



פרופ' משה בר יוסף

הקדמת ניבה בזריעי הדרים בשיטת חיגור חדשה

משה בר-יוסף / גמלאוטק, רחובות

מבוא

כחוקר שתחום עיסוקו בעבר היה וירולוגיה של עצי הדר, התרכז מחקר במציאת פתרונות למחלות הדרים ובעיקר למחלות נגיפים ודמויות נגי פים. תופעת היוביליות לא היוותה אתגר מקצועי מבחינתי, אף כי נחשפנו לאלמנטים מסוימים בתחום היוביליות בעת ניקוי חומר ריבוי מוגפים (בר יוסף, בהכנה). לאחר הניקוי התברר כי חלק מהזנים קוצניים מהרגיל ור גישים במיוחד לפיטופטורה, אפקט שיוחס בעיקר לתהליך הניקוי מווריר סים ווירואידים, המקנים עמידות נרכשת לגורמי מחלות פטרייתיים דוגמת הפיטופטורה והמאלסקו. עניין אחר שהרשימה קשורה בו הוא הקדמת הניבה באמצעות הרכבת זרעים על גבי כנות, שיטה שפותחה לפני כע שור (1, 2), בעיקר כאמצעי לבחינת הסיכויים וסיכויי ההעברה בזרעים של מחלות סיסטמיות דוגמת חיידקי הליבריבקטר, גורמי מחלת הגרינגו.

שיטות וחומרים

■ **איזולירנד לאיחוי הרכבות:** בעקבות סיור במשתלות הדרי הנוי בסיציליה התברר כי הם נוהגים שם בהרכבות ראש לעטוף את מקום החיבור בין הרכב לכנה בסרטי ויניל דביקים שחורים (איזולי רבנד). בעקבות מידע זה ערכנו בארץ ניסויים בסרטים דביקים שונים על מנת לאתר בהם כאלה המתאימים להרכבת הדרים. בעקבות הבדיקות בחלקת הניסוי התברר כי קליטת ההרכבות לאחר עיטוף



צילום: משה בר-יוסף

תקציר

חת הבעיות הקשות והמאתגרות בהשבחת עצי פרי ובפיתוח זני הדר חדשים מקורה ביוביליות (השלב הצעיר והלא פורה) הממושכת האופיינית לזרעים של עצי פרי רבים, כולל זני הדרים מסוימים. יוביליות של עצים המת פתחים מרביו מזרעים מאופיינת בהתפתחות ממושכת של הצימוח הווגטיבי, איחור ניכר בפריחה ובכניסה לניבה ומהווה צוואר בקבוק בתהליך ההשבחה. פרק זמן היוביליות של עצי הדר שונה בזנים שור נים. מוכרים זנים המתחילים לפרוח כבר לאחר שלוש עד חמש שנים, אך יש גם כמה זני תפוז ואשכולית בהם תקופת היוביליות מתארכת לכדי עשר שנים ויותר. מלבד הפריחה המאוחרת, לזרעים יוביליים קוצניות בולטת והם רגישים לפיטופטורה ולמחלות קרקע אחרות. תחום היוביליות נחקר רבות ברמה הבסיסית, כאשר בשנים האחרות נות מסתמנת מגמה להתייחס לתופעה כחלק מקומפלקס נשיאת הפרחים בעצים. תחום זה כולל הן את היוביליות והן תופעה לכאורה שונה לחלוטין, הסירגיות.

בתמונה למעלה: מוע שתיל מינאולה שחוגר ב-2011, תשעה חודשים לאחר הניסיעה בשטח. כשנה וחצי לאחר הרכבת הזרע על הכנה הופיעה פריחה



תמונה 1: עץ המינאולה שהורכב כורע בתחילת 2010 שופע פרי
כבר ב-2013



תמונה 2: עץ זריע של אשכולית סטאר-רובי בשנה שנייה לאחר החיגור
ושנה רביעית לאחר הרכבת הזרעים. הענף המרכזי שחוגר בעל עלים
קטנים אך מניב אשכול פירות

תמונה 3:
ענפי עץ אשכול
לית סטאר-רובי
מתמונה 2
שלא חוגרו לא
מוניבים, אך
מתמידים בצי
מוח הווגטיבי

הערה: חיגור ענפים
אופקיים של זריע
סטאר-רובי ממגר
בכרבע שנים
מהזריע שבתמונה
התמידו באי נשיאת
פירות למרות
הטיפול.



