השפעת יסודות ההזנה על היבול והאיכות של עירית בזיל וטרגון.

<u>חוקרים שותפים</u>:

אורי ירמיהו ואינה פיינגולד - מינהל המחקר החקלאי, מרכז מחקר גילת.
מירי טרגמן ודוד 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.

<u>תקציר</u>:

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 התוצרת במרבית גידולי התבלין נפגעת בשל מחסורי מיקרו-אלמנטים וזרחן הגורמים להצהבות. מטרת המחקר לגבש משטר דישון אופטימלי ליסודות המיקרו והזרחן של גידולי תבלין על מנת לקבל רמת יבול ואיכות מיטבית. השנה החל ניסוי מבוקר במו"פ דרום שבוחן את השפעה של גורמי הזנה שונים על גידול ואיכות עירית. הממצאים שהתקבלו עד כה מהקציר הראשון והשני בלבד מצביעים שהירידה ביחס אמון/חנקה מגבירה את היבול ומקטינה את שיעור העלים בעלי קצוות יבשים. מאידך, ירידה ביחס אמון חנקה גרמה לירידה בעוצמת הצבע. בשלב זה לא נמצאה השפעה לטיפולי הברזל והחומציות על יבול העירית ואיכותו במרבית המדדים. עליה בריכוז הבורון במי המצע פוגעת ביבול ואיכותו במרבית המדדים שנבחנו כבר בריכוזי בורון נמוכים יחסית. אנו צופים שהשפעת הבורון תתחזק עם העליה במספר הקצירים.

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 התיבשות 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.

מטרת המחקר לגבש משטר דישון אופטימלי ליסודות המיקרו והזרחן של גידולי תבלין על מנת לקבל רמת יבול ואיכות מיטבית. מטרות המחקר לשנת המחקר הנוכחית:

1. לבחון את ההשפעה של יחסי אמון חנקה והחמצת תמיסת ההשקיה על קליטת מינרליים, יבול ואיכות עירית.
2. לבחון את ההשפעה של קליטת ברזל על איכות עירית.
3. לבחון את ההשפעה של ריכוז בורון במי ההשקיה על יבול ואיכות עירית.

חומרים ושיטות:

הניסוי נערך בחממה בחוות הבשור. 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. צמחים נשתלו ב-7.10.02. 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 מנגאן, 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 (5.5 ו-7.2), ברזל שני טיפולים (0.5 ו- 1.0 ח״) ובורון 5 טיפולים (0.25, 0.5, 1, 3 ו-6 ח״מ), בסה״כ 12 טיפולים שמוצגים 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. ביום הקציר נערכה הערכה איכותית לצבע בסולם של 1 עד 3 כאשר 3 מבטא צבע כהה ביותר. 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 בבדיגומי הצמחים לאחר עיכול בחומצה גפריתית ומי חמצן. ריכוז בורון ומיקרואלמנטים נקבע בשיטה של שריפה יבשה בעזרת אזומיטין-H (בורון) וב-ICP. תוצאות נבחנו במבחן חד גורמי (טיפול) בבלוקים באקראי ברמת מובהקות $\alpha = 0.05$ בעזרת תוכנת JUMP.

טבלה 1. <u>רשימת טיפולים</u>.

טיפול מספר	יחס אמון/חנקה	חומציות	ריכוז ברזל (ח״מ)	ריכוז בורון (ח״מ)
1	**2.4**	**7.2**	**0.5**	**0.25**
2	**0.8**	**7.2**	**0.5**	**0.25**
3	**0.4**	**7.2**	**0.5**	**0.25**
4	**0.4**	**5.5**	**0.5**	**0.25**
5	**2.4**	**7.2**	**1.0**	**0.25**
6	**0.8**	**7.2**	**1.0**	**0.25**
7	**0.4**	**7.2**	**1.0**	**0.25**
8	**0.4**	**5.5**	**1.0**	**0.25**
9	**0.4**	**7.2**	**1.0**	**0.5**
10	**0.4**	**7.2**	**1.0**	**1.0**
11	**0.4**	**7.2**	**1.0**	**3.0**
12	**0.4**	**7.2**	**1.0**	**6.0**

