משרד החקלאות ופיתוח הכפר
שירות ההדרכה והמקצוע
אגף ענפי הצומח, תחום פרחים

ספטמבר 2023
אלול תשפ"ג

השראת אינדוקציה להתעוררות או עיכוב התעוררות פקעי צימוח בהדרים, לצורך עיצוב העץ בשיטת ה'אספלייה'

עינת גרזון-זקר – מדריכת גידול הדרים אביב לוי – מדריך שתלנות נוי ומטע לעצה

תחום שתלנות הנוי בישראל רואה ברכה בעשור האחרון, ואף בשנת הקורונה העיד על צמיחה ניכרת, אשר באה לידי ביטוי, בין היתר, בהגדלת שטחי הגידול, מספר העובדים הזרים הנדרשים ורכש מיכון במשתלות. קיימת בשוק דרישה למוצרים המתאימים לגידול בחללים מצומצמים, דוגמת מרפסות וחצרות קטנות, ובמחירים תחרותיים. אספלייה (בצרפתית espalier), היא שיטת עיצוב עצים בצורה דו-ממדית, על ידי גיזומים חוזרים והדליה ייחודית. ההנחה הרווחת היא כי השיטה פותחה במקור כמענה לצורך בעצי פרי במרחבים מצומצמים, כמו בחצרות קסרסטינים רומאיים. בשנים האחרונות, עם צמצום הדיור צמוד הקרקע והגידול בבניה לגובה, לעצי אספלייה ביקוש גובר לגידול במכלים במרפסות, בגגות וכן בחצרות קטנות. בנוסף, בחקלאות המטעים כיום קיימת מגמה של מעבר למבנה מטע הנקרא "מטע קירות". במבנה כזה המטע נטוע בצפיפות גבוהה, כאשר העצים מכוונים לצורה דו-ממדית ויוצרים רצף המכונה: "קיר פירותי". נמצא כי בגידולים מסוימים, בעיקר גידולי מטעי נשירים (תפוח, אגס, גפן) וכרם, ניתן להעלות את היבול לשטח וכן לאפשר כניסת מיכון מתקדם, המייעל ומוזיל משמעותית את תהליך הגידול.

כדי לעצב עצים לאספלייה, על השתלנים לכוון את הצימוח בפעולות כהדליה, כיפוף ענפים וקיטום, כך שייווצר המבנה הרצוי, תוך ניסיון לעודד צימוח פקעים המתאימים למבנה המבוקש.

בפרדס מסחרי עיצוב שתילים בתחילת דרכם עשוי לאפשר חיסכון עתידי בפעולות גיזום וקיטום וכן להקל על עיצוב המבנה הסופי של העץ הבוגר. במחקר זה עוצבו שתילים בפרקטיקות הלקוחות מעולם שתלנות הנוי בשילוב אלו המוכרות לנו מהחקלאות, במטרה לנסות לייעל את תהליך ייצור השתילים על ידי יישום אמצעים כימיים - הורמונליים, ובכך אולי לסלול את הדרך להוזלת הייצור ולגידול בשתילות בפרדס מסחריים בהתאם. על ידי מציאת דרך להשראת אינדוקציה להתעוררות פקעים או עיכובם באמצעים כימיים, אנו סבורים כי נוכל להקל גם על עיצוב השתילים בעולם הנוי - לסייע לשתלן להתחיל משתילים בוגרים ולהקטין את זמן ייצור המוצר המוגמר, מה שיתבטא בהוזלת עלויות. בדרך זו ניתן יהיה לבחור את העיניים שבמקום האידיאלי לעיצוב, ובכך לשפר את מראה העץ ואת איכות המוצר, להקטין את כמות העבודה הנדרשת לעץ ולהפחית קשירות של ענפים שאינם ממוקמים במקום טוב.

איור 1. עצי לימון בעיצוב אספלייה בגינת נוי

שימוש בחומרים הורמונליים להתעוררות ועיכוב צימוח קיימים בגידולי מטע ופרדס. במטעי נשירים משתמשים בתכשירים המעודדים חלוקת תאים וצימוח (ציטוקנין) או תכשירים הגורמים לחנק הפקעים (שמנים, אלזודף), כדי לעורר ולהביא לפריצתם. בפרדס משתמשים בתכשירי NAA למניעת פריצת פקעים באזורים לא רצויים (סורים, ענפי מים). בפרדס קיים שימוש רב בחומרי צמיחה ובחומרים הורמונליים, אך למטרות אחרות - שימוש בג׳יברלין להגברת חנטה וחיזוק קליפת הפרי ; תכשירי NAA לדילול פרי, למניעת קמטת ולמניעת פריצת סורים (״חזירים״).

