



1999-2001

תקופת המחקר:

302-0256-01

קוד מחקר:

Subject: BORON TOXICITY IN GRAPEVINE

שם המחקר: רעילות בורון בכרם

Principal investigator: URI YERMIYAHU

חוקר ראשי: אורי ירמיהו

Cooperative investigator: EPHRAIM ZIPLEVITCH,  
RAMI KEREN, JOSEPH BIBI, PINI SARIGחוקרים שותפים: אפרים ציפילביץ, רמי קרן,  
יוסף ביבי, פני סריג

Institute: Agricultural Research Organization (A.R.O.)

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן  
50250

### תקציר

סימני רעילות את בורון אופייניים ניצפים בעלוות גפנים באזורים שונים של בקעת הירדן. המחקר הנוכחי מתמקד בלימוד תגובת גפן לריכוזי בורון שונים בתנאי בקעת הירדן תוך מעקב אחר ריכוזי הבורון בקרקע ובצמח בחלקות מסחריות. נבחרו 8 חלקות מסחריות ללימוד השינויים בריכוז הבורון בקרקע ובצמח עם הזמן. נמצא שנוכחות גבוהה של בורון שמקורו מהקרקע, גורם לעליה בקליטה של בורון ולהצטברותו בעלים אשר מתבטאים בעוצמה גבוהה בתום הגידול. במקרה של חשיפה גבוהה לבורון נצפתה קליטה מוגברת גם בראשית הגידול עד כדי רעילות. במימשק הגידול המקובל כיום באזור, השורשים פעילים בעומקים בהם ריכוז הבורון גבוה. לפיכך, מומלץ להתאים מימשק השקיה אשר יגביל את שכבת בית השורשים לעומק של עד 60 ס"מ.

הוקמה מערכת מבוקרת לגידול גפנים בחביות. הטיפולים כוללים 4 רמות בורון במי ההשקיה (0.3, 1.3, 2.3 ו-3.3 ח"מ) בשתי כנות (רוג'רי וסולט קריק). בנוסף נבחנת ההשפעה של טיפול מליחות על תגובת כנת סולט קריק לבורון. המוליכות החשמלית של מי ההשקיה בטיפול עם וללא מליחות היתה 1.3 ו-2.7 דציסימנס למ', בהתאמה. הגברת המליחות הושגה ע"י תוספת מלחי סידן ונתרן כלורי. אנליזה של עלים נעשתה לאורך שתי שנות הגידול. בתום כל שנה נמדד קוטר הגזע ונשקל הגזם. רעילות של בורון בעלים נצפתה בשתי רמות הבורון הגבוהות. ריכוז הבורון בעלים עלה באופן מובהק עם העליה בריכוז הבורון בתמיסת ההשקיה. ישנה צבירה של בורון עם הזמן בעלים אשר יכולה להגיע בסוף העונה עד כדי 160 ו-2000 מ"ג לק"ג עבור ריכוז הבורון הנמוך והגבוה ביותר, בהתאמה. ריכוז הבורון בעלים משתנה לאורך השריג וככל שהעלים צעירים יותר ריכוז הבורון בהם יורד. עובי הגזע ומשקל הגזם לא הושפעו במובהק מטיפול הבורון אם כי ישנה מגמה שבה מתקבל גידול מירבי ברמות הבורון השניה והשלישית (תלוי בשנה ובכנה) עם ירידה בגידול ברמות הבורון הנמוכה והגבוהה. בשתי עונות גידול לא נמצא הבדל בין הכנות ביחס לקליטת הבורון ועובי הגזע. נוכחות המלח משפיעה על קליטת הבורון. בריכוז בורון נמוך בתחילת העונה, טיפול המליחות לא השפיע בהמשך העונה ריכוז הבורון בטיפול המלח היה גבוה במובהק מטיפול ללא תוספת מלח. לעומת זאת, בשאר טיפולי הבורון טיפול המליחות הפחית את ריכוז הבורון בעלים בכ-25%. השפעה לטיפול המלח על עובי הגזע ומשקל הנוף ניצפתה רק בתום עונת הגידול השניה. ניסוי החביות ממשיך גם בשנים הבאות על מנת לבחון את השפעת הטיפולים על היבול.

## רעילות בורון בכרם

### Boron toxicity in grapevine

מוגש למשרד המדען הראשי של משרד החקלאות

ע"י

אורי ירמיהו ואינה פיינגולד, מינהל המחקר החקלאי, תחנת ניסויים גילת.

פנחס סריג, אבי סטרומזה, מו"פ בקעת הירדן.

רמי קרן, שושנה סוריאנו, המכון למדעי הקרקע המים וחסיבה, מינהל המחקר החקלאי.

אפרים צפילביץ, שה"מ, משרד החקלאות.

Yermiyahu, U., and Faingold I. Gilat Experiment Station, Agricultural Research Organization,

Mobile Post Negev, Israel, 85280. Email: uri4@netvision.net.il.

Sarig, P., and Stromza A. Viticultural Section Jordan Valley R&D Authority Jordan Valley M.P.

91906, Israel.

Keren, R., and Soriano S. Water and Environmental Sciences, Agricultural Research Organization,

The Volcani Center, Bet Dagan, Israel, 50250.

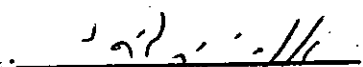
Zipilevich, E., Viticultural Section Jordan Valley R&D Authority Jordan Valley M.P. 91906. Israel.

מרץ 2002

ניסן תשס"ב

האם הנך מאשר את ציון הפסקה הבאה בדף הפתיחה לדו"ח: כ

הממצאים בדו"ח זה הנם תוצאות ניסויים ואינם מהווים המלצות לחקלאים

חתימת החוקר 

1. תקציר

סימני רעילות את בורון אופייניים ניצפים בעלוות גפנים באזורים שונים של בקעת הירדן. המחקר הנוכחי מתמקד בלימוד תגובת גפן לריכוזי בורון שונים בתנאי בקעת הירדן תוך מעקב אחר ריכוזי הבורון בקרקע ובצמח בחלקות מסחריות. נבחרו 8 חלקות מסחריות ללימוד השינויים בריכוז הבורון בקרקע ובצמח עם הזמן. נמצא שנוכחות גבוהה של בורון שמקורו מהקרקע, גורם לעליה בקליטה של בורון ולהצטברותו בעלים אשר מתבטאים בעוצמה גבוהה בתום הגידול. במקרה של חשיפה גבוהה לבורון נצפתה קליטה מוגברת גם בראשית הגידול עד כדי רעילות. במימשק הגידול המקובל כיום באזור, השורשים פעילים בעומקים בהם ריכוז הבורון גבוה. לפיכך, מומלץ להתאים מימשק השקיה אשר יגביל את שכבת בית השורשים לעומק של עד 60 ס"מ.

הוקמה מערכת מבוקרת לגידול גפנים בחביות. הטיפולים כוללים 4 רמות בורון במי ההשקיה (0.3, 1.3, 2.3 ו-3.3 ח"מ) בשתי כנות (רוג'רי וסולט קריק). בנוסף נבחנת ההשפעה של טיפול מליחות על תגובת כנת סולט קריק לבורון. המוליכות החשמלית של מי ההשקיה בטיפול עם וללא מליחות היתה 1.3 ו-2.7 דציסימנס למ', בהתאמה. הגברת המליחות הושגה ע"י תוספת מלחי סידן ונתרן כלורי. אנליזה של עלים נעשתה לאורך שתי שנות הגידול. בתום כל שנה נמדד קוטר הגזע ונשקל הגזם. רעילות של בורון בעלים נצפתה בשתי רמות הבורון הגבוהות. ריכוז הבורון בעלים עלה באופן מובהק עם העליה בריכוז הבורון בתמיסת ההשקיה. ישנה צבירה של בורון עם הזמן בעלים אשר יכולה להגיע בסוף העונה עד כדי 160 ו-2000 מ"ג לק"ג עבור ריכוז הבורון הנמוך והגבוה ביותר, בהתאמה. ריכוז הבורון בעלים משתנה לאורך השריג וככל שהעלים צעירים יותר ריכוז הבורון בהם יורד. עובי הגזע ומשקל הגזם לא הושפעו במובהק מטיפול הבורון אם כי ישנה מגמה שבה מתקבל גידול מירבי ברמות הבורון השניה והשלישית (תלוי בשנה ובכנה) עם ירידה בגידול ברמות הבורון הנמוכה והגבוהה. בשתי עונות גידול לא נמצא הבדל בין הכנות ביחס לקליטת הבורון ועובי הגזע. נוכחות המלח משפיעה על קליטת הבורון. בריכוז בורון נמוך בתחילת העונה, טיפול המליחות לא השפיע בהמשך העונה ריכוז הבורון בטיפול המלח היה גבוה במובהק מטיפול ללא תוספת מלח. לעומת זאת, בשאר טיפולי הבורון טיפול המליחות הפחית את ריכוז הבורון בעלים בכ-25%. השפעה לטיפול המלח על עובי הגזע ומשקל הנוף ניצפתה רק בתום עונת הגידול השניה. ניסוי החביות ממשיך גם בשנים הבאות על מנת לבחון את השפעת הטיפולים על היבול.

## 2. מבוא

שטח הכרמים לענבי מאכל במדינת ישראל מגיע לכ-30,000 דונם אשר מפוזרים בכל רחבי הארץ. בבקעת הירדן ישנם כ-7,000 דונם כרם אשר מהווה את הגידול העיקרי. גידול גפנים בבקעת הירדן מאופיין בירידה דרמטית ביבול במהלך השנים הראשונות, בגודל גרגר קטן, ובחיי כרם קצרים עד כדי מחצית בהשוואה לזנים זהים הגדלים באזורים אחרים. סימני רעילות בורון בעלים נצפים בגפנים באזורים שונים של בקעת הירדן לרוב בתחילת העונה ובסופה. תכולת הבורון בקרקעות בקעת הירדן גבוהה ומקורה משיחור של בורון ממינרלים אשר בקרקע (יוטל, 1990).

בורון הינו יסוד חיוני להתפתחות תקינה של הצמח. יש לו תפקיד חשוב במטבוליזם ומעבר סוכרים, נוכחותו חיונית לתפקוד המערכת ההורמונלית, בדופן התא בממברנות ועוד (Loomis and Durst, 1992). התחום הדרוש לגידול אופטימלי הינו צר. כשריכוזו גבוה מסך הרעילות מופיעים סימני כלורוזה בקצות העלים, אשר בשלב מאוחר יותר מלווה בנשירת עלים ובמיקרים קיצוניים לתמותת הצמח (Keren and Bingham, 1985). צמחים שונים מגיבים באופן שונה לריכוז הבורון בתמיסת הקרקע (Eaton, 1944). רמות הבורון הרעילות לגידולים שונים נקבעו בניסויים בהם הצמחים גודלו בחול והושקו בתמיסות המכילות ריכוזים שונים של בורון (Maas, 1986). Eaton (1944) מייין גידולים חקלאיים לארבע קבוצות על פי רגישותם לריכוז בורון בקרקע: רגישים (0.5-1 ח"מ), רגישים למחצה (1.0-2.0), עמידים למחצה (2.0-4.0), עמידים (4.0-6.0) ועמידים מאוד (6.0-15.0). גפן נמצא בקבוצת הגידולים הרגישים לבורון. רעילות של בורון בגפן נצפתה באזורים שונים ונרחבים בעולם הן מרעילות שנגרמת מריכוזי בורון גבוהים בקרקע או בהשקיה של מים בעלי ריכוזי בורון גבוהים (Nikolaou et al., 1995). בדומה לגפן, הדרים, הינו גידול רגיש מאוד

לבורון. ידועים מקרים בהם פרדסים באזור בקעת הירדן נעקרו מפאת פגיעה מעודפי בורון. ע"פ הספרות שנסקרה, תחום ערכי הסף לבורון בתמיסת הקרקע מעליו מתחיל להיגרם נזק לגפן הינו 0.5 - 0.75 ח"מ. תחום ערכים זה הינו שכיח בקרקעות בקעת הירדן. לפיכך, הועלתה השערה לפיה חשיפת הגפן לריכוזי בורון גבוהים, לתקופה ממושכת עלולה לגרום לנזק בטווח זמן ארוך יותר. השקית עצים מקבוצת הגלעיניים בבורון גרמה להצטברות בורון בגזעי העצים ונמצאה בהתאמה לתמותה של הגזעים, אף מבלי שהופיעו סימני רעילות של בורון בעלים (El-Motaium et al., 1994). כמו כן, נמצא שהצטברות של בורון התגברה עם הזמן והשפיעה על יכולת הכנה לחיות. ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע קובע את מהירות הצטברות הבורון בעלים ומכאן את מהירות הפגיעה. לכן, במקרים בהם יש חשיפה לרמות גבוהות מאוד של בורון תגובת הגפן מהירה. נשירת עלים בגפן שנחשפה לרמות בורון גבוהות, מהירה ביותר. חשיפה כזאת בתחילת העונה גורמת לפחיתתה ביבול. לעומת זאת, חשיפה מתמשכת לרמות פחות גבוהות עלולה לגרום לנזק בטווחי זמן ארוכים יותר. לגורמים סביבתיים ואקלימיים השפעה על קליטת מינרלים על ידי גפן (Bogoni et al., 1995). מאחר ותנועת הבורון הינה עם זרם הטרנספירציה יש יסוד להניח שהתנהגות העץ והצטברות הבורון בו תושפע מתנאי האזור. קליטה ובהצטברות של מינרלים בגפנים (ובכללם בורון) תלויה בכנה והזן (Kocsis et al., 1995; Stevens et al., 1996). לפיכך, בנוסף להשפעות האקלימיות יש חשיבות מרובה לבחון את הכנות והזנים הגדלים באזור.

