

**שימוש במיקוריזה לשיפור התפתחות פלפל בקרקעות מחוטאות**

**Application of mycorrhiza technology to improve pepper development in  
disinfected soils**

**דו"ח מסכם לתוכנית 277-0016-05**

**מוגש לקרן מדען ראשי משרד החקלאות**

ע"י

ד"ר יורם קפולניק – המכון לגידולי שדה וגן, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן  
ד"ר גמליאל אברהם - המכון להנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן  
סמדר ויינגר – המכון לגידולי שדה וגן, מנהל המחקר החקלאי, מכון וולקני, בית דגן  
יורם צביאלי – שרות הדרכה והמיקצוע, לשכת באר-שבע  
רחל לויטא – תחנת יאיר, הערבה

כתובת אלקטרונית: [kapulnik@volcani.agri.gov.il](mailto:kapulnik@volcani.agri.gov.il)

פאקס: 03-9669642 טל: 03-9683483

מאי 2006

אייר תשס"ה

**הממצאים בדו"ח זה הם תוצאות ניסויים**

**הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא**

**חתימת החוקר**

## שימוש במיקוריזה לשיפור התפתחות פלפל בקרקעות מחוטאות

### תקציר הדו"ח

פטריות המיקוריזה משפרות התפתחות הצמח ע"י תגבור קליטת יסודות הזנה חיוניים לצמח, משק המים, מאזן ההורמונלי, מבנה הקרקע ועמידות הצמח נגד פתוגנים בשורש. בתנאי חקלאות אינטנסיבית, שבהם מיושמים כימיקלים, חלה ירידה דרסטית באוכלוסית פטריות המיקוריזה המקומיות באופן שבו צמחים בעלי תלות מיקוריטית גבוהה אינם מתפתחים באופן אופטימלי. הפילפל, ידוע כצמח בעל תלות מיקוריטית גבוהה וטיפול הקרקע בטרם עונה גורמים לא אחת לעיכוב בהתפתחות של הצמחים. במחקר מקדים הראנו כי מידבק פטריית מיקוריזה מסוימת המיושם בשדה משפר את התפתחות הצמח. מטרת העבודה הנוכחית היא להכשיר את הקרקע לבניה של מידבק יעיל לפלפל (במשתלה) אשר את השפעתו ניתן יהיה לקבל על התפתחות וניבה (בשדה). נמצא כי יישום תבדדי הפטריות בתערובת יעילה יותר (מתקבלת הדבקה מקסימלית) במשתלה בהשוואה ליישום כל אחד מהתבדדים בנפרד. כדי להרחיב את ממצאי הפרויקט נערך ניסוי שדה שבחן תגובתם של 3 זנים שונים למידבק מעורב בשדה. נמצא כי ברמת זרחן מופחתת מתקבל ייבול זהה לכמות המתקבלת ברמת זרחן מלאה. זאת ועוד, לא ירידה איכות הפרי או חלק הפרי הראוי ליצוא בטיפולים המיקוריטים מופחתי זרחן. נוכחות המיקוריזה בשורשים גורמת להנבה מוקדמת. ממצא זה עשוי להיות יתרון בכך שתומך ביצוא מוקדם יותר של התוצרת החקלאית ללא השקעה נוספת. המחקר הנוכחי הדגים את יכולת המיקוריזה לגרום לחיסכון ביישום הדשן (לפחות זרחן וחנקן) עובדה המוזילה עלויות הגידול מחד, מקטינה את הנזק הסביבתי הנגרם לקרקע מאידך ומשמשת חלופה מעניינת בגידול פלפל ליצוא.

### מבוא ותיאור הבעיה

כדי להבטיח התפתחות ווגטטיבית ורפרודוקטיבית נאותה מומלץ בגידולים רבים לבצע חיטוי קרקע שמטרתם להקטין את סיכוי התפתחות גורמי תחלואה בעונת הגידול. יחד עם זאת, בשנים האחרונות עם ההגברה במודעות לנזקים הסביבתיים שנגרמים בשל שיטות ההדברה הכימיות והקריטריונים להקטנת השאריות בתוצרת החקלאית גובר הצורך בשימוש בשיטות חלופיות לחיטוי קרקע ו/או שיטות משולבות שבהן יוקטן הצורך בדחיפות הטיפולים במהלך מחזור הגידולים.

חלק גדול מטיפול החיטוי מותירים בשכבת הקרקע העליונה "ריק ביולוגי" מאוכלוסיות מיקרואורגניזמים. בעקבות החיטוי ניצפים לא אחת עכובים בהתפתחות הצמחים מסיבות שעדיין לא ידועות. כדי להתגבר על עיכובי ראשית הגידול פותרים רבים מהמגדלים עיכובים אלו ע"י דישון והשקיה מוגברים שחורגים מכשר הקליטה של הצמח הצעיר, בנפחים שאינם זמינים לו ובחלק מהמקרים נשטפים מתחת לבית השורשים ומגבירים את הנזק לסביבה ואת עלות הגידול לחקלאי.

