

השפעת מיקוריזה על תגובת פלפל לעקות שונות: מים, המלחה, דשן ומחלה

שמעון פיבוניה, רחל לויטה, יעל בר לבן - מו"פ ערבה תיכונה וצפונית
יורם קפולניק - מכון למדעי הצמח, מרכז וולקני, מינהל המחקר החקלאי

תקציר

פטריות המיקוריזה משפרות התפתחות הצמח ע"י תגבור קליטת יסודות הזנה חיוניים לצמח, משק המים, מאזן ההורמונאלי, מבנה הקרקע ועמידות הצמח נגד פתוגנים בשורש. בניסויים שנערכו בעונת 2006/7 בתחנת יאיר בערבה נבחנה השפעת מיקוריזה על תגובת צמחי פלפל למגוון עקות. העקות שנבחנו כללו עקת מחלה - קרקע מאולחת בפיתיום, עקת דשן - מחסור בזרחן ושילוב של עקת מים ומלח. נמצא שצמחים עם מיקוריזה תרמו מאד להתמודדות הצמח עם העקות. צמחי פלפל מיקוריטיים שגדלו בקרקע מאולחת בפיתיום יצאו מהר מהעיכוב וצמחו באופן נמרץ. צמחי פלפל שנחשפו לדישון דל זרחן צמחו באופן תקין הדומה לזה של צמחים שדושנו כהלכה. צמחי פלפל שנחשפו לעקת מים ומלח ו/או שילוב העקה הנ"ל עם עקת זרחן הניבו יכול הדומה לזה של צמחים שהושקו ודושנו כמקובל. כאשר צמחי פלפל לא היו חשופים לעקה לא נמצא לצמחים המיקוריטיים יתרון מבחינת הצימוח והיבול. שימוש מסחרי במיקוריזה עשוי להביא בעתיד לפחיתה בצריכת המים לדונם גידול פלפל ולהתמודדות מוצלחת של הצמחים עם עקות. המיקוריזה עשויה לשמש מעין ביטוח לחקלאי כנגד עקות צפויות ולא צפויות העלולות להתפתח בשדה.

מבוא

פטריות מיקוריזה הינה שם כללי לקבוצת פטריות היוצרת סימביוזה עם שורשי צמחים. פטריות המיקוריזה מקנות לצמחים תכונות רבות המשפרות את יכולת ההתמודדות שלו עם עקות. המיקוריזה משפרת התפתחות צמחים ע"י תגבור קליטת יסודות הזנה חיוניים לצמח, משק המים, מאזן ההורמונאלי, מבנה הקרקע ועמידות הצמח נגד פתוגנים בשורש. בעבר, עם כניסת המתיל ברומיד לשימוש בערבה, נצפו קשיי התבססות של שתילי פלפל. נמצא שהדבר נגרם בשל מחסורים בזרחן שנבעו מקטילת פטריות המיקוריזה בקרקע.

בעולם מיצרים מגוון רחב של מוצרי מיקוריזה לצרכים חקלאיים. בניסויים השתמשנו בפטריית האנדומיקוריזה *Glomus intraradices* המיוצרת בישראל. היא מאופיינת ע"י חדירה של התפטיר לתוך השורש ובאמצעות בניית רשת קורים מסועפת התורמת להגדלת שטח הפנים של השורש והגברת כשר הקליטה של מים מינרלים מהקרקע הנחוצים לצמח. המיקוריזה מיושמת כבר בשלב המשתלה ובעת העתקת הצמחים המודבקים אל השדה, שורשיהם כבר מאוכלסים בפטרייה. פלפל מאופיין בדרך כלל במשך הדבקה איטי ביותר במיקוריזה, המביא להתבטאותה בשדה רק לאחר שלב התבססות ארוך. התבדיל בו השתמשנו מאופיין בהתבססות מהירה יחסית בפלפל המאפשרת את ביטוי המיקוריזה בתוך זמן קצר משתילה.

