

# השפעת פטריית אנדומיקוריזה על התמודדות עצי רחוב עם תנאי עקה

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

צימוח איטי וחוסר התפתחות של עצי מיש דרומי ופנסית דרנוצתית אובחנו בעצי רחוב בכרמיאל שניטעו כשמונה שנים לפני תחילת הניסוי. ניסינו להשתמש בפטריית אנדומיקוריזה כפתרון ביולוגי חדשני לאושש את העצים. התכשיר, שהכיל פטרייה השייכת לקבוצה המכונה Vesicular-arbuscular mycorrhiza (AM) הוסף לבית השורשים בעומק של 15–30 ס"מ. שבעה חודשים לאחר תחילת הניסוי, בתחילת קיץ 2006, אובחנה האצה מובהקת בצמיחת ענפי העצים המטופלים בפטרייה בהשוואה לעצי ההיקש הבלתי מאולחים, שהתבטאה בהתארכות הענפים ובהסתעפותם. מגמה זו נמשכה גם בתום הניסוי, בדצמבר 2006. בניסוי נוסף, שבו נבדק אדר סורי, עץ ירוק-עד, התקבלה תמונה דומה. התגובה ליישום המיקוריזה התבטאה בהתארכות ענפים וצימוח מוגברים וכן בצבע עלים בגוון ירוק-כהה יותר (אומת בבדיקות כלורופיל) בהשוואה לצימוח ולגוון של עצי ההיקש. בעקבות מקבץ ניסויים זה נראה כי פטריית המיקוריזה עשויה לשמש פיתרון מוצלח לחוסר הצימוח של עצי רחוב בתנאי נטיעה קשים גם בהוספתה לקרקע כמה שנים לאחר הנטיעה.

**מילות מפתח נוספות על מילות הכותרת:** אדר סורי, גן הנוי, כרמיאל, מיש דרומי, פנסית דרנוצתית.

## מבוא

עצי רחוב ועצים במרחב העירוני מייצגים קבוצת צמחים המצויה בתנאי עקה, בשל גורמים אובייקטיביים הקשורים לאקלים העירוני, תשתית הקרקע והמדרכה, העתקה בגיל בוגר, ועוד. בנוסף לתנאים "אובייקטיביים" אלו, העץ חשוף בתשתית העירונית לטיפול מינימלי ולתחזוקה "ספרטאנית" (משטרי גיזום ודישון), המסבים לעץ נזק לאורך זמן, אשר ממנו הוא נאלץ להתאושש לא אחת בתנאי גידול שאינם עולים תמיד בקנה אחד עם אלו המצויים בטבע.

עד כמה שונים תנאי הגידול במרחב העירוני מהמרחב הפתוח? ההבדלים העיקריים הם: תנאי האקלים בעיר מאופיינים בטמפרטורות גבוהות מסביבתה, בלחות יחסית פחותה, בתנועת רוחות משתנה, באורך יום משתנה (בעקבות תוספת תאורת רחוב), בחדירת מי גשמים פחותה (כיסוי הקרקע במדרכות ובאספלט) ובזיהום האוויר. אבל לא רק החלק העל-קרקעי שונה, כי במקרים רבים נשתלים העצים בקרקע מיובאת, שאינה הומוגנית (גם אופקית וגם אנכית), קרקע שנדחסה לבור הנטיעה על ידי כלים כבדים ומפחיתה את קיבולת המים והאוויר העומדים לרשות שורשי העץ. זאת ועוד, בית השורשים מוגבל בבור שתילה צר נפח ולעתים גם מופרע בשל תשתיות שונות (מדרכות, כבישים, צנרת, כבלים, ועוד) (הלר, 2001).



במשך הגידול של העץ בעיר נגזמים ענפיו בתדירות והעצים אינם ניזונים או מושקים במועדים אופטימליים, המתאימים להתפתחותם הפיסיולוגית. בנוסף לכך, העצים נחשפים, לא אחת, לפגיעות מכאניות, זיהום אוויר וקרע גם על ידי תושבים, שאינם מודעים לנזק שהם מסבים, או מפירי חוק הטומנים בקרקע חומרים עשירים במתכות כבדות או דטרגנטים.