באיזולירבנד, הן האיטלקי והן המקומי, הייתה נוחה, טובה ולוותה בהופעת קאלוס בולט באזור הפצע.

■ **עידוד יצירת קאלוס בחיגורים רחבים:** בעקבות הממצא שתואר לעיל הוחלט לבחון השפעת שימוש ברצועות מסוג זה לעידוד קאלוס על פצעי חיגורים. לניסוי זה הייתה מטרה נוספת, לבחון אפשרות של המרת הקאלוס לרקמה ממוינת מתוך תקווה שניתן יהיה להיעזר בטכניקה זו להתמרה גר טית (טרנספורמציה, Transformation) של צמחי הדורים שלמים במקטעי גופים. הכוונה כאן היא קבלת עמידות טרנסגנית, בעזרתה ניתן יהיה לחסוך את עלויות ההתמרה בתרכיבות רקמה, תהליך שנדרשים לו תנאי גידול סטריילים במעבדה. מתוצאות הניסויים, שנערכו בשיתוף פעולה עם צוות מהמחלקה למטעים במרכז וולקני (3), התברר כי כיסוי פצעי חיגור בסרטי הרכבה סטנדרטיים שקופים מעודד ריפוי חלק ומהיר שלהם, בעוד שחיגור רים שכוסו בסרטי איזולירבנד יצרו שכבות קאלוס גדולות (2), עמוסות תאי פרוכמה, שבניגוד לצפיפות לא חזרו להתמין לרקמה יוצרת ניצנים.

הניסויים הללו, שכאמור היו מאכזבים מבחינת השגה של המטרה הראשונית, נערכו ב-11/10/2010 בתא גידול בבית דגן (3) ומ-2011, במקביל, בחלקת ניסוי פרטית בנחלת דוד, על קבוצת שתילים לאחר הרכבת זרעי הדורים על כנות שונות (2). במרוצת ינואר עד מרץ 2010 הורכבו הזרעים על כנות מקרופילה, וולקה וטרור בנות כשנה בתא גידול ובסוף קיץ 2010 הועברו לשתילה בפרדס הניסוי.

■ **טכניקת הרכבת הזרעים:** השיטה דומה בעיקרון להרכבה רגילה, אך במקום להיעזר בעיניים מויצני גבעול כרוכבים, בהרכבת הזרעים הרוכב הוא קטע זרע הכולל את הניצן ממנו אמור יהיה להתפתח הנבט. האיחוי מתבצע בין קטעי פסיג לבין פצע מכוון בכנה. לאחר קשירת הזרע (הרוכב) למקומו בכנה מופיע איחוי של רקמת הזרע ורקמת הכנה ופורץ שורשון, המתנוון לאחר זמן, וכן גבעול המתפתח לענף, בדומה לענפים המתפתחים לאחר הרכבת עין רגילה. יתרון השיטה בהתאמתה למטרות ייחודיות כמו בדיקת העברה של גורמי מחלות בזרעים וכן בגידול מהיר של זרעים מורכבים.

ניסויי החיגור בנחלת דוד

בחלק מהשתילים הוחל בחיגורים כשמונה חודשים לאחר הנטיעה, במחצית קיץ 2011. השתילים בפרדס התפתחו באופן נמרץ, בדומה לתוצאות הטיפול בתא הגידול. כפי שפורסם (3), טיפולי החיגור בשתילים ועיסופם באיזולירבנד עודדו יצירה של שפע קאלוס, אך לא את הקאלוס הרגורטיבי, המאופיין ביכולתו לגדל מחדש ניצני צימוח חדשים. החיגורים בהם התפתח הקאלוס הרחב גרמו בשתילים הצעירים לעיכוב מסוים בהתפתחות הענפים המרכזיים המחוגרים, וכן להתפרצות חזקה של צימוח צעיר מתחת לשכבת הקאלוס החדשה.

