

# ברירה של טיפוסים עמידים ליובש של ברוש מצוי ושיפור שיטת הריבוי הווגטטיבי באמצעות השרשת ייחורים כדי לאפשר שימוש בטיפוסים הנבחרים לנטיעות יערניות

יוסי ריוב \* | הדס רגב | משה הוברמן

המכון למדעי הצמח וגנטיקה בחקלאות, הפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות  
joseph.riov@mail.huji.ac.il \*

## תקציר

בארצות הים תיכון ובארץ. מחקרים אלה הניבו תוצאות סותרות בתחומים שונים, אולם אפשרו לבסס כמה היבטים של שיטת ההשרשה של ברוש מצוי. במחקר הנוכחי נבחנו רק מספר היבטים שנדרשו לפיתוח שיטת השרשה יעילה כדי לאפשר גידול שתילים לנטיעות יערניות: סוג הייחור הנדרש לקבלת שתילים איכותיים, עונת ההשרשה ומועד הטיפול באוקסין לעידוד השתרשות. נמצא, שייחורים בעלי בסיס מעוצה למחצה, שהם גם ארוכים יחסית, מתפתחים בקצב מהיר בתנאי משתלה בהשוואה לייחורים רכים בדרגות שונות. אי לכך, ניתן לקבל שתילים מתאימים לנטיעה בתקופת גידול קצרה יחסית, המאפשרת שמירה על איכותם. בניגוד לתוצאות שהתקבלו במחקרים שנערכו באיטליה וביוון, נמצא במחקר הנוכחי שהשרשה בקיץ עדיפה על השרשה בחורף. דחיית הטיפול באוקסין כחודש לאחר תחילת ההשרשה הקטינה את שיעור הפגיעה בייחורים בעקבות התנוונות בסיסם, ובכך הפחיתה את הפגיעה באיכותם. נוסף על כך, הדחייה בטיפול באוקסין הגדילה את שיעור ההשתרשות של הייחורים, בעיקר כשהשרשה נעשתה בפלגים. על בסיס הידע הקודם בנושא ההשרשה של ברוש מצוי ותוצאות המחקר הנוכחי, מוצעת שיטת השרשה משופרת. שיטה זו כבר הניבה תוצאות חיוביות בהשרשה של טיפוסים שונים של ברוש מצוי.

בעקבות שנות בצורת חוזרות שפקדו את הארץ בעשרים השנים הראשונות של המאה הנוכחית, חלה במרבית האזורים בארץ תמותה רחבת היקף של ברוש מצוי, שניטע לגיוון יערות האורן. המחקר הנוכחי התמקד בשני נושאים: פיתוח טיפוסים עמידים ליובש של ברוש מצוי ושיפור שיטת ההשרשה של הקלונים הנבחרים כדי לאפשר גידול שתילים לנטיעות יערניות. הברירה של טיפוסים עמידים ליובש התבססה בעיקר על עצים ששרדו בחלקה נטועה גדולה ביער יתיר, שמרבית העצים בה נכחדו לאחר מספר שנות בצורת חוזרות. בשלב הראשון של המחקר הוקמו שתי חלקות של עצי אם כמקור לייחורים שנדרשו לביצוע המחקר. בחינת העמידות ליובש של שתילים של הקלונים הנבחרים נעשתה באמצעות מערכת ליזימטרים ניסויית ונטיעה של חלקות מבחן בשטח. שתילים של מספר קלונים נבחרים, שנבחנו במערכת הליזימטרים בהשוואה לשתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל, הראו יכולת לשמור על מאזן מים משופר יחסית במהלך תקופת ההצמאה באמצעות ויסות רמת הדיות, שהתבטא בשיעור הישרדות גבוה יחסית או בהתייבשות מועטה יחסית של ענפים בתום ההצמאה. חלקת מבחן שניטעה ביער יתיר ניזוקה קשה ולא שרדה. חלקת מבחן שנייה ניטעה באתר בנגב הצפוני, ממזרח לקיבוץ גת. שיעור הקליטה של הקלונים הנבחרים בחלקה זו היה 100%, וחזותית הם מתפתחים בקצב מהיר יחסית בהשוואה לשתילים של ברוש מצוי ממקורות זרעים שונים שניטעו בעבר באתר הזה. תוצאות הניסויים במערכת הליזימטרים והתוצאות הראשוניות שהתקבלו מחלקת המבחן, רומזות שהקלונים הנבחרים אכן עמידים ליובש. מחקרים לפיתוח שיטת השרשה של ברוש מצוי נערכו בעבר

## מילות מפתח

גידול שתילים, השבחה, שינוי האקלים

## מבוא

ידי סגירת הפיוניות. תוצאות חיוביות במערכת הזו תומכות באפשרות שלצמחים שנבחרו אכן יש עמידות ליובש. עם זאת, יש לציין שישנם מנגנונים שונים לעמידות ליובש, כך שגם צמחים שמראים תכונות אנאיזוהידריות יכולים להיות עמידים ליובש. נטיעת חלקות מבחן היא אמצעי הכרחי לבחינת העמידות ליובש לפני קבלת החלטה לגבי שימוש בקלונים הנבחרים לנטיעות יערניות.

שימוש בקלונים שהוכחו כעמידים ליובש, מחייב שיטת ריבוי שתשמר את התכונות הגנטיות שלהם. ניצול מרבי של תכונות גנטיות רצויות יכול להיעשות בשתי דרכים: א. הקמת מטעי אם לזרעים המבוססים על ריבוי וגטטיבי של הורים נבחרים, שבאמצעות הכלאות מבוקרות ביניהם הוכח ששיעור גבוה של הצאצאים המתקבלים מראה את התכונה המבוקשת; ב. גידול שתילים באמצעות ריבוי וגטטיבי על ידי השרשת ייחורים או תרביות רקמה. השיטה השנייה נראית ישימה יותר לתנאים בישראל, לפחות בתקופה הקרובה.

מחקרים על השתרשות ייחורים של ברוש מצוי נעשו בעיקר ביוון ובאיטליה וכן בישראל. נבחנו בהם גורמים שונים הידועים כבעלי השפעה על כושר ההשתרשות של ייחורים: א. הגורם הגנטי – בכל המחקרים שנבחנו בהם ההשתרשות של קלונים שונים, הרקע הגנטי של צמחי האם נמצא כגורם החשוב ביותר שהשפיע על ההשתרשות (Capuana and Lambardi, 1995; Stankova and Panetsos, 1997; Campuana et al., 2000) – כושר ההשתרשות מושפע בדרך כלל מהשלב ההתפתחותי של צמחי האם, והוא גבוה בשלב היובנלי ונמוך או אפסי בשלב הבוגר (Hartmann et al., 2014). בנושא זה קיימים בספרות דיווחים סותרים לגבי ברוש מצוי. אין מידע לגבי משך היובנליות בברוש מצוי, ולכן לא ניתן לקבוע את השלב ההתפתחותי של הייחורים שנבחנו במחקרים השונים. שמלה (1986) מצאה ירידה בכושר ההשתרשות עם העלייה בגיל של עצי האם, אולם בבחינה של כושר ההשתרשות של ייחורים שנלקחו מגבהים שונים של עצים בני ארבע שנים, נמצאה עלייה בשיעור ההשתרשות ובמספר השורשים לייחור עם העלייה בגובה העץ. בניגוד לכך, Capuana and Lambardi (1995) מצאו שיעור השתרשות גבוה יותר בייחורים שנלקחו מהשליש התחתון של עצים בני 14 שנים, בהשוואה לזה שהתקבל בייחורים שנלקחו מהשליש העליון של אותם עצים. Stankova and Panetsos (1997) בדקו את שיעור ההשתרשות של ייחורים שנלקחו מעצים גזומים, פעולה שאמורה לשמר את היובנליות, ומעצים לא גזומים בני ארבע שנים. במחקרם נמצא, שהייחורים מהעצים הלא גזומים השתרשו בשיעור גבוה יותר מאלה שנלקחו מהעצים הגזומים. לעומת זאת, שמלה (1986) לא מצאה הבדל בשיעור ההשתרשות של ייחורים שנלקחו משתילים גזומים ולא גזומים בני שנתיים; ג. עונת ההשרשה – גם לגבי גורם זה

ברוש מצוי (*Cupressus sempervirens*) הוא אחד המינים המקומיים החשובים המשמש לנטיעות יערניות באזורים שונים בארץ. המין הזה ניטע בחלקות נפרדות או בחלקות משולבות עם אורן ירושלים (*Pinus halepensis*) ואורן ברטיה (*Pinus brutia*) למטרת גיוון היערות. המחזוריים התכופים של שנות בצורת מתחילת המאה הנוכחית גרמו לתמותה רחבת היקף של ברוש מצוי, שנצפתה לראשונה ביערות הדרום, ומאוחר יותר גם באזור הים תיכוני. נתונים על אירועי התמותה של ברוש מצוי ביערות באזורים שונים בארץ ועל הגורמים לתמותה, בעיקר עקת יובש, פורסמו לאחרונה (Klein et al., 2019). בשל תופעה זו קטן מאוד היקף הנטיעות החדשות של המין הזה. אין ספק שהגורם העיקרי לתמותה של ברוש מצוי ושל מיני עצי יער אחרים בתקופה האחרונה הוא עקת יובש שנבעה משנות הבצורת. פיתוח טיפוסים עמידים ליובש מקובל כפתרון היעיל ביותר להתגבר על האיום של שינוי האקלים על קיום היערות.