לכן, במקומות רבים במרחב העירוני בכלל ובעצי רחוב בפרט, ניתן למצוא עצים שהתפתחותם מעוכבת. לא תמיד ברורה הסיבה לעיכוב בגידול. אנשי התחזוקה עומדים לעתים אובדי עצות, גם בשל מיעוט הפתרונות הטכניים שלרשותם, כדי לסייע להתאוששות העצים מתנאי עקה אלה. העבודה הנוכחית היא חלק מחיפוש הדרכים להקל על התפתחות הצמחים במרחב העירוני, והיא בוחנת את תרומתה של פטרייה מיקוריטית לשיפור התפתחותם של עצים הנטועים מזה זמן במרחב עירוני ושהתפתחותם מעוכבת.

## מה היא פטריית המיקוריזה ומה סגולותיה?

פטריית המיקוריזה מסייעות להתפתחות טובה יותר של צמחים, לעלייה בפוריות הצמחים (Quilambo, 2003) ולעמידותם בפני עקות ביוטיות וא־ביוטיות, בעיקר בתנאי גידול תת־מיטביים (Fagbola et al., 2001; Jeffries, 1987). הפטריות תורמות לקליטה טובה יותר של יסודות חיוניים – חנקן וזרחן (קפולניק וחוב', 1996) או יסודות קורט דוגמת אבץ (קוך וחוב', 1997) או ברזל (טוקר, 2001). נוסף לכך, המיקוריזה משפיעה על גדילת הצמח על ידי שינויים ברמות ההורמונים הצמחיים (Selvaraj & Chellappan, 2006) והיא משפיעה על תגובת הצמח לתנאי אקלים קשים (Cruz et al., 2004). בתמורה, הפטרייה מקבלת מהצמח פחמימות (תוצרי הטמעה) (Strack et al., 2003). בספרות המקצועית מתוארות השפעות נוספות של הפטריות המיקוריטיות על פונדקיהן והקורא מוזמן לעיין בסקירותיהם של Bucher (2007) ושל Caravara et al. (2005). בארץ ובעולם החלו ביישום מידבק מיקוריזה לגידולי חקלאות שונים. תוצאות מיטביות לתוספת המיקוריזה מתקבלות בדרך כלל עם הוספתה בראשית התפתחות הצמח, בזמן הכנת השתיל. אבל, ייתכן, שגם עצי רחוב וצמחים אשר כבר גדלים בסביבה האורבנית יוכלו ליהנות מיישום מיקוריזה. לכן, בעבודה הנוכחית בדקנו את האפשרות לשפר את התפתחות העצים בטיפול מאוחר, ולעקוב אחר השפעת המיקוריזה על מיני עצים מייצגים, נשירים וירוקי־עד. מאמר זה מסכם עבודה ראשונית, שנערכה בשיתוף פעולה עם עיריית כרמיאל, שמטרתה לבחון את תרומת האילוח בפטריית המיקוריזה מסוג *Glomus intraradices*.

## חומרים ושיטות

**צמחים לניסוי:** לצורך הניסוי אותרו עצים המצויים בתנאי עקה כנדרש והתפתחותם מעוכבת. תוך ביצוע הניסוי הסתבר, שהעצים נטועים ב"עציצי בטון" בצורת פירמידה הפוכה קטומה, שעומקה כ־30 ס"מ, כך שנפח השורשים שלהם מוגבל ונראה שזוהי הסיבה לעיכוב הצימוח.

מבין עצי הרחוב הנשירים נבחרו פנסית דר־נוצתית (*Koelreuteria bipinnata*) ומיש דרומי (*Celtis australis*) ובין עצי הרחוב ירוקי העד נבחר אדר סורי (*Acer syriacum*). מכל מין נבחרו בין 10 ל־20 עצים אחידים במראה ובמופע הגידול, מחציתם שימשו כהיקש ומחציתם טופלו (אולחו) בפטריית אנדומיקוריזה מסוג *Glomus intraradices*.

עצי הפנסית והמיש ניטעו כשמונה שנים לפני תחילת הניסוי. גובהם הממוצע היה כ־3.5 מטר וקוטר גזעם בגובה 1.30 מטר (DBH) נע בין 11.5 עד 16.5 ס"מ בעצי הפנסית ו־7.3 עד 16.9 ס"מ בעצי המיש.

עצי האדר הסורי ניטעו כחמש שנים לפני תחילת הניסוי. גובהם הממוצע היה 2.7 מטר וקוטר גזעם בגובה 1.30 מטר (DPH) נע בין 1.9 ל־3.3 ס"מ.