גידול הפלפל בבתי-צמיחה סובל ביותר בשלבי קליטה ראשוניים ומותיר (גם אחרי תגבור השקיה ודישון) אי אחידות בהתפתחות, אחור בגל הפריחה וההנבה הראשונית, ובעיקר הוצאות מיותרות למגדל הנובעות מעצירת הגידול. בעבר הוכח כי תוספת של מידבק פטריות המיקוריזה מונע את עצירת הגידול ומאפשר קליטה והתפתחות ווגטטיבית נאותים בשדה (Haas et al 1987; Kapulnik et al 1994). התפתחות זו גרמה גם לתוספת משמעותית בגידול וביבול. לצערנו, מידבק מיקוריזה שהיה מצוי בידי החוקרים בשנת 1987 אינו זמין כיום.

בעבודות רבות נמצא קשר בין פעולת הקטילה של פטריות קרקע רבות לבין הקטנת אוכלוסית פטריות המיקוריה בקרקע. בעבודה מקדימה שערכנו נמצא כי עיכוב המיקוריה נשא אופי זמני אבל משמעותי שכן מינים שונים התקשו להיקלט בקרקע שטופלה אפילו בעקבות חיטוי סולרי (Wininger et al, 2003). זאת ועוד, טיפולי חיטוי משלימים או לחלופין גרמו גם הם לדיכוי בהתפתחות הצמחים. עובדות אלה מחייבות בחינה של עיכובי ראשית הגידול אבל יותר מכך, פיתוח טכנולוגיה שתאפשר פיצוי (ישום) או שיקום אוכלוסית פטריות המיקוריה.

פטריית האנדומיקוריה *Glomus intraradices* מאופיינת ע"י חדירה של התפטיר לתוך השורש ובאמצעות בנית רשת קורים מסועפת התורמת להגדלת שטח הפנים של השורש והגברת כשר הקליטה של מינרלים מהקרקע הנחוצים לצמח. מעבר לשיפור בהזנה, נמצא כי הפטרייה משפרת את סבילות הצמחים לתנאי עקה, מקנה הגנה בפני פטריות פתוגניות ונמטודות וכן גורמת לשינויים הורמונליים וביוכימיים בצמח הפונדקאי. לאחרונה פותח בארץ תהליך המאפשר יצור של מידבק מיקוריה הניתן ליישום כבר בשלב המשתלה והעתקת הצמחים המודבקים אל השדה כששורשיהם כבר מאוכלסים בפטרייה. זאת ועוד, לכאורה ניתן היה לחשוב על יישום של הפטרייה מחו"ל כמענה מהיר וזמין לבעיה; אבל, מסתבר כי בשל אופי ייצור המידבק של פטריית המיקוריה לא ניתן לייבא אותה לישראל בשל מגבלות פיטוסניטריות. חוקרים רבים גורסים כי למרות ההתאמה של פטריות המיקוריה לגידולים רבים יש צורך בבדיקת תבדדים יעילים של הפטרייה למין הצמח הספציפי. עובדה זו מאשרת תוצאות שנתקבלו בעבודה הקדמית שערכנו שכן צמח הפלפל (ובעיקר הזנים ההולנדים) אינם נדבקים בקלות במיקוריה אבל לאחרונה מצאנו תבדדים המתאימים לאכלוס צמחי פלפל בתנאים מבוקרים.

### תרומת פטריית האנדומיקוריה AM לצמח.

ניסויים שנעשו בתנאי שדה ובתנאים מבוקרים הראו שהדבקה בפטריה מיקוריטית משפרת את התפתחות הצמחים ומעודדת את גידולם (Daft, 1978). תרומתה העיקרית של הפטריה להתפתחות מתבטאת בקליטת יסודות חיוניים לצמח. יסודות שונים נקלטים ע"י התפטיר החיצוני שבקרקע ומשם מועברים לתפטיר שבתוך השורש וממנו, דרך הארבוסקולס, לרקמת הפונדקאי (Mosse, 1973). הקורים המצויים מחוץ לשורש מהווים מערכת קליטה יעילה, המגדילה את נפח הקרקע המנוצל. לקורים שטח פנים גדול ליחידת משקל, וכך הם מגדילים בהרבה את נפח הקרקע המנוצל ע"י יונקות הצמח (Cooper, 1986). יעילות העברת יסודות ההזנה מהקרקע לשורש המודבק תלויה במין הפטרייה, בשלבי ההתבססות בתוך השורש ובתנאי הקרקע והסביבה (Sanders et al., 1977; Bethlenfalvay et al., 1982; Abbot and Robson, 1985). הזרחן הוא אחד היסודות החשובים להתפתחות תקינה של צמחים, אך זמינותו בקרקע קטנה מאחר והוא ספוח לקולואידים, דבר המקשה על ניצולו ע"י הצמח (Bielecki, 1973). לצמחים מיקוריטיים יתרון בקרקעות דלות בזרחן (Powell, 1975). בדיקות של נוכחות זרחן בקרקע הצביעו על כך שצמחים מיקוריטיים ניצלו יותר זרחן מהקרקע מאשר צמחים שאינם מיקוריטיים (Hayman and Mosse, 1972). בנוסף לזרחן, נקלטים גם יסודות אחרים ע"י תפטיר הפטרייה. דווח בעבר על קליטת יסודות כגון:  $Fe^{++}$ ,  $Cu^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $B^{+++}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , אם כי הממצאים בתחום זה אינם אחידים (Mosse, 1973; Gerdemann, 1975; Tinker, 1983).

