

**ייעול הייצור ושיפור איכות פקעות הבטטה-התמקדות בהגברת התפתחות ופעילות תאי
"קמביום אנומאלי"**

**Improving sweet potato yield and quality – focus on increasing anomalous cambium
development and activity**

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות

ע"י:

חקר ירקות, מדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי	נורית פירון
חקר ירקות, מדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי	איתן פרסמן
המכון לקרקע ומים, מינהל המחקר החקלאי	פנחס פיין
שה"מ, משרד החקלאות	עמי גיפס
מכון למדעי הצמח, הפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית, ירושלים	עוזי כפכפי
חקר ירקות, מדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי	אלטחן לביאה
חקר ירקות, מדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי	רחל שקד

Nurit Firon, Plant Sciences, ARO, POB 6, Bet Dagan, 50250. E-mail: vcfiron@volcani.agri.gov.il

Etan Pressman, Plant Sciences, ARO, POB 6, Bet Dagan, 50250. E-mail:

pressman@volcani.agri.gov.il

Fine Pinchas, Plant Sciences, ARO, POB 6, Bet Dagan, 50250. E-mail: finep@volcani.agri.gov.il _

Gips Ami, Extension service E-mail: Ami.Gips@netafim.com

Uzi Kafkafi, Faculty of Agriculture, Hebrew University, Jerusalem. E-mail: kafkafi@agri.huji.ac.il

Levia Althan, Plant Sciences, ARO, P.O.B. 6, Bet Dagan, 50250.

Rachel Shaked, Plant Sciences, ARO

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: לא

חתימת החוקר

רשימת פרסומים

תוכן עניינים

3	תקציר
4	מבוא
4	מטרות המחקר
4	פירוט עיקרי הניסויים
15	דיון
16	ביבליוגרפיה
17	שאלון
18	נספח

פקעות הבטטה, החלק הנאכל, הן שורשי-אגירה המתפתחים משורשים אדוונטיביים. הריבוי נעשה מייחורי גבעול בעלי 3 עד 5 פרקים, כשעל כל אחד ממפרקי הגבעול הטמונים מתחת לפני הקרקע עשויים להתפתח 6 עד 10 שורשים אדוונטיביים, וכל אחד מהם עשוי לפתח פקעת. המידע לגבי הגורמים הקובעים אילו וכמה שורשים יתמיינו בכל צמח לפקעת וכן לגבי הגורמים המשפיעים על המועד והשלב ההתפתחותי שבו תחל התפתחות הפקעות הינו מועט. הבנת תהליכים אלה תאפשר להעלות את היבול, כמו גם את הסינכרוניזציה של התפתחות הפקעות וקבלת היבול. השראה של התפתחות מוקדמת של הפקעת תקבע את איכותה – כלומר, תגדיל את הסיכוי שלה לייצר תאים אוגרי-עמילן, ולהגיע לגודל הרצוי לייצוא. תוצאות שהתקבלו במעבדתנו (תוכנית מדע 0516) מורות שעתידו של השורש האדוונטיבי להתפתח לבטטה עשוי להיקבע בשני שלבים שונים במהלך התפתחות השורש: שלב ההתפתחות הראשוני, המתרחש על גבי צמח-האם, ובו חלה התמיינות של פרימורדיות לשורש, והתפתחות צרורות ההובלה. ושלב התפתחות מאוחר יותר, המתרחש בשדה ייצור הבטטות - במהלך 30 הימים הראשונים מיום השתילה. לאחרונה הראנו שלאותם שורשים ראשונים המתפתחים מהייחור, במהלך 30 הימים הראשונים, המאפיינים המתאימים להתפתח לבטטה. תהליך זה מאופיין בחלוקה נמרצת של תאים במריסתמה ייחודית המכונה "קמביום אנומלי". תאי הקמביום הללו מתחלקים באופן נמרץ ויוצרים כמות גדולה של תאי פרנכימה אוגרי עמילן וכתוצאה מכך חלה התעבות השורש והפיכתו לשורש אגירה. רק אחוז קטן של השורשים מפתח "קמביום אנומלי". מרבית השורשים אינם מתעבים וממשיכים לתפקד בקליטה ובהובלת מים ומינרלים מהקרקע, וניכרת בהם הצטברות ליגנין (ליגניפיקציה) של תאי העצה המשנית של הגליל המרכזי. מטרות תוכנית המחקר: 1. בחינת השפעת גיל הייחור ותנאי ההזנה של צמחי-האם על התמיינות והתפתחות הפרימורדיות ועל התפתחות שורשי אגירה. 2. בחינת השפעת ההזנה, מצב המים בקרקע וטיפול בחומרי צמיחה על התפתחות שורשי אגירה בייחורים. לשם בחינת השפעת גיל הייחור על התפתחות שורשי אגירה (מטרה 1), בוצע ניסוי שדה בניר-אליהו בו נערכה השוואה בין ייחורים קודקודיים לייחורים מבוגרים (מפרקים 8-9/9-10). התוצאות מראות שהתקבלו מספר, ומשקל שורשי האגירה גבוהים יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) בצמחים שמקורם בייחור קודקודי. היתרון לייחור הקודקודי התבטא כשרמות החנקן בשדה ייצור הפקעות היו גבוהות יותר (50 ו-100 ח"מ) ולא ברמת החנקן הנמוכה (0 ח"מ). על מנת לבחון השפעת ההזנה (NPK) על התפתחות שורשי אגירה (מטרה 2) בוצעו שני ניסויים תוך שימוש במערכת "Air Lift" שכללה 55 זוגות מיכלים בנפח 100 ליטר כל אחד המסודרים ב-5 חזרות. הניסוי כלל 11 טיפולים עם הרכב דשן שונה שחולקו ל-11 המיכלים $5 \times$ החזרות. הזנה ניתנה יחד עם ההשקיה, כאשר בקרתה נעשתה ע"י דחיפה של אוויר לתמיסה באמצעות קומפרסור. לא ניתן להסיק מסקנות ברורות לגבי ההשפעה של ריכוזי החנקן בניסוי א' על מספר שורשי-האגירה, בשל השונות הגבוהה והמספר הקטן יחסית של שורשי-אגירה שהתקבלו בניסוי. מתוך תוצאות ניסוי ב' ניתן לראות שרמות נמוכות של חנקן בתמיסת ההזנה (5 ו-6 ח"מ) הביאו להתפתחות מספר קטן יותר של שורשי-אגירה, כמו גם משקל שורשים ומשקל נוף נמוכים. נצפתה מגמת עלייה במספר ומשקל השורשים עם העלייה ברמות החנקן עד לרמה של 60 ח"מ. רמות החנקן הגבוהות שנבחנו בניסוי א' (בטווח של עד כ-90 ח"מ) הביאו לירידה במשקל השורשים ומשקל הנוף. היות שהמערכת איננה מיטבית לגידול בטטות, העמד ניסוי שדה, בקיבוץ ניר-אליהו במסגרת הגד"ש, כניסוי המשך. נמצא שדישון ברמות חנקן בטווח של 0 עד 100 ח"מ במהלך 45 ימים משתילה לא הראה הבדלים משמעותיים מבחינת המספר ומשקל שורשי האגירה. אולם, דישון ברמות חנקן גבוהות (100 ח"מ), בשילוב עם מנת מים מופחתת, גרם לירידה משמעותית ביבול (ירידה הן במספר והן במשקל שורשי האגירה). על מנת לבחון השפעת חומרי צמיחה (מטרה 2) ניתן הטיפול על ידי השריית הייחורים בתמיסת הורמונים למשך 12 שעות לפני השתילה. הייחורים נשתלו במיכלים במצע חול-ים והוצאו 10 ימים לאחר השתילה על מנת לבצע אנליזה אנטומית לשורשים שנוצרו. מתוך התוצאות ניתן לראות שטיפול בגיברלין גרם לעלייה

באחוז השורשים שבהם יותר ממתצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים ורמה גבוהה של ליגנין, הן ביחס לביקורת והן ביחס לטיפול בפקלובוטראזול (38% ו-54%, בהתאמה). העמד ניסוי המשך, בתנאי שדה, שבחן השפעת חומרי צמיחה על מספר והתפתחות שורשי אגירה. בוצעו 2 טיפולים במהלך הניסוי: השריית הייחור בתמיסת ההורמון לפני השתילה וטיפול הגמעה שבועיים לאחר השתילה. התוצאות מראות שטיפול בגיברלין (500 ח"מ) גרם לירידה משמעותית במספר ומשקל שורשי האגירה.

מבוא

ריבוי בטטות בארץ נעשה באמצעות ייחורי גבעול באורך של כ-25 ס"מ, בעלי 3 עד 5 פרקים. הייחורים נשתלים באופן ששני פרקי הגבעול התחתונים נטמנים בקרקע. על כל אחד ממפרקי הגבעול הטמונים מתחת לפני הקרקע עשויים להתפתח 6 עד 10 שורשים אדוונטיביים, וכל אחד מהם עשוי לפתח שורש אגירה (בטטה), כך שקיים פוטנציאל ייצור של 6 עד 10 בטטות לכל מפרק ומספר כפול לכל צמח. בפועל, מתפתחות במוצע כ-3 פקעות בגודל המתאים ליצוא, בכל צמח (ייחור). בפועל גם קיימת שונות רבה במספר הפקעות לצמח ובגודל הפקעות בכל צמח, כמו גם ביבול המתקבל בחלקות שונות ואפילו בחלקות סמוכות. בשלב זה קיים ידע מצומצם לגבי הגורמים הקובעים אילו וכמה שורשים יתמיינו בכל צמח לפקעת וכן לגבי הגורמים המשפיעים על המועד והשלב ההתפתחותי שבו תחל התפתחות הפקעות. תוצאות שהתקבלו במעבדתנו, במסגרת תוכנית מדען מס 0516 מורות על האפשרות שעתידו של השורש האדוונטיבי להתפתח לבטטה נקבע בשני שלבים שונים במהלך התפתחות השורש: א. שלב ההתפתחות הראשוני, המתרחש על גבי צמח-האם המהווה את המקור לייחורים, ובו חלה התמיינות לשורש (כולל התפתחות צרורות הובלה). ב. שלב התפתחות מאוחר יותר, המתרחש בשדה ייצור הבטטות במהלך 30 הימים הראשונים מיום השתילה (1-3). בשלב זה, אותם שורשים אדוונטיביים המתפתחים מהייחור שיפתחו תאים מיוחדים המכונים "קמביום אנומלי" (תאים המתחלקים באופן נמרץ ויוצרים תאי פרנכימה אוגרי-עמילן), יתמיינו לפקעות בטטה (1-3). תנאי הגידול של צמח-האם ממנו מופקים הייחורים, וגיל הייחורים עשויים להשפיע על התפתחות שורשי אגירה (בטטות) בשדה הייצור (השדה המסחרי). בנוסף, למצב המים בקרקע ולתנאי ההזנה השפעה על התפתחות השורשים לפקעות. לדוגמא: על פי Togasri (4) רמות השקיה גבוהות מדי ורמות חנקן גבוהות עלולים לעכב התפתחות בטטות ולהקטין את היבול באופן משמעותי. מאידך, תנאי לחות נמוכה, ואפילו יובש, בשלבים מסוימים במהלך התפתחות השורש, כמו גם יחסי חנקן-זרחן-אשלגן מתאימים, עשויים לעודד התפתחות בטטות (4). אולם הנתונים הקיימים הינם מעטים ומתייחסים בעיקר לזני בטטה יפנים. קיים אם כן צורך ללמוד את השפעתם של גורמים אלה על מספר השורשים שהופכים לשורשי-אגירה, התזמון והמשך תהליך התפתחות שורש האגירה וההתמלאות בעמילן.

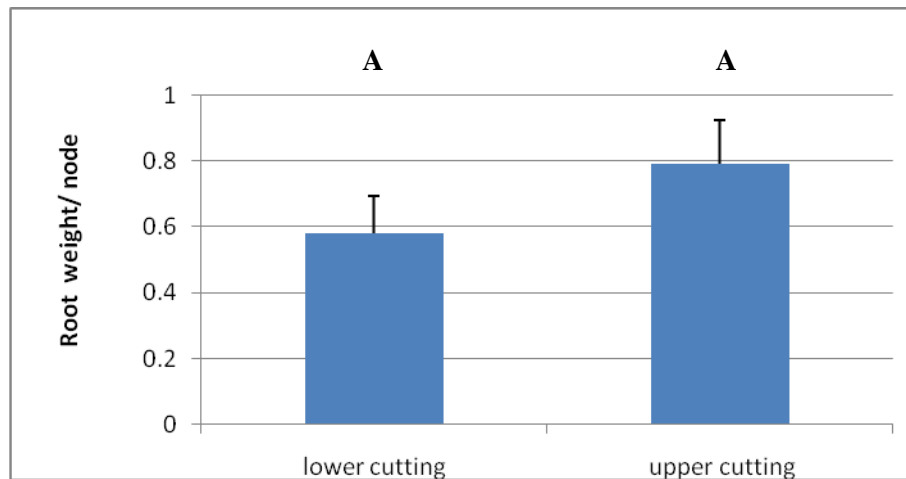
מטרות המחקר

- (1) בחינת השפעת גיל הייחור ותנאי ההזנה של צמחי-האם על התמיינות והתפתחות הפרימורדיות ועל התפתחות שורשי אגירה.
- (2) בחינת השפעת ההזנה, מצב המים בקרקע וטיפול בחומרי צמיחה על התפתחות שורשי אגירה בייחורים.