**פטריית המיקוריזה ויישומה:** פטריית אנדומיקוריזה מסוג *Glomus intraradices* מטיפוס Vesicular arbuscular mycorrhizae, שבודדה והוכנה בישראל (יורם קפולניק), כללה נבגים ותפטיר במצע ורמיקוליט (מידבק). היישום בוצע בתאריך 2.12.05, תוך חפירה בבור השתילה לעומק שבין 10 ל-25 ס"מ, בהיקף בור השתילה ובמרחק 20 ס"מ בלבד מבסיס הגזע. לכל עץ ניתנה כמות של 2 ליטר פטרייה במצע ורמיקוליט, שעורבב עם הקרקע והוצנע בהיקף וככל האפשר בסמוך לשורשים פעילים שנחשפו (איור 1). לאחר היישום כוסה החומר באמצעות קרקע מקומית וניתנה השקיה ראשונית של כחצי מ"ק בטפטפות, במשך יומיים, כדי לעורר את נבגי הפטרייה לפעילות. בהמשך, נשמרה הלחות באופן רצוף בקרקע וניתנה השקיה באופן סדיר (כאשר לא היו גשמים). בעצים ששימשו כעצי היקש (ביקורת) נערכה חפירה וחישוף שורשים בדומה לעצים המטופלים. גם הכיסוי של הבור וההשקיה ניתנו באופן תואם לזה שניתן בעצי הטיפול אך ללא מידבק של הפטרייה.



**Figure 2:** Application of the mycorrhiza inoculum around the roots

איור 1: יישום המידבק סביב השורשים

## הבדיקות במהלך הניסוי

**בדיקות קרקע:** בתחילת הניסוי (5.12.05) נערכה בדיקת קרקע באחוז רוויה 65.9%. מממצאי הבדיקה עולה, כי רמות הזרחן והאשלגן בבורות השתילה היו נמוכות מאוד (15 מ"ג זרחן לק"ג קרקע לפי אולסן; 0.15 מא"ק אשלגן במיצוי לעומת ערכים רצויים של לפחות 25 מ"ג זרחן לק"ג קרקע ו-10 מא"ק אשלגן). מאידך, רמת הכלורידים שמצביעה על מליחות הייתה גבוהה (16 מא"ק לליטר) והגיר הכללי גם הוא היה מאוד גבוה (32%). כלומר, תנאי הקרקע בבור השתילה אינם מיטביים.

**בדיקות התפתחות:** בתחילת הניסוי סומנו בכל עץ 10 ענפים שאורכם 10 ס"מ. הענפים סומנו בהיקף נוף העץ. בעצי הפנסית והמיש הענפים שסומנו היו בגובה של כ-2.5 מטר מפני הקרקע. בעצי האדר, הנמוכים יותר, סומנו ענפים בגובה 2 מטר. בתאריכים 2.12.2005, 25.3.2006, 8.7.2006, ו-16.12.2006 נערכו ארבע מדידות לאורכי הענפים המסומנים. בנוסף לכך, בתאריך 13.1.07 נבדק מספר ההסתעפויות בענפים בעצים הנבדקים.

**בדיקת כלורופיל:** בספרות המקצועית קיימות עדויות להעלאה בתכולת הכלורופיל בצמחים מאולחים (Selvaraj et al., 2006) ועל כן הוחלט לבצע בדיקת כלורופיל בצמחי הניסוי. הבדיקה נערכה בשני תאריכים 25.3.06 ו-13.1.07, במכשיר SPAD A+B, לעצים שלא היו בשלכת.

**בדיקת נוכחות פטרייה:** ב-13.1.07 נאספו דגימות שורשים מעצים שאולחו וכן מעצי ההיקש, ותפטיר הפטרייה נבדק בבינוקולר לאחר צביעה סטנדרטית בטרופאן בלו.

**בדיקת לנוכחות מחלות נוף:** מכיוון שלפי הספרות המקצועית נוכחות פטרייה מיקוריטית גורמת לעתים להתפתחות מחלות, דוגמת חילדון, קימחון ועובש אפור, נבדקה בכל תצפית אם קיימת נגיעות במחלות אלה.

**ניתוח סטטיסטי**

כל התוצאות בעבודה הנוכחית נותחו בשיטת ANOVA One way בתוכנת JMP, ברמת מובהקות  $\alpha < 0.05$ .