החומרים, שאותם בדקנו במחקר זה, הם ג׳יברלין - הורמון המשרה אינדוקציה לגדילת תאים ; יוניקונזול - אנטגוניסט לג׳יברלין ; NAA - תצורה של ההורמון אוקסין, אשר במריחה מעכב פריצה של פקעים ; ציטוקנין - המשרה אינדוקציה לחלוקת תאים בשילוב עם ג׳יברלין.

את מחקר ניתן לחלק לשניים : החלק הראשון מתמקד בבחינת דרך לעיכוב פריצת פקעים, והחלק השני - בבחינת דרך להשראת אינדוקציה לפריצת פקעים, שתי פעולות הפוכות הנדרשות להכוונה לעיצוב מדויק של השתילים.

משתלת ״בילובמבו״ היא משתלה המתמחה בין היתר בעיצוב שתילי הדרים לנוי בצורת ״פלמטה״ (כאשר מהגזע האנכי יוצאים ענפים אופקיים לשני הצדדים ובקומות). במשתלה מעצבים את השתילים על ציר מרכזי, וממנו יוצאות 5 קומות : התחתונה בגובה של 50 ס״מ מפני הקרקע, וכל קומה נוספת גבוהה ב-40 ס״מ מקודמתה. עיצוב השתילים נעשה באמצעות קיטומים, כיפופים והדליית הזרועות בגבהים המתאימים. מרגע קבלת השתיל ועד מכירתו והוצאתו מהמשתלה חולפות 3-4 שנים, שבמהלכן השתיל מעוצב, נבנה ומתחזק.

בחלקו הראשון של המחקר זיהינו חומר פוטנציאלי לדיכוי פקעים (NAA) וחומר פוטנציאלי לעורר פקעי צימוח (ג׳יברלין + ציטוקנין).

בהמשך בחנו את השפעתם של שני החומרים הללו בכמה ריכוזים על פקעים רדומים בגזע.

איורים 1 ו-2: שתילי לימון במשתלת "בילובמבו" - מימין: שתיל מוכן לקראת העברתו ללקוח; משמאל: שתילים בוגרים בני שנתיים-שלוש הנתמכים על ידי מערכת כבלי הדליה במשתלה

מטרות המחקר

1. בחינת פעולתם של חומרי צמיחה, העשויים לעכב פריצת פקעי צימוח בהדרים.
2. בחינת פעולתם של חומרי צמיחה, העשויים להשרות אינדוקציה להתעוררות פקעי צימוח בהדרים.

שיטות וחומרים

המחקר בוצע על שתילי לימון צעירים (בני שנה בתחילת הניסוי). השתילים נרכשו ממשתלת "מאיר פרנק" בעין ורד. השתילים נשתלו במכל בנפח של 65 ליטר במצע פרלייט. הכוונת הצימוח לבניית הקומה הראשונה נעשה באמצעות קיטום מעל שלושת הפקעים הקרובים ביותר לחוט ההדליה הראשון.

איורים 3 ו-4: מימין: מערכת הניסוי הראשון; משמאל: שתיל צעיר במערכת הניסוי הראשון; ניתן לראות כי כבר מתחילת גידול השתיל הוא מעוצב לאספלייה על ידי הדליית הזרועות בכל קומה

יישום החומרים בוצע במריחה באמצעות מכחול. ריכוז החומרים נקבע לאחר היוועצות במדריכים ובחוקרים נוספים: שוקי קנוניץ' (מדריך הדרים), ד"ר יוסי גרינברג (מדריך הדרים), פרופ' יוסי ריוב (חוקר בתחום מדעי הצמח), ועל פי המלצת החברות.

הניסוי במועד הראשון:

מועד יישום החומרים: 22.3.22.
מבנה הניסוי היה בלוקים באקראי, כאשר כל שורה היוותה בלוק, 8 טיפולים, 6 חזרות לכל טיפול.

הטיפולים כללו שני היקשים – ביקורת משקית (המשך הטיפול הרגיל הניתן במשתלה) וביקורת בלתי מטופלת.

