השפעת יסודות ההזנה על היבול והאיכות של עירית ובזיל.

חוקרים שותפים:

אורי ירמיהו, אינה פיינגולד, יוסוף אלדניפירי - מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת.
מירי טרגמן, דוד שמואל - מו"פ דרום.
גיא רשף, הילל מנור ומשה ברונר - שה"מ, משרד החקלאות.
שושנה סוריאנו -, המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי.
דני מור - מושב עין הבשור.

תקציר:

ענף צמחי התבלין הנו ענף מגוון ודינמי הן בשיטות האגרו-טכניות והן בשיווק. מרבית גידולי התבלין משווקים לייצוא. סוגיה מרכזית בפחת בתוצרת לייצוא מהווה גורם האיכות. איכות העירית נפגעת בעיקר בגלל הופעת קצוות יבשים בקצוות העלים. מטרת המחקר לגבש משטר דישון אופטימלי ליסודות המיקרו של גידול עירית ובזיל על מנת לקבל רמת יבול ואיכות מיטבית וכן לברר את הקשר בין הבורון לתופעת הקצוות היבשים בעירית. בניסוי מבוקר שבוחן את השפעה של גורמי הזנה שונים על גידול ואיכות עירית נמצא שירידה בחומציות תמיסת המצע ע"י יחס אמון/חנקה גבוה או החמצת מי ההשקיה גורמת לעליה ביבול הכללי בעירית שגדלה בחורף אך לירידה ביבול לעירית שגדלה בקיץ. תוצאות אנליזות העלים מרמזת על כך שבגידול החורפי העליה ביבול עם החמצת תמיסת המצע היא כתוצאה מקליטה מוגברת של זרחן ומנגן. בגידול הקיצי הירידה ביבול עם החמצת תמיסת המצע משמעותית ויכולה להיות כתוצאה מירידה בקליטת האשלגן (מחסור) או/ו עליה בקליטת מנגן (רעילות) אך גם מרעילות של אמוניום ו/או עליה רבה בחומציות בתמיסת המצע. יש לבסס מסקנות אלו. החמצת תמיסת המצע גרמה לעליה בשיעור העלים בעלי קצוות יבשים וע"י לפחיתה ביבול לשיווק בעקבות קליטה מוגברת של בורון. לפיכך מומלץ להימנע מהחמצת תמיסת מצע הגידול בתקופת הקיץ.

בטיפולים שבחנו את השפעת הבורון שבמי ההשקיה על יבול ואיכות העירית נמצא שעליה בריכוז הבורון במי ההשקיה גורמת לירידה ביבול ועליה בשיעור העלים בעלי קצוות יבשים. השפעת הבורון מתחילה כבר בריכוזי בורן נמוכים מ-0.5 ח"מ ומצביעה על כך שעירית היא גידול הרגיש לבורון. בגידול הקיצי קליטת הבורון גבוהה בשיעור ניכר בהשוואה לגידול החורפי מה שמעלה בצורה משמעותית את שיעור העלים בעלי קצוות יבשים. לפיכך מומלץ לבדוק את ריכוז הבורון שבמי ההשקיה ולהשקות במים בעלי תכולת בורון נמוכה בעיקר בתקופת הקיץ.

גידול בזיל כתלות בטיפולי החמצה נבחן במשך עונה אחת בלבד בתקופת אביב-קיץ 2004. טיפולי ההחמצה ע"י יחסי אמון חנקה שונים במי ההשקיה או החמצת מי ההשקיה לא השפיעו על היבול הטרי של הבזיל. החמצת מי ההשקיה שיפרה במעט את צבע הבזיל. טיפולי ההחמצה לא השפיעו או השפיעו במעט על ריכוזי חנקן, אשלגן, ברזל, אבץ ובורון בעלים, הורידו את ריכוזם בעלים של זרחן, מגניון, ומנגן והעלו את ריכוזם של נחושת וכלוריד. מהתוצאות הללו לא ברור מה הגורם לצבע כהה ביותר בטיפול המוחמץ.

מבוא:

ענף צמחי התבלין הנו ענף מגוון ודינמי הן בשיטות האגרו-טכניות והן בשיווק. מרבית גידולי התבלין משווקים לייצוא וההכנסות מסתכמות בכ-30 מיליון דולר (פו"ב). שטחי הגידול ברחבי הארץ משתרעים על כ- 5000 דונם מהם כ- 3000 דונם בבתי צמיחה מגוונים מבחינת תנאי הגידול האקלימיים, רמות וסוג הקרינה, סוג מצע הגידול ושיטות ההשקיה. כמחצית מהגידול בבתי הצמיחה מתבצע במצעים מנותקים. סוגיה מרכזית בפחת בתוצרת לייצוא מהווה גורם הצבע. איכות התוצרת במרבית גידולי התבלין נפגעת בשל מחסורי מיקרו-אלמנטים וזרחן הגורמים להצהבות. על מנת להימנע מתופעות מחסור אלה, התפתח משטר דישון בעודף של יסודות המאקרו והמיקרו הניתנים בריכוזים גבוהים מהדרוש. הדישון ניתן במערכת ההשקיה ו/או תגבור מצע הגידול במנות חד-פעמיות. ממשקי דישון אלה מגבירים תופעות אנטגוניסטיות בין יסודות שונים (לדוגמא: זרחן ומנגן) ולא אחת יוצרים רמות מליחות גבוהות במצע הגידול, הגורמות להפחתה בכמות ובאיכות היבולים. בנוסף, משפיעות רמות הדישון העודפות על רמת המלחים המודחים לעומק הקרקע ועל הגדלת הסיכויים לפגיעה במי התהום. קליטה אופטימלית של יסודות המיקרו והזרחן, נעשית בסביבת השורש בתנאים חומציים קלים (pH 5.5-6.5). לרמת חומציות זו בסביבת השורש ניתן להגיע בפרקטיקה החקלאית בשתי דרכים. האחת, הגברת ריכוז האמון בדשן כאשר עם קליטתו מוחמץ אזור בית השורשים. השניה, החמצת תמיסת ההשקיה אשר מחמיצה את נפח המצע עמו היא באה במגע לפרק זמן המותנה בכושר ההתרסה של מצע הגידול.

העירית הינה גידול מרכזי והכרחי בסל המוצרים בענף התבלינים הטריים המגיע ל-10 מליון דולר מתוך סה"כ היצוא של יותר מ-40 מליון דולר בשנה. יצוא סדיר של מיני תבלין אחרים תלוי בין היתר בהספקה סדירה של העירית, שכן קניינים רבים מוכנים לרכוש את מגוון המינים בתנאי שתסופק להם עירית איכותית כל השנה. את העירית מגדלים כיום בבתי צמיחה (מנהרות וחממות) באזורים שונים בארץ. העירית נקצרת מספר פעמים במשך העונה. עירית סובלת מטמפרטורות הקיץ הגבוהות עד כדי ירידת היבול לשליש. בנוסף קיימת תופעה של התייבשות קצוות העלים בעירית המופיעה בעלים בוגרים בעיקר בתקופת הקיץ. עלים בעלי קצוות מיובשים פסולים ליצוא דבר אשר מגביר את המחסורים בשיווק בתקופת הקיץ. בניסויים שנערכו על ידינו בעבר נמצא, שהופעת הקצוות היבשים בעירית אינה מושפעת בהכרח מתנאי הסביבה (עוצמת הקרינה וטמפרטורה) למרות השפעה משמעותית על היבול. בבדיקות של ההרכב המינרלי של הקצוות היבשים נמצא שריכוז של יסודות שונים (סידן, בורון, מנגן) גבוהה במידה ניכרת בהשוואה לקצוות בריאים. ניסויים מבוקרים בעציצים שנערכו על ידינו לאחרונה הראו לראשונה שעירית רגישה לבורון ומגיבה בירידה ביבול ובאיכותו מריכוז בורון מעל 0.5 ח"מ. ריכוז זה של בורון אינו גבוה ובמקרים רבים ריכוזו במי ההשקיה אף גבוה מערך זה. כמו כן נמצא, שרעילות הבורון מתחזקת עם התבגרות הצמח והעליה במספר הקצירים. שיעור העלים בעלי קצוות יבשים התגבר עם העליה בריכוז הבורון בעלים אשר מצטבר בקצוות העלים. בבחינה ראשונית להשפעת ריכוזם של יסודות קורט אחרים לא נמצאה השפעה על שיעור העלים בעלי קצוות יבשים אך נמצאה השפעה על היבול.

הבזיל (Sweet Basil; *Ocimum basilicum L.*) מהווה את אחד הגידולים העיקריים בסל התבלינים הטריים המיועדים ליצוא (כרבע מכלל היצוא בשנת 2003), ויש לו גם ביקוש רב בשוק המקומי. יצוא הבזיל מכוון ברובו לאירופה, שם הוא מבוקש מאד בעונת החורף. בנוסף, קיימת דרישה למוצר איכותי (ללא פגעים ומזיקים, בעל צבע ירוק וחיי מדף ארוכים) גם בעונות השנה האחרות. הרחבת היקף

ייצוא התבלינים הטריים מישראל מחייבת משלוחי ים במקביל למשלוחי האוויר שכן נפח התובלה האווירית מוגבל ומחירה גבוה.