<u>תוצאות ודיון:</u>

ערכי המוליכות חשמלית וריכוזי האשלגן בנקזים לא השתנו באופן משמעותי בהשוואה לריכוזם במי הטפטפת. ריכוזי הזרחן והחנקן הכללי פחתו בכ-25 ו-10%, בהתאמה במי הנקז בהשוואה למי הטפטפת. לעומת זאת, ריכוז הבורון במי הנקז עלה בהשוואה למי הטפטפת (טבלה 2). השינויים עיקריים התקבלו בחומציות וצורת החנקן במי הנקז בהשוואה למי הטפטפת (טבלה 2). בכל הטיפולים עלה שיעור החנקה מכלל החנקן במי הנקז בהשוואה למי הטפטפת. בטיפולים בו ניתן יחס אמון/חנקה גבוה ובחומציות גבוהה (טיפולים 1 ו-5) עלה שיעור החנקה בנקז מ-29% ל-65-66%. בשני יחסי האמון/חנקה האחרים (טיפולים 2, 3, 6 ו-7) מרבית החנקן בנקז נמצא כחנקה (טבלה 2). 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 בשני הטיפולים עם יחסי האמון/חנקה הגבוהים. לעומת זאת, בטיפול בו יחס האמון/חנקה נמוך (3 ו-7) מתקבלת מגמה הפוכה של עליה בחומציות מי הנקז בהשוואה למי הטפטפת שהיא כנראה כתוצאה מקליטה של חנקה. הורדת החומציות

התמיסות שבהם יחס האמון/חנקה נמוך (טיפולים 4 ו-8) שמרה על חומציות מי השקיה ועל יחס אמון/חנקה דומה במי הטפטפת (טבלה 2), כנראה כתוצאה מעיכוב בתהליך הניטרפיקציה וירידה בקליטת האמון ע״י הצמח.

כל התוצאות שיובאו להלן התקבלו בקציר הראשון לאחר יישום הטיפולים מלבד השפעת הטיפולים על צבע שנעשתה לפני הקציר השני ושתוצאותיו ביחס לגורמים האחרים לא עובדו עדיין. יחס אמון/חנקה בתמיסה ההשקיה לא השפיע על ריכוז החנקן והזרחן בעלים אך השפיע באופן מובהק על ריכוז האשלגן והבורון בעלים. עם הירידה ביחס אמון חנקה מ-2.4, ל-0.8 ו-0.4 עלה ריכוז האשלגן בעלים מ-3.8 ל-4.3 ו-4.53 מ״ג לק״ג, בהתאמה. קליטת האשלגן התגברה כתוצאה מירידה בריכוז האמון אשר מתחרה בקליטתו עם האשלגן. מגמה הפוכה ומובהקת התקבלה ביחס לבורון (ציור 1ג) כאשר ריכוזו קטן עם הירידה ביחס אמון חנקה. 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 2) 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. יבול עירית, שיעור העלים הבריאים ושיעור העלים עם קצוות יבשים כתלות בשיעור החנקה במי ההשקיה מוצג בציור 1. עם העליה בשיעור החנקה (ירידה ביחס אמון/חנקה) עולה היבול ושיעור העלים הבריאים באופן מובהק (1א, 1ב), אך פוחת שיעור העלים בעלי קצוות יבשים (1ד). מאחר ואין בידינו בשלב זה את כל תוצאות אנליזות היסודות בעלים, לא ניתן לייחס את העליה ביבול לעליה בריכוז האשלגן בעלים בלבד. שיעור הירידה בקצוות היבשים הינה כנראה כתוצאה מירידה בקליטת הבורון. ביסוס לטענה זאת יעשה בהמשך.