טבלה מס' 1: הטיפולים השונים במועד הניסוי הראשון

מס'	הטיפולים	תכשיר	ריכוז
1	ביקורת – ללא טיפול		
2	ביקורת משקית		
3	יוניקונזול	מאגנום (תפזול)	1%
4	1 NAA	אלפנול סופר (תפזול)	3%
5	2 NAA	אלפנול סופר (תפזול)	4.5%
6	ג'יברלין 1	ג'יברלון (גדות אגרו)	0.05%
7	גיברלין 2	ג'יברלון (גדות אגרו)	0.075%
8	ג'יברלין + ציטוקנין	סופרלון (גדות אגרו)	20%

יישום החומר למניעת פריצת הפקעים בוצע על גזע השתיל, שהוא האזור שבו נרצה למנוע פריצת עיניים.
יישום החומרים לעירור [המיועדים לעורר את הפקעים] הפקעים בוצע על הזרועות (לאחר גיזום הענפונים שקיימים עליהן), אזור שבו מעוניינים לעודד פריצות עיניים נוספות.

איור מס' 5: אזור הפיצול בשתיל צעיר - במועד הניסוי הראשון חומרי עיכוב הפקעים יושמו על הגזע וחומרי עידוד הפקעים יושמו על הזרועות

ספירת הניסוי בוצעה בתאריך 27.4.22. לאחר מכן בוצעה התערבות בטיפול בשתילים על ידי עובדי המשתלה, דבר שפגע באחידות הניסוי ומנע את המשך המעקב אחר התפתחות הפקעים.

הניסוי במועד השני

מועד יישום החומרים: 23.4.23.

מבנה הניסוי היה בלוקים באקראי, כאשר כל שורה היוותה בלוק, 6 טיפולים, 6 חזרות לכל טיפול.

הטיפולים כללו היקש אחד – ביקורת משקית (המשך הטיפול הרגיל הניתן במשתלה).

טבלה מס' 2: הטיפולים השונים במועד הניסוי השני

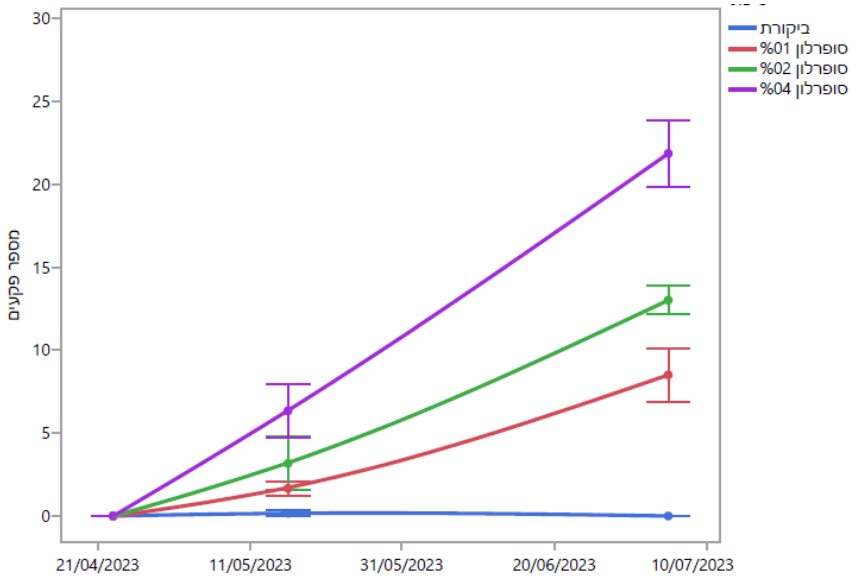
מס'	הטיפולים	תכשיר	ריכוז
1	ביקורת משקית		
2	1 NAA	אלפנול סופר (תפזול)	3%
3	2 NAA	אלפנול סופר (תפזול)	4.5%
4	ג'יברלין + ציטוקנין	סופרלון (גדות אגרו)	10%
5	ג'יברלין + ציטוקנין	סופרלון (גדות אגרו)	20%
6	ג'יברלין + ציטוקנין	סופרלון (גדות אגרו)	40%

יישום החומרים, הן למניעת פריצת הפקעים והן להשראת התעוררות, בוצע על גזע השתיל, משום שבאזור זה קל למנוע פעולות הקשורות לטיפול המשקי בשתילים.

בשנת הניסוי השנייה השתילים היו בעלי שלוש קומות לפחות, והחומרים יושמו על הגזע עד לגובה הקומה השלישית.

הטיפולים הושוו לטיפול הסטנדרטי, המשמש במשתלה - כיפוף הענף הראשי, כדי להפכו לענף צדדי ולהביא לפריצה של ענף ראשי חדש ושל ענפים צדדיים (על ידי שבירת השלטון הקודקודי).

