

השפעת פטריית מיקוריזה על התבססות שתילים

אביגיל הלר, הנדסת הצומח וגנים בוטנים, שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר avigail.heller@gmail.com

אורן סבן, מגמת הנדסאות נוף, מכללת רופין

שוש עינב, מחלקת גנים ונוף, עיריית כרמיאל

סמדר ויניגר ויורם קפולניק, המחלקה לגידולי שדה ומשאבי טבע, מינהל המחקר החקלאי,

משרד החקלאות ופיתוח הכפר, בית דגן

תקציר

בעקבות עיכוב ניכר בהתפתחות עצי הנוי בתחומי העיר כרמיאל נבחנה ההשפעה והתועלת בהוספת אנדומיקוריזה (*Glomus intraradices*) מטיפוס AM (Vesicular-arbuscular mycorrhiza) בקרקע הבור בעת הנטיעה, בשני מיני בוסתן.

בעקבות תוספת מידבק לעצי אגס קלרי צעירים נמצאה הקדמת הבשלה מובהקת בפקעים שבעצים המטופלים, לעומת העצים שלא טופלו. לא ברור אם השפעה זו של הפטרייה טובה להתפתחות השתילים באזור כרמיאל, שכן בהבשלה מוקדמת בחורף קר תיתכן פגיעה בפקעים ובעץ כולו. בעצי פרסימון (אפרסמון) יפני, שטופלו במידבק, מספר פריצות הענפים היה גבוה יותר באופן מובהק בעצים המטופלים לעומת עצי ההיקש. כמו כן, ניכר הבדל משמעותי ומובהק באורכם של הענפים בעצים מטופלים לעומת אורכם בעצי היקש (הבדל קרוב לפי ארבעה). תוצאות אלו מראות, כי הפטרייה מזרזת את הצימוח באופן שונה במינים שונים. יש לבחון את השפעת פטריית המיקוריזה לפני יישומה.

מילות מפתח נוספות על מילות הכותרת: אגס קלרי, גן הנוי, כרמיאל, פרסימון.

מבוא

מיקוריזה (Mycorrhiza) הוא מונח שמקורו ביוונית ופירושו פטרייה (*myco*) ושורש (*rhiza*) (Merryweather, 2001). זהו שיתוף פעולה (סימביוזה) הנפוצה ביותר בין פטריות קרקע לשורשי צמחים, המתקיימת בכ-80% ממיני הצמחים העילאיים (Quilambo, 2003; Selvaraj & Chellappan, 2006). הפטרייה מספקת לפונדקאי בעיקר חומרי הזנה על ידי קליטתם מהקרקע והעברתם לצמח, אך גם משפרת צמיחה והתפתחות של צמחים (סבן וחוב', 2010), מיטיבה עם משק המים (Caravara et al., 2005) ותורמת לעמידות בקרקעות דלות (Jeffries, 1987) (Fagbola et al., 2001) ובעקת יובש ומלח (Bucher, 2007) (פירוש נרחב ניתן במאמרנו הקודם, הלר וחוב' בגיליון זה, עמ' 13-21, וכן אצל קפולניק וחוב', 1996).

תרומת המיקוריזה בולטת בעיקר בשלב הנבט והשתיל הצעיר (Koide et al., 1994; Wilson & Hartnett, 1998). נבטים חסרי מיקוריזה לא שרדו כאשר נשתלו בקרקעות נטולות פטריות מיקוריזה. בנוסף לכך, מצוין בספרות המקצועית, כי התבססות עצים באתרים ובאזורים פגועים מושפעת מאוד ממיקוריזה, מאחר שהקרקע במקומות אלה היא, בדרך כלל, כמעט סטרילית וללא פעילות ביולוגית (Marx, 1977). אברמוביץ (1986) הראה, כי טיפול משולב של דישון זרחני ופטריות אנדומיקוריזה עוזר לביסוס עצים ושיחים באזורים גירניים פגועים, כגון מחצבות ושולי כבישים.



