-130 מילימולר. תחום הריכוזים של הניטרט היה בין 0.1 ל-75 מילימולר. עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לבינוני ולגבוה גרמה לירידה של 11 ו-50% בריכוז הכלוריד בפטוטרות, בהתאמה. טיפולי המליחות העלו את ריכוזי הכלוריד בפטוטרת ב-123 ו-197% עם העלייה מרמת המליחות הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה (טבלה 4.2.4). בריכוז הניטרט נצפתה השפעת גומלין בין הטיפולים. בעוד ברמות החנקן הנמוכה והבינונית, העלאת המליחות לא השפיעה על ריכוז הניטרט, בריכוז החנקן הגבוה, העלאת המליחות במי ההשקיה גרמה לירידה בריכוז הניטרט בפטוטרות, ירידה של 27 ו-38% עם העלייה מרמת המליחות הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה.

טבלה 4.2.4 תוצאות ריכוזי חנקן חנקתי וכלוריד בפטטרות מניסוי 2012/13 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. פטטרות נדגמו 80 יום משתילה.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז בפטטרות (מילימולר)	
N	NaCl	Cl	N-NO ₃
1.9	2	58.2	0.1
3.9	2	55.9	11.0
7.7	2	10.2	75.2
1.9	10	125.9	0.1
3.9	10	104.4	9.5
7.7	10	54.4	54.8
1.9	32	146.0	0.5
3.9	32	128.3	27.3
7.7	32	95.6	46.4
השפעות עיקריות			
1.9		108.8 A	0.2
3.9		96.1 B	15.9
7.7		53.4 C	58.8
	2	41.4 C	28.8
	10	92.6 B	23.0
	32	123.3 A	24.7
NaCl*N		ל"מ	P=0.0185

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

ריכוז ותכולת המינרלים בחלקי הצמח השונים - צמחים שלמים נדגמו בארבעה מועדים שונים לאורך הניסוי וכאן מובאים נתוני הפירוק ממועד 72 ימים משתילה, כיוון שבתאריך זה טרם החל קטיף הפירות והצמחים נשאו יבול. בשאר המועדים נצפו מגמות דומות מאוד לאלו המוצגות כאן. בטבלאות 4.2.5 ו-5.2.6 מוצג הריכוז והתכולה של כלוריד וחנקן בחלקי הצמח השונים. מאחר ובניתוח דו כיווני לא נמצאה השפעת גומלין של הטיפולים נתייחס רק להשפעות הטיפולים העיקריים. טיפולי המליחות לא השפיעו על ריכוז החנקן באף אחד מאיברי הצמח. טיפולי החנקן השפיעו באופן מובהק על ריכוזי החנקן בכל איברי הצמח והעלייה הייתה מובהקת עם כל תוספת של חנקן למי ההשקיה. ריכוז החנקן באברי הצמח הושפע מהטיפולים ומחלקי הצמח השונים. ריכוז החנקן בעלים בכל הטיפולים היה בין 2.5 ל-4.3%, בגבעול בין 0.8 ל-2.7%, בשורש בין 1.6 ל-2.5% ובפרי בין 1.7 ל-2.4% (טבלה 4.2.5). בעלים, עם עליית החנקן במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה עלה ריכוז החנקן ב-30 ו-61%, בהתאמה. בגבעול, עם עליית החנקן מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוהה התקבלה עלייה של 77 ו-177%, בהתאמה. בפירות, 1.7 ל-2.4%, ועליית החנקן מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוהה הביא לעלייה של 24 ו-45%, בהתאמה, ובשורשים, עליית החנקן מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוהה הביא לעלייה של 18 ו-47%, בהתאמה. מכאן, שהעלייה המשמעותית ביותר נצפתה בגבעול. תכולת החנקן באיברי הצמח השונים הושפעה מריכוז החנקן במי ההשקיה מהאיבר הנבדק, טיפולי המליחות השפיעו על תכולת החנקן רק בעלים ובגבעול.

תכולת החנקן בעלים בכל הטיפולים הייתה בתחום שבין 687 ל-3082 מ"ג, בגבעול בתחום שבין 321 ל-1765 מ"ג, בשורש בתחום שבין 106 ל-200 מ"ג ובפרי בין 1368 ל-1800 מ"ג. תכולת החנקן בעלים עלתה עם

עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה, עם עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה עלתה תכולת החנקן ב-88 ו-230%, בהתאמה. תכולת החנקן הכוללת בצמח עלתה בצורה מובהקת עם כל תוספת של חנקן למי ההשקיה כאשר עם העלייה מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה עלתה תכולת החנקן ב-58 ו-119%, בהתאמה. תכולת החנקן הכוללת בצמח ירדה בצורה מובהקת עם עליית מליחות מי ההשקיה כאשר עם העלייה מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה ירדה תכולת החנקן ב-3 ו-27%, בהתאמה (טבלה 4.2.5).

ריכוז הכלוריד באברי הצמח הושפע מהטיפולים ומחלקי הצמח השונים. ריכוז הכלוריד בעלים בכל הטיפולים היה בין 0.2 ל-3.1%, בגבעול בין 0.5 ל-4.8%, בשורש בין 0.4 ל-1.7% ובפרי בין 0.1 ל-0.6% (טבלה 5.5.4). ריכוז הכלוריד בכל איברי הצמח ירד עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה (טבלה 4.2.6).

בעלים, עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הורידה את ריכוז הכלוריד ב-15 ו-55%, בהתאמה. בגבעול ירד ריכוז הכלוריד ב-20 ו-47% עם עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה. לעומת העלים והגבעול בהם עם כל עלייה בריכוז החנקן הייתה ירידה מובהקת בריכוז הכלוריד, בשורש רק טיפול החנקן הנמוך נבדל מהגבוה וההבדל ביניהם היה של 27%. ריכוז הכלוריד בכל איברי הצמח עלה בצורה מובהקת עם כל עלייה בריכוז הכלוריד במי ההשקיה פרט לשורשים בהם ההבדל המובהק היה רק בין המליחות הנמוכה לבינונית והגבוהה. בעלים עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 100% ו-114% בריכוז הכלוריד, בהתאמה. בגבעול עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה בריכוז הכלוריד, בהתאמה. בשורשים עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 77% בריכוז הכלוריד. בפרי עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה בריכוז הכלוריד של 50% ו-100%, בהתאמה. תכולת הכלוריד בעלים בכל הטיפולים הייתה בתחום שבין 145 ל-894 מ"ג, בגבעול בתחום שבין 313 ל-1731 מ"ג, בשורש בתחום שבין 31 ל-149 מ"ג ובפרי בין 82 ל-359 מ"ג. בעלים נראתה עלייה מובהקת בתכולת הכלוריד עם כל עלייה במליחות מי ההשקיה, כאשר עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 133% ו-221% בתכולת הכלוריד, בהתאמה. סה"כ תכולת הכלוריד בצמח הייתה גבוהה יותר בצורה מובהקת בטיפולי המליחות הבינונית והגבוהה לעומת המליחות הנמוכה. עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה בתכולת כלל הכלוריד בצמח של 90% ו-116%, בהתאמה.

טבלה 4.2.5. ריכוז ותכולה של חנקן באיברי הצמח השונים כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים ממועד 72 ימים משתילה.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז באיברים השונים (%)				תכולה באיברים השונים וסה"כ בצמח (מ"ג)				
N	NaCl	עלים	גבעול	שורש	פרי	עלים	גבעול	שורש	פרי	סה"כ
1.9	2	2.5	0.8	1.6	1.7	748	402	106	1466	2723
3.9	2	3.3	1.6	1.9	2.2	1257	772	156	2042	4228
7.7	2	4.3	2.7	2.5	2.5	3082	1765	200	1911	6958
1.9	10	2.7	0.9	1.8	1.7	746	381	156	1611	2895
3.9	10	3.5	1.7	2.0	2.3	1684	909	178	2186	4958
7.7	10	4.3	2.4	2.5	2.4	2303	1268	184	1886	5643
1.9	32	2.7	0.9	1.6	1.7	687	321	132	1119	2259
3.9	32	3.5	1.6	2.1	2.2	1183	535	104	1435	3258
7.7	32	4.1	2.2	2.4	2.4	1822	958	129	1773	4683
השפעות עיקריות										
1.9		2.6 C	0.9 C	1.7 C	1.7 A	727 C	368 C	131 A	1398 A	2626 C
3.9		3.4 B	1.6 B	2.0 B	2.2 B	1375 B	739 B	146 A	1887 A	4148 B
7.7		4.2 A	2.5 A	2.5 A	2.4 C	2402 A	1330 A	171 A	1856 A	5761 A
	2	3.4 A	1.7 A	2.0 A	2.1 A	1696 A	980 A	154 A	1806 A	4637 A
	10	3.5 A	1.7 A	2.1 A	2.1 A	1578 AB	853 A	173 A	1894 A	4498 A
	32	3.4 A	1.6 A	2.0 A	2.1 A	1230 B	604 B	122 A	1442 A	3400 B
NaCl*N		ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.2.6. ריכוז ותכולה של כלוריד באיברי הצמח השונים מניסוי 2012/13 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממועד דיגום אחד.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז באיברים השונים (%)				תכולה באיברים השונים וסה"כ בצמח (מ"ג)				
N	NaCl	עלים	גבעול	שורש	פרי	עלים	גבעול	שורש	פרי	סה"כ
1.9	2	1.0	2.2	1.1	0.3	282	1051	74	214	1622
3.9	2	0.8	1.7	1.0	0.2	310	811	82	193	1397
7.7	2	0.2	0.5	0.4	0.1	145	313	31	82	573
1.9	10	1.9	3.3	1.7	0.4	508	1401	149	337	2395
3.9	10	1.6	2.8	1.5	0.3	766	1537	131	294	2728
7.7	10	0.9	1.9	1.3	0.2	451	971	98	189	1711
1.9	32	3.1	4.8	1.7	0.6	796	1731	137	359	3024
3.9	32	2.8	3.7	1.7	0.4	894	1224	83	253	2456
7.7	32	1.6	3.1	1.5	0.3	681	1287	82	245	2296
השפעות עיקריות										
1.9		2.0 A	3.4 A	1.5 A	0.4 A	528 A	1394 A	120 A	303 A	2347 A
3.9		1.7 B	2.7 B	1.4 A	0.3 B	656 A	1191 A	99 AB	246 AB	2194 A
7.7		0.9 C	1.8 C	1.1 B	0.2 C	426 A	857 B	70 B	172 B	1526 B
	2	0.7 C	1.5 C	0.9 B	0.2 C	246 C	725 B	62 B	163 B	1197 B
	10	1.4 B	2.7 B	1.5 A	0.3 B	575 B	1303 A	126 A	273 A	2278 A
	32	2.5 A	3.9 A	1.6 A	0.4 A	790 A	1414 A	101 A	285 A	2592 A
NaCl*N		ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ	ל"מ

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות זו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

תוצאות ניסוי קרקע

השפעת הטיפולים על גידול הווגטיבי - מדדי הגידול נבחנו ב 2 מועדים שונים במהלך העונה. מאחר והמגמות שהתקבלו בשני המועדים היו דומים נבחר מועד בסיום העונה לייצג את התוצאות (טבלה 4.3.1). משקל החי"י של חלקי הצמח השונים לא הושפע באופן מובהק מיחסי הגומלין חנקן מליחות ולכן נתייחס לגורמים העיקריים בלבד. טיפולי החנקן לא השפיעו באופן מובהק על משקל חלקי הצמח אם כי ניתן לראות שעם העלייה במליחות ישנה מגמה של עלייה במשקל העלים והגבעול. תכולת החי"י בעלים ובגבעול ירדה עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה כאשר הבדל מובהק התקבל רק בין רמת החנקן הנמוכה לשתיים האחרות. באופן כללי עם העלייה במליחות מי ההשקיה ישנה ירידה במשקל של חלקי הצמח.

שיעור משמעותי בפחיתה התקבל עבור השורשים והגבעול אם כי הבדל מובהק התקבל רק עבור הגבעול. מליחות העלתה באופן משמעותי את תכולת ח"י בעלים מבלי להשפיע על שורשים והגבעול.

טבלה 4.3.1. נתוני מדדים וגטטיביים מניסוי קרקע כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים נאספו מצמחים 243 יום משתילה.

N	EC	עלים		גבעול		שורש	
		משקל יבש (גרם)	תכולת חומר יבש (%)	משקל יבש (גרם)	תכולת חומר יבש (%)	משקל יבש (גרם)	תכולת חומר יבש (%)
50	0.7	86.2	10.2	132.5	17.3	23.2	13.8
100	0.7	78.8	6.5	150.1	14.9	8.7	10.8
150	0.7	80.5	5.8	170.5	15.4	13.5	10.2
50	2.5	82.8	10.7	131.1	18.1	16.6	11.6
100	2.5	81.6	8.2	122.9	15.1	6.8	9.6
150	2.5	83.5	7.0	141.0	16.7	9.4	11.8
50	4	66.0	11.7	81.1	15.7	6.6	9.5
100	4	82.9	11.7	87.0	14.2	6.7	10.5
150	4	78.3	10.6	83.1	14.2	11.1	17.6
N	50	78.3 A	10.8 A	114.9 A	17.0 A	15.4 A	11.6 A
	100	81.1 A	8.8 B	120.3 A	14.7 B	7.4 A	10.3 A
	150	80.7 A	7.8 B	131.5 A	15.4 B	11.3 A	13.2 A
EC	0.7	81.8 A	7.5 B	151.0 A	15.8 A	15.1 A	11.6 A
	2.5	82.6 A	8.6 B	131.7 A	16.6 A	10.9 A	11.0 A
	4	75.7 A	11.3 A	83.7 B	14.7 A	8.1 A	12.5 A
N*EC		אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מארבע חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות באותה עמודה מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

השפעת הטיפולים על מדדי היבול – משקל הפירות הכללי, משקל ליצוא, מספרם ומשקל פרי ממוצע הושפעו מהטיפולים העיקריים ולא מיחסי הגומלין (טבלה 4.3.2). עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה השפיעה על כל המדדים. באופן כללי, עם עלייה בריכוז החנקן מתקבלת עלייה במשקל הפירות הכללי אם כי העלייה המשמעותית והמובהקת ביבול הינה בין טיפול החנקן הנמוך לבינוני (13.7%) ולאחר מכן העלייה מהטיפול הבינוני לגבוה העלייה הינה מתונה ולא מובהקת (4.6%). השפעת טיפולי החנקן על היבול ליצוא הייתה במגמה דומה לזאת של היבול הכללי כאשר שיעור הפירות ליצוא מכלל הפירות היה כ-85% ללא השפעה לטיפולים. העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה העלתה את מספר הפירות ומשקל פרי ממוצע. העלייה המשמעותית והמובהקת במספר הפירות הייתה בין הטיפול הגבוה לנמוך (13.7%) והעלייה המשמעותית והמובהקת במשקל פרי ממוצע הייתה ביו הרמה הנמוכה לבינונית (9%). השפעת המליות על מדדי היבול היו בעוצמה רבה יותר מהשפעת טיפולי החנקן. ככלל עם העלייה במליחות חלה פחיתה במשקל הפירות הכללי והפירות ליצוא כתוצאה הן ממספר הפירות והן ממשקל הפרי.