מטרת המחקר לגבש משטר דישון אופטימלי ליסודות המיקרו של גידולי תבלין על מנת לקבל רמת יבול ואיכות מיטבית. במחקר יבחנו שני גידולי התבלין העיקריים: עירית, ובזיל.

מטרות המחקר היחודיות:

1. לבחון את השפעת טיפולי ההחמצה השונים על יבולם ואיכותם של עירית ובזיל.
2. לאתר הגורם/ים בהזנה המשפיע/ים על הירידה באיכות העירית (בעיקר תופעת הקצוות היבשים) ולמצוא דרכים לצמצם השפעתו/ם.

חומרים ושיטות:

במהלך המחקר שנמשך שלוש שנים התקיימו שלושה ניסויים אשר נערכו בחממה בחוות הבשור. בשנה הראשונה הוקמה התשתית. בשני הניסויים הראשונים גודלה עירית ובניסוי השלישי בזיל. שני ניסויי העירית היו במתכונת זהה בה נבחנו 12 טפולים ואילו בבזיל נבחנו 4 טיפולים שיפורטו בהמשך.

ניסויי עירית - צמחי עירית מזן פרג דנפילד גודלו במיכלי פוליסטירן (קלקר) באורך 100 ס"מ, רוחב 50 ס"מ ועומק 20 ס"מ. הצמחים גודלו במצע פרלייט 2 (גודל של 1.2 מ"מ). בכל מיכל נשתלו 33 צמחים בשלוש שורות. בניסוי הראשון צמחים נשתלו ב-7.10.02 (גידול חורפי) ובניסוי השני ב- 25.5.03 (גידול קיצי) הצמחים הושקו במערכת טפטוף. כל טיפול הוזן ממיכל של 1000 ל' אשר בתוכו הוכנה תמיסת השקיה סופית. השקיה נעשתה בעודף רב עם נקז של לפחות 50% בתדירות של עד 4 פעמים ביום. עד הקציר הראשון הושקו כל הטיפולים בתמיסה זהה אשר התבססה על שפר 5.3.8. תוצרת "דשנים וחומרים כימיים" ברמה של 2 ל' למ"ק. יישום הטיפולים החל לאחר הקציר הראשון. תמיסות הדשן המרוכזות הוכנו ע"י חברת "דשנים וחומרים כימיים בע"מ". תמיסות ההשקיה הכילו 100 ח"מ חנקן, 15 ח"מ זרחן, 120 ח"מ אשלגן, 0.3 ח"מ מנגן, 0.15 ח"מ אבץ, 0.022 ח"מ נחושת ו-0.016 ח"מ מוליבדן. ברזל ניתן בשתי רמות 0.5 ו-1.0 ח"מ. החמצה נעשתה ע"י תוספת של חומצה גופריתית. הניסוי הוצב בתבנית של בלוקים באקראי בחמש חזרות. נבחנו שלושה גורמים: יחסי אמון/חנקה 3 טיפולים (2.4, 0.8 ו-0.4), החמצה 2 טיפולים (5.0 ו-7.2), ברזל שני טיפולים (0.5 ו- 1.0 ח"מ) ובורון 5 טיפולים (0.25, 0.5, 1, 3 ו-6 ח"מ), בסה"כ 12 טיפולים. ערכי הטיפולים הממוצעים כפי שהתקבלו בבדיקות מי הטפטפת מוצגים בטבלה 1. לטיפולי הבורון הוספה ח' בורית לריכוז הרצוי כאשר נלקח בחשבון ריכוז הבורון במי הרקע. המוליכות החשמלית של תמיסות ההשקיה היתה בתחום של 2.0-1.8 דציסימנס למ'. מי טפטפת ונקז נאספו מכל הטיפולים מיידי שבוע ונקבעה בהם חומציות, מוליכות חשמלית, ריכוז אמון, חנקה, אשלגן, זרחן, ברזל ובורון. עירית נקצרה כשאורך עלים הגיע ל- 30-35 ס"מ. בכל קציר נערכו 4 קצירים. בניסוי הראשון ב: 22.12.02, 4.2.03, 11.3.03 ו- 8.4.03, ובניסוי השני: 10.7.03, 4.8.03, 4.9.03 ו-29.9.03. בכל קציר נקבע המשקל הטרי הכולל לחלקה. בדיקת איכות נעשתה על שני אגדים קבועים מכל חלקה. בבדיקה זאת נקבע אורך ממוצע, משקל 100 גבעולים באורך 5 ס"מ (מדד לעובי גבעול) ונערך מיון לקבוצות עלים בעלי קצה יבש ובריאים. לאחר שטיפה יובשו העלים בתנור ב- 65^0 C ונשקלו. ריכוז חנקן, אשלגן, וזרחן נקבעו בדיגומי הצמחים לאחר עיכול בחומצה גפריתית ומי חמצן. ריכוז בורון ומיקרואלמנטים נקבע בשיטה של שריפה יבשה בעזרת אזומיטין-H (בורון) וב-ICP. התוצאות נבחנו במבחן דו גורמי (טיפול וקציר) ברמת מובהקות 0.05 = α בעזרת תוכנת JUMP.

ניסויי בזיל - צמחי בזיל מזן פרי גודלו במערכת הגידול וההשקיה שתוארה עבור העירית. בכל מיכל נשתלו 16 צמחים בשתי שורות. צמחים נשתלו בחודש מרץ 2004 וגודלו ללא חימום. השקיה נעשתה בעודף רב עם נקז של לפחות 50% בתדירות של 4 פעמים ביום. יישום הטיפולים החל מיד לאחר השתילה.

בניסוי הנוכחי נבחנו 4 טיפולים 1-4 (טבלה 1). מי טפטפת ונקז נאספו מכל הטיפולים מיידי שבוע ונקבעה בהם חומציות, מוליכות חשמלית, ריכוזי אמון, חנקה, אשלגן זרחן וסידן. בזיל נקצר כשאורך עלים הגיע ל-30-35 ס"מ. נערכו 4 קצירים במועדים הבאים: 18.4.04 11.5.04, 30.5.04, ו-26.6.04. בקציר נלקחו גבעולים מייצגים לבדיקת צבע ב-SPAD ולאנליזה כימית של כל העלים. בדיקות נעשו כפי שתואר בניסויי העירית.

תוצאות ודיון:

ניסויים בעירית:

ערכי המוליכות חשמלית וריכוזי האשלגן בנקז לא השתנו באופן משמעותי בהשוואה לריכוזם במי הטפטפת. בשני הניסויים ריכוזי הזרחן והחנקן הכללי פחתו בכ-25 ו-10%, בהתאמה במי הנקז בהשוואה למי הטפטפת בניסוי הראשון ובשיעור פחות כבחצי עבור שני המינרלים בניסוי השני (תוצאות לא מוצגות). לעומת זאת, בשני הניסויים ריכוז הבורון במי הנקז עלה בהשוואה למי הטפטפת כאשר עליה משמעותית יותר התקבלה בניסוי הראשון (טבלא 2). ההבדלים העיקריים בין מי הטפטפת למי הנקז התקבלו בחומציות ומיני החנקן (טבלה 2). בכל הטיפולים עלה שיעור החנקה מכלל החנקן במי הנקז בהשוואה למי הטפטפת. בניסוי הראשון בטיפולים בו ניתן יחס אמון/חנקה גבוה וב-pH גבוהה (טיפולים 1 ו-5) עלה שיעור החנקה בנקז מכ-30% ל-63-68%. בשני יחסי האמון/חנקה האחרים (טיפולים 2, 3, 6 ו-7) מרבית החנקן בנקז נמצא כחנקה (טבלה 1). בניסוי השני נשמרו אותם מגמות אם כי שיעור החנקה בנקז היה נמוך יותר בהשוואה לטיפול הראשון. שינויים אלו בשיעור החנקה מכלל החנקן יכולים להיות כתוצאה מקליטה מועדפת של אמון ע"י הצמח ומניטריפיקציה של האמון. בשני התהליכים ישנה החמצה של מי המצע כפי שהדבר התבטא בירידת החומציות של מי הנקז בשני הטיפולים עם יחסי האמון/חנקה הגבוהים. לעומת זאת, בניסוי הראשון בלבד, בטיפול בו יחס האמון/חנקה נמוך (טיפולים 3 ו-7) מתקבלת מגמה הפוכה של עליה בחומציות מי הנקז בהשוואה למי הטפטפת שהיא כנראה כתוצאה מקליטה של חנקה. הורדת החומציות במי השקיה בתמיסות שבהם יחס האמון/חנקה נמוך (טיפולים 4 ו-8) נשמר יחס אמון/חנקה דומה בשני הניסויים. בניסוי הראשון התקבלה עליה קלה בחומציות במי הטפטפת ואילו בשני התקבלה ירידה קלה (טבלה 1). הבדלים בין שני הניסויים הם כנראה כתוצאה מעונת הגידול. בניסוי הראשון הגידול היה בתקופת החורף ואילו בשני בקיץ. הגידול בחורף מהיר ונמרץ מאשר בקיץ דבר שהשפיע כנראה על השינויים בתמיסה שבמצע הגידול.