פיתוח טיפוסים עמידים ליובש יכול להיעשות על ידי הכלאות או על ידי ברירה של טיפוסים ששרדו בחלקות שמרבית העצים נכחדו בהן. הגישה השנייה נראית רלוונטית יותר לישראל מבחינה היכולת המעשית לביצוע ההשבחה, לפחות בתקופה הקרובה. ביערות הדרום נותר בחלקות מסוימות מספר קטן של עצי ברוש מצוי, שנראים חיוניים מאוד ויכולים להוות בסיס לסלקציה של טיפוסים עמידים ליובש. לפני השימוש בטיפוסים הללו לנטיעות יערניות יש להוכיח שתכונת העמידות ליובש שלהם גנטית, כלומר שאינה תולדה של תנאי השטח. ההוכחה שתכונת העמידות אכן גנטית, יכולה להיעשות על ידי בדיקות במעבדה או הקמת חלקות מבחן. בספרות מצוינים מספר מנגנונים לעמידות בפני עקת יובש (Larcher, 1995; Takahashi et al., 2020), שניתנים לבחינה במעבדה. אחד מהמנגנונים האלו הוא הימנעות מעקת יובש, שיכולה להתבצע באמצעות הגברת קליטת המים או באמצעות הקטנת איבוד המים על ידי סגירת הפיוניות (Rog et al., 2021). מבחינת האפשרות של סגירת הפיוניות בתגובה לעקת יובש מבחינים בשני סוגי צמחים: 1. צמחים איזוהידריים השומרים על פוטנציאל מים קבוע בעצה באמצעות סגירת הפיוניות בשלב מוקדם של עקת היובש, תכונה המקנה להם עמידות גבוהה יחסית לעקה זו; 2. צמחים אנאיזוהידריים שאינם מסוגלים לווסת את תנועת הפיוניות, ובתנאים של עקת יובש יש ירידה משמעותית בפוטנציאל המים בעצה, שגורמת לתופעות כמו אמבולזים, המסכנות את קיום הצמח (Roman et al., 2015). בפקולטה לחקלאות פותחה מערכת ליזימטרים ניסויית, המאפשרת לעקוב אחר מאזן המים של שתילים במהלך הצמאה ולקבוע אם לשתילים הנבחרים יש יכולת לשמור על פוטנציאל מים קבוע במהלך החשיפה לעקת יובש על

שיעור ההשתרשות של ברוש מצוי. אחסון ייחורים לפני ההשרשה ב-4 מעלות צלזיוס במשך ארבעה שבועות הגדיל משמעותית את שיעור ההשתרשות ואת מספר השורשים לייחור (Capuana and Lambardi, 1995). בכל המחקרים שבחנו השרשה של ברוש מצוי, טיפול בייחורים באוקסין IBA (אינדול-3-חומצה בוטירית) בהטבלה בתמיסה או באבקת טלק שיפר מאוד את כושר ההשתרשות, ללא הבדל משמעותי בין שני הטיפולים. בדרך כלל מקובל להשתמש להשרשה של ברוש מצוי ב-IBA בריכוז של 0.5–0.6% באבקת טלק. חימום המצע במהלך ההשרשה ל-23–25 מעלות נמצא כהכרחי להשרשה של ברוש מצוי. במחקרים שנעשו ביוון ובאיטליה נבחן בדרך כלל מצע פרלייט או מצע של כבול ופרלייט (50:50, נפח/נפח) בישראל נמצא, שלמצע על בסיס ורמיקוליט יש יתרון על המצעים הללו (שמלה, 1986). בכל המחקרים שהוזכרו לעיל, משטר ההרטבה נעשה באמצעות התזה, שתדירותה שונתה בהתאם לעונות השנה. מקובל להקפיד על הרטבה מתמדת של הייחורים, ובהתאם לכך לווסת את תדירות ההתזה (Capuana et al., 2000).

ישנם דיווחים סותרים בספרות. שמלה (1986) מצאה שיעור ההשתרשות גבוה בעונות שונות, עם יתרון מסוים להשרשה בחורף. לעומת זאת, Capuana ו-Lambardi (1995) דיווחו על שיעור ההשתרשות גבוה יחסית בחורף ובאביב, ועל היעדר כמעט מוחלט של ההשתרשות בקיץ ובסתיו. בניגוד לממצאים אלה, Stankova ו-Panetsos (1997) מצאו אומנם שיעור ההשתרשות גבוה יחסית בחורף, אולם באביב הייתה ירידה גדולה בשיעור ההשתרשות; ד. טיב הייחור – בברושים נעשה שימוש בייחורים אמיריים בלבד. במחקרים שנערכו ביוון ובאיטליה צוין שנעשה שימוש בייחורים אמיריים רכים באורך 10–12 ס"מ. שמלה (1986) מצאה, שייחורים מעוצים למחצה שנלקחו מהקודקוד של ענפים צדדיים ראשיים וסווגו כייחורים מדרגה 1, השרשו בשיעור גבוה מזה של ייחורים דומים שנלקחו מענפים צדדיים משניים של ענפים צדדיים ראשיים וסווגו כייחורים מדרגה 2 (איור 1). כמו כן, נמצא שייחורים מעוצים למחצה השרשו בשיעור גבוה מזה של ייחורים רכים מאותה דרגה. קבוצות המחקר שהוזכרו לעיל בחנו גם את ההשפעה של טיפולים בייחורים לפני ההשרשה ועל תנאי ההשרשה על

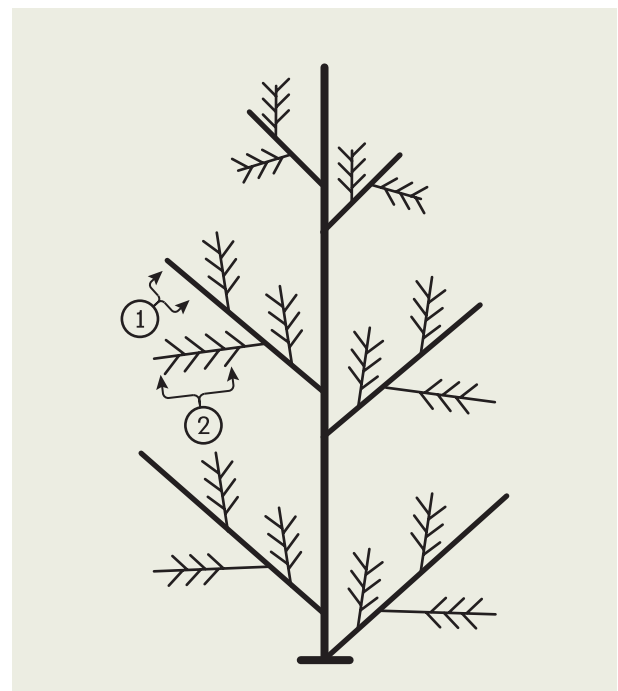
## שיטות

### ברירה של טיפוסים עמידים ליובש

בשלב הראשון של המחקר נבחרו בשנת 2011 שמונה עצים של ברוש מצוי, חלקם צריפיים וחלקם אופקיים, ששרדו שתי תקופות בצורת מראשית המאה הנוכחית, ובלטו בחיוניותם (איור 2). העצים מצויים בחלקה גדולה של ברוש מצוי ביער יתיר, שכמעט כל העצים שניטעו בה לא שרדו. כל העצים שסווגו כעמידים ליובש, להוציא את הקלון יתיר 6 שהתייבש לפני מספר שנים, נראים חיוניים גם כיום. בשנת 2013 נבחרו שני קלונים נוספים שבלטו בגודלם ובחיוניותם, האחד ביער רמות בצפון באר שבע (ברוש צריפי) והשני ביער דודאים ממערב ליישוב להבים (ברוש אופקי). מכל העצים שסווגו כעמידים ליובש נלקחו ייחורים להכנת שתילים, ששימשו לניסויים לבחינת העמידות ליובש ולנטיעה של שתי חלקות של עצי אם, האחת במרכז וולקני והשנייה בגילת. הייחורים לניסויי ההשרשה המתוארים להלן נלקחו מחלקת עצי האם במרכז וולקני. החלקה הושקתה באופן סדיר במהלך הקיץ.