גידול הפלפל בערבה הינו ענף הנמצא בגדילה מתמדת. החסם העיקרי להמשך התרחבותו הוא מחסור במים. היום, חקלאים משתמשים במלוא מכסות המים שבשלבי גידול מוקדמים אינם מאפשרים הדחת מלחים ברמה הרצויה. נזקי המלחה עלולים להתבטא בהקטנת נוף, תופעת שחור פיטם וירידה בפוטנציאל הניבה של השדה. כתוצאה משאיבה מוגברת נצפית לאורך השנים עליה ברמת המליחות של המים להשקיה המחייבת מקדם שטיפה גבוה יותר להדחת מלחים.

בניסויים שביצענו בשנים קודמות נמצא השימוש במיקוריזה יעיל במניעת נזקי מחסור בזרחן. בדישון זרחני מופחת גובה הצמחים המיקוריטיים ויבולם לא נפל משל צמחים שדושנו כהלכה. כאשר הדישון היה

תקין, לא נמצאה תרומה חיובית ליבול בצמחים המיקוריטיים בהשוואה ללא מיקוריטיים. תכונות שהמיקוריזה מקנה לצמחים עשויות עם כן להיות דרך יעילה מאד וזולה ביותר להתמודדות משופרת של הצמחים עם בעיות שונות, צפויות ובלתי צפויות, כמו קרקע לא אחידה, מחסורי מים, מחסורי ועודפי דשן, עקות חום וקור ומחלות קרקע. בניסויים בעונת 2006/7 נבדקה יכולת התרומה של פטריית המיקוריזה להתפתחות צמחי פלפל בתנאי עקת מים ודשן: א. דישון זרחני מופחת. ב. מנות מים מופחתות ג. שילוב של מחסור בדשן ובמים. כמו כן נבחנה השפעת המיקוריזה על התפתחות שתילי פלפל בקרקע עם נגיעות גבוהה בפיתיוס.

שיטות עבודה

ניסוי פיתיוס:

שתילי פלפל מהזן סליקה הוכנו והודבקו במיקוריזה במשתלת "חישתיל" באשקלון. יחס ההדבקה בשתילים היה 1:10 (מצע גידול: מצע מידבק המיקוריזה). מועד השתילה היה 13/8/06 בבית רשת 50 מש בתחנת יאיר. בניסוי נבחנו ארבעה אופני דישון: א. דישון רגיל (מלא). ב. ללא דישון בשבוע הראשון ובהמשך דישון מלא. ג. דישון דל זרחן. ד. בשבוע הראשון ללא דישון ובהמשך דישון דל זרחן. בתוך החלקות נשתלו שתילים עם או בלי מיקוריזה כטיפול משנה. מתכונת הניסוי בלוקים באקראי בחלקות מפוצלות. בנוסף לטיפולים אלו נבחן טיפול נוסף שנקרא טיפול חציצה. בטיפול זה הוחלפה אדמה מקומית בנפח של כאחד ליטר עם פרלייט. השתילים נשתלו לתוך מצע הפרלייט. טיפול זה נבחן רק על רקע של דישון רגיל.

ניסוי הצמאה ודישון:

הכנת השתילים הייתה דומה לזו של ניסוי הפיתיוס. השתילים מזן סליקה נשתלו ב-13/8/06 בבית רשת בתחנת יאיר. הניסוי הראשון כלל טיפולי מנות השקיה ודישון זרחני כמקובל על רקע הדבקה במיקוריזה של השתילים. הניסוי השני כלל שילוב של טיפולי מים ברמות שונות עם דישון ברמת זרחן נמוכה, כשליש מהמקובל. הניסויים הוצבו במתכונת בלוקים באקראי בחלקות מפוצלות, 4 חזרות לכל טיפול עם מנת המים כטיפול ראשי וסוג השתיל, עם מיקוריזה או ללא מיקוריזה, כטיפול משני. טיפולי המים שנבחנו כללו שלוש רמות: א. הרמה המומלצת, ב. 70% מהמנה המומלצת ג. 50% מהמנה המומלצת. פיצול לטיפולי ההשקיה השונים החל לאחר שלושה שבועות משתילה. מנת המים המומלצת נקבעה לפי טבלת מנת הצריכה בליזימטרים שפותחה ע"י אביתר איתאל (טבלה 1).