**תוצאות**

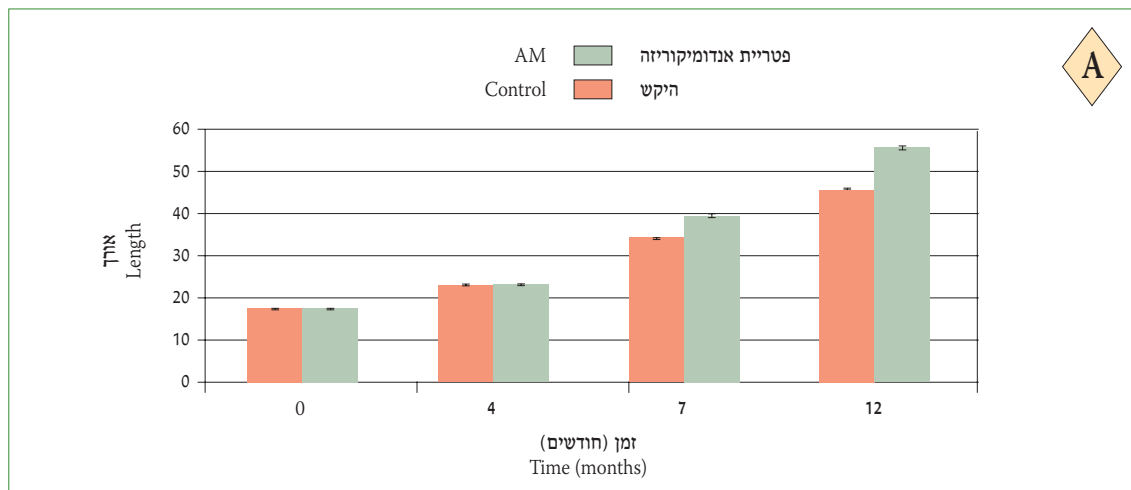
בתאריך 13.1.07 נדגמו השורשים מעצי מיש מטופלים וכן מעצי מיש ששימשו כעצי היקש, לבדיקת נוכחות פטרייה המיקוריזה (*Glomus intraradices*). נמצא, כי כל העצים המטופלים הכילו בשורשיהם תפטיר ומבנים פנימיים של הפטרייה המיושמת, בעוד ששורשי צמחי ההיקש נותרו בלתי מודבקים.

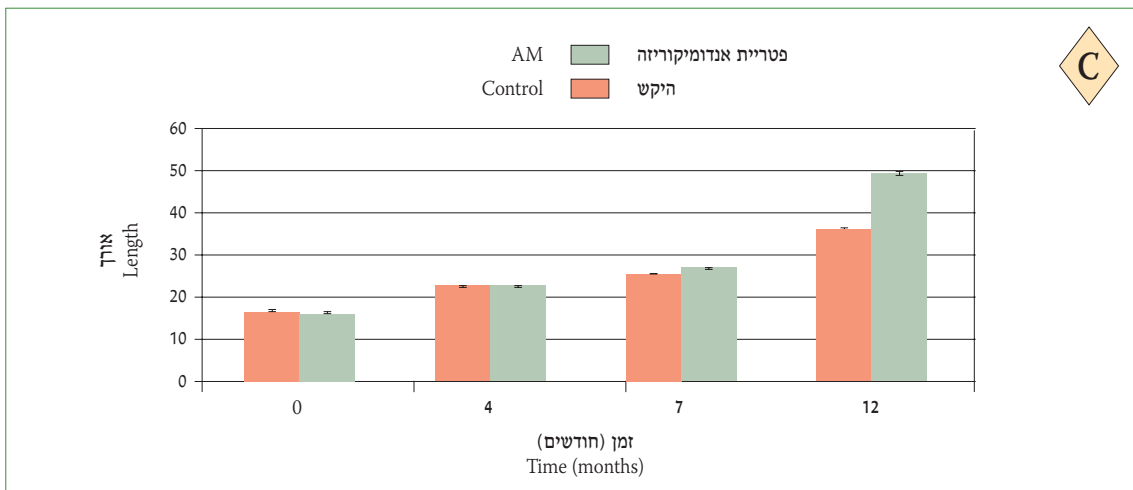
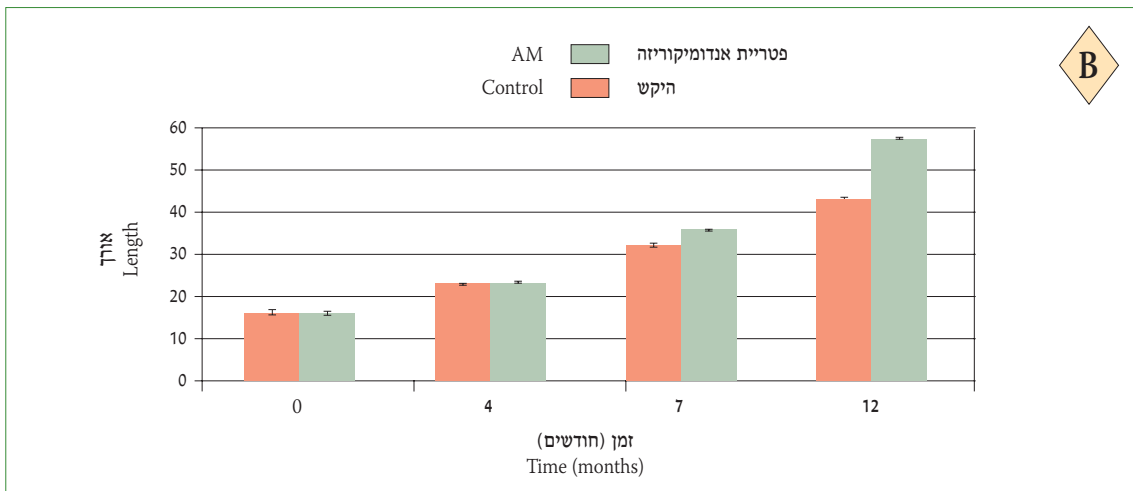
**התפתחות**