### השרשת ייחורים

אם לא צוין אחרת, נלקחו להשרשה ייחורים מדרגה 2 (איור 1) בעלי בסיס מעוצה למחצה בעונת הקיץ. הייחורים טופלו ב-0.6% IBA באבקת טלק בעת ההשרשה וכחודש לאחריה או כחודש לאחר ההשרשה בלבד. הטיפול ב-IBA כחודש לאחר ההשרשה נעשה לאחר חידוש החתך בבסיס הייחור או סילוק הרקמה הפגועה. הייחורים הושרשו במצע



איור 1

### סכמה של מבנה שתיל/עץ של ברוש מצוי, עם ציון מקור הייחורים להשרשה

הסכמה משקפת גם ברוש צריפי וגם ברוש אופקי, הנבדלים בעיקר באורך הענפים הצדדיים הראשיים. 1. קודקוד של ענף צדדי ראשי – ייחור מדרגה 1; 2. ענף צדדי משני של ענף צדדי ראשי – ייחור מדרגה 2. הענפים הצדדיים המשניים הם בדרגות התעצות שונות: רכים מאוד, רכים ובעלי בסיס מעוצה למחצה.

באופן סדיר במשך 10 ימים, ולאחר מכן הופסקה ההשקיה לחלוטין למשך 24 ימים, וחודשה בתום התקופה הזו. נערך מעקב אחר מאזן המים של השתילים במהלך ההצמאה ובסיומה, וכשבועיים לאחר חידוש ההשקיה נקבע שיעור התמותה של השתילים. הניסוי שתואר לעיל נערך באמצע עונת הקיץ. ניסוי דומה נערך בסוף עונת הקיץ, ונבדקה בו באופן חזותי רק מידת הפגיעה בשתילים, שהתבטאה בהתייבשות ענפים, לאחר סיום ההצמאה.

### הקמת חלקות מבחן

במהלך המחקר הוקמו שתי חלקות לבחינת הקלונים הנבחרים בתנאי שטח. החלקה הראשונה ניטעה בשנת 2014 ביער יתיר, באתר שנעשתה בו הברירה של הקלונים העמידים ליובש (איור 2). בחלקה זו ניטעו שמונת הקלונים של יער יתיר ושתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל. החלקה השנייה ניטעה בנגב הצפוני ממזרח לקיבוץ גת בשנת 2018. בחלקה זו ניטעו שבעה קלונים של יער יתיר, ובגלל מגבלת מקום לא נכללו בה שתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל. לשתילים בשתי החלקות ניתן הטיפול המקובל לשתילים נטועים, תוך הקפדה על ביצועו.

### ניתוח סטטיסטי

ניתוח השונות של ממוצעים של שני טיפולים נעשה באמצעות Student's t-test וניתוח השונות של ממוצעים של יותר משני טיפולים נעשה באמצעות Tukey's test. ערכים באחוזים עברו טרנספורמציה ל-Arcsine.

ורמיקוליט מס' 3: קלקר גרוס (40:60, נפח/נפח) בתפזורת. בניסוי אחד נבחנו גם פלגים של כבול יצוק ופלגים של מצע עטוף בנייר מתכלה. ההתזה במהלך ההשרשה בעונת הקיץ ניתנה כל 10 דקות במשך 10 שניות ובעונת החורף כל 16 דקות במשך 10 שניות. בהשרשה בחורף חומם מצע ההשרשה ל-25 מעלות. השרשת הייחורים נעשתה במתקן ריבוי בפקולטה לחקלאות, הנמצא בחממה מצוננת, בטמפרטורה שאינה עולה על 27 מעלות בחודשי הקיץ.

### גידול שתילים מייחורים מושרשים

ייחורים מושרשים הועתקו למגשי גידול (Quick Pots) בעלי 12 תאים, בנפח תא של 340 סמ"ק, שהכילו מצע קלסמן 602:פרלייט (20:80, נפח/נפח) בתוספת 2 גרם לליטר של דשן בשחרור איטי (אוסמוקוט 4-5 חודשים). לאחר כשבועיים של הקשחה במערכת ההתזה, השתילים הועברו להמשך גידול בבית רשת בפקולטה לחקלאות. השתילים הושקו בתוספת דשן NPK 7-3-7 המכיל יסודות קורט (דשן שפיר, דשן גת בע"מ, קריית גת), בריכוז של 120 ח"מ חנקן צרוף במי ההשקיה.

### בחינת העמידות ליובש במערכת הליזימטרים

שתילים בני שנתיים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל ושל קלונים עמידים ליובש מיער יתיר הועתקו למכלים של 3 ליטר וגודלו במשך כחודשיים לפני תחילת הניסוי בחממה לא מבוקרת שמערכת הליזימטרים מוקמה בה. לבחינת העמידות ליובש, השתילים הועמדו על הליזימטרים והושקו

איור 2

עץ של ברוש מצוי בעל מראה חיוני, ששרד בחלקת ברושים גדולה שניטעה ביער יתיר  
העץ הזה ועצים נוספים ששרדו בחלקה שימשו מקור לקלונים שסווגו כעמידים ליובש.



**תוצאות**

**ברירה של טיפוסים עמידים ליובש**

**בחירת העמידות ליובש במערכת הליזימטרים**

בשלב הראשון של המחקר נבחנו במערכת הליזימטרים שתילים של קלונים מיער יתיר שסווגו כעמידים ליובש בהשוואה לשתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל. במערכת הזו בוצעו שני ניסויים במתכונת דומה במועדים שונים. בשני הניסויים נבחנו שמונה שתילים של כל מקור. בניסוי הראשון, שנערך באמצע הקיץ, נבחנו קלון 5 וקלון 8 ושתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל. מעקב אחר מאזן המים בתקופת ההצמאה הראה בבירור, שהשתילים של ברוש מצוי ממקור הזרעים הסטנדרטי איבדו מים בקצב מהיר יחסית במהלך השליש הראשון של הניסוי, ולאחר מכן כמעט ולא נצפה בהם שינוי בהפסד המים (איור 3), מאחר שהשתילים היו בשלב של התייבשות. לעומת זאת, השתילים של קלון 5 וקלון 8 איבדו מים בקצב איטי יחסית עד לסיום הניסוי.

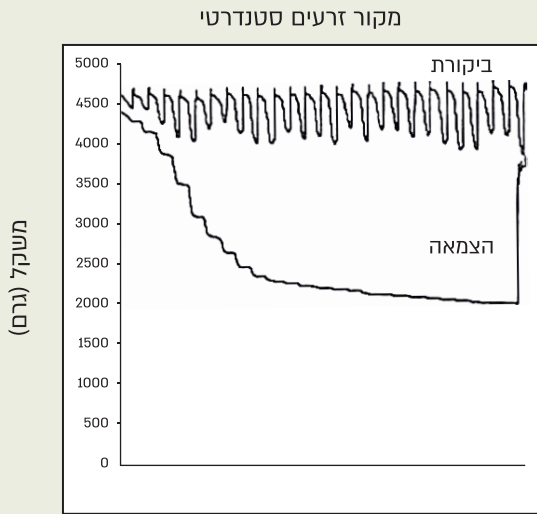
בחינה חזותית של השתילים שבועיים לאחר תום ההצמאה העלתה שכל השתילים של מקור הזרעים הסטנדרטי מתו, בעוד שבקלון 5 לא הייתה תמותה כלל, ובקלון 8 מתו רק שלושה משמונת השתילים שנבחנו (איור 4). כדי לבסס את התוצאות של הניסוי הראשון נערך ניסוי נוסף במתכונת דומה, ונבחנו בו גם קלון 1 נוסף על קלון 5 וקלון 8. הניסוי נערך בסוף הקיץ, כך שבהשוואה לניסוי הקודם הטמפרטורה הייתה מתונה יותר ואורך היום היה קצר יותר. בניסוי הזה נערכה רק הערכה חזותית של חומרת הפגיעה בשתילים, שהתבטאה בהתייבשות ענפים, שבועיים לאחר תום ההצמאה. בניגוד לניסוי הקודם, לא נצפתה בניסוי הנוכחי תמותה של שתילים, אלא רק התייבשות של ענפים. השתילים ממקור הזרעים הסטנדרטי סבלו משיעור נזק גבוה מאוד (תוצאות שלא הוצגו). מתוך שמונת השתילים של מקור זה שנבחנו בניסוי, רק שתיל אחד לא הראה סימני נזק, וייתכן שבאופן מקרי הוא היה גנוטיפ עמיד יחסית ליובש. בחמישה שתילים ממקור הזרעים הזה, מרבית הענפים היו יבשים לחלוטין, והשתילים היו כנראה קרובים לתמותה. בשני השתילים האחרים אובחנו רק נזק קל יחסית. השתילים של קלון 1 לא ניזוקו כלל. בקלון 5, שני שתילים מתוך השמונה הראו נזק קל, שהתבטא בהתייבשות קודקוד

