

תגובת פלפל לבורון ולמליחות.

חוקרים שותפים:

אורי ירמיהו, אינה פיינגולג, יוסף אלדאנפירי - מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי.
רמי קרו, יחזקאל כהן - מכון למדעי הקרקע, המים והסביבה מינהל המחקר החקלאי.
חנה יחזקאל ודוד שמואל - מו"פ דרום.

תקציר:

רעילות של בורון בצמחים בתנאי מליחות הינה תופעה שכיחה באזורים צחיחים וצחיחים למחצה או יכולה להתרחש כאשר משקים במים בעלי ריכוזי מלחים ובורון גבוהים כדוגמת קולחים. מטרת הניסוי הנוכחי הייתה לבחון את השפעה המשולבת בין בורון ומליחות על פלפל ולקבוע את ספי רמות הבורון והמלח אשר מעליהם נגרמים נזק לצמח ופחיתה ביבול. צמחים גודלו בחממה בתחנת הניסויים בבשור במצע פרלייט למשך 194 ימים. נבחנו 16 טיפולים שכללו 4 רמות נתרן כלורי (5, 15, 25 ו-35 מילימולר) עם 4 רמות (0.046, 0.0.367, 0.734 ו-1.101 מילימולר). ריכוז סידן כלורי בכל הטיפולים היה 5 מילימולר. השקיה ניתנה 6-8 פעמים ביום בעודף רב כך שהשינויים בריכוז היונים בתמיסת המצע היה קטן. נערך מעקב אחר קצב קליטת המים בטיפולים השונים (תוצאות ידווחו בשלב מאוחר יותר) והשפעת הטיפולים על יצור חומר יבש, יבול, וקליטת בורון. משקל הנוף והפרות הושפע מטיפולי הבורון והמליחות באופן מובהק כאשר עם העליה בריכוזם חלה ירידה במדדי הגידול והיבול. שיעור הפחיתה במשקל העלים ויבול הפרות היה כ-4.4% ו-3.4%, בהתאמה לכל עליה ב-0.1 מילימולר בורון, וכ-6.7% ו-10.4%, בהתאמה לכל עליה של 10 מילימולר נתרן כלורי. אופי יחסי הגומלין בין מליחות ובורון הוא אדטיבי לגידול ואנטגוניסטי ליבול. ריכוז הבורון בשורשים ובעלים נמצא במתאם חיובי ישר לריכוז הבורון במי ההשקיה בכל רמת נתרן כלורי נתונה. שיפוע קווי המתאם יורד באופן ישר ומובהק עם העליה בריכוז הנתרן הכלורי. מכאן, שהעלאת ריכוז המלח אינה משפיעה על ריכוז הבורון ההתחלתי בשורש אלא רק על מידת השינוי בריכוז הבורון בשורש עם העליה בריכוז הנתרן הכלורי. הצטברות הבורון בעלים בטיפולים המשולבים לא הייתה הגורם היחיד לפגיעה בגידול וביבול.

מבוא:

בורון הינו יסוד קורט חיוני לצמח, אשר השפעתו חיובית בתחום צר מאוד של ריכוזים בתמיסת הקרקע. בריכוזים גבוהים מערך סף נתון הוא רעיל לצמח, ובריכוזים נמוכים מסף נתון הצמח סובל ממחסור. קליטת הבורון בצמח נעשית מתמיסת הקרקע בלבד ונמצאת בתלות ישרה לריכוז בתמיסה. רעילות של בורון בצמחים הינה תופעה שכיחה באזורים צחיחים וצחיחים למחצה. בישראל רעילות של בורון קיימת באזור בקעת הירדן והנגב. פגיעה בצמח מנוכחות רמות בורון גבוהות עשויה להיות קריטית עד כדי חיסול חלקות וגידולים באזור הנגוע. השימוש במים מושבים לחקלאות הולך וגובר עם השנים. הערכה שתוך כ-20 שנה מרבית שטחי החקלאות יושקו במים מושבים. סקר מי הקולחים מצביע על תכולות גבוהות של נתרן כלורי ובורון במי הקולחים (טרצייצקי וחוי, 1997). שימוש במים אלו יעלה את המליחות וריכוז הבורון בקרקע. המידע על תגובת צמחים לרעילות משולבת של בורון ומלח מצומצם ביותר ואין הסכמה על יחסי הגומלין בין עקת מליחות ועקת בורון. יתר על כן, עקת מליחות מורכבת משילוב של השפעה אוסמוטית והשפעה ספציפית של היונים. Bingham et al., (1987) מצאו שאין השפעת גומלין בין ריכוז בורון (1-15 ח"מ) למליחות (0.5 - 4.2 דציסימנס/מ) ביחס למשקל העלווה של חיטה. למסקנה דומה הגיעו גם Mikkelsen et al., (1998) עבור צמחי אספסת. Shani and Hanks (1993) גידלו שעורה ותירס בשדה והסיקו שהשפעה האוסמוטית וההשפעה של בורון הן אדטיביות ואינן תלויות זו בזו. Holloway and Alston (1992) הראו שעמידות חיטה לבורון יורדת עם העליה במליחות למרות שתכולת הבורון בצמח יורדת באופן מובהק. ניתוח התוצאות