פירוט עיקרי הניסויים

- (1) בחינת השפעת גיל הייחור ותנאי ההזנה של צמחי-האם על התמיינות והתפתחות הפרימורדיות ועל התפתחות שורשי אגירה

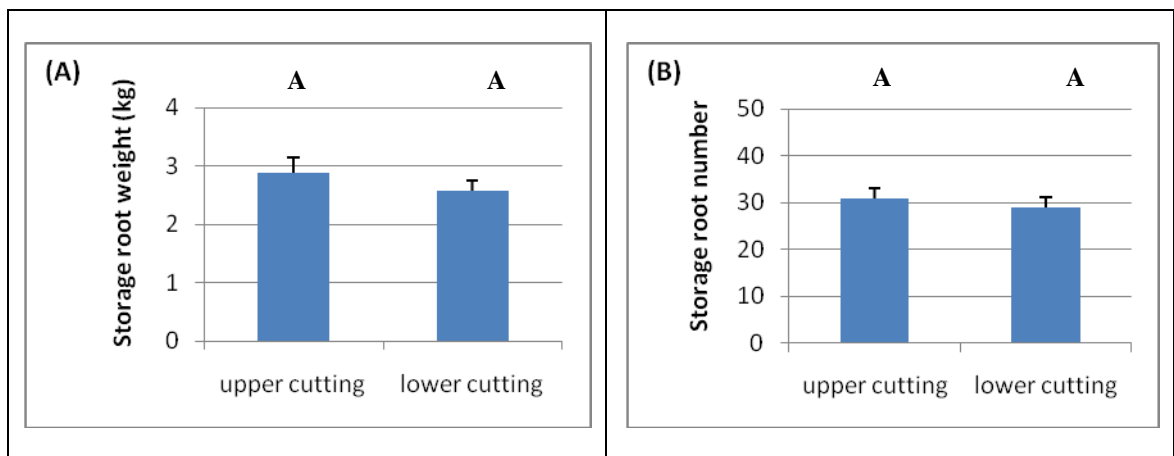
בחינת השפעת גיל הייחור על התפתחות שורשי האגירה בבטטה מהזן ג'ורג'יה ג'ט נעשתה בניסוי שדה שבוצע בניר-אליהו בשיתוף עם טלי קובלסקי (גד"ש ניר-אליהו), תוך שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחורים קודקודיים (מפרקים 1-4/1-5) וייחורים מבוגרים (מפרקים 8-9/9-10). במהלך הניסוי בוצעו שלושה דיגומים: 14 יום משתילה, לבחינת התבססות הצמחים על ידי שקילה של מערכת השורשים (תרשים 1), 80 יום משתילה (תרשים 2) ו-150 יום משתילה (תרשים 3). השפעת גיל הייחור על התפתחות שורשי-אגירה נבחנה ע"י שקילה (תרשימים 2, 3.A) וספירה (תרשימים 2, 3.B) של שורשי האגירה.



תרשים 1: השפעת גיל הייחור על התבססות שתילי בטטה מהזן ג'ורג'יה-ג'ט

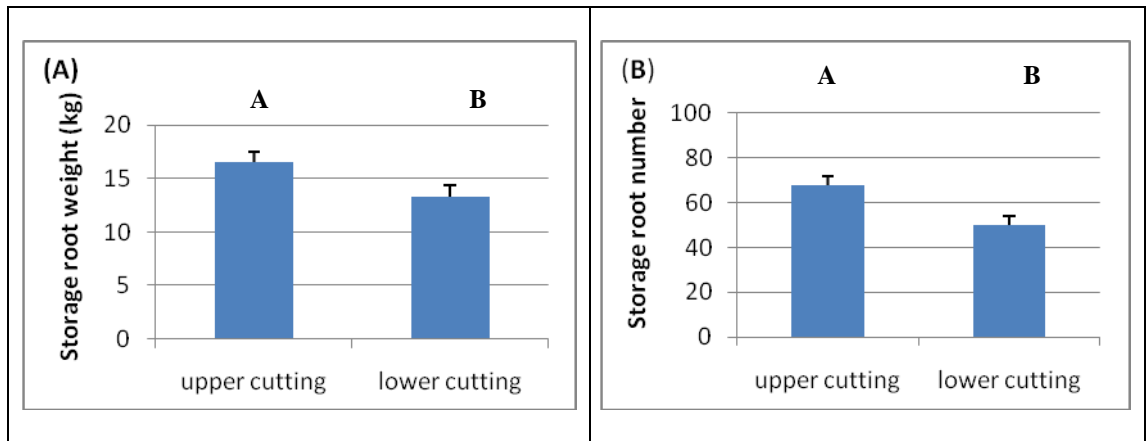
נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). נלקחו בחשבון שורשים של 10 צמחים מכל קבוצה (lower cutting או upper cutting). הנתונים מייצגים משקל ממוצע של מערכת השורשים, מחושב למפרק, עבור 10 צמחים + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A, B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$). upper cutting - ייחור קודקודי (מפרק 1-4/1-5); lower cutting - ייחור מבוגר (מפרק 7-9/8-10).

מתוך תוצאות המוצגות בתרשים 1 ניתן לראות כי לא נמצא הבדל משמעותי ($p \leq 0.05$) בין ייחור קודקודי לבין ייחור מבוגר לגבי מסת/משקל מערכת השורשים שהתפתחה לאחר 14 ימים. בנוסף, בחנו האם יש השפעה לגיל הייחור על המשך התפתחות שורשי-האגירה, והתוצאות לגבי מספר ומשקל שורשי האגירה שהתפתחו מוצגות בתרשימים 2.A, 3.A ו-2.B, 3.B, בהתאמה.



תרשים 2: השפעת גיל הייחור על משקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה 80 יום לאחר השתילה

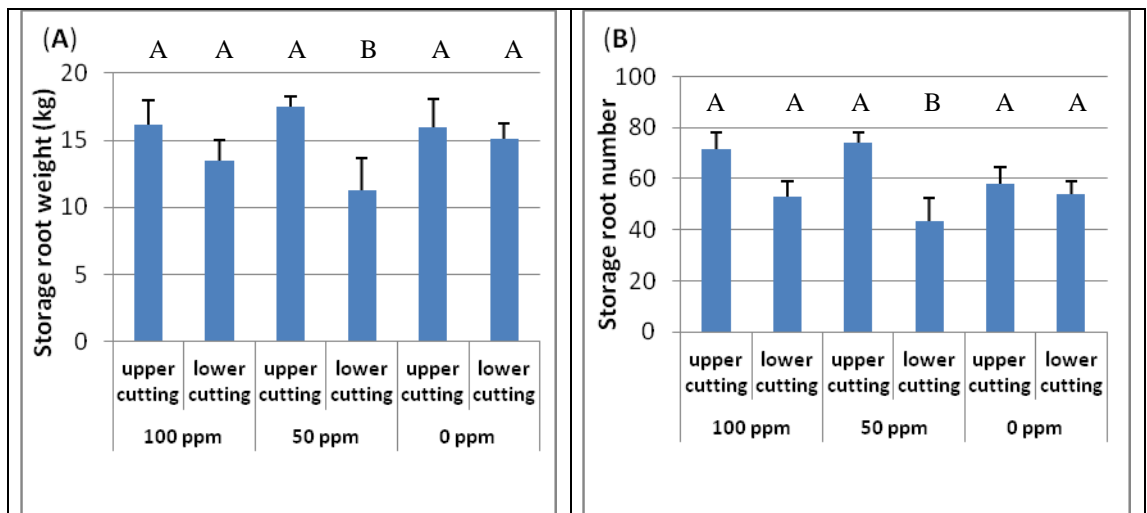
נבחנו השפעת גיל הייחור על משקל ומספר שורשי האגירה תוך שימוש בזן המקובל בארץ ג'ורג'יה ג'ט. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (<80-450) ג'י: XS(<80), S(80-150), M(150-300), L1(300-450). שורשי האגירה נאספו מגדודית באורך 2.5 מטר. נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). רמות החנקן המוצגות בגרף הינן רמות חנקן משוערות: 0, 50 ו-100 ppm, רמות החנקן האמתיות כפי שנבדקו במעבדה (ממוצע של 2 בדיקות) הן: 2, 43 ו-104 ppm, בהתאמה. הנתונים מייצגים ממוצע של 5 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A, B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$).



תרשים 3: השפעת גיל הייחור על משקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה 150 יום לאחר השתילה

נבחנה השפעת גיל הייחור על משקל ומספר שורשי האגירה תוך שימוש בזן המקובל בארץ ג'ורג'יה ג'ט. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (>80-450) גר': G(>850), XL(600-850), L2(450-600), L1(300-450), M(150-300), S(80-150). שורשי האגירה נאספו מגדודית באורך 4 מטר. נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). רמות החנקן המוצגות בגרף הינן רמות חנקן משוערות: 0, 50 ו-100 ppm, רמות החנקן האמתיות כפי שנבדקו במעבדה (ממוצע של 2 בדיקות) הן: 2, 43 ו-104 ppm, בהתאמה. הנתונים מייצגים ממוצע של 5 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A, B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$).

מתוך התוצאות ניתן לראות כי בדיגום שהתבצע 80 יום משתילה (תרשים 2) לא נמצא הבדל משמעותי במשקל ומספר שורשי האגירה בין שני סוגי הייחורים, בעוד שבאסיף (150 יום משתילה; תרשים 3) התקבלו מספר ומשקל שורשי האגירה גבוהים יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) בצמחים שמקורם בייחור קודקודי. על מנת לבחון באם היתרון של הייחור הקודקודי מתבטא ברמת חנקן מסוימת, נבדקו תוצאות משקל ומספר שורשי האגירה בצמחים שמקורם משני סוגי הייחורים בכל אחד מטיפולי החנקן, והתוצאות מוצגות בתרשים 4.



תרשים 4: השפעת גיל הייחור על משקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה, תוך התייחסות לרמות החנקן

נבחנה השפעת גיל הייחור על משקל ומספר שורשי האגירה בזמן האסיף (150 יום משתילה). נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (>80-850) גר': G(>850), XL(600-850), L2(450-600), L1(300-450), M(150-300), S(80-150). שורשי האגירה נאספו מגדודית באורך 4 מטר. נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). רמות החנקן המוצגות בגרף הינן רמות חנקן משוערות: 0, 50 ו-100 ppm, רמות החנקן האמתיות כפי שנבדקו במעבדה (ממוצע של 2 בדיקות) הן: 2, 43 ו-104 ppm, בהתאמה. הנתונים מייצגים ממוצע של 5 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A, B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$). כשהבחינה הסטטיסטית בוצעה בתוך כל קבוצה של רמות חנקן, 100 ppm, 50 ppm או 0 ppm. upper cutting - ייחור קודקודי (מפרק 1-4/1-5); lower cutting - ייחור מבוגר (מפרק 7-9/8-10).

מתוך התוצאות ניתן לראות כי באסיף (150 יום משתילה; תרשים 4) התקבלו מספר ומשקל שורשי האגירה גבוהים יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) בצמחים שמקורם בייחור קודקודי בתוך הקבוצה שהוזנה ברמת חנקן של 50 ppm, בעוד שבשאר הקבוצות (0 ו-100 ppm) לא התקבל הבדל מובהק במספר ובמשקל שורשי האגירה בין שני סוגי הייחורים.

(2) בחינת השפעת ההזנה, מצב המים בקרקע וטיפול בחומרי צמיחה על התפתחות שורשי אגירה בייחורים.

א. העמדת מערכת לגידול והתפתחות בטטות במיכלים בתמיסות מאווררות, ובחינת השפעת מתן הורמונים בתמיסה על התפתחות השורשים

בוצעו שני ניסויים במטרה לפתח מערכת להתפתחות פקעות בטטה בתמיסות מאווררות. לצורך כל ניסוי שמשו ייחורים בני 4 פרקים, כששני פרקים הושמו בתוך התמיסה. נעשה שימוש במיכלים מכוסים, בנפח 25 ליטר, שאווררו ע"י הזרמה של אוויר. האוויר נכנס לכל מיכל בעזרת מערכת צינורות בבועות קטנות. תמיסת ההזנה הכילה דשן מור (N-P-K; 4-2.5-6). בנוסף לטיפול ביקורת נבחנה השפעת מתן הורמונים, ציטוקינין ואוקסין, בתמיסה. כמו כן הוסף טיפול של חשיפת הצמחים לתנאי יובש, כיוון שבניסוי ראשוני מצאנו שלטיפול זה עשויה להיות השפעה חיובית על ייצור בטטות. כל הטיפולים נתנו במהלך החודש הראשון משתילה. בכל ניסוי שמשו 12 מיכלים (כמספר הטיפולים) ובכל מיכל 10 חזרות (10 ייחורים) לאותו טיפול. תוצאות 2 הניסויים הראו שונות גדולה, בכל הטיפולים, במספר השורשים שהחלו להתעבות. השורשים שהתעבו היו למעשה "עפרונות", כלומר שורשים שעברו ליגניפיקציה ולא התפתחו לבטטות. נראה שהייתה השפעה של מידת התפתחות מערכת השורשים על מספר שורשים שהתעבו. על רקע השונות שהתקבלה קשה להעריך את השפעת הטיפולים. לפיכך, העמד ניסוי לבחינת השפעת הזנה תוך גידול בפרלייט ושימוש במערכת 'Air Lift' של פרופ' עזי כפכפי.