תום ההצמאה. בניגוד לניסוי הקודם, לא נצפתה בניסוי הנוכחי תמותה של שתילים, אלא רק התייבשות של ענפים. השתילים ממקור הזרעים הסטנדרטי סבלו משיעור נזק גבוה מאוד (תוצאות שלא הוצגו). מתוך שמונת השתילים של מקור זה שנבחנו בניסוי, רק שתיל אחד לא הראה סימני נזק, וייתכן שבאופן מקרי הוא היה גנוטיפ עמיד יחסית ליובש. בחמישה שתילים ממקור הזרעים הזה, מרבית הענפים היו יבשים לחלוטין, והשתילים היו כנראה קרובים לתמותה. בשני השתילים האחרים אובחנו רק נזק קל יחסית. השתילים של קלון 1 לא ניזוקו כלל. בקלון 5, שני שתילים מתוך השמונה הראו נזק קל, שהתבטא בהתייבשות קודקוד

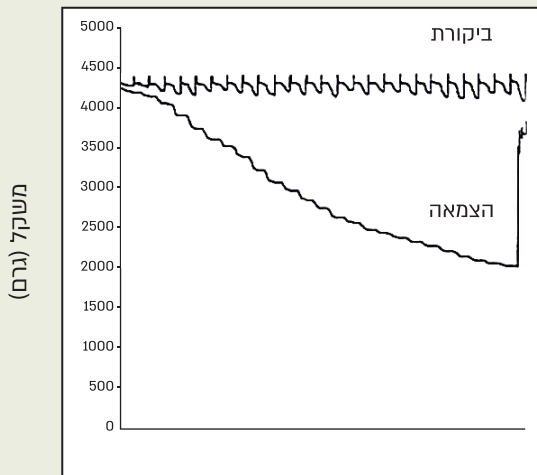
תום ההצמאה. בניגוד לניסוי הקודם, לא נצפתה בניסוי הנוכחי תמותה של שתילים, אלא רק התייבשות של ענפים. השתילים ממקור הזרעים הסטנדרטי סבלו משיעור נזק גבוה מאוד (תוצאות שלא הוצגו). מתוך שמונת השתילים של מקור זה שנבחנו בניסוי, רק שתיל אחד לא הראה סימני נזק, וייתכן שבאופן מקרי הוא היה גנוטיפ עמיד יחסית ליובש. בחמישה שתילים ממקור הזרעים הזה, מרבית הענפים היו יבשים לחלוטין, והשתילים היו כנראה קרובים לתמותה. בשני השתילים האחרים אובחנו רק נזק קל יחסית. השתילים של קלון 1 לא ניזוקו כלל. בקלון 5, שני שתילים מתוך השמונה הראו נזק קל, שהתבטא בהתייבשות קודקוד

**איור 3**

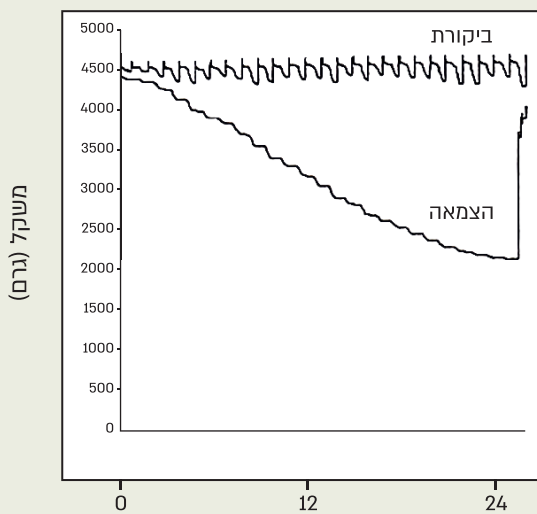
**מהלך הפסד המשקל של שתילים של קלונים עמידים ליובש מיער יתיר בהשוואה לשתילים ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל**  
 השתילים עברו תקופת הצמאה של 24 יום במערכת הליזימטרים. בניסוי נבחנו שמונה שתילים של כל מקור. בחלק העליון של האיורים מוצגים שינויי המשקל של שתילי ביקורת של השתילים מהמקורות השונים שהושקו במהלך כל הניסוי.



**קלון 5**



**קלון 8**



**משך ההצמאה (ימים)**

### השרשת ייחורים

כאמור, ריבוי וגטיבי באמצעות השרשת ייחורים הוא השיטה הרלוונטית לגידול שתילים של טיפוסים נבחרים בתנאים השוררים בישראל. מחקרים שעסקו בהשרשה של ברוש מצוי בארץ ובחו"ל תרמו ידע רב להשרשה של ברוש מצוי, שתואר במבוא. עם זאת, ריבוי המוני של שתילים לנטיעות יערניות מחייב כמות מספקת של ייחורים ושיעור השרשות גבוה. במחקר הנוכחי עסקנו במספר היבטים של השרשת ייחורים, שלגביהם היו תוצאות סותרות במחקרים קודמים או היעדר ידע, שלדעתנו נדרש לכיתוח שיטת השרשה יעילה.

### סוג הייחור

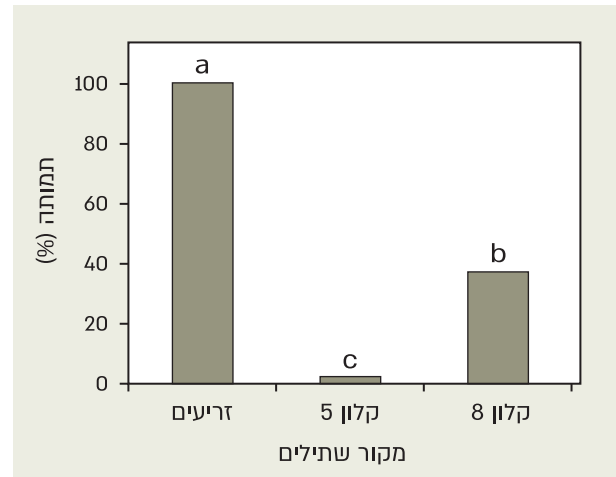
כמצוין לעיל, ניתן להשריש רק ייחורים אמריים של ברוש מצוי. בחירת הייחורים להשרשה מוכתבת על ידי טיבם, כלומר תלויה בסוג הייחור שנותן את התוצאות הרצויות ביותר. לגורם הזה ישנם מספר היבטים: כמות הייחורים, שיעור ההשרשות וקצב ההתפתחות של השתילים המושרשים במשתלה. מבחינה כמותית, ייחורים מדרגה 2 (איור 1) הם הפתרון הטוב ביותר. ייחורים אלה הראו כושר השרשות דומה לזה של ייחורים מדרגה 1 (תוצאות שלא הוצגו). ייחורים מדרגה 2 יכולים להיות בעלי בסיס מעוצה למחצה, רכים או רכים מאוד. מניסיונו (תוצאות שלא הוצגו) ומהניסיון שהצטבר במשתלת גילת של קק"ל (יוסי ריוב, מידע אישי), שלושת סוגי הייחורים הללו משרשים בשיעור גבוה. לפיכך, התמקדנו במחקר הנוכחי בבחינה של קצב ההתפתחות במשתלה של השתילים שהתקבלו מהשרשה של שלושת סוגי הייחורים.

שתילים של מספר קלונים עמידים ליובש שהתקבלו מהשרשת שלושת סוגי הייחורים גודלו בתנאי משתלה בפקולטה לחקלאות. מהתוצאות המוצגות באיור 5 לגבי קלון 1 מיער יתיר העמיד ליובש, ומייצגת את התוצאות

הצמיחה בלבד. ייתכן שהסיבה לכך הייתה הצימוח הנמרץ יחסית של השתילים של הקלון הזה לפני הניסוי. בקלון 8 נכגע רק שתיל אחד מתוך השמונה, אולם הוא הראה סימני נזק מוקדם יחסית לאחר הפסקת ההשקיה, כך שסביר להניח שמדובר בגורם אחר לנזק, כנראה אילוח בפטרייה פתוגנית בצוואר השורש.

### חלקות המבחן

החלקה ביער יתיר סבלה מנזקים קשים של רעיית עיזים, למרות השימוש בשרוולי נטיעה. מרבית השתילים לא התפתחו או מתו. בחלקה הסמוכה לקיבוץ גת, שיעור הקליטה של השתילים של הקלונים העמידים היה 100%, ומרבית השתילים הראו קצב צימוח נמרץ בשנים הראשונות לאחר הנטיעה.