חלק גדול מן העצים הניטעים בגן הנוי מועתקים מהמשתלה או ממקומות אחרים. ברוב המקרים, גוזמים את הנוף ואת השורשים, מטלטלים ופוגעים בעצים וגורמים לפצעים. במקרים רבים, ההעתקה אינה מבוצעת בעונה המתאימה לעצים והתוצאה היא החלשה משמעותית שלהם.

במקרים אחרים, לאחר העתקת עצים בוגרים מהמשתלה ונטיעתם בשטח דווח על קושי בהתבססות, עיכוב בצמיחה ואף שהעצים "נתקעים" למשך כמה שנים ואינם צומחים כלל. עצי אגס קלרי ועצי פרסימון יפני (אפרסמון) ידועים כעצים המתקשים בקליטה, בהתבססות ובהתפתחות (שוש עינב, ידע אישי).

בעבודות קודמות שנעשו דווח, כי אילוח במיקוריזה שיפר במידה רבה את התבססות הצמחים וקליטתם: בעבודה שנעשתה בעצי אורן ברוטיה (עצמון וחוב', 1995) נמצא, כי הישרדות שתילים מאולחים שופרה באופן בולט, במהלך הקיץ הראשון לנטיעתם, ואילו בשתילי אגוזי אדמה הופחתה תופעת "עיכוב תחילת העונה" בעקבות אילוח (קפולניק וחוב', 1991).

על כן, הוחלט לבחון האם פטריית המיקוריזה *Glomus intraradices* משפרת את התבססותם ואת התפתחותם של עצי נוי – אגס קלרי ופרסימון יפני – כבר בחודשים הראשונים לאחר הנטיעה.

חומרים ושיטות

נבחרו מינים, שמניסיון נטיעות קודמות בתחומי כרמיאל הסתבר, שהם מינים המתקשים להתבסס – פרסימון (אפרסמון) יפני (*Diospyros kaki*) ואגס קלרי (*Pyrus calleryana*). שני המינים הם נשירים.

העצים נשתלו כבוסתן עצי פרי בקרקע טרה-רוסה אדומה, לא כבדה, מטויבת בקומפוסט, בבורות שתילה שעומקם 70 ס"מ. מכל מין נשתלו 10 שתילים אחידים בגובה של 1.70 מטר (אגס קלרי) או 1.40 מטר (פרסימון יפני) ובקוטר גזע (בגובה 130 ס"מ) של 1.1–1.6 ס"מ (אגס קלרי) או 0.6 ס"מ (פרסימון יפני). מחציתם שימשו כהיקש (ביקורת) ומחציתם אולחו בעת השתילה בפטריית אנדומיקוריזה *Glomus intraradices*.

פטריית המיקוריזה

פטריית אנדומיקוריזה *Glomus intraradices* מטיפוס Vesicular arbuscular mycorrhiza הוכנה במעבדתו של יורם קפולניק. לשם ייעול הפיזור עורבב המידבק שכלל נבגים ותפטיר של הפטרייה, במצע ורמיקוליט.

יישום המידבק בבור השתילה

המיקוריזה יושמה בתאריך 4.12.05. שני ליטר מידבק על ורמיקוליט עם פטריית אנדומיקוריזה עורבב בבור השתילה עם מצע הבור וקומפוסט, והושם סמוך לשורשי השתיל, כלומר עד לעומק של 50 ס"מ. לאחר מכן, כוסה בור השתילה בקרקע וניתנה השקיה ראשונית של 552 ליטר לעץ (שמירת טפטפות פתוחות במשך 48 שעות – חמש טפטפות של 2.3 ליטר לשעה לכל עץ – כדי לשמור על מצע לח, המאפשר להפעיל את המיקוריזה). בהמשך, נשמרה הלחות באופן עקבי בקרקע וניתנה השקיה באופן סדיר (כאשר לא היו גשמים). עצי ההיקש נשתלו והושקו באותם תנאים.

סימון ענפים

בשתילי האגס סומנו ענפים בגובה 1.30 מטר. עצי האפרסמון היו בתחילת הניסוי ללא סיעוף, כך שלא סומנו ענפים מראש.