מרמז על השפעה סנרגיסטית (synergistic effect) בין מליחות ורעילות בורון. מגמה דומה התקבלה גם מניתוח תוצאות של Alpaslan and Gunes (2001) אשר גידלו עגבניות בחממה. לעומת זאת, Ferreyra et al., (1997), הראו שגידול של 12 מיני צמחים שונים היה גבוה מהמצופה מסכום שני הגורמים מה שמרמז על השפעה אנטגוניסטית (antagonistic effect). השפעה אנטגוניסטית על יכול חיטה התקבלה גם ע"י Grieve and Poss (2000). בשנים האחרונות מתבצע על ידינו מחקר שבוחר את ההשפעה המשולבת של בורון ומליחות בשלבי גידול שונים, במגוון רחב של תנאים ובגידולים שונים: חיטה, כותנה, פלפל, גפן והדרים. נמצא שקליטת בורון ע"י הצמח מושפעת מרמת המלח שבתמיסת הגידול. ככלל, עליה ברמת המלח הפחיתה את קליטת הבורון. בבחינת גידולים שונים מצאנו מגמות זהות, אם כי ריכוזי המלח שבהם התבטאה התופעה היו ייחודיים לכל גידול, כנראה בהתאם לתגובת הגידול הספציפי למלח ו/או לבורון. גורם חשוב בהצטברות הבורון בנוף הוא הדיות, אך הממצאים עד כה מצביעים על כך שהשפעת המלח על קליטת הבורון היא מעבר להשפעתו על הדיות. בניסוי שנערך בתחנת הבשור בשנת 2002 נבחנה המשולבת בין בורון ומליחות על פלפל על מנת לקבוע את ספי רמות הבורון והמלח אשר מעליהם נגרמים נזק לצמח ופחיתה ביבול. בניסוי נבחנו 4 רמות נתרן כלורי (5, 15, 25 ו-35 מילימולר) עם 4 רמות בורון (0.046, 0.092, 0.185 ו-1.367 מילימולר). גידול ויבול של פלפל לא נפגעו גם כאשר ריכוז הבורון בתמיסת ההשקיה והגידול היה ברמה של 0.367 מילימולר (4 מיליגי לל). העלאת ריכוז הנתרן הכלורי הפחיתה את קליטת הבורון ע"י הצמחים. מאחר ותחום ריכוזי הבורון שנבחר בניסוי לא היה גבוה מספיק כדי לגרום לרעילות נבחנה השנה השפעת הגומלין בין בורון ומליחות ברמות גבוהות יותר של בורון.

שיטות וחומרים:

הניסוי נערך בחממה בחוות הבשור. צמחי פלפל מזן סילקה 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 12 צמחים בשתי שורות אשר עוצבו לגבעול בודד. צמחים נשתלו ב- 10.9.02 הגידול נמשך עד 24.3.03. הצמחים הושקו במערכת טפטוף. כל טיפול הוזן ממיכל של 500 לי אשר בתוכו הוכנה תמיסת השקיה סופית. השקיה נעשתה בעודף רב בתדירות של 6 פעמים ביום בחודש הראשון ו-8 פעמים ביום לאחר מכן. תמיסת ההשקיה התבססה על "שפר 1" תוצרת "דשנים וחומרים כימיים בע"מ" והכילה בחודש הראשון 59 ח"מ חנקן, 15 ח"מ זרחן, 78 ח"מ אשלגן, 0.35 ח"מ ברזל, 0.18 ח"מ מנגאן, 0.09 ח"מ אבץ, 0.013 ח"מ נחושת ו-0.009 ח"מ מוליבדן. הדישון הוגבר בשיעור של 50% לאחר החודש הראשון. הניסוי הוצב בתבנית של בלוקים באקראי בחמש חזרות. נבחנו שני גורמים: בורון 4 טיפולים (0.046, 0.367, 0.734 ו-1.101 מילימולר) ומליחות 4 טיפולים (5, 15, 25 ו-35 מילימולר נתרן כלורי), בסה"כ 16 טיפולים. לטיפול הבורון הוספה ח' בורית לריכוז הרצוי כאשר נלקח בחשבון ריכוז הבורון במי הרקע. באופן דומה, ריכוז הנתרן והסידן במי הרקע נלקח בחשבון. בכל הטיפולים ריכוז הסידן בתמיסת ההשקיה הועלה ל-5 מילימולר ע"י תוספת של סידן כלורי. המוליכות החשמלית של תמיסת ההשקיה היתה 2.8, 3.9, 5.0 ו-6.1 דציסימנס למ' בהתאמה לסדר העולה של ארבעת טיפולי הנתרן כלורי. הטיפולים יושמו 30 ימים לאחר שתילה. מי טפטפת ונקז נאספו מכל הטיפולים מיידי שבועיים ונקבעה בהם חומציות, מוליכות חשמלית ובורון. הבדלים בריכוזי המלחים והבורון במי הנקז לא עלו על 20% ממי הטפטפת. פירות בשלים לקטיף נאספו במהלך כל עונת הגידול, מוינו לרמת איכות יצוא או שוק מקומי לפי המדדים המקובלים ונשקלו. משקל חומר יבש לנוף ואנליזות עלים לכל החלקות נעשו בשני מועדים: ב- 28.11.02 ז.א. 79 יום משתילה (עלים צעירים-עלה חמישי מאמיר), ובתום הניסוי (עלים צעירים-עלה חמישי מאמיר ועלים מצמח לחלקה). בנוסף, בכל מועד בו נקצרו צמחים לאחר מזידות שיעור הדיות נקבע שטח עלים, משקל חומר יבש וריכוז הבורון בעלים. בתום הניסוי נקצרו מכל חזרה שני צמחים. העלים הופרדו מהגבעול ונמדדו שטחם. לאחר שטיפה יובשו העלים והגבעולים בתנור ב- 65°C ונשקלו. מכל מיכל הוצאו שורשי צמח השורשים נשטפו להרחקת הפרלייט יובשו בתנור ונשקלו. ריכוז כלוריד בעלים התקבל במיצוי מימי של 100 מ"ג עלים טחונים ב-10 מ"ל מים מזוקקים. ריכוז הבורון בעלים ובשורשים נקבע בשיטה של שריפה יבשה ואזומיטין-H. ניתוח סטטיסטי של התוצאות נעשה בתוכנת JUMP ברמת מובהקות של $\alpha = 0.05$.

תוצאות:

השפעת הטיפולים על גידול ויבול הצמחים

משקל שורשים, עלים ונוף יבש של הצמח בתום הגידול מוצגים בטבלה 1. משקל השורשים הושפע מטיפול הבורן בלבד בעוד משקל הנוף הושפע מטיפול הבורן והמליחות. לא נמצאה השפעה ליחסי הגומלין בין הבורן למליחות בכל מדדי הגידול שנבחנו (טבלה 1). מכאן, שניתן לבחון את ההשפעה של כל גורם ראשי בנפרד (בורן ומליחות). משקל יבש עלים ונוף הושפע מבורן ומליחות בעוד השורשים הושפעו מהבורן בלבד (טבלה 1). בציור 1 מוצגות ההשפעות הישירות של בורן (ציור 1א) ומליחות (ציור 1ב) על מדדי הגידול. עם העליה בריכוז הבורן והנתרן הכלורי יש ירידה מובהקת במשקל השורשים, העלים והנוף. בכל המקרים הירידה קווית ישרה כאשר השפעת הבורן חזקה יותר מהשפעת המליחות דבר המתבטא בשיפועי קווי המתאם הגבוהים כתגובה לבורן בהשוואה למליחות (ציור 1).

מספר ומשקל פירות לחלקה ומשקל ממוצע לפרי כתלות בטיפולים מוצגים בטבלה 1. בדומה למשקל הנוף לטיפול הבורן והמליחות היתה השפעה על משקל הפרות ומספרם השפעת גומלין התקבלה עבור משקל פרי ממוצע בלבד. לפיכך, ממוצעי המשקל הכולל והמשקל ליצוא כתלות בטיפולי המליחות מוצגים בציור 2. בכל המקרים, הפחיתה במשקל הפרות היא קווית ישרה מובהקת. מאחר ושיעור הפרות ליצוא מכלל היבול לא נבדל בין הטיפולים ומגמות הפרות ליצוא זהות לאלו של כלל היבול הוצגו רק השפעות הטיפולים הראשיים בלבד (ציור 2). בדומה להשפעת הטיפולים על הגידול, השפעת טיפולי הבורן היתה בעוצמה חזקה יותר בהשוואה לטיפול המליחות.