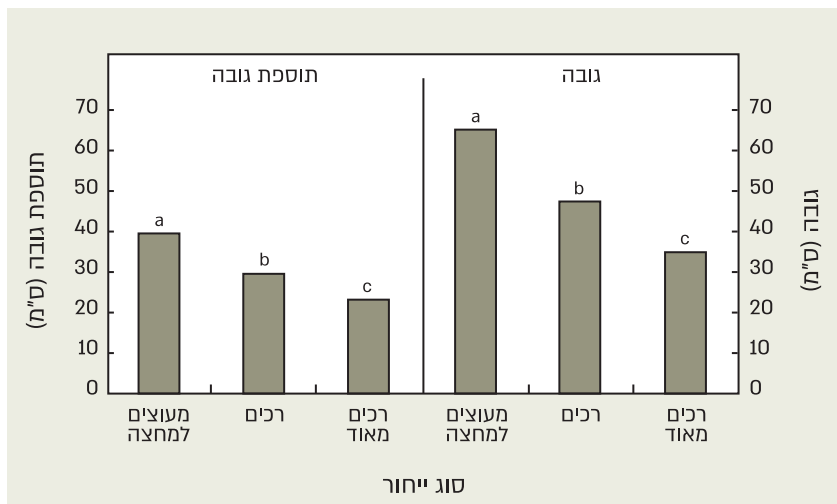
איור 4

שיעור התמותה של השתילים המתוארים במקרא של איור 3 שנבחנו במערכת הליזימטרים שבועיים לאחר תום תקופת ההצמאה אוטוית שונות מציינות הבדלים מובהקים בשיעור התמותה בין השתילים מהמקורות השונים ( $p \leq 0.05$ ).

### איור 5

**תוספת הגובה והגובה הסופי של שתילים שהתקבלו מסוגים שונים של ייחורים מושרשים מדרגה 2 שנלקחו מקלון 1 העמיד ליובש מיער יתיר לאחר עונת גידול אחת במשתלה**

האורך הראשוני הממוצע של הייחורים היה כמפורט להלן: ייחורים מעוצים למחצה – 26.2 ס"מ; ייחורים רכים – 17.5 ס"מ; ייחורים רכים מאוד – 11.7 ס"מ. מכל סוג של ייחורים מושרשים נבדקו 24 שתילים. אוטיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בין סוגי הייחורים לגבי כל מדד צימוח בנפרד ( $p \leq 0.05$ ).



גבוה יחסית, וקיימת אפשרות שיש לו השפעה רעילה מסוימת.

ההשפעה של מועד מתן האוקסין על שיעור הפגיעה בבסיס הייחורים נבחנה בשלושה קלונים עמידים ליובש מיער יתיר עם טיפול ב-IBA בתחילת ההשרשה ובלעדיו. שיעור הפגיעה בבסיס הייחורים נקבע לאחר כחודש מתחילת ההשרשה. הטיפול ב-IBA בתחילת ההשרשה הגדיל מאוד את שיעור הייחורים שבסיסם נפגע בשניים מתוך שלושת הקלונים שנבחנו, בהשוואה לייחורים שלא טופלו באוקסין (איור 7).

כדי לבחון את השפעת מועד מתן האוקסין על שיעור ההשתרשות של שלושת הקלונים העמידים ליובש, מחצית מהייחורים טופלו ב-IBA בתחילת ההשרשה וכחודש לאחריה, והמחצית השנייה טופלה באוקסין רק כחודש לאחר תחילת ההשרשה. בכל הייחורים ניתן הטיפול המאוחר באוקסין לאחר סילוק החלק הפגוע או לאחר חידוש החתך בבסיס הייחורים. שיעור ההשתרשות נקבע כחודשיים לאחר מתן הטיפול המאוחר באוקסין. בכל שלושת הקלונים שיעור ההשתרשות שהתקבל בטיפול

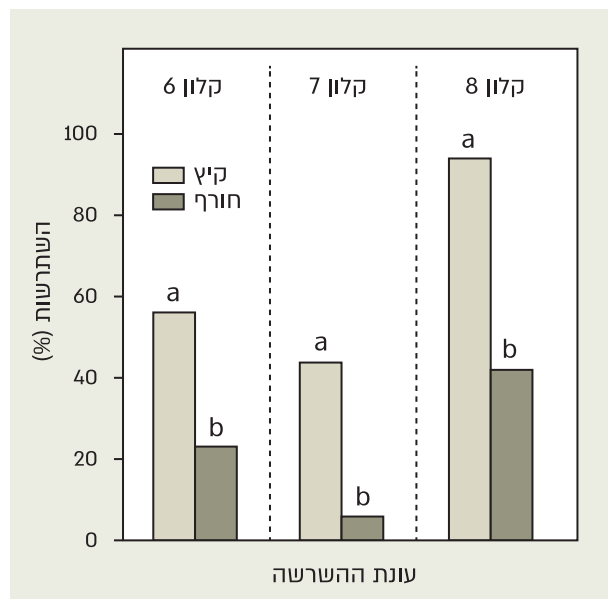
שהתקבלו גם לגבי קלונים אחרים, ניתן לראות שתוספת הגובה לאחר עונת גידול אחת במשתלה גדלה באופן מובהק עם העלייה במידת הקשיחות של הייחורים. בייחורים שבסיסם היה מעוצה למחצה, תוספת הגובה הייתה הגדולה ביותר. בעקבות זאת, וגם בשל ההבדלים באורך הראשוני של הייחורים (ראו המקרא לאיור 5), גובה השתילים היה גדול יותר ככל שעלתה הקשיחות של הייחורים. הבדל נוסף שנראה באופן חזותי, היה קוטר השתילים, שגדל גם הוא בהדרגה עם העלייה בקשיחות של הייחורים. לתוצאות אלה יש משמעות רבה מבחינת משך הגידול הנדרש במשתלה לקבלת שתילים איכותיים לנטיעה.

### עונת ההשרשה

עונת ההשרשה היא גורם חשוב בקביעת כושר ההשתרשות של ייחורים. כאמור, לגבי השרשה של ברוש מצוי ישנם דיווחים סותרים, ומרבית המחקרים מורים על יתרון להשרשה בעונת החורף. לעומת זאת, במחקר של שמלה (1986) ובניסויים ראשוניים שערכנו נמצא שיעור השתרשות גבוה גם בקיץ. כדי לקבוע את העונה המתאימה ביותר להשרשה של ברוש מצוי נערך ניסוי מקיף. נעשתה בו השוואה בין שיעור ההשתרשות של שלושה קלונים עמידים ליובש מיער יתיר בקיץ לבין שיעור השתרשותם בחורף. לניסוי נלקחו בשתי העונות שנבחנו ייחורים מדרגה 2 בעלי בסיס מעוצה למחצה מאותם עצי אם, שהושרשו באותם תנאים. יש לציין, שגוון בסיס הייחורים שהושרשו בקיץ היה חום בהיר, בעוד שהגוון של בסיס הייחורים שהושרשו בחורף היה חום כהה עד אפור. צבע חום בהיר של הגבעול מורה שהענף נמצא בצמיחה פעילה, תהליך שיש לו השפעה חיובית על ההשתרשות, בעוד שצבע חום כהה מורה שהענף נמצא בתקופת של הפסקת צמיחה. הייחורים בניסוי טופלו ב-IBA 0.6% לעידוד השתרשות לאחר כחודש מתחילת ההשרשה. בכל שלושת הקלונים שנבחנו בניסוי, שיעור ההשתרשות בקיץ היה גבוה באופן מובהק מזה שהתקבל בחורף (איור 6). התוצאות מורות שלגבי ייחורים שבסיסם מעוצה למחצה, יש יתרון להשרשה בקיץ.