■ **קיצור השלב היובילי והקדמת הפריחה וההנבה:** באביב 2012, שרתיים לאחר שהזרעים הורכבו על הכנות השונות וכשנה וחצי לאחר הנטיעה

הערה:

תופעת העפץ הבלתי מתמין

בהנדסה גנטית מדביקים קטעי צמחים בחידק גורם עפצים, שלאחר זמן חוזר ומתמין לקטעי גבעול. העפצים שהתקבלו מהקאלוס בניסוי זה מייגנו להתמין, נותרו כעפצים ולא הפכו לקטעי גבעול.

מקראיים ייזכר במקורו של איסור הערלה, בחשיבות עיון עצי פרי צעירים לאחר השתילה, בהקפדה על הסרת הפרי, הבטחת הצימוח וההשתרשות הטובה. מצב פיזיולוגי זה היה ודאי חשוב לגידול עצי פרי בתנאי הבעל שהיו מקובלים בחקלאות הארץ בתקופת המקרא.

בשנים האחרונות תווגר המחקר בתחום היוביליות תוך ניצול מידע רב שהתקבל מעבודות שעסקו בגישות מולקולריות וגנטיות שונות. באופן מפתיע, עבודות אלו עסקו ברובן בצמח עשבוני ממשפחת המצליבים, הארדיופסיס (*Arabidopsis thaliana*), בעברית תודר-נית לבנה. במערכת מודל זו נמצא לראשונה גן שתוצרתו היא חלבון מעודד פריחה (FT - Flowering locus T) ובהשוואת רצפים בהדרים נמצא גן דומה שכינויו GIFT. ביטוי של גן זה בצמחים מותמרים גנטית תרם להקדמה משמעותית בפריחה בצמחים הטרוגניים.

עוד יצוין, כי למרות שהמידע הרב שהצטבר בנוגע למנגנון הבסיסי, המכתיב את המעבר ממהלך הצימוח הרגיל של גבעולים ועלים ליצירת אברונים מורכבים כפרחים ופירות, עדיין קיימים פרטים רבים בתהליך זה המצריך, מלבד הטריגור להתחלתו, גם שורה של חלבונים ומשרים מולקולריים שטרם ידועים די צרכם. יתרה מכך, מלבד המינגונוס, תהליך הפריחה בהדרים מושרה ותלוי-טמפרטורה, כאשר במנדרינה סטטומה הוכח כי ההשראה תלויה בטמפרטורה סתוית ומוכח. בסקר מקיף (4) שעסק בהשפעות חיוגרים על עצי פרי ציטו המחברים דיווחים שונים על הקדמת הפריחה והפסקת היוביליות בגידולים שונים כולל הדרים. המעניין הוא שהקדמת הפריחה בדיווחים אלה הופיעה בשתילים מבוגרים בני שבע, בעוד שבניסויים שתוארו ברשימה זו שלנו נראתה פריחה טובה כבר בשנה השלישית להרכבת הזריע.

סוגיה מעניינת הראויה למחקר מעמיק היא תרומת הקאלוס המיוחד שהתקבל בחיוגרים בהם הוסרה קליפה ברוחב 0.5 ס"מ והפצעים נעטפו באיזולירבנד. ברשימה שפורסמה כאן בעבר (3) הקאלוס הרב שכבתי שנוצר לאחר טיפולי החיגור והעיטוף שונה מבחינה מורפולוגית מקאלוס המופיע לאחר עיטוף בסרט הרכבה רגיל. נדרש כנראה זמן ממושך יותר לשינויים שיביאו לרגנרציה של רקמת הובלה פעילה יעילה באזור החיגור. לא ידוע על תנועה או סינתיזה של הורמונים ברקמה הבלתי ממוינת המצטברת בחיוגרים העטופים, וייתכן כי יש במירכיבים מסוימים של הקאלוס הייחודי הזה כדי לגרום לחלקי הצמח האפיקליים (קודקודיים) למקום החיגור לעבור שינוי פיזיולוגי לפזה חדשה המלווה בפריחה.