ניתוח התוצאות בוצע באמצעות תוכנת JMP במבחן oneway ANOVA, Pv=0.05.



גרף מס' 1: תוצאות המועד השני בניסוי השראת התעוררות פקעי צימוח

התקבלו הבדלים מובהקים בין טיפולי הסופרלון לטיפול הביקורת. ככל שמינון הסופרלון היה גבוה יותר, כך גרם להתעוררות של מספר רב יותר של פקעים. כמו כן, ניתן לראות עלייה משמעותית במספר הפקעים המתעוררים בין המדידה הראשונה לשנייה.

דיון ומסקנות

במחקר זה בחנו דרכים חלופיות, פשוטות וזולות לעיצוב שתילי עצי הדר, מתוך מחשבה שלצורת השתיל ולעיצובו תועלות הן בפרדס המסחרי העתידי והן בנוי ובגינון.

מועד הניסוי הראשון

במועד הניסוי הראשון בחנו את החומרים ג׳יברלין - הורמון המשרה אינדוקציה לגדילת תאים; יוניקונזול - אנטגוניסט לג׳יברלין; NAA - תצורה של ההורמון אוקסין, אשר במריחה מעכב פריצה של פקעים; ציטוקנין - המשרה אינדוקציה לחלוקת תאים בשילוב ג׳יברלין.

ניסוי למניעה של פריצת פקעי הצימוח

בבחינת חומרים מעכבי התעוררות, מצאנו כי התקבל הבדל מובהק (טבלה מס׳ 4) בעיכוב התעוררות הפקעים בין הביקורות ובין טיפול ה-NAA בריכוז הגבוה. אף שביצענו רק ספירה אחת והמספרים היו נמוכים יחסית, נראה היה כי ל-NAA (אלפנול) פוטנציאל בעיכוב התעוררות, על כן בחרנו להמשיך ולבחון חומר זה בניסוי ההמשך.

ניסוי השראת אינדוקציה להתעוררות פקעי צימוח

כאשר בחנו חומרים מעודדי התעוררות, כששני טיפולי הביקורת (משקית וללא טיפול כלל) לא הוכנו כנדרש, הצמחים שהוגדרו כביקורת לא נגזמו בתחילת הניסוי, כפי שנגזמו השתילים האחרים. בעקבות כך, לא הייתה לנו ביקורת להשוואה ונאלצנו להתייחס אל הניסוי כאל תצפית הבוחנת את שלושת הטיפולים (סופרלון, ג׳יברלין 0.05% וג׳יברלין 0.075%) ומשווה ביניהם.
מתוך תצפית זו (טבלה מס׳ 5) נראה היה כי לסופרלון פוטנציאל גבוה מהג׳יברלין לעודד התעוררות של פקעים, על כן בחרנו להמשיך עם חומר זה למועד הניסוי השני.
במועד הניסוי הראשון לא בחנו את השפעת החומרים לאורך זמן, מאחר שזמן קצר לאחר ספירת הניסוי הראשונה, גזמו עובדי המשתלה את השתילים ופגעו בשוגג בתוצאות הניסוי. בעקבות זאת, הוחלט כי בניסוי ההמשך כל הטיפולים והבדיקות יבוצעו על גזע השתילים, וטיפול ההיקש יהיה הטיפול המשקי שאותו עוברים כל השתילים במשתלה. בדרך זו הסיכוי להתערבות, אשר תפגע באיכות הניסוי, היא פחותה.

מועד הניסוי השני

כדי לתת תוקף לתוצאות הראשוניות שקיבלנו בתצפית ובניסוי, הוחלט להמשיך בביצוע ניסוי נוסף וממוקד בחומרים שהראו היתכנות לעורר או לדכא פקעים.