לתכונות הכימיות פיסקליות של הקרקע חשיבות רבה בקביעת ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע. כמות הבורון הספוח לקרקע מושפעת ממרכיבי הפאזה הסופחת (מינרלי חרסית, תחמוצות חופשיות וחומר אורגני) ומגורמים נוספים כגון: ריכוז הבורון בתמיסה, חומציות, ריכוז והרכב המלחים, טמפרטורה ומחזורי יבוש והרטבה (Keren and Bingham, 1985; Yermiyahu et al., 1988, 1995). שטיפה של בורון אל מתחת לשכבת בית השורשים הינה הדרך המקובלת להקטנת הנזק לצמחים. ניסויים שונים בדקו תהליכי שטיפה של בורון בעמודות קרקע ובשדה (יוטל, 1990) ופותרו מודלים לשטיפת בורון. נמצא מתאם טוב בין התוצאות המדודות למחשבות הן כאשר בורון הוסף (Hatcher and Bower, 1958) והן כאשר הקרקע מכילה בורון טיבעי ברמה גבוהה (Tanji, 1970). כמויות המים הנדרשות לשטיפת בורון יכולות לנוע ממאות אלפי מ"מ מים בהתאם לרמת הבורון בקרקע, סוג הקרקע, שיטת השטיפה ועומק החתך השטוף הדרוש. יעילות שטיפת הבורון נמוכה בהשוואה לשטיפת כלוריד ויכולה להיות קטנה בפי 2-3.

למחקר המוצע יישום רחב יותר. שימוש הולך וגובר במים מושבים שמקורם בקולחים בהם ריכוז הבורון גבוה יחסית עשוי לגרום להצטברותו בקרקע. רעילות בורון בעקבות השקיה במים המכילים ריכוזי בורון גבוהים מדווחת בספרות ממקומות שונים בעולם. גם בארץ מיוחסת תמותת גפנים באזור זכרון יעקב לריכוזי בורון גבוהים שהיו במי הקולחים אשר שימשו להשקיה. סקר איכות מי שפכי אוג (המיועדים להשקיה באזור בקעת הירדן) מצביע על ריכוזי בורון גבוהים (טרצ'יצקי 1997). לימוד מקדים בנושא יחסוך התמודדות עם בעיות עתידיות הצפויות משימוש במים בעלי תכולות בורון גבוהות בכרמים. הבנת הקשרים בין בורון לקרקע ובין בורון בקרקע ובורון בצמח תאפשר לבחון דרכים להקטנת נזקי הבורון ע"י שינויים בממשקי השקיה המקובלים היום ואו הקטנת ריכוזי בורון בקרקע באמצעות תוספים שיוספו לקרקע.

### 3. מטרת המחקר לתקופת הדו"ח

- I. בחינת תגובת גפן לבורון בכנות שונות.
- II. בחינת תגובת גפן לבורון בתנאי מליחות.
- III. מעקב אחר השינויים בריכוז הבורון בחתך הקרקע ובצמח בכרם בבקעת הירדן.

### 4. שיטות וחומרים

4.1. קביעת קיבול הספיחה של בורון לפרלייט - על מנת להגיע למצב בו ריכוז הבורון במהלך הגידול בחביות ישאר קבוע, נערך לימוד מקדים במעבדה ללימוד יחסי הגומלין בין בורון לפרלייט. במערכת הראשונה התבצע ניסויי ספיחה של בורון לפרלייט כתלות ב-pH. לסדרת מבחנות המכילות 3 ג' פרלייט (יבש אויר) הוספו 45 מ"ל תמיסת סידן כלורי בריכוז של 0.01 מולר ובששה ריכוזים שונים של בורון. טיפולי הבורון היו: 0, 2.3, 6.7, 13.3, 33.3 ו-66.7 ח"מ. הניסוי בוצע בשלוש חזרות. המבחנות טולטלו למשך 48 שעות. לאחר סינון התמיסה וקביעת ה-pH, נקבע ריכוז הבורון בתמיסה. מידיעת נפח התמיסה, וריכוז הבורון לפני ואחרי השגת שיווי המשקל, חושבה כמות הבורון שנספח ליחידת משקל של פרלייט.

במערכת השניה הושקו עציצים שהכילו 2 לי פרלייט בתמיסת  $\text{CaCl}_2$  0.01 בשני ריכוזי בורון: 1 ו-4 ח"מ. העציצים הושקו פעמים ביום ב-500 סמ"ק בכל פעם במשך שלושה ימים ברציפות. לאחר מכן, כוסו העציצים ביריעת ניילון על מנת למנוע אידוי, למשך שלושה שבועות. בתום התקופה נערכו עוד שני מחזורי השקיה רצופים. במהלך כל השקיה נאסף כל הנקז ונקבע בו ריכוז הבורון.

4.2. ניסוי חביות לבחינת תגובת גפן לבורון - גפנים מורכבים בני כחצי שנה אשר נרכשו ממשתלות מסחריות נשתלו ב-15.8.00 בחביות בנות 60 לי, בשטח פתוח בחוות הניסיונות של בקעת הירדן. החביות נצבעו בלבן, בתחתיתם חובר ברז לאיסוף נקז. טוף בגובה של 5-7 ס"מ הונח בתחתית החבית, מעליו רשת דקה ומעליה פרלייט. פרלייט נבחר כמצע הגידול על מנת להקטין למינימום את יחסי הגומלין בין מצע הגידול לבורון ולאפשר שליטה בריכוז הבורון בתמיסת הקרקע. השקיה נעשתה במערכת משאבות וטיפטוף, 6 טפטפות בספיקה של 2 לי לשעה לחבית. המערכת מופעלת ומבוקרת ע"י מחשב. החביות הושקו במהלך היום (בין 6<sup>00</sup> ל-19<sup>00</sup>) בתדירות של 9 פעמים ביום, 3 לי לחבית להשקיה. דישון ניתן ברציפות עם ההשקיה והכיל את היסודות הבאים: 47 ח"מ חנקן כללי (34 ח"מ כחנקה ו-13 ח"מ כאמון), 10 ח"מ זרחן, 30 ח"מ אשלגן, 0.7 ח"מ ברזל, 0.35 ח"מ מנגן, 0.18 ח"מ אבץ, 0.04 ח"מ נחושת, ו-4 ח"מ מוליבדן. מי טפטפת נדגמו אחת ברציפות אחת לשבועיים והסטריות שהתקבלו בריכוזי היונים הגיעו עד 10%. חומציות מי ההשקיה נקבעה לערך של בין 6.3 ל-6.5 ע"י חומצה גופריתנית (5%). טיפולי הבורון החלו 40 יום לאחר שתילה כדי לאפשר התבססות הצמחים וכללו 4 ריכוזי בורון בתמיסת ההשקיה: 0.3, 1.3, 2.3, 3.3 ח"מ. בניסוי נבחנים שתי כנות: רוגרי שהינה כנה דומיננטית באזור וסולט קריק כנה מבטיחה עתידית בעלת עמידות לנמטודות וגורמי מליחות שונים עם הזן הנפוץ באזור (סופיריור). טיפול המליחות הופעל על כנת סולט קריק. העליה במליחות התקבלה ע"י תוספת נתרן וסידן כלורי. ריכוז הנתרן והסידן במים לפני תוספת מלח היה 1.2 ו-1.3 מילימולר, בהתאמה. תוספת המלחים העלתה את ריכוזי הנתרן והסידן ל-9 ו-3 מילימולר, בהתאמה, ואת המוליכות החשמלית של תמיסת ההשקיה מ-1.3 ל-2.7 דציסימנס למי.

מבנה הניסוי הינו בחלקות מפוצלות (רמת בורון) בשישה בלוקים באקראי. בכל חלקה 3 חביות (רוג'רי, סולט קריק, סולט קריק + מלח) ובכל בלוק 12 חביות. סה"כ בניסוי מוצבים 72 חביות. הצמחים גדלים בהשקיה עודפת וזאת על מנת למנוע עליה בריכוז הבורון והמלח במצע הגידול. נערך ניטור רציף מידי שבועיים של מי הטפטפת והנקז המצטבר במהלך 24 שעות בטיפולים השונים. נקבע נפח מי הטפטפת והנקז, המוליכות החשמלית וריכוזי היונים: חנקן, אמון, זרחן, אשלגן, ובורון נקבעו בהם. מדידות מצביעות על מקדם השטיפה של לפחות 50%. ריכוז הבורון והמלחים בנקז לא השתנו באופן משמעותי ועלו עד כדי 20%. כל החנקן בנקז היה בצורת ניטרט וריכוזו היה נמוך עד כדי 20% מריכוז החנקן הכללי שבמי הטפטפת. נמצאה ירידה של כ-50% בריכוז הזרחן בנקז בהשוואה למי טפטפת.

גיזום נעשה ב-30.1.01 וב-25.1.02 מיד לאחר מכאן העצים רוססו באלוזודף (4%) + BB5 (0.1%). במועדים אלו נמדד קוטר הגזע 10 ס"מ מנקודת ההרכבה וכן משקל טרי של הגזם. בעונת הגידול הראשונה נדגמו עלים בשלושה מועדים: ב-15.11.00, 18.12.00 ו-15.1.01 שהם 50, 83 ו-110 ימים מהתחלת יישום הטיפולים. בדיגום הראשון נדגמו העלים הבוגרים והצעירים מחמשה שריגים. עלים בוגרים הוגדרו כעלים ראשון ושני בתחתית השריג ועלי צעיר כעלה חמישי מקצה השריג. במועד השני והשלישי נדגמו עלים בוגרים בלבד. על מנת ללמוד את התפלגות הבורון לאורך השריג נדגמו במועד השלישי (מועד הגיזום) שני שריגים מכל טיפולי בורון מכנת רוג'רי אשר חולקו לארבעה חלקים שווים. העלים הופרדו מהשריגים. בעונת הגידול השנייה נדגמו עלים בחמישה מועדים: 2.4.01, 1.5.01, 21.6.01, 2.9.01 ו-3.12.01. בדיגום הראשון שלישי וחמישי נדגמו עלים בוגרים. בדיגום השני נדגמו העלים מול האשכול ובדיגום החמישי עלים צעירים. ב-2.9.01 נדגמו שריגים על מנת לקבוע את ההתפלגות הבורון לאורכם. דיגום נעשה בכנת סולט קריק בכל רמות הבורון בנוכחות ובהעדר מלח. מכל עץ נדגמו שני שריגים אשר חולקו לשלושה חלקים שווים. הדיגום נעשה בשלוש חזרות.

עלים והשריגים נשטפו במים מזוקקים, יובשו, נטחנו ונקבע בהם ריכוז היסודות חנקן, זרחן ואשלגן בשריפה רטובה עם חומצה גופריתית ומי חמצן. ריכוז הבורון בחלקי הצמח נקבע בשריפה יבשה: שריפה בטמפרטורה של  $550^{\circ}\text{C}$ , המסת האפר בחומצה מלחית בריכוז של 1N, סינון וקביעת בורון בשיטת ה-Azomethine-H. ניתוח סטטיסטי לבחינת הטיפולים נעשה בתוכנת Gump.

4.3. מעקב אחר שינויים בריכוז הבורון בקרקע ובצמח בחלקות התצפית בבקעת הירדן - רשימת החלקות שנבחרו למעקב מוצגות בטבלה 1. ארבע חלקות גידול גפנים בשטח פתוח וארבע חלקות גידול במבנה מחופה. המדדים לבחירת החלקות היו: כנה, גיל המטע ובורון (על סמך ידע מוקדם). הכנה בכל החלקות הינה רוג'רי עם הזנים: ספרייר, פרלט ו-125. גיל המטעים נע בין 4 ל-8 שנים. חלקות הדיגום נבחרו ממשקים שונים: ייטב, תומר, ארגמן, נתיב הגדוד וארגמן. מימשק הגידול בין החלקות שונה ונקבע ע"י המגדל. ביטוי לשונות הגדולה במימשק הגידול ניתן לראות בהצבת קווי הטיפטוף המגוונת בחלקות: שלושה אחת או שתי שלוחות במרווחים בין הטפטפות של בין 30 עד 100 ס"מ.

דיגום קרקע ראשון נערך בעזרת מחפרון לעומק של 150 ס"מ ב-1.3.199. הדיגום נעשה בארבע חלקות: שתי חלקות בגידול מחופה (חלקות 7,8) ושתי חלקות בגידול בשטח פתוח (חלקות 1,2). בכל חלקה נערכו שני דיגומים במטע ודיגום בודד בחלקת בור סמוכה למטע. חפירה

נעשתה סמוך לגזע (כ-10 ס"מ). דיגומי קרקע נלקחו מהשכבות הבאות : 0-20, 20-40, 40-60, 60-90, 90-120, 120-150 ס"מ. בנוסף, נעשו שלושה קידוחים בעזרת מקדח ידני מהעומקים : 0-30, 30-60, 60-90 ס"מ. הקידוחים נעשו במרחק שווה בין שתי טפטפות וכ-10 ס"מ לכוון השביל. לאור השונות הגדולה בדיגומי הקרקע שנעשו בעזרת מקדח הולנדי נערך דיגום קרקע במרחקים שונים מהטפטפת. דיגום נעשה בשתי טפטפות הקרובות לגזע העץ בחלקה 8 בעלת ריכוז בורון גבוהה. מרחק בין טפטפות 30 ס"מ. הדיגום נלקח משלושה עומקים : 0-30, 30-60 ו-60-90 ס"מ. כל טפטפת נערכו 7 דיגומים : מרכז הטפטפת, 3 קידוחים בין טפטפות ו-3 קידוחים במאונך לטפטפת במרחק של 10 ס"מ בין הקידוחים.