באזור 2 ניתן לראות, בכל המינים הנבדקים, כי בתחילת הניסוי 2.12.2005 ובמועד הבדיקה השני 25.3.2006 עדיין לא נמצאו הבדלים בצימוח ענפים בין עצי ההיקש לעצי הטיפול, אבל במועד השלישי 8.7.2006 נמצאו הבדלים מובהקים בצימוח של ענפי העצים המטופלים במיקוריזה לבין הצימוח של ענפי ההיקש. הבדלים אלה הלכו ונתעצמו גם חמישה חודשים לאחר מכן – במועד הבדיקה הרביעי.

**Figure 2:** Length of *Celtis australis* (A), *Koelreuteria bipinnata* (B) and *Acer obtusifolium* (C) branches in trees treated with mycorrhiza compared to control trees branches. Measurements taken on 2/12/2005, 25/3/2006, 2/7/2006 and 16/12/2006

**אזור 2:** אורך ענפי מיש דרומי (A), פנסית דר'נוצתית (B) ואדר סורי (C) בעצים שהוספה לשורשיהם פטריית מיקוריזה (AM) בהשוואה לענפי עצים ששורשיהם לא טופלו. הנתונים באזור מתייחסים למדידות שנערכו בתאריכים: 2.12.05, 25.3.06, 2.7.06 ו-16.12.06





גובה במטרים	DBH בס"מ	
2.2-1.9	3.3-1.9	תחילת הניסוי (אין חישוב סטטיסטי)
2.61 ± 0.4	1.47 ± 4.3	היקש
3.13 ± 0.27	5.34 ± 0.73	טיפול

**טבלה 1:** קוטר עצי אדר סורי בגובה 1.30 מטר (DBH) וכן גובה העצים כפי שנמדדו ב־26.11.09, כארבע שנים לאחר יישום המידבק

במקביל לבדיקת אורך הענפים שבוצעה בעצי מיש ב־13.1.07 נספר גם מספר ההסתעפויות שפרצו מענפים שנדגמו בעצים מטופלים במיקוריזה לעומת ענפים מעצים בלתי מטופלים. נמצא, כי במטופלים היו  $41.97 \pm 1.03$  הסתעפויות לעומת  $33.71 \pm 0.72$  הסתעפויות בעצי ההיקש. לא נמצאו פרטים נגועים בקימחון, חילדון או עובש אפור.

בבדיקת תכולת כלורופיל בעצי אדר ניתן לראות, כי כשלושה חודשים לאחר תחילת הניסוי כבר נראה שינוי מובהק בתכולת הכלורופיל בין עצים מטופלים לעצי היקש. כשנה לאחר תחילת הניסוי התעצם ההבדל במידה רבה



ובלט מאד ויזואלית. כארבע שנים לאחר יישום המידבק נערכה הערכה חוזרת לעצי האדר הסורי (טבלה 1). נמצא, שקוטרם בגובה 1.3 מטר (DBH) וכן גובהם של העצים היו גדולים יותר בעצים המטופלים לעומת עצי ההיקש. כמו כן, נמצא, כי במרבית עצי ההיקש מובחנים דלילות נוף, ענפונים יבשים, עלים יותר קטנים ויותר פיה על הגזע ביחס לעצים מטופלים. שני עצי היקש כמעט שלא התפתחו ומרבית עליהם נשרו (איורים 3a, 3b).