השפעת הטיפולים על קליטה של בורן בצמח

סימני רעילות של בורן (הצהבה ותמות בשולי העלים) נצפו מספר שבועות לאחר יישום הטיפולים. בתחילה בטיפול שקיבל את רמת הבורן הגבוהה ביותר (0.10 מילימולר) ובהמשך בטיפול שקיבל 0.73 מילימולר. בהתחלה נצפו סימני רעילות בעלים הבוגרים ובהמשך גם בעלים צעירים יותר. לא נצפו סימני רעילות של מליחות כתוצאה מהשקיה בנתרן כלורי גם ברמת המלח הגבוהה ביותר.

ריכוז הבורן בשורשים ובכלל העלים בתום הגידול מוצג בטבלה 1. ריכוז הבורן בעלים הדיאגנוסטיים שנדגמו במהלך העונה ובסופה נמצאה במתאם ישר עם כלל העלים ולכן מוצגים רק תוצאות כלל העלים. כצפוי ריכוז הבורן בשורשים נמוך באופן משמעותי מריכוז הבורן בעלים. ריכוז הבורן בשורשים נע בתום של 20-120, ובעלים ריכוזו היה גבוה בפי 4 עד 10 (טבלה 1). הבורן בשורשים הושפע מובהק מיחסי הגומלין בין הבורן למליחות. ככלל עם העליה ברמת הבורן ישנה עליה בריכוז הבורן בשורשים השפעת המליחות משתנה כאשר ברמת בורן נמוכה המליחות לא השפיעה על ריכוז הבורן בשורשים ועם העליה במליחות מתחזקת השפעת המליחות אשר מקטינה את ריכוז הבורן בשורשים (טבלה 1). שלא בדומה לשורשים, בעלים התקבלה השפעה מובהקת לטיפולים העיקריים ולא ליחסי הגומלין (טבלה 1). ככלל עם העליה בריכוז הבורן ישנה עליה בריכוז הבורן בעלים, ולעומת זאת עם העליה ברמת המליחות קטן ריכוז הבורן בעלים. דרך נוספת להצגת ריכוזי הבורן בצמחים מוצגת בציור 3 כאשר ריכוז הבורן בשורשים ובעלים מוצג כתלות בריכוז הבורן במי ההשקיה ברמות שונות של מליחות. ריכוז הבורן בשורשים ובעלים נמצא במתאם ישר עם ריכוז הבורן בתמיסה בכל רמת מליחות נתונה. כל קווי המתאם מובהקים. בציור 4 מוצג שיפוע קו המתאם כתלות בריכוז הנתרן כלורי במי ההשקיה. ניתן לראות שעבור השורשים והעלים שיפוע קווי המתאם יורד באופן ישר ומובהק עם העליה בריכוז הנתרן הכלורי. לעומת זאת, לא נמצאה השפעה לריכוז הנתרן הכלורי על ערך החותך. מכאן, שהעלאת ריכוז המלח אינה משפיעה על ריכוז הבורן ההתחלתי בצמח אלא רק על מידת השינוי בריכוז הבורן בצמח עם העליה בריכוז הנתרן הכלורי. מגמות דומות התקבלו גם בניסוי מהעונה הקודמת. בהצגת משקל נוף יבש כנגד ריכוז הבורן בעלים מתקבלים קווי התאמה ישרים שלילים מובהקים המתאימים לכל רמת מליחות (ציור 5). מגמות דומות מתקבלות גם בהצגת תוצאות היבול כנגד ריכוז הבורן בכלל העלים (תוצאות לא מוצגות).