ריכוז מינרלים והתפלגותם בצמח – הריכוזים והתכולה של חנקן וכלוריד באברי הצמח השונים בטיפולים השונים מוצגים בטבלאות 4.3.3 ו-4.3.4. בכל הפרמטרים שמוצגים יחסי גומלין בין הטיפולים העיקריים

לא היה מובהק ולכן נתייחס להשפעות העיקריות בלבד. באופן כללי עם עליית ריכוז החנקן התקבלה עלייה בריכוז החנקן בכל איבר. העלייה הינה בין הריכוז הנמוך לבינוני והגבוה. הבדל מובהק התקבל בעלים ובגבעול בלבד. ככלל תכולת החנקן בכל איבר התנהגה במגמה דומה לריכוז. העלייה במליחות לא השפיעה במובהק על ריכוז החנקן באיברים השונים אם כי באופן עקבי בכל איבר ריכוז החנקן בטיפול הגבוה היה גבוה בהשוואה לטיפול החנקן הנמוך. ככלל תכולת החנקן בהשפעת המליחות בכל איבר התנהגה במגמה דומה לריכוז (טבלה 4.3.3). העלאת המליחות והחנקן במי ההשקיה השפיעו על ריכוז הכלוריד באיברים השונים. ככלל עם העלייה במליחות יש עלייה בריכוז הכלוריד באברים השונים אך עלייה בחנקן מפחיתה את ריכוז הכלוריד. ההשפעה הינה בעוצמה גבוהה יותר בעלים, בגבעול ובשורשים בהשוואה לפרי. תכולת הכלוריד בחלקי הצמח לא הושפעה מהטיפולים (טבלה 4.3.4).

ריכוז חנקן וכלוריד בעלים דיאגנוסטיים בארבעה מועדים לאורך העונה מוצג בטבלה 4.3.5. ריכוז החנקן בעלים הלך ופחת במהלך העונה בממוצע מערך של 4.9, ל-4.05, 3.58 ו-3.40%. ריכוז הכלוריד אינו קבוע במהלך העונה בתחילה הממוצע לכל הטיפולים פוחת מערך של 0.97, ל-0.81 ו-0.84 ובתום העונה הערך עולה ל-1.30%.

טבלה 4.3.2. נתוני מדדי יבול ליצוא מניסוי קרקע כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם סכום של כל הקטיפים במשך הניסוי.

חנקן	EC	משקל פירות	משקל פירות	מס' אלפי פירות	משקל פרי ממוצע (ג)
		כולל (טון)	יצוא (טון)		
50	0.7	11.6	10.1	48.3	244
100	0.7	12.8	10.5	48.7	259
150	0.7	13.7	11.3	54.1	242
50	2.5	9.7	8.5	44.0	219
100	2.5	11.1	9.8	48.8	239
150	2.5	11.7	10.0	50.3	239
50	4	7.2	6.1	34.8	206
100	4	8.5	7.4	37.5	231
150	4	8.6	7.4	39.9	215
N	50	9.5 B	8.2 B	42.3 B	223 B
	100	10.8 A	9.2 A	45 AB	243 A
	150	11.3 A	9.5 A	48.1 A	232 AB
EC	0.7	12.7 A	10.6 A	50.3 A	248.3 A
	2.5	10.8 B	9.4 B	47.7 A	232.3 B
	4	8.1 C	6.9 C	37.4 B	217.3 C
N*EC		אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מארבע חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.3.3. ריכוז ותכולה של חנקן באיברי הצמח השונים מניסוי הקרקע כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממועד 243 ימים משתילה.

N	EC	ריכוז N (% בעלים)	ריכוז N בגבעול (%)	ריכוז N בשורש (%)	ריכוז N בפרי (%)	תכולת N (גרם בעלים)	תכולת N בגבעול (גרם)	תכולת N בשורש (גרם)	תכולת N בפרי (גרם)	תכולת N בצמח (גרם)
50	0.7	3.0	1.3	1.2	2.1	2.5	1.7	0.2	6.9	11.3
100	0.7	3.6	1.9	1.5	2.1	2.9	2.8	0.1	8.0	13.8
150	0.7	3.6	1.9	1.7	1.9	2.9	3.2	0.2	7.8	14.1
50	2.5	2.9	1.2	1.2	2.1	2.4	1.6	0.2	6.7	10.8
100	2.5	3.5	1.8	1.7	2.0	2.9	2.2	0.1	6.3	11.5
150	2.5	3.4	1.6	1.4	2.2	2.8	2.3	0.1	7.0	12.2
50	4	3.1	1.4	1.5	1.8	2.0	1.1	0.1	4.9	8.1
100	4	3.5	1.8	1.5	2.0	2.9	1.5	0.1	5.7	10.3
150	4	3.5	1.7	1.3	1.9	2.8	1.4	0.1	4.7	9.0
N	50	2.9 B	1.3 B	1.3 A	1.9 A	2.3 B	1.4 B	0.15 A	6.1 A	10.1 B
	100	3.5 A	1.8 A	1.5 A	2.0 A	2.8 A	2.1 A	0.11 A	6.6 A	11.8 A
	150	3.4 A	1.7 A	1.4 A	2.0 A	2.8 A	2.3 A	0.15 A	6.5 A	11.7 A
EC	0.7	3.4 A	1.7 A	1.5 A	2.0 A	2.7 A	2.5 A	0.16 A	7.5 A	13.0 A
	2.5	3.2 A	1.5 A	1.4 A	2.1 A	2.6 A	2.0 B	0.14 A	6.6 A	11.5 B
	4	3.3 A	1.6 A	1.4 A	1.9 A	2.5 A	1.3 C	0.10 A	5.1 B	9.1 C
N*EC		אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.3.4. ריכוז ותכולה של כלוריד באיברי הצמח השונים מניסוי הקרקע כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממועד 243 ימים משתילה.

N	EC	ריכוז Cl (% בעלים)	ריכוז Cl בגבעול (%)	ריכוז Cl בשורש (%)	ריכוז Cl בפרי (%)	תכולת Cl (גרם בעלים)	תכולת Cl בגבעול (גרם)	תכולת Cl בשורש (גרם)	תכולת Cl בפרי (גרם)	תכולת Cl בצמח (גרם)
50	0.7	2.3	2.1	1.0	0.4	2.0	2.7	0.1	1.4	6.3
100	0.7	1.2	1.7	0.7	0.3	1.0	2.5	0.1	1.2	4.8
150	0.7	1.1	1.4	0.6	0.3	0.9	2.3	0.1	1.0	4.3
50	2.5	2.4	2.2	1.1	0.4	2.0	2.8	0.2	1.2	10.8
100	2.5	1.5	1.9	0.8	0.3	1.2	2.2	0.1	0.9	11.5
150	2.5	1.4	1.5	0.8	0.3	1.1	2.1	0.1	1.0	12.2
50	4	3.0	3.0	1.5	0.4	2.0	2.4	0.1	1.0	5.4
100	4	2.3	2.9	1.0	0.5	2.0	2.5	0.1	1.3	5.8
150	4	2.3	3.0	1.1	0.4	1.8	2.5	0.1	1.0	5.4
N	50	2.5 A	2.4 A	1.2 A	0.4 A	1.9 A	2.6 A	0.11 A	1.2 A	5.9 A
	100	1.6 B	2.1 AB	0.8 B	0.3 A	1.3 B	2.4 A	0.05 B	1.1 A	4.9 B
	150	1.5 B	1.9 B	0.8 B	0.3 A	1.2 B	2.3 A	0.08 B	1.0 A	4.6 B
EC	0.7	1.5 B	1.7 B	0.7 B	0.3 B	1.3 B	2.5 A	0.08 A	1.2 A	5.1 A
	2.5	1.7 B	1.8 B	0.8 B	0.3 B	1.4 B	2.3 A	0.09 A	1.0 A	4.9 A
	4	2.5 A	2.9 A	1.2 A	0.4 A	1.9 A	2.4 A	0.09 A	1.1 A	5.5 A
N*EC	N*EC	אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.3.5. ריכוזי חנקן וכלוריד בעלים דיאגנוסטיים במועדים שונים (ימים משתילה) מניסוי הקרקע כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה.

N	EC	69		102		131		189	
		N	CI	N	CI	N	CI	N	CI
50	0.7	4.40	1.33	3.80	1.03	2.96	1.30	2.99	1.83
100	0.7	5.16	0.68	4.03	0.65	3.85	0.68	3.48	0.91
150	0.7	5.46	0.42	4.38	0.51	3.76	0.58	3.62	0.79
50	2.5	4.16	1.53	3.80	0.95	3.34	0.90	2.98	1.53
100	2.5	4.92	0.63	4.09	0.62	3.54	0.68	3.59	0.99
150	2.5	5.23	0.52	4.24	0.68	3.99	0.59	3.57	0.82
50	4	4.57	1.51	3.85	1.01	3.35	0.98	3.16	2.03
100	4	5.12	1.07	4.08	0.92	3.68	0.95	3.55	1.43
150	4	5.04	0.99	4.19	0.89	3.74	0.91	3.70	1.39
N	50	4.37 B	1.46	3.81 B	0.99 A	3.21 B	1.05 A	3.04 B	1.79 A
	100	5.06 A	0.79	4.06 AB	0.72 B	3.68 B	0.76 B	3.54 A	1.10 B
	150	5.24 A	0.64	4.26 A	0.69 B	3.83 A	0.69 B	3.62 A	0.99 B
EC	0.7	5.01 A	0.81	4.07 A	0.73 B	3.52 A	0.85 A	3.36 A	1.17 B
	2.5	4.77 A	0.90	4.04 A	0.74 B	3.62 A	0.71 A	3.37 A	1.11 B
	4	4.91 A	1.19	4.04 A	0.93 A	3.59 A	0.94 A	3.47 A	1.61 A
N*EC		א"ן	א"ן	א"ן	א"ן	א"ן	א"ן	א"ן	א"ן

ממוצעי הטיפול הנתקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

דיון

פלפל הינו אחד מהגידולים העיקריים באזור הנגב והערבה. במרבית השטחים, השקית הפלפל הינה במים בעלי ריכוז מלחים גבוה. בערבה התיכונה ההשקיה במים המליחים הנשאבים ממי התהום ובנגב המערבי ההשקיה במי שפד"ן. עם העלייה במצוקת המים והירידה באיכות המים המליחים יש כוונה להתפיל את המים המליחים שבערבה. כמו כן, בנגב המערבי מסופקים כיום מים מותפלים ממתקן ההתפלה שבאשקלון. המחקר התבסס על שני ניסויים שהתקיימו במרכז גילת וניסוי שדה שהתקיים בתחנת יאיר בערבה התיכונה. צמחי פלפל גודלו במשטרי דישון חנקני ומליחות שונים. בניסוי מיכלים הצמחים גודלו במהלך הקיץ בשתי שנים עוקבות ובניסוי שהתקיים בקרקע בתקופת הגידול המקובלת בערבה.

יצור החומר היבש בנוף עלה עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה, את עיקר העלייה תרמו העלים, שמשקלם הושפע באופן חזק יותר ממשקל הגבעול (67% בעלים לעומת 19% בגבעול עם העלייה מהרמה הנמוכה לגבוהה, גידול במיכלים עונה ראשונה). בניסויי הזנה בפלפל (Bar Tal, 2001a), התקבלה עלייה במשקל החומר היבש בנוף בתחום הריכוזים של 0-9 מילימולר חנקן בתמיסה, ולאחר מכן החלה ירידה שהוסברה בכך שריכוז האמון עלה. בסקירתו של Bar Yosef (1999), התקבלה תגובה בפלפל מזן מאור עד ריכוז של 7.1 מילימולר חנקן בתמיסת ההשקיה. בעבודתם של Yasuor et al. (2013) נצפתה תגובה של משקל הנוף לחנקן גם מעבר לריכוזים אלו ומשקל הנוף המירבי התקבל בריכוז של 11.3 מילימולר חנקן. את העלייה במשקל הנוף בתגובה לחנקן ניתן ליחס לעלייה ביצור הכלורופיל (Bar Tal, 2001a). למרות שלא נצפתה השפעת גומלין בין טיפולי המליחות לחנקן בהשפעתם על משקל הנוף, ניתן לומר כי השפעתו החיובית של החנקן על משקל הנוף לא הייתה אחידה ברמות המליחות השונות. בניסוי המיכלים השני, העלייה מרמת החנקן הנמוכה לגבוהה הביאה לעלייה של 74% במשקל הנוף ואילו במליחות הבינונית

והגבוהה, אותה עלייה בחנקן הביאה לעלייה של 50 ו-40%, בהתאמה. בניסוי המיכלים השני לא נצפתה אותה מגמה, ואת ההבדל הזה ניתן לייחס להבדלים בתנאי הגידול.

הגידול הווגטטיבי עוכב ע"י העלייה במליחות, עיכוב זה הוא ככל הנראה תוצאה של שני גורמים השפעה האוסמוטית והשפעת היון הייחודי. ההשפעה האוסמוטית נובעת מהשינוי בפוטנציאל המים, גורמת לירידה בלחץ הטורגור בתאים וכך פוגעת בנפח התאים ובהתארכותם (Munns *et al.*, 2000). לחץ הטורגור לא נמדד בעבודה זו, אך תכולת הח"י בעלים עלתה עם העלייה במליחות. מעבר להשפעה האוסמוטית, ישנה השפעה של רעילות היונים על תפקוד הצמח אשר מתבטאת בירידה ביכולת הפוטוסינתטית, (Bethke & Drew, 1992) ופגיעה בפעילות האנזימטית בתאים (Marschner, 2012), בעקבות עליית ריכוזי הכלוריד בתאים. בעבודה הנוכחית ריכוז הכלוריד בעלים עלה ככל שעלתה המליחות במי ההשקיה. מאחר והמליחות הושגה ע"י תוספת נתרן כלורי יכולה הייתה להיות השפעה ליון הייחודי גם מהצטברות נתרן בצמח שיכול להיות רעיל. לפלפלו הינו צמח שאינו צובר כמויות גבוהות של נתרן בנוף ולכן סביר להניח שהכלוריד יכול לגרום לרעילות יותר מהנתרן.