טבלה 1: מנת ההשקיה בקוב לדונם שניתנה בטיפולים השונים בניסוי הצמאה לפי תאריכים.
 100% = המנה המומלצת

תאריך	50%	70%	100%
13-אוגוסט	6.4	6.4	6.4
06-ספטמבר	3.5	4.9	7.0
24-אוקטובר	2.7	3.7	5.4
30-אוקטובר	2.4	3.3	4.7
06-נובמבר	2.0	2.8	4.1
04-דצמבר	1.7	2.4	3.5
11-דצמבר	1.4	2.0	2.9
19-פברואר	2.3	3.2	4.6
13-מרץ	2.5	3.5	5.0

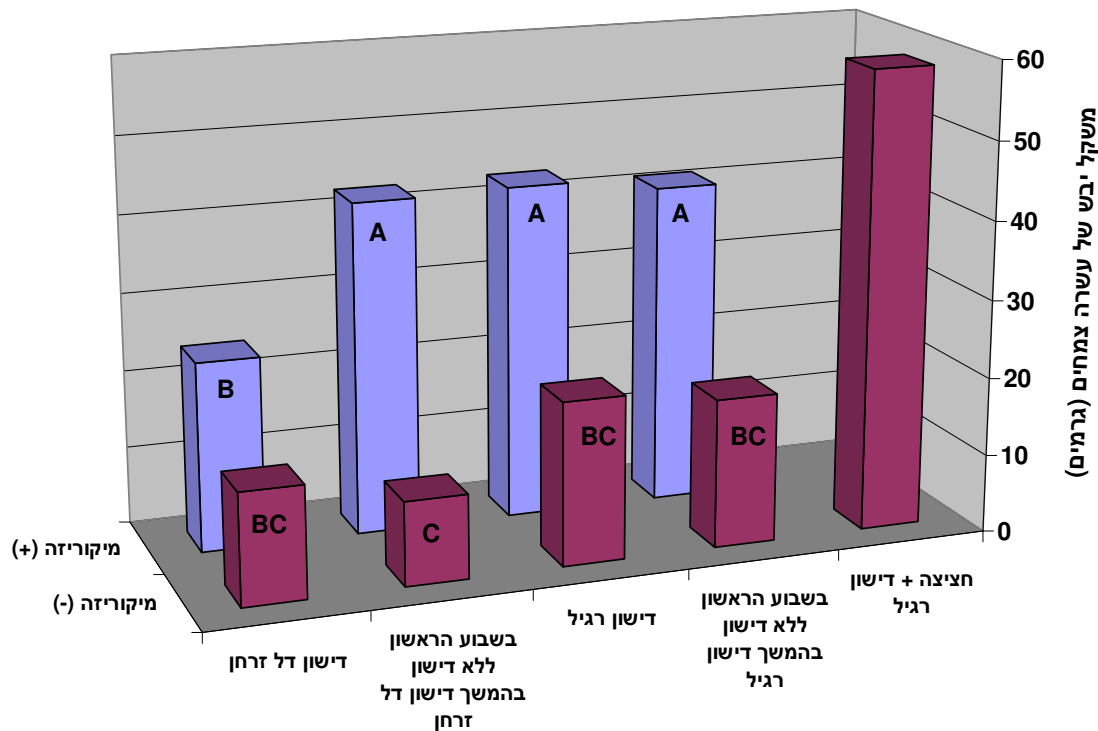
תוצאות

השפעת מיקוריזה על סבילות צמחי לפלל כנגד פיתיום

בכל טיפולי הדישון שנבדקו הצמחים סבלו מאד מפיתיום בשבועיים הראשונים לגידול (תמונה 1). התופעות שנצפו כללו ריקבון שורשים, איבוד טורגור במהלך היום ועיכוב בצימוח. לאחר כשבועיים משתילה החלה התאוששות וצימוח מואץ של הצמחים המודבקים במיקוריזה. הצמחים שגדלו בטווח הפרלייט גדלו באופן תקין בימים הראשונים לגידול ובהמשך חלקם נדבקו בפיתיום והראו מעט סימני סבל, אולם ברמה נמוכה בהרבה משל הצמחים שנשתלו ישירות בקרקע המקומית. לאחר חמישה שבועות משתילה הוצאו הצמחים ונשקל הנוף של עשרה צמחים מכל טיפול. המשקל היבש של הצמחים המיקוריטיים היה כפול ונבדל במובהק ($\alpha=0.05$) משל הצמחים הלא מיקוריטיים. (איור 1, תמונה 1). משקל הצמחים שגדלו בתווך הפרלייט היה גבוה בכ-50% משל הצמחים המיקוריטיים. צמחים אלו מייצגים את פוטנציאל הגידול בשדה ללא אילוח בפיתיום. מכל חלקה נלקחו שלושה צמחים לבדיקת נוכחות פיתיום. הפטריה נמצאה בכל הצמחים מכל הטיפולים שנבדקו. לא נמצא הבדל בתגובה לפיתיום ובמשקל היבש של הצמחים על רקע טיפולי הדישון השונים (איור 1).