**Figure 3b:** Foliage of control *Acer obtusifolium* trees (March 2008) **איור 3b:** נוף של אדר סורי ששימש כהיקש (ביקורת) (מרס 2008)



**Figure 3a:** Foliage of *Acer obtusifolium* treated with mycorrhiza fungus (March 2008) **איור 3a:** נוף של עץ אדר סורי שעבר טיפול בפטריית מיקוריזה (מרס 2008)

## דיון

בספרות המקצועית מתוארת ההשפעה החיובית של פטריות מיקוריזה על עצי רחוב. Marx (2007) מצייין, כי לעצי רחוב ולעצי יער קיימים צרכים ביולוגיים דומים. לדבריו, שורשיהם של מיני עצים רבים מדוכאים על ידי תנאי הקרקע הקשים, הקיימים בחלק ניכר של הקרקעות המצויות בתחומי יישוב אורבני. Marx מצייין, כי בקרקעות כגון אלו, חיבים לספק לשורשים פטריות מיקוריטיות אשר מצויות, באופן טבעי, באזורי יער, 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 שאינם יער. Wadsworth Longfellow (2007) מוסיף ומצייין, כי צמחים רבים שנשתלו בסביבה עירונית, "בקרקעות קלוקלות", אינם מצליחים ליצור מיקוריזה שנים רבות לאחר שתילתם ונזקקים להזנה ולטיפול אינטנסיביים. לדבריו, פטריות מטיפוס אנדומיקוריזה פועלות ומשפרות גידולם של מיני עצים רחבי עלים, דוגמת מילה, אלון, שדר, אשור ואדר הסוכר. עם זאת, Amaranthus (2007) מצייין, כי מיקוריזה אינה פתרון פלא: היא לא

תתקן בעיות הקשורות בשתילים לא איכותיים או כנות שאינן בריאות. המיקוריה עוזרת לצמח להתבסס, לצבור את משאבי האתר ולעמוד בעקות.

לצורך הניסוי, כאמור, נבחרו עצי מיש דרומי ופנסית דר-נוצתית, שניטעו כשמונה שנים לפני תחילת הניסוי ועצי אדר סורי, שניטעו כחמש שנים לפני תחילת הניסוי. עצי המיש והפנסית נטועים בקרקע, שבה רמת הזרחן גבולית, רמת האשלגן נמוכה, אחוז הגיר ואחוז הכלורידים גבוה. בנוסף לכך, נוצק אל תוך בור השתילה מגביל מבטון, שצורתו צורת פירמידה הפוכה וקטומה. עצי אדר סורי ניטעו גם הם על גבי תשתית קרקע דלה, באזור תעשייה מרובה פית. לא פלא, שצמיחתם של עצים אלה נעצרה.

כשבעה חודשים לאחר תחילת הניסוי – במדידה מתחילת חודש יולי, הובחנה מגמה מובהקת של האצת הצימוח של ענפי כל העצים המטופלים ביחס לעצי ההיקש. כמו כן, כשנה לאחר תחילת הניסוי, בחודש דצמבר 2006, עדיין נמצא הבדל מובהק זה בצימוח של ענפי העצים המטופלים לבין הצימוח של ענפי עצי ההיקש. ניכר, אם כן, כי הטיפול בפטריית המיקוריה תרם באופן בולט להתפתחות הצמחים, כפי שבא לידי ביטוי בהתארכות הענפים ואף בהסתעפותם.

באדר סורי, שהוא ירוק-עד, התקבלה תמונה דומה לזו שהתקבלה בשני העצים הנשירים, לגבי התארכות ענפים. גם פה התארכות הענפים היא תופעה רצויה, המבטאת חיוניות וצימוח של העץ. הובחן, שצבע העלים היה בגוון ירוק-כהה יותר בהשוואה לעצי ההיקש. תוצאה ויזואלית זאת אוששה באמצעות שתי בדיקות כלורופיל, שנערכו הן בחודש מרס והן בתום הניסוי, בחורף 2006/2007 (במועד דגימה זה עצי המיש והפנסית היו בשלכת). אמנם, בשטח העירוני לצבע העלים משמעות אסתטית, אבל כמובן שתכולת כלורופיל גבוהה יותר מעידה על פוטנציאל פוטוסינתטי גבוה יותר, דבר שעשוי להתבטא בצמיחה נוספת. עלייה בכמות כלורופיל נמצאה גם בעבודה קודמת של עצמון וחוב' (1995), כמלווה נוכחות של פטריית האקטור-מיקוריה.