בדיקת נוכחות מחלות

מכיוון שלפי הספרות המקצועית נוכחות פטרייה מיקוריטית גורמת, לעתים, להתפתחות מחלות דוגמת חילדון, קימחון ועובש אפור, נבדקה בכל תצפית האם קיימת נגיעות במחלות אלו.



בדיקת אורכי ענפים, הסתעפויות ובדיקת התפתחות ניצנים בעצי אגס קלרי

בתאריכים 2.12.05, 25.3.06, 8.7.06 ו-16.12.06 נבדקו אורכי הענפים שסומנו בתחילת הניסוי. בתאריך 13.1.07 נבדקה גם הסתעפויות לענפי משנה, בענפים שסומנו בתחילת הניסוי וכן התפתחות של פקעים. פקעים שקוטרם היה מעל 10 מ"מ הוגדרו כבשלים.

בדיקת פריצת ענפים ואורכם בעצי פרסימון יפני

עצי הפרסימון ניטעו ב-4.12.05 כשתילים צעירים. לאורך מרבית הניסוי עדיין לא התפתחו ענפים בני מדידה וכן ענפי משנה. רק לקראת סוף הניסוי הבחנו בהופעת ענפים וכן בהתארכותם. מוצגים נתונים כפי שנאספו ב-13.1.07 מחמישה עצים מטופלים וכן מחמישה עצי ביקורת.

ניתוח סטטיסטי

נערך בתוכנת JMP 5, מבחן Oneway ANOVA כאשר $\alpha < 0.05$

תוצאות

אגס קלרי (*Pyrus calleryana*)

במהלך הניסוי כולו נבדקו אורכי ענפים של עצים מטופלים לעומת אורכי ענפים בעצי ההיקש. התוצאות מוצגות בטבלה 1.

Table 1: Length of *Pyrus calleryana* branches treated with mycorrhiza compared to control trees branches. Figures with different letters are significantly different

מועד	היקש	טיפול
4.12.05	A 14.03 ± 0.32	A 13.56 ± 0.30
25.3.06	A 17.46 ± 0.23	A 16.76 ± 0.30
8.7.06	A 21.30 ± 0.34	B 20.10 ± 0.37
1.12.06	A 33.6 ± 0.60	B 30.03 ± 0.37

טבלה 1: אורך ענפי אגס קלרי בעצים שהוספה לשורשיהם פטריית מיקוריזה, בהשוואה לענפי עצים ששורשיהם לא טופלו. ערכים בעלי אותיות שונות נבדלים במובהק

בתחילת הניסוי ב-4.12.05 וכן במועד הבדיקה 25.3.06 לא היה הבדל באורך ענפי עצים מטופלים לעומת אלה של עצי ההיקש. במועדים השלישי והרביעי נמצא הבדל מובהק דווקא לטובת עצי ההיקש. עם זאת, ראינו שבעצים המטופלים ניכרת בשלות רבה יותר של פקעים, שטרם פרצו (פקעים שקוטרם מעל 10 מ"מ הוגדרו כבשלים). בחורף הבא, בתאריך 13.1.07, נבדקו שוב ההסתעפות לענפי משנה ובשלות הפקעים בענפי העצים. לא נמצא הבדל בין עצים מטופלים לעצי ההיקש בהסתעפות לענפי משנה; לעומת זאת נמצאה שונות בבשלות של הפקעים: בענפי העצים המטופלים נמצאו 22.1 ± 1.2 פקעים בשלים ואילו בענפי עצי ההיקש נמצאו 16 ± 1.9 פקעים בשלים בלבד. כלומר, הפקעים שבעצים המטופלים הקדימו להבשיל.

מכיוון שבספרות המקצועית מתוארת לעתים, בצמחים שבהם מצויה פטריית מיקוריזה, נגיעות במחלות דוגמת קימחון, חילדון ועובש אפור, לכל אורך הניסוי נבדק הנושא ולא נמצאו פרטים נגיעים במחלות אלה.