בעבודה שהציגו Chartzoulakis & Klapaki (2000) דווח כי הירידה במשקל הנוף בצמחי פלפל משני זנים שונים החלה רק מריכוז נתרן כלורי של 25 מילימולר, בעבודה הנוכחית, בניסוי המיכלים החלה ירידה במשקל הנוף כבר עם העלייה מריכוז של 2 ל-10 מילימולר (אינה מובהקת סטטיסטית), והעלייה ל-32 מילימולר נתרן כלורי הביאה לירידה מובהקת במשקל הנוף. מעבר להבדלים בין הזנים שיכולים להגיב שונה כפי שדווח בספרות, גם לתנאי האקלים במשך עונת הגידול יכולה להיות השפעה על תגובת הצמח למליחות. בעבודה הנוכחית הטמפ' הממוצעת המירבית היומית בניסוי המיכלים הייתה כ-40 מעלות צלזיוס לעומת כ-33 מעלות צלזיוס בעבודתם של Chartzoulakis & Klapaki (2000). יתכן שבשל הבדלי הטמפ', כמות המים שאידו הצמחים הייתה גדולה יותר, מה שהביא להצטברות מלחים גדולה יותר בעבודה הנוכחית ולכן השפעת המליחות באה לידי ביטוי כבר בריכוז נמוך יותר. ממצאי עבודה הנוכחית בכל הקשור להשפעת החנקן והמליחות על הגידול הווגטטיבי של הצמחים תואמים את הדיווח בספרות. אם ישנם הבדלים בטווח הריכוזים בהם מתרחשות התופעות הנ"ל, הם כנראה כתוצאה מהבדלים בממשק הגידול, תנאי האקלים או הזנים.

משקל היבול הכללי עלה עם תוספת החנקן במי ההשקיה וירד עם עליית המליחות. בניסוי המיכלים השני לדוגמא, עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לתוספת יבול של 38% ו-42%, בהתאמה, ניתן לראות כי השפעתו החיובית של החנקן פחתה כשעלה ריכוז החנקן מהרמה הבינונית לגבוהה. מס' הפירות עלה עם עליית ריכוז החנקן לריכוז הבינוני ולא עלה עם העלייה לריכוז החנקן הגבוה בכל הניסויים. ממצאים אלו דומים מאוד לאלו שדווחו בעבודתו של Bar Tal (2001b), בה דווח כי משקל היבול הכללי של צמחי הפלפל עלה עם עליית החנקן עד ריכוז של כ-9 מילימולר חנקן במי ההשקיה, מעבר לריכוז זה נצפתה ירידה ביבול. גם בעבודתם של Yasuor *et al.* (2013) דווח על עלייה במשקל היבול הכללי ומס' הפירות עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה רק עד לריכוז של 4 מילימולר. את הפסקת התרומה החיובית של החנקן ליבול ניתן ליחס להפניית המוטמעים לגידול הווגטטיבי. הן בעבודה הנוכחית והן בעבודתם של Yasuor *et al.* (2013) עם כל תוספת של חנקן למי ההשקיה עולה משקל הנוף. השפעתו החיובית של החנקן על היבול לשיווק הייתה קטנה יותר ככל שעלתה רמת המליחות. בניסוי המיכלים הראשון למשל, ברמת המליחות הנמוכה, תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לגבוהה הביאה לעלייה של 39% בעוד במליחות הגבוהה, אותה תוספת חנקן הביאה לעלייה של 1% בלבד.

בניסוי המיכלים המליחות הורידה את היבול הכללי אך לא השפיעה על מס' הפירות ואילו בניסוי הקרקע המליחות השפיעה על מספר הפירות בעיקר ברמה הגבוהה ביותר. תוצאה זאת מתאימה לעבודתם

של Navaro *et al.* (2010) שבה דווח כי עליית המליחות לריכוזים של 15 ו-30 מילימולר הורידה את משקל היבול הכללי, אך ירידה זו נבעה הן מירידה במשקל הפרי הממוצע ובמס' הפירות. בעבודתם של Chartzoulakis & Klapaki (2000) לא דווח על ירידה במס' הפירות בריכוזי נתרן כלורי עד 25 מילימולר, ורק בריכוז של 50 מילימולר נצפתה ירידה במס' הפירות לצמח. בהתבסס על נתונים אלו, ניתן לומר כי בניסויי המיכלים למליחות לא הייתה השפעה על פוטנציאל יצור הפירות של הצמח, אלא על יכולת הפירות להתפתח. מסקנה זאת הגיעו Adams (1991) שבחן את השפעות המליחות על צמחי עגבניות ו-Savaas (2000) שראה תופעה זו בחצילים. לעומת זאת, בניסוי הקרקע ההשפעה הייתה גם על יכולת פוטנציאל יצור הפירות.

תוצאות הניתוח הסטטיסטי מצביעות על השפעת גומלין בין הטיפולים על שיעור שחור הפיטם בשני ניסויי המיכלים. בניסוי הקרקע התופעה הייתה שולית. בניסוי המיכלים הראשון, במליחות הנמוכה הייתה ירידה של שיעור שחור הפיטם עם תוספת החנקן וברמות המליחות הבינונית והגבוהה, תוספת החנקן הביאה לעלייה בנתון זה. בניסוי המיכלים השני, במליחות הנמוכה והבינונית הביאה תוספת החנקן לירידה בשיעור השחור פיטם ואילו במליחות הגבוהה החנקן העלה את שיעור שחור הפיטם. המליחות לעומת זאת, בכל אחת מרמות החנקן, גרמה לעלייה בשיעור שחור הפיטם. עלייה במליחות נמצאה כמעלה את שיעור הפירות הנגועים בשחור הפיטם במספר עבודות רב Navaro *et al.* (2010), Aktas *et al.* (2005), Bar-Tal *et al.*

(2003) ו-Sonneveld (1979). תופעה זו של עלייה בשחור פיטם עם עליית המליחות מוסברת בכך שישנה ירידה בקליטת הסיידן לצמח, אם בגלל תחרות בקליטת יונים או בגלל קצב טרנספירציה מואט. הסבר נוסף הוא שסיידן, הנע בזרם הטרנספירציה, לא מגיע בכמות מספקת אל איברים לא מאיידים כגון פירות (Addams & Ho, 1992). בעבודה הנוכחית כמו בעבודתם של Aktas *et al.* (2005) לא נמצאה השפעה של המליחות על ריכוז הסיידן בפירות ובכלל בצמח (תוצאות לא מוצגות). לאור סיבות אלו, יש להניח כי השפעת המליחות על תופעת שחור הפיטם הינה מורכבת ומושפעת ממספר גורמים יחד ולא רק מחסור בסיידן כולל: מחסור זמני ונקודתי בסיידן, עלייה בריכוז רדיקליים חופשיים, ירידה בקצב הטרנספירציה, וירידה בקליטת מנגן (Bar Tal *et al.*, 2001b). בניגוד למליחות, תוספת החנקן, אשר מיטיבה עם גידול הווגטטיבי והפרודוקטיבי של הצמח, הביאה לעלייה בשיעור שחור הפיטם במליחות הגבוהה. בעבודתו הראה Spurr (1955) כי צמחים בעלי עוצמת צימוח גדולה, תחת תנאי חנקן עודפים, היו רגישים יותר לשחור פיטם. בעבודתו של Westerhout (1962) נטען כי צימוח מהיר לפני הפריחה בצמחי עגבניה הגביר את התופעה. כמו גם, קצב הצימוח של הפירות עצמם. הסיבה שבמליחות הנמוכה תוספת החנקן הורידה את שחור הפיטם יכולה להיות הרכב החנקן בדשן ששימש בניסוי. מכיוון שריכוז האמון היה קבוע, תוספת החנקן התבטאה רק ע"י תוספת ניטראט. קליטת ניטראט מעלה את pH הריזוספירה, דבר שמעלה את זמינות הסיידן לצמח (Marschner, 2012). אכן בעבודה הנוכחית, במליחות הנמוכה עם העלייה בחנקן נמצאה עלייה בערכי pH הנקז בממוצע מערך של 6.9 ל-7.8 בניסוי המיכלים הראשון, ומערך ממוצע של 6.5 ל-7.7 בניסוי המיכלים השני. לאור ממצאים אלו, נראה כי בתנאי מליחות נמוכה, תוספת החנקן הביאה לתפקוד טוב יותר של הצמח ולקליטה טובה יותר של סיידן ולכן הפחיתה את שיעור שחור הפיטם, אולם כשעלתה המליחות, ונוצרו תופעות של עקה בצמח, הצימוח המהיר כתוצאה מתוספת החנקן, הביא לעלייה בשחור הפיטם.

גודל הפרי הממוצע עלה עם כל עלייה בריכוז החנקן בכל הניסויים. תופעה זו ניתן לייחס לעלייה במשקל העלים וריכוז הכלורופיל, מה שהביא לעלייה בכמות המוטמעים ולייצור פרי מוגבר (Mengel *et al.*, 2001). באופן כללי עלייה במליחות הקטינה את גודל הפרי הממוצע. בעבודתם דיווחו Yasuor (2013)

et al. כי גודל הפרי הממוצע לא הושפע מתוספת חנקן לתמיסת ההשקיה. ממצאים דומים דווחו גם ע"י איתאל (2003). אך בשתי עבודות אלו הגידול היה בחורף ייתכן שעקב הטמפ' הנמוכות עוכב גידול הפירות ולא נראתה השפעת החנקן. בעבודתם של Chartzoulakis & Klapaki (2000) דווח כי עד ריכוז של 25 מילימולר נתרן כלורי לא הייתה ירידה במשקל הפרי הממוצע אך עלייה לריכוז של 50 מילימולר הביאה לירידה של כ-27% בשני זנים שונים. בעבודתה של Navaro *et al.* (2010), בדומה לעבודה הנוכחית, נבחנו ריכוזי נתרן כלורי של 0, 15, ו-30 מילימולר, וכל עלייה בריכוז הביאה לירידה מובהקת במשקל הפרי הממוצע. דבר שיכול להיות מוסבר בכך שגם הצימוח הווגטיבי עוכב ע"י המליחות, מה שהביא ליצור מוטמעים קטן יותר, לחץ טורגור נמוך יותר ולכן פירות קטנים יותר. משקל הזרעים לא הושפע מטיפול החנקן וירד עם עליית המליחות בשני ניסויי המיכלים. בעבודתו שנערכה בחיטה (*Triticum spp.*), שעורה (*Hordeum vulgare L.*) וחמניות (*annuus Helianthus*), טוען Richards (1992) כי ישנו קשר הפוך בין מליחות למשקל הזרעים וכי לא השפעות של רעילות יונים הם שהפחיתו את משקל הזרעים אלא ההשפעה האוסמוטית והירידה בשטח העלים. חמיצות הפירות עלתה עם העלייה בריכוז החנקן. ועלתה עם עליית המליחות רק בניסוי המיכלים השני. את השפעת החנקן ניתן להסביר ע"י כך שכשעלה ריכוז החנקן הצמחים היו גדולים יותר, ובעלי ריכוז כלורופיל גבוה יותר, כלומר הטמעת הפחמן עלתה ולכן יוצרו יותר חומצות וסוכרים בפירות (Marschner, 2012). המליחות אומנם השפיעה רק בעונה אחת, תוצאה שמתאימה לממצאים של Navaro *et al.* (2010) שדיווחו כי עליית המליחות הביאה לעלייה בחומציות. ריכוז המוצקים המסיסים לא הושפע מטיפול החנקן ועלה עם עליית המליחות. ממצאים דומים התקבלו גם ע"י Yasuor *et al.* (2013). השפעת המליחות על ריכוז הסוכרים יכולה להיות מוסברת ע"י יצור מוגבר אוסמורגולנטים בצמח כתגובה לירידה בפוטנציאל המים בסביבת השורש (Marschner, 2012).

ריכוז מינרלים בעלים דיאגנוסטיים ובפטוטרות - ריכוז החנקן בעלים הדיאגנוסטיים עלה בתגובה לתוספת החנקן במי ההשקיה ולא הושפע מעליית המליחות. ממצא דומה התקבל גם בעבודתם של Papadopoulou & Rendig (1983) בעגבניות. לעומת זאת במגוון צמחים נמצא שעלייה במליחות מקטינה את קליטת החנקן (Kafkafi *et al.*, 1982, Feigin *et al.*, 1987, Martinez & Cerda, 1989). Kafkafi *et al.* (1993) ו-Kafkafi *et al.* (1992) מצאו כי היחסים האנטגוניסטיים בין ניטראט וכלוריד, וכן קצב קליטת הניטראט הינם תלויי זן ונמצאים ביחס ישר לעמידותו של הזן למליחות. ריכוז הכלוריד בעלים הדיאגנוסטיים עלה עם העלייה במליחות מי ההשקיה וירד עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה. את העובדה שריכוז הניטראט השפיע על קליטת הכלוריד אך העלייה בריכוז הכלוריד לא השפיעה על ריכוז הניטראט בעלים או הצטברותו בצמח ניתן להסביר ע"י מנגנון הוצאת הכלוריד מהצמח, סלקטיביות של החלבונים המעורבים בקליטת הניטראט והתחרות האלקטרוכימית בין שני יונים (Marschner, 2012).

בפטוטרות, שלא כמו בעלים הדיאגנוסטיים ולשאר חלקי הצמח, בשתי העונות נצפתה השפעת גומלין בין טיפולי המליחות והחנקן על ריכוז הניטראט בפטוטרות. ניתן לראות בברור, כי בטיפול החנקן הגבוהים, העלאת ריכוז המלח במי ההשקיה הביאה לירידה בריכוז הניטראט. ההסבר לתופעה זו הוא קיומן של שתי מערכות לקליטת ניטראט: HATS ו-LATS. שתי מערכות אלו מגיבות שונה לריכוזי כלוריד וניטראט חיצוניים (Xu *et al.* 2000). בריכוזי החנקן הגבוהים, פועלת מערכת בעלת אפיניות נמוכה יותר לניטראט ולכן ריכוזי הכלוריד הגבוהים מביאים לירידה בקליטת הניטראט, בעוד שבריכוזי החנקן הנמוכים, האפיניות לניטראט גבוהה יותר ולכן התחרות עם הכלוריד פחות משמעותית.