### מועד הטיפול באוקסין לעידוד השתרשות

מתן של IBA 0.6% באבקת טלק בתחילת ההשרשה הוא הטיפול המקובל בארץ לעידוד השתרשות של ברוש מצוי. בצמחים מסוימים, לטיפול באוקסין מספר שבועות לאחר תחילת ההשרשה היה יתרון על טיפול באוקסין בתחילת ההשרשה (Luckman and Menary, 2002; Lodama et al., 2016), ועל כן בחנו אפשרות זו גם לגבי ברוש מצוי. תופעה נוספת שעודדה אותנו לבחון את דחיית הטיפול באוקסין, הייתה הפגיעה בבסיס הייחורים של ברוש מצוי במהלך ההשרשה, שעלולה לקרות לחלק גדול מהייחורים, וכפוגמת באיכותם. ריכוז ה-IBA שניתן לעידוד השתרשות



איור 6

### השפעת עונת ההשרשה על שיעור ההשתרשות של קלונים עמידים ליובש מיער יתיר

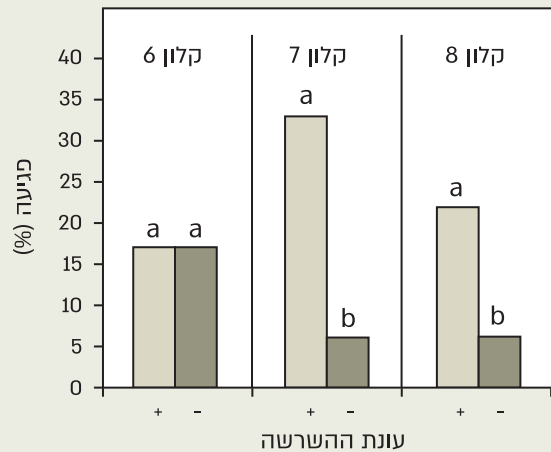
נערכה השוואה בין השרשה בעונת הקיץ לבין השרשה בעונת החורף של ייחורים בעלי בסיס מעוצה למחצה. הייחורים בניסוי טופלו ב-IBA כחודש לאחר תחילת ההשרשה. שיעור ההשתרשות נקבע כחודשיים לאחר הטיפול ב-IBA. מכל קלון נבחנו בכל עונת השרשה 21 ייחורים. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בשיעור ההשתרשות בין שתי עונות ההשרשה לגבי כל קלון בנפרד ( $p \leq 0.05$ ).

המאוחר ב-IBA היה גבוה מזה שהתקבל בייחורים שטופלו ב-IBA בתחילת ההשרשה (איור 8). בקלון 6 ובקלון 8 ההבדל בשיעור ההשתרשות בין שני הטיפולים היה מובהק, ואילו בקלון 7 ההבדל בין הטיפולים היה קטן יחסית ולא מובהק. ככל הנראה אין קשר ברור בין חומרת הפגיעה בבסיס הייחורים לשיעור ההשתרשות. מסקנה זו מתקבלת מהשוואה בין חומרת הפגיעה (איור 7) ושיעור ההשתרשות (איור 8) של הקלונים 6 ו-7.

במחקרים של הקבוצה שלנו ובמשלת גילת של קק"ל בוצעה ההשרשה של ברוש מצוי בתפזורת, כלומר לא במגשים או בפלגים, אלא במצע המפוזר על גבי שולחן ההשרשה. השרשה מסחרית של צמחים נעשית בשנים האחרונות בפלגים, המאפשרים העתקה נוחה של ייחורים מושרשים למכלי הגידול. בהנחה שלהשרשה בפלגים יהיה יתרון גם בהכנת שתילים של ברוש מצוי לנטיעות יערניות, בחנו את ההשרשה של המין הזה בפלגים. בניסויים הראשונים שבוצעו בתחום הזה התקבלו בפלגים שיעורי השתרשות נמוכים מאוד (תוצאות שלא הוצגו). בעקבות התוצאות נבחנה האפשרות שדחיית מתן האוקסין תשפר את שיעור ההשתרשות בפלגים. הניסוי נערך בייחורים של הקלון יתיר 8, שהשרשתם נבחנה בשלושה מצעים: תפזורת, פלגים של כבול יצוק ופלגים מנייר. מחצית מהייחורים טופלו ב-IBA והושרשו בתפזורת ובשני סוגי הפלגים. המחצית השנייה, שיועדה לבחינת ההשפעה של הדחייה במתן האוקסין, הושרשה כולה בשלב הראשון בתפזורת. לאחר כחודש נחתך הבסיס של כל הייחורים לסילוק הקטעים הפגועים או לחידוש החתך, והם טופלו ב-IBA. הייחורים שקיבלו את הטיפול המאוחר באוקסין הועברו להשרשה במצעים שהייחורים שטופלו באוקסין בתחילת הניסוי הושרשו בהם, כלומר בתפזורת ובשני סוגי הפלגים. לטיפול המאוחר באוקסין היה יתרון בולט מאוד בשלושת המצעים שנבחנו (תוצאות שלא הוצגו). היתרון של הטיפול המאוחר בלט במיוחד בהשרשה בשני סוגי הפלגים, שבהם שיעור ההשתרשות של ייחורים שקיבלו את הטיפול באוקסין בתחילת ההשרשה היה אפסי (פלגים של כבול יצוק) או נמוך מאוד (פלגים מנייר). עם זאת, בניסוי הנוכחי גם בהשרשה בתפזורת היה יתרון בולט לטיפול המאוחר באוקסין, שהיה גדול מזה שהתקבל בניסוי הקודם (איור 8).

## דין

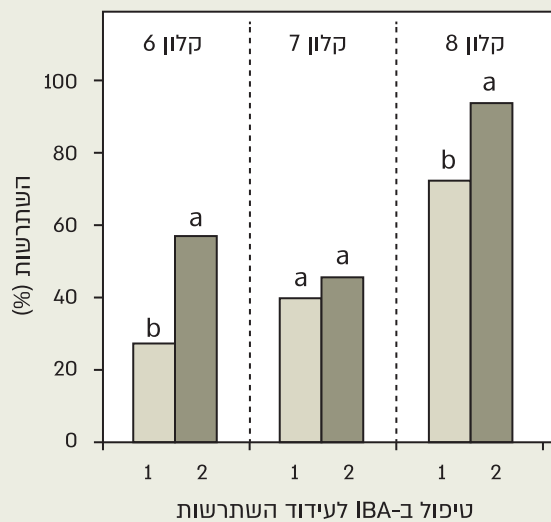
ברירה של טיפוסים עמידים ליובש נחשבת לאמצעי העיקרי להתמודדות עם שינוי האקלים, המאיים על קיומם של היערות בארצות רבות. התמותה רחבת ההיקף של עצים מהמין ברוש מצוי ביערות הנוטעים בארץ, הולכה לעבודת



איור 7

### השפעת טיפול עם (+) IBA ובלעדיו (-) בתחילת ההשרשה על שיעור הייחורים של קלונים עמידים ליובש מיער יתיר שבבסיסם נפגע במהלך ההשרשה

שיעור הייחורים הפגועים נקבע לאחר כחודש מתחילת ההשרשה. מכל קלון נבחנו בכל טיפול 26 ייחורים. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בשיעור הייחורים הפגועים בין שני הטיפולים לגבי כל קלון בנפרד ( $p \leq 0.05$ ).



איור 8

### השפעת מועד מתן הטיפול באוקסין על שיעור ההשתרשות של ייחורים של קלונים עמידים ליובש מיער יתיר

בניסוי נבחנו שני טיפולים ב-IBA: (1) מתן IBA בתחילת ההשרשה וטיפול נוסף כחודש לאחר מכן; (2) מתן IBA כחודש לאחר תחילת ההשרשה. הטיפול המאוחר באוקסין ניתן לאחר סילוק החלק הפגוע או חידוש החתך בבסיס הייחורים. שיעור ההשתרשות נקבע כחודשיים לאחר מתן הטיפול המאוחר ב-IBA. מכל קלון נבחנו בכל טיפול 26 ייחורים. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים בשיעור ההשתרשות בין שני הטיפולים לגבי כל קלון בנפרד ( $p \leq 0.05$ ).



שצוין לעיל, המחקרים הקודמים הניבו לעיתים תוצאות סותרות, שיכלו לנבוע ממספר סיבות, כמו השפעה של תנאי הסביבה על צמחי האם, מידת רטיבות הקרקע במהלך השנה במטע צמחי האם, שימוש בסוגים שונים של ייחורים, שיטות השרשה שונות (אופן הטיפול באוקסין, סוג המצע, משטר ההתזה וכדומה) ותנאים שונים במתקני הריבוי (טמפרטורה והצללה). על בסיס המידע שהצטבר בקבוצות המחקר השונות, ובעיקר על סמך הניסיון המעשי של הקבוצה שלנו בהשרשה של ברוש מצוי, הוחלט מהם תנאי השרשה שאינם מצריכים מחקר נוסף. תנאים אלה כללו את השלב ההתפתחותי של עצי האם, שבברוש מצוי אין לו כנראה השפעה משמעותית על כושר ההשתרשות, הסוג והריכוז של האוקסין, מצע השרשה ומשך תדירות ההתזה. המחקר הנוכחי עסק בשלושה היבטים שנראו לנו חשובים לפיתוח שיטת השרשה יעילה: 1. סוג הייחור הנדרש לקבלת התפתחות נאותה של הייחורים המושרשים במשתלה; 2. קביעת עונת השרשה המיטיבית; 3. בחינת ההשפעה של דחיית הטיפול באוקסין על יעילות השרשה. שיטת השרשה המוצעת על בסיס המחקרים הקודמים שתוארו לעיל ולאור תוצאות המחקר הנוכחי מוצגת בסוף הדיון.