פרסימון (אפרסמון יפני) (*Diospyros kaki*)

כאמור, עצי הפרסימון החלו את דרכם בניסוי כשתילים רכים. לאורך מרבית הניסוי עדיין לא התפתחו ענפים בני מדידה או ענפי משנה. רק לקראת סוף הניסוי הבחנו בהופעת ענפים ובהתארכותם. בטבלה 2 מפורטים הנתונים שנאספו ב-13.1.07 מחמישה עצים מטופלים וכן מחמישה עצי היקש.

היקש	התקיימה פריצת ענפים	מספר פריצות של ענפים	אורך שני הענפים הארוכים ביותר
היקש	4 עצים	6.75 ± 0.57	7.66 ± 0.48
טיפול	3 עצים	8.66 ± 1.53	27.00 ± 1.74

טבלה 2: פריצת ענפים ואורכם בעצי אפרסמון יפני

Table 2: Branch number and length in *Diospyros kaki* trees

אמנם, נמצאה פריצת ענפים רק בשלושה עצים מטופלים לעומת ארבעה עצי היקש, אך מספר פריצות הענפים היה גבוה יותר לטובת העצים המטופלים. כמו כן, ניכר הבדל משמעותי ומובהק באורכם של הענפים בעצים המטופלים לעומת עצי היקש (הבדל קרוב לפי ארבעה). גם בעצי הפרסימון לא הובחנה נגיעות בקימחון, חילדון או עובש אפור.

דיון

בספרות המקצועית מתוארת ההשפעה החיובית של פטריות מיקוריזה על עצי רחוב. Marx (2007) מציין, כי לעצי רחוב ולעצי יער ישנם צרכים ביולוגיים דומים. לדבריו, שורשיהם של מיני עצים רבים מדוכאים על ידי תנאי הקרקע הקשים, הקיימים בחלק ניכר מהקרקעות המצויות בתחומי יישוב. Marx מציין, כי בקרקעות כגון אלו, חייבים לספק לשורשים פטריות מיקוריטיות (אשר באזורי יער מצויות באופן טבעי, אך חסרות לעתים מזומנות בקרקעות בתחומי יישוב). פטריות מיקוריטיות משפרות את התפתחותם של שורשים צדדיים ויונקות, הן בעצים מועתקים והן במערכות שורשים לא מתפקדות של עצים מבוססים הגדלים בעיר או במקומות אחרים נטועי אדם השונים מיער. Wadsworth Longfellow (2007) מוסיף ומציין, כי צמחים רבים שנשתלו בסביבה עירונית בקרקעות קלוקלות, אינם מצליחים ליצור מיקוריזה שנים רבות לאחר שתילתם ונזקקים להזנה ולטיפול אינטנסיביים. על כן, יש צורך פעמים רבות להוסיף חומר מיקוריטי באופן מלאכותי (Marx, 2007).

כדי לבחון את השפעת הפטרייה על התבססות עצים, נבחרו עצי פרסימון יפני ואגס קלרי, שבתחומי העיר כרמיאל לא הצליחו להיקלט במקומות רבים שבהם ניטעו (שש עינב).

כאמור, עצי האגס הם עצים צעירים, שנשתלו בתנאי קרקע משופרים. ייתכן שתנאים אלו גרמו לכך, שעצים מטופלים לא הראו צימוח טוב יותר מעצי הביקורת. במועדים השלישי והרביעי נמצא הבדל מובהק דווקא לטובת עצי ההיקש. בתנאים טובים (למשל ברמות גבוהות של יסודות מינרלים) ישנה התפתחות מיקוריטית דלה (Hayman & Mosse, 1972). ייתכן שזה מה שקרה עם עצי האגס הקלרי. עם זאת, בתום הניסוי נמצא, כי בעצים מטופלים ניכרת בשלות רבה יותר של פקעים. תופעה זו נצפתה גם בצמחי פלפל, שבהם נוכחות מיקוריזה גרמה להקדמת גל הניבה (קפולניק, 2007).