בדומה לעלים הדיאגנוסטיים, גם בשאר חלקי הצמח לא הייתה השפעה של טיפולי המליחות על ריכוז החנקן. ממצא דומה דווח בעבודתם של Papadopoulos & Rendig (1983). טיפולי החנקן העלו את ריכוז החנקן בכל חלקי הצמח. תכולת החנקן בחלקי הצמח השונים עלתה בהתאם לעלייה בריכוזם ומשקלם עם עליית ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה. Yasuor *et al.* (2013) דיווחו על ממצאים דומים אם כי בעבודתם לא נראתה עלייה בתכולת החנקן מעבר לריכוז של 4 מילימולר. בעבודה הנוכחית נראתה עלייה עד ריכוז של 8 מילימולר, הבדלים אלו ניתן לייחס לגידול החורפי בעבודה של Yasuor *et al.* (2013) לעומת הגידול הקיצי בעבודה הנוכחית. כמו גם, בשתי העבודות שימשו זני פלפל שונים. ההשפעה הגדולה ביותר של טיפולי החנקן על ריכוז החנקן בצמח הייתה בגבעול (טבלאות 5.1.8 ו-5.2.8), נראה שכשיש עודף חנקן בצמח, מעבר לדרישה של העלים הצעירים ישנה הצטברות של חנקן בגבעול (Marschner, 2012). המגמות של ריכוזי הכלוריד בחלקי הצמח השונים נראות דומות לאלו שנצפו בעלים הדיאגנוסטיים, ריכוזו ירד עם תוספת החנקן ועלה עם תוספת המליחות. ריכוז הכלוריד בעלים אומנם ירד עם כל עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה, אך ככל שעלתה רמת המליחות, ירידה זו הייתה מתונה יותר, כך למשל בעונת 2011, במליחות הנמוכה, עליית חנקן מהרמה הנמוכה לרמה הגבוהה הורידה את ריכוז הכלוריד בעלים ב-68%, בעוד במליחות הגבוהה, אותה תוספת של חנקן הורידה את ריכוז הכלוריד בעלים ב-34%. תכולת הכלוריד בצמח השלם לא הושפעה מטיפול החנקן וזאת משום שהצמחים הגדולים יותר בטיפול החנקן הגבוהים קלטו כמויות גדולות יותר של כלוריד, אך ריכוזם בצמח ירד.

התפלגות הכלוריד בצמח הינה כך שקרוב ל-50% מכלל הכלוריד בצמח נמצא בגבעול, למרות שמשקל הגבעול היבש אינו מהווה 50% ממשקל הצמח. כלומר ריכוז הכלוריד בגבעול היה גבוה יותר מבשאר איברי הצמח. דבר זה מעיד על קיומו של מנגנון הרחקת כלוריד מזרם הטרנספירציה, מהטרכאות אל תאי הפרנכימה או אל דפנות התאים (Munns, 2002). צבירת מולרית של חנקן וכלוריד מראה כי היחס בין מולקולת החנקן שהצמח צובר למולקולות הכלוריד אינו נשמר קבוע בין הטיפולים. ברמת החנקן הנמוכה, העלאת המליחות מפחיתה את יחס חנקן/כלוריד מ-4 ל-2, כלומר יש כפול מולקולות של חנקן בצמח בהשוואה לכלוריד. ברמת החנקן הגבוהה, היחס חנקן/כלוריד במליחות הנמוכה הינו 30, במליחות הבינונית יורד היחס ל-8 ובגבוהה ל-4.

סיכום

ההנחה בעבודה הייתה שקליטת החנקן ע"י הצמח מושפעת מריכוז המלחים שבתמיסת הגידול ולכן יש צורך להתאים את ממשק ההזנה בחנקן לאיכות המים המשתנה. במחקר התבצעו שני ניסויים במיכלים וניסוי קרקע. בכל הניסויים נמצא שהשפעת הדישון החנקני אינה אחידה בין טיפולי המליחות. ככל שישנה עלייה במליחות, תרומתו השולית של החנקן פוחתת. תופעה זו יכולה להיות מיוחסת לריכוז הכלוריד בצמח, כלומר שבמליחות הנמוכה, העלאת ריכוז החנקן במי ההשקיה מורידה את הצטברות המלחים בעלים ובכך מפחיתה את תופעות רעילות היונים. במליחות הגבוהה לעומת זאת, העלאת ריכוז החנקן לא מורידה את הצטברות המלחים באותה מידה, ולכן תופעות של רעילות יונים נצפות במידה רבה יותר.

הממצאים העיקריים הראו כי הצימוח הווגטטיבי התחזק עם עליית ריכוזי החנקן ונחלש עם עליית המליחות. משקל הפירות הכולל עלה עם עליית ריכוז החנקן וירד עם עליית המליחות. מסי הפירות הכולל בניסויי הושפע מעליית החנקן והמליחות (בניסוי הקרקע) אך לא הושפע מעליית המליחות בניסויי המליחות. ירידת משקל הפירות עם המליחות נבעה בניסויי המיכלים בעיקר מהירידה בגודל הפירות, בעוד השפעת החנקן הייתה הן על מספר הפירות וגודלם. כמו כן, שיעור שחור הפיטם בניסויי המיכלים, הושפע מן הטיפולים, בשני ניסויי המיכלים נראתה השפעת גומלין של הטיפולים על שיעור שחור הפיטם, ברמת

המליחות הנמוכה תוספת החנקן הורידה את שיעור שחור הפיטם ועם עליית ריכוזי המלח במי ההשקיה, תוספת החנקן הביאה לעלייה בשיעור שחור הפיטם. תוספת המליחות הביאה לעלייה בריכוז המוצקים המסיסים בפרי וריכוז הגלוקוז בעוד מדדים אלו לא הושפעו מטיפול החנקן. מדדי איכות הפרחים לא הושפעו מהטיפולים. נצפתה עלייה בריכוז הכלורופיל עם עליית המליחות ועליית ריכוז החנקן. בדיקות העלים הדיאגנוסטיים והצמחים השלמים שנדגמו הראו כי עליית ריכוז החנקן הביאה לירידה בקליטת הכלוריד לצמח, אך עליית ריכוז המלח בתמיסת ההשקיה לא הביאה לירידה בריכוז הניטרט בצמח למעט בבדיקת הפטוטורות, שבהם נצפתה ירידה בריכוז הניטרט עם עליית המליחות, אך רק בריכוז החנקן הגבוה.

היבול הכללי והיבול לשיווק, היו הגבוהים ביותר בטיפול המליחות הנמוך עם החנקן הגבוה. כלומר, מעבר למים מותפלים והמשך דישון בחנקן בכמות המקובלת כיום, יביא לתוספת יבול, והעלייה בצימוח הוגטטיבי אינה באה על חשבון הרפרודוקטיבי. בניסויי המיכלים השיפור ביבול לא התקבל כתוצאה מקליטת חנקן מוגברת במים המותפלים, אלא כתוצאה מהירידה בשיעור שחור הפיטם והעלייה בגודל הפרי ואילו בניסוי בקרקע שהתקיים בתנאי הגידול בערבה העלייה ביבול הייתה תוצאה ישירה בצימוח הוגטטיבי וברפרודוקטיביות של הגידול.

הבעת תודה

לחברת דשן גת על הכנת הדשנים המיוחדים ותרומתם לניסוי בגילת, לחברת דשנים וחומרים כימיים על הספקת הדשנים לניסוי בתחנת יאיר ולשחר רסל על עזרתו בבדיקות הכימיות. תודה לקרן המדען על מימון תוכנית מחקר מספר 301-0656-13.

ביבליוגרפיה

- Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Oserovitz, J., Hazan, A., Itach, M., Gantz, S., Avidan, A., Posalski, I., Tratkovski, N., Rosenberg R. 2001a. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. I. Effects of nitrogen concentration and NO_3 : NH_4 ratio on yield, fruit shape, and the incidence of blossom-end rot in relation to plant mineral composition. HortScience 36: 1244–1251.
- Bar-Tal, A., Aloni, B., Karni, L., Rosenberg R. 2001b. Nitrogen nutrition of greenhouse pepper. II. Effects of nitrogen concentration and NO_3 : NH_4 ratio on growth, transpiration, and nutrient uptake. HortScience 36: 1252–1259.
- Bar-Tal, A., Cohen, S., Offenbach, R., Keinan, M., Maduel, A. Suriano, S., Aloni, B., Karni, L. 2003. Managing of circulated nutrient solutions with saline water for pepper cultivation. Acta Horticulture 609: 349-354.
- Bar-Yosef, B. (1999). Advances in Fertigation. Advances in Agronomy 65: 1-77.
- Bethke, P.C., Drew, M.C. 1992. Stomatal and nonstomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of *Capsicum annuum* during progressive exposure to NaCl salinity. Plant Physiology 99: 219-226.

- Chartzoulakis, K., Klapaki, G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae* 86: 247–260.
- Feigin, A., Rylski, I., Meiri, A., Shalhevet, J. 1987. Response of melon and tomato plants to chloride-nitrate ratios in saline nutrient solutions. *Journal of Plant Nutrition* 10: 1787-1794.
- Kafkafi, U., Siddiqi, M.Y., Ritchie, R.J., Glass, A.D.M., Ruth, T.J. 1992. Reduction of nitrate ($^{13}\text{NO}_3$) influx and nitrogen (^{13}N) translocation by tomato and melon varieties after short exposure to calcium and potassium chloride salts. *Journal of Plant Nutrition* 15: 959:975.
- Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, UK. 3rd edition.
- Martinez, V., Cerda, A., Fernandez, F. G. 1987. Salt tolerance of four tomato hybrids. *Plant and Soil* 97: 233-241.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environment* 25: 239–250.
- Munns, R., Passioura, J.B., Guo, J., Chazen, O., Cramer, G.R. 2000. Water relations and leaf expansion: Importance of time scale. *Journal of Experimental Botany* 51: 1495-1504.
- Papadopoulos, I., Rendig, V.V. 1983. Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants. *Plant and Soil* 73: 47-57.
- Pearce-Alfocea, F., Estana, M.T., Santa-Cruz, A., Bolarin, M.C. 1993. Effects of salinity on nitrate, total nitrogen, soluble protein and free amino acid levels in tomato plants. *Journal of Horticultural Science* 68: 1021-1027.
- Richards, R.A. 1992. Increasing salinity tolerance of grain crops: Is it worthwhile? *Plant and Soil* 146: 89-98.
- Yasuor, H., Ben-Gal, A., Beit-Yannai, E., Cohen, S., Yermiyahu, U. 2013. Nitrogen management of greenhouse pepper production: agronomic, nutritional, and environmental implications. *HortScience* 48: 1241–1249.
- Xu G, Magen H, Tarchitzky, J., Kafkafi, U. 2000. Advances in chloride nutrition of plants. *Advances in Agronomy* 68: 97–150.

נספח

תוצאות ניסוי מיכלים עונה ראשונה השפעת הטיפולים על הגידול הווגטטיבי

מדדי הגידול נבחנו ב 5 מועדים לאורך עונת הגידול. בטבלה 4.1.1 מוצגים תוצאות מדדי גידול הווגטטיבי עבור המועד השני שהינו 80 יום משתילה. במועד זה הצמח היה לפני התחלת קטיף פירות. תוצאות של שאר המועדים מוצגות בנספחים 8.1-8.4. הגידול הווגטטיבי כפי שנמצא בכל המדדים (גובה, משקל חומר יבש (ח"י) עלים, גבעול ונוף) הושפע מטיפולי החנקן והמליחות. מאחר ובניתוח שונות דו כיווני לא נמצאה השפעת גומלין בין הטיפולים העיקריים ניתן להתייחס לממוצעי ההשפעות העיקריות (טבלה 4.1.1). באופן כללי, עם העלייה ברמת החנקן ישנה עלייה בגובה, במשקל ח"י של העלים, הגבעול והנוף. מאידך, עם העלייה במליחות ישנה ירידה בכל המדדים. מגמות אלו היו מובהקות בכל המדדים (יוצא דופן השפעת טיפול מליחות על משקל ח"י של העלים) כאשר המובהקות בין הרמה הנמוכה לגבוהה בכל טיפול עיקרי הייתה מובהקת.

עוצמת השפעת טיפולי החנקן על משקל העלים הייתה גבוהה באופן משמעותי בהשוואה להשפעתם על הגבעול. עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה מערך של 2.6 ל-4.1 ו-8.3 מילימולר גרמה לעלייה במשקל העלים בשיעור של 31.2% ו-67.4%, בהתאמה, בעוד שבמשקל הגבעול העלייה הייתה בשיעור של 13.4%-18.8%, בהתאמה. מכאן, שהעלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה גרמה לייצור כפול ויותר של ביו-מסת העלים בהשוואה לגבעול. בסה"כ העלייה בריכוז החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הגבירה את ייצור החומר היבש של הנוף בשיעור של 18.0% ו-49.9%, בהתאמה.

שלא כמו טיפולי החנקן, עוצמת טיפולי המליחות הייתה גבוהה יותר על משקל הגבעול בהשוואה למשקל העלים. עלייה בריכוז המליחות מ-2 ל-32 מילימולר הפחיתה את משקל הגבעול בשיעור של 19.3%, לעומת פחיתה במשקל העלים בשיעור של 7.2%. בסה"כ העלייה בריכוז המליחות במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה הפחיתה את משקל הנוף ב-5.5% ו-15.6%, בהתאמה. מכאן, שעוצמת ההשפעה של טיפולי החנקן על הגידול הווגטטיבי הייתה משמעותית יותר בהשוואה להשפעת טיפולי המליחות.

השפעת הטיפולים על תכולת הח"י בעלים הייתה דומה לזו בגבעול. באופן כללי, טיפולי המליחות לא השפיעו על תכולת הח"י בעלים ובגבעול, בניגוד לזאת עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה גרמה לירידה בתכולת הח"י בגבעול ובעלים. שיעור הירידה בתכולת הח"י היה משמעותי, לדוגמא, בגבעול תכולת ח"י הייתה 17.5% לעומת 13.5% עם עלית החנקן במי ההשקיה מריכוז של 2.6 ל-8.3 מילימולר.

טבלה 4.1.1. תוצאות מדדים וגטיביים מניסוי 2011 כתלות בריכוז החנקן והמליחות במי ההשקיה. הנתונים נאספו מצמחים 80 יום משתילה.