הניסוי שבא להתחקות אחר מרכיבי החיגור בשבירת היוביליות היה מוגבל בהיקפו, כך שלא ניתן היה לקבוע מה מבין השינויים הרבים שהתחוללו בעקבות החיגור הרחב, כמו גם העיטוף ברצועה הדביקה, היו דומיננטיים בשבירת היוביליות. החיגור בשיטה שמתוארת כאן לווה ברוב מיני ההדרים שנבדקו בסימפטומים ברורים של הצהבה והקטנת עלים, כאשר בתגובות אלו נמצאו הבדלים בולטים בין זנים שונים. המנדרינות נראו סובלות, בעוד שהמינאולה פחות וכך גם הפומלות, האשכוליות ותפוז הוולנסיה. עם זאת, שנה וחצי לאחר פעולת החיגור נראתה בוולנסיה שבירת הענף המחוגר. ענף זה, נושא הפירות, היה לאחר החיגור דק וכבד יחסית לענפים שצמחו מנקודת החיגור אך לא חוגרו ולא נשאו פירות.

בשטח, הופיעה פריחה על ארבעה מתוך 12 שתילי הקליף מינאולה שבחלקה. חלק מהפרחים חנטו והתפתחו לפירות. מספר הפירות היה מצומצם, אך הבדלים שהבשילו על כל אחד מהעצים הפורחים היו טיפוסיים לזן בצורה ובצבע הקליפה.

בבדיקת העצים הפורחים התברר כי כל הענפים שהקדימו לפרוח טיפלו כתשעה חודשים קודם לכן בחיגור - סילוק כמחצית הס"מ מקליפת הענף ועטיפת המקום באיזולירבנד ליצירת קאלוס (תמונה פותחת ותמונה 1). מתוצאה חלקית זו ניתן היה להסיק כי הקיצור הבלתי של תקופת היוביליות בעצים אלה היה קשור כנראה לחיגור, או לתופעת העפץ הבלתי מתמין (ראה הערה) שהתפתח בחיוגרים אלה.

■ **הרכבת טיפולי החיגור ועידוד הקאלוס לזני זריעים אחרים:** בעקבות תוצאות ראשוניות אלו הורחב ניסוי החיגור לזריעים מורכבים של זני הדר נוספים שגדלו בחלקת הניסוי. ברוב הזנים שנבדקו נמצא שהענפים המחוגרים הקדימו לפרוח ולהניב בשנתיים לפחות לעומת ענפים על אותם עצים שלא חוגרו. בזריעים זנים מסוימים, דוגמת פומלו ומנדרינה נור, הניבו הענפים המחוגרים בהצהבה חריפה שהתמדיה שנתיים ואף שלוש לאחר מועד החיגור. בענפים שסבלו מהצהבה נראתה פריחה רבה ונשירת פרי, נותרו פירות (באם לא נגנבו) להערכה איכותית ראשונית. פריחה מוקדמת לאחר חיגור ויצירת קאלוס נמצאה מלבד במינאולה גם באשכולית סטאר-רובי (תמונה 2), באשכולית לבנה, בפומלו, במנדרינה נור ובזני התפוז ולנסיה וטריטה. טיפול דומה בתפוז שמוטי הניב מעט פירות על אחד מתוך שני העצים שנבדקו. בסטאר-רובי התברר כי למיקום הענפים המחוגרים השפעה על הופעת הפריחה: חיגור של ענפים שמוטים לצדדים לא הניב פירות או הניב פירות בודדים, ואילו חיגור של ענפים מרכזיים וקופים הניב אשכול של פירות, אף כי העלווה הראתה סימני נזק כולל הצהבה, וכן עלים ופירות קטנים מהרגיל.

בכניסה לניבה של הענפים המחוגרים ואלה שלא חוגרו נרשמו הבדלים של שנתיים-שלוש באשכוליות, בתפוז ולנסיה ובפומלו. במנדרינה נור בלטה הקדמת ניבה של הענף המחוגר בכשנתיים לפחות.