ב. בחינת השפעת דישון (NPK) על התפתחות שורשי-אגירה – שימוש במערכת "Air Lift"

מערכת הניסוי (המתוארת בתמונה 1) כללה 55 זוגות מיכלים בנפח 100 ליטר כל אחד המסודרים ב-5 שורות (כשכל שורה מהווה חזרה). הניסוי כלל 11 טיפולים עם הרכב דשן שונה שחולקו ל-11 המיכלים X 5 החזרות. כל זוג מיכלים הזין כלי גידול בנפח 40 ליטר שבתוכו גודלו הצמחים. בכל כלי גידול גודלו 5 צמחי בטטה על מצע פרלייט. הייחורים מהם התפתחו הצמחים נשתלו כאשר פרק אחד במצע ופרק שני מעל המצע. הזנה ניתנה יחד עם ההשקיה, כאשר בקרתה נעשתה ע"י דחיפה של אוויר לתמיסה באמצעות קומפרסור. בוצעו שני ניסויים.

ניסוי א.

בניסוי נבחנה השפעת ריכוזי NPK במהלך התפתחות השורשים האדוונטיביים על מספר השורשים המתפתחים לשורשי-אגירה, משקל השורשים ומשקל הנוף.

מועד השתילה ב- 9.6.2010. דיגומי תמיסות הזנה בוצעו בתאריכים: 15.6.2010, 6.7.2010. תדירות השקיה: מיום השתילה למשך ארבעה ימים 6 השקיות ביום (50 ליטר אוויר לקו); ; מתאריך 13/6 שתי השקיות ביום, בוקר ואחה"צ (50 ליטר אוויר לקו); ; מתאריך 8/7 השקיה אחת בבוקר (100 ליטר אוויר לקו). תוצאות ריכוזי NK בתמיסות ההזנה מוצגות בטבלה א בנספח. תוצאות מדידות pH ו-EC מה-15.6 מוצגות בטבלאות ב ו-ג בנספח.

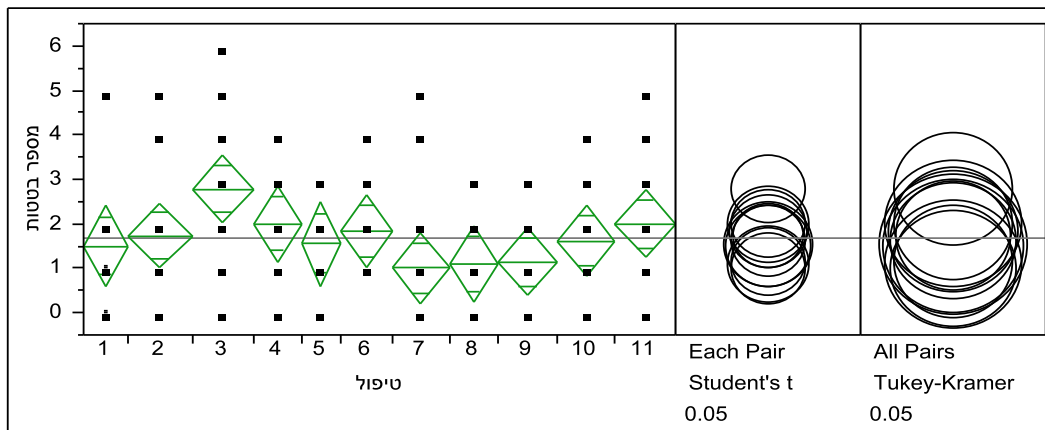
דיגומים למספר שורשי-אגירה, משקל השורשים, ומשקל הנוף בוצעו ב-2 תאריכי דיגום: 43 יום ו-9 שבועות משתילה. בבחינת ההשפעה של ריכוזי אשלגן וזרחן על מספר שורשי-האגירה, משקל הנוף ומשקל השורשים, ב-2 תאריכי הדיגום, לא נצפתה השפעה משמעותית (התוצאות אינן מוצגות).



תמונה 1. שימוש במערכת "Air Lift" לבחינת השפעת דישון (NPK) על התפתחות שורשי אגירה

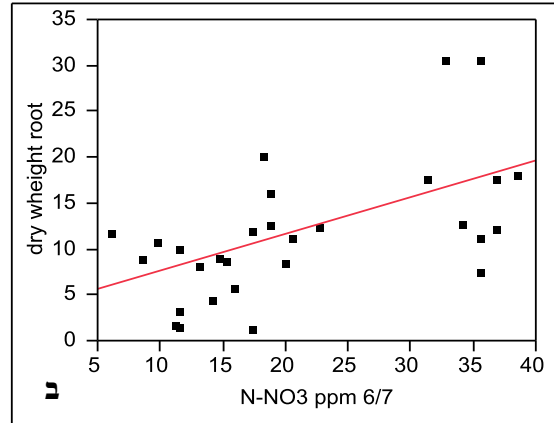
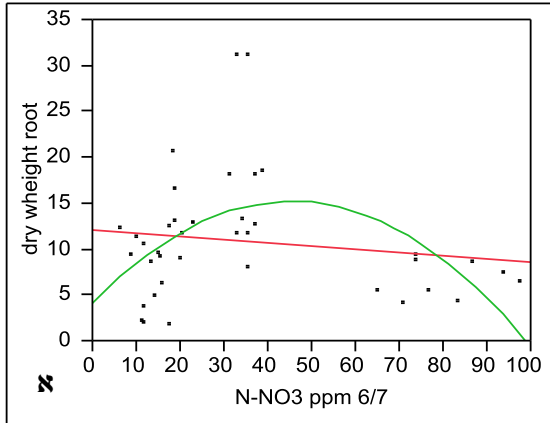
בבחינת השפעת 11 הטיפולים על מספר שורשי-האגירה (מס. הבטטות) ניתן לראות מהתוצאות המוצגות בתרשים 5 שטיפול 3 (N-K בריכוז 14-36 ח"מ, בהתאמה) נבדל משאר הטיפולים עם ממוצע של 2.8 בטטות לצמח (בעוד שבטיפולים האחרים הממוצע היה בין 1-2). בשל השונות הגבוהה, המסקנה היא שאין השפעה משמעותית של הטיפולים בניסוי זה על מספר שורשי האגירה. תוצאות דומות התקבלו גם במועד הדיגום המוקדם של 43 יום משתילה. בבחינה של השפעת רמות החנקן בתמיסת ההזנה על משקל השורשים (משקל כללי-כולל שורשי-האגירה), ניתן לראות עלייה במשקל בטווח ריכוזי חנקן של עד 40 ח"מ (טיפולים 1-3 וטיפולים 5-7; תרשים 6. א, ב), ואילו בריכוזי חנקן גבוהים (טיפול 8 לדוגמא - 80 ח"מ) רואים ירידה משמעותית במשקל השורשים (תרשים 6. א). במועד הדיגום המוקדם יותר (43 יום משתילה)

תרשים 5. השפעת ריכוזי NPK על מספר שורשי האגירה המתפתחים במערכת "Air Lift".
ריכוזי NK מפורטים בטבלה א' בנספח.

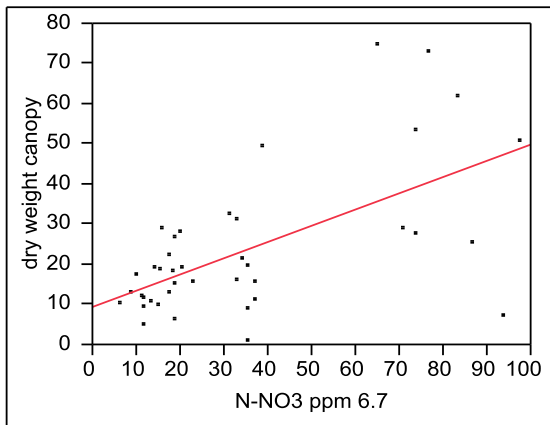


תרשים 6. השפעת ריכוז החנקן בתמיסת ההזנה על משקל השורשים שהתפתחו במערכת "Air Lift".

א. השפעת ריכוזי חנקן בטווח של 7-94 ח"מ. ב. השפעת ריכוזי חנקן בטווח של 7-40 ח"מ (התוצאות נגזרו מהתוצאות המוצגות בתרשים 6.א.). משקל השורשים (גרם משקל יבש) נמדד במועד 9 שבועות משתילה. ריכוזי N מפורטים בטבלה א בנספח. התוצאות מיוחסות לריכוזים שנמדדו בתאריך 6/7.

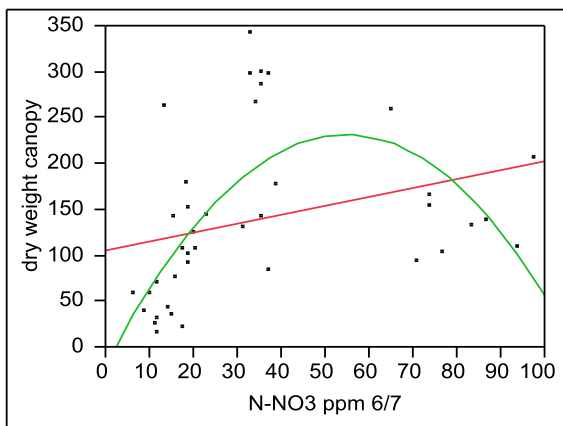


בבחינת השפעת הטיפול על משקל הנוף, ניתן לראות עלייה משמעותית במשקל עם העלייה ברמת החנקן - התוצאות מוצגות בתרשים 7. בבחינת השפעת הטיפול על משקל הנוף, במועד דיגום של 9 שבועות משתילה, ניתן לראות ירידה במשקל היבש של הנוף עם העלייה ברמת החנקן (רמה נמדדת) מעבר ל-70 ח"מ. אולם, בטווח ריכוזי חנקן עד 40 ח"מ (טיפולים 1-3 וטיפולים 5-7), רואים עלייה במשקל הנוף עם העלייה ברמות החנקן (תרשים 8).



תרשים 7. השפעת ריכוז החנקן בתמיסת ההזנה על משקל הנוף שהתפתח במערכת "Air Lift".

משקל הנוף מבוטא כמשקל יבש בגרם ונמדד במועד 43 יום משתילה. ריכוזי N מפורטים בטבלה א בנספח. התוצאות מיוחסות לריכוזים שנמדדו בתאריך 6/7.



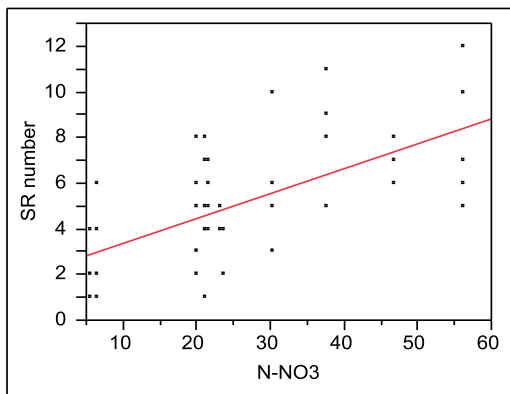
תרשים 8. השפעת ריכוז החנקן בתמיסת ההזנה על משקל הנוף שהתפתח במערכת "Air Lift".

משקל הנוף מבוטא כמשקל יבש בגרם ונמדד במועד 9 שבועות משתילה. ריכוזי N מפורטים בטבלה א בנספח. התוצאות מיוחסות לריכוזים שנמדדו בתאריך 6/7.

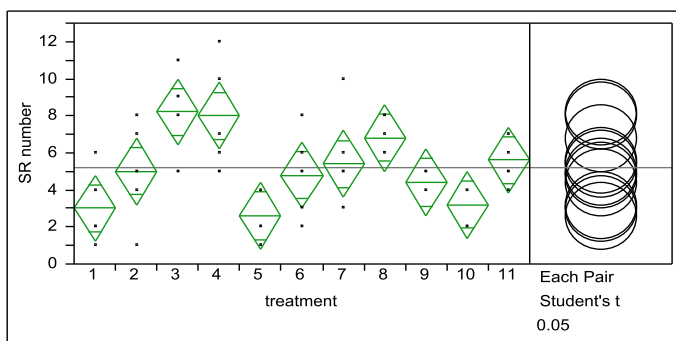
ניסוי ב.