ניסוי מניעת פריצת פקעי צימוח

בניסוי עיכוב פריצת פקעי הצימוח לא התקבל הבדל מובהק בין טיפול הביקורת לבין שני המינונים הנבדקים של תכשיר ה-NAA (אלפנול סופר).
תכשיר ה-NAA (אלפנול סופר) ידוע כגורם לדיכוי פקעים בשילוב ״לובן״ (תכשיר להלבנת הגזע). כפי שהוכח בניסוי שבוצע על ידי ד״ר יוסי גרינברג וחברת ״תפזול״, נמצא כי השילוב שלעיל הנמרח על הגזע מונע פריצה של סורים. על סמך ניסוי זה פותח חומר הנקרא ״קרן-אור״, אשר מיוצר על ידי חברת ״תפזול״. מאחר

שלנראות השתילים במשתלה יש חשיבות רבה, נמנעו מלשלב חומר הלבנה בניסוי שלנו, והשתמשנו במים לדילול התכשיר.
התקבלו מעט פריצות של פקעים לאחר השימוש בתכשיר, אך גם בביקורת התקבלו מעט פריצות או בכלל לא התקבלו. ההבדל לא היה מובהק, ולכן לא הצלחנו להוכיח את יעילות התכשיר כאשר הוא מדולל במים ולא בתכשיר הלבנה. ייתכן כי אם היינו ממשיכים לעקוב אחר השתילים, לתכשיר הייתה השפעה לטווח ארוך יותר.

ניסוי השראת אינדוקציה להתעוררות פקעי צימוח

בניסוי עירור הפקעים התמקדנו בתכשיר שהכיל ציטוקנין + ג׳יברלין (סופרלון). בחנו את השפעתו בשלושה מינונים: 20%, שהוא המינון המומלץ על ידי החברה המשווקת; מינון מופחת (10%); ומינון כפול (40%).
לתכשיר זה הייתה השפעה ברורה ומובהקת לעומת הביקורת, על התעוררות פקעי הצמיחה שעל הגזע. ראינו כי ככל שהמינון שבו השתמשנו היה גבוה יותר, כך מספר הפקעים שהתעוררו היה גבוה יותר (טבלה מס׳ 7, גרף מס׳ 1).
ספרנו את הפקעים שפרצו על גבי הגזע בשני מועדים: שלושה שבועות לאחר היישום, וכחודשיים לאחר היישום.
בספירה שלאחר שלושה שבועות, הפקעים שפרצו היו בגודל של כמ״מ ופחות מכך. שיערנו שבטווח הזמן שבין הספירות נמצא כי פקעים אלו יתארכו ויתפתחו. בספירה השנייה מצאנו פקעים נוספים שהתעוררו, אך כל הפקעים נותרו פחות או יותר בגודל של מ״מ ופחות מכך. נראה כי הצלחנו לגרום לאינדוקציה להתעוררות הפקעים, אך לא הצלחנו להביא לגדילתם ולהתפתחותם.

איורים 6 ו-7: פקעי הצימוח שהתעוררו – מימין: המצב ב-16.5.23, כשלושה שבועות לאחר יישום הסופרלון משמאל: המצב כפי שהיה בתאריך 5.7.23, יותר מחודשיים לאחר ישום הסופרלון;

יתכן כי לקבלת התוצאה הרצויה נדרש שימוש בתכשיר המביא לגדילה ולהתפתחות תאים, כגון ג׳יברלין (אולי במינונים גבוהים ממה שהשתמשנו בהם בניסוי הראשוני).
התוצאות שקיבלנו בניסוי זה הן תוצאות ראשוניות. מצאנו כי ניתן לעורר פקעי צימוח בשתילי הדרים באמצעות התכשיר ציטוקנין + ג׳יברלין (סופרלון), אך עוד לא מצאנו את הדרך לגרום לגדילתם.
חומרים הורמונליים משפיעים אחרת במינונים שונים ובעיתויים שונים. ניתן להניח כי חומרים מסוימים מתאימים לשימוש במטרה לעצב שתילים, אך דרושות בדיקות נוספות כדי לקבוע את המינונים הנדרשים ואת העיתוי הנכון לקבלת התוצאות הרצויות.
נכון לעכשיו לא מצאנו דרך יעילה וזולה יותר לעיצוב שתילי הדרים לצורכי משתלות נוי ולצורכי הפרדס, העדיפות על השיטות המסורתיות של קיטום והדליה. אנו סבורים כי קיים צורך במחקר נוסף ומעמיק הבוחן את החומרים שנבדקו במחקר זה וחומרי צמיחה נוספים, כדי שבחן לעומק את יכולות החומרים לעיצוב שתילי הדרים.

תודות

לצוות משתלת ״בילובמבו״ מכפר בילו״ו, שהקצו עבורנו מקום, הקימו את המערכת, סייעו בכל הנדרש ואפשרו את קיומו של המחקר.
לנווה הרצנו-גל – על שבעת שהותה של עינת בחופשת לידה, מילא את מקומה ביישום הניסוי, בבדיקות, בספירות ובקשר עם המשתלה.