עובי הגבעולים לא הושפע מיחס אמון/חנקה בתמיסת מי ההשקיה. מאידך, ישנה ירידה משמעותית ומובהקת בעוצמת צבע העירית עם העליה בשיעור החנקה בעיקר בטיפול עם תכולת חנקה הגבוהה ביותר (2ב). העובדה שהורדת החומציות שיפרה את עוצמת הצבע (ציור 2ד) מבלי להשפיע על היבול (תוצאות לא מוצגות) מרמזת שהשינויים בחומציות שבמי המצע הם הגורם לירידה בעוצמת הצבע עם העליה בשיעור החנקה ולא עליה בצימוח. ירידה בחומציות מי המצע משפרת קליטה של מינרלים שונים בעיקר זרחן, ברזל אבץ ומנגן אשר יכולים להשפיע על צבע העלים. נראה שבתנאים אלו הזרחן והברזל אינם מעורבים מאחר וריכוזי הזרחן בעלים לא נבדלו בין יחסי האמון/חנקה השונים, ועליה בריכוז הברזל לא השפיעה על עוצמת הגוון (ציור 2ג).

טיפולי הברזל לא השפיעו בשלב זה על היבול ואיכותו, ועל ריכוז חנקן, אשלגן, זרחן ובורון בעלים. באופן דומה לא נמצא השפעה מובהקת לטיפולי ההחמצה מלבד השפעה על עוצמת הצבע (ציור 2ד). יש להמתין לתוצאות בדיקות העלים ליסודות האחרים והקצירים הבאים על מנת לגבש את המסקנות לגבי טיפולים אלו.

השפעת ריכוזי הבורון על יבול ואיכות העירית מוצגים בציור 3. עם העליה בריכוז הבורון התקבלה ירידה ביבול החומר הטרי ושיעור העלים הבריאים (ציור 3א). תוצאות הניסוי מצביעות שהירידה מתחילה החל מ- 0.5 ח״מ. אנו מצפים שהשפעת טיפולי הבורון תתחזק עם העליה במספר הקצירים. טיפולי הבורון לא

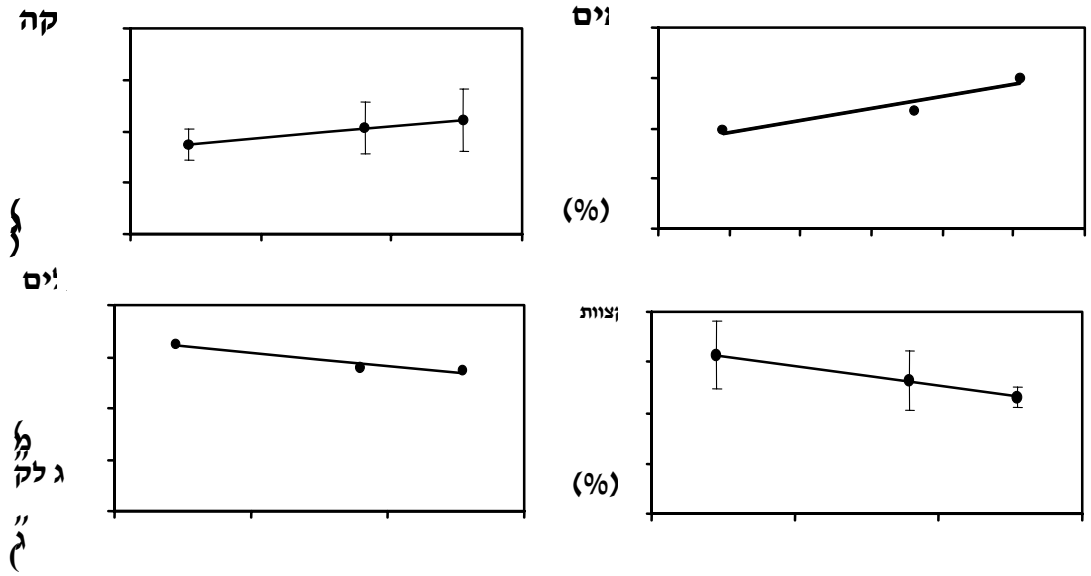
השפיעו על ריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בעלים (תוצאות לא מוצגות). כצפוי ריכוז הבורון בעלים נמצא במתאם קווי חיובי (ציור 3ג). בשלב זה לא נמצאה השפעה לטיפולי הבורון על עובי הגבעול (תוצאות לא מוצגות) אך ישנה השפעה מובהקת לעוצמת הצבע (ציור 2א) ושיעור העלים בעלי קצוות יבשים (3ד). בשני מדדים אלו עליה בריכוז הבורון גורמת לירידה באיכות עלי העירית הראויים לשיווק. אנו צופים שמגמות אלו יתחזקו בקצירים הבאים.