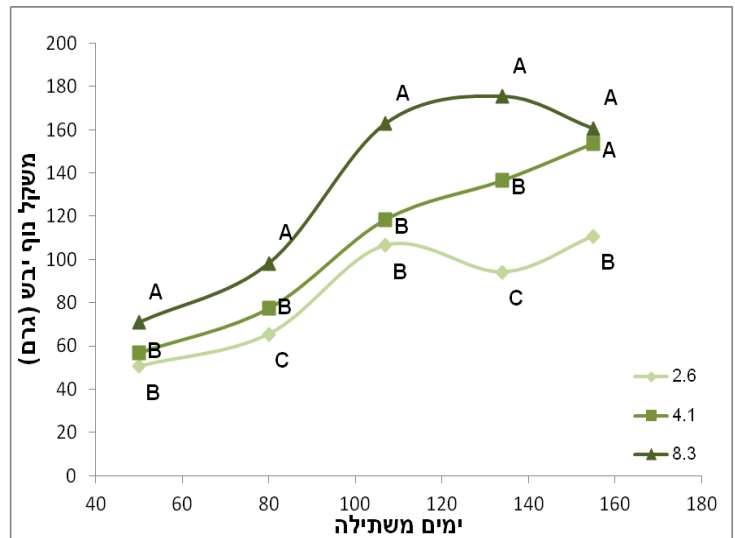
ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		עלים		גבעול		נוף	
N	NaCl	משקל יבש (גרם)	תכולת ח"י (%)	משקל יבש (גרם)	תכולת ח"י (%)	משקל יבש (גרם)	גובה (ס"מ)
2.6	2	30.4	11.6	38.7	18.6	69.1	97.1
4.1	2	39.9	11.9	43.9	15.4	81.8	116.2
8.3	2	50.9	10.8	46.0	13.3	94.1	128.8
2.6	10	29.0	11.4	34.7	16.9	68.9	94.8
4.1	10	37.9	11.3	40.1	15.6	77.2	104.0
8.3	10	55.4	10.2	55.8	13.3	108.7	127.7
2.6	32	29.1	11.9	29.4	17.1	58.5	85.0
4.1	32	34.8	11.5	34.8	15.6	69.6	99.4
8.3	32	48.6	11.0	42.0	14.1	90.6	107.4
N	2.6	29.3 A	11.6 A	34.6 A	17.5 A	65.5 A	92.3 A
	4.1	37.7 B	11.5 A	39.9 B	15.5 B	77.3 B	106.5 B
	8.3	52.4 C	10.6 B	47.8 C	13.5 C	98.2 C	121.4 C
NaCl	2	40.4 A	11.4 A	43.5 A	15.7 A	86.4 A	114.1 A
	10	41.4 A	11.0 A	43.4 A	15.3 A	81.6 AB	108.8 A
	32	37.5 A	11.5 A	35.4 B	15.6 A	72.9 B	97.2 B
NaCl*N		אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות באותה העמודה מיצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$

דינמיקה של הגידול הווגטטיבי בטיפולים השונים

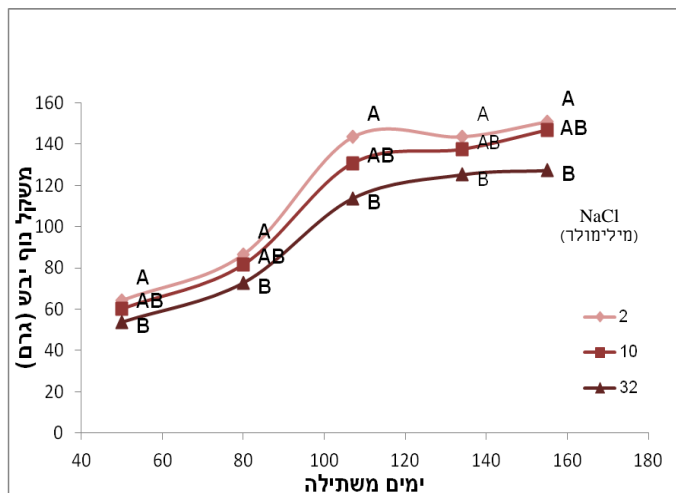
מאחר ובכל המועדים לא נמצאה השפעת גומלין בין טיפולי המליחות והחנקן) יוצגו ממוצעי משקל חיי של הנוף לטיפולים העיקריים בלבד (איורים 4.1.1 ו-4.1.2). לאורך כל העונה משקל החיי של הנוף בריכוז החנקן הגבוה (8.3 מילימולר) (איור 4.1.1) היה גבוה יותר באופן מובהק משני הריכוזים הנמוכים, פרט למועד הדיגום האחרון בו לא היה הבדל בין ריכוז החנקן הגבוה לבינוני (4.1 מילימולר). העלייה במשקל הנוף נמשכה עד מועד הדיגום השלישי (107 ימים משתילה) ולאחר מכן נפסקה. יוצא דופן התקבל ברמת החנקן הבינונית בה ניתן לראות שעליית משקל הנוף נמשכה עד לדיגום האחרון.

איור 4.1.1. משקל חיי של הנוף לאורך העונה בשלושת ריכוזי החנקן במי ההשקיה. כל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



ההבדלים בין טיפולי המליחות נשמרו קבועים לאורך כל העונה כאשר משקל הנוף בטיפול המליחות הגבוה היה נמוך יותר באופן מובהק ממשקל הנוף של טיפול המליחות הנמוך (איור 4.1.2). טיפול המליחות הבינוני לא נבדל מהגבוה או הנמוך. בכל הטיפולים הגידול הווגטטיבי נמשך עד 107 יום משתילה ולאחר מועד זה נפסק.

איור 4.1.2. משקל חיי של הנוף לאורך העונה בשלושת רמות המליחות במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



מדדי יבול ואיכותו

במהלך הניסוי נקטפו כל הפירות הבשלים (בערך אחת לשבוע בוצע קטיף). התוצאות המוצגות בפרק זה הינן ממוצעים של חמש חזרות. הפירות מוינו לפירות לשיווק (כל פרי ללא שחור פיטם) ופירות פסולים (פירות עם שחור פיטם). בשלושה קטיפים מתוך הניסוי נלקחו כ-20 מהפירות היפים ביותר מכל חזרה לבדיקות של איכות פרי.

השפעת הטיפולים על מדדי יבול כמותיים

מדדי היבול הכמותיים הושפעו כולם מטיפולי החנקן וטיפולי המליחות (טבלה 4.1.2), למעט מס' הפירות הכולל לצמח אשר לא הושפע מטיפולי המליחות העיקריים. משקל הפירות הכולל הושפע בצורה הפוכה מטיפולי החנקן והמליחות, כאשר תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה גרמה לעלייה במשקל הפרי של 17%-ו-25%, בהתאמה. עליית ריכוז המלח במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה הביאה לפחיתה במשקל הפרי של 7%-ו-26%, בהתאמה. משקל הפירות לשיווק הושפע משמעותית יותר מטיפולי המליחות מאשר טיפולי החנקן. בעוד תוספת החנקן מהטיפול הנמוך לגבוה גרמה לעלייה של 23% טיפול המליחות הגבוה הוריד את משקל הפירות לשיווק ב-48% לעומת טיפול המליחות הנמוך. מספר הפירות הכולל לצמח הושפע רק מטיפולי החנקן אשר הביאו לעלייה של 8%-ו-9% עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה, בהתאמה. מספר הפירות לשיווק לצמח התקבלה אינטראקציה בין טיפולי המליחות לטיפולי החנקן. בטיפול המליחות הנמוך, תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה הביאה לעלייה של 3%-ו-15% במס' הפירות לשיווק, בהתאמה. במליחות הבינונית לא הייתה השפעה לטיפולי החנקן ובמליחות הגבוהה תוספת החנקן מהטיפול הנמוך לבינוני והגבוה הביאה לירידה של 7%-ו-20% במס' הפירות לשיווק, בהתאמה.

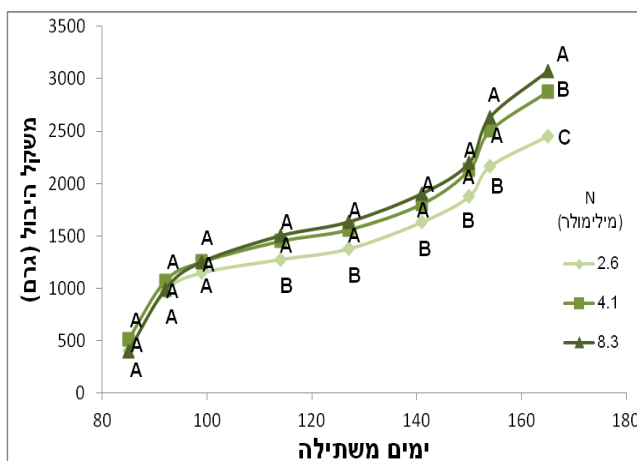
טבלה 4.1.2 תוצאות מדדים יבול כמותיים מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם סכום של כל הקטיפים במשך הניסוי.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		פירות כללי		פירות לשיווק	
N	NaCl	משקל פירות כולל לצמח (גרם)	מס' פירות כולל לצמח	משקל פירות לשיווק לצמח (גרם)	מס' פירות לשיווק לצמח
2.6	2	2652	25.3	2247	21.2
4.1	2	3239	27.2	2671	21.8
8.3	2	3578	28.4	3134	24.4
2.6	10	2561	24.5	2031	19.0
4.1	10	3030	27.2	2347	20.0
8.3	10	3172	26.3	2440	18.8
2.6	32	2147	26.1	1387	15.1
4.1	32	2365	27.7	1397	14.1
8.3	32	2467	28.3	1404	12.1
N	2.6	2454 C	25.3 B	1888 C	18.4 A
	4.1	2878 B	27.4 A	2138 B	18.6 A
	8.3	3073 A	27.7 A	2326 A	18.4 A
NaCl	2	3156 A	26.9 A	2684 A	22.4 A
	10	2921 B	25.9 A	2273 B	19.2 A
	32	2327 C	27.3 A	1396 C	13.7 A
NaCl*N		אין	אין	אין	P=0.0001

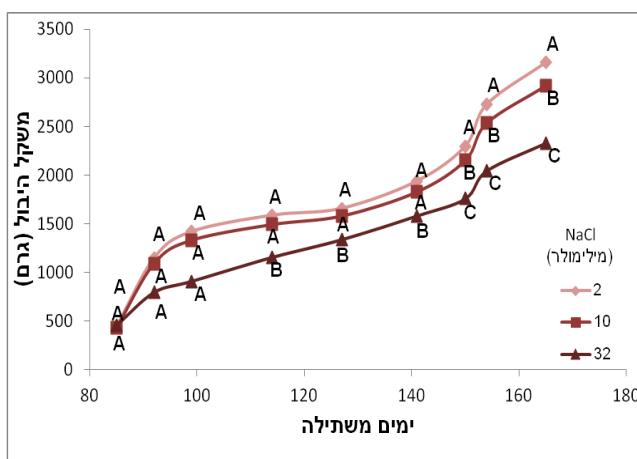
ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

קצב צבירת היבול (משקל טרי) לא הושפע מטיפול החנקן והמליחות והיה דומה לאורך כל העונה (איורים 4.1.3 ו-5.1.4). בטיפול החנקן (איור 4.1.3) בשלושת מועדי הקטיף הראשונים לא היה הבדל מובהק במשקל הפירות בין הטיפולים. מהקטיף הרביעי היבול בטיפול החנקן הנמוך היה נמוך באופן מובהק משני טיפולי החנקן הגבוהים יותר. הבדל קבוע בין שני טיפולי החנקן הגבוהים נשמר לאורך כל העונה אך רק בסוף העונה התקבל הבדל מובהק ביבול עם כל עלייה ברמת החנקן. קצב צבירת היבול בשני מועדי הקטיף הראשונים במליחות הגבוהה היה איטי יותר משתי רמות המליחות הנמוכות יותר (איור 4.1.4), אך לאחר מועד זה ועד לסוף העונה קצב צבירת היבול לא הושפע מטיפול המליחות. בשלושת מועדי הקטיף הראשונים לא היה הבדל מובהק במשקל היבול בין טיפולי המליחות (איור 4.1.4). בשלושת המועדים לאחר מכן ההבדל המובהק במשקל היבול היה בין שתי רמות המליחות הנמוכות לרמת המליחות הגבוהה. בשלושת מועדי הקטיף האחרונים התקבלה ירידה מובהקת במשקל היבול עם כל עלייה ברמת המליחות. קצב צבירת מספר הפירות לצמח לא הושפע מטיפול החנקן למשך רוב העונה (איור 4.1.5). בשני המועדים האחרונים, נוצר הבדל מובהק בין שני טיפולי החנקן הגבוהים לנמוך. טיפולי המליחות אף הם לא השפיעו על קצב צבירת מספר הפירות לאורך כל העונה (איור 5.1.6).

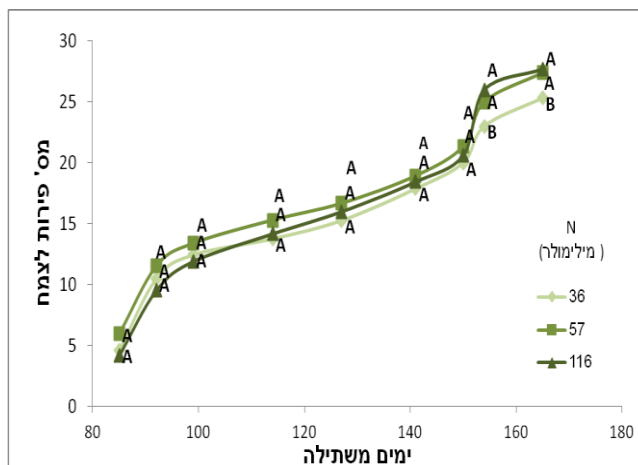
איור 4.1.3. משקל היבול הטרי המצטבר לצמח בשלושת רמות החנקן במי ההשקיה. כל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



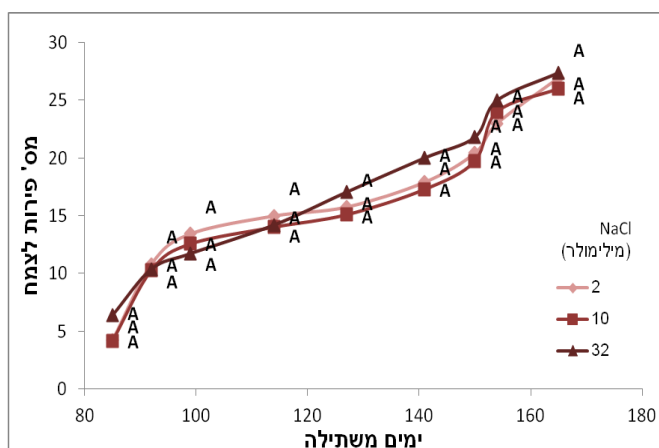
איור 4.1.4. משקל היבול הטרי המצטבר לצמח בשלושת רמות המליחות במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



איור 4.1.5. מס' הפירות לצמח המצטבר בשלושת רמות החנקן במי ההשקיה. כל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



איור 4.1.6. מס' הפירות לצמח המצטבר בשלושת רמות המליחות במי המוצע של שלושת טיפולי החנקן. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק (ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$) בין הממוצעים במועד נתון.