בניסוי נבחנה השפעת ריכוזי NPK במהלך התפתחות השורשים האדוונטיביים על מספר השורשים המתפתחים לשורשי-אגירה, משקל השורשים ומשקל הנוף. הניסוי בוצע במתכונת דומה לזו של ניסוי א. מועד השתילה היה מאוחר: 13.9.2010. משטר ההשקיה: לאחר 6 ימים ראשונים, רווחה ההשקיה לפעם ביומיים. במהלך הניסוי

נלקחו 4 דגימות לקביעת רמות NPK במי ההזנה. תוצאות הרמה הממוצעת (ממוצע של 5 החזרות) של NPK בתמיסות ההזנה במועד 3 ימים מתחילת הניסוי מוצגות בטבלה ד בנספח. בניסוי זה, טווח רמות החנקן היה 6-66 ח"מ. דיגומים למספר שורשי-אגירה, משקל השורשים, ומשקל הנוף בוצעו ב-2 תאריכי דיגום: 40 יום ו-12 שבועות משתילה. בבחינת השפעה של מכלול הטיפולים על מספר שורשי-אגירה, משקל הנוף ומשקל השורשים, בתאריך הדיגום הראשון, לא נצפתה השפעה משמעותית (התוצאות אינן מוצגות). בבחינת השפעת רמת החנקן (בטווח של 6-66 ח"מ) על מספר הבטטות 12 שבועות משתילה, ניתן לראות מגמת עלייה במספר עם העלייה ברמת החנקן (תרשים 9). למרות שונות רבה, ניתן לראות שלטיפול 3 (37-24-50 N-P-K) וטיפול 4 (56-22-48) השפעה חיובית על מספר בטטות (ממוצע של 8 בטטות) בהשוואה לטיפולים 5 (5-32-45; N-P-K), 1 (N-); 6-21-46 P-K) ו-10 (24-20-64; N-P-K) (ממוצע של 3 בטטות; תרשים 10). בתאריך הדיגום הסופי (12 שבועות משתילה) ניתן לראות מגמת עלייה במשקל היבש של השורשים ושל הנוף עם העלייה ברמות החנקן (תרשימים 11א, 11ב, בהתאמה). לא נצפתה השפעה של ריכוזי האשלגן והזרחן באף אחד ממועדי הדיגום על מספר שורשי האגירה, משקל הנוף או משקל השורשים (התוצאות אינן מוצגות).

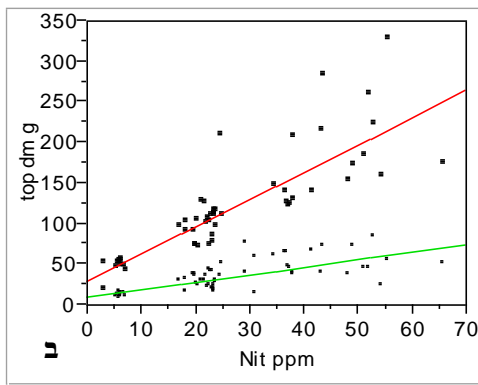
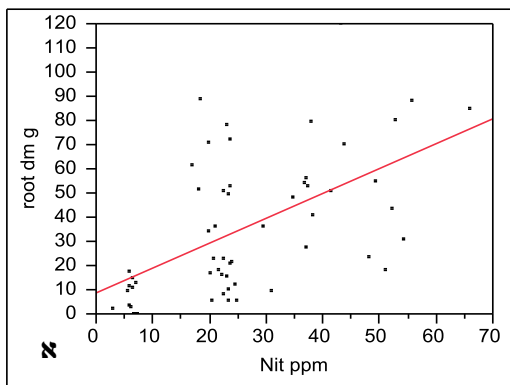


תרשים 9. השפעת ריכוז החנקן בתמיסת ההזנה על מספר שורשי האגירה. ריכוזי N מפורטים בטבלה ה בנספח.



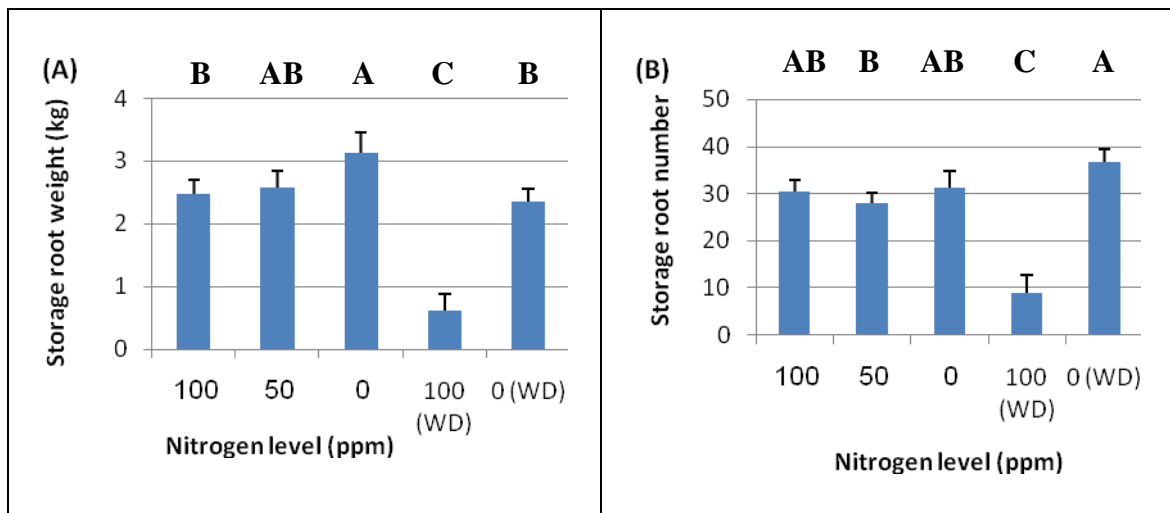
תרשים 10. השפעת הטיפולים 1-11 על מספר שורשי האגירה. ריכוזי NPK מפורטים בטבלה ה בנספח.

תרשים 11. השפעת ריכוז החנקן בתמיסת ההזנה על משקל השורשים (א) והנוף (ב) שהתפתח תוך שימוש במערכת "Air Lift". המשקל מבוטא כמשקל יבש בגרם ונמדד במועד 40 יום (קו ירוק) ו-12 שבועות משתילה (קו אדום). ריכוזי N מפורטים בטבלה ד בנספח.



ג. בחינת השפעת דישון ברמות חנקן שונות על התפתחות שורשי-אגירה – ניסוי שדה בניר אליהו

הייחורים נשתלו בגדודיות, כשכל חזרה כללה 2 גדודיות באורך של 5 מטרים. סה"כ 5 ערוגות באורך 50 מטר. השקית הצמחים בוצעה ע"י שימוש בקווי השקיה שמוקמו בקצוות החלקה, כאשר קו השקיה מערבי ספק דשן (100ppm חנקן) במי-ההשקיה, וקו השקיה מזרחי ספק במים בלבד. כתוצאה משילוב זה נוצר גרדיינט של רמות דשן בין 100ppm (קצה מערבי) עד-0 ppm (קצה מזרחי) לרוחב החלקה. בימים הראשונים לאחר השתילה הושקו השתילים במים ללא דשן, ולאחר 10 ימים החל דישון. נעשה שימוש באמון חנקתי נוזלי ($\text{NH}_4\text{NO}_3\text{aq}$), שמכיל 21% חנקן צרוף (N). ההשקיה בוצעה פעמיים בשבוע בנפח של 4 קוב מים לדונם ליום למשך 45 יום לאחר ההשרשה. כל טיפול בוצע ב-5 חזרות. נבחנו רמות חנקן בטווח שבין 0 ל-100 ppm (הרמות שנמדדו במי ההשקיה היו 2 ו-104 ppm, בהתאמה) במהלך 45 יום (החל משבוע לאחר השתילה). במהלך הניסוי בוצעו שני דיגומים: דיגום ראשון נעשה 80 יום מהשתילה (התוצאות מוצגות בתרשים 12) ודיגום שני (אסיף) נעשה 150 יום מהשתילה (התוצאות מוצגות בתרשים 13). השפעת רמות החנקן נבחנה ע"י שקילה (משקל שורשי אגירה – A) וספירה (מספר שורשי אגירה – B) של שורשי האגירה. נבחנה גם השפעה של מנת מים מופחתת (WD) בשילוב עם רמות חנקן 0 ו-100 ppm.



תרשים 12: השפעת רמות חנקן על משקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה שנבדקו 80 יום לאחר השתילה

נבחנה השפעת רמות החנקן על משקל ומספר שורשי האגירה תוך שימוש בון המקובל בארץ, גירוגיה גיט. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (<80-450) גר': L1(300-450), M(150-300), S(80-150), XS(<80). שורשי האגירה נאספו מגדודית באורך 2.5 מטר. נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). רמות החנקן המוצגות בגרף הינן רמות חנקן משוערות: 0, 50 ו-100 ppm, רמות החנקן האמתיות כפי שנבדקו במעבדה (ממוצע של 2 בדיקות) הן: 2, 43 ו-104 ppm, בהתאמה. הנתונים מייצגים ממוצע של 10 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (C, A, B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$). WD – שימוש במנת מים מופחתת.

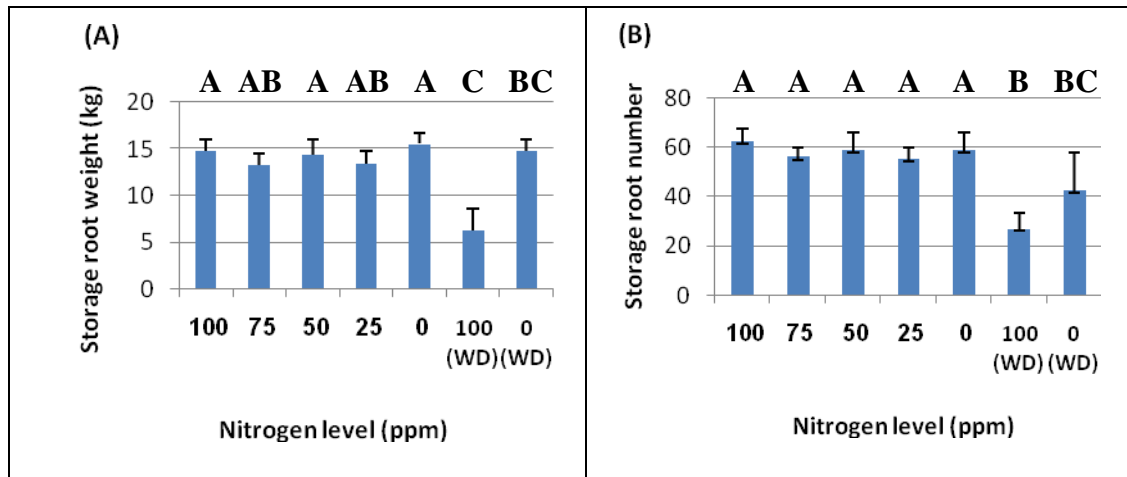
מתוך התוצאות המוצגות בתרשימים 12, 13 ניתן לראות כי: א. לא התקבל הבדל משמעותי במספר או משקל שורשי-האגירה בין הטיפולים ברמות החנקן השונות ב. שימוש במנת מים מופחתת בשילוב עם רמה גבוהה של חנקן (104 ppm) גרמה לירידה הן במשקל והן במספר שורשי האגירה שהתקבלו בשני מועדי הדיגום.

ד. בחינת השפעת מצב המים בקרקע ב-30 הימים הראשונים משתילה על התפתחות שורשי אגירה

בייחורים – ניסוי שדה – בעלומים

תוכנית הניסוי התייחסה להשערות העבודה: (1) לחות הקרקע במהלך 30 הימים הראשונים משתילה הינה גורם חשוב בקביעת יבול הבטטות. (2) טיפול הצמאה לאחר שלב התבססות השתיל עשוי לעודד התפתחות שורשי

אגירה ולגרום להעלאת היבול. בהתאם לכך נקבעו מטרות הניסוי. ראה פירוט הניסוי והתוצאות בנספח המצורף. לא התקבלו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים. נראה ששמירת לחות קרקע גבוהה עם השתילה ובמהלך 6 הימים הראשונים הינה מספקת (בתנאי האזור). למרות שלא התקבל הבדל מובהק בין הטיפולים, נראה שהטיפול הטוב מבחינת מספר הבטטות היה טיפול '1' (לחות קרקע גבוהה 6 ימים ואח"כ הפסקת השקיה ל-6 ימים), שהוא הטיפול המקובל. אלא אם כן היו גורמי סביבה אחרים ששימשו כגורם מגביל. ההמלצה היא לבצע כניסוי המשך - ניסוי מבוקר בתנאי חממה.