דיגומי הקרקע יובשו בתנור בטמפרטורה של  $40^{\circ}\text{C}$ , ונטחנו. מוליכות חשמלית, pH, וריכוזי נתרן ובורון נקבעו במיצוי של עיסה רוויה. ריכוז הנתרן נקבע בפוטומטר להבה, וריכוז הבורון בשיטת ה-Azomethine-H (Gupta and Stewart, 1972).

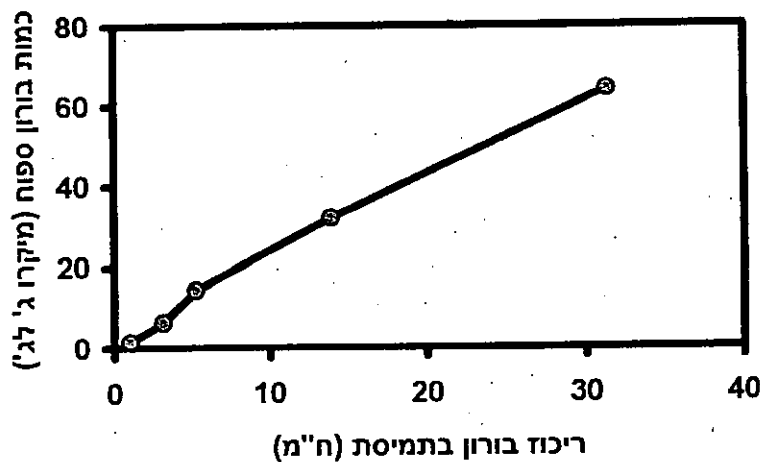
דיגומי עלים נלקחו מכל החלקות במשך שלוש שנים רצופות בשני מועדים : בתחילת העונה לאחר פריחה- עלה מול אשכול (בחלקות המחופות בשבוע הראשון של מרץ ובשטח הפתוח שבועיים לאחר מכן) ובתום הגידול- עלי חמישי מקצה השריג (באמצע נומבר). העלים נאספו לאורך שורות הגידול כ-40 עלים לדגימה בשלוש חזרות. העלים נשטפו במים מזוקקים, יובשו, נטחנו ונקבע בהם ריכוז היסודות חנקן, זרחן, אשלגן ובורון בשיטות שתוארו קודם.

טבלה 1. נתונים על חלקות התצפית נכונים למרץ 1999. רמת בורון הוערכה מנתוני קרקע.

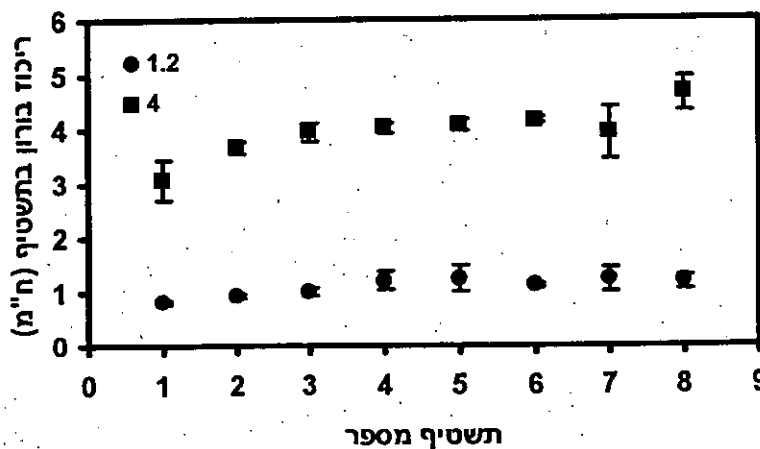
חלקה	ישוב	צורת גידול	זן	גיל כרם (שנים)	רמת בורון	מספר שלוחות	מרווחי טפטפות
1	ייטב	פתוח	סופיריור	6	בנוני	2	50,75
2	תומר	פתוח	פרלט	5	נמוך	1	50
3	תחנת נסיונות	פתוח	סופיריור	8	גבוה	2	50,50
4	ארגמן	פתוח	פרלט	6	נמוך	1	50
5	נתיב הגדוד	מחופה	125	6	בנוני	1	75
6	תומר	מחופה	פרלט	6	גבוה	2	50,30
7	גלגל	מחופה	פרלט	3	נמוך	1	100
8	נתיב הגדוד	מחופה	125	6	גבוה	2	30,60

## 5. תוצאות ודיון

5.1. קביעת קיבול הספיחה של בורון לפרלייט - עקום ספיחה של בורון לפרלייט ב- pH 6.8 מוצג בציור 1. עקום הספיחה מתנהג בצורה אופיינית כך שעם העליה בריכוז הבורון בתמיסת שווי המשקל עולה כמות הבורון הנספח ליחידת משקל. השוואת עקום הספיחה של פרלייט לאלו של קרקעות וחרסיות בתנאי pH דומים (Yermiyahu et al., 1988) מצביעה על יכולת ספיחה נמוכה של פרלייט. למרות זאת, יש לקחת בחשבון את הספיחה של הבורון לפרלייט על מנת להעריך את ריכוזו בתמיסת המצע. בציור 2 מוצגים ריכוזי הבורון בתשטיפים מעצבים כתלות במחזורי השטיפה. בשני ריכוזי הבורון שנבחנו, התקבלו תוצאות דומות. ריכוז הבורון בתשטיפים הראשונים נמוך מריכוז הבורון במי ההשקיה אך החל מהתשטיפ הרביעי ריכוז הבורון זהה בערכו לערך שבמי ההשקיה. מאחר וכל השקיה היתה בנפח של 0.5 לי' ונפח הפרלייט המושקה היה 2 לי', מתקבל שריכוז הבורון בתשטיפ מתייצב לערך שנקבע במי ההשקיה לאחר העברת נפח שטיפה אחד. התוצאות הללו מצביעות על כך שריכוז הבורון בתמיסת מצע הגידול בניסוי החביות יתייצב תוך זמן קצר (מספר ימים במשטר ההשקיה הניתן) לערך שאותו קבענו בטיפול.



ציור 1. עקום ספיחה של בורון לפרלייט.

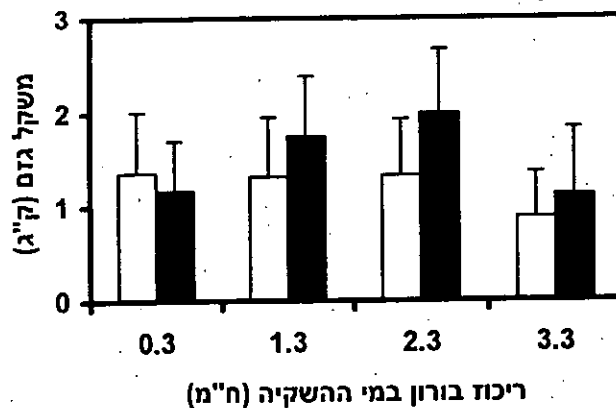
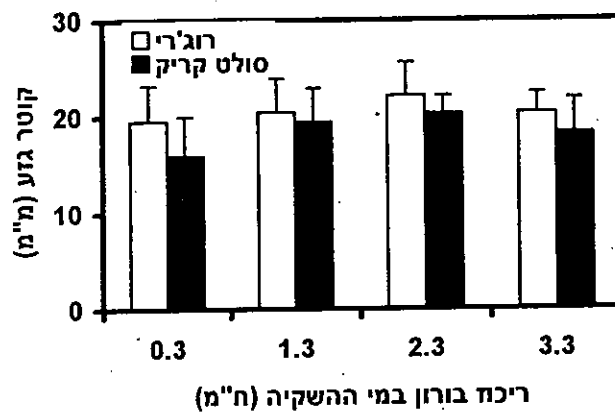


ציור 2. ריכוז בורון בתשטיפ מעצבים שהכילו פרלייט והושקו בשתי רמות בורון 1.2 ו-4.0 ח"מ בורון כתלות במספר התשטיפ. הקווים האנכים מייצגים סטית תקן.



## 5.2 תגובת גפן לבורון

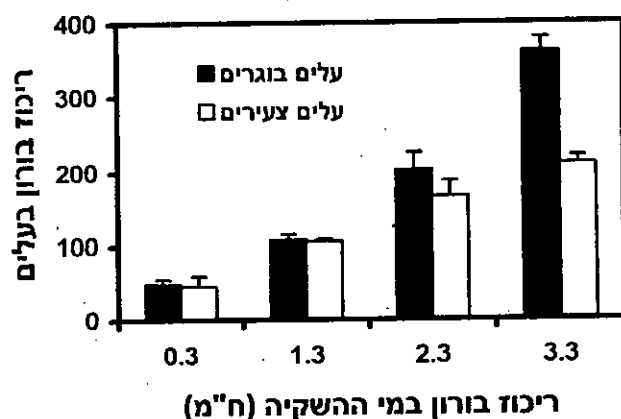
5.2.1 עונת גידול ראשונה – סימני רעילות בורון בעלים אופייניים (הצהבה והתייבשות בשוליים). ניצפו רק ברמת הבורון הגבוהה ביותר וכחודשים לאחר התחלת יישום הבורון. לאורך תקופת הגידול לא נראה הבדל משמעותי בין הטיפולים בהתפתחות הצמחים. קוטר הגזע בסוף העונה ומשקל הגזם כתלות בטיפול הבורון מוצג בציור 3. ההבדל בין טיפולי הבורון ביחס לקוטר הגזע ולמשקל הגזע הנוף וכן ההבדל בין הכנות השונות אינו מובהק (רמת מובהקות של 0.05). למרות זאת, ניתן לראות ירידה בעובי הגזע ובמשקל הגזע בטיפול הבורון הגבוה ביותר. מגמה זאת דומה בשתי הכנות ומצביעה על השפעה ראשונית של רעילות בורון הבולמת את התפתחות העצים למרות שבסך הכל חשיפת העצים לטיפול הבורון החלה רק בחודש ספטמבר מעבר למחצית עונת הגידול.



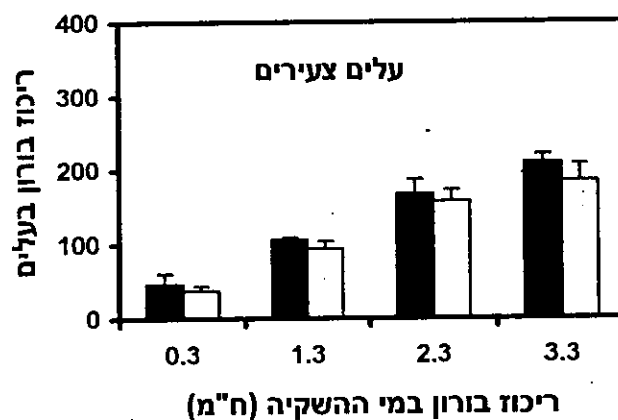
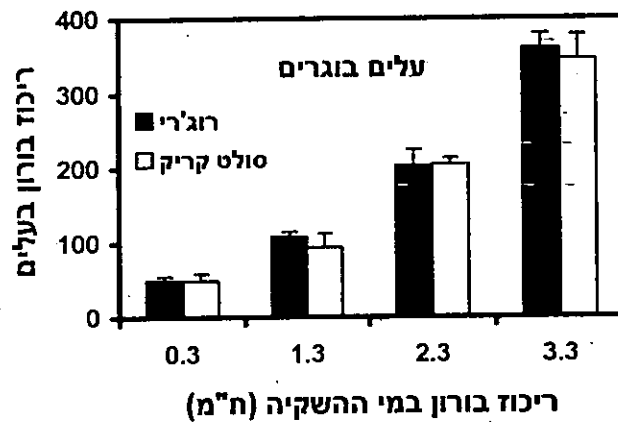
ציור 3. קוטר גזע ומשקל גזם כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה עבור שתי הכנות בתום עונת הגידול הראשונה (30.1.01). הערכים מייצגים ממוצע של 6 חזרות. קווים אנכיים מייצגים את סטיית התקן.