תמונה 1: מבט כללי על חלקות ניסוי הפיתיום, 21 ימים משתילה. הקרקע במקום מאולחת מאד בפיתיום. הצמחים עם השלט הכתום לפנייהם אולחו במיקוריזה בשלב המשתלה ואלו עם השלט הלבן לא אולחו במיקוריזה.



איור 1: השפעת טיפול הדישון וטיפול המיקוריזה על צבירה של משקל יבש לנוף של עשרה צמחים כפי שנדגם חמישה שבועות משתילה. אותיות שונות מייצגות טיפולים הנבדלים באופן מובהק (מבחן Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$).

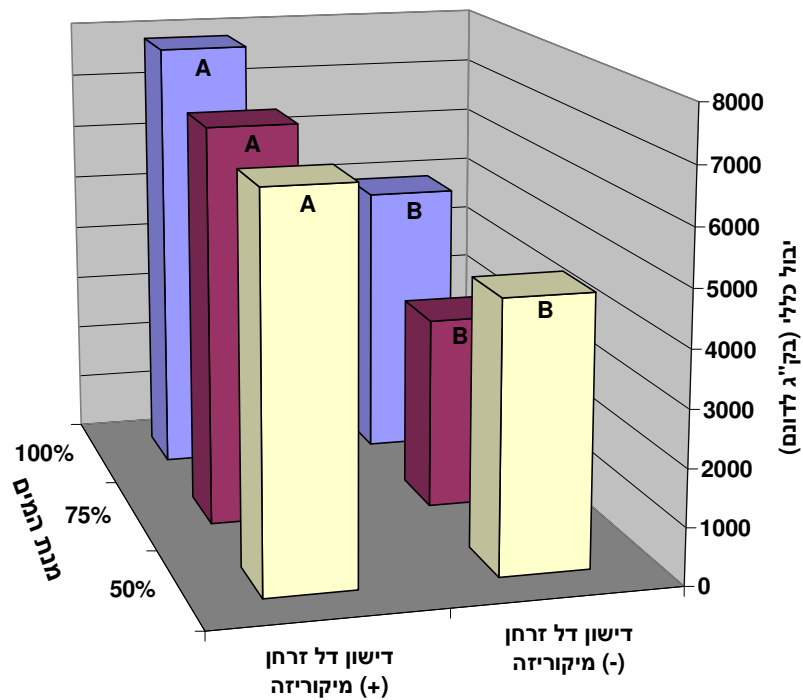
ניסוי הצמאה ודישון

מנות המים הנמוכות הביאו לעליה הדרגתית ברמות המלח בבית השורשים כפי שנמדד באמצעות בדיקות תקופתיות של מי משאב (טבלה 2). המוליכות החשמלית (EC) שנבדקה במי משאב שהוטמן בבית השורשים בעומק 15 ס"מ הגיעו לערך של 9 ויותר בצמחים המיקוריטיים. בצמחים ללא מיקוריזה נצפו בדרך כלל רמות EC נמוכות יותר במי המשאב. הצמחים המיקוריטיים המשיכו לגדול באופן תקין הן על רקע של מחסור בזרחן והן על רקע מנות המים המוקטנות. לעומתם צמחים ללא מיקוריזה הראו סימני סבל על רקע כל רמות המים בטיפול דישון זרחני מופחת והראו סימני סבל בטיפול ההשקיה המועטה על רקע דישון זרחני מלא. הסיבה לעליה ב-EC במי משאב מבית שורשים של צמחים מיקוריטיים בטיפול השקיה מועטה, קשור אם כן לכך שהצמחים המשיכו לגדול באופן תקין ולצרוך מים ברמה גבוהה. לעומתם צמחים ללא מיקוריזה הגיבו להפחתה במים בעיכוב הגידול ובפחיתה בכמות המים הנצרכת. המשך צריכת מים מקסימלית על רקע הפחתה ברמת ההשקיה הביא לעליה החדה ב-EC. יוצא עם כן שהפחתה בכמות המים הביאה את הצמחים לעקב משולבת של מים ושל מלח.