טבלה 1. שיעור החנקה מכלל החנקן, החומציות וריכוז הבורון במי הטפטפת ומי הנקז בטיפולים השונים בשני הניסויים. ערכים מייצגים ממוצע שהתקבל ממדגמים שנלקחו אחת לשבוע.

טיפול מספר	ניסוי חורף – 2002/3						ניסוי קיץ 2003					
	שיעור חנקה (%)		pH		ריכוז בורון (ח״מ)		שיעור חנקה (%)		pH		ריכוז בורון (ח״מ)	
	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז
1	31	68	7.1	5.1			30	43	6.6	5.0		
2	57	94	7.1	6.5			55	71	6.6	5.5		
3	74	100	7.1	7.7			75	93	6.5	6.2		
4	71	82	4.9	5.4			70	69	4.9	4.7		
5	32	63	7.1	5.3			30	41	6.5	5.1		
6	58	96	7.0	6.4			54	73	6.7	5.4		
7	73	100	7.2	7.7	0.35	0.42	73	92	6.7	6.2	0.27	0.31
8	71	82	5.0	5.3			70	70	4.8	4.6		
9	75	100	7.1	7.8	0.59	0.64	73	90	6.6	6.0	0.47	0.50
10	72	100	7.1	7.7	1.06	1.15	76	93	6.7	6.0	0.91	0.95
11	72	100	7.1	7.6	3.05	3.52	75	92	6.7	6.0	2.81	2.93
12	72	100	7.1	7.8	5.76	6.31	74	91	6.7	6.1	5.52	5.81

השפעת יחסי אמון חנקה והחמצת תמיסת ההשקיה על יבול, איכות עירית וקליטת מינרלים

כל התוצאות שיובאו להלן מכל ניסוי התקבלו מארבעה קצירים עוקבים לאחר יישום הטיפולים. בטבלאות 3 ו-4 מרוכזים מדדי היבול והאיכות וריכוז היסודות בעלים של עירית, בהתאמה עבור שני הניסויים. הנתונים המוצגים בטבלאות 3 ו-4 מייצגים ממוצעים של הטיפולים הראשיים (שיעור חנקה מכלל החנקה, החמצה וברזל) מארבעת קצירים כפי שהתקבלו מניתוח שונות דו גורמי טיפול ראשי וקציר. בכל המקרים לא היתה השפעת גומלין בין טיפול ראשי לקציר ולכן מוצגים רק תוצאות הטיפולים הראשיים והקציר.

עירית גידול חודפי – מדדי האיכות והיבול הושפעו באופן מובהק משיעור החנקה שבתמיסת ההשקיה. היבול הכללי לקציר, היבול לשיווק, אורך ועובי העלים ירד עם העליה בשיעור החנקה. בארבעת המדדים הללו התקבל הבדל מובהק בין שני הטיפולים הקיצוניים כאשר עליה ל-74% חנקה מכלל החנקן גרמה לפחיתה של כ-11% ביבול הכללי ולשיווק בהשוואה לטיפול שבו שיעור החנקה היה 32% בלבד

(טבלה 2). בטיפול של 58% חנקה היתה ירידה של 7-8% ביבול הכללי ולשיווק שלא היתה שונה באופן מובהק מטיפול החנקה הגבוה. הפחיתה ביבול עם העליה בשיעור החנקה היא כתוצאה מעלים ארוכים יותר ועבים יותר (טבלה 2). שיעור העלים בעלי קצוות יבשים ירד במובהק עם העליה בשיעור החנקה מ-32% ל-58% לערכים של 9.7% ו-6.4%, בהתאמה, והתייצב בערך דומה גם כאשר שיעור החנקה עלה ל-74%. החמצת תמיסת ההשקיה השפיעה באופן דומה לירידה בשיעור החנקה. החמצת תמיסת ההשקיה גרמה לעליה מובהקת של כ-20% ביבול הכללי ולשיווק שהיא תוצאה מאורך ועובי עלים קטן יותר. בדומה לטיפול החנקה החמצת מי ההשקיה גרמה לעליה של כ- 29% בשיעור עלים בעלי קצוות יבשים (טבלה 2).

תוצאות ממוצעי ריכוזי המינרלים בעלים לארבע קצירים עבור שני הניסויים מוצגים בטבלה 3. בניסוי הראשון עליה בשיעור החנקה השפיעה באופן מובהק על ריכוז מרבית המינרלים שבעלים. יוצאי דופן הם האשלגן והמנגן שריכוזם בעלים לא הושפע. ריכוז החנקן, זרחן, ברזל בורון ונחושת ירד עם העליה בשיעור החנקה. אבץ הוא היסוד היחידי שריכוזו עלה עם העליה בשיעור החנקה. השפעת החמצת תמיסת מי ההשקיה על ריכוז המינרלים בעלים היתה זהה לירידה בשיעור החנקה (או עליה בשיעור האמון) בכל היסודות מלבד המנגן שבו החמצת מי ההשקיה גרמה לירידה בריכוזו בעלים. מכאן, שהעליה ביבול בגלל החמצת סביבת השורש יכולה להיות כתוצאה מעליה בקליטת החנקן, זרחן, ברזל בורון ונחושת, כל אחד מהיסודות הללו ביחד או לחוד יכול היה לגרום לעליה בגידול העירית במידה והוא/הם נמצאים במחסור. דיון רחב יותר בהתייחס לכל מינרל יעשה בהמשך.

עירית גידול קיצי – בדומה לניסוי הראשון בניסוי השני שיעור החנקה השפיע באופן מובהק על מדדי הגידול והאיכות. אלא שהשפעת טיפולי החנקה על היבול היה במגמה הפוכה. באופן כללי, ניתן לראות שעם העליה בשיעור החנקה התקבלה עליה ביבול (טבלה 2) עליה בשיעור החנקן ל-58 ו-72% גרמה לעליה ב-21 ו-30% ביבול הכללי, בהתאמה. עליה משמעותית יותר התקבלה עבור היבול לשיווק. העליה ביבול עם העליה בשיעור החנקה היא כתוצאה מעלים ארוכים ועבים יותר (טבלה 2). שני טיפולי החנקה הגבוהים נבדלו באופן מובהק מטיפול החנקה הנמוך בכל המדדים שנבדקו (טבלה 2). בדומה לניסוי הראשון עליה בשיעור החנקה גרמה לפחיתה בשיעור הקצוות היבשים. בשיעור של 25% בין שני הטיפולים הקיצוניים. החמצת תמיסת הגידול גרמה לירידה משמעותית ביבול הכללי ולשיווק בשיעור של 44 ו-40%, בהתאמה ועליה של 26% בשיעור הקצוות היבשים.

בניסוי השני ריכוזם של כל המינרלים הושפע מהשינוי בשיעור החנקה. ריכוזם של החנקן, הזרחן, הברזל, המנגן, הבורון והנחושת ירד באופן מובהק עם העליה בשיעור החנקה ואילו ריכוזם בעלים של האשלגן והאבץ ירד. השפעת החמצת מי ההשקיה היתה דומה לירידה בשיעור החנקה בכל המינרלים מלבד מנגן שבו התקבלה מגמה הפוכה ואבץ שלא הושפע (טבלה 3). מכאן, שלמרות שהיתה עליה בריכוזם של החנקן, הזרחן, הברזל, בורון ונחושת התקבלה ירידה ביבול. שני היסודות היחידים שעלו עם הירידה בחומציות הם אשלגן ואבץ (השפעת שיעור החנקה בלבד).

השוואה בין היבול של שני הניסויים מצביעה על יבול נמוך יותר בניסוי השני בהשוואה לניסוי הראשון שהוא כתוצאה מעובי העלים. עובי העלים בגידול הקיצי נמוך בכ-41% בהשוואה לגידול החורפי. בשני הניסויים נשמרה מגמה אחידה בין החמצת סביבת השורש ע״י שינוי ביחסי אמון/חנקה או החמצת מי ההשקיה לגידול צמחי הבזיל אך המגמה ביחס ליבול הטרי בין שני הניסויים היתה הפוכה. בעוד שבגידול החורפי החמצת סביבת השורש גרמה לעליה ביבול בגידול הקיצי ההחמצה גרמה לירידה ביבול. השפעת ההחמצה בקיץ היתה הרבה יותר משמעותית. שיעור הקצות היבשים מתחזק באופן משמעותי מאוד בגידול הקיצי בהשוואה לגידול החורפי. בחורף שיעור הקצוות היבשים הממוצע לניסוי ללא טיפולי הבורון היה כ-8% לעומת ערך של 31% בקיץ. השפעת החמצת תמיסת הגידול (ע״י יחסי אמון/חנקה או

החמצת מי ההשקיה) על שיעור הקצוות היבשים היתה זהה. בשתי עונות הגידול ההחמצה גרמה לעליה משמעותית בשיעור הקצוות היבשים. לפיכך, ניתן להחמיץ את תמיסת המצע בחורף אך רצוי להימנע מהחמצת תמיסת המצע בתקופת הקיץ.