לסיכום הוצב ניסוי שבוחן את ההשפעה של גורמי הזנה שונים על יבול ואיכות עירית. הממצאים שהתקבלו עד כה מהקציר הראשון והשני בלבד מצביעים שהירידה ביחס אמון/חנקה מגבירה את היבול ומקטינה את שיעור העלים בעלי קצוות יבשים. מאידך, ירידה ביחס אמון חנקה גרמה לירידה בעוצמת הצבע. בשלב זה לא נמצאה השפעה לטיפולי הברזל והחומציות על יבול העירית ואיכותו במרבית המדדים. עליה בריכוז הבורון במי המצע פוגעת ביבול ואיכותו במרבית המדדים שנבחנו כבר בריכוזי בורון נמוכים יחסית. אנו צופים שהשפעת הבורון תתחזק עם העליה במספר הקצירים.

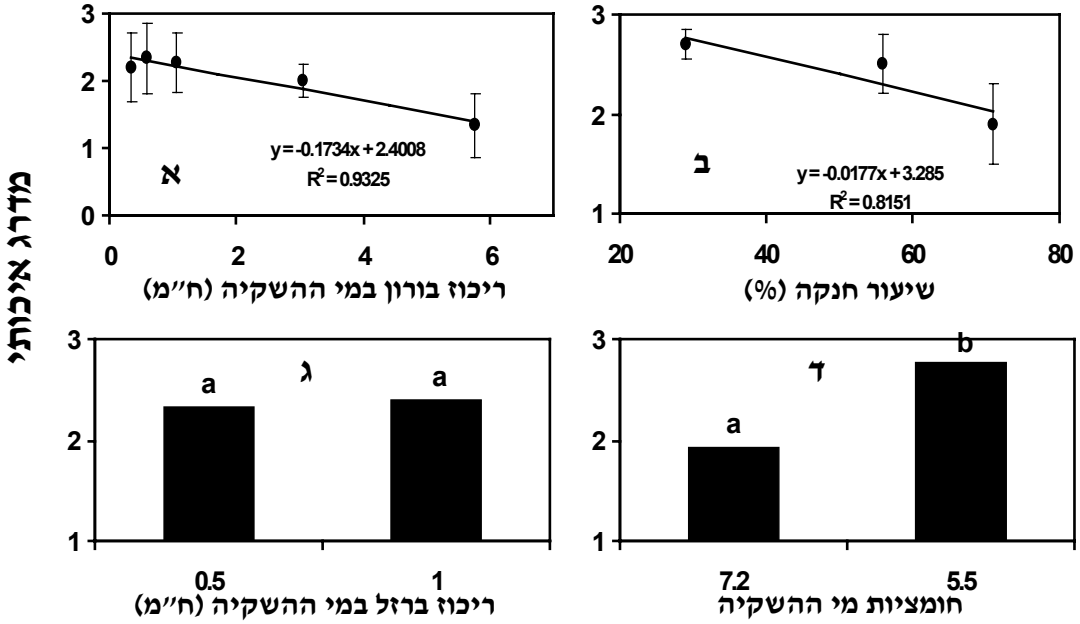
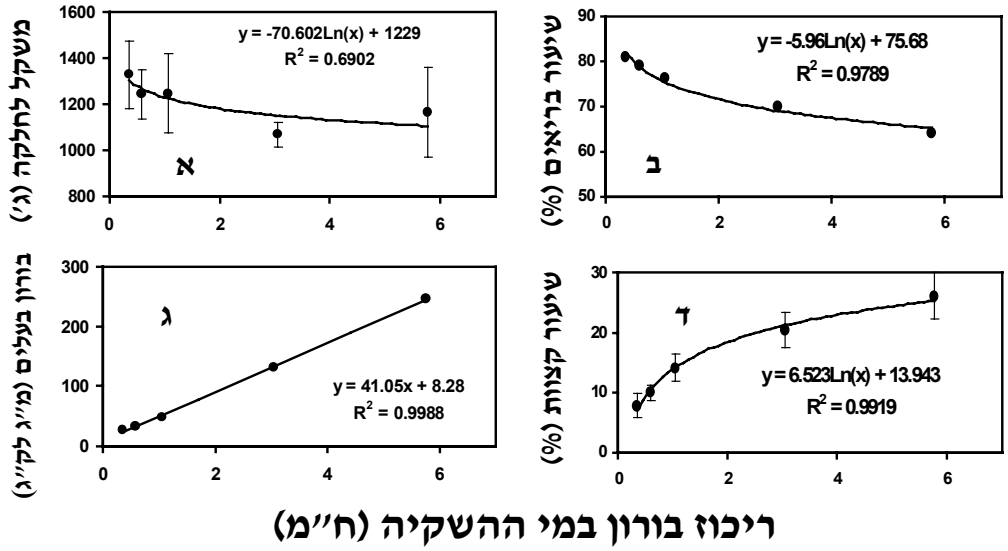
טבלה 2. שיעור חנקה מכלל החנקן, חומציות וריכוז הבורון במי הטפטפת ומי הנקז בטיפולים השונים.