תרשים 13: השפעת רמות חנקן על משקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה שנבדקו 150 יום לאחר השתילה

נבחנו השפעת רמות החנקן על משקל ומספר שורשי האגירה תוך שימוש בזן המקובל בארץ, ג'ורג'יה ג'ט. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (>850 - 80) גר': S(80-150), M(150-300), L1(300-450), L2(450-600), XL(600-850), G(>850). שורשי האגירה נאספו מגודית באורך 4 מטר. נעשה שימוש בשני סוגי ייחורים: ייחור קודקודי (מפרקים 1-4/1-5) וייחור מבוגר (מפרקים 7-9/8-10). רמות החנקן המוצגות בגרף הינן רמות חנקן משוערות: 0, 25, 50, 75 ו-100 ppm, רמות החנקן האמתיות כפי שנבדקו במעבדה (ממוצע של 2 בדיקות) הן: 2, 14, 43, 77 ו-104 ppm, בהתאמה. הנתונים מייצגים ממוצע של 10 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A,B) נבדלים באופן מובהק ($p \leq 0.05$). WD – שימוש במנת מים מופחתת.

ה. בחינת ההשפעה של טיפול בהורמונים ציטוקינין, ג'יברלין ופקלובוטראזול על התפתחות שורשי אגירה בייחורים

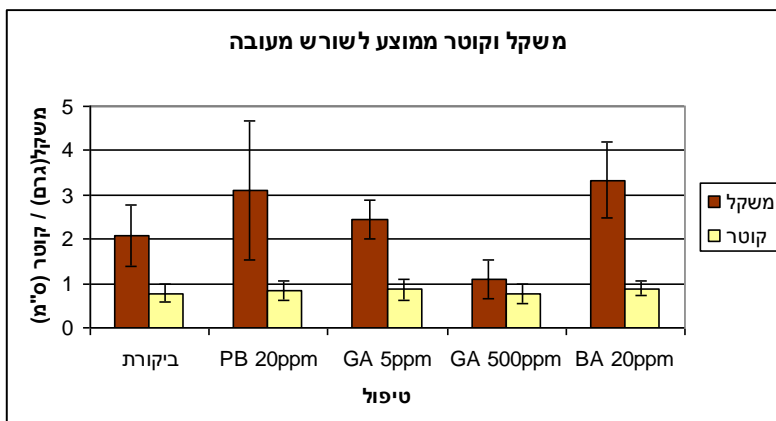
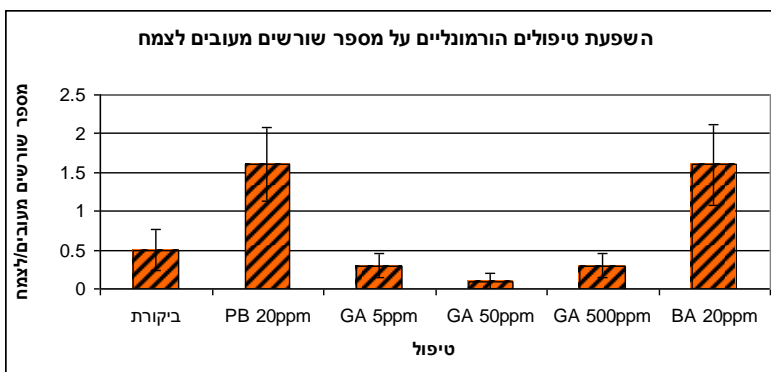
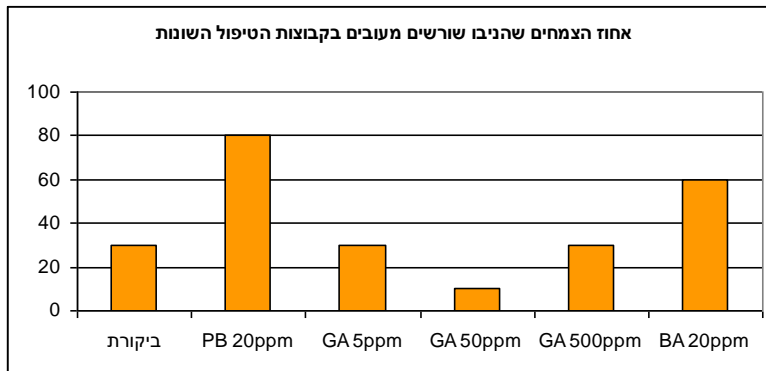
במהלך הזמן שבין אישור התוכנית, לתחילת העבודה, הסתבר שלג'יברלין חשיבות להתפתחות מערכת ההובלה בבטטה ולכן הוחלט להוסיף לבדיקות גם בחינה של ריכוזים שונים של ג'יברלין, כמו גם פקלובוטראזול. נבחנו השפעת ההורמונים ציטוקינין, ג'יברלין ופקלובוטראזול ע"י טיפול החדרת ההורמון לייחורים של הזן ג'ורג'יה-גיט לפצע בגבעול, ושימוש בלנולין כדי לאפשר שחרור רציף של ההורמון. נשתלו ייחורים בני 3 פרקים. פרק אחד נשתל במצע ו-2 פרקים נותרו מעל למצע. הייחורים נשתלו ללא עלים במצע חול-ים. לאחר 3 ימי התבססות, ניתן לייחורים טיפול בהורמונים. נבחנו 6 טיפולים, ב-5 חזרות באקראי. בכל חזרה 2 צמחים. סה"כ 60 עציצים.

ההורמונים ניתנו בלנולין ע"י חיתוך בעזרת סקלפל באזור קטן בגבעול בסמוך לשטח פני המצע. בוצע טיפול בהורמונים: בנזיל אדנין 20 ppm, ג'יברלין 20 ppm, 50 ppm, 500 ppm, 5 ppm, פקלובוטראזול 20 ppm וטיפול ביקורת. ההורמונים ניתנו בלנולין 3 פעמים במהלך הניסוי בזמנים: יומיים, שבועיים ו-5 שבועות מים השתילה. סיכום הניסוי בוצע 67 יום משתילה. ההתייחסות לשורש מעובה/בטטה: שורש המתעבה לקוטר הגדול מ-0.3 ס"מ באופן שאיננו קבוע לאורך כל השורש. הטמפרטורות בחממה בתקופת הניסוי מוצגות בתרשים ב נספח. תוצאות השפעת הטיפול ההורמונלי על התפתחות שורשים מעובים בצמחי בטטה, מבחינת מספר ומשקל ומבחינת התפתחות רקמות הובלה מוצגות בתרשים 14, ותמונה 1 בנספח, בהתאמה. טיפול הפקלובוטראזול העלה את אחוז

שורשי האגירה שנוצרו. גם טיפול הציטוקינין (שעשוי לפעול להורדת השפעת הגיברלין) הראה מגמה דומה, כלומר יצירת יותר בטטות. התוצאות האנטומיות מראות שבצמחי הביקורת מתפתחות בגבעול בסמוך למתן הלנולין טרכיאיות רחבות קוטר עם מעט מאוד סיבים. בטיפול גיברלין 500 ח"מ מתקבלים בעיקר סיבים עם טרכיאיות מעטות וצרות. בטיפול גיברלין 50 ח"מ רואים הפרעה לייצור טרכיאיות רחבות, ויצירת מעט סיבים. ההשערה היא שנוצרו מעט סיבים בשל רמת גירוי גיברלין נמוכה וכי גיברלין מעודד יצירת סיבים על חשבון יצירת תאי פרנכימה. ולכן, הקטנת רמת גיברלין מעודדת ייצור יותר תאי פרנכימה ופחות סיבים.

תרשים 14. השפעת טיפול הורמונלי על התפתחות שורשים מעובים/בטטות בצמחי

בטטה. נבחנה השפעה של ההורמונים בניזל אדנין (BA) בריכוז 20 ח"מ, גיברלין (GA) בריכוזים 5, 50 ו-500 ח"מ, ופקלובוטראזול (PB) בריכוז 20 ח"מ. נעשה שימוש בייחורים בני 3 פרקים. פרק אחד נשתל במצע ו-2 פרקים נותרו מעל למצע. הייחורים טופלו ע"י מתן ההורמון בלנולין, ע"י חיתוך בעזרת סקלפל באזור קטן בגבעול בסמוך לשטח פני המצע. לאחר 67 ימים נבחנה ההשפעה על אחוז הצמחים שהניבו שורשים מעובים (א), מספר שורשים מעובים לצמח (ב), ו-משקל וקוטר ממוצע לשורש מעובה (ג). התוצאות מהוות ממוצע של $\pm SE$ של 5 חזרות (2 צמחים בכל חזרה).



בסיום הניסוי הראשון בוצעו שני ניסויים נוספים באותה המתכונת. בשני הניסויים הצמחים לא התפתחו כראוי ולא הניבו שורשים מעובים (הסיבה לפגיעה בצמחים הייתה כנראה טמפרטורות נמוכות מדי). אולם, חתכי רקמה בגבעול באזור הסמוך לאזור מתן ההורמונים נתנו תוצאות זהות לתוצאות שהתקבלו בניסוי הראשון (התוצאות לא מוצגות), כלומר, התקבלה התפתחות מסיבית של סיבים וטרכיאיות צרות וקטנות בתגובה לטיפול גיברלין. חתכי רקמה בשורשים לא הראו השפעה של מתן ההורמונים.

בניסוי נוסף, נבחנה השפעת טיפול בגיברלין ופקלובוטראזול על הצטברות ליגנין בשורשים. הטיפול ניתן על ידי השריית הייחורים בתמיסת הורמונים למשך 12 שעות לפני השתילה. שיטת טיפול זו יצרה מגע בין ההורמון לבין השורשים המתפתחים מהייחור. הייחורים נשתלו במיכלים במצע חול-ים והוצאו 10 ימים לאחר השתילה על מנת

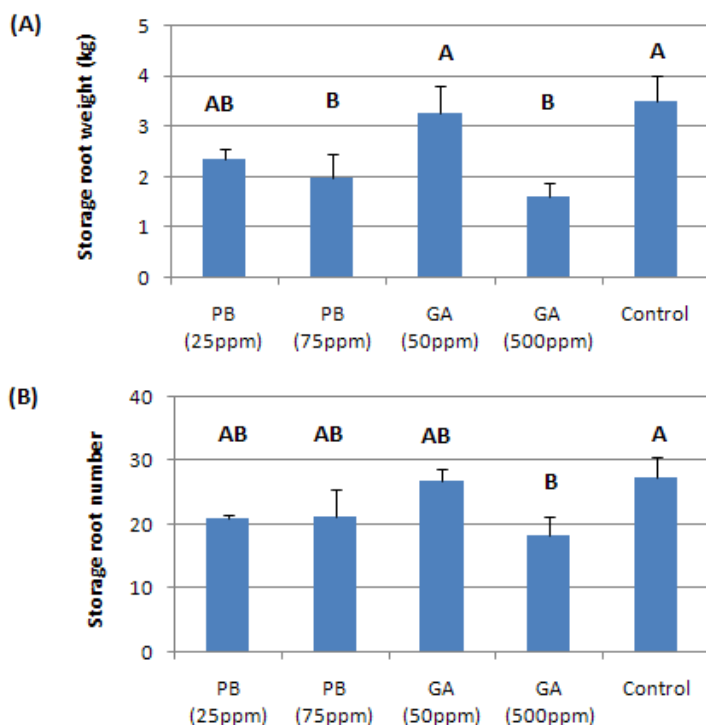
לבצע אנליזה אנטומית לשורשים שנוצרו. 3-4 שורשים מ-10 צמחים נלקחו מכל טיפול נחתכו באופן ידני ונצבעו בטולואידין בלו. החתכים נצפו תחת מיקרוסקופ אור. תמונות חתכי הרקמה עובדו באמצעות התכנה ImageJ על מנת לחשב את האחוז היחסי של תאי גליל המרכזי אשר צברו ליגנין וסיבים (צבע כחול לאחר צביעה בטולואידין בלו). נמדד אחוז השורשים בהם יותר ממחצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים ועברו ליגניפיקציה בתגובה לטיפולים בגיברלין ופאקלובוטראזול. התוצאות מפורטות בתמונה 2 בנספח, ובטבלה 1. מתוך התוצאות ניתן לראות שצמחים אשר טופלו בגיברלין צברו יותר סיבים מצמחי הביקורת ומצמחים שטופלו במעכב גיברלין Pacllobutrazol.

טבלה 1 אחוז השורשים בהם יותר ממחצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים ועברו ליגניפיקציה בתגובה לטיפולים בגיברלין (GA) ופאקלובוטראזול (PB). התוצאות מייצגות 3 שורשים X 10 צמחים לכל טיפול.

	אחוז השורשים בהם יותר ממחצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים		
	ביקורת	PB	GA
ניסוי 1	20.00	0.00	54.17
ניסוי 2	0.00	0.00	38.46
סיכום	10.00	0.00	46.32

מתוך התוצאות המוצגות בטבלה 1 ניתן לראות שטיפול הגיברלין גרם לעלייה באחוז השורשים שבהם יותר ממחצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים, הן ביחס לביקורת והן ביחס לטיפול בפקלובוטראזול (38% ו-54%, בהתאמה).