עונת הגידול השפיעה על ריכוז המינרלים בעלים. בחלק מהמינרלים ערכי המינרלים בעלים היו שונים באופן משמעותי בין שני הניסויים בעוד שבאחרים ההבדל היה קטן. ההבדל בריכוז החנקן הממוצע בעלים בין הגידול החורפי והקיצי קטן מאוד. בגידול החורפי ממוצע בעלים בכל הטיפולים ללא טיפולי הבורון היה 4.03% לעומת 4.06% בגידול הקיצי. החמצת תמיסת הגידול גרמה לעליה קלה בקליטת החנקן (טבלה 3) אך מאחר וההשפעה על היבול היתה במגמה הפוכה (טבלה 2) ובנוסף מאחר והחנקן ניתן ברמה מיטבית במי ההשקיה בעודף מביאה למסקנה שהחנקן לא היה הגורם שהשפיע על היבול בשני הניסויים. ריכוז הזרחן בעלים היה שונה באופן משמעותי בין שני הניסויים. בגידול החורפי ריכוזו הממוצע בעלים היה 0.62% לעומת 0.83% בגידול הקיצי. בנוסף, להחמצת תמיסת הגידול היתה השפעה מובהקת וחזקה על קליטת הזרחן וריכוזו בעלים עלה משמעותית בשני הניסויים. החמצת תמיסת הגידול משנה את מיני הזרחן ובתחום החומציות שנבחן ירידה ב-pH מעלה את מיני הזרחן שנקלטים ע״י הצמח. נראה, שבגידול הקיצי זרחן לא היה הגורם המגביל אך יכול היה להיות הגורם המגביל בגידול החורפי שבו קליטתו ירדה משמעותית. העליה בקליטתו ע״י החמצת תמיסת הגידול יכלה לגרום לעליה ביבול. ריכוז האשלגן הממוצע בעלים לכל הטיפולים היה 4.3% לעומת 3.5% בגידול הקיצי. ירידה זאת משמעותית והיתה עקבית בכל הקצירים (טבלה 3). בעוד שבגידול החורפי לא היתה השפעה להחמצת תמיסת הגידול על היבול הרי בגידול הקיצי ההחמצה הקטינה את קליטת האשלגן וגם את היבול. מכאן, שבגידול הקיצי האשלגן יכול להיות גורם מגביל אשר משפיע על הגידול. אם אכן זה נכון יש לשקול הגברת ריכוז האשלגן בעונת הקיץ. נקודה זאת צריכה להבחן בנפרד לפני הסקת מסקנות יישומיות. הערך של ריכוז הברזל הממוצע בעלים היה דומה בין שני הניסויים 157.8 ו-149.2 מ״ג לק״ג בגידול החורפי והקיצי, בהתאמה. בדומה, גם השפעת החמצת תמיסת הגידול על ריכוז הברזל בעלים היתה דומה במגמה ובערכים. תוצאות אלו והעובדה שהעלאת ריכוז הברזל בתמיסת ההשקיה (תוצאות יוצגו בהמשך) לא השפיעו על היבול ושהיבול הגיב שונה בין העונות מרמזות שהברזל אינו גורם מגביל של הגידול בתחום הריכוזים שניתן במי ההשקיה והעליה בריכוזי בעלים בגידול החורפי אינה הגורם לעליה ביבול. בנוסף, הברזל בלט בתגובה לקציר כאשר בשני הניסויים ריכוזו בעלים הלך ועלה באופן משמעותי עם הקצירים. התנהגות זאת אינה מתאימה לשינוי ביבול עם הקצירים. ריכוז המנגן בעלים היה שונה באופן משמעותי בין שני הניסויים. בגידול החורפי ריכוז המנגן הממוצע היה 87.4 מ״ג לק״ג לעומת 142.2 בגידול החורפי. יתר על כן, תגובתו להחמצת תמיסת ההשקיה לא היתה עקבית. מהתוצאות שמוצגות בטבלה 3 ברור שהמנגן אינו גורם מגביל בגידול הקיצי אך יכול היה להיות גורם רעיל בגידול החורפי. אין בספרות נתונים על רמות רעילות של מנגן בעירית. הגידולים אחרים מאותה משפחה (בצל ושום) ריכוזים כאלו של מנגן בעלים גבוהים אך לא ברמה של רעילות. ריכוז האבץ הממוצע בין שני הניסויים היה דומה מאוד, 41 ו- 37 מ״ג לק״ג עבור הגידול החורפי והקיצי, בהתאמה. האבץ הוא המינרל היחידי שריכוזו בעלים ירד עם החמצת תמיסת הגידול. ההבדל המובהק אך הקטן בריכוזו בעלים בגידול הקיצי לא יכול להסביר את ההבדל ביבול. העובדה שאין הבדל בריכוז האבץ בעלים בניסוי החורפי בין הטיפולים של שיעור החנקה 32 ו-58% אך יש הבדל מובהק ביבול (טבלה 2) מחזקת את הדעה שהאבץ אינו הגורם המגביל בגידול הצמחים בתחום הריכוזים הללו שבעלים. ריכוז הבורון הממוצע בעלים עלה משמעותית בגידול הקיצי (62 מ״ג לק״ג) לעומת החורפי (31 מ״ג לק״ג). הבורון הינו מינרל שיכול להיות רעיל אך ערכים אלו בעונת הקיץ אינם גבוהים על מנת להסביר את הבדל בגידול בין העונות. תוצאות ודיון

בנקודה זאת יוצגו בהמשך על בסיס תוצאות טיפולי הבורון. בשתי עונות הגידול ריכוז הבורון בעלים עלה עם העליה בחומציות תמיסת הגידול באופן מובהק. בורון נקלט כחומצה בורית אשר הינה מולקולה לא טעונה ולכן התחרות עם יונים אחרים בתמיסה אינה יכולה להסביר ירידה זאת בקליטת הבורון. מאידך, העליה בחומציות מי המצע בעקבות הירידה ביחס האמון/חנקה (טבלה 1) מגבירה את הדיסוציאציה של חומצה בורית לבורט בתמיסת מי המצע. מאחר ובורט הינו יון אשר אינו נקלט ע״י הצמח כמות הבורון

שנקלטת ע״י הצמח קטנה. בגלל ההבדל הקטן בין הטיפולים ברור שהבורון אינו הגורם מגביל בגידול החורפי ולעומת זאת, אינו גורם לרעילות בגידול הקיצי. ריכוז הנחושת הממוצע בעלים בגידול הקיצי היה כפול בשיעורו מאשר בגידול החורפי 9.0 ו-4.5%, בהתאמה. בדומה לבורון בשני הניסויים נשמרה המגמה שהחמצת תמיסת הגידול בשתי השיטות הגבירה את ריכוז הנחושת בעלים. כפי שהוסבר עבור הבורון תחום זה של ריכוזי נחושת בעלים לא יכול להסביר מחסור בגידול הקיצי לעומת רעילות בגידול החורפי (טבלה 3).

בניסויים קודמים הראנו ששיעור הקצוות היבשים נמצא במתאם חיובי לריכוז הבורון בעלים. תוצאות הבורון בשני עונות הגידול מחזקות את תוצאות העבר ויש התאמה חיובית בין ריכוז הבורון בעלים לשיעור הקצות היבשים בין עונות הגידול ובהשפעת הטיפולים (טבלאות 3 ו-4). יש לציין שגם ריכוזי הנחושת והברזל בעלים נמצאים במתאם חיובי לשיעור הקצוות בדומה לבורון ביחס להשפעת הטיפולים. אך רק הנחושת דומה לבורון גם ביחס לעונות הגידול. שלא כמו הבורון, אין ראיות שברזל ונחושת בעודף מגבירים את שיעור הקצוות היבשים. דיון רחב יותר בהשפעת הבורון יעשה בהמשך.

לסיכום, על בסיס התוצאות שהתקבלו מאנליזת העלים ליסודות שנבדקו בשני עונות הגידול נראה שהחמצת תמיסת הגידול (ע״י העלאת שיעור האמון במי ההשקיה או החמצת מי ההשקיה) הגבירה את קליטה של זרחן ומנגן וע״י כך שיפרה את היבול בגידול החורפי. בגידול הקיצי החמצת תמיסת הגידול הקטינה את ריכוז האשלגן (אולי מחסור) בעלים אך העלתה את ריכוז המנגן (אולי רעילות) אשר יכולים להיות הסיבה לירידה ביבול. כאן המקום לציין שמאחר ולא נעשתה אנליזה לכל המינרלים יכול להיות שמינרלים נוספים הושפעו ע״י הטיפולים והשפיעו על היבול. מעבר לכך, הירידה ביבול כתוצאה מהחמצת תמיסת המצע יכולה להיות גם כתוצאה מרעילות ישירה של קליטה רבה של אמוניום בקיץ ו/או עליה בחומציות התמיסה בפני השורשים ברמה שיכולה להיות רעילה.