סיכום ומסקנות

היקפי הניסויים היו מצומצמים עקב מספרם המועט של העצים מכל אחד מהזנים שגדלו בטכניקה ייחודית של הרכבת זריעים. יצוין כי המינאולה הראשונית של גדול שתילים אלה הייתה לבחון את התפתחות הזריעים המורכבים. בהמשך שולב בניסוי טיפול שבדק את אפשרות השימוש בטכניקה חדשה ליצירת קאלוס, לקבלת רקמה מותאמת התמרה גנטית. כאמור, הניסוי הראשון עלה יפה ושיתילי הזריעים התפתחו בצורה נמרצת. באופן מפתיע התברר כי בשיתילי מינאולה שחוגרו לפיתוח טכניקת ההתמרה תרם החיגור להופעת קאלוס בולט שבעקבותיו פסקה היוביליות והחלה פריחה מוקדמת, כשנתיים לאחר הרכבת הזריעים. יצוין כי בשיטות ההשבחה המקובלות זה המועד בו שיתילי המכלוא נשתלים בפרדס.

היוביליות היא תופעה מוכרת בצמחים רבים ונחשבת גורם מרכזי בהאטת הליך הטיפוח של הדרים ועצי פרי אחרים. היתרון האבולוציוני של התופעה מתבטא כנראה במניעת פריחה מוקדמת ומעבר מוטמעים מהפזה הווגטיבית לפרודוקטיבית. מי שיחפש הקשרים

וניתן להמליץ עליה למטרת ריבוי והשבחה כשיטה פשוטה, מהירה ונוחה למימוש. חסרים אמנם ותווים שונים לגבי השפעת הטכניקה על זנים שלא נבחנו, כמו גם לגבי המועד הראשוני בו ניתן כבר להפעילה, אך כללית השיטה הורצה ומצאה מתאימה לזרז פריחת זרעים בתנאי מקומיים. כן חסר מידע לגבי מרכיבי החי' גור שגרמו למעבר מוקדם לפריחה, כולל השפעת הקאלוס הבלתי ממוין, מועד אופטימלי לביצוע ועוד. עוד ראוי לציין, כי למרות הפתרון הפרקטי אמפירי שמציעה שיטה זו אין בה כדי להסיר את הצורך בהמשך התמיכה במחקר הבסיסי בנושא הפריחה.

תודות

תודת המחבר לד"ר שמואל זילכה, אריה רוטמן ויוסי יניב עבור הסיוע בהכנת השתילים הזרעים. תודות לפרופ' אליעזר גולדשמידט ופרופ' אמנון ארז על הערותיהם המועילות.

רשימת ספרות

1. Bar-Joseph M., Robertson C., Hilf M.E., Dawson W.O. (2011): A novel method for citrus propagation: Seed Grafting. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 86: 616-618.
2. בר-יוסף מ., רוטבאום א., יניב י., רוברטסון ס., דווסון ו. (2013): הרכבת זרעים בשיטה חדשה ושימושית. 'עלון הנוטע' 67(5): 54-58.
3. בר-יוסף מ., שלום ל., צדקה א., רוטבאום א., זילכה ש., יניב י., צמח ה., רז' ברטסון ס., דווסון ו. (2013): השפעת סרטי כיסוי על ריפוי פצעי חיזור. 'עלון הנוטע' 67(7): 50-52, 56.
4. Goren M., Huberman E.E. (2010): Goldschmidt Girdling: Physiological and Horticultural Aspects in Jules Janick Editor Horticultural Reviews, Volume 30 DOI: 10.1002/9780470650837. ch16.
5. Fumie N. (2013): Regulation of Floral Induction in Citrus. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 82: 283-292.
6. Karelia V., Aguerro J., Vives M.C., Aleza P., Pina J.A., Moreno P., Navarro L., Guerri J. (2016): Precocious flowering of juvenile citrus induced by a viral vector based on Citrus leaf blotch virus: a new tool for genetics and breeding. Plant Biotechno 14: 1976-1985. ■