ריכוז בורון בעלים בוגרים וצעירים כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה מוצג בציור 4. העלים נדגמו מכנת רוג'רי 50 ימים לאחר יישום הטיפולים. ריכוז הבורון בעלים הצעירים (עלה חמישי מקצה השריג) עולה לינארית עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה. ריכוזי הבורון

בעלים הבוגרים זהים בערכם לריכוזי הבורון בעלים הצעירים בשתי רמות הבורון הנמוכות אך גבוהים בשיעור ניכר בשתי רמות הבורון הגבוהות. תוצאות אלו מצביעות על כך, שצבירת הבורון בעלים הבוגרים מתעצמת רק כאשר ריכוז הבורון בתמיסה גבוה מערך שהינו בין 1.3 ל-2.3 ח"מ. ריכוזי הבורון בעלים של כנת סולט קריק היו דומים מאוד לרוגרי (ציור 5). ריכוזי הבורון בעלים הבוגרים והצעירים לא נבדלו בין שתי הכנות שנבחנו. תנועת הבורון בצמח הינה בזרם הטרנספירציה ולפיכך, ריכוז הבורון בעלים הבוגרים גבוהה מאשר בעלים הצעירים. יש לציין שבמועד זה החלו להופיע סימני רעילות בורון אופייניים בטיפול הבורון הגבוה. נראה שבשלב זה של הגידול הכנות אינן נבדלות ביניהן ביחס לקליטת הבורון. ריכוזי הבורון בעלים והמגמות היו זהות גם בעלים בוגרים שנדגמו 83 ו-110 ימים לאחר יישום הטיפולים (תוצאות לא מוצגות). מכאן, שריכוז הבורון בעלים בוגרים אינו ממשיך לעלות ומגיע עד לרמה מסויימת. רמה זאת הושגה כבר לאחר 50 ימי חשיפה לבורון וחשיפה למשך עוד 60 יום לא גרמה להמשך הצטברות. תוצאה זאת מרמזת על כך שרמת הטרנספירציה בעלים הבוגרים נמוכה מאוד. בדומה לבורון, ריכוז האשלגן בעלים נשמר קבוע לאורך עונת הגידול ערך ממוצע של 1.8% בעוד שריכוז החנקן והזרחן בעלים ירד לקראת הנשירה. החנקן ירד מערך ממוצע של 2.4 ל-1.7% והזרחן מערך של 1.8 ל-1.3%.

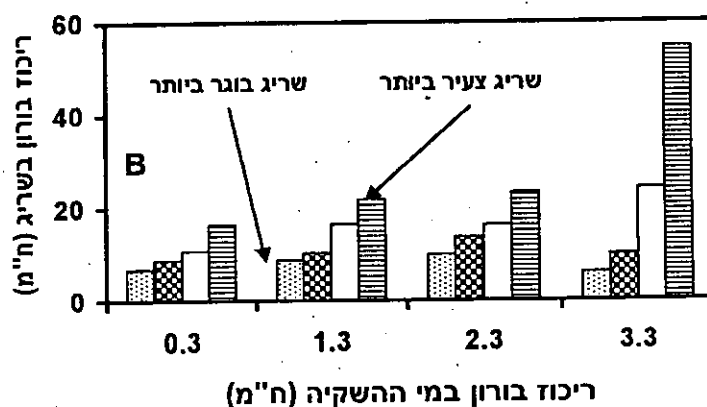
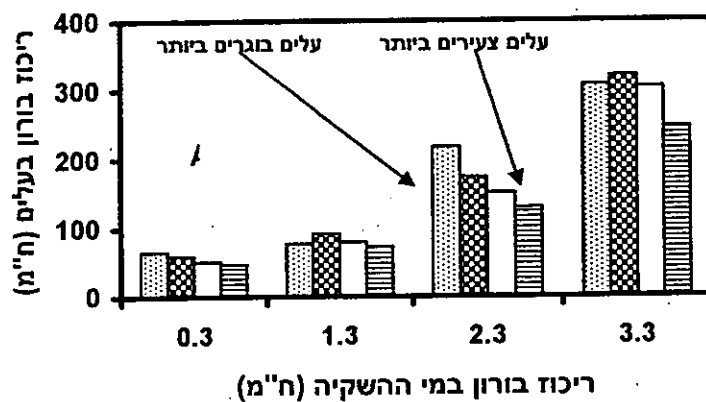


ציור 4. ריכוז בורון בעלים בוגרים וצעירים כתלות ברמת הבורון במי ההשקיה. עלים נדגמו מכנת רוגרי 50 יום לאחר התחלת הטיפולים. הערכים מייצגים ממוצע של 4 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.



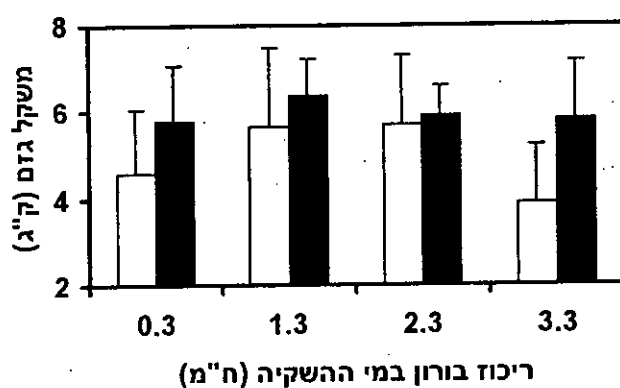
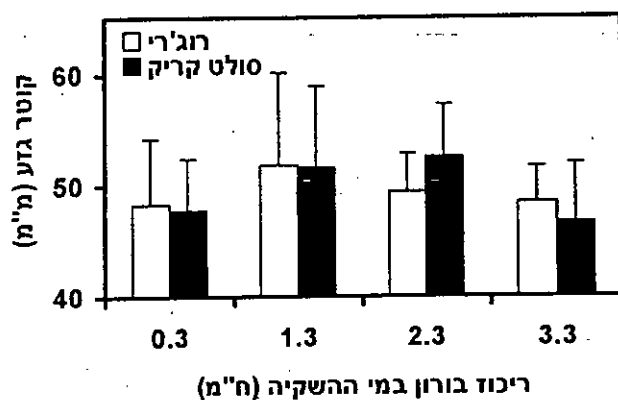
ציור 5. ריכוז בורון בעלים בוגרים וצעירים מכנות רוג'רי וסולט קריק כתלות ברמת הבורון במי ההשקיה. עלים נדגמו מכנת רוג'רי 50 יום לאחר התחלת הטיפול. הערכים מייצגים ממוצע של 4 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.

בציור 6 מוצגים ערכי בורון בעלים ובשריגים לאורך השריג. העלים נדגמו מכנת רוג'רי 110 ימים מתחילת יישום הבורון. אורכם של השריגים שנדגמו היה אחיד, ולפיכך יש להניח שהם בני אותו הגיל לערך. ככלל, ניתן לראות שריכוז הבורון בעלים משתנה לאורך השריג וככל שהעלים צעירים יותר ריכוז הבורון בהם יורד (ציור 3A). מגמה זאת התקבלה בכל רמות הבורון שנבחנו ומצביעה על הצטברות הבורון עם הגידול. בולטת העובדה שריכוז הבורון בעלים בני אותו גיל עולה עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה. שלא כמו העלים, ריכוז הבורון בשריג הולך ויורד עם גיל הרקמה (ציור 3B). באופן כללי, ריכוז הבורון בשריג נמוך באופן משמעותי בהשוואה לעלים. היחס בין ריכוז הבורון שבגבעול לעלים אינו אחיד והוא תלוי בגיל ובריכוז הבורון שבמי ההשקיה. עם גידול השריג היחס הולך וקטן והוא גדל ככל שריכוז הבורון במי ההשקיה גבוה יותר. הצטברות גבוהה של בורון בעלים בהשוואה לגבעול היא תוצאה מהטרנספירציה הגבוהה יותר שבעלים, זאת גם הסיבה לריכוז הגבוה של הבורון בחלקי השריג הצעירים בהם הטרנספירציה ליחידת משקל גבוהה יותר מאשר חלקי השריג המבוגרים. סביר להניח שהירידה בריכוז הבורון לאורך השריג אינה תוצאה של תנועת בורון מחלקי מבוגרים לצעירים אלא אפקט של מיחול עם הגידול והתעבות השריג.



ציור 6. ריכוז בורן בעלים (A) ובשריג (B) באזורים שונים לאורך השריג כתלות בריכוז הבורן במי ההשקיה. דיגום נעשה בכנת רוג'רי 110 ימים לאחר יישום הבורן.

5.2.2 עונת גידול שניה – עונת זאת היא העונה הראשונה שהצמחים נחשפו לטיפולם לכל אורכה. סימני רעילות בורן בעלים נצפו כבר בתחילת העונה בעיקר בטיפול הבורן הגבוה ביותר. סימני רעילות ניצפו גם ברמת בורן של 2.3 ח"מ אם כי בעוצמה פחותה ובמועד מאוחר יותר בהשוואה לטיפול בורן של 3.3 ח"מ. עם התקדמות הגידול, ברמת הבורן הגבוה ביותר ניצפתה פגיעה בהתפתחות העץ אשר התבטאה בגודל עלים קטן, באורכי שריגים קצרים ומרובים התפצלויות. לא נראה הבדלים בין הכנות ביחס לתגובת העצים לבורן. עובי הגזע בסוף העונה ומשקל הגזם כתלות בטיפול הבורן מוצג בציור 7. בדומה לתוצאות מהעונה הקודמת אין הבדל בין הכנות ביחס לעובי הגזע. בסך הכל הגזע התעבה בשנה זאת בכול הטיפולים בכ-30 מ"מ. השפעת טיפולי הבורן איננה מובהקת אים כי נשמרה המגמה של עליה מתונה עם ריכוז הבורן וירידה בעובי הגזע בריכוז הבורן הגבוה. מגמה זאת התבטאה באופן בולט יותר במשקל הגזם עם הבדל משמעותי בין הכנות לטובת סולט קריק (ציור 7).



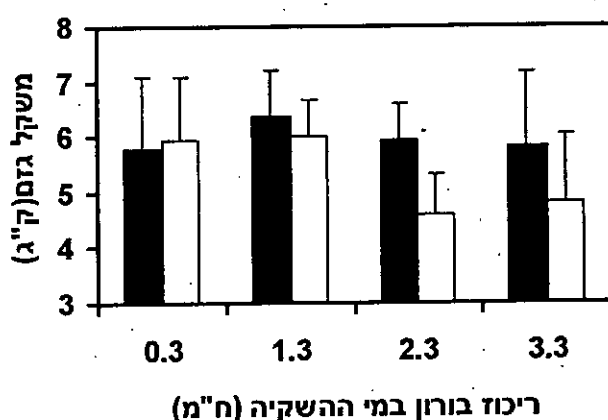
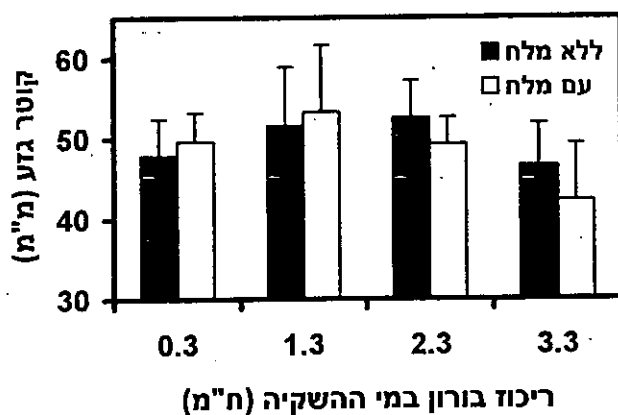
ציור 7. עובי גזע ומשקל גזם כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה עבור שתי הכנות בתום עונת הגידול השניה. הערכים מייצגים ממוצע של 6 חזרות והקווים אנכיים את סטיית התקן.

ריכוזי הבורון בעלים שנדגמו בשנת הגידול השניה מוצגים בטבלה 2. לאורך השנה נדגמו עלים בחמישה מועדים. שלושה דיגומים מעלים בוגרים ושני דיגומים המתאימים במועדים ובאופן דיגומים לדיגומים שנעשו בחלקות המעקב המסחריות. בדומה לעונת הגידול הקודמת ריכוז הבורון בעלים עולה עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה בכל מועד דיגום (טבלה 2). ככלל, ריכוזי הבורון בעלים הבוגרים במועד הדיגום הראשון בעונת הגידול השניה דומים לריכוזי הבורון בעלים בעונה הקודמת (טבלה 2 ציור 4). שלושת דיגומי העלים הבוגרים מצביעים על כך שבורון מצטבר בעלים עם הזמן, כאשר שיעור הצטברותו תלוי בטיפול הבורון. ככל שריכוז הבורון במי ההשקיה גבוהה יותר שיעור הצטברות מתגבר. כך לדוגמא, בטיפול בורון של 0.3 ח"מ ריכוז הבורון בעלים בממוצע של שתי הכנות היה 61 מ"ג לק"ג בתחילת העונה כאשר ריכוז הבורון באותם עלים לערך חמישה חודשים לאחר מכן היה 168 מ"ג לק"ג, פי 2.6 גבוהה יותר. להשוואה, באותם מועדים ריכוז הבורון בעלים בטיפול בורון של 3.3 ח"מ הוכפל פי 7 מ-282 ל-1988 מ"ג לק"ג. ככלל, קליטת הבורון לאורך העונה בין הכנות זהה (טבלה 4). הבדל מסויים וקבוע התקבל רק ברמת הבורון הנמוכה ביותר כאשר ריכוז הבורון בעלים בכנת סולט קריק היה נמוך בהשוואה לרוג'רי (טבלה 4). ההבדל זה בין הכנות היה בעיקר בחודשי הגידול הראשונים והצטמצם לקראת סוף הגידול יש צורך להמשיך ולעקוב אחריו בעונות הגידול הבאות.

טבלה 2. ריכוז בורון בעלים (מ"ג לק"ג) במועדים שונים לאורך עונת גידול השניה.