טבלה 2. תוצאות מדדי איכות ויבול של עירית כתלות בטיפולים השונים בשני הניסויים. הערכים מייצגים ממוצע של 4 קצירים שהתקבל מניתוח שונות דו גורמי: טיפול וקציר. הערכים המוצגים בקצירים השונים מייצגים ממוצע של כל הטיפולים במועד הנתון. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הערכים באותו הטיפול.

טיפול	יבול כללי (טון לדונם)	יבול לשיווק (טון לדונם)	גובה (ס"מ)	מדד עובי (ג"ר)	שיעור קצוות (%)
מדדי יבול ואיכות - ניסוי ראשון גידול חורפי					
שיעור חנקה					
32	1.45 A	1.12 A	32.1 A	11.16 A	9.65 A
58	1.34 AB	1.04 A	30.0 B	10.14 B	6.39 B
74	1.29 B	1.00 A	29.7 B	10.33 B	6.62 B
pH					
5.0	1.62 A	1.25 A	32.8 A	10.95 A	9.32 A
7.1	1.29 B	1.00 B	29.7 B	10.33 A	6.62 B
ברזל					
0.5	1.37 A	1.07 A	31.0 A	10.66 A	7.57 A
1.0	1.48 A	1.14 A	31.3 A	10.75 A	8.10 A
קציר					
1	1.36 B	1.10 B	32.0 B	9.02 C	8.22 A
2	1.02 C	0.77 C	27.4 C	7.86 D	9.12 A
3	1.00 C	0.75 C	28.2 C	11.31 B	5.60 B
4	2.32 A	1.79 A	36.9 A	14.38 A	9.11 A
מדדי יבול ואיכות - ניסוי שני גידול קיצי					
שיעור חנקה					
30	0.97 B	0.57 B	30.1 B	5.85 B	33.4 A
55	1.17 A	0.76 A	33.2 A	6.50 A	27.6 B
74	1.26 A	0.84 A	32.7 A	6.21 A	25.0 B
pH					
4.8	0.87 B	0.50 B	28.1 B	4.88 B	33.6 A
6.6	1.26 A	0.84 A	32.7 A	6.21 A	25.0 B
ברזל					
0.5	1.08 A	0.67 A	30.9 A	5.88 A	29.1 A
1.0	1.05 A	0.66 A	31.2 A	5.83 A	30.6 A
קציר					
1	1.29 A	0.87 A	32.4 A	6.10 A	25.0 C
2	1.16 AB	0.71 B	32.0 A	6.03 A	30.6 B
3	1.06 B	0.68 B	32.0 A	6.36 A	27.6 BC
4	0.78 C	0.41 C	27.1 B	5.00 B	39.9 A

טבלה 3. ריכוזי יסודות שונים בעלים של עירית כתלות בטיפולים השונים בשני הניסויים. הערכים מייצגים ממוצע של 4 קצירים שהתקבל מניתוח שונות דו גורמי: טיפול וקציר. הערכים המוצגים בקצירים השונים מייצגים ממוצע של כל הטיפולים במועד הנתון. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הערכים באותו הטיפול.

טיפול	ריכוז מינרלים בעלים							
	חנקן (%)	זרחן (%)	אשלגן (%)	ברזל (מ"ג לק"ג)	מנגן (מ"ג לק"ג)	אבץ (מ"ג לק"ג)	בורון (מ"ג לק"ג)	נחושת (מ"ג לק"ג)
ניסוי ראשון גידול חורפי								
שיעור חנקה								
32	4.13 A	0.68 A	4.20 A	173.3 A	92.2 A	33.6 B	34.5 A	4.23 A
58	3.97 B	0.59 B	4.22 A	128.1 B	87.0 A	33.8 B	29.6 B	3.84 A
74	3.96 B	0.55 C	4.29 A	117.9 B	91.0 A	53.9 A	28.4 B	3.26 B
pH								
5.0	4.04 A	0.65 A	4.36 A	211.8 A	79.3 B	42.9 B	31.1 A	6.72 A
7.1	3.96 A	0.55 B	4.29 A	117.9 B	91.0 A	53.9 A	28.4 B	3.26 B
קציר								
1	4.14 AB	0.53 C	4.27 B	103.5 A	90.1 A	34.4 B	25.5 A	3.99 B
2	3.78 C	0.57 C	3.91 C	---	---	---	31.9 B	---
3	4.16 A	0.64 B	4.22 B	167.5 B	85.5 A	43.9 A	30.6 B	4.06 B
4	4.02 B	0.72 A	4.67 A	202.3 C	86.5 A	44.7 A	35.9 A	5.52 A
ניסוי שני גידול קיצי								
שיעור חנקה								
30	4.17 A	0.91 A	3.28 B	180.4 A	185.2 A	35.3 B	70.3 A	6.78 A
55	4.16 A	0.89 A	3.72 A	142.2 A	147.6 AB	37.5 AB	62.5 B	6.38 A
74	4.06 B	0.78 B	3.77 A	96.5 B	133.6 B	38.3 A	57.9 C	4.81 B
pH								
4.8	3.98 A	0.89 A	3.15 B	178.6 A	104.5 B	38.3 A	61.6 A	8.87 A
6.6	4.06 A	0.78 B	3.77 A	96.5 B	133.6 A	38.3 A	57.9 B	4.81 B
קציר								
1	4.21 A	0.79 B	3.53 A	114.6 A	104.8 C	39.6 B	58.1 C	6.17 B
2	3.84 C	0.81 AB	3.41 A	133.0 AB	131.5 BC	33.2 C	61.2 AB	6.81 AB
3	3.99 B	0.86 A	3.41 A	156.9 B	150.7 AB	33.3 C	70.3 A	6.23 B
4	4.21 A	0.84 AB	3.57 A	192.4 B	184.7 A	43.7 A	62.8 B	7.73 A

השפעת ריכוז הברזל במי ההשקיה על יבול ואיכות עירית וקליטת מינרליים

העלאת ריכוז הברזל במי ההשקיה מ-0.5 ל-1 ח״מ לא השפיעה על היבול ואיכותו בכל הפרמטרים שנבדקו (טבלה 2). בנוסף, לא נמצאה השפעה לטיפול הברזל על ריכוז היסודות שנבדקו בעלים כולל לא על ריכוז הברזל בעלים (תוצאות לא מוצגות). מכאן, שבתנאי הגידול ובעיקר בממשק ההשקיה הנוכחי , ריכוז ברזל במי ההשקיה של 0.5 ח״מ הינו בתחום המירבי והעלה של עוד 0.5 אינה משפרת את קליטת הברזל. העובדה שריכוז הברזל בעלים הושפע באופן מובהק ומשמעותי מהחמצת תמיסת המצע (טבלה 3) מצביעה על מעורבות של מנגנון/ים שמגביר/ים את זמינות הברזל לצמח עם הירידה בחומציות בסביבת השורש ומעלים את יעילות קליטתו.

השפעת ריכוז הבורון במי ההשקיה על יבול ואיכות עירית וקליטת מינרלים

ריכוז הבורון במי הנקז היה גבוהה במעט ממי הטפטפת בשתי עונות הגידול (טבלה 1) ומכאן, שהעירית נחשפה לריכוזי בורון אחידים במהלך הגידול. בציור 1 מוצגים תוצאות ממוצע ארבעת הקצירים של היבול הכללי ולשיווק. היבול הכללי ולשיווק ירדו בצורה לוגריתמית עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה בשתי עונות הגידול. הירידה ביבול הכללי ולשיווק החלה כבר ברמות הנמוכות ביותר ובמתאם הלוגריתמי מצביע שההשפעה ברמות הבורון הנמוכות על הפחיתה ביבול חזקה מאשר בריכוזים הגבוהים. באופן כללי, עוצמת ההשפעה על היבול הכללי דומה בשתי העונות אלא שהיבול הכללי נמוך יותר בגידול הקיצי בהשוואה לחורפי. לעומת זאת, ביבול לשיווק עוצמת ההשפעה של הבורון במי ההשקיה גבוה יותר בגידול הקיצי וזאת כתוצאה מעליה משמעותית יותר בשיעור העלים בעלי קצוות יבשים (ציור 1ג). בגידול הקיצי ברמת הבורון הגבוהה ביותר היתה ירידה של 33% ביבול לשיווק לעומת 62% בגידול הקיצי. בשתי העונות עליה בריכוז הבורון במי ההשקיה הגבירה באופן ישר את שיעור העלים בעלי הקצוות היבשים. אלא ששיעור העלים בעלי קצוות יבשים בגידול הקיצי גבוהה בשיעור ניכר בהשוואה לגידול החורפי דבר שמתבטא בהבדל מובהק בחותך ובשיפוע של עקום התגובה.