מאידך, בשתילי תפוזים ואשכוליות מתרבות רקמה, שהודבקו באופן טבעי בגזרם מחלת שיפה המעוררת נזקי עלווה דומים לאלה של החיזור המיוחד שהוצג כאן, לא הופיעו ניצני פריחה והם נותרו קטנים וחלשים. נראה אם כן, כי אפקט הפריחה ושכירת היוביליות במקרה זה אינו קשור ישירות לנזקי ההרעבה בחי' מרים מוטמעים בעקבות הפגיעה בשיפת העץ.

סוגיה מעניינת היא האם שכירת היוביליות והקדמת הפריחה מתרחשת רק בענפים שזעזעו את טיפולי החיזור. ובכן, מסתבר שלא רק: במקרה יחיד שנבדק בשלב זה נמצא כי ענף ולנסיה שהקדים להצמיח פירות התמיד בתכונה זו גם לאחר שרכב מבסיס הפרי הורכב על זרע חדש.

בעבר נרשמו הצלחות מרשימות בהקדמת פריחה באמצעות שתילת גזר האר' פידופסיס והגן המקביל בהדרים בנבטים צעירים, בעקבותיה התקבלו צמחי' נים שפרחו עוד במבחנו. לשיטה זו כמה חסרונות:

1. יש צורך לבצע שינויים גנטיים באוכלוסיות גדולות של זרעים;
 2. בעקבות תהליך ההתמרה נוצרו בעיות שהתבטאו לעתים בגידול ופריחה לא מבוקרים, כאשר הגן לפריחה בוטא באופן מתמיד בצמח המהונדס;
 3. בעיות כלליות הנובעות משימוש המסחרי בצמחים מהונדסים. שיטות אחרות שנוסו לאחרונה כוללות ניצול גנפי הדרים מהונדסים להעברת הגן לזרעים רבים באמצעות הדבקה בגוף בלתי אלים. גוף זה נפוץ בצמחי קור מקוואט מהזן גומי, שהונדס על ידי קבוצה ספרדית לשמש כווקטור לנשיאת הגן להקדמת הפריחה. התברר כי הדבקה זרעים בגוף מהונדס זה עוררה כבר לאחר ארבעה חודשים פריחה בצמחים המטופלים. הצמחים המודבקים פרחו באופן מתמשך במקביל לכל גל חדש של בלוט (6).
- לאחרונה דווחה עבודה דומה (דווסון, ידע אישי) שנעשתה עם וקטור של גוף הטריסטוזה. הנחת העבודה של החוקרים הייתה כי ניתן יהיה לסלק את הגורם המדביק באמצעות ניקוי בהרכבת אמירים, והפריחה תמשיך בסדר המוכתב בהשראה הטבעית.

יצוין כי תחום הקדמת הפריחה בהדרים זכה למימון תקציבי במשך שנים, בעיקר בשל הנוחיות לקצר את התקופה הממושכת של עבודת ההשבחה. בארץ נערכו בעבר ניסיונות לקצר את תקופת היוביליות בזני קליפים באמצעות גידול צמחים לגובה וכיפוף ענפים, פעולה שנמשכה זמן רב, חייבה עבודה רבה ולימים התברר כי הצלחתה הפרקטית הייתה מוגבלת (ידע אישי). הטכניקה המוצעת בניסוי שלפניו נבחנה בהיקפים מצומצמים יחסית, אך נמצאה בעלת אפקט ברור בזנים רבים

מקבלים הזמנות לכל הנשירים
תפוז, אגס, אפרסק ונקטרינה, שקד,
משמש, שזיף ודובדבן.
איתמר 050-5444322
Tesler.nov@gmail.com



משווקים מורשים לזני סטאר-פרוטס החדשים

אורין

נקטרינה צהובה, קליפה אדומה כהה עם כיסוי 85%.
הפרי מוצק וטעים. מבשילה במחצית השניה של יולי,
מומלצת לגובה 400 ומעלה.