מועד דיגום וסוג עלים שנדגמו					טיפול		בורון (ח"מ)
3.12.01	2.9.01	21.6.01	1.5.01	2.4.01	מליחות	כנה	
עלים צעירים	עלים בוגרים	עלים בוגרים	עלים מול אשכול	עלים בוגרים			
195±48.7	158±8.5	120.0± 7.1	64.7± 2.5	78.0± 6.1	ללא	רוג'רי	0.3
149±35.6	160±12.5	91.0± 20.7	42.2± 5.2	44.7± 5.5	ללא	סולט קריק	
296±105	328±183	67.3± 6.1	34.9± 5.1	40.3± 6.7	עם	סולט קריק	
735±133	627±58.9	438.3±34.6	145.7±29.7	107.0± 12.7	ללא	רוג'רי	1.3
670±119	666±105	499.7±34.6	143.7±23.2	127.3± 11.4	ללא	סולט קריק	
334±87	660±202	384.7±45.2	128.0±41.6	103.0± 2.7	עם	סולט קריק	
1051±305	1095±220	917±123	314.0±37.6	242.3± 35.0	ללא	רוג'רי	2.3
1113±88	1001±321	861±113	306.7±40.7	311.5± 12.1	ללא	סולט קריק	
887±51	834±152	516±49	196.4±39.5	187.7± 24.1	עם	סולט קריק	
1552±512	2014±304	1143±290	365.7±50.3	262.0± 33.2	ללא	רוג'רי	3.3
1752±351	1963±370	1077±104	352.0±51.5	303.3± 40.3	ללא	סולט קריק	
955±252	1524±211	997±131	215.3±4.6	293.7± 27.0	עם	סולט קריק	

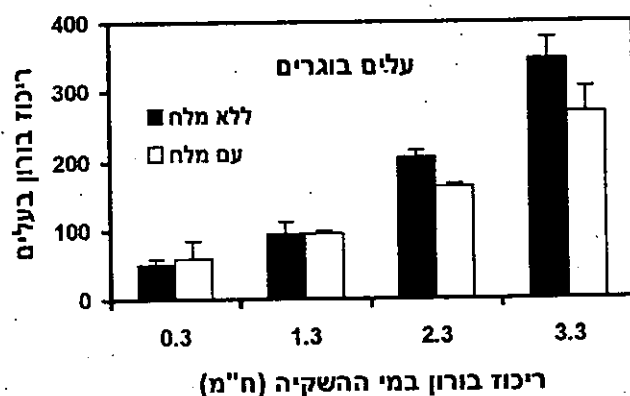
5.3. תגובת גפן לבורון בנוכחות מלח – השפעת טיפול המלח לא נראתה על העצים בעונת הגידול הראשונה כמו כן לא נמצא הבדל מובהק לטיפול המלח על עובי הגזע ומשקל הגזם (תוצאות לא מוצגות). השפעת תוספת המלח התבטאה בעונת הגידול השניה בעובי הגזע ובמשקל הגזם רק בשני טיפולי הבורון הגבוהים כאשר בשני טיפולי הבורון הנמוכים טיפול המליחות לא השפיע על מדדי הגידול שנמדדו (ציור 8). תוצאות אלו מצביעות על מערכת מורכבת עם יחסי גומלין בין בורון ומליחות. ברמת בורון נמוכות העלאת המליחות אינה משפיעה על התפתחות העץ ולעומת זאת, ברמות בורון גבוהות יותר ישנה התבטאות חזקה יותר בטיפול המלח. ממצאים אלו מרמזים על יחסי גומלין בעלי אופי סנרגיסטי. כלומר, שהשפעת שני הגורמים על הגידול גדולה יותר מסכום שתי ההשפעות יחד.



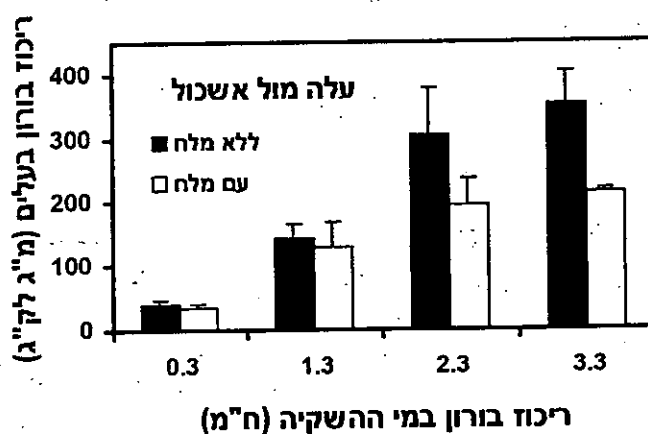
ציור 8. קוטרו גזע ומשקל גזם כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה עם וללא תוספת מלח. דיגום מכנת סולט קריק בתום עונת הגידול השניה. ערכים מייצגים ממוצע של 6 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.

ריכוז בורון בעלים כתלות בטיפול הבורון בנוכחות ובהעדר מלח בדיגום עלים שנלקח 50 יום מתחילת הטיפולים בעונת הגידול הראשונה מוצג בציור 9. קליטת הבורון ע"י הגפנים בנוכחות מלח היתה במגמה דומה לזו שבהעדר מלח. לא נמצא הבדל מובהק בין טיפולי המלח בעלים הצעירים בכל טיפולי הבורון. הבדל מובהק נמצא רק בשתי רמות המלח הגבוהות בעלים הבוגרים. תוצאות אלו נמצאו גם בדיגומי העלים שנעשו במועדים מאוחרים יותר (83, 110 יום מתחילת יישום הבורון) ומצביעות על כך שנוכחות המלח לא משפיעה על קליטת הבורון כאשר ריכוזו בתמיסה נמוך. לעומת זאת, בריכוזי בורון גבוהים בתמיסת הקרקע נוכחות המלח מקטינה את קליטת הבורון. מגמה זאת נמשכה גם בתחילת עונת הגידול השניה בעלים הבוגרים והבדלים מובהקים להשפעת המלח התקבלו רק בטיפולי הבורון הגבוהים (טבלה 2). ככלל ניתן לראות שהשונות בין החזרות גדלה עם התקדמות הגידול. שונות זאת הינה תוצאה של דיגום עלים מגילאים שונים אשר הינה קריטית להצטברות בורון בהם. לפיכך, השוואה טובה ומקובלת נעשית בין העלים מול אשכול אשר מוגדרים היטב. בציור 10 מוצגים ריכוזי בורון בעלים מול אשכול כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה. בולטת השפעת טיפול המלח בהפחתת הצטברות הבורון בעלים רק ברמות הבורון הגבוהות. לעומת זאת, עם התקדמות הגידול (2.9.01 ו-3.12.01)

מתחילה להופיע השפעה של המלח גם ברמת הבורון הנמוכה ביותר, אלא שלא כמו בטיפול הבורון הגבוהים ריכוז הבורון בעלים עולה בטיפול המליחות (טבלה 2). חיזוק למגמות הללו התקבל גם בדיגום עלים לאורך השריג שנעשה ב-2.9.01. בדיגום זה נראה באופן מובהק כי ברמת בורון נמוכה ריכוז הבורון בעלים מתגבר בטיפול המליחות ולעומת זאת ברמת בורון גבוהה טיפול המליחות מפחית את ריכוז הבורון בעלים (ציורים C, A11). בדומה לתוצאות השנה הקודמת ריכוז הבורון בשריג הינו בשיעור נמוך בהרבה בהשוואה לעלים, ריכוז הבורון גבוה בחלק הצעיר בהשוואה לחלק הבוגר של השריג והשפעת טיפולי הבורון על הצטברותו בעלים קטנים בשיעור ניכר בהשוואה לעלים. ממצאים דומים המצביעים על השפעת מלחים שונים והרכבם על קליטת בורון התקבלו על ידינו גם בצמחים אחרים כדוגמת הדרים, פלפל וחיטה (מידע לא פורסם). מנגנון השפעת המלח אינו ברור ויכול להיות בעל השפעה ישירה על הקליטה של הבורון דרך השורשים או השפעה עקיפה כתוצאה מהירידה בטרנספירציה. כמו כן, לא ברור מדוע השפעת המלח אינה אחידה לאורך העונה בריכוז בורון נמוכים.

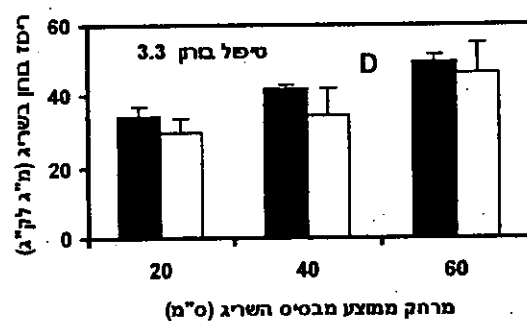
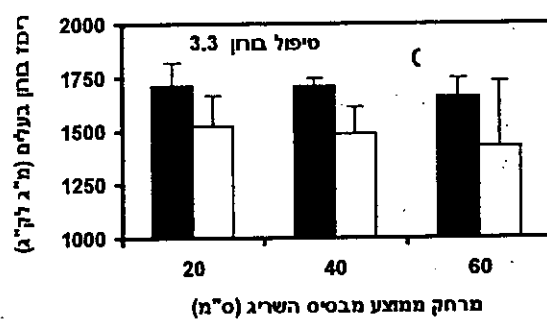
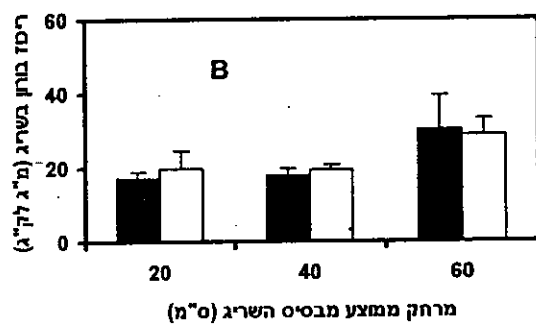
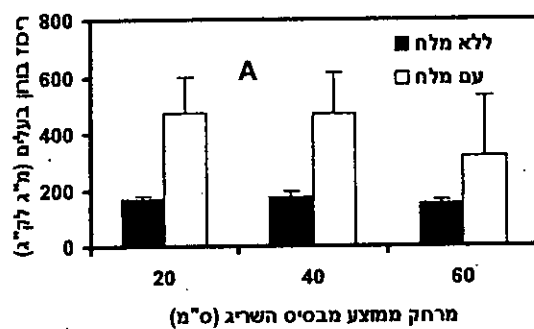


ציור 9. ריכוז בורון בעלים בוגרים כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה עם וללא תוספת מלח. דיגום מכנת סולט קריק 50 יום מתחילת הטיפולים בעונת גידול ראשונה. ערכים מייצגים ממוצע של 4 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.



ציור 10. ריכוז בורון בעלים כתלות בריכוז הבורון במי ההשקיה עם וללא תוספת מלח. עלים נדגמו מול אשכול ב-1.5.01 (עונת גידול שניה) מכנת סולט קריק. ערכים מייצגים ממוצע של 4 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.





ציור 11. ריכוז בורון בעלים (C,A) ובשריג (D,B) כתלות במרחק מבסיס השריג. ריכוז הבורון במי ההשקיה 0.3 (B,A) או 3.3 (D,C) עם וללא תוספת מלח. דיגום נעשה ב-2.9.01 (עונת גידול שניה) מכנת סולט קריק. ערכים מייצגים ממוצע של 3 חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.

5.4. ריכוז הבורון בקרקעות בחלקות התצפית - ריכוז הבורון בעיסה רוויה בחתך הקרקע מדיגומים של 31.3.99 אשר נעשו בעזרת מחפרון, מוצגים בציורים 12 ו-13 עבור החלקות בשטח הפתוח והמחופה, בהתאמה. ניתן לראות שריכוז הבורון בקרקעות הבור גבוה באופן ניכר בהשוואה לריכוז הבורון בקרקעות המעובדות בעיקר בשכבות העליונות, עד לעומק של 90 ס"מ. ישנה התאמה טובה בין רמת הבורון בקרקע בור לקרקע המעובדת. בחלקות בהן רמת הבורון בקרקע בור היתה גבוהה (חלקות 1 ו-8) נמצא גם ריכוז גבוה של בורון בקרקע המעובדת, והפוך בקרקע בור בה רמת הבורון היתה נמוכה נמצא ריכוז בורון נמוך גם בקרקע המעובדת (ציורים 12, 13). ריכוז הבורון בקרקעות הבור מבטא את רמת הבורון הטבעי בקרקע לפני שטיפתו לעומק. ניתן לראות זאת גם במגמת ריכוז הבורון בחתך כאשר בקרקעות הבור ריכוז הבורון יורד עם העומק בעוד שבקרקעות המעובדות הוא עולה עם העומק. בארבעת החלקות, ריכוז הבורון בקרקע הבור זהה לריכוזו בקרקע המעובדת בעומק של כמטר. בעומק זה, ריכוז הבורון בקרקעות עם רמת בורון טבעי נמוכה היה בתחום של 0.1-0.3 ח"מ, בעוד שבקרקעות בעלות רמת בורון טבעי גבוהה ריכוזו הגיע עד כדי פי 5 ויותר. יחס זה נשמר גם בעומק של כמטר וחצי, אלא שריכוזי הבורון היו גבוהים משמעותית יותר והגיעו מעבר ל-2 ח"מ בחלקות עם רמות הבורון הגבוהות. רמה זאת של בורון גבוהה הרבה מעבר לסף הרעילות עבור גפנים.