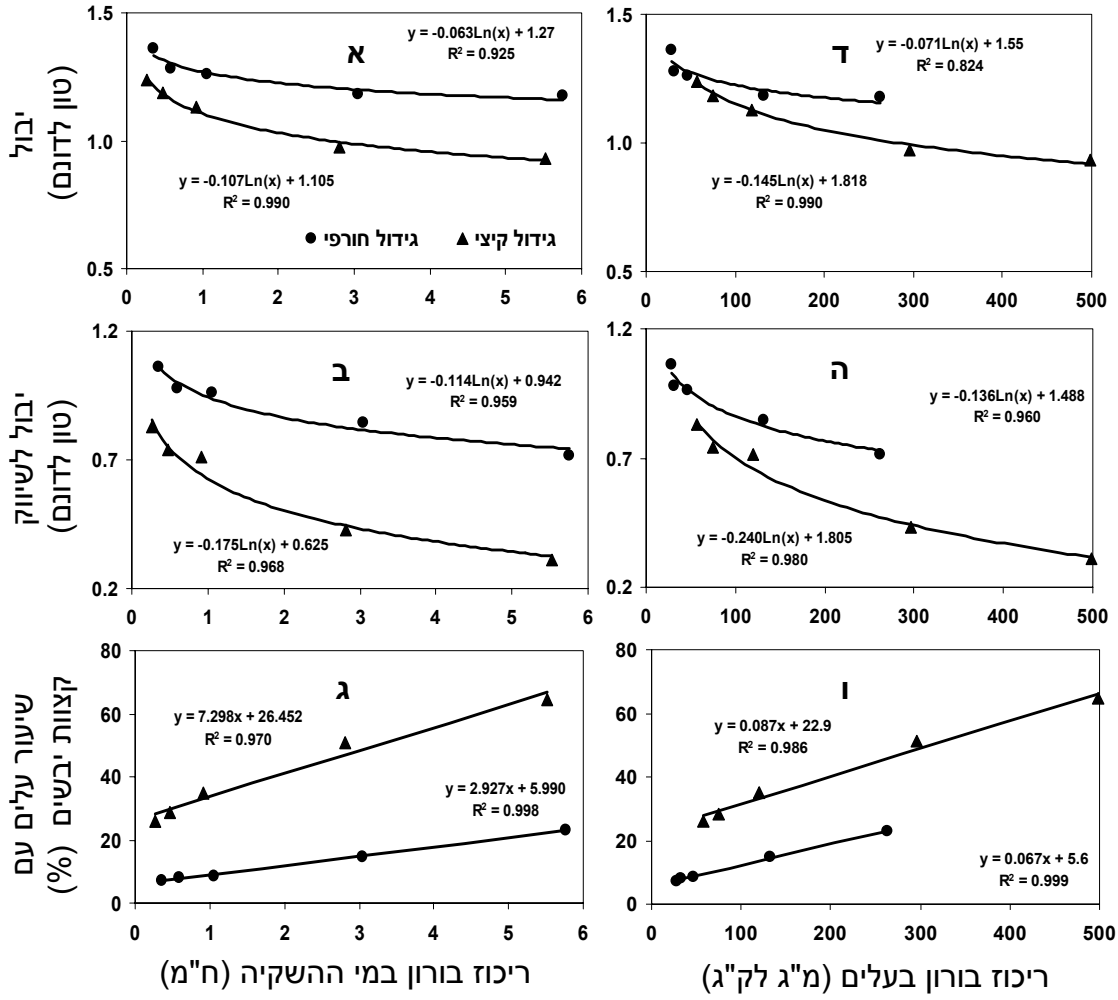
ריכוזי המינרלים בעלים: חנקן, זרחן, אשלגן, ברזל, מנגן, אבץ ונחושת לא הושפעו מריכוז הבורון שבמי ההשקיה (תוצאות לא מוצגות). לעומת זאת, כצפוי ריכוז הבורון בעלים הגיב באופן ישר וחיובי לריכוז הבורון במי ההשקיה בשתי העונות (ציור 2). ריכוז הבורון בעלים בגידול הקיצי גבוה בשיעור ניכר בהשוואה לגידול החורפי. הערכים המוצגים בציור 2 מייצגים ממוצע של ארבעת הקצירים בכל עונת גידול. הבורון נקלט כחומצה בורית כמולקולה בלתי טעונה ונע בצמח עם זרם הטרנספירציה. נראה שהעליה בריכוז הבורון בגידול הקיצי בהשוואה לגידול החורפי היא תוצאה של העליה בטרנספירציה אשר מניעה את הבורון בקצב מהיר יותר מהשורשים לנוף וע״י כך יוצרת הפרש גבוה יותר בין חוץ ופנים התאים אשר מגביר את הדיפוזיה של הבורון לתאי השורש. בציור 3א מוצג ריכוז הבורון הממוצע בקציר לכל טיפולי הבורון כתלות במועד הקציר לשני תקופות הגידול. ניתן לראות שריכוז הבורון בעלים הולך ועולה מפברואר ומגיע לשיאו בספטמבר ואחר כך מתחילה שוב ירידה בריכוז בעלים.

בציור 1ד מוצג היבול הכללי כנגד ריכוז הבורון בעלים. המגמות שהוצגו כנגד ריכוז הבורון במי ההשקיה נשארו דומות אלא שההבדל בין העונות קטן מה שמצביע שעקום התגובה מתאים יותר להצטברות בעלים ופחות לריכוז שניתן במי ההשקיה. מגמה דומה נשמרה גם בהצגת היבול לשיווק כנגד הריכוז בעלים (ציור 1ה). בציור 1ו מוצג שיעור העלים היבשים כנגד ריכוז הבורון בעלים. בשתי העונות

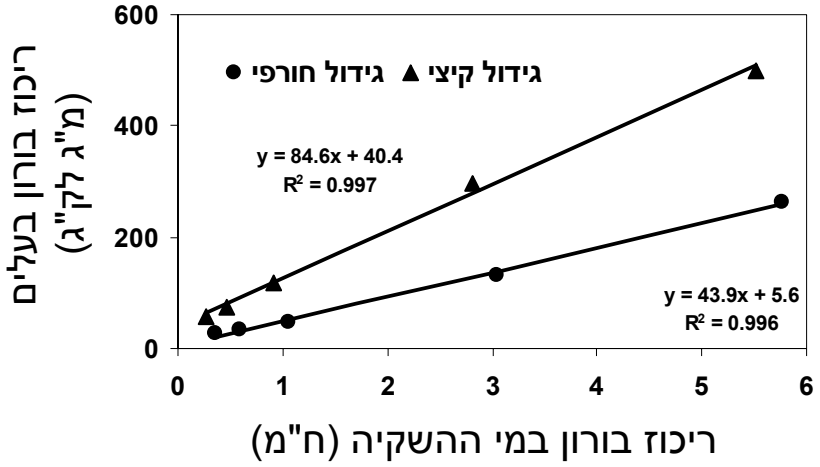
שיעור העלים היבשים עלה באופן ישר וחיובי לריכוז הבורון בעלים. אלא שיש הבדל ניכר בין שתי עונות הגידול כאשר כל עליה של 100 מ״ג לק״ג בורון בעלים גורמת לעליה של כ-7% ו-9% בשיעור העלים היבשים בגידול החורפי והקיצי, בהתאמה. התייבשות הקצוות היא תוצאה של הצטברות בורון בקצה שהוא החלק הבוגר ביותר. בבדיקות שעשינו בעבר הראנו שהבורון בקצה העלה גבוה בשיעור ניכר בהשוואה לשאר חלקי העלה וכן ששיעור הבורון בקצות של עלים יבשים גבוה בשיעור ניכר בהשוואה לעלים בריאים. נראה שהסיבה להבדלים בין העונות היא כתוצאה מהתפלגות שונה של בורון לאורך העלה כאשר בקיץ בגלל שיעור טרנספירציה יותר גבוה, הרבה יותר בורון מגיע לקצה וע״י כך מגביר את שיעור הקצוות היבשים. מכאן, שריכוז הבורון הכללי בעלים אינו יכול להוות מדד כמותי להערכת שיעור הקצוות ויש להניח שהקשר מושפע גם מתנאי הסביבה. בציור 3ב הוצגו ממוצע שיעור הקצוות היבשים לכל טיפולי הבורון בכל קציר כנגד מועד הקציר. ניתן לראות שבקציר מרץ התקבל שיעור הקצוות היבשים הנמוך ביותר והוא עולה או יורד לשני הכיוונים.