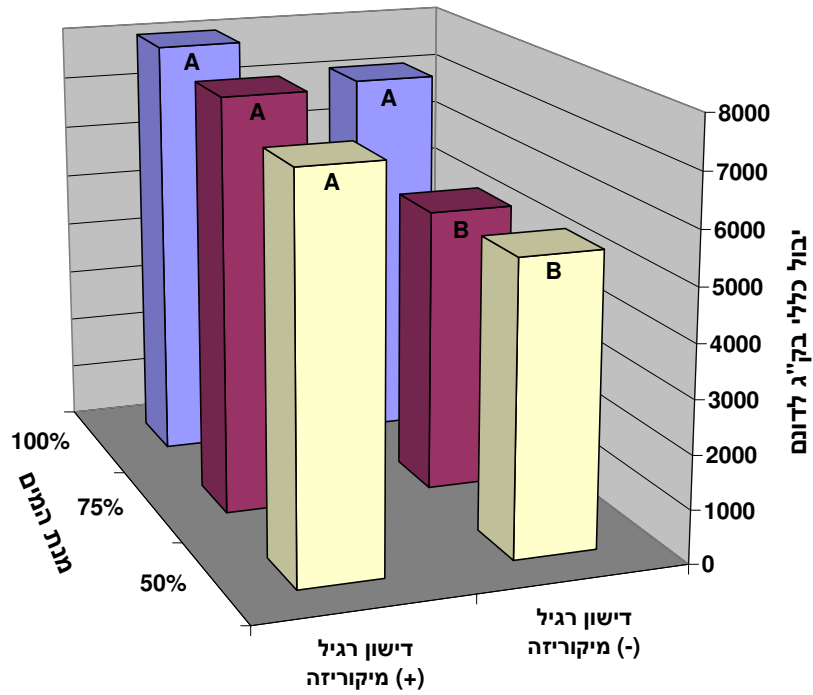
רמת היבול שהתקבלה בשני הניסויים מופיעה באיורים 2,3. בטיפול דישון זרחני מופחת רמת היבול הייתה נמוכה בכל טיפולי הצמחים ללא מיקוריזה (איור 2). בכל טיפולי ההשקיה יבול הצמחים עם מיקוריזה היה דומה. בניסוי הצמאה על רקע דישון זרחני מלא, יבול הצמחים ללא מיקוריזה בטיפול השקיה ברמות 50% ו-70% היה נמוך במובהק משאר הטיפולים (איור 3). בטיפול המיקוריזה על רקע דישון דל זרחן נצפתה הקדמה בהבשלה בהשוואה לטיפול מיקוריזה ואו ללא מיקוריזה על רקע דישון זרחני מלא (איור 4). בכל טיפולי המיקוריזה, על רקע דישון דל זרחן ועל רקע כל טיפולי ההשקיה, נצפתה עליה בשיעור הפרי המיועד ליצוא של כעשרה אחוזים.

טבלה 2 : השפעת טיפול ההשקיה בדישון דל זרחן ואילוח הצמחים במיקוריזה על רמת EC במי משאב כפי שנדגמו מבית השורשים בעומק 15 ס"מ בשני מועדים