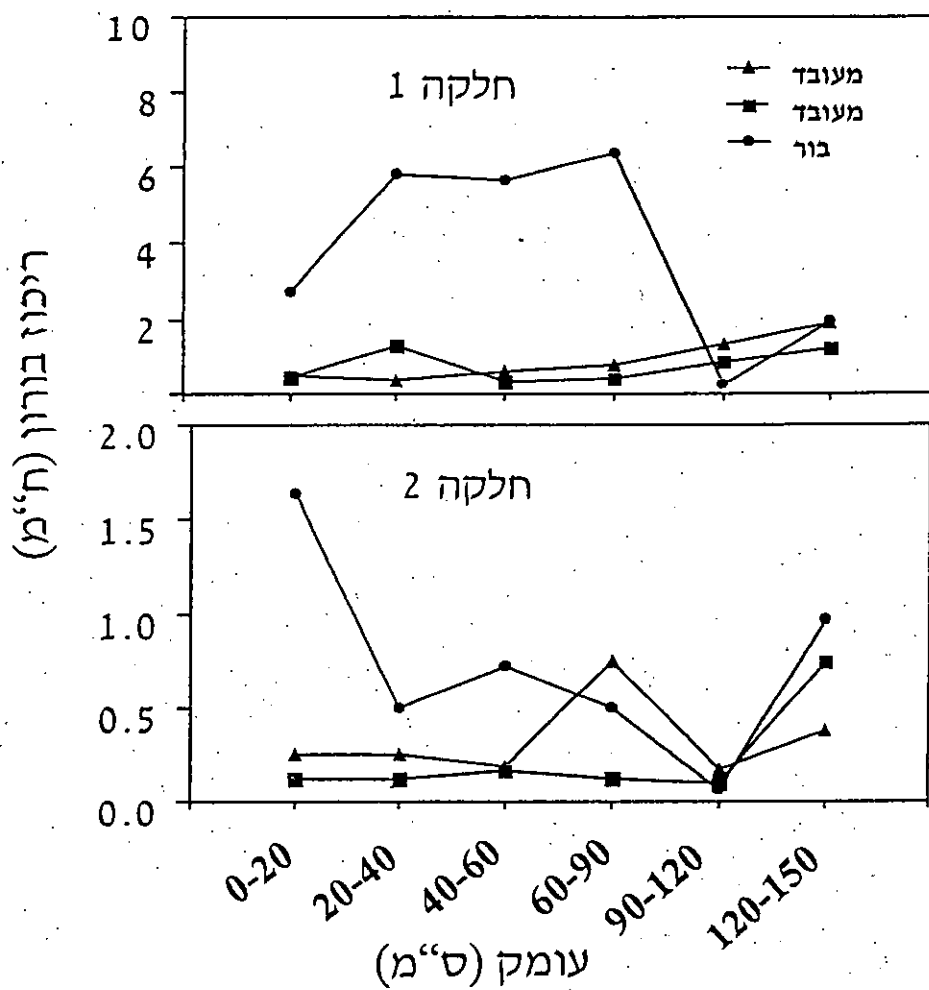
דיגום בעזרת מחפרון אפשר על הסתכלות על השורשים בחתך הקרקע בראשית העונה. שורשים נמצאו בכל החתך לעיתים עד לעומק של 2 מ'. נוכחות שורשים בעומק זה מצביעה כך יכולת קליטה של בורון ע"י הצמח בשכבת קרקע זאת בה אשר בה רמה גבוהה של בורון. עובדה זאת יכולה להסביר תופעות של קליטת בורון עודפת גם כאשר ריכוז הבורון בשכבות הקרקע העליונות נמוך. דוגמא לכך, מצאנו בדיגום הקרקע שנעשה בחלקה 7 (ציור 13). במקרה זה דיגום קרקע אחד נעשה ליד צמח בריא ואחר ליד צמח עם סימני רעילות של בורון בעלים. ריכוז הבורון בקרקע בדיגום הסמוך לעץ הראשון נשמר קבוע לאורך כל החתך. לעומת זאת, ריכוז הבורון ליד העץ עם סימני הרעילות דמה עד לעומק של 90 ס"מ בערכיו לעץ הבריא אך בעומקים גבוהים יותר ריכוז הבורון היה גבוה יותר וגרם לפגיעה בעץ. למרות שלכאורה ההבדל בעומקים אלו נראה קטן עליה בריכוז הבורון בקרקע מ-0.5 ל-1.5 ח"מ הינה משמעותית בעיקר אם מירב קליטת המים נעשית בשכבה זאת.

תוצאות ריכוזי הבורון בדיגומות הקרקע שנעשו בעזרת מקדח ידני מוצגות בטבלה 3. הדיגומות נלקחו מאותם החלקות שנדגמו בעזרת מחפרון ובאותו המועד. קיימת שונות גדולה מאוד בין החזרות אשר מתבטאת בערכים ובמגמה. בחלק מהקידוחים רמת הבורון עלתה עם העומק ובחלק אחר התקבלה ירידה עם העומק. למרות, שבאופן כללי בשני אופני הדיגום התקבלו רמות גבוהות של בורון בחלקות 1 ו-8 (בעלי בורון טבעי גבוהה), אין התאמה בין הערכים שהתקבלו בדיגומות שנעשו בעזרת מחפרון לאלו שהתקבלו עם המקדח. תכולת המים וריכוז המלחים מים (כולל בורון) בנקודה מסויימת בקרקע תלויה במרחק מהטפטפת. התפלגות המלחים כתלות מרחק מנקודת הטפטוף תלויה בגורמים שונים ובכללם: סוג הקרקע, ספיקת הטפטפת והמרחק בין הטפטפות. לכן, דיגום קרקע המושקת בטיפטוף יכול להיות בעייתי, במיוחד בשדה, כפי שהתקבל כאן. למרות שכל נקודות הדיגום היו באזור המורטב, נראה שנקודת הדיגום שנבחרה בקידוח הידני (בין הטפטפות) אינה יכולה לייצג את המרחש בקרקע ביחס לבורון. על מנת לברר סוגיה זאת נערכו דיגומי קרקע במרחקים שונים מהטפטפת. כצפוי המליחות גבוהה יותר בין הטפטפות בהשוואה לנקודת הטפטוף והרבה יותר גבוה במאונך

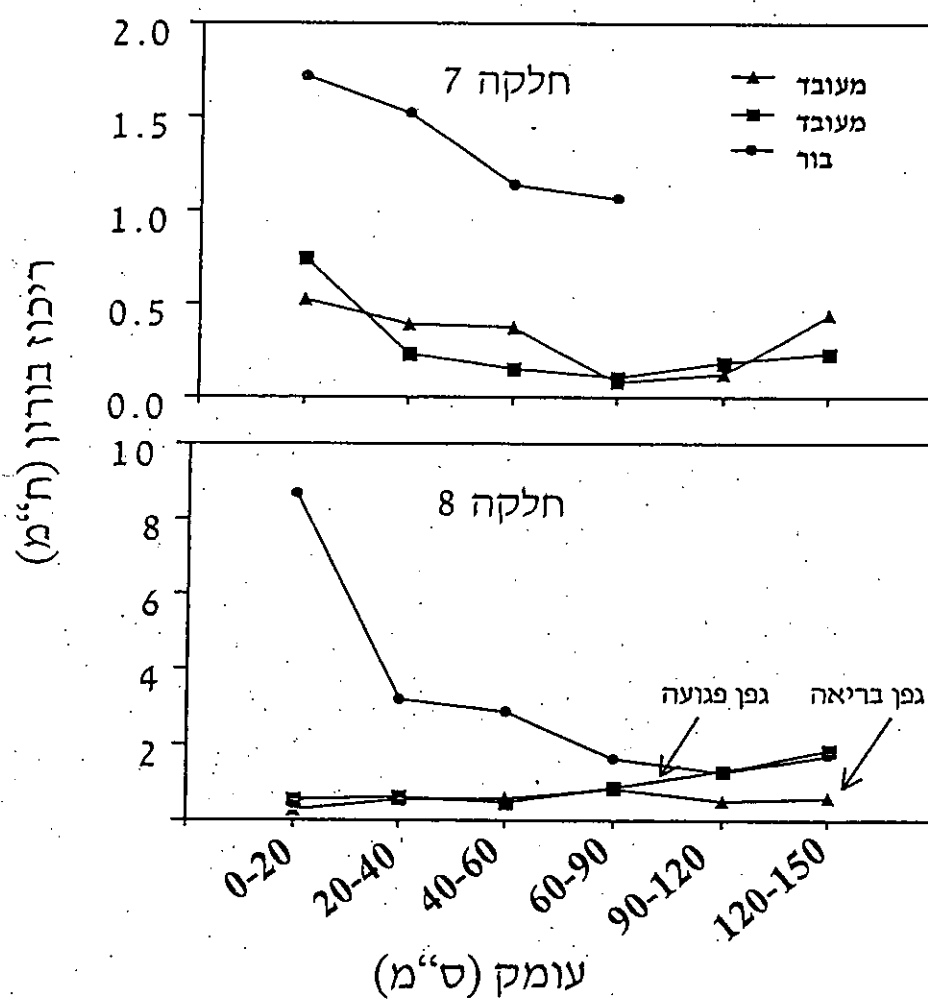
לטפטפת. באזורים עם שטיפה נמוכה (במאונך לטפטפת) ריכוז המלחים בשכבה בין 0-30 גבוהה ועולה באופן משמעותי ככל שמתרחקים מהטפטפת. לעומת זאת, התפלגות הבורון בקרקע ביחס לטפטפת ולעומק אינה במגמה אחידה עם שונות גדולה מאוד במרחב. ערכי הבורון שהתקבלו באזור המורטב בין הטפטפות נעים בין 0.3 ל-1.4. תחום זה הינו רחב מאוד ומייצג שונות מרחבית אשר לא מאפשרת להעריך את ריכוז הבורון בחתך הקרקע הרלוונטי לצמח זאת עוד, לפני הערכת התפלגות השורשים בקרקע. השונות הגדולה יכולה לבוע ממספר גורמים כגון: נפח הרטבת הטפטפת, והתפלגות מינרלי בורון שונים קרקע. התוצאות שהתקבלו מסבירות את השונות הרבה שהתקבלה בדיגומי הקרקע שנעשו בעזרת מקדחים בעבר ומצביעים על הקושי בהערכת ריכוז הבורון בקרקעות אלו המושקות בטפטוף. על בסיס ממצאים אלו החלטנו להתמקד יותר במעקב אחר דיגומי העלים ופחות בדיגומי הקרקע בחלקות התצפית.

טבלה 3. ריכוז בורון (ח"מ) בעיסה רוויה של דוגמאות קרקע משלושה עומקים בדיגום שנערך ב-1.3.99 בחלקות השונות.

חלקה	עומק	חזרה 1	חזרה 2	חזרה 3
1	0-30	1.68	2.04	0.78
1	30-60	0.69	3.15	0.42
1	60-90	2.54	0.45	0.55
2	0-30	0.30	0.15	0.24
2	30-60	0.24	0.08	0.19
2	60-90	0.20	0.18	0.41
7	0-30	0.43	0.59	0.43
7	30-60	0.29	0.54	0.21
7	60-90	0.32	0.23	0.17
8	0-30	0.63	2.13	2.32
8	30-60	0.89	0.73	0.55
8	60-90	1.27	0.50	0.52



ציור 12. ריכוז בורון במיצוי עיסה רוויה בעומקים שונים של הקרקע בשתי חלקות גפנים שגדלו בשטח פתוח. הדיגום נעשה בעזרת מחפרון בתחילת העונה.



ציור 13. ריכוז בורון במיצוי עיסה רוויה בעומקים שונים של הקרקע בשתי חלקות גפנים שגדלו תחת חיפוי. הדיגום נעשה בעזרת מחפרון בתחילת העונה.

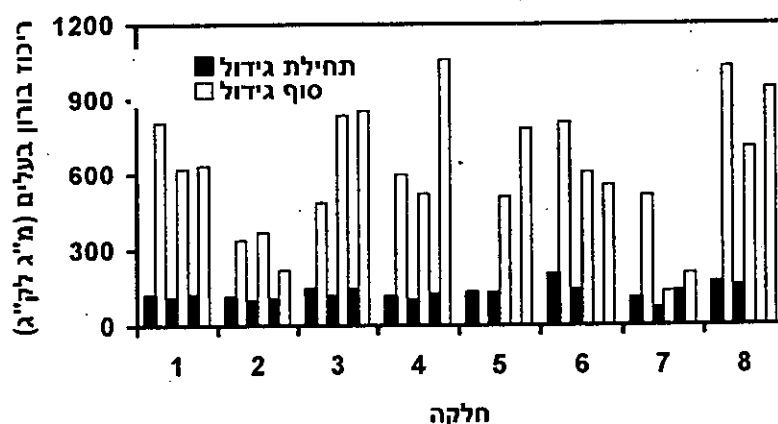
5.5. ריכוז בורון ומקרואלמנטים בעלים בחלקות התצפית – תוצאות ריכוזי הבורון בעלים בשמונת חלקות התצפית בשני מועדי דיגום מוצגים בציור 14. בציור 15 מוצגים הערכים הממוצעים עבור שלושת שנות הדיגום. באופן כללי קיימת שונות בין השנים בכל חלקה אשר מתבטאת יותר בתום עונת הגידול מאשר בתחילתה (ציור 14). ריכוז הבורון בעלים בתחילת הגידול נע בתחום של 105-170 מ"ג לק"ג ללא הבדל מובהק בין החלקות. ריכוז הבורון הממוצע בחלקות המחופות היה 142 מ"ג לק"ג כ-20% יותר בהשוואה לממוצע הבורון בעלים בחלקות הפתוחות (118 מ"ג לק"ג). ריכוז הבורון בעלים בתום עונת הגידול גבוה משמעותית בהשוואה לריכוזו בתחילת עונת הגידול בכל החלקות ונע בתחום של 284-894 מ"ג לק"ג (ציור 15). במועד זה ישנם הבדלים משמעותיים בין החלקות. בחלקות 2 ו-7 ריכוז הבורון הממוצע היה כ-300 מ"ג לק"ג, בעוד שבחלקה 8 ריכוז הבורון היה פי 3 גבוה יותר, כ-900 מ"ג לק"ג. בשאר החלקות ריכוז הבורון בעלים נע בתחום של 640-730 מ"ג לק"ג. ריכוזי הבורון בעלים נמצאים בהתאמה לריכוזי הבורון בקרקע בהם בחלקות 2 ו-7 ריכוז הבורון היה נמוך לעומת חלקה 8 בה ריכוז בורון בקרקע היה גבוה (ציורים 12, 13).

הצטברות בורון בעלים עם הזמן הנה תופעה טבעית ולכן ריכוז בורון בעלים בוגרים גבוהה בהשוואה לעלים צעירים. למרות זאת, ערכי הבורון בעלים גבוהים בכל קנה מידה. יש לציין שבמועדי הדיגום בסוף העונה ניכר הבדל בין המטעים, ממצב של נשירה מתקדמת עד למצב של עלווה כמעט מלאה. לפיכך, קשה לבחון את ההבדלים בין החלקות ונכון יותר להסתכל על השינויים החלים בכל חלקה. עליה בריכוז הבורון בעלים היתה משמעותית גבוהה יותר בחלקות 1 ו-8 בהן רמת הבורון בקרקע גבוהה. בחלקות אלו העליה בריכוז הבורון היתה פי 5.9 ו-5.5 גבוהה יותר, בהתאמה מאשר בראשית העונה. לעומת זאת, בחלקות 2 ו-7 בהן רמת הבורון בקרקע נמוכה ריכוז הבורון בעלים בסוף העונה היה גבוה בפי 2.9 ו-1.7, בהתאמה בהשוואה לתחילתה. תוצאות אלו מצביעות על כך שההבדלים ברמות הבורון בקרקע בחלקות מסחריות מתבטאים טוב יותר בסוף עונת הגידול מאשר בתחילתה. מכאן, שאיתור חלקות עם תכולות בורון גבוהות בקרקע בעזרת דיגומי עלים רצוי שיעשו במועד מאוחר של הגידול.

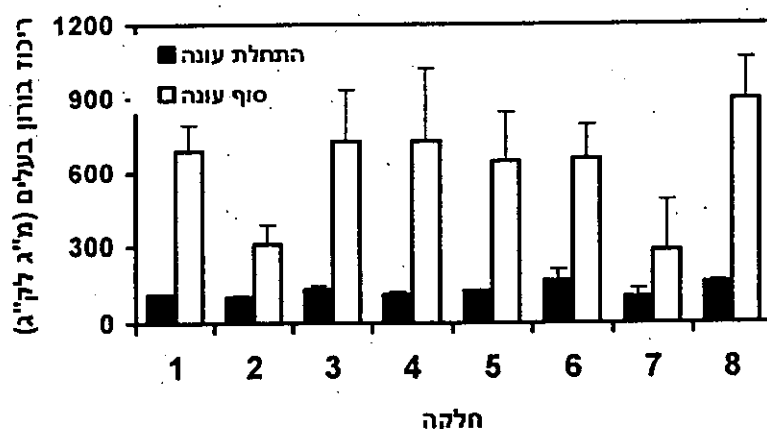
לעיתים, נצפים סימני רעילות בורון בגפנים כבר בראשית העונה עם הבלבול. בחלק מהמקרים סימני הרעילות חולפים והעץ מתפתח ללא בעיות מיוחדות. במקרים של רעילות בורון חמורה הפגיעה נשמרת לכל אורך עונת הגידול. במדידות שנעשו בחלקה כזאת, ריכוז הבורון בעלים בתחילת העונה היה 650 מ"ג לק"ג ועלה רק ל-810 מ"ג לק"ג בתום העונה. שינוי זה קטן בהשוואה לחלקות המעקב אך אין בזאת לבטא מאומה מאחר וחלקה זאת נמצאה במצב של סבל אקוטי לאורך כל העונה.

ריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בעלים שנמדדו בשני מועדי דיגום העלים לשנת 1999 מוצגים בציורים 16, 17 ו-18, בהתאמה. ריכוזי היסודות נמדדו על מנת לאפיין את העצים מבחינת מצבם התזונתי. ריכוז החנקן בראשית הגידול בחלקות הפתוחות הגיע לעד 2% בעוד שבחלקות המחופות ערכי חנקן בעלים היו גבוהים יותר עד כדי 5.5% (ציור 16). תמונה דומה התקבלה גם ביחס לזרחן (ציור 17). בולטת חלקה 7 שבה ריכוזי החנקן והזרחן בעלים גבוהים בשיעור ניכר בהשוואה לשאר. בירור העניין העלה דישון בעודף אשר טופל. ריכוזי יסודות אלו בתום העונה בחלקה זאת היו קרובים לשאר החלקות. מימשק גידול הגפנים, ובכלל זה דישון והשקיה, שבטחים המחופים שונה מזה שבטחים הפתוחים ומתבטא בריכוזי היסודות בעלים. על בסיס

תוצאות אלו נערכה בחינה מחודשת של המלצות הדישון. לא נראה הבדל בריכוז האשלגן בעלים בין צורות הגידול ותחום ריכוזו נע בין 1 ל-2% (ציור 18). באופן כללי, כצפוי ישנה ירידה בריכוזם של שלושת היסודות בעלים בתום העונה בהשוואה לראשיתה. המגמה של ריכוזים גבוהים יותר של חנקן וזרחן בעלים בשטח פתוח בהשוואה לגידול המחופה בתום העונה בהשוואה לראשיתה נשמרה. בדומה לשנת 1999 בשתי העונות הבאות ריכוזי החנקן והזרחן בעלים בחלקות המחופות בתחילת העונה ובסופה היו גבוהים בהשוואה לחלקות הפתוחות אם כי לא בשיעור גבוה כמו בשנת הדיגום הראשונה. בנוסף, נשמרו המגמות של ירידה בתכולת היסודות בעלים בסוף העונה בהשוואה לתחילתה (תוצאות לא מוצגות). ביטוי למגמות הללו ניתן בטבלה 4 בה מוצגים ממוצעי ריכוזי היסודות עבור מימשקי הגידול בשטח פתוח ומחופה בשלושת שנות הדיגום בתחילת ובסוף העונה.



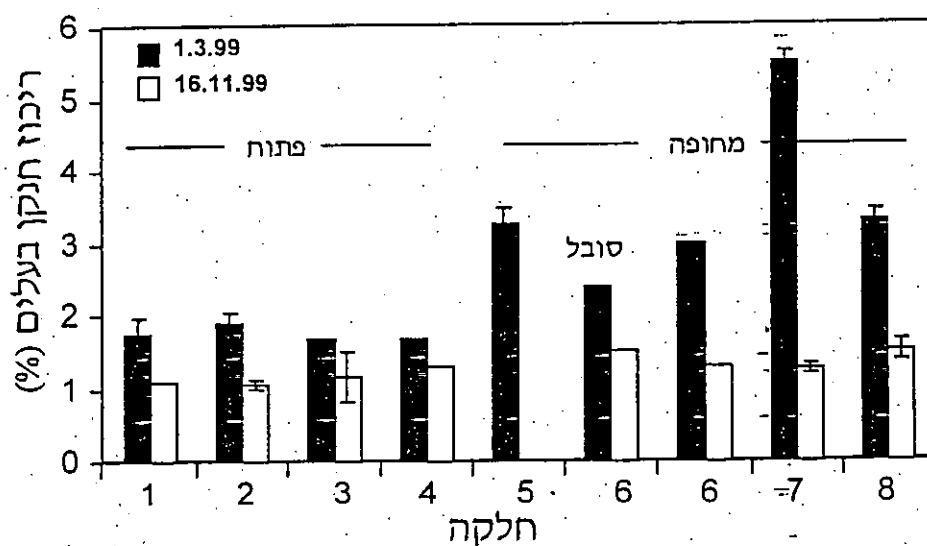
ציור 14. ריכוז בורון בעלים בחלקות השונות בשני מועדי דיגום בשלושת שנות הדיגום.



ציור 15. ריכוז בורון בעלים בחלקות השונות בשני מועדי דיגום. הערכים מייצגים ממוצע של שלושת שנות הדיגום והקווים האנכיים את סטיית התקן.

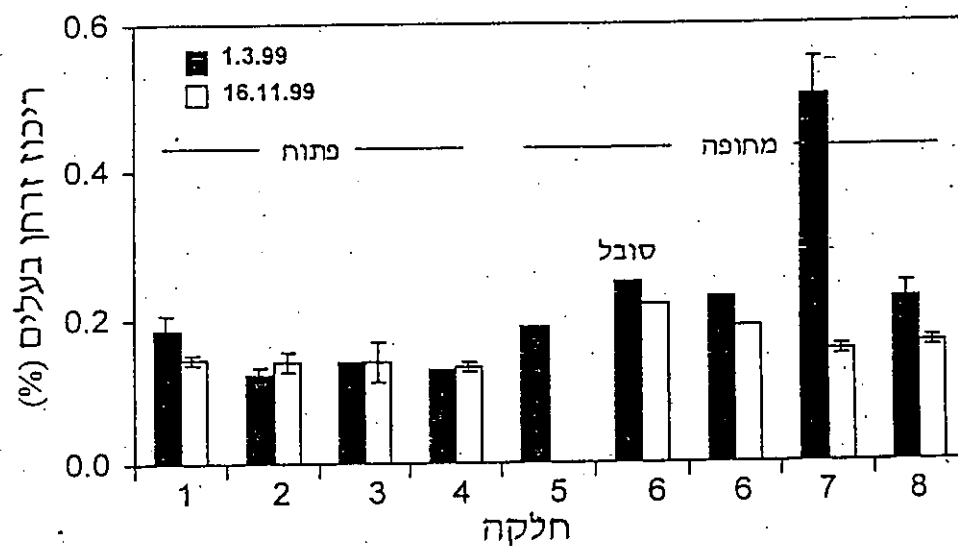
נערך בתחילת העונה (מרץ) ולקראת סיומה (אמצע נומבר). הערכים מייצגים ממוצע לשלושת שנות דיגום.

ריכוז יסוד בעלים				מועד דיגום
בורן	אשלגן	זרחן	חנקן	
(ח"מ)	(% )			
מימשק גידול חשוף				
118 ± 20	1.5 ± 0.4	0.15 ± 0.02	1.7 ± 0.2	תחילת גידול
142 ± 30	0.9 ± 0.2	0.14 ± 0.02	1.3 ± 0.1	סוף גידול
מימשק גידול מחופה				
612 ± 200	1.2 ± 0.4	0.25 ± 0.08	2.5 ± 0.4	תחילת גידול
620 ± 251	1.1 ± 0.2	0.16 ± 0.03	1.4 ± 0.2	סוף גידול

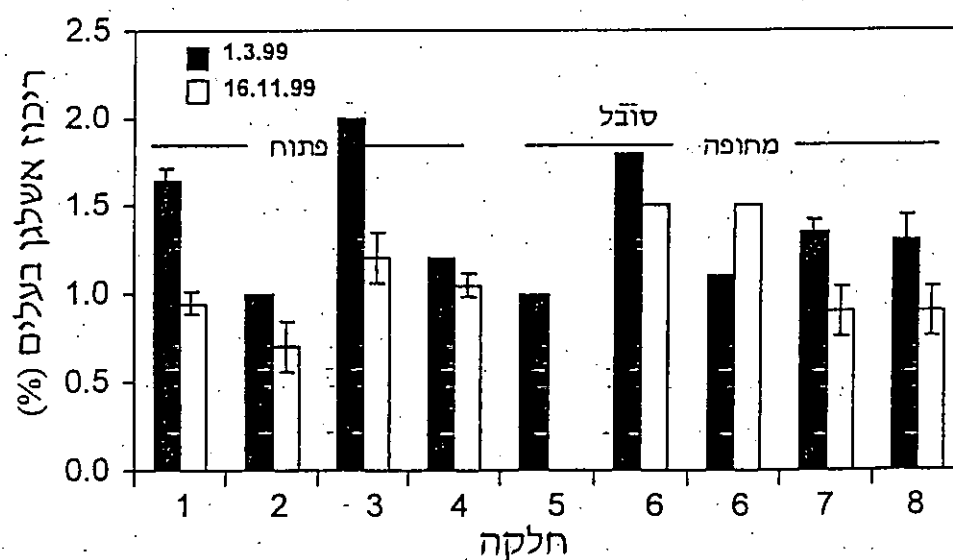


ציור 16. ריכוז חנקן בעלים בחלקות השונות בשני מועדי דיגום בעונת דיגום ראשונה. הערכים מייצגים ממוצע של שלוש חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.





ציור 17. ריכוז זרחן בעלים בחלקות השונות בשני מועדי דיגום בעונת דיגום ראשונה. הערכים מייצגים ממוצע של שלוש חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.



ציור 18. ריכוז אשלגן בעלים בחלקות השונות בשני מועדי דיגום בעונת דיגום ראשונה. הערכים מייצגים ממוצע של שלוש חזרות והקווים האנכיים את סטיית התקן.

גידול הגפנים במיכלים במצע פרלייט בהשקיה עוזפת חושף את שורשי הגפן לריכוז בורון קבוע וידוע לאורך כל הגידול. בדרך זאת ניתן ללמוד את תגובת הגפן לבורון ולמוצא את תחום ריכוזי הבורון הרצוי על מנת למנוע נזקים לצמח. סימני רעילות אופייניים של רעילות בורון בעלים, בשתי הכנות, הופיעו בהשקיה במים המכילים ריכוז בורון של 2.3 ח"מ החל מעונת הגידול הראשונה והתחזקו במשך העונה. לעומת זאת, בהשקיה של בורון בריכוז של 1.3 ח"מ ומטה לא הופיעו סימני רעילות בורון במהלך העונה, לקראת סוף העונה הופיעו סימני התייבשות בעיקר בעלים הבוגרים וקשה להפריד בין ההתייבשות הטבעית לרעילות בורון. עובי הגזע ומשקל הגזם המהווים מדדי גידול לאפיון תגובת העץ לא הושפעו באופן מובהק מטיפול הבורון בתום עונת הגידול הראשונה (ציור 3) אשר הייתה קצרה בגלל שתילה מאוחרת. בתום עונת הגידול השנייה ניראת מגמה ברורה של פגיעה בעיקר במשקל הגזם ברמת הבורון הגבוהה ביותר בכנת רוג'רי בלבד (ציור 7). ממצא זה מרמז על הבדל בין הכנות ביחס לעמידות שונה לבורון. מאחר ומטרת הניסוי הנוכחי היא לבחון את תגובת הגפן לבורון לפרק זמן ארוך ימשך המעקב אחר תגובת העץ גם בשנים הבאות כולל השפעה על היבול.

ריכוז הבורון בכל העלים שנדגמו בשתי עונות הגידול עלה עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה (ציורים 4, 5 טבלה 2). ממצאי השנה השנייה מצביעים על כך שהבורון מצטבר בעלים עם הזמן וריכוזו מתגבר עם התבגרות העלה (טבלה 2). שיעור ההצטברות אינו אחיד וככלל הוא מתחזק עם העליה בריכוז הבורון במי ההשקיה (טבלה 2). ממצאי השנה הראשונה הראו כי לקראת תום העונה ריכוז הבורון בעלים הבוגרים מגיע לרמה מסויימת ואינו ממשיך לעלות. המעקב אחר הצטברות הבורון בעלים הבוגרים בשנת הגידול השנייה מצביע על כך שריכוז הבורון בעלים בתום העונה יכול להגיע עד לסף של כ-200 מ"ג לק"ג. עליה בריכוז הבורון במי ההשקיה ב-1 ו-3 ח"מ הגבירה את ריכוז הבורון בעלים לרמה של כ-700 ו-2000 מ"ג לק"ג, בהתאמה. ריכוזי בורון כאלו בעלים גבוהים בכל קנה מידה. דיגום סטנדרטי נעשה על עלים מול אשכול ובסך הכל כל המגמות שניצפו בשאר הדיגומים נראו גם בדיגום זה (ציור 10). ככלל לא נראה הבדל מובהק בריכוז הבורון בעלים בין הכנות. הבדל מסויים התקבל רק בעונת הגידול השנייה ברמת הבורון הנמוכה ביותר כאשר ריכוז הבורון בעלים בכנת סולט קריק היה נמוך בהשוואה לרוג'רי (טבלה 2). יש לציין שבשנת הגידול הראשונה לא נמצא הבדל בין הכנות.

השפעת טיפול המליחות על העצים התבטאה בעונת הגידול השנייה בלבד בעובי הגזע ובמשקל הגזם רק בשני טיפולי הבורון הגבוהים (ציור 8). באופן דומה, ריכוז הבורון בעלים פחת בטיפול המליחות רק בשתי רמות הבורון הגבוהות ביותר (ציורים 8, 10). ממצאים אלו מרמזים על יחסי גומלין מורכבים בין בורון ומליחות. ברמות בורון נמוכות עליה במליחות ברמה שאינה פוגעת בעץ לא משפיעה על גידול העץ וקליטת הבורון. לעומת זאת, ברמות בורון גבוהות יש השפעה לטיפול המליחות על הגידול וקליטת הבורון. לקראת סוף הגידול נמצאה השפעה של המלח גם ברמת הבורון הנמוכה ביותר, אלא שלא כמו בטיפול הבורון הגבוהים ריכוז הבורון בעלים עלה בנוכחות מלח (טבלה 2). ממצאים אלו מצביעים על מורכבות יחסי הגומלין בין בורון והמלחים שבתמיסה ועל קושי בהמלצות חד כווניות בלי להתחשב בכל מרכיבי המלחים שבתמיסה.

בדיקות הקרקע והעלים בחלקות המסחריות מצביעים על כך שנוכחות גבוהה של בורון שמקורו מהקרקע, גורם לעליה בקליטה של בורון ולהצטברותו בעלים אשר מתבטאים בעוצמה

גבוהה בתום הגידול מאשר בתחילתה. במקרה של חשיפה גבוהה לבורון נצפתה קליטה מוגברת של בורון גם בראשית הגידול עד כדי רעילות. דיגומי הקרקע בעזרת מקדח מצביעים על שונות מרחבית גבוה מאוד של בורון אשר מקשה על קביעת ריכוז הבורון אליו נחשפים העצים. לעומת זאת, מתוך אנליזות העלים שבחלקות המסחריות בהשוואה לתוצאות ניסוי החביות ניתן לאמוד את רמות הבורון אליהם נחשפים הצמחים. ריכוז הבורון בעלים מול אשכול בכל החלקות שנדגמו בתחילת הגידול, נע בתחום של 105-170 מ"ג לק"ג. תחום ערכים זה מתאים לערכים שהתקבלו בשקיה של 1.3 ח"מ בורון בניסוי החביות (טבלה 2 מועד דיגום 2.4.01). מכאן, שזהו בערך ריכוז הבורון אליו נחשפו השורשים בתחילת עונת הגידול. בדומה לניסוי החביות ריכוז הבורון בחלקות בתום העונה היה גבוהה משמעותית ונע בתחום של 284-894 מ"ג לק"ג. העלים שנדגמו במועד זה הינם צעירים ובהשוואה לתוצאות ניסוי החביות (טבלה 2 מועד דיגום 3.12.01) ערכים אלו מתאימים לתחום רחב של ריכוזי בורון בתמיסת הקרקע בין 0.3 ל-2.3 ח"מ. בחלקות שבהם ריכוז הבורון הטבעי בקרקע נמוך (חלקות 2 ו-7) ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע במהלך העונה היה גבוה במקצת מ-0.3 ח"מ. לעומת זאת, בחלקות בהם ריכוז הבורון בעלים היה בתחום של 900 מ"ג לק"ג (חלקה 8) ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע היה כ-2.3 ח"מ ובשאר החלקות בהם ריכוז הבורון בעלים היה בתחום של 600-700 מ"ג לק"ג ריכוז הבורון בתמיסת הקרקע הינו כ-1.3 ח"מ. בדיקות הקרקע שנעשו בעזרת מחפרון בתחילת המעקב תומכות בממצאים אלו. בחלקות 2 ו-7 ריכוז הבורון בחתך הקרקע עד לעומק 150 ס"מ היה בין 0.3-0.5 ח"מ. לעומת זאת, בחלקה 8 ריכוז הבורון בחתך הקרקע היה בין 0.5 ל-2 ח"מ כאשר ערכים הגבוהים נמצאו בעומק הקרקע (ציורים 12, 13). מאחר ובדיקות הקרקע נעשו בעיסה רוויה יש להניח שריכוזי הבורון בתמיסת הקרקע אליהם נחשפים השורשים גבוה מערכי הבורון בעיסה הרוויה. במימשק גידול הגפנים המקובל כיום באזור בקעת הירדן השורשים פעילים בעומקים בהם ריכוז הבורון גבוה. מימשק ההשקיה באזור מבוסס על השקיות בתדירות גבוהה לעיתים השקיה אחת ל-10 ימים אשר גורם להעמקת השורשים. לפיכך, מומלץ להתאים מימשק השקיה אשר יגביל את שכבת בית השורשים לעומק של עד 60 ס"מ. יש צורך לצמצם את תדירות ההשקיה ולעקוב באופן רציף אחר מצב המים בקרקע.

- טרצ'יצקי, ח., מ. בר-חי, נ. בני, ר. קרן ויונה חן. 1997. נוכחות בורון וגורמי מליחות במי שפכים. משרד החקלאות ופיתוח הכפר, שה"מ - אגף שירות השדה.
- יוטל, י. 1990. שטיפת בורון וכלוריד בקרקע בקעת הירדן כתלות בקצב חידור המים. ע"ג לקבלת מוסמך למדעי החקלאות. האוניברסיטה העברית בירושלים.
- Bogoni, M., O. Failla, A. Panont, A. Scienza, M. Falcetti, M. Tagliavini, G.H. Neilsen and P. Millard. 1995. Leaf diagnosis in genotype X environment interaction studies for the assessment of viticultural aptitudes of a territory. *Acta-Horticulturae*. 383:143-158.
- Eaton, F.M. 1944. Deficiency, toxicity, and accumulation of boron in plants. *J. Agric. Res.* 69:237-277.
- El-Motaum, R., H. Hening and H.B. Patrick. 1994. The relative tolerance of six prunus Rootstock to boron and salinity. *J. Am. Hort. Sci.* 119(6):1169-1175.
- Hatcher, J.T. and C.A. Bower. 1958. Equilibria and dynamics of boron adsorption by soils. *Soil Sci.* 85:319-328.
- Hingston, F.J. 1964. Reaction between boron and clays. *Augt. J. Soil Res.* 2:83-95.
- Keren, R. and F.T. Bingham. 1985. Boron in water, soil and plants. *Adv. Soil Sci.* 1:229-276.
- Keren, R., R.G. Gast and B. Bar-Yosef. 1981. pH-dependent boron adsorption by Na-montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:45-58.
- Kocsis, L. E. Lehoczy and L. Bakonyi. 1995. Studies on vine leaf nutrient status in various graft combinations. *Horticultural Science*. 27(1-2):54-56.
- Loomis, W.D. and R.W. Durst. 1992. Chemistry and biology of boron. *BioFactors*. 3(4): 229-239.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agr. Res.* 1:12-26.
- Mezuman, U. and R. Keren. 1981. Boron adsorption by soils using a phenomenological adsorption equation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45:722-726.
- Nikolaou, N., A. Mattheou and N. Karagiannidis. 1995. Boron toxicity in grapevines as a result of irrigation: effect of rain on leaching. *Progress. Agric. et Viticole*. 112(5):111-116.
- Peryea, F.J., F.T. Bingham and J.D. Rhoades. 1985a. Regeneration of soluble boron by reclaimed high boron soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:313-316.
- Peryea, F.J., F.T. Bingham and J.D. Rhoades. 1985b. Mechanisms for boron regeneration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:840-843.
- Stevens, R. M., G. Harvey and G. Davies. 1996. Separating the effect of foliar and root salt uptake on growth and mineral composition of four grapevine cultivars on their own roots and on 'Ramsey' rootstock. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 121(3):569-575.
- Tanji, K.K., 1970. A computer analysis on the leaching of boron from stratified soil columns. *Soil. Sci.* 110:44-51.
- Yermiyahu, U., R. Keren, and Y. Chen. 1988. Boron sorption on composted organic matter. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 52:1309-1313.
- Yermiyahu, U., R. Keren, and Y. Chen. 1995. Boron sorption by soil in the presence of on composted organic matter. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 59:405-409.

# סיכום עם שאלות מנחות

## רעילות בורון בכרם

דו"ח מסכם מספר 01-0256-302

### 1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח:

- א. בחינת תגובת גפן לבורון בכנות שונות.
- ב. בחינת תגובת גפן לבורון בתנאי מליחות.
- ג. מעקב אחר השינויים בריכוז הבורון בחתך הקרקע ובצמח בכרם בבקעת הירדן.

### 2. עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח:

הוקמה מערכת מבוקרת לגידול גפנים במיכלים להשגת מטרות א ו-ב. נלמדו הגורמים המשפיעים על קליטת בורון ע"י גפן בחלקי הצמח השונים. ריכוז הבורון בעלים ובגבעול משתנה לאורך השריג. לא נמצא הבדל בין הכנות ביחס לגידול העץ ולקליטת הבורון. השפעת המלח על קליטת בורון מתבטאת רק בריכוזי בורון גבוהים. נערך מעקב אחר חלקות תצפית מסחריות נבחרות. ריכוז הבורון בעלים בסוף העונה גבוה משמעותית מאשר בתחילתה.

### 3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו:

הצטברות בורון בגפן מושפעת מריכוז הבורון, האיבר, גילו ונוכחות מלחים בתמיסת הגידול. יש להמשיך ולבחון השפעות הבורון והמלח על גידול ויבול העץ בשלבי גידול ממושכים יותר.

### 4. המשך המחקר:

המחקר יתמקד בלימוד על ההשפעות של גורמים שונים על הצטברות בורון בגפן והשפעתו על גידול ויבול בפרקי זמן ארוכים.

### 5. הפצת הידע:

המידע הופץ בהרצאות בימי עיון לחקלאים ומדריכים בבקעת הירדן בו הוצגו תוצאות המחקר.