דיון:

טווח הטיפולים שנבחר כוון לתחום ריכוזים שבו לא תהיה פגיעה גבוהה מאוד לצמח, אלא לתחום שבו תהיה פגיעה נמוכה לכל גורם. מניסויים שנעשו בעבר היה ברור שכאשר צמח נפגע בצורה חמורה ע"י גורם אחד הפגיעה של הגורם השני לא תתבטא. בניסוי הקודם נבחנו תחום ריכוזי בורן במי ההשקיה של בין 0.046 עד ל-0.367 מילימולר. תחום זה של לא השפיע כלל על גידול ויבול הצמחים. בניסוי הנוכחי נחשפו הצמחים לריכוזי בורן גבוהים יותר עד כדי 1.1 מילימולר. השקיה בבורן ברמה הגבוהה ביותר גרמה לפחיתה בגידול הנוף בשיעור של 46%. לעומת זאת, השפעת טיפולי המליחות היתה מתונה ותחום ריכוזי המליחות שנבחנו גרם לפגיעה בגידול הנוף והיבול עד

כדי 15% בלבד לעומת 25% בניסוי הראשון שבו נבחנו אותם הטיפולים. לפל נחשב לצמח עמיד למחצה לבורן כאשר ערך הסף שמעליו ישנה פגיעה הנו בתחום של בין 0.07 ל-0.09 מילימולר (0.75 ל-1 ח"מ) בורן בתמיסת הקרקע (Mass, 1984). למרות זאת, בניסוי הקודם גם בריכוז של 0.367 מילימולר לא נמצאה פגיעה בגידול וביבול ואף לא נראו סימני רעילות של בורן. בניסוי הנוכחי בורן בריכוז של 0.367 מילימולר גרם לפחיתה של כ-15% ו-18% במשקל הנוף והיבול, בהתאמה (טבלה 1). נראה שההבדלים בין שני הניסויים הם תוצאה מתקופות הגידול השונות. בניסוי הראשון גדלו הצמחים בין חודשי ינואר-יולי ובניסוי השני בין חודשי ספטמבר-מרץ. העובדה שהשפעות הבורן והמליחות הפוכות במגמתן בין העונות מחזקת את הדעה שהמנגנונים המעורבים בעקות מליחות ובורן שונים.

הגורם העיקרי לרעילות של בורן בצמחים הוא הצטברותו בעלים במהלך הגידול ופגיעה בהם, במיוחד בתחום הבורן שאינו גורם לנזק בשורש. כאשר בתנאים גידול אחידים ריכוז הבורן בצמח נמצא במתאם קווי ישר לריכוז הבורן שבתמיסת הקרקע (Yermiyahu et al., 2001). לכן, יש חשיבות ללמוד את הגורמים המשפיעים על הצטברותו בעלים. ריכוז הבורן בעלים בסוף

עונת הגידול היה בתחום רחב של בין 75-1250 מ"ג לק"ג (טבלה 1). לפי Chapman (1966) התחום האופטימלי של ריכוזי בורן בעלי פלפל הוא 34-188 מ"ג לק"ג חומר יבש כאשר בריכוז גבוה מ-330 מ"ג לק"ג מתחילים להופיע סימני רעילות של בורן בעלים. ריכוזי בורן גבוהים מערך סף זה נמצאו בניסוי הנוכחי נצפו סימני רעילות של בורן רק בעלים משני טיפולי הבורן הגבוהים בהם ריכוז הבורן בעלים הגיע לערכים של 660 מ"ג לק"ג ויותר.