מדדי איכות פרי

בשלושה מועדי קטיף במהלך העונה נדגמו כ-20 פירות מובחרים (הגדולים ביותר, ללא שחור פיטם, ללא עיוותים ואדומים לחלוטין) מכל חזרה לצורך בדיקות איכות שכללו משקל פרי ממוצע, עובי דופן, משקל זרעים וכן מדדים כימיים שכללו בדיקת TSS, חמיצות וגלוקוז. הנתונים המוצגים בטבלאות 4.1.3 ו-4.1.4 נותחו לאחר מיצוע של נתוני כל חלקה בשלושת מועדי הדיגום.

שיעור שחור הפיטם המוצג בטבלה מספר 4.1.3 הינו אחוז של פירות נגועים מסך כל הפירות בעונה וניתן לראות כי ישנה השפעת גומלין בין הטיפולים. במליחות הנמוכה תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לירידה של 2% ו-19% בשיעור שחור פיטם, בהתאמה. במליחות הבינונית תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לעלייה של 16% ו-24% בשיעור שחור פיטם, בהתאמה. במליחות הגבוהה תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לעלייה של 17% ו-36% בשיעור שחור פיטם, בהתאמה. משקל הפרי הממוצע (טבלה 4.1.3) הושפע באופן מובהק מטיפולי החנקן ומטיפולי המליחות אך ההשפעה של טיפולי החנקן הייתה גדולה יותר. תוספת החנקן מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לעלייה של 12% ו-23% במשקל הפרי הממוצע ואילו עליית ריכוז המלח במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לריכוז הבינוני והגבוהה הביאה לירידה של 1% ו-14%, בהתאמה. עובי הדופן (טבלה 4.1.3) הושפע רק מטיפולי החנקן כאשר תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית לא הביאה לעלייה מובהקת בעובי הדופן אך ריכוז החנקן הגבוה הביא לעלייה מובהקת של 15% לעומת ריכוז החנקן הנמוך. משקל הזרעים (טבלה 4.1.3) הושפע רק מטיפולי המליחות כאשר רק ריכוז המלח הגבוה נבדל באופן מובהק מהריכוז הנמוך עם פחיתה במשקל הזרעים של 50%. החמיצות (מבוטאת ביחידות של מילימולר חומצה ציטרית) (טבלה 4.1.4) לא

הושפעה מטיפול המליחות ועלתה עם תוספת החנקן במי ההשקיה. טיפולי החנקן מראים כי החמיצות בריכוז החנקן הגבוה הייתה גבוהה באופן מובהק מאשר בשני הריכוזים הנמוכים יותר.

ערך ה-TSS (טבלה 4.1.4) עלה עם תוספת המליחות למי ההשקיה ב-5% ו-13% עם העלייה מהמליחות הנמוכה לבינונית והגבוהה, בהתאמה. אך רק המליחות הגבוהה נבדלה באופן מובהק מהנמוכה. ריכוז הגלוקוז (טבלה 5.1.4) לא הושפע מטיפול החנקן העיקריים והושפע מטיפול המליחות העיקריים. במליחות הגבוהה ריכוז הגלוקוז היה גבוה באופן מובהק מריכוז הגלוקוז ברמות המליחות הנמוכות יותר.

טבלה 4.1.3 תוצאות מדדים פיזיים של איכות פרי מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממוצעים של כל המועדים בהם נדגמו פירות לבדיקות איכות.

N (מילימולר)	NaCl (מילימולר)	שיעור שחור פיטם (%)	משקל ממוצע פרי לשיווק (גרם)	עובי דופן (מ"מ)	משקל זרעים (גרם)
2.6	2	17.4	106	4.5	2.6
4.1	2	17.1	122	5.0	2.1
8.3	2	14.1	128	5.2	2.6
2.6	10	22.4	107	4.6	2.2
4.1	10	26.1	117	4.5	1.8
8.3	10	27.9	129	5.1	2.3
2.6	32	42.0	92	4.6	1.6
4.1	32	49.2	99	4.8	1.2
8.3	32	57.0	116	5.3	0.8
N	2.6	27.3	101 C	4.5 B	2.1 A
	4.1	30.8	113 B	4.7 B	1.7 A
	8.3	33.0	124 A	5.2 A	1.9 A
NaCl	2	16.2	119 A	4.9 A	2.4 A
	10	25.5	118 A	4.7 A	2.1 A
	32	49.4	102 B	4.9 A	1.2 B
NaCl*N		P=0.0008	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.1.4 תוצאות מדדים כימיים של איכות פרי מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממוצעים של כל המועדים בהם נדגמו פירות לבדיקות איכות.

N (מילימולר)	NaCl (מילימולר)	חמיצות (מילימולר חומצה ציטרית)	TSS (°Brix)	גלוקוז (מ"ג/דציליטר)
2.6	2	0.011	7.2	5476
4.1	2	0.011	8.0	5600
8.3	2	0.013	7.8	5332
2.6	10	0.010	8.0	5796
4.1	10	0.012	8.2	5456
8.3	10	0.013	8.0	5296
2.6	32	0.010	8.5	6180
4.1	32	0.012	8.7	5836
8.3	32	0.015	8.8	5860
N	2.6	0.0104 B	7.9 A	5817 A
	4.1	0.0117 B	8.3 A	5631 A
	8.3	0.0134 A	8.2 A	5496 A
NaCl	2	0.012 A	7.7 B	5469 B
	10	0.012 A	8.0 B	5516 B
	32	0.012 A	8.7 A	5958 A
NaCl*N		אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

מדדי איכות פרחים

פרחים נדגמו בשלושה מועדים שונים לאורך העונה, בכל פעם נדגמו פרחים אשר פרחו באותו הבוקר. נדגמו חמישה פרחים לחזרה. נמדדו משקל הפרח, אורך עמוד העלי, קוטר השחלה ואחוז גרגירי האבקה הלא חיוניים. מאחר והמגמות היו זהות בכל מועדי הדיגום יוצג מועד אחד בלבד (טבלה 5.1.5). לא התקבלה השפעה מובהקת של הטיפולים על אף אחד מהמדדים. אך ניתן לראות כי ישנה מגמת עלייה במשקל הפרח עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה, כאשר עליית ריכוז החנקן מהריכוז הנמוך לבינוני והגבוה הביאה לעלייה של 6% ו-13%, בהתאמה. מגמה זו חזרה גם במועדי הדיגום האחרים.

טבלה 4.1.5 תוצאות מדדי איכות פרחים מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממועד דיגום אחד.

N (מילימולר)	NaCl (מילימולר)	משקל פרח (מ"ג)	אורך עמוד עלי (מ"מ)	קוטר שחלה (מ"מ)	גררי אבקה לא חיוניים (%)
2.6	2	197	4.3	4.2	33
4.1	2	211	4.2	4.4	34
8.3	2	216	4.0	4.3	28
2.6	10	190	4.4	4.2	29
4.1	10	196	4.2	4.1	28
8.3	10	218	4.5	4.3	29
2.6	32	193	4.2	4.3	31
4.1	32	206	4.7	4.4	35
8.3	32	222	4.5	4.5	31
N	2.6	193 A	4.3 A	4.2 A	31.2 A
	4.1	204 A	4.4 A	4.3 A	32.4 A
	8.3	218 A	4.3 A	4.4 A	29.2 A
NaCl	2	208 A	4.2 A	4.3 A	31.8 A
	10	201 A	4.4 A	4.2 A	28.7 A
	32	207 A	4.5 A	4.4 A	32.4 A
NaCl*N		אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

ריכוז מינרלים והתפלגותם בצמח

בפרק זה נעסוק בקליטת המינרלים השונים על ידי הצמח, כיוון שהיפותזת המחקר התייחסה לתחרות האפשרית בין ניטראט לכלוריד, נתמקד במינרלים אלו. תוצאות שאר המינרלים שנבדקו יופיעו בנספחים ויוזכרו בדיון.

ריכוז מינרלים בעלים דיאגנוסטיים וקריאת ריכוז כלורופיל

בתת פרק זה מוצגים ריכוזי כלור ונחנקן בעלים דיאגנוסטיים בשני מועדים: 80 ו-155 ימים משתילה. מועד 80 ימים משתילה נבחר משום שבמועד זה טרם החל קטיף הפירות, ו-155 יום נבחר משום שזהו הדיגום האחרון שבוצע בניסוי. במועדים שנבחרו לא התקבלה השפעת גומלין בין הטיפולים העיקריים ולכן ההתייחסות תהיה לטיפולים העיקריים בלבד (טבלה 4.1.6) תוצאות דומות התקבלו בשאר מועדי הדיגום פרט למועד אחד (107)

ימים משתילה) בו נצפתה השפעת גומלין בין הטיפולים בהשפעתם על ריכוז החנקן בעלים, אך המגמות נותרו זהות.

עליית ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה העלתה את ריכוזו בעלים. בדיגום הראשון התקבלה עלייה מערך של 4 ל-4.4% מהריכוז הנמוך והבינוני לגבוה. טיפול המליחות לא השפיע על ריכוז החנקן בעלים (טבלה 4.1.6). ריכוז הכלוריד בעלים הדיאגנוסטים ב-80 יום משתילה עלה בצורה מובהקת עם עליית המליחות בתמיסת ההשקיה כאשר בין הריכוז הגבוה לנמוך ישנה עלייה של 225% וירד בצורה מובהקת עם עליית ריכוז החנקן בתמיסת ההשקיה, ירידה של 50% בין ריכוז החנקן הגבוה לנמוך. בדומה, כמדד עקיף לתכולת החנקן, ריכוז הכלורופיל (טבלה 4.1.6) הגיב באותה צורה בכל מועדי הדיגום. ריכוז הכלורופיל עלה בצורה מובהקת עם עלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה והושפע באופן חזק יותר מטיפולי החנקן מאשר טיפולי המליחות. במועד 80 יום משתילה, תוספת החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוה הביאה לעלייה של 16 ו-24%, בהתאמה. לעומת זאת, עלייה בריכוז המלח במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 4 ו-7%, בהתאמה.

טבלה 4.1.6 תוצאות ריכוזי חנקן וכלוריד וקריאת ריכוז כלורופיל בעלים הדיאגנוסטיים מניסוי 2011 כוללות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם משני מועדי דיגום.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		80 יום משתילה			155 יום משתילה		
N	NaCl	N (%)	Cl (%)	קריאת ריכוז כלורופיל	N (%)	Cl (%)	קריאת ריכוז כלורופיל
2.6	2	4.04	0.73	53.2	3.13	0.56	52.9
4.1	2	3.86	0.38	65.1	3.64	0.27	58.6
8.3	2	4.20	0.23	67.7	3.88	0.13	62.4
2.6	10	3.91	1.25	58.7	3.13	1.53	52.8
4.1	10	3.97	0.65	64.3	3.72	0.51	58.6
8.3	10	4.37	0.49	70.4	3.82	0.47	63.2
2.6	32	4.06	1.67	57.8	3.54	1.74	55.9
4.1	32	4.17	1.13	68.6	3.72	0.88	60.9
8.3	32	4.57	1.10	72.4	3.76	1.27	68.7
N	2.6	4.0 B	1.2 A	56.6 A	3.3 B	1.3 A	53.8 A
	4.1	4.0 B	0.7 B	65.9 B	3.7 A	0.5 B	59.4 B
	8.3	4.4 A	0.6 C	70.2 C	3.8 A	0.6 B	64.7 C
NaCl	2	4.0 A	0.4 C	62.0 B	3.55 A	0.3 C	57.9 B
	10	4.1 A	0.8 B	64.4 A	3.56 A	0.8 B	58.2 B
	32	4.3 A	1.3 A	66.3 A	3.67 A	1.3 A	61.8 A
NaCl*N		אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

ריכוז המינרלים בפטוטרות

ריכוז הניטראט והכלוריד בפטוטרות נמדד פעמיים במהלך עונת 2011. בכל דיגום נלקחו 6 פטוטרות לחזרה. המגמות חזרו על עצמן בשני המועדים ולכן מוצגות תוצאות של המועד הראשון (80 ימים משתילה). תוצאות המועד השני מופיעות בנספח 9.5. ריכוז הכלוריד בפטוטרות בכל הטיפולים היה בטווח שבין 50 ל-170 מילימולר. תחום הריכוזים של הניטראט היה בין 0.2 ל-116 מילימולר. עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה מהריכוז הנמוך לבינוני ולגבוה גרמה לירידה של 7 ו-30% בריכוז הכלוריד בפטוטרות, בהתאמה. טיפולי המליחות העלו את ריכוזי הכלוריד בפטוטרת ב-40 ו-106% עם העלייה מרמת המליחות הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה. בריכוז הניטראט בפטוטרות נצפתה השפעת גומלין בין הטיפולים. בעוד ברמות החנקן הנמוכה והבינונית, העלאת המליחות לא השפיעה על ריכוז הניטראט, בריכוז החנקן הגבוה, העלאת המליחות במי ההשקיה גרמה לירידה בריכוז הניטראט בפטוטרות, ירידה של 19% ו-27% עם העלייה מרמת המליחות הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה (טבלה 4.1.7).