בהמשך, בוצע ניסוי שדה בניר אליהו (בשיתוף עם טלי קובלסקי, גדי"ש). במהלך הניסוי בוצעו שני טיפולים: א. השריית הייחור בתמיסת ההורמון לפני השתילה ב. טיפול הגמעה בתמיסת ההורמון שבועיים לאחר השתילה. נעשה שימוש בטיפולים הבאים: גיברלין (GA) בריכוזים 50 ו-500 ppm, פאקלובוטראזול (PB); מעכב ביוסינתזה של גיברלין בריכוזים 25 ו-75 ppm. השפעת ההורמונים נבחנה ע"י ספירה ושקילה של שורשי האגירה שהתפתחו לאחר 80 יום מתאריך השתילה והתוצאות מוצגות בתרשים 15, ותרשים ג בנספח.



תרשים 15: השפעת טיפול הורמונלי על המשקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה בבטטה.

נבחנה השפעת טיפול בהורמון הצמחי גיברלין (בריכוזים 50ppm ו-500ppm) ומעכב הצמיחה פאקלובוטראזול (בריכוזים 25ppm ו-75ppm) על משקל ומספר שורשי האגירה תוך שימוש בזן המקובל בארץ, גיורגיה ג'ט. הטיפול ההורמונלי הראשון ניתן ע"י השריית ייחורים בתמיסות הורמון 12 שעות לפני השתילה (כמפורט בפרק חומרים ושיטות). טיפול נוסף ניתן ע"י הגמעה בנפח של 50ml שבועיים מיום השתילה. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של <80 (450g): M(150-300), S(80-150), XS(<80), L1(300-450). שורשי האגירה נאספו מגודיית באורך 2.5 מטר. נעשה שימוש בייחורים בעלי מפרקים 5-6/7. נעשה שימוש בשתילים בני 2 מפרקים ללא עלים כשאחד מהם נשתל בקרקע. הנתונים מייצגים ממוצע של 4 חזרות + SE. ערכים אשר לא מיוצגים ע"י אותה אות (A,B) נבדלים באופן מובהק (p<0.05). PB (Pacllobutrazol) – פאקלובוטראזול; GA (Gibberellin) – גיברלין; Control – מים

מתוך התוצאות המוצגות בתרשים 15 ניתן לראות כי התקבל משקל (A) ומספר (B) נמוכים יותר בצמחים אשר טופלו בתמיסת הורמון GA500. בנוסף, התקבל משקל נמוך יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) של שורשי אגירה בצמחים אשר טופלו ב-PB75. נבחנה השפעת הטיפול ההורמונלי על התפלגות גודל שורשי האגירה והתוצאות מוצגות בתרשים ג' בנספח. מתוך התוצאות המוצגות בתרשים ג' בנספח, ניתן לראות כי עבור כל הטיפולים, מלבד צמחים אשר טופלו בתמיסת ההורמון GA500, התקבלה התפלגות דומה, גם עבור משקל וגם עבור מספר שורשי האגירה. בצמחים שטופלו ב-GA500 התקבל אחוז שורשי האגירה בגודל XS הגדול ביותר מבין שאר הטיפולים.

דין

פקעות הבטטה, החלק הנאכל, הן שורשי-אגירה המתפתחים משורשים אדוונטיביים. הריבוי נעשה מייחורי גבעול בעלי 3 עד 5 פרקים. לאחרונה, במסגרת תוכנית מדען 0516, הראנו שהשורשים המייצרים את הבטטות (שורשי-האגירה), מתפתחים מפרימורדיות שורש המתמיינות ומתפתחות בתוך גבעול צמח-האם (כלומר, בתוך גבעול הייחור). מצאנו גם שדרגת התפתחות פרימורדיות אלה תלויה במרחק שלהן מקודקוד הצמיחה; ככל שהפרימורדיה רחוקה מהקודקוד היא מפותחת יותר. השלב הבא היה לבחון האם קיים הבדל בכושר ייצור בטטות בין ייחורים מבוגרים (הנלקחים מאזור המרוחק מהקודקוד) לבין ייחורים צעירים (קודקודיים). בוצע ניסוי שדה בניר-אליהו (שת"פ עם טלי קובלסקי – גדי"ש) בו נערכה השוואה בין ייחורים קודקודיים לייחורים מבוגרים (מפרקים 8-9/9-10) ונמדדו מספר ומשקל שורשי האגירה שהתקבלו. התוצאות מראות שהתקבלו מספר, ומשקל שורשי אגירה גבוהים יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) בצמחים שמקורם בייחור קודקודי (תרשים 3). היתרון לייחור הקודקודי התבטא כשרמות החנקן בשדה ייצור הפקעות היו גבוהות יותר (50 ו-100 ח"מ) ולא ברמת החנקן הנמוכה (0 ח"מ; תרשים 4). אחת המסקנות מניסוי זה הינה, שבנוסף לדרגת התפתחות הפרימורדיות, למאזן ההורמונאלי של השתיל ממנו מתפתח הצמח המייצר בטטות חשיבות והשפעה על התפתחות השורש לשורש אגירה, וקיימת אינטראקציה בין תנאי הסביבה לבין מאזן ההורמונאלי זה. יש צורך בניסוי המשך, בתנאים מבוקרים בחממה, על מנת להמשיך ללמוד את השפעת יחסי הגומלין אוקסין:ציטוקינין:גיברלין ברמת השתיל על התפתחות בטטות. בהקשר זה מעניין לציין שהראנו כי שימוש בגיברלין, ברמת חומר הריבוי, מעלה את אחוז הליגניפיקציה בשורשים (טבלה 1; תמונה 2-נספח; תרשים 15). לתוצאות אלה חשיבות בהבנת תפקיד הגיברלין בעידוד יצירת שורשים רגילים. יתכן שרק ברמות נמוכות של גיברלין יכולות להיווצר הבטטות. תוצאות אלה פותחות פתח לאפשרות להשפיע על מהלך התפתחות השורשים האדוונטיביים על ידי טיפולים מקדימים לייחורים. היות שהמידע לגבי הגורמים המשפיעים על התפתחות השורשים האדוונטיביים לשורשי-אגירה הינו מועט, בחנו בתוכנית זו גם את השפעת ההזנה (NPK) על התפתחות שורשי-אגירה. בשלב ראשון נעשה שימוש במערכת "Air-Lift". לא נצפתה השפעה של ריכוזי אשלגן (בטווח של 27-84 ח"מ; טבלה ד-נספח) על מספר שורשי האגירה, משקל הנוף או משקל השורשים. התוצאות מראות שרמות נמוכות של חנקן בתמיסת ההזנה (5 ו-6 ח"מ) הביאו להתפתחות מספר קטן יותר של שורשי-אגירה, כמו גם משקל שורשים ומשקל נוף נמוכים. נצפתה מגמת עלייה במספר ומשקל השורשים עם העלייה ברמות החנקן עד לרמה של 60 ח"מ. רמות החנקן הגבוהות שנבחנו בניסוי א' (בטווח של עד כ-90 ח"מ) הביאו לירידה במשקל השורשים ומשקל הנוף. היות שהמערכת איננה מיטבית לגידול בטטות, העמד ניסוי שדה בקיבוץ ניר-אליהו במסגרת הגדי"ש כניסוי המשך. נמצא שדישון ברמות חנקן בטווח של 0 עד 100 ח"מ במהלך 45 ימים משתילה לא הראה הבדלים משמעותיים מבחינת המספר ומשקל שורשי האגירה. אולם, דישון ברמות חנקן גבוהות (100 ח"מ), בשילוב עם מנת מים מופחתת, גרם לירידה משמעותית ביבול (ירידה הן במספר והן במשקל שורשי האגירה). אנו רואים צורך בניסויים מבוקרים בחממה, כדי ללמוד השפעת השילוב של רמות חנקן עם תנאי סביבה העשויים להוות עקה, כמו: מנת מים מופחתת, מים מליחים וטמפרטורות קיצוניות, על ייצור בטטות.

1. Villordon, A.Q., La Bonte, D.R., Firon, N., Kfir, Y., Schwartz, A. and Pressman, E. (2009). Characterization of adventitious root development in sweetpotato. *Hortscience* 44: 651-655.
2. Firon, N., Villordon, A., LaBonte, D., Pressman, E., Kfir, Y. and McGregor, C. (2009). *The Sweet Potato, Botany and Physiology*, (Loebenstein, G. and Thottappilly, G. Eds.), Springer, Dordrecht pp. 13-26.
3. Firon, N., Kfir, Y., Schwartz, A., Villordon, A., Labonte, D., Althan, L., Shaked, R. and Pressman, E. (2008). The first thirty days after planting – a crucial time determining sweetpotato crop values. *Sadeh Veyarak*, May issue: 8-14 (in Hebrew).
4. Togari, Y. (1950) A study of tuberous root formation in sweet potato. *Bul. Nat. Agr. Expt. Sta. Tokyo* 68:1-96.

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
מטרות תוכנית המחקר: 1. בחינת השפעת גיל הייחור ותנאי ההזנה של צמחי-האם על התמיינות והתפתחות הפרימורדיות ועל התפתחות שורשי אגירה. 2. בחינת השפעת ההזנה, מצב המים בקרקע וטיפול בחומרי צמיחה על התפתחות שורשי אגירה בייחורים.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
<p>לשם בחינת השפעת גיל הייחור על התפתחות שורשי אגירה (מטרה 1), בוצע ניסוי שדה בנייר-אליהו בו נערכה השוואה בין ייחורים קודקודיים לייחורים מבוגרים (מפרקים 8-9/9-10). התוצאות מראות שהתקבלו מספר, ומשקל שורשי האגירה גבוהים יותר באופן משמעותי ($p \leq 0.05$) בצמחים שמקורם בייחור קודקודי. זאת למרות שהפרימורדיות בייחור הצעיר יותר פחות מפותחות.</p> <p>על מנת לבחון השפעת ההזנה (NPK) על התפתחות שורשי אגירה (מטרה 2) בוצעו שני ניסויים תוך שימוש במערכת "Air Lift" שכללה 55 זוגות מיכלים בנפח 100 ליטר כל אחד המסודרים ב-5 חזרות. נצפתה מגמת עלייה במספר ומשקל השורשים עם העלייה ברמות החנקן עד לרמה של 60 ח"מ. רמות החנקן הגבוהות שנבחנו בניסוי א' (בטווח של עד כ-90 ח"מ) הביאו לירידה במשקל השורשים ומשקל הנוף. היות שהמערכת איננה מיטבית לגידול בטטות, העמד ניסוי שדה, בקיבוץ ניר-אליהו במסגרת הגד"ש, כניסוי המשך. נמצא שדישון ברמות חנקן בטווח של 0 עד 100 ח"מ במהלך 45 ימים משתילה לא הראה הבדלים משמעותיים מבחינת המספר ומשקל שורשי האגירה. אולם, דישון ברמות חנקן גבוהות (100 ח"מ), בשילוב עם מנת מים מופחתת, גרם לירידה משמעותית ביבול.</p> <p>על מנת לבחון השפעת חומרי צמיחה (מטרה 2) ניתן הטיפול על ידי השריית הייחורים בתמיסת הורמונים למשך 12 שעות לפני השתילה. טיפול בגייברלין גרם לעלייה באחוז השורשים שבהם יותר ממחצית תאי הגליל הואסקולרי צברו סיבים ורמה גבוהה של ליגנין, הן ביחס לביקורת והן ביחס לטיפול בפקלובוטראזול (38% ו-54%, בהתאמה). העמד ניסוי המשך, בתנאי שדה, שבחן השפעת חומרי צמיחה על מספר והתפתחות שורשי אגירה. בוצעו 2 טיפולים במהלך הניסוי: השריית הייחור בתמיסת ההורמון לפני השתילה וטיפול הגמעה שבועיים לאחר השתילה. התוצאות מראות שטיפול בגייברלין (500 ח"מ) גרם לירידה משמעותית במספר ומשקל שורשי האגירה.</p>
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
<p>מטרות המחקר הושגו. לשם בחינת השפעת גיל חומר הריבוי על כושרו לייצר בטטות, בוצע ניסוי שדה בנייר-אליהו (ש"פ עם טלי קובלסקי – גד"ש) כמפורט למעלה. אחת המסקנות מניסוי זה הינה, שבנוסף לדרגת התפתחות הפרימורדיות, למאזן ההורמונאלי של השתיל ממנו מתפתח הצמח המייצר בטטות חשיבות והשפעה על התפתחות השורש לשורש אגירה, וקיימת אינטראקציה בין תנאי הסביבה לבין מאזן ההורמונאלי זה. יש צורך בניסוי המשך, בתנאים מבוקרים בחממה, על מנת להמשיך ללמוד את השפעת יחסי הגומלין אוקסין: ציטוקינין: גייברלין ברמת השתיל על התפתחות בטטות.</p> <p>לגבי השפעת ההזנה על התפתחות שורשי אגירה (בטטות) הרי שבניגוד למידע מהספרות, נראה שלרמות חנקן בטווח שבין 0 ל-100 ח"מ אין השפעה משמעותית על היבול. מאידך, דישון ברמות חנקן גבוהות (100 ח"מ), בשילוב עם מנת מים מופחתת, גרם לירידה משמעותית ביבול (ירידה הן במספר והן במשקל שורשי האגירה), דבר המצביע על חשיבות השילוב/אינטראקציה של רמות החנקן עם תנאי הסביבה. יש צורך בניסוי המשך לבחינת השפעת השילוב של רמות חנקן עם תנאי סביבה העשויים להוות עקה, כמו: מנת מים מופחתת, מים מליחים וטמפרטורות קיצוניות, על ייצור בטטות.</p>
בעיות שנותרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר?
אחת הבעיות החשובות שדורשת מחקר נוסף הינה העלאה ומקסום כושר ייצור הבטטות של חומר הריבוי. נושא זה כולל הבנת הגורמים לשונות בין השתילים (חומר הריבוי). בנוסף, יש צורך בניסוי המשך על מנת ללמוד על השפעה משולבת של הזנה ותנאי הסביבה.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - צייטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, צייטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
< רק בספריות -
< ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
< חסוי - לא לפרסם - להמתין להמשך ביסוס התוצאות.
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן

בחינת השפעת דישון (NPK) על התפתחות שורשי-אגירה – שימוש במערכת "Air Lift"

טיפול	תוצאות מעבדה - תאריך 15/6				תוצאות מעבדה - תאריך 6/7			
	ממוצע K	סטיית תקן K	ממוצע N-NO3	סטיית תקן N-NO3	ממוצע K	סטיית תקן K	ממוצע N-NO3	סטיית תקן N-NO3
1	8.3	0.2	7.0	0.1	7.0	0.8	11.6	1.5
2	7.5	0.4	17.90	1.1	4.9	0.9	21.4	2.5
3	20.0	0.4	42.60	0.6	14.1	1.0	35.9	1.0
4	18.0	2.2	81.7	9.2	15.6	0	77.6	3.1
5	8.0	0.2	6.9	0.1	3.9	0	12.5	1.4
6	7.0	0.8	15.9	1.1	5.5	1.0	17.6	0.9
7	7.5	0.7	37.0	3.5	5.2	1.1	32.4	3.2
8	8.7	0.4	94.0	4.6	5.9	1.1	83.3	7.6
9	8.5	3.2	20.0	0.7	3	0	21	0.7
10	38.0	0.4	49.00	0.7	28.9	1.0	40.7	1.6
11	33.1	0.8	21.40	0.3	26.6	0.8	20.9	2.0

טבלה א. ממוצע ערכי NK שנמדדו בתמיסות ההזנה (ניסוי א). ערכי NK נמדדו ב-5 החזרות של 11 הטיפולים.

טבלה ב. ערכי pH שנמדדו בתמיסות ההזנה – ניסוי א

מספר טיפול	חזרה a	מספר טיפול	חזרה b	מספר טיפול	חזרה c	מספר טיפול	חזרה d	מספר טיפול	חזרה e	מספר טיפול
1	8.2	1	7.98	2	8.08	9	8.08	11	7.18	8
2	8.28	11	7.94	4	7.41	8	7.92	2	7.52	6
3	7.58	8	7.62	7	7.38	5	7.47	8	8.22	4
4	8.12	3	8.07	10	7.98	11	8.16	1	8.08	9
5	7.6	7	8.15	11	8.26	3	8.15	9	8.07	2
6	7.41	5	8.1	3	8.21	4	7.64	6	7.41	5
7	7.39	6	7.94	1	8.18	2	8.18	3	8.04	11
8	7.97	9	7.29	8	8.25	10	7.38	5	8.15	1
9	7.95	2	7.41	5	8.23	1	7.66	7	8.08	10
10	8.02	10	7.88	9	7.51	6	8.07	4	8.06	3
11	8.12	4	7.46	6	7.48	7	7.78	10	7.31	7

טבלה ג. ערכי EC שנמדדו בתמיסות ההזנה – ניסוי א

חזרה

טיפול	a	b	c	d	e
1	0.6	0.6	0.6	0.6	1
2	0.6	0.7	0.9	0.6	0.5
3	0.8	0.6	0.5	0.9	0.9
4	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5
6	0.5	0.7	0.9	0.5	0.5
7	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6
8	0.6	0.9	0.7	0.5	0.5
9	0.5	0.5	0.5	0.6	0.7
10	0.7	0.6	0.5	0.9	0.7
11	0.9	0.5	0.6	0.7	0.6

טבלה ד. ממוצע ערכי NPK שנמדדו בתמיסות ההזנה (ניסוי ב). ערכי NPK נמדדו ב-5 החזרות של 11 הטיפולים.

טיפול	N mg/l	P mg/l	K mg/l
1	7.4	24.72	52.2
2	22.7	19.56	42.5
3	44.8	25.42	52.1
4	66.4	22.08	47.6
5	6.3	31.7	44.6
6	26.3	33.68	45.7
7	34.1	28.58	40.0
8	55.1	33.84	45.1
9	23.5	19.38	27.1
10	24.0	20.38	63.6
11	23.6	21.4	84.3

בחינת השפעת מצב המים בקרקע ב-30 הימים הראשונים משתילה על התפתחות שורשי אגירה בייחורים –

ניסוי שדה – בעלומים (שת"פ עם ערן)

תוכנית הניסוי התייחסה להשערות העבודה: (1) לחות הקרקע במהלך 30 הימים הראשונים משתילה הינה גורם חשוב בקביעת יבול הבטטות. (2) טיפול הצמאה לאחר שלב התבססות השתיל עשוי לעודד הפיכה של שורש רגיל לשורש אגירה ולגרום להעלאת היבול. בהתאם לכך נקבעו מטרות הניסוי.

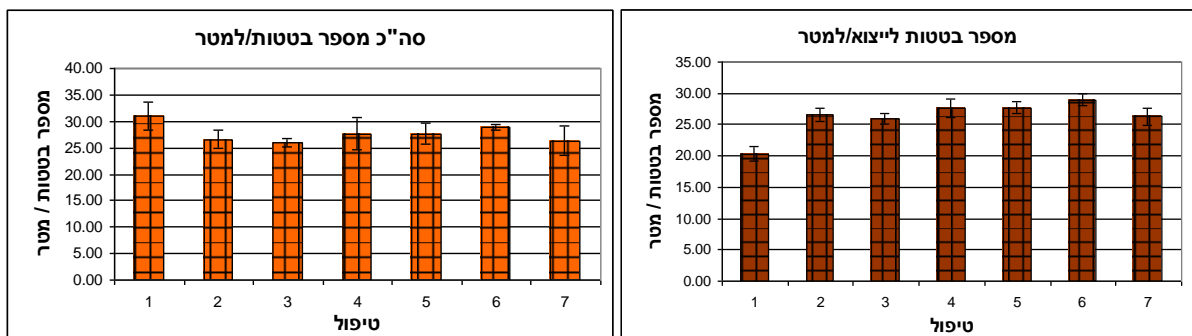
מטרות הניסוי: 1. בחינת ההשפעה של שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 6, ו-12 הימים הראשונים משתילה, על התפתחות שורשי אגירה בזנים ג'ורג'יה-ג'ט ובורגארד. 2. בחינת השפעת הפסקת השקיה (הצמאה) על התפתחות בטטות בזן ג'ורג'יה-ג'ט על פי הטיפולים הבאים: א. הרטבת קרקע משך 6 ימים ראשונים (הרטבה לשתילה ואח"כ השקיה פעמיים ביום) ואחר-כך הצמאה למשך 10 ימים. ב. הרטבת קרקע משך 6 ימים ראשונים ואחר-כך הצמאה למשך 14 ימים. ג. הרטבת קרקע משך 12 ימים ראשונים ואחר-כך הצמאה למשך 10 ימים.

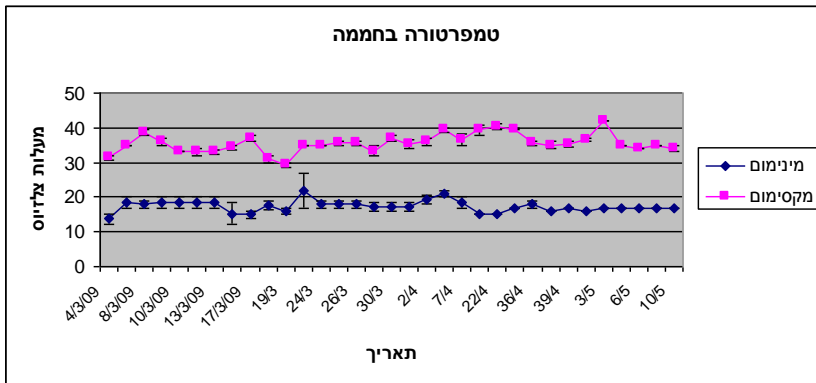
בהתאם לכך תוכננו 7 טיפולים: טיפול 1 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 6 הימים הראשונים משתילה (הטיפול ה"רגילי") - ג'ורג'יה-גיט. טיפול 2 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 6 הימים הראשונים משתילה (הטיפול ה"רגילי") - בורגארד. טיפול 3 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 12 הימים הראשונים משתילה - ג'ורג'יה-גיט. טיפול 4 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 12 הימים הראשונים משתילה - בורגארד. טיפול 5 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 6 הימים הראשונים משתילה ואחר-כך הצמאה למשך 10 ימים - ג'ורג'יה-גיט. טיפול 6 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 6 הימים הראשונים משתילה ואחר-כך הצמאה למשך 14 ימים - ג'ורג'יה-גיט. טיפול 7 – שמירת לחות קרקע גבוהה בקרקע במהלך 12 הימים הראשונים משתילה ואחר-כך הצמאה למשך 12 ימים - ג'ורג'יה-גיט. הניסוי בוצע בעלומים, בקרקע לס, תוך שימוש בשני זני בטטה, ג'ורג'יה-גיט ובורגארד. נשתלו 8 ייחורים למטר. סהכ שטח הניסוי – 0.6 דונם. כל חזרה באורך 12 מטר ולרוחב ערוגה (2 גדודיות). 4 חזרות לכל טיפול. סה"כ 7 טיפולים. הוצבו טנסיומטרים (לפחות אחד בכל קבוצת טיפול) למעקב אחר לחות הקרקע בעומקים 10 ס"מ, 15 ס"מ ו- 25 ס"מ.

תוצאות ומסקנות: מתוך תוצאות הקריאה של הטנסיומטרים (לא מוצגות) ניתן היה לראות שהטיפולים אכן התבטאו במצב המים בקרקע – כמצופה. בוצעו דיגומים 27, 40, ו-90 יום משתילה. האסיף התבצע 120 יום משתילה וסוכמו מספר ומשקל הבטטות שהתקבלו בכל אחד מהטיפולים. לא התקבל הבדל משמעותי בסה"כ מספר הבטטות למטר (תרשים א) בין כל הטיפולים. גם מבחינת משקל הבטטות - משקל כולל, והמשקל לייצוא - לא התקבלו הבדלים משמעותיים בין הטיפולים (התוצאות אינן מוצגות). נראה ששמירת לחות קרקע גבוהה עם השתילה ובמהלך 6 הימים הראשונים הינה מספקת (בתנאי האזור). למרות שלא התקבל הבדל מובהק בין הטיפולים, נראה שהטיפול הטוב מבחינת מספר הבטטות היה טיפול 1' (לחות קרקע גבוהה 6 ימים ואח"כ הפסקת השקיה ל-6 ימים), שהוא הטיפול המקובל. אלא אם כן היו גורמי סביבה אחרים ששימשו כגורם מגביל. ההמלצה היא לבצע כניסוי המשך - ניסוי מבוקר בתנאי חממה. בנוסף, בחנו את הקשר בין כמות השורשים שהתפתחו 27 ימים לאחר השתילה, לבין מספר הבטטות שהתקבלו בתום 119 ימי הניסוי. נמצא, מלבד חריג אחד (טיפול מס' 7 - 12 ימי לחות ו-10 ימי הצמאה), שככל שיש יותר שורשים במהלך 30 הימים הראשונים לאחר השתילה, כך יתפתחו יותר בטטות.

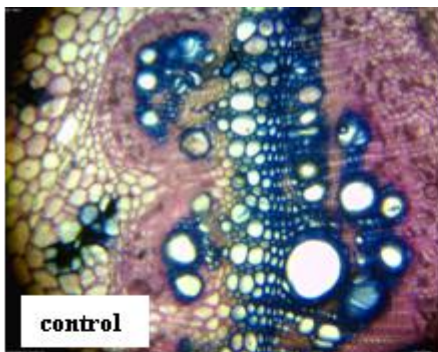
תרשים א. השפעת לחות המים בקרקע במהלך החודש הראשון משתילה על מספר הבטטות. הניסוי

בוצע בעלומים. הייחורים נשתלו בקרקע חול לס, תוך שימוש בשני זני בטטה, ג'ורג'יה גיט ובורגארד. בוצעו 4 חזרות לכל טיפול. כל חזרה באורך 12 מטר ולרוחב ערוגה (2 גדודיות). בוצעו הטיפולים הבאים: טיפול 1 – לחות קרקע גבוהה 6 ימים - ג'ורג'יה-גיט; טיפול 2 – לחות קרקע גבוהה 6 ימים – בורגארד; טיפול 3 – לחות קרקע גבוהה בקרקע 12 ימים - ג'ורג'יה-גיט; טיפול 4 – לחות קרקע גבוהה 12 ימים – בורגארד; טיפול 5 – לחות קרקע גבוהה 6 ימים - הצמאה 10 ימים - ג'ורג'יה-גיט; טיפול 6 – לחות קרקע גבוהה 6 ימים - הצמאה 14 ימים - ג'ורג'יה-גיט; טיפול 7 – לחות קרקע גבוהה 12 ימים - הצמאה - 12 ימים - ג'ורג'יה-גיט. התוצאות מוצגות $\pm SE$.