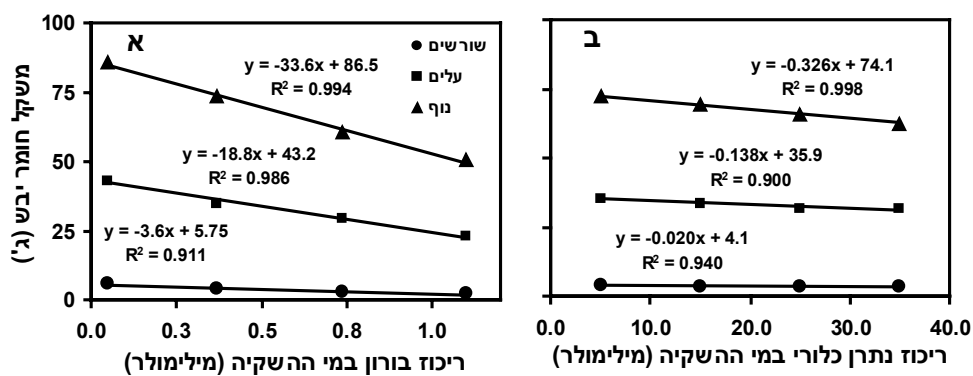
העלאת ריכוז הנתרן הכלורי בתמיסה הקטינה את קליטת הבורן ע"י צמחי פלפל. השפעת המליחות התבטאה בשורשים ובעלים (ציור 3). בעוד שריכוז הבורן ההתחלתי ברקמה אינו מושפע מרמת המליחות, השינוי בריכוז הבורן בשורשים ובעלים ליחידת ריכוז בורן בתמיסת הגידול פוחת בצורה ישרה עם העליה ברמת המליחות (ציור 4). מגמות דומות התקבלו גם בניסוי הראשון. גידול הפלפל ויבולו הושפעו מהמליחות ומהבורן גם יחד. אך, העובדה ששני הגורמים הללו לא נמצאו במתאם עם ריכוז הבורן בצמח (לא מוצג) מצביעה על כך שהגורם המגביל של הגידול והיבול אינו ריכוז הבורן בלבד וישנו גורם נוסף כתוצאה מהעלאת ריכוז הנתרן הכלורי המשפיע על הגידול. אופי יחסי הגומלין בין ההשפעות הגומלין נבחן ע"י השוואה בין הערכים היחסיים המדודים לבין הערכים המחושבים עבור משקל הנוף היבש ומשקל הפרות (ציור 5). הערכים המדודים חושבו כמכפלה של התרומה היחסית של כל גורם בנפרד. הקו הרציף מייצג התאמה מושלמת בין הערכים המחושבים למדודים. הערכים המחושבים עבור משקל הנוף מפוזרים סביב קו ההתאמה המושלמת דבר שמצביע על כך שאופי יחסי הגומלין הוא אדטיבי. לעומת זאת, ביבול הפרות אופי יחסי הגומלין בין המליחות והבורן הינו אנטגוניסטי כלומר שהערכים המדודים גבוהים בהשוואה לערכים המחושבים. הקו המקווקו מייצג התאמה קווית לערכי היבול.

לסיכום, גידול ויבול של פלפל הגיב לטיפול הבורן והמליחות. בדומה לניסוי הראשון העלאת ריכוז הנתרן הכלורי הפחיתה את קליטת הבורן ע"י הצמחים אשר לא היה הגורם היחיד לפגיעה בגידול והיבול. אופי יחסי הגומלין של מליחות ובורן הוא אדטיבי לגידול ואנטגוניסטי ליבול.

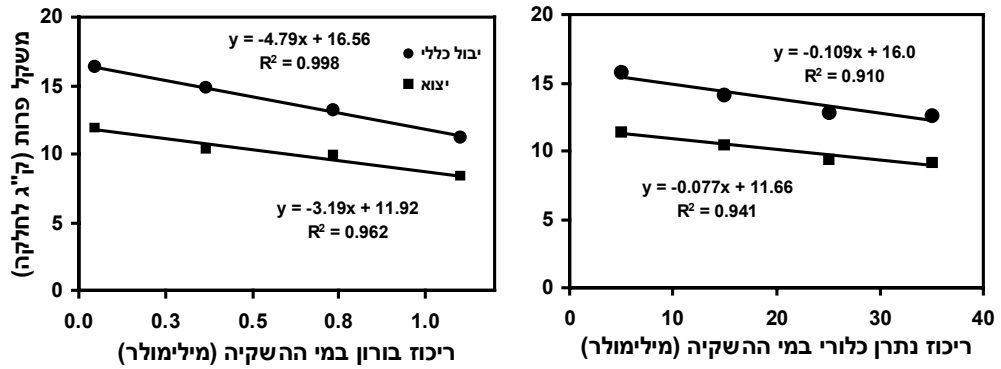
טבלה 1. תוצאות פרמטרים שונים מסוף עונת הגידול של פלפל. יבול הפרות הינו לחלקה לכל עונת הגידול. ריכוז בורון בכל עלי הצמח. תוצאות מייצגות ממוצע של 5 חזרות. תוצאות מובהקות למבחן שונות: *מליחות, **בורון, ***מליחותXבורון ($\alpha=0.05$).