טבלה 4.1.7 תוצאות ריכוזי חנקן חנקתי וכלוריד בפטוטרות מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. אחד פטוטרות נדגמו 80 יום משתילה.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז בפטוטרות (מילימולר)	
N	NaCl	Cl	N-NO ₃
2.6	2	89.0	0.2
4.1	2	87.1	20.6
8.3	2	49.5	116.2
2.6	10	125.8	0.6
4.1	10	104.3	14.9
8.3	10	85.4	94.1
2.6	32	168.7	0.6
4.1	32	164.0	39.9
8.3	32	132.5	84.4
N	2.6	127.8 A	0.5
	4.1	118.5 A	25.1
	8.3	89.1 B	97.9
NaCl	2	75.2 C	45.7
	10	105.2 B	36.5
	32	155.1 A	41.6
NaCl*N		איך	P=0.0226

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

ריכוז ותכולת המינרלים בחלקי הצמח השונים

בתת פרק זה מוצגות תוצאות התפלגות המינרלים בחלקי הצמח השונים. צמחים שלמים נדגמו בחמישה מועדים לאורך הגידול. יוצגו הנתונים ממועד 80 ימים משתילה, כיוון שתאריך זה היה טרום קטיף הפירות, כך שמועד זה מייצג מצב של צמח נושא פרי. בשאר המועדים נצפו מגמות דומות לאלו המוצגות כאן. ותוצאות שאר המועדים מוצגים בנספחים (טבלאות 8.6-8.11). בטבלאות 4.1.8 ו-4.1.9 מוצגים הריכוז והתכולה של כלוריד וחנקן בחלקי הצמח השונים. התכולה חושבה ע"י מכפלת הריכוז של המינרל באיבר מסוים במשקלו היבש של אותו איבר. מאחר ובניתוח דו גורמי לא נמצאה השפעת גומלין של הטיפולים הראשיים נתייחס רק להשפעות הטיפולים הראשיים. ריכוז החנקן באברי הצמח הושפע מהטיפולים ומחלקי הצמח השונים. ריכוז החנקן בעלים בכל הטיפולים היה בין 3.0 ל-4.0%, בגבעול בין 1.5 ל-2.6% ובפרי בין 1.4 ל-2.1%. מכאן שהשפעת הטיפולים על ריכוז החנקן בעלים קטנה באופן משמעותי בהשוואה לגבעול ולפרי (טבלה 4.1.8).

טיפול המליחות לא השפיעו על ריכוז או תכולת החנקן באף אחד מאיברי הצמח למעט ריכוז החנקן בפרי שעלה עם עליית המליחות מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה ב-2.4 ו-11%, בהתאמה (טבלה 4.1.8), מגמה אשר נצפתה גם במועדי הפירוק האחרים. טיפולי החנקן השפיעו באופן מובהק על ריכוזי החנקן בכל איברי הצמח. בעלים, עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה, מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה, עלה ריכוז החנקן ב-8 ו-27%, בהתאמה. בגבעול, אותה תוספת החנקן הביאה לעלייה של 33 ו-75%, בהתאמה ובפירות, עליית החנקן במי ההשקיה הביאה לעלייה של 24 ו-45%, בהתאמה. מכאן, שההשפעה המשמעותית של טיפולי החנקן על ריכוז החנקן הייתה בגבעול וההשפעה הפחות משמעותית הייתה בעלים (טבלה 4.1.8).

תכולת החנקן באיברי הצמח השונים הושפעה מטיפול החנקן ומהאיבר ולא הושפעה מטיפול המליחות. תכולת החנקן בעלים בכל הטיפולים הייתה בתחום שבין 968 ל-2105 מ"ג, בגבעול בתחום שבין 383 ל-1091 מ"ג ובפרי בין 1368 ל-1800 מ"ג. תכולת החנקן עלתה עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה בכל האברים אך שיעור העלייה בין האיברים אינו אחיד. בעלים לדוגמה, עם עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה, עלתה תכולת החנקן ב-36 ו-117%, בהתאמה. בגבעול עלתה תכולת החנקן ב-102 ו-184%, עם אותה תוספת חנקן, ובפרי עלתה תכולת החנקן ב-15 ו-31%, בהתאמה עם תוספת החנקן במי ההשקיה. מכאן, שהשפעת טיפולי החנקן על תכולת החנקן הייתה משמעותית יותר בגבעול מאשר בעלים ובפרי. תכולת החנקן הכוללת בצמח עלתה בצורה מובהקת עם כל תוספת של חנקן למי ההשקיה כאשר עם העלייה מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה עלתה תכולת החנקן ב-35 ו-83%, בהתאמה.

ריכוז הכלוריד בעלים בכל הטיפולים היה בין 0.6 ל-1.8%, בגבעול בין 1.3 ל-3% ובפרי בין 0.2 ל-0.4%. מכאן שריכוז הכלוריד בעלים לעומת שאר האיברים הושפע באופן משמעותי יותר מן הטיפולים (טבלה 4.1.9).

ריכוז הכלוריד ירד עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה ועלה עם טיפולי המליחות. בעלים, עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הורידה את ריכוז הכלוריד ב-20 ו-45%, בהתאמה. בגבעול ירד ריכוז הכלוריד ב-17 ו-37% עם עליית החנקן מהרמה הנמוכה לבינונית ולגבוהה, בהתאמה. בפירות מגמה נשמרה אך רק טיפול החנקן הנמוך נבדל מהגבוה וההבדל ביניהם היה של 22% (טבלה 4.1.9). בעלים עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 92 ו-175% בריכוז הכלוריד, בהתאמה. בגבעול עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 77 ו-119% בריכוז הכלוריד, בהתאמה. בפרי עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 42 ו-121% בריכוז הכלוריד, בהתאמה (טבלה 4.1.9).

תכולת הכלוריד בכל איברי הצמח הושפעה מטיפול המליחות, ומטיפול החנקן, רק בפרי. בעלים תכולת הכלוריד בכל הטיפולים הייתה בין 237 ל-635 מ"ג בעלים, בין 424 ל-1015 מ"ג בגבעול ובין 191 ל-322 מ"ג בפרי. בהם נצפה הבדל מובהק בין טיפול החנקן הנמוך לגבוהה כאשר תכולת הכלוריד בפירות בטיפול החנקן הגבוה ירדה ב-34% לעומת טיפול החנקן הנמוך. טיפול החנקן לא השפיע על סך תכולת הכלוריד בצמח. (טבלה 4.1.9).

טיפול המליחות השפיע על תכולת הכלוריד באברי הצמח השונים. הבדל המובהק היה בין טיפול המליחות הנמוך לשני טיפולי המליחות הגבוהים יותר. בעלים שלא כמו גבעולים ופירות, התקבלה עלייה מובהקת בתכולת הכלוריד עם כל עלייה במליחות מי ההשקיה, כאשר עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 112 ו-167% בתכולת הכלוריד, בהתאמה. בגבעול, אותה תוספת מליחות הביאה לעלייה של 139 ו-90% בתכולת הכלוריד, בהתאמה. בפרי אותה תוספת הביאה לעלייה של 44 ו-68% בתכולת הכלוריד, בהתאמה. מכאן, שהשפעת טיפולי המליחות על תכולת הכלוריד הייתה המשמעותית ביותר בעלים (טבלה 4.1.9). סה"כ תכולת הכלוריד בצמח הייתה גבוהה יותר בצורה מובהקת בטיפולי המליחות הבינונית והגבוהה לעומת המליחות הנמוכה. עליית הכלוריד במי ההשקיה מהרמה הנמוכה לבינונית והגבוהה הביאה לעלייה של 110 ו-107% בתכולת כל הכלוריד בצמח, בהתאמה.

טבלה 4.1.8 ריכוז ותכולה של חנקן באיברי הצמח השונים מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם ממועד דיגום שנעשה 80 יום משתילה.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז באיברים השונים (%)			תכולה באיברים השונים וסה"כ בצמח (מ"ג)			
N	NaCl	עלים	גבעול	פרי	עלים	גבעול	פרי	סה"כ
2.6	2	3.01	1.40	1.40	919	349	1299	2568
4.1	2	3.44	2.25	1.66	1388	818	1564	3772
8.3	2	3.98	2.78	1.96	2027	988	1965	4981
2.6	10	2.99	1.47	1.39	1017	542	1405	2965
4.1	10	3.20	1.86	1.71	1338	836	1768	3944
8.3	10	3.97	2.63	2.04	2346	1481	2018	5846
2.6	32	3.33	1.62	1.48	970	258	1399	2627
4.1	32	3.50	1.92	1.93	1223	671	1399	3294
8.3	32	3.98	2.44	2.17	1942	805	1412	4160
N	2.6	3.11 C	1.49 C	1.42 C	968 C	383 B	1367 B	2720 C
	4.1	3.38 B	1.99 B	1.76 B	1316 B	775 A	1577 AB	3670 B
	8.3	3.97 A	2.61 A	2.06 A	2105 A	1091 A	1799 A	4996 A
NaCl	2	3.47 A	2.20 A	1.67 B	1445 A	719 A	1610 A	3774 A
	10	3.38 A	1.98 A	1.71 AB	1567 A	953 A	1730 A	4253 A
	32	3.60 A	2.01 A	1.86 A	1378 A	578 A	1403 A	3360 A
NaCl*N		אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

טבלה 4.1.9. ריכוז ותכולה של כלוריד באיברי הצמח השונים מניסוי 2011 כתלות בריכוז חנקן ומליחות במי ההשקיה. הנתונים הינם אחד מצמחים שנדגמו 80 יום משתילה.

ריכוז במי ההשקיה (מילימולר)		ריכוז באיברים השונים (%)			תכולה באיברים השונים וסה"כ בצמח (מ"ג)			
N	NaCl	עלים	גבעול	פרי	עלים	גבעול	פרי	סה"כ
2.6	2	0.93	1.88	0.24	286	467	229	984
4.1	2	0.66	1.49	0.19	254	528	183	967
8.3	2	0.33	0.75	0.15	171	277	161	610
2.6	10	1.68	3.03	0.33	544	1073	319	1938
4.1	10	1.22	2.40	0.29	506	1050	300	1857
8.3	10	0.79	1.66	0.21	462	921	205	1589
2.6	32	2.03	3.25	0.41	593	510	397	1501
4.1	32	1.79	2.84	0.44	622	992	308	1923
8.3	32	1.45	2.79	0.41	693	919	259	1871
N	2.6	1.54 A	2.77 A	0.32 A	475 A	684 A	315 A	1474 A
	4.1	1.22 B	2.29 B	0.30 AB	461 A	857 A	264 AB	1582 A
	8.3	0.85 C	1.73 C	0.25 B	442 A	705 A	209 B	1357 A
NaCl	2	0.64 C	1.33 C	0.19 C	237 C	424 B	191 B	854 B
	10	1.23 B	2.36 B	0.27 B	504 B	1015 A	275 A	1795 A
	32	1.76 A	2.92 A	0.42 A	636 A	807 A	321 A	1765 A
NaCl*N		אין	אין	אין	אין	אין	אין	אין

ממוצעי הטיפולים התקבלו מחמש חזרות. ממוצעי הטיפולים הראשיים ותוצאות ניתוח שונות דו כיווני מוצגים בתחתית הטבלה. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הטיפולים ברמת מובהקות $\alpha < 0.05$.

התפלגות המינרלים באיברי הצמח השונים

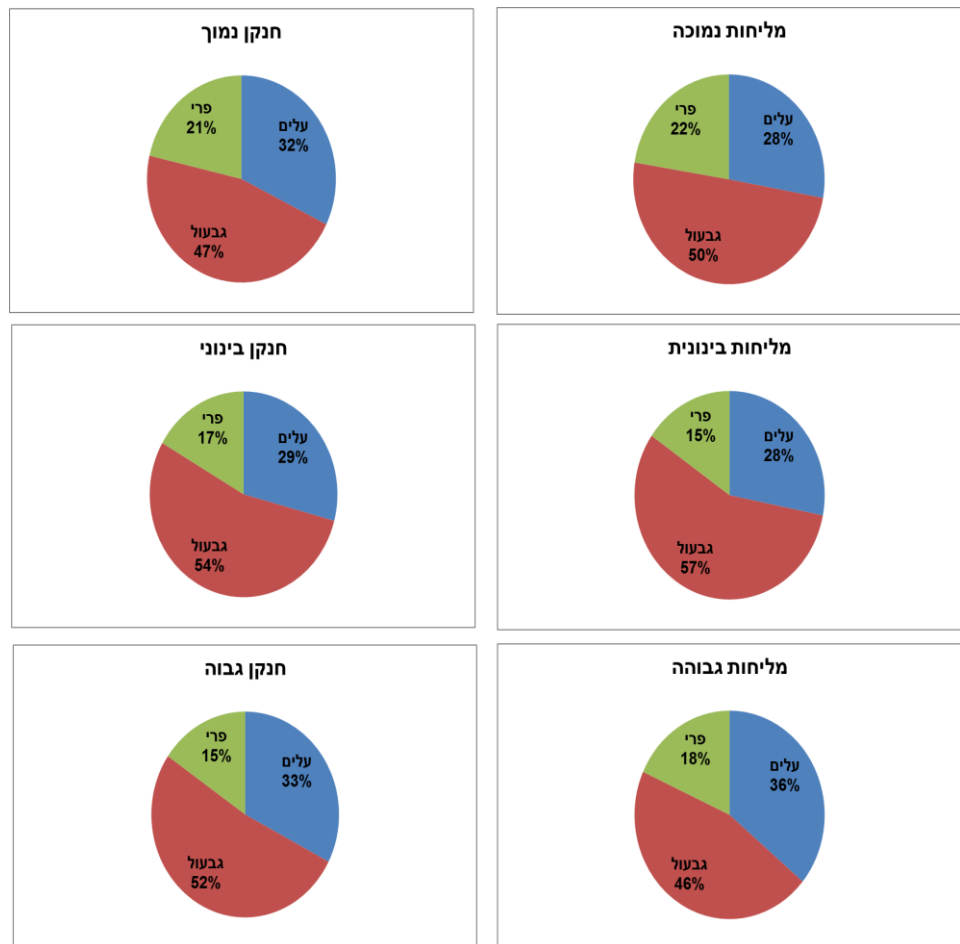
באיור 4.1.7 ו-4.1.8 מוצגים תוצאות התפלגות החנקן והכלוריד בין חלקי הצמח השונים במועד 80 ימים משתילה. התוצאות מוצגות עבור ממוצעי הטיפולים הראשיים מאחר ולא נמצא השפעת גומלין בין הטיפולים הראשיים. באופן כללי, חלוקת החנקן בין איברי הצמח לא הושפעה מטיפולי המליחות, כשבממוצע כ-42% אחוז מהחנקן נמצא בפרי, כ-19% בגבעול וכ-38% בעלים (איור 4.1.7A). שלא כמו טיפולי המליחות, טיפולי החנקן השפיעו על התפלגות החנקן בין אברי הצמח השונים. עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה יש מעבר יחסי של חנקן מהפירות אל הגבעול והעלים. בטיפול החנקן הנמוך, 50% מהחנקן בצמח נמצא בפרי לעומת 36% בטיפול החנקן הגבוה. לעומת זאת, בעלים ובגבעול ישנה עלייה מ-36% ל-42% ומ-14% ל-22% במעבר מריכוז חנקן נמוך לגבוה, בהתאמה (איור 4.1.7B).