התוצאות שהתקבלו בשלושת עצי הרחוב תואמות ממצאים דומים בספרות המקצועית, לפיה פטריית אנדומיקוריה גרמה להתארכות ענפים או גבעולים, כפי שנמצא בצלוזיה מכסיפה (*Celosia argentea*) זן כרבולתי, בומבי (אלעד וחוב', 2007) בפטוניית הכלאיים (*Petunia hybrida Anthniscus cerefolium*), בריחן הבזיל (*Ocimum basilicum*) וברוקט מצוי (רוגולה) (*Rocket sativa 'Eruca'*) (פרימן וחוב', 2006).

כאשר נבדק הצימוח של שלושת עצי הרחוב באביב (בחודש מרס), טמפרטורות האוויר היו עדיין מתונות (בין 16.6 מ"צ ל-22.4 מ"צ, טמפרטורות מקסימום ממוצעות לחודש מרס 2006 בגובה 2 מטר היו 21.6 מ"צ) והצימוח לא היה רב. המדידה השלישית נערכה במועד, שבו תנאי הסביבה כבר היו קשים יותר. מתחילת חודש יוני 2006 טמפרטורות האוויר הממוצעות שנמדדו בגובה 2 מטר (28.2 ביוני ו-29.7 ביולי) היו גבוהות; בשלב זה מתחילים לראות את השפעת המיקוריה.

לאחר שהעצים נחשפו לעוד חמישה חודשי קיץ ארוכים (טמפרטורות גבוהות עד סוף אוקטובר – עד ל-31.5 מ"צ בממוצע) עדיין נשמר ההבדל מובהק באורך הענפים בין עצים מטופלים לעצי היקש. זאת, בדומה להשפעת הפטרייה לאחר חשיפה לטמפרטורות קיץ גבוהות באגוזי אדמה (קפולניק וחוב', 1991).

כאמור, בבדיקת קרקע שנערכה בתחילת הניסוי נמצא, כי העצים ניטעו בתנאי קרקע לא מיטביים – רמת הזרחן גבולית, רמת האשלגן נמוכה ואחוז הגיר והכלורידים גבוהים. בנוסף לכך, נפחו של בור השתילה היה קטן מאוד. פטריית מיקוריה מוכרת מהספרות המקצועית כמאפשרת קליטה גבוהה יותר של זרחן ויסודות נוספים (Hayman & Mosse, 1972; קוך וחוב', 1997). ייתכן כי בתנאי הקרקע הקשים של הצמחים שבהם בוצע הניסוי וכן עם התחממות האוויר והקרקע נוצרו תנאים אשר בהם התאפשרה קליטה מיטבית יותר של חומרי הזנה.

נראה, כי השפעת הפטרייה מתחילה להתבטא רק לאחר חשיפה לתנאי עקה מתמשכים של טמפרטורת גבוהות. עובדה זו תואמת ממצאים בספרות המקצועית, לפיהם בטמפרטורת קרקע גבוהה התארכות תפטיר חיצוני מוגברת (Heinemeyer et al., 2004), האופטימום להתפתחות המיקוריה בצמחים שמקורם באקלים ממוזג הוא 20°C–25°C והטמפרטורה המיטבית לנביטת הנבגים נעה בין 20°C–28°C.



בעקבות הניסוי המוצג במאמר זה, נראה כי אפשר להשתמש בפטריית מיקוריזה כדי לשפר צימוח של עצי מי שדרומי, פנסית דו־נוצתית ואדר סורי.

לטיפול במיקוריזה עשויה להיות תועלת כלכלית. עצים נושאי הפטרייה דורשים פחות טיפול ופחות החלפה מכיוון שהם עמידים יותר למצבים קיצוניים של סביבתם. ההשפעה החיובית של המיקוריזה בעצי אדר (קוטר הגזע, גובה העצים ומצב הבריאות הכללי) היא ארוכת טווח ואובחנה גם כארבע שנים מיישום המידבק.

יעילות הפטרייה נבדקת מזה מספר שנים בגידולי ירקות ופריחים. נראה, כי יש להרחיב את היישום גם בצמחי ועצי נוי וגם בעצי יער. בארץ הוחל רק לאחרונה לייצר תכשיר מסחרי של מיקוריזה.