לסיכום, עליה בריכוז הבורון במי ההשקיה גורמת לירידה ביבול ועליה בשיעור העלים בעלי קצוות יבשים. השפעת הבורון מתחילה כבר בריכוזי בורן נמוכים מ-0.5 ח״מ ומצביעה על כך שעירית היא גידול הרגיש לבורון. בגידול הקיצי קליטת הבורון גבוהה בשיעור ניכר בהשוואה לגידול החורפי מה שמעלה בצורה משמעותית את שיעור העלים בעלי קצוות יבשים. לפיכך מומלץ לבדוק את ריכוז הבורון שבמי ההשקיה להשקות במים בעלי תכולת בורון נמוכה בעיקר בתקופת הקיץ.

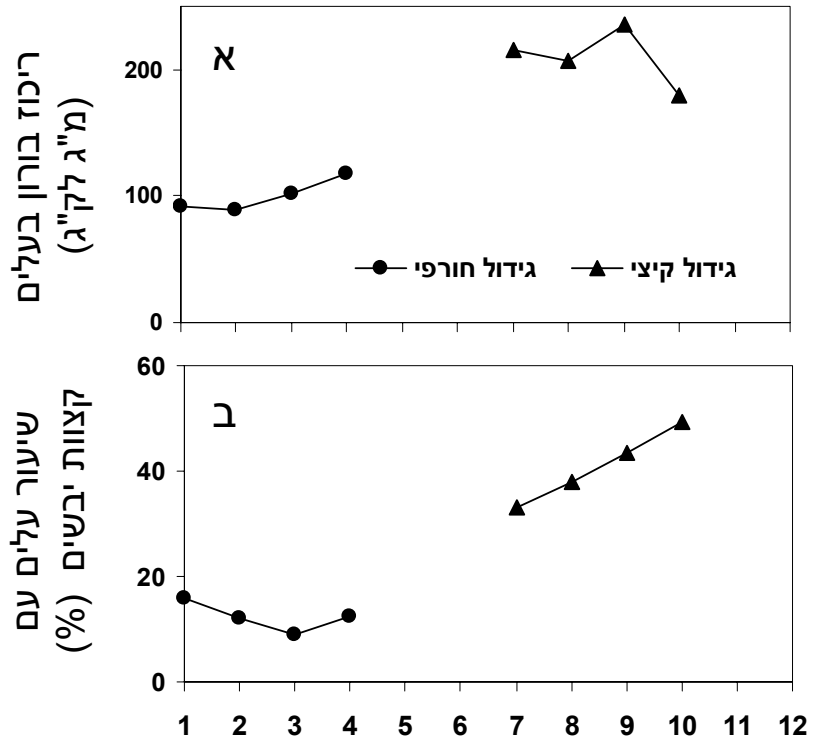
ציור 1. יבול כללי (חומר טרי), יבול לשיווק (חומר טרי), ושיעור עלים בעלי קצוות יבשים של עירית כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה וריכוז הבורון בעלים בשני הניסויים. הערכים מייצגים ממוצע של 4 קצירים של עירית בכל ניסוי. המשוואות והקווים מייצגים את המתאם המובהק הטוב ביותר בין הערכים הניסויים.



ציור 2. ריכוז בורון בעלים כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה בשני הניסויים. הערכים מייצגים ממוצע של 4 קצירים בכל ניסוי. המשוואות והקווים מייצגים את המתאם המובהק הטוב ביותר בין הערכים הניסויים.



ציור 3. השתנות ריכוז הבורון בעלים (א) ושיעור העלים בעלי קצוות יבשים (ב) במשך חודשי השנה. הערכים מייצגים ממוצע של כל טיפולי הבורון בקציר נתון.



4.2 ניסוי בבזיל

בטבלה 4 מרוכזים תוצאות ריכוזי החנקה והאמון והחומציות של מי הטפטפת והנקז בטיפולים השונים. שלושה טיפולים בחנו את השפעת יחס אמון חנקה (טיפולים 1-3 טבלה 4) בטיפולים אלו ריכוז החנקן במי הטפטפת היה 92-95 ח״מ כאשר שיעור החנקה הממוצע לכל תקופת הגידול שניתן במי הטפטפת היה 31, 55 ו-72% עבור טיפולים 1, 2 ו-3, בהתאמה. ריכוז החנקן הכללי הממוצע בכל תקופת הגידול בנקז היה נמוך עד 7 ח״מ בהשוואה למי הטפטפת. בשלושת הטיפולים ריכוז האמון עלה וריכוז החנקה ירד כך ששיעור החנקה הממוצע בכל תקופת הגידול במי הנקז היה גבוהה בהשוואה למי הטפטפת בכל הטיפולים והגיע לערכים של 47, 69 ו-88% עבור טיפולים 1, 2, ו-3, בהתאמה. העליה בריכוז החנקה במי הנקז בהשוואה לטפטפת היא כתוצאה מניטריפקציה במצע הגידול אשר גורמת לעליה בשיעור החנקה שבמי הנקז בהשוואה למי הטפטפת. גורם נוסף לעליה בחומציות הוא קליטה מועדפת של אמון. שני התהליכים הללו ביחד מעלים את חומציות תמיסת הגידול כפי שזה בא לידי ביטוי בירידה ב- pH של מי הנקז (טבלה 4). העליה בחומציות התמתנה עם העליה בשיעור החנקה כאשר בשיעור חנקה של 31% (טיפול 1) ה-pH ירד לערך של 5.4 לעומת 5.9 בטיפול 3 בו שיעור החנקה במי הטפטפת היה 72%. בטיפול ההחמצה שיעור החנקה הממוצע בטפטפת היה 69% כמו בטיפול 3. ריכוז החנקן במי הנקז היה נמוך בטיפול ההחמצה ב-6 ח״מ שהיו כתוצאה מירידה בריכוז החנקה. ריכוז האמון ושיעור החנקה בטיפול ההחמצה במי הנקז היו כבמי הטפטפת. החומציות במי הנקז היתה גבוהה במעט מאשר מי הנקז. באופן כללי תוצאות אלו של 4 הטיפולים דומים לערכים ובמגמה לאלו שהתקבלו בגידול עירית בתקופת הקיץ (טבלה 1). המוליכות החשמלית של מי ההשקיה היתה בממוצע לכל הטיפולים בכל תקופת הגידול 1.7 דציסימנס למ׳ ועלתה לערך של 1.8 דציסימנס למ׳ במי הנקז. ריכוזי הזרחן והאשלגן הממוצעים במי הטפטפת לכל הטיפולים היו 14.7 ו-97.5 ח״מ, בהתאמה. בשני יסודות אלו היתה ירידה קלה בריכוזם במי הנקז לערכים של 13.0 ו-87.1 ח״מ, בהתאמה. לעומתם, ריכוז הסידן במי הטפטפת היה 2.2 ח״מ ועלה לערך של 2.4 ח״מ.

לסיכום, בדומה לעירית, בגידול בזיל חומציות תמיסת מצע הגידול עלתה הן ע״י הגדלת שיעור האמון מכלל החנקן והן ע״י החמצת מי ההשקיה.

טבלה 4. ריכוז חנקה ואמון ושיעור ממוצע של החנקה מכלל החנקן, במי הטפטפת ומי הנקז בטיפולים השונים בניסוי בזיל שהתקיים בבשור ב-2004. הערכים מייצגים ממוצעים של מדידות שנעשו אחת לשבוע במשך כל תקופת הגידול.

	ריכוז חנקה		ריכוז אמון		ריכוז חנקן כללי		שיעור חנקה		pH	
	(ח״מ)						(%)			
	בטפטפת	בנקז	בטפטפת	בנקז	בטפטפת	בנקז	בטפטפת	בנקז	בטפטפת	בנקז
1	29	42	66	48	95	90	31	47	6.8	5.4
2	51	58	41	27	92	85	55	68	6.8	5.7
3	66	75	26	11	92	86	72	87	6.9	5.9
4	64	59	29	28	93	87	69	68	5.0	4.7

השפעת יחסי אמון חנקה והחמצת תמיסת ההשקיה על יבול, איכות עירית וקליטת מינרלים

התוצאות שיובאו להלן מניסוי הבזיל התקבלו מארבעה קצירים עוקבים לאחר יישום הטיפולים. בטבלה 5 מרוכזים היבול הטרי, עוצמת הצבע וריכוז היסודות בעלים של בזיל. הערכים בטבלה 5 מייצגים ממוצעים של הטיפולים הראשיים (שיעור חנקה מכלל החנקה והחמצה) מארבעת קצירים כפי שהתקבלו מניתוח שונות דו גורמי: טיפול ראשי וקציר. בכל המקרים לא היתה השפעת גומלין בין טיפול ראשי לקציר ולכן מוצגים רק תוצאות הטיפולים הראשיים והקציר.

עם הירידה *ב*שיעור החנקה שבמי ההשקיה ישנה ירידה קלה ביבול הטרי אך היא איננה מובהקת. מגמה דומה התקבלה בגידול העירית בתקופת הקיץ אך שם ההשפעה היתה מובהקת ומשמעותית. באופן דומה להחמצת תמיסת מי ההשקיה לא היתה השפעה על היבול (טבלה 5). צבע העירית הושפע מטיפולי החנקה. הצבע הכהה ביותר (39.1 ביחידות ספד) התקבל בטיפול עם שיעור חנקה של 55%. החמצת תמיסת ההשקיה גם היא גרמה לצבע כהה יותר באופן מובהק ערך 38.4 לעומת 37.1 ביחידות ספד בטיפול הלא מוחמץ. יש לציין שבסך הכל הצבע בכל ארבעת הטיפולים היה חזק וההבדלים למרות שמובהקים לא בלטו בשטח. בסך הכל בין הקצירים אין הבדל מובהק ביחס לצבע.