בשלות וניבה מוקדמות, המתקבלות לעתים בברכה בגידולים חקלאיים, אינן רצויות בעצי נוי, מכיוון שפקעים ולבלוב רצוף עלולים לקפוא בלבו של החורף. ייתכנו אף נזקי קור וקרה לעץ כולו. אמנם, לעצים שנבחנו בניסוי



לא נגרם נזק, אך בחורף קר יותר או ברום גבוה יותר העצים עלולים להיפגע. לעומת זאת, הקדמת ההבשלה של ניצנים באזורים או במועדים שבהם לא צפויה קרה תאפשר עונת צימוח ארוכה יותר, יצירה של יותר מוטמעים והתפתחות רבה יותר של העץ.

גם הפרסימון ניטע בבוסתן, בתנאי קרקע משופרים. המדד שבו הובחנה שונות מעצי היקש היה התארכות ענפים. אמנם, נמצאה פריצת ענפים רק בשלושה עצים מטופלים לעומת ארבעה עצי היקש, אך מספר פריצות הענפים היה גבוה יותר לטובת העצים המטופלים. כמו כן, ניכר הבדל משמעותי באורך הענפים בעצים מטופלים לעומת אורכם בעצי היקש (הבדל קרוב לפי ארבעה). פריצת ענפים והתארכותם מהווה מדד חיובי לצימוח ולהתבססות.

בניסוי ניסונו לבדוק האם יש הבדל גם בשרידות של העצים שנשתלו בתוספת הפטרייה ולא מצאנו לכך סימוכין. בספרות המקצועית כן מתוארת שרידות גבוהה יותר, כתוצאה מהאילוח: שתילים של אורן ברוטיה הציגו שרידות גבוהה יותר והתפתחות טובה יותר (שהתבטאה בתוספת גובה ומשקל וקוטר גזע) באזורים צחיחים למחצה (עצמון וחוב', 1995). בעצי אגס וכן בפרסימון לא נמצאו הבדלים בשרידות; ייתכן שהסיבה לכך נובעת מהעובדה, שהניסוי נערך בעצים מושקים. סביר שההשקיה מיסכה את יתרון השרידות שהיה יכול להיות (העירייה לא העמידה את העצים בעקת מים), זאת, לעומת עצי אורן הברוטיה, שנבחנו בתנאים של חוסר בהשקיה. המיקוריזה עשויה, אם כן, להתבטא באופן שונה בצמחים שונים ובתנאי סביבה שונים.

מהתוצאות אנו רואים, כי הוספת מיקוריזה משפרת את התפתחות הצמחים. בעצי אגס לא ברור אם השפעת הפטרייה טובה לממשק גידול השתילים בהיבט המעשי.

לטיפול במיקוריזה עשויה להיות תועלת כלכלית. עצים מטופלים דורשים פחות טיפול ופחות החלפה, מכיוון שהם עמידים יותר למצבים קיצוניים של סביבתם. לאחר שנה מהנטיעה עצי פרסימון הראו התפתחות טובה יותר מעצי היקש. עם זאת, אין להתייחס להשפעת המיקוריזה כהשפעה גורפת, שכן עצים שונים מגיבים שונה ועל אף שההשפעה חיובית, לא תמיד זה באותם המדדים.

נראה כי אילוח בפטריית מיקוריזה עשוי להיות ישים גם בגידולים נוספים, למשל בענפי קטיף. לדוגמה מיני איקליפטוס, כגון איקליפטוס מאפיר (*Eucalyptus cinerea*), איקליפטוס גאן (*Eucalyptus gunnii*) ואיקליפטוס מאובק (*Eucalyptus pulverulenta*), המיועדים לענפי קטיף, מתקשים בקליטה ובהתבססות בשטח הגידול, וייתכן כי אילוח בפטריית אנדומיקוריזה עשוי לפתור בעיה זו.

בארץ, רק לאחרונה הוחל בפיתוח תכשיר מסחרי של מיקוריזה. יש לקוות, כי נושא זה יתפוס תאוצה וייושם יותר בענפי הפרחים והנוי.