טיפול מספר	שיעור חנקה (%)		חומציות		ריכוז בורון (ח״מ)	
	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז	מי טפטפת	מי נקז
1	**29**	**65**	**7.2**	**5.4**		
2	**56**	**93**	**7.2**	**5.7**		
3	**71**	**100**	**7.2**	**7.6**		
4	**71**	**81**	**5.5**	**5.4**		
5	**29**	**66**	**7.2**	**5.4**		
6	**56**	**99**	**7.2**	**6.6**		
7	**71**	**100**	**7.2**	**7.5**	**0.25**	**0.29**
8	**71**	**81**	**5.5**	**5.3**		
9	**71**	**100**	**7.2**	**7.7**	**0.50**	**0.57**
10	**71**	**100**	**7.2**	**7.6**	**1.00**	**1.11**
11	**71**	**100**	**7.2**	**7.6**	**3.00**	**3.16**
12	**71**	**100**	**7.2**	**7.6**	**6.00**	**6.17**

<u>ציור 1</u>. השפעת שיעור החנקה על יבול כללי (א), שיעור עלים בריאים (ב), ריכוז בורון בעלים (ג) ושיעור עלים בעלי קצוות יבשים (ד) של עירית בקציר הראשון. הערכים מייצגים ממוצע של 5 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.



ציור 2. השפעת ריכוז הבורון (א), שיעור החנקה מכלל החנקה (ב), ריכוז הברזל (ג) וחומציות מי ההשקיה (ד) על עוצמת הצבע בעלי עירית. עליה במדרג מציינת עוצמת צבע חזקה יותר. הערכים מייצגים ממוצע של 5 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן. אותיות שונות ליד העמודות מייצגות הבדל מובהק בין ממוצעי הטיפולים.



ציור 2. . השפעת ריכוז הבורון על יבול כללי (א), שיעור עלים בריאים (ב), ריכוז בורון בעלים (ג) ושיעור עלים בעלי קצוות יבשים (ד) של עירית בקציר הראשון. הערכים מייצגים ממוצע של 5 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.