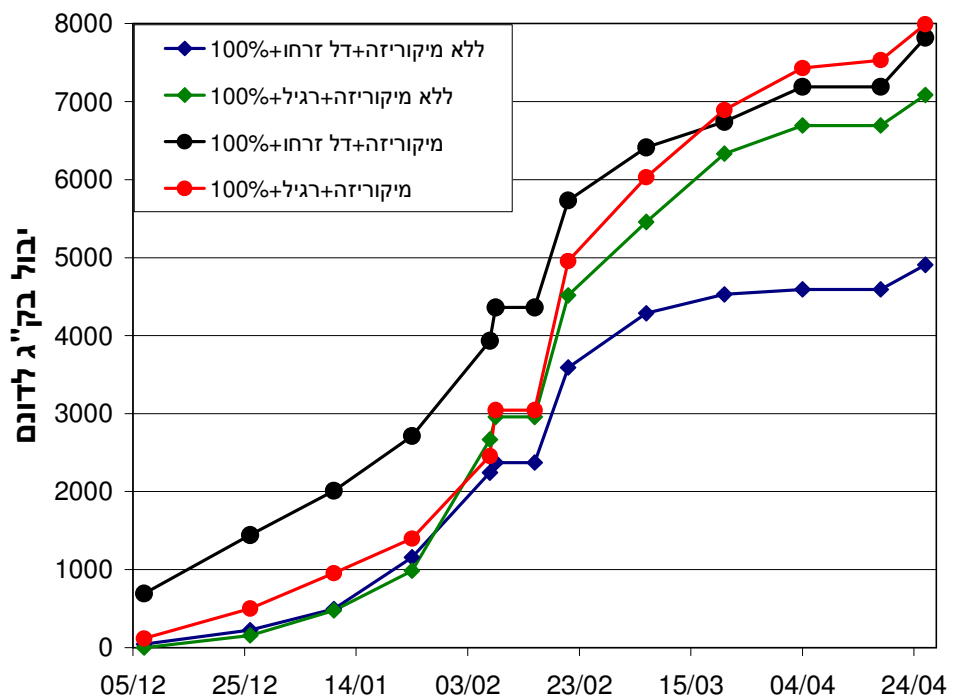
הטיפול	15/11/2006	22/11/2006
עם מיקוריזה, מנת השקיה 50%	8.56	9.49
עם מיקוריזה, מנת השקיה 100%	3.54	4.66
בלי מיקוריזה, מנת השקיה 50%	3.8	5.08
בלי מיקוריזה, מנת השקיה 100%	3.71	4.01



איור 2 : השפעת טיפול ההשקיה עם דישון דל זרחן על יבול כללי של צמחי פלפל עם ובלי מיקוריזה. אותיות שונות מציינו הבדל מובהק בין הטיפולים (מבחן Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$).



איור 3 : השפעת טיפול ההשקיה עם דישון זרחני מלא על יבול כללי של צמחי פלפל עם ובלי מיקוריזה. אותיות שונות מציינו הבדל מובהק בין הטיפולים (מבחן Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$).



איור 4 : השפעת טיפול הדישון הזרחני ואילוח במיקוריזה במשטר השקיה מומלץ (100%) על צבירת היבול כתלות בזמן.

סיכום ומסקנות

בעבודה זו נמצא שהמיקוריזה שיפרה את תגובת הצמח למגוון עקות: מחלה, דשן ומים, ותרמה לגידול תקין של הצמח והיבול על אף העקות. כאשר הצמח לא היה נמצא במצב עקה לא היה יתרון לצמחים שטופלו עם מיקוריזה. הועלה חשש שהמיקוריזה תדוכא בצמחים עם רמות דישון זרחני גבוהות. אולם היא תפקדה יפה ומנעה נזקי מים והמלחה גם על רקע דישון זרחני גבוה. במערכת הניסויים הנוכחית לא ניתן היה להפריד בין עקת המים לעקת המלח, והמיקוריזה מנעה נזק משילוב שתי עקות אלה. שימוש במיקוריזה עשוי להביא בעתיד לפחיתה בצריכת המים לדונם גידול פלפל ולהתמודדות מוצלחת של הצמחים עם עקות. המיקוריזה עשויה לשמש מעין ביטוח לחקלאי כנגד עקות צפויות ולא צפויות העלולות להתפתח בשדה. עקות חם וקור, חוסר אחידות של מצע הגידול, התמוטטות חורפית ושחור פיטם הן דוגמאות לעקות ואו ביטויי עקה נוספים שלא נבחנו בעבודה זו, בהן יש סיכויים שהמיקוריזה תשפיע לחיוב.