התפלגות הכלוריד בצמח הייתה שונה מזו של החנקן (איור 4.1.8). בכל הטיפולים הגבעול הינו האיבר שבו נמצא רוב הכלוריד בצמח, כ-50%. עם עליית ריכוז החנקן במי ההשקיה ישנה מגמה בירידת הכלוריד בפירות משיעור של 21% בטיפול החנקן הגבוה ל-15% בטיפול החנקן הנמוך. במקביל ישנה עלייה בריכוז הכלוריד

בגבעול כאשר שיעור הכלוריד בעלים נשמר קבוע (4.1.8B). באיור 5.1.8A מוצגת התפלגות הכלוריד בצמח כפי שהושפעה מטיפולי המליחות. באופן כללי ניתן לראות שעם עליית המליחות חלקו היחסי של הכלוריד בפירות קטן וחלקו היחסי בגבעול ובעלים גדל.



איור 4.1.7. התפלגות החנקן באיברי הצמח השונים בשלושת רמות המליחות (A) ובשלושת רמות החנקן (B) במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן וכל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות.



B

A

איור 4.1.8. התפלגות הכלוריד באיברי הצמח השונים בשלושת רמות המליחות (A) ובשלושת רמות החנקן (B) במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן וכל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות.

דינמיקה של ריכוז המינרלים באיברי הצמח השונים

באיורים 4.1.9 ו-4.1.10 מוצגת דינמיקה של תכולת החנקן והכלוריד בכלל הצמח ובאבריו השונים. ובאיורים 5.1.11 ו-5.1.12 מוצגת הדינמיקה של ההתפלגות היחסית בין חלקי הצמח השונים של החנקן והכלוריד. מאחר ובניתוח דו גורמי לא נמצא השפעת גומלין בין הטיפולים העיקריים מוצגים ממוצעי הטיפולים העיקריים בלבד. באופן כללי ניתן לראות שאופי צבירת חנקן לאורך העונה באיברים השונים לא היה תלוי בטיפולי המליחות או החנקן. כמות החנקן בעלים ובגבעול עלתה עד ל-105 יום משתילה ולאחר מכן נשמרה קבועה ואילו בפירות נמשכה צבירת החנקן עד לסוף תקופת הגידול.

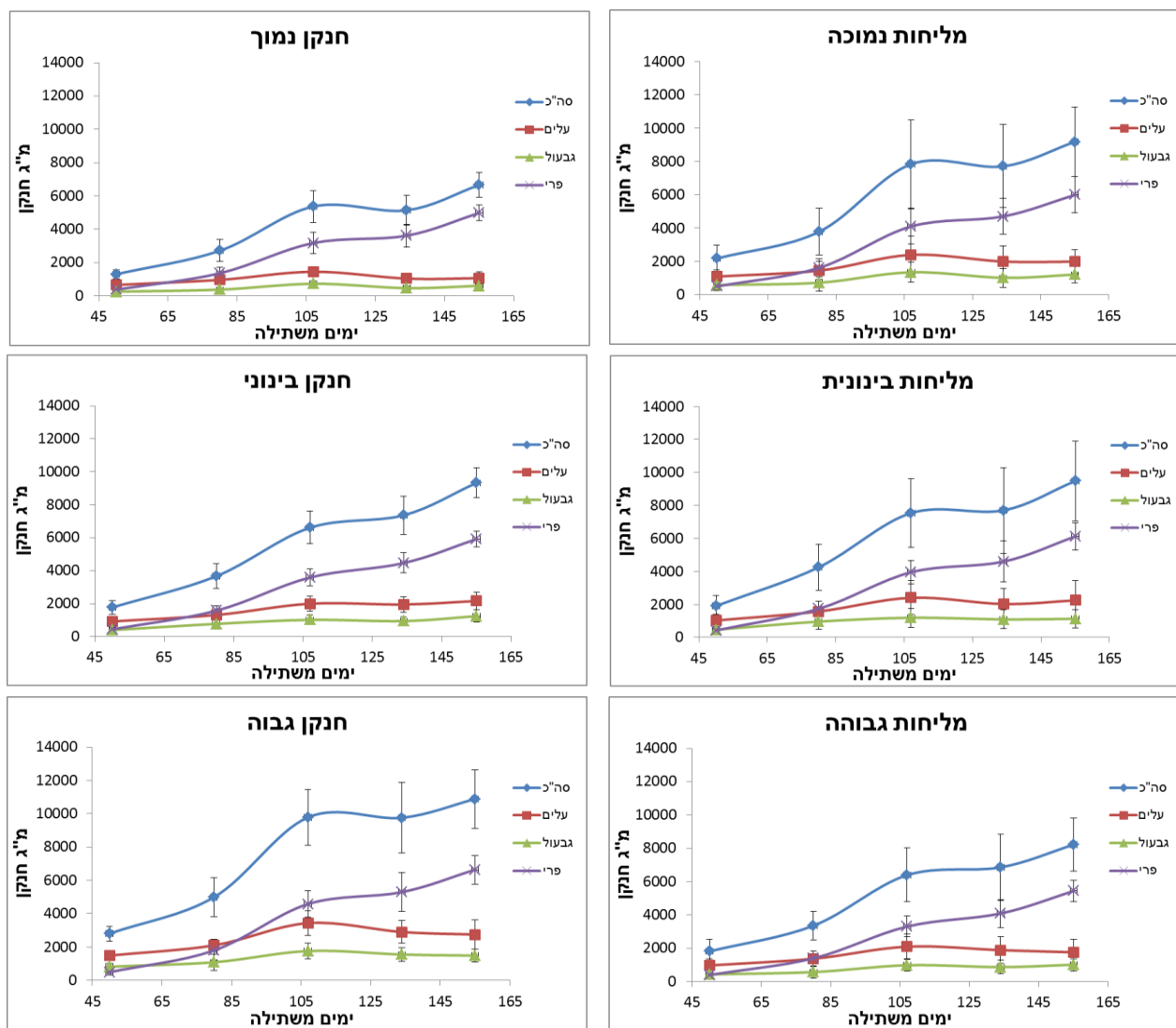
כמות החנקן המרבית בטיפולי המליחות הנמוכה בגבעול, עלים ופירות הייתה 1.2, 1.9 ו-5.9 גרם, בהתאמה וסה"כ 9.1 גרם. כמות החנקן המרבית בטיפולי המליחות הבינונית בגבעול, עלים ופירות הייתה 1.1, 2.2 ו-6.1 גרם, בהתאמה, וסה"כ 9.5 גרם. כמות החנקן המרבית בטיפולי המליחות הגבוהה בגבעול, עלים ופירות הייתה 1, 1.7 ו-5.4 גרם, בהתאמה, וסה"כ 8.9 גרם.

לעומת זאת, בטיפולי החנקן הכמות המרבית הלכה ועלתה עם העלייה בריכוז החנקן במי ההשקיה והערכים שהתקבלו עבור הגבעול, העלים והפירות בטיפול החנקן הנמוך היו: 0.6, 1.0 ו-5 גרם, בהתאמה וסה"כ 6.6 גרם. ועבור החנקן הגבוה הערכים שהתקבלו עבור הגבעול, העלים והפירות היו: 1.5, 2.7 ו-6 גרם, בהתאמה וסה"כ 11 גרם. (איור 4.1.9). באופן כללי, לאורך כל העונה נשמר היחס בין העלים לגבעול, כאשר החלק היחסי של החנקן בשני איברים אלו הלך וירד במהלך העונה. לעומת זאת החלק היחסי של החנקן בפירות מכלל החנקן של הצמח הלך ועלה לאורך העונה. בדיגום שנעשה 80 יום משתילה שיעור החנקן בפירות בטיפול החנקן הנמוך,

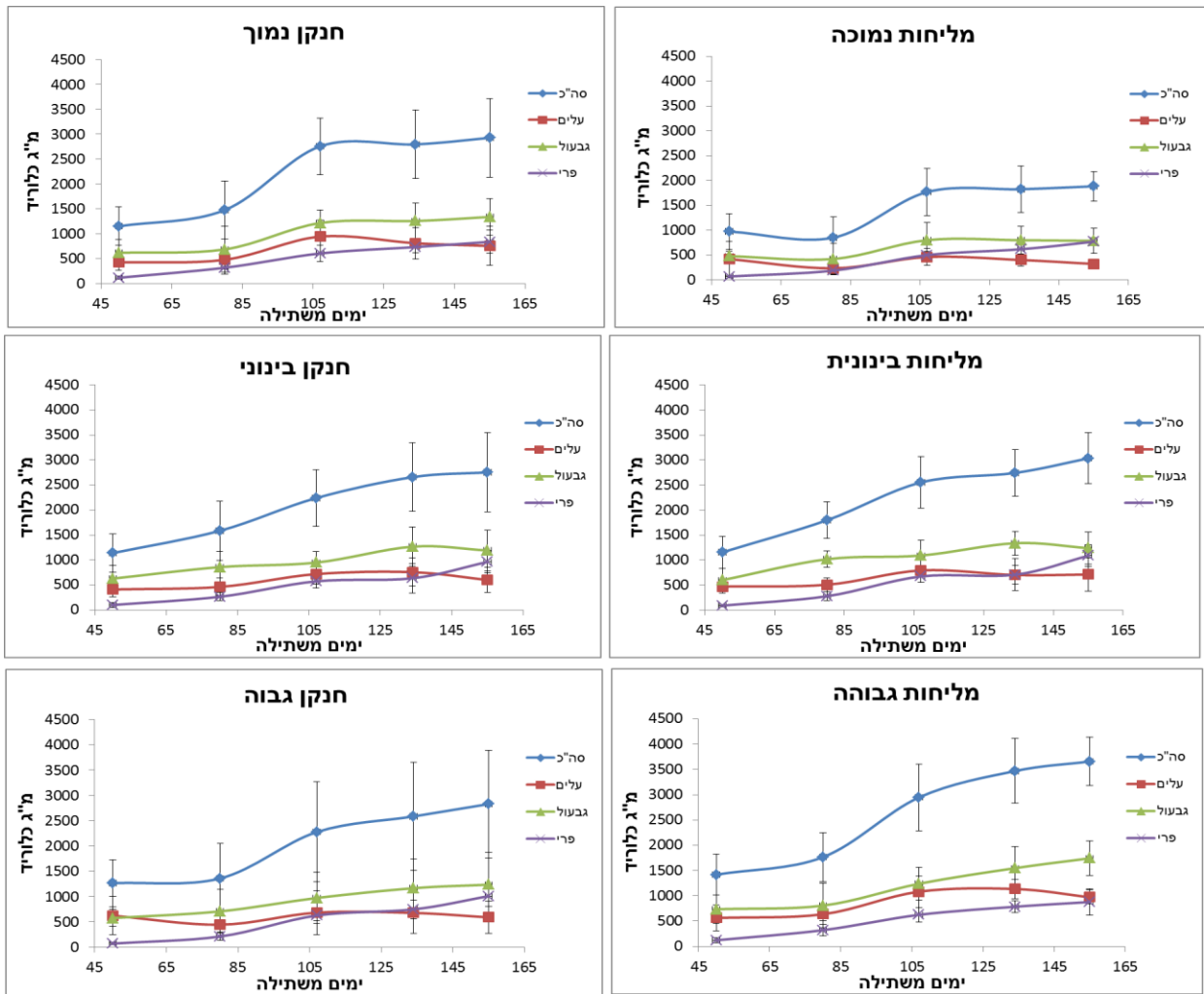
הינו 50% ובתום העונה הוא מגיע ל- 75%. ניתן להבחין שהפער בין החלק היחסי של החנקן בעלים והחנקן בפירות מצטמצם ככל שעולה ריכוז החנקן במי ההשקיה מהבדל של 59%-ל-36%.

כמות הכלוריד בטיפול המליחות הנמוכה עלתה עד 105 ימים משתילה ולאחר מכן נשמרה קבועה כאשר סך כל הכלוריד שנצבר בצמח הינו 1.8 גרם. במליחות הבינונית נמשכה צבירת הכלוריד עד לסוף תקופת הגידול כאשר הצבירה התרחשה בפירות, בהם הערך המקסימלי היה 1 גרם ואילו בעלים ובגבעול נשמרה כמות קבועה של 0.7 ו-1.3 גרם, בהתאמה, לאחר 105 ימים. בטיפול המליחות הגבוהה נמשכה צבירת הכלוריד גם בגבעול עד סוף עונת הגידול והגיעה לערך מקסימלי של 1.7 גרם (איור 4.1.10A).

בטיפול החנקן הנמוך צבירת הכלוריד התרחשה עד ל-105 ימים משתילה ולאחר מכן נשארה כמות קבועה כאשר סך הכלוריד שנצבר בצמח הוא 2.9 גרם. בטיפול החנקן הבינוני והגבוה נמשכה צבירת הכלוריד עד לתום עונת הגידול והגיעה לערכים מקסימליים של 2.7 ו-2.8 גרם, בהתאמה (איור 4.1.10B). ניתן לראות כי ללא קשר לטיפול או לשלב בעונת הגידול, 50% בקירוב מהכלוריד בצמח היה בגבעול. לאורך העונה, ירד חלקו היחסי של הכלוריד בעלים בכל הטיפולים, ואילו חלקו היחסי בפירות עלה.



איור 4.1.9. תכולת החנקן במשך הגידול באיברי הצמח השונים ובכלל הצמח בשלושת רמות המליחות (A) ובשלושת טיפולי החנקן (B) במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן וכל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות. הנתונים הינם ממוצעים חמש חזרות קווים אנכיים מייצגים סטית תקן.



B

A

איור 4.1.10. תכולת הכלוריד במשך הגידול באיברי הצמח השונים ובכלל הצמח בשלושת רמות המליחות (A) ובשלושת טיפולי החנקן (B) במי ההשקיה. כל רמת מליחות מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי החנקן וכל רמת חנקן מייצגת ממוצע של שלושת טיפולי המליחות. הנתונים הינם ממוצעים חמש חזרות קווים אנכיים מייצגים סטית תקן.

פרטי הדו"ח באנגלית

Pepper response to nitrogen under varied water quality

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

Bar-Tal A., Soryano S., Volcani Center, Agricultural Research Organization.

Cohen S., Oshoroviz A., Hashmonai D., Offenbach R., Cohen S., Zvieli Y., Tsabari I. - Central and Northern Arava-Tamar R&D