לריבוי המוני של קלונים נבחרים נדרש מספר גדול של ייחורים. בברוש מצוי, שהריבוי הווגטיבי שלו באמצעות השרשה חייב להתבסס על ייחורים אמיריים בלבד, ניתן לקבל מספר גדול של ייחורים מענפים צדדיים, בעיקר מדרגה 2 (איור 1). ייחורים אלה נמצאים בדרגות התעצות שונות: ייחורים עם בסיס מעוצה למחצה, ייחורים רכים וייחורים רכים מאוד. אורכם של הייחורים מהסוגים השונים הולך ועולה עם העלייה ברמת ההתעצות (ראו המקרא באיור 5). שיעור ההשתרשות בשלושת סוגי הייחורים הללו גבוה יחסית, ונוסף על כך יש חשיבות גם לקצב ההתפתחות של הייחורים המושרשים במהלך הגידול במשתלה. בדרך כלל מקובל לגדל במשתלה שתילים של עצי יער שמקורם בזרעים במשך עונה אחת. גידול ממושך יותר פוגע לעיתים באיכות השתילים, מאחר שהוא מצריך התאמה של ההשקיה והדישון, שלא תמיד נעשים כנדרש. במחקר הנוכחי נמצא מתאם חיובי בין קצב ההתפתחות של שתילים שמקורם מייחורים מושרשים במשתלה ובין מידת ההתעצות של הייחורים (איור 5). אם נוסף לכך את האורך הראשוני של הייחורים, שהוא כאמור גדול יותר ככל שההתעצות גבוהה יותר, ניתן לקבל מייחורים שבסיסם מעוצה למחצה שתילים המתאימים לנטיעה במשך עונת גידול אחת במשתלה. אם יש צורך במספר גדול יחסית של שתילים, ניתן להשתמש בשני סוגי הייחורים האחרים, עם עדיפות לייחורים רכים על ייחורים רכים מאוד, תוך הכרה של ייחורים המושרשים האלה נדרשות לפחות שתי עונות גידול במשתלה. יש לציין שבטיפול נאות במהלך הגידול במשתלה, גם השתילים

המחקר הנוכחי. מחקר זה כלל שני תחומים: א. ברירה של טיפוסים עמידים ליובש ובחינת עמידותם לעקה ז; ב. שיפור שיטת השרשה של הברוש המצוי כדי לאפשר ניצול של הקלונים הנבחרים לנטיעות יערניות.

### בחינת העמידות ליובש של קלונים נבחרים

הברירה של טיפוסים עמידים ליובש במחקר הנוכחי התבססה בעיקר על עצים בעלי מראה חיוני ביער יתיר, ששרדו שנות בצורת חוזרות (איור 2). הוכחת העמידות ליובש היא התנאי הראשון לשימוש בטיפוסים הנבחרים לנטיעות יערניות. בחינה של העמידות ליובש יכולה להיעשות במערכות ניסויים בתנאים מבוקרים או בהקמת חלקות מבחן בשטח. מקובל שההצלחה של הטיפוסים הנבחרים בחלקות מבחן היא הבסיס לקבלת החלטה על שימוש בהם לנטיעות יערניות. עם זאת, תוצאות חיוביות במערכות ניסויים יכולות לתמוך בהנחה, שהטיפוסים שנבחרו על סמך ההירדדות בשטח אכן עמידים ליובש. במערכת הליזימטרים המצויה בפקולטה לחקלאות נערכו שני ניסויים עם שתילים של מספר קלונים מיער יתיר שסווגו כעמידים ליובש בהשוואה לשתילים של ברוש מצוי ממקור זרעים סטנדרטי של קק"ל. נמצא שהקלונים מיער יתיר שומרים על מאזן מים משופר יחסית בתקופת ההצמאה (איור 3), דבר שהתבטא בשיעור הישרדות גבוה יחסית (איור 4) או בנזק מועט יחסית בתום תקופה זו (תוצאות שלא הוצגו) בהשוואה לשתילים ממקור הזרעים הסטנדרטי. התוצאות מורות שהקלונים שסווגו כעמידים ליובש הראו התנהגות שמרנית יותר של ניהול משק המים, המרמזת על התנהגות דמוית איזוהידרית, בעוד שהשתילים ממקור הזרעים הסטנדרטי הראו התנהגות שמרנית פחות של ניהול משק המים, המרמזת על התנהגות דמוית אנאיזוהידרית. השימוש בקלונים שפוחתו בעבודות השבחה מבוסס בעיקר על בחינה שלהם בחלקות מבחן. בתחום הזה יש בידינו רק תוצאות ראשוניות מחלקת המבחן שניטעה ממזרח לקיבוץ גת, באתר שתנאי הגידול בו נחשבים קשים. כל השתילים בחלקה נקלטו והם מתפתחים בקצב מהיר יחסית. אף על פי שמדובר בתוצאות ראשוניות, ניתן לראות בהן, נוסף על התוצאות שהתקבלו במערכת הליזימטרים, תמיכה בהנחת המחקר, שעצים ששרדו מספר מחזורים של שנות בצורת קרוב לוודאי עמידים ליובש.

### שיפור שיטת השרשה

לריבוי וגטיבי המוני של קלונים נבחרים באמצעות השרשת ייחורים נדרשים מספר תנאים: 1. אספקת כמות מספקת של ייחורים באופן רציף; 2. שיעור השתרשות גבוה; 3. התפתחות נאותה של הייחורים המושרשים בתנאי משתלה. השרשה של ברוש מצוי נלמדה בעבר על ידי כמה קבוצות מחקר בישראל ובארצות הים התיכון. כפי

בייחורים לעידוד השתרשות יחסה להשפעתו על השלבים הראשונים של ההשתרשות (Pacurar et al., 2014). להשרשה בכלגים יש יתרון על פני השרשה בתפזורת מבחינת נוחות ההעתקה של הייחורים המושרשים למכלי הגידול. גם כשמתוכננת השרשה בכלגים, עדיפה האפשרות שיושמה במחקר הנוכחי, לבצע את השלב הראשון של ההשרשה בתפזורת ללא טיפול באוקסין, ולאחר סילוק הקטעים הפגועים או חידוש החתך והטיפול באוקסין להעביר את הייחורים לכלגים להשרשה. מתוצאות המחקר הנוכחי נראה שגישה זו צפויה להקטין את הפגיעה באיכות הייחורים ולהניב שיעור השתרשות גבוה מאוד גם בהשרשה בכלגים. גם במתן אוקסין בתחילת ההשרשה היה בדרך כלל צורך לסלק את הקטע הפגוע בבסיס הייחור ולטפל שוב באוקסין, טיפול שהביא לשיעור השתרשות נמוך יחסית בהשרשה בכלגים.

על בסיס הידע שהצטבר במחקרים שנעשו בחו"ל, ובעיקר לנוכח הניסיון ותוצאות המחקרים של הקבוצה שלנו, שיטת ההשרשה המומלצת של ברוש מצוי מפורטת להלן: (א) השרשה בעונת הקיץ; (ב) שימוש בייחורים עם בסיס מעוצה למחצה מענפים צדדיים מדרגה 1 ובעיקר מדרגה 2. את הייחורים ניתן לאסוף גם מעצים בוגרים; (ג) טיפול באוקסין כחודש לאחר תחילת ההשרשה, לאחר חידוש החתך או סילוק החלק הפגוע בבסיס הייחור. האוקסין המומלץ הוא IBA 0.6% באבקת טלק; (ד) מצע ההשרשה המומלץ הוא ורמיקוליט:קלקר גרוס (40:60, נכח/נכח). ההשרשה מתבצעת בתפזורת (מצע הממלא את שולחן ההשרשה). אם מתוכנן שימוש בכלגים, יש לבצע את השלב הראשון של ההשרשה בתפזורת, ולהעתיק את הייחורים לאחר הטיפול הנוסף באוקסין לכלגים; (ה) משטר ההתזה המומלץ בקיץ הוא 10 שניות כל 10 דקות, ובהשרשה בחורף 10 שניות כל 16 דקות; (ו) בהשרשה בחורף יש לחמם את מצע ההשרשה ל-25 מעלות; (ז) ייחורים מושרשים יש להעתיק למגשי גידול של 12 תאים, בנפח תא של 340 סמ"ק.