המחיר בארץ להוספת פטריית מיקוריזה לעץ רחוב נאמד בשמונה אירו. זה אמנם מחיר יקר, אבל כמובן שאינו ברהשוואה למחירה של החלפת עץ מנוון בעץ חדש. עם זאת, נראה שאילוח שתילי העצים במשתלה במכלים בעלי נפח קטן, שבהם נדרשת כמות קטנה יותר של מיקוריזה, יוזיל את עלות המידבק. אילוח מוקדם, בשלב ההנבטה, אף נמצא כיעיל יותר מאילוח מאוחר יותר. חייטין וחוב' (2009) מצאו, כי אילוח במיקוריזה של נבטי ער אציל ואיקליפטוס המקור בזמן ההנבטה שיפר בהרבה את איכות השתילים היוצאים מהמשתלה, לעומת שתילים שאולחו בשלב מאוחר יותר, ובכך הבטיח התבססות טובה יותר שלהם בשטח.

## תודות

לאירה מור־חייטין, שהסבה את תשומת לבנו לספרות מקצועית בנושא; לענת לוינגרט ולאברהם זילברמן (ג'ון) על הסיוע בניתוח תוצאות בדיקות הקרקע ולד"ר אפרים צוקרמן על הסיוע בניתוח התוצאות. תודות לעובדי מחלקת הגינון של עיריית כרמיאל, שסייעו לנו בהקמת מערך הניסוי ובטיפול בעצים.

## מקורות

- אלעד, א', בן־דור, ב', וינגגר, ס', רזניק, נ', שלמה, א' וקולטאי, ח' (2007). השפעת מיקוריזה על התפתחות הצמחים והפחתת הצהבת עלים בצלוזיה 'בומבי'. עולם הפרח. נוב-דצב' 50.
- הלר, א' (2001). החיים הקשים – על מצוקת עצי רחוב בערים, והדרכים לשפר את מצבם. גן ונוף, נ"ה, ח: 20–23.
- טוקר, ר' (2001). גורמים המשפיעים על איכות שתילי אלון התבור במשתלה והתפתחותם בשטח, עם דגש על מיקוריזה. עבודת גמר לתואר מוסמך. האוניברסיטה העברית בירושלים.
- מור־חייטין, א', עצמון, נ', משה, י', בני־משה, א', בן משה, ע', קפולניק, י' (2011). מהו המועד האופטימלי להדבקת השתילים במיקוריזה: ניסוי בער אציל ובאיקליפטוס המקור. "יער", 12: 3–12.
- פרימן, ז', וינגגר, ס', בן־דור, ב', קפולניק, י' וקולטאי, ח' (2006). השפעת מיקוריזה על שיפור הגדילה בצמחי תבלין ובפטוניות. עולם הפרח. אפריל 46.
- עצמון, נ', וייץ, 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.
- קוק, מ', תנעמי, ז', וינגגר, ס', בדני, ח' וקפולניק, י' (1997). פטריית אנדומיקוריזה משפרת מאד את יבול השום. השדה ע"ז: י', 25–27.
- קפולניק, י', פטרסון, נ', וינגגר, ס', פרידמן, י', בן דור, ב', בדני, ח' והויאר, ב' (1991). מעורבות פטריית מיקוריזה בתופעת "עיכוב תחילת העונה" באגוזי־אדמה. "השדה" כרך י"ב חוברת א', 137.
- קפולניק, י', בן־דוד, ר' ושואל א' (1996). אנדומיקוריזה – חשיבותה, תפוצתה ויכולת השימוש בה בחקלאות אורגאנית. מחקר חקלאי בישראל, ח' (1–2).





- Amaranthus, M. (2007). [www.mycorrhiza.com](http://www.mycorrhiza.com)
- 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.
- Cruz, C., Green, J.J., Watson, C.A., Wilson, F. & Martins-Loucao, M.A. (2004). Functional aspects of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. *Mycorrhiza* 14:177–184.
- 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.
- Heinemeyer, A. & Fitter, H. (2004). Impact of temperature on the arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis: growth responses of the host plant and its AM fungal partner. *Journal of Experimental Botany* 55:525–534.
- Jeffries, P. (1987). Use of mycorrhiza in agriculture. *Critical Reviews in Biotechnology* 5:319–357.
- Marx, D. H. (2007). Mycorrhizal management in urban forestry. [http://www.actahort.org/books/496/496\\_54.htm](http://www.actahort.org/books/496/496_54.htm)
- 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.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Shliemann, W., Walter, M.H. (2003). Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical, and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology* 29:1955–1979.
- Wadsworth Longfellow, H. (2007). Bridging the Gap with Mycorrhizae. [www.mycorrhiza.com](http://www.mycorrhiza.com)