ריכוז בורון		יבול פרות לחלקה			משקל חומר יבש			טיפול	
עלים***	שורשים***	משקל פרי***	מספר***	משקל***	נוף***	עלים***	שורשים**	נתרן כלורי	בורון
(מ"ג לק"ג)		(ג')		(ק"ג)	(ג' לצמח)			(מילימולר)	
86.0	26.2	216.5	91.8	19.8	95.0	48.2	5.2	5	0.046
75.1	24.8	205.0	85.3	17.1	93.7	47.0	5.9	15	0.046
80.6	21.3	175.9	82.8	14.5	80.4	41.7	5.5	25	0.046
79.0	25.0	168.8	81.8	13.8	75.5	37.7	6.6	35	0.046
463.0	63.3	192.4	84.5	16.2	79.9	41.5	3.8	5	0.367
385.7	47.3	189.5	81.5	15.4	79.1	41.5	3.3	15	0.367
421.3	48.1	177.2	76.8	13.6	71.0	35.8	4.1	25	0.367
395.2	50.9	169.6	83.3	14.1	63.0	34.0	4.4	35	0.367
805.6	93.6	187.5	77.5	14.5	68.8	35.2	3.2	5	0.734
783.3	80.4	173.0	76.3	13.2	53.9	26.2	2.4	15	0.734
764.0	79.5	168.1	78.3	13.2	62.3	31.4	3.3	25	0.734
660.4	69.9	162.9	74.0	12.0	57.8	29.1	2.5	35	0.734
1253.9	120.0	160.0	78.8	12.6	51.5	26.6	1.9	5	1.101
1190.3	105.2	161.6	73.3	11.8	51.5	26.7	2.1	15	1.101
1073.6	98.3	152.9	64.8	9.9	50.1	24.4	2.0	25	1.101
1062.9	99.5	150.2	70.0	10.5	49.3	24.7	2.9	35	1.101

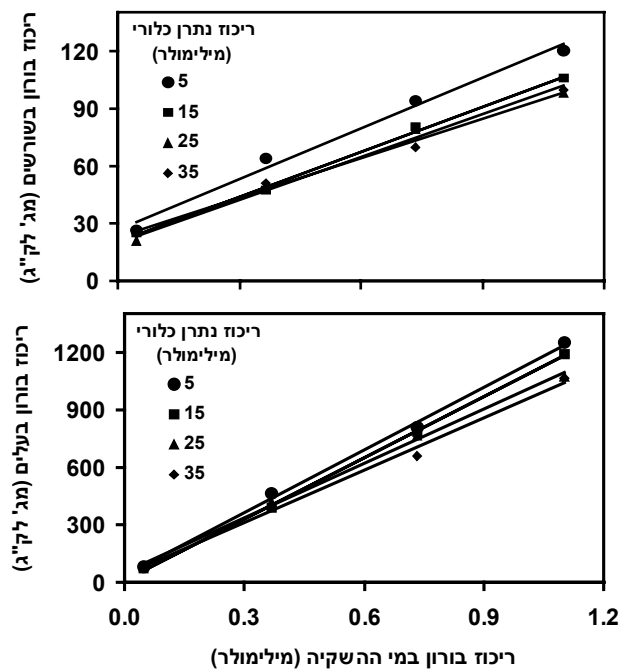
ציור 1. משקל שורשים עלים ונוף יבש של צמח פלפל בודד כתלות בריכוז הבורון (א) והנתרן הכלורי (ב) במי ההשקיה בשני מועדי דיגום. הערכים מייצגים ממוצעים של טיפולי הבורון לכל רמות הנתרן כלורי (א) וממוצעים של טיפולי הנתרן כלורי לכל רמות הבורון (ב). הקווים מייצגים מתאם קווי ישר. המתאם מובהק סטטיסטית עבור כל הקווים.



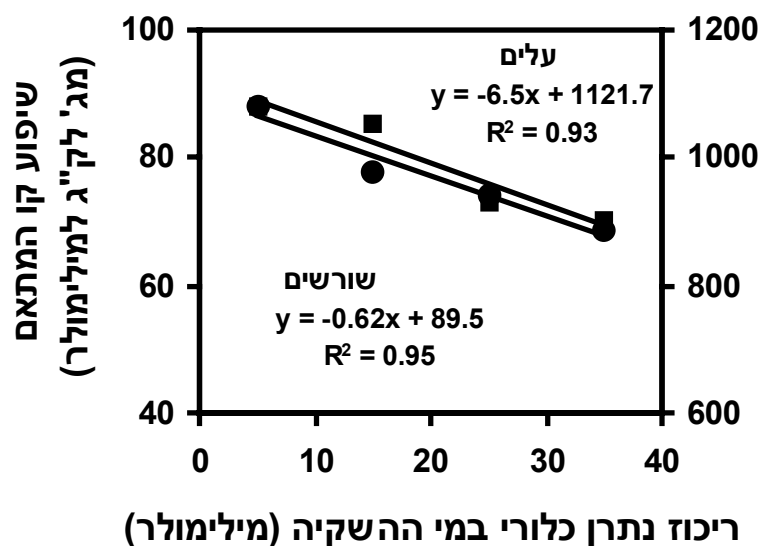
ציור 2. משקל פרות כללי וליצוא לחלקה כתלות בריכוז הבורון (א) והנתרן הכלורי (ב) במי ההשקיה בשני מועדי דיגום. הערכים מייצגים ממוצעים של טיפולי הבורון לכל רמות הנתרן כלורי (א) וממוצעים של טיפולי הנתרן כלורי לכל רמות הבורון (ב). הקווים מייצגים מתאם קווי ישר. המתאם מובהק סטטיסטית עבור כל הקווים.