המחקר הנוכחי הניח את הבסיס לנטיעה של קלונים עמידים ליובש של ברוש מצוי ביערות הארץ, שהשימוש בהם יכול למנוע או להקטין את הנזקים למין הזה משנות בצורת חוזרות, כמו אלה שפקדו את ישראל בעשרים השנים האחרונות. אומנם אין בידינו הוכחה מוחלטת שהקלונים שנבחרו עמידים ליובש, אולם התוצאות שהתקבלו עד עתה רומזות שהקלונים הללו אכן עמידים יחסית ליובש. בקק"ל יש התשתית המתאימה לגידול שתילים של הקלונים הללו לנטיעות יערניות, עצי אם לייחורים ומתקן השרשה, אבל טרם הוחלט לאמץ את המדיניות הזו. לעיתים מועלית הטענה ששימוש במספר קלונים לנטיעות יערניות טומן בחובו סכנה מוגברת לפגיעה מגורמים ביוטיים ואביוטיים בהשוואה ליערות שמקורם מזרעים, המאופיינים במגוון גנטי רחב של עצים. עם זאת, שתי עובדות מורות שאין בשימוש

המתקבלים מהייחורים האלה איכותיים ועונים על הנדרש משתילים המיועדים לנטיעה. בתצפיות שנעשו על עצי אם שהוסר מהם מספר גדול של ייחורים, לא נראתה פגיעה בהתפתחות של העצים. למעשה, בעצים רבים נראתה האצה של צמיחת ענפים, ובטיפוסים צריפיים נצפתה פריצה של ענפים חדשים בעלי צימוח נמרץ.

ההיבט השני שנבחן היה מועד ההשרשה, השרשה בקיץ בהשוואה להשרשה בחורף. תוצאות הניסוי הראו יתרון ברור להשרשה בקיץ (איור 6), ממצא שתאם את התצפיות שנעשו על ידינו במהלך השנים. כמצוין בפרק התוצאות, ההשרשה בקיץ מאפשרת שימוש בייחורים מפותחים שנמצאים בשלב של צמיחה, שבסיסם מעוצה למחצה ובגוון חום בהיר. בייחורים מהסוג הזה הצלחנו לקבל שיעורי השתרשות גבוהים יחסית בקלונים ובטיפוסים שונים של ברוש מצוי שיועדו לשימור. אומנם באיטליה וביוון הומלץ על השרשה של ברוש מצוי בחורף, אולם שיעורי ההשתרשות היו לעיתים נמוכים מהנדרש. בשל סיבה זו הוחלט באיטליה להרבות קלונים של ברוש מצוי העמידים לפטריית הסירידיום באמצעות הרכבה. ניתן להניח שתנאי ההשרשה בישראל ושיטת ההשרשה המבוססת על תוצאות המחקרים של הקבוצה שלנו, מאפשרים להגיע לשיעורי השתרשות גבוהים בעונת הקיץ.

ממצאי המחקר הראו שלדחיייה בחודש של מתן הטיפול באוקסין לעידוד השתרשות של ברוש מצוי יש בדרך כלל שתי השפעות חיוביות בהשוואה לטיפול של מתן האוקסין בתחילת ההשרשה. ההשפעה הראשונה היא הקטנת עוצמת הפגיעה בבסיס הייחורים במהלך ההשרשה (איור 7). מקור הפגיעה הזו הוא כנראה התנוונות הרקמות בבסיס הייחורים בשל היעדר חלוקת תאים, ולא מגורם ביוטי. אומנם להשפעה הזו אין כנראה קשר ישיר להשתרשות, מאחר שנהוג לסלק את החלק הפגוע במהלך ההשרשה, אולם היא מקטינה את הפגיעה באיכות הייחורים. לעיתים הפגיעה אינה מוגבלת לבסיס הייחורים, אלא מקיפה חלק גדול של הייחור, ובכך מקטינה את איכותו. במחקר הנוכחי הוכח, שייחור מפותח בעל בסיס מעוצה למחצה מבטיח קבלת שתיל איכותי, ולכן להקטנת חומרת הפגיעה ישנה חשיבות מעשית. ההשפעה השנייה היא שיפור משמעותי של שיעור ההשתרשות (איור 8). ההשפעה החיובית של דחיית מתן האוקסין על שיעור ההשתרשות אובחנה בהשרשה בתפזורת ובעיקר בהשרשה בשני סוגים של כלגים, בהם שיעור ההשתרשות של ייחורים שטופלו באוקסין בתחילת ההשרשה היה נמוך מאוד (תוצאות שלא הוצגו). עידוד ההשתרשות של ייחורים על ידי דחיית הטיפול באוקסין דווח גם במינים נוספים של צמחים מעוצים (Luckman and Menary, 2002; Lodama et al., 2016). להשפעה החיובית של הדחייה במתן האוקסין יש ענין גם מבחינה ביולוגית, מאחר שההשפעה החיובית של הטיפול באוקסין

תמותה של ברוש מצוי מיובש ביערות הארץ, בעיקר במרחב דרום, הקיפה כמעט את כל העצים בעומדים שנפגעו. בדומה לכך, הנגיעות של ברוש מצוי בפטריית הסיירידיום, גרמה לתמותה כמעט מוחלטת של הברוש המצוי באיטליה, והנטיעות של המין הזה באיטליה מבוססות כיום רק על קלונים עמידים לפטרייה הזו. במחקר הנוכחי פותחו 10 קלונים, שישנה סבירות גבוהה שהם עמידים ליובש, וניתן להשתמש בכולם לנטיעות יערניות.

בקלונים סיכון ממשי: 1. גידולים חקלאיים מבוססים רק על זנים, שחלק מהם הם בני עשרות שנים ולעיתים אף יותר, ואין דיווחים על פגיעה יוצאת דופן בהם. גם יערות מסחריים במספר ארצות מקורם בגנוטיפים בודדים, שלעיתים ניטעים בהיקף גדול מאוד, כמו למשל מכלוא האינקליפטוס יורוגנדיס (*Eucalyptus urograndis*) בברזיל, ואין דיווחים על בעיות ייחודיות שהתעוררו ביערות האלה; 2. בדרך כלל נזקים מגורמים ביוטיים ואביוטיים חלים ברמת המין. למשל,

## מקורות

- Luckman GA and Menary RC. 2002. Increased root initiation in cuttings of *Eucalyptus nitens* by delayed auxin application. *Plant Growth Regulation*, 88, 31–35.
- Rog I, Tague C, Jacoby G, Megidish S, Yaacoby A, Wagner Y, and Klein T. 2021. Interspecific soil water partitioning as a driver of increased productivity in a diverse mixed Mediterranean forest. *Journal of Geographical Research: Biogeosciences*, 126, e2021JG006382.
- Roman DT, Novick KA, Brzostek ER, Dragoni D, Rahman F, and Phillips RP. 2015. The role of isohydric and anisohydric species in determining ecosystem-scale response to severe drought. *Oecologia*, 179, 641–654.
- Stankova T and Panetsos K. 1997. Vegetative propagation of *Cupressus sempervirens* L. of Cretan origin by softwood stem cuttings. *Silvae Genetica*, 46, 137–144.
- Pacurar RI, Perrone I, and Bellini C. 2014. Auxin is a central player in the hormone cross-talks that control adventitious rooting. *Physiologia Plantarum*, 151, 83–96.
- Takahashi F, Kuromori T, Yamaguchi-Shinozaki K, and Shinojaki K. 2020. Drought stress responses and resistance in plants: From cellular responses to long-distance intercellular communication. *Frontiers in Plant Science*, 11, 556972.
- שמלה מ. 1986. ריבוי וגטטיבי של ברוש מצוי (*Cupressus sempervirens* L.) על ידי ייחורים (עבודת גמר לתואר שני). רחובות: האוניברסיטה העברית בירושלים.
- Capuana M, Giovannelli A, and Giannini R. 2002. Factors influencing rooting in cutting propagation of cypress (*Cupressus sempervirens* L.). *Silvae Genetica*, 49, 277–281.
- Capuana M and Lambardi M. 1995. Cutting propagation of common cypress (*Cupressus sempervirens* L.). *New Forests*, 9, 111–122.
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, and Geneve RI. 2014. *Hartmann and Kester's Plant Propagation: Principles and Practices*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Klein T, Cahanovitch R, Sprintsin M, Herr N, and Schiller G. 2019. A nationwide analysis of tree mortality under climate change: Forest loss and its causes in Israel 1948–2017. *Forest Ecology and Management*, 432, 840–849.
- Larcher W. 1995. *Physiological Plant Ecology. Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Berlin – Heidelberg: Springer.
- Lodama KE, du Toit ES, Steyn SM, Araya HT, Prinsloo G, Du Plooy CP, and Robbertse PJ. 2016. Improving rooting of *Lobostemon furticosus* L. with delayed auxin treatment. *South African Journal of Botany*, 105, 111–115.