תודות

לאירה מור-חייטין, שהסבה את תשומת לבנו לספרות מקצועית בנושא; לאליעזר שפיגל, ממנו התקבל מידע לגבי התבססות מיני איקליפטוסים לקטיף; לד"ר אפרים צוקרמן על הסיוע בניתוח התוצאות. תודות גם לעובדי מחלקת הגינון של עיריית כרמיאל, שסייעו לנו בהקמת מערך הניסוי ובטיפול בעצים.

מקורות

אברמוביץ, ד' (1986). השפעת מיקוריזה ודישון זרחני על התפתחות אלת המסתיק *Pistacia lentiscus* Lp. ואספסת "גלבוץ" *Medicago sativa* L. בגרופת גירנית. עבודת גמר לתואר מוסמך. מוסד הטכניון למחקר ופיתוח. סבן, א', עינב, ש', קפולניק, י', ויניגר, ס' ואביגיל, ה' (2010). מרבה פטריות מרבה עצים. גן ונוף ס"ה, ג' 32-38.



עצמון, נ', ויץ, א', שילר, ג' וקפולניק, י' (1995). פטריות אקטומיקוריזה משפרות הישרדות והתפתחות של שתילי אורן ברוטיה באזורים צחיחים למחצה. השדה, כרך ע"ח, חוברת י"ב, 75.
 קפולניק, י' (2007). דו"ח למדען הראשי של משרד החקלאות 2006–2007.
 קפולניק, י', בן-דוד, ר' ושאול, א' (1996). אנדומיקוריזה – חשיבותה, תפוצתה ויכולת השימוש בה בחקלאות אורגאנית. מחקר חקלאי בישראל, ח' (1–2).
 קפולניק, י', פטרסון, נ', ויניגר, ס', פרידמן, י', בן דור, ב', בדני, ח' ו הויאר, ב' (1991). מעורבות פטריית מיקוריזה בהופעת "עייכוב תחילת העונה" באגוזי-אדמה. "השדה" כרך י"ב חוברת א', 137.

- Auge R.M. (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3–42.
- Bucher, M. (2007). Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist* 173:11–26.
- Caravaca, F., Alguacil, M.M., Diaz, G., Marin, P. & Roldan, A. (2005). Nutrient acquisition and nitrate reductase activity of mycorrhizal *Retama sphaerocarpa* L. seedlings afforested in an amended semiarid soil under two water regimes. *Soil Use and Management* 21:10–16.
- Fagbola, O., Osonubi, O., Mulongoy, K. & Odunfa, S.A. (2001). Effects of drought stress and arbuscular mycorrhiza on growth of *Gliricidia sepium* (Jacq). Walp, and *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. in simulated eroded soil conditions. *Mycorrhiza* 11:215–223.
- Hayman, D.S. & Mosse, B. (1972). Plant growth responses to vesicular arbuscular mycorrhiza. *New Phytol* 71: 41–47.
- Jeffries, P. (1987). Use of mycorrhiza in agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology* 5:319–357.
- Koide, R.T., Shumway, D.L. & Mabon, S.A. (1994). Mycorrhizal fungi and reproduction of field populations of *Abutilon theophrasti* Med. (Malvaceae). *New Phytologist* 126:123–130.
- Marx, D.H. (2007). Mycorrhizal management in urban forestry. http://www.actahort.org/books/496/496_54.htm
- Marx, D.H. (1977). Tree host range and world distribution of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius*. *Canadian Journal of Microbiology* 23:217–223.
- Merryweather, J. (2001). Meet the Glomales – the ecology of mycorrhiza. British Wildlife.
- Quilambo, O.A. (2003). The vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *African Journal of Biotechnology* 2:539–546.
- Selvaraj, T. & Chellappan, P. (2006). Arbuscular mycorrhizae: a diverse personality. *Journal of Central European Agriculture* 7:349–358.
- Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., Al-Tawaha, A.M. (2006). Significance of mycorrhizae. *World Journal of Agricultural Sciences* 2:16–20.
- Wadsworth Longfellow, H. (2007). Bridging the Gap with Mycorrhizae.
- Wilson G.W.T., Hartnett D.C. (1998). Interspecific variation in plant responses to mycorrhizal colonization in tallgrass prairie. *American Journal of Botany* 85:1732–1738.