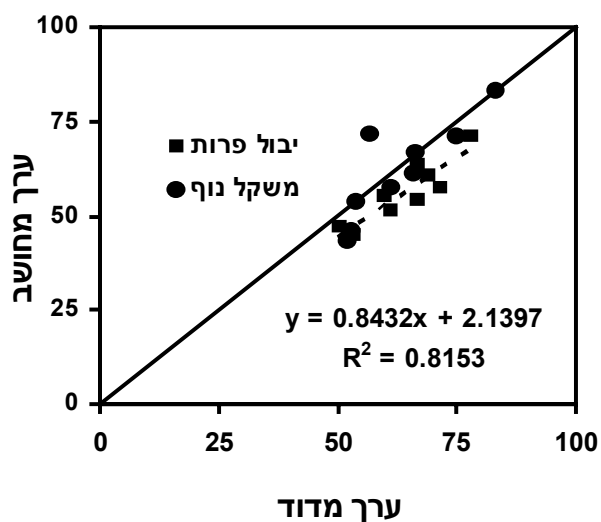
ציור 3. ריכוז בורון בשורשים (א) ובעלי פלפל (ב) שנדגמו בסוף העונה כתלות בריכוז הבורון שבמי ההשקיה ברמות של נתרן כלורי. הערכים מייצגים ממוצעים של חמש חזרות. הקווים מייצגים מתאם קווי ישר של ערכים באותו טיפול מליחות.



ציור 4. שיפוע קווי המתאם שבציור 3 עבור שורשים (ציר שמאל) ועלים (ציר ימין) כתלות בריכוז הנתרן הכלורי שבמי ההשקיה. הקו מייצג מתאם קווי ישר. המתאם מובהק סטטיסטית עבור שני הקווים.



ציור 6. ערכי משקל ויבול יחסיים מחושבים כנגד ערכים יחסיים מדודים בטיפולים שכללו בורון ומליחות. הערכים המדודים חושבו כמכפלה של התרומה היחסית של כל גורם בנפרד. הקו הרציף מייצג התאמה מושלמת בין הערכים המחושבים למדודים.



רשימת ספרות:

- טרצייצקי, ח., מ. בר-חי, נ. בני, ר. קרון, י. חן. 1997. נוכחות בורון וגורמי מליחות במי שפכים. דו"ח סופי. משרד החקלאות ופיתוח הכפר. שה"מ - אגף שירות שדה.
- Alpaslan, M. and A. Gunes. 2001. Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *Plant and Soil*. 236:123-128.
- Bingham, F.T., J.E. Strong, J.D. Rhoades, and R. Keren. 1987. Effect of salinity and varying boron concentration on boron uptake and growth of wheat. *Plant and Soil*. 97:345-351.
- Grieve C.M. and J.A. Poss. 2000. Wheat response to interactive effects of boron and salinity. *J. of Plant Nutr.* 23(9):1217-1226.
- Chapman, H.D. (ed) 1966. Diagnostic criteria for plant and soil. Univ. of California, Berkeley, CA.
- Ferreyra, R.E., A.U. Aljaro, R.S. Ruiz, L.P. Rojas, and J.D. Oster. 1997. *Agricultural Water Management*. 34:111-124.
- Holloway, R.E., and M. Alston. 1992. The effects of salt and boron on growth of wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 43:987-1001.
- Maas, E.V. 1990. crop salt tolerance. Chapter 13. In: *Agriculture Salinity Assessment and Management*. K.K. Tanji, ed. Am. Soc. Civ. Eng., NY.
- Mikkelsen, R.L., G.H. Haghnia, A.L. Page, and F.T. Bingham. 1988. The influence of selenium, salinity, and boron on alfalfa tissue composition and yield. *J. Environ Qual.* 17:85-88.
- Shani, U., and R.J. Hanks. 1993. Model of integrated effects of boron, inert salt, and water flow on crop yield. *Agronomy J.* 85:713-717.
- Yermiyahu, U., R. Keren, and Y. Chen. 2001. Effect of compost organic matter on boron uptake by plants. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:1436-1441.