טיפולי יחסי אמון חנקה והחמצת מי ההשקיה השפיעו על ריכוז חלק מהמינרלים בעלים. בחלק מהמינרלים היתה ירידה עם החמצת תמיסת מצע הגידול בחלק היתה עליה ובחלק אחר הריכוז לא השתנה (טבלה 5). מאחר והיבול לא הושפע מהטיפולים הבדלים הללו בריכוזי המינרלים בעלים לא התבטאו בגידול. טיפולי יחסי אמון חנקה לא השפיעו על ריכוז החנקן שבעלי הבזיל ובסך הכל ריכוז החנקן היה בתחום של 3.2-3.3% הבדל מסוים ומובהק התקבל בין הקצירים אך בסה״כ ריכוז החנקן היה בתחום צר. ריכוז הזרחן בעלים היה גבוהה והגיע עד מעל 0.9% השפעה מובהקת התקבלה לטיפולי החנקה ולחומציות (טבלה 5). בשיעור הנמוך של חנקה ריכוז הזרחן היו 0.92%. ערך זרחן נמוך באופן מובהק התקבל גם בטיפול המוחמץ בהשוואה לטיפול הלא מוחמץ. תוצאות אלו מצביעות על כך שהחמצת תמיסת המצע הקטינה את קליטת הזרחן ע״י הבזיל. השפעת הטיפולים על ריכוז הזרחן בבזיל שונה מאלו שהתקבלו בעירית שבהם ריכוז הזרחן עלה עם העליה בחומציות. בתחום זה של חומציות מי הנקז צפויה עליה בזמינות מיני הזרחן שנקלטים יתכן שחומציות בסביבת השורש היתה הרבה יותר גבוהה (pH נמוך יותר) במקרה זה קליטת הזרחן תפחת. הערכים שמתקבלים בנקז יכולים לרמז על המגמה אך לא על הערך המדויק של החומציות מאחר והם תלויים בממשק ההשקיה: מידת השטיפה ותדירות ההשקיה. ריכוז האשלגן הממוצע בעלים בכל הטיפולים היה בתחום צר של בין 5.5- 5.8% ועלה במעט עם העליה בשיעור החנקה. הבדל מובהק התקבל רק עבור הטיפול עם שיעור החנקה הגבוהה ביותר שהיה גבוה משני הטיפולים האחרים. ריכוז האשלגן בעלים בטיפול המוחמץ היה מעט יותר גבוה אך לא מובהק. מגמות דומות התקבלו גם בגידול העירית בתקופת הקיץ (טבלה 3). ריכוז המגניון הושפע באופן מובהק מיחסי

אמון חנקה והחמצת מי ההשקיה עם הירידה בשיעור החנקה וההחמצה חלה ירידה בריכוז המגניון בעלים. ריכוז הכלוריד בעלים התנהג באופן הפוך למגניון השפעת החמצת תמיסת מצע הגידול הגדילה בשיעור ניכר ומובהק את ריכוזו בעלים. בסה"כ מגמות אלו של מגניון וכלוריד צפויות מאחר ומגניון קטיון שמתחרה עם הפרוטון בעוד הכלוריד הוא אניון שמתנהג הפוך. ריכוז הברזל בעלים לא הושפע מהטיפולים והיה בתחום של בין 82-85 מ"ג לק"ג. תוצאות אלו שונות באופן משמעותי מהתוצאות שהתקבלו בגידול עירית שם ריכוז הברזל הושפע מאוד מהחמצת תמיסת המצע. ריכוזי האבץ ומנגן עלו עם העליה בשיעור החנקה כאשר ברמה הגבוהה ביותר ריכוזם בעלים היה גבוהה באופן מובהק משני הטיפולים האחרים. החמצת מי ההשקיה השפיעה באופן דומה והורידה את ריכוזם בעלים אלא שהבדל מובהק התקבל עבור המנגן בלבד. תגובה דומה לטיפולים ביחס לאבץ התקבלה גם בגידול עירית ולגבי מנגן התגובה לטיפולים אינה קבועה (טבלה 3). ריכוז הבורון בעלים לא הושפע מיחס אמון חנקה ונשמר על ערך של 27-28 מ"ג לק"ג. לעומת זאת החמצת מי ההשקיה הקטינה את ריכוז הבורון בעלי בזיל באופן מובהק אם כי בשיעור קטן ביותר (טבלה 5). בעירית התקבלה מגמה הפוכה כאשר ריכוז הבורון עלה באופן מובהק עם החמצת תמיסת המצע הן על ידי יחס אמון חנקה והן ע"י החמצת מי ההשקיה. תוצאה בבזיל לגבי הבורון אינה ברורה. לעומת זאת, השפעת הטיפולים על ריכוז הנחושת בעלי הבזיל התנהגה באופן דומה לגידול העירית כאשר החמצת תמיסת המצע הגדילה באופן משמעותי ומובהק את קליטת הנחושת (טבלאות 3 ו-5).

לסיכום טיפולי ההחמצה לא השפיעו או השפיעו במעט על ריכוזי חנקן, אשלגן, ברזל, אבץ ובורון בעלים, הורידו את ריכוזם בעלים של זרחן, מגניון, ומנגן והעלו את ריכוזם של נחושת וכלוריד. מהתוצאות הללו לא ברור מי הגורם לצבע כהה ביותר בטיפול המוחמץ מאחר וחנקן, זרחן וברזל שלושת היסודות שיכולים להשפיע על עוצמת צבע בעלים לא הושפעו או הושפעו במגמה הפוכה בטיפול ההחמצה. היסוד היחידי שעלה ויכול להשפיע על עוצמת הצבע הוא הנחושת אבל עדיין לא ניתן להסביר מדוע בטיפול של 55% שיעור חנקה צבע העלים היה החזק ביותר בעוד ריכוז הנחושת היה נמוך בהשוואה לטיפול של 31% שיעור החנקה.

טבלה 5. יבול טרי, עוצמת צבע וריכוזי יסודות שונים בעלים של בזיל כתלות בטיפולים שונים בגידול שהתקיים באביב-קיץ 2004. הערכים מייצגים ממוצע של 4 קצירים שהתקבל מניתוח שונות דו גורמי: טיפול וקציר. הערכים המוצגים בקצירים השונים מייצגים ממוצע של כל הטיפולים במועד הנתון. אותיות שונות מייצגות הבדל מובהק בין הערכים באותו הטיפול.

טיפול	יבול (טון לדונם)	צבע יחידות ספד	ריכוז יסודות בעלים חנקן (%)	זרחן (%)	אשלגן (%)	מגניון (%)	כלוריד (%)	ברזל (מ"ג לק"ג)	מנגן (מ"ג לק"ג)	אבץ (מ"ג לק"ג)	בורון (מ"ג לק"ג)	נחושת (מ"ג לק"ג)
שיעור חנקה												
31	3.42 A	37.9 B	3.21 A	0.81 B	5.45 B	0.29 C	2.83 A	81.7 A	96.9 B	5.45 B	27.4 A	8.2 A
55	3.54 A	39.1 A	3.32 A	0.92 A	5.51 B	0.31 B	2.16 B	84.8 A	98.7 B	5.51 B	27.2 A	7.0 AB
72	3.68 A	37.1 B	3.27 A	0.92 A	5.78 A	0.35 A	1.53 C	85.9 A	108.3 A	5.78 A	27.8 A	6.5 B
pH												
5.0	3.54 A	38.4 A	3.28 A	0.85 B	5.61 A	0.31 B	2.63 A	89.3 A	80.5 B	5.61 A	24.7 B	13.5 A
6.9	3.68 A	37.1 B	3.27 A	0.92 A	5.78 A	0.35 A	1.45 B	85.9 A	108.5 A	5.78 A	27.7 A	6.4 B
קציר												
1	2.70 C	38.3 A	3.19 BC	0.80 C	5.12 C	0.34 A	2.31 A	74.7 C	90.5 A	5.12 C	22.9 C	7.3 A
2	3.42 B	37.8 A	3.45 A	0.96 A	6.37 A	0.31 AB	2.52 A	108.5 A	102.9 A	6.37 A	29.4 A	10.0 A
3	3.34 B	37.9 A	3.31 B	0.83 BC	5.70 B	0.29 B	2.02 A	75.0 C	92.1 A	5.70 B	26.4 B	8.2 A
4	2.33 A	38.3 A	3.12 C	0.91 AB	5.11 C	0.32 AB	2.34 A	83.5 B	91.0 A	5.11 C	28.3 A	9.7 A