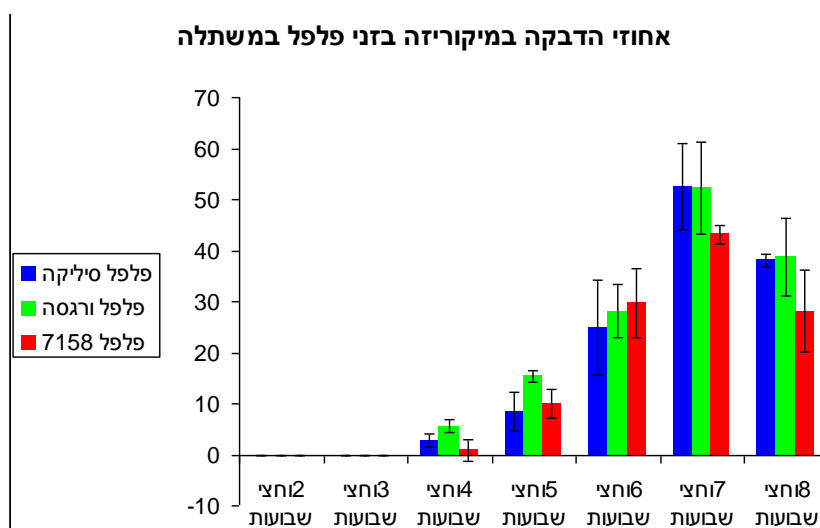
מטרות המחקר הנוכחי :

1. מציאת נשאים (carriers) ושיטות הטענה יעילות של בית-השורשים ביח' ריבוי של פטריות המיקוריזה (במשתלה ובשדה).

2. השפעת איכלוס של שורשי פלפל בפטריית המיקוריזה על כושר הצמח להתגבר על :  
(א) עיכובי ראשית הגידול ; (ב) התפתחות ווגטיבית ; (ג) רמת היבול ואיכותו בממשקי הזנה שונים.

## עיקרי הניסויים

**ניסויי המשתלה** בעבודה הנוכחית נעשו בצמחי פלפל. מתוך תבדידי פטריות המיקוריזה המצויים באוסף המעבדה לביקטור שבמכון וולקני – נבחרו 3 תבדידים שיושמו בתערובת לכל אחד משלושת זני הפלפל שנמצאים בשימוש חקלאי. הניסויים נערכו במשתלת חישתיל שבהם עורבב המידבק (בריכוז יח' הדבקה זהה) במצע הגידול בטרם זריעה ונערך מעקב אחר אחוז השורשים המאוכלסים בכל טיפול ובכל זן. בדיקת אכלוס השורש בפטרייה נעשה ע"י צביעת שורשים סטנדרטית (Phillips and Hayman, 1970) והסתכלות ישירה בבינוקולר (המדד שיעשה בו שימוש יהיה אחוז שורשים מאוכלסים).



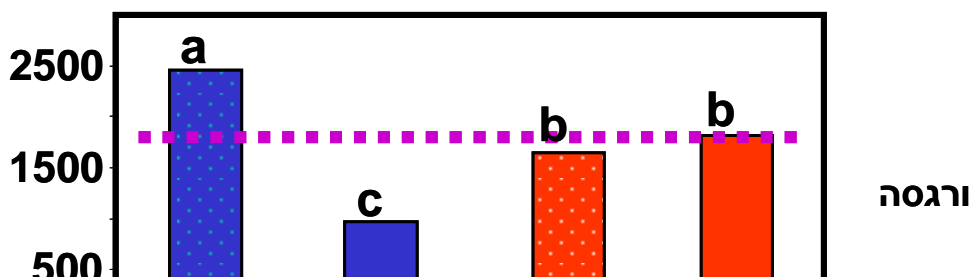