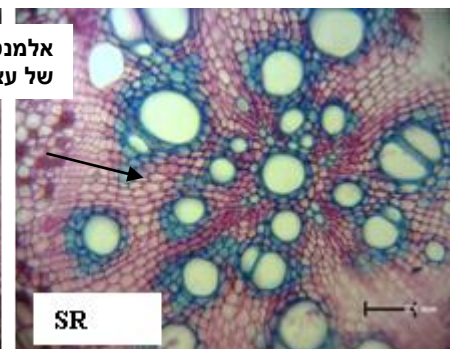
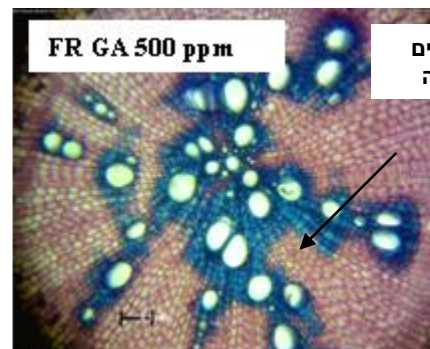
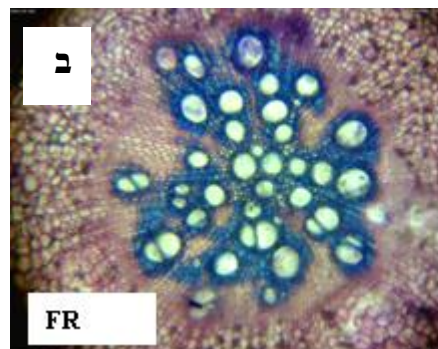
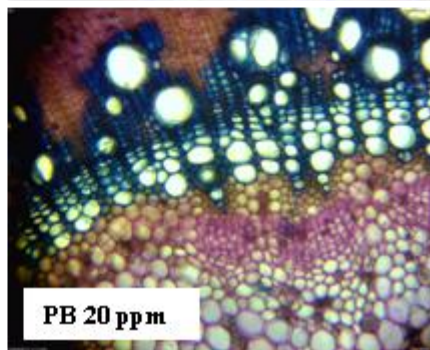
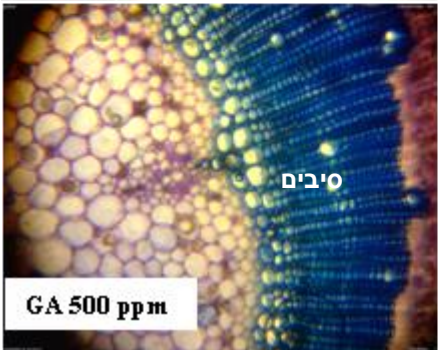
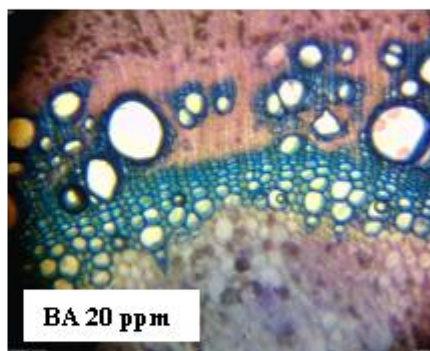
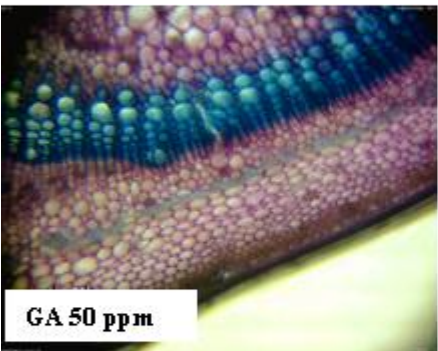


תרשים ב. הטמפרטורות בחממה בזמן הניסוי.

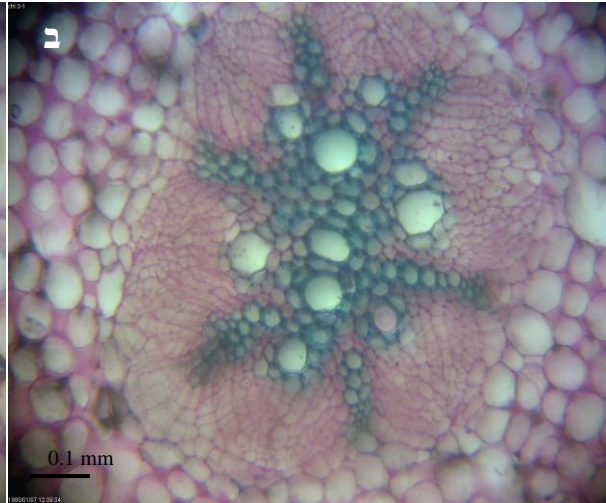
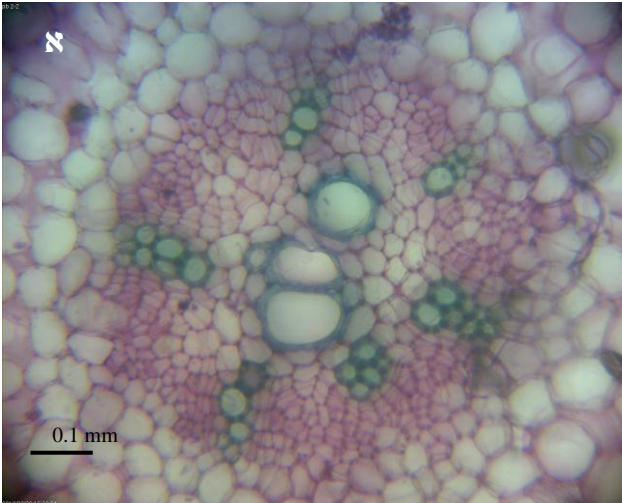


תמונה 1. השפעת טיפול הורמונלי על התפתחות רקמות הובלה בגבעול (א) ובשורשים (ב) של צמחי בטטה. נבחנה השפעה של ההורמונים בנזיל אדנין (BA) בריכוז 20 ח"מ, ג'יברלין (GA) בריכוזים 5, 50 ו-500 ח"מ, ופקלובוטראזול (PB) בריכוז 20 ח"מ, כמפורט למטה. ח"מ – ppm.

נעשה שימוש בייחורים בני 3 פרקים. פרק אחד נשתל במצע ו-2 פרקים נותרו מעל למצע. הייחורים טופלו ע"י מתן ההורמון בלנולין, ע"י חיתוך בעזרת סקלפל באזור קטן בגבעול בסמוך לשטח פני המצע. לאחר 67 ימים נבחנה ההשפעה על התפתחות רקמות הובלה בגבעול (א) בסמוך למקום החתך (0.5-1.0 ס"מ) דרכו הוחדר ההורמון ובשורשים (ב), ע"י שימוש בחתכי רקמה והסתכלות מיקרוסקופית. החתכים נחתכו ידנית תוך שימוש ברקמה טרייה, נקו בעזרת NaOH וטיפול בחומצה אצטית ונצבעו בטולואידין בלו 0.2%. כל תמונה מייצגת 3 חזרות. SR-שורש מעובה. FR-שורש סיבי.



אלמנטים של עצה



תמונה 2. חתכי רוחב בשורשים שטופלו

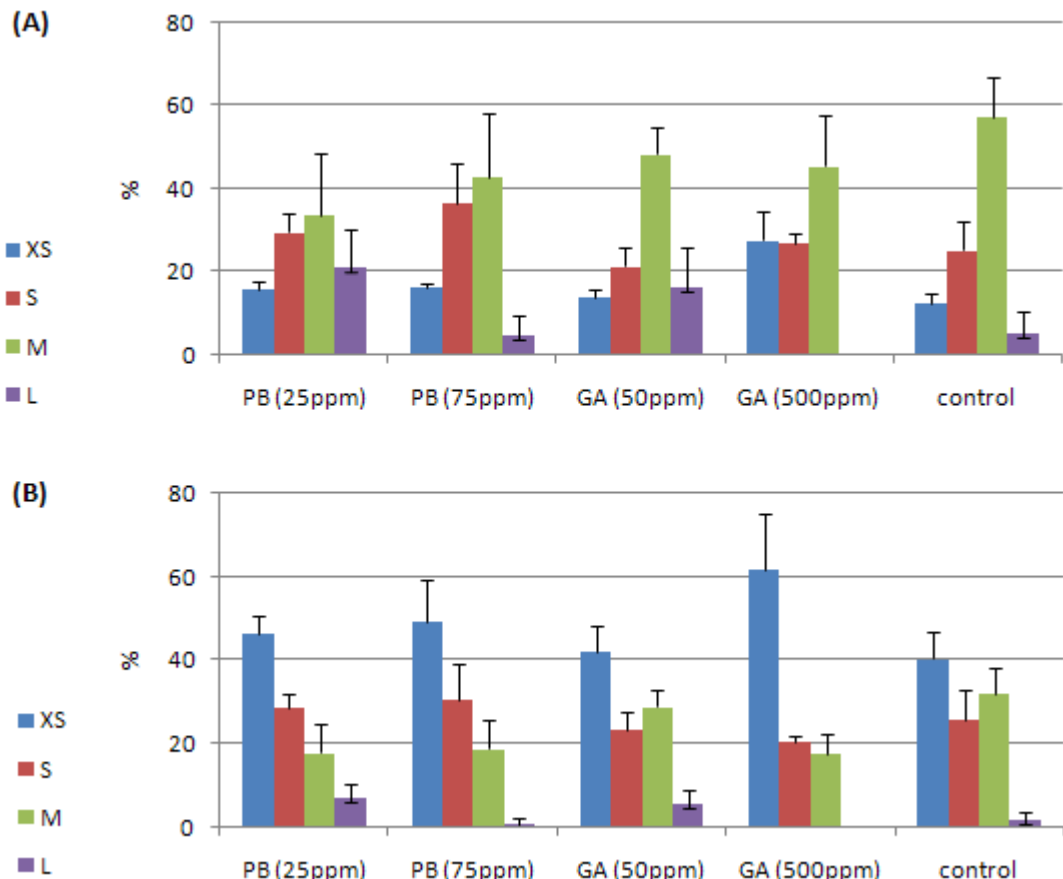
בהורמונים. ניתן לראות הבדל באחוז התאים אשר צברו ליגנין וסיבים (צבע כחול) מכלל התאים בגליל האסקולרי.

א. גליל ואסקולרי משורש שטופל בפאקלובוטרוזול אשר 21.2% מהגליל המרכזי בו הינו סיבי.

ב. גליל ואסקולרי משורש מטיפול הביקורת אשר 38.9% מהגליל המרכזי בו הינו סיבי.

ג. גליל ואסקולרי משורש שטופל בגיברלין (500 ppm) אשר 54.8% מהגליל המרכזי בו הינו סיבי.

*חתכי הרקמה נדגמו 3-5 ס"מ מבסיס השורש.



תרשים ג: השפעת טיפול הורמונלי על התפלגות הגודל כפי שהיא מתבטאת במשקל (A) ומספר (B) שורשי האגירה. נבחנה השפעת טיפול בהורמון צמחי גייברלין (בריכוזים 50ppm ו-500ppm) ומעכב הצמיחה פאקלובוטרוזול (בריכוזים 25ppm ו-75ppm) על התפלגות הגודל של שורשי האגירה תוך שימוש בון המקובל בארץ, גיורגיה ג'ט. הטיפול ההורמונלי הראשון ניתן ע"י השריית ייחורים בתמיסות הורמון 12 שעות לפני השתילה (כמפורט בפרק חומרים ושיטות). טיפול נוסף ניתן ע"י הגמעה בנפח של 50ml שבועים מיום השתילה. נלקחו בחשבון שורשי אגירה במשקל של (450-80) גר': XS(<80), S(80-150), M(150-300), L1(300-450). שורשי האגירה נאספו מגדודית באורך 2.5 מטר. נעשה שימוש בייחורים בעלי מפרקים 5-6/6-7 וללא עלים. האחוז (%) מציין אחוז משקל/מספרי מתוך סך הכול משקל/מספר שורשי האגירה עבור כל אחד מן החזרות. הנתונים מייצגים ממוצע של 4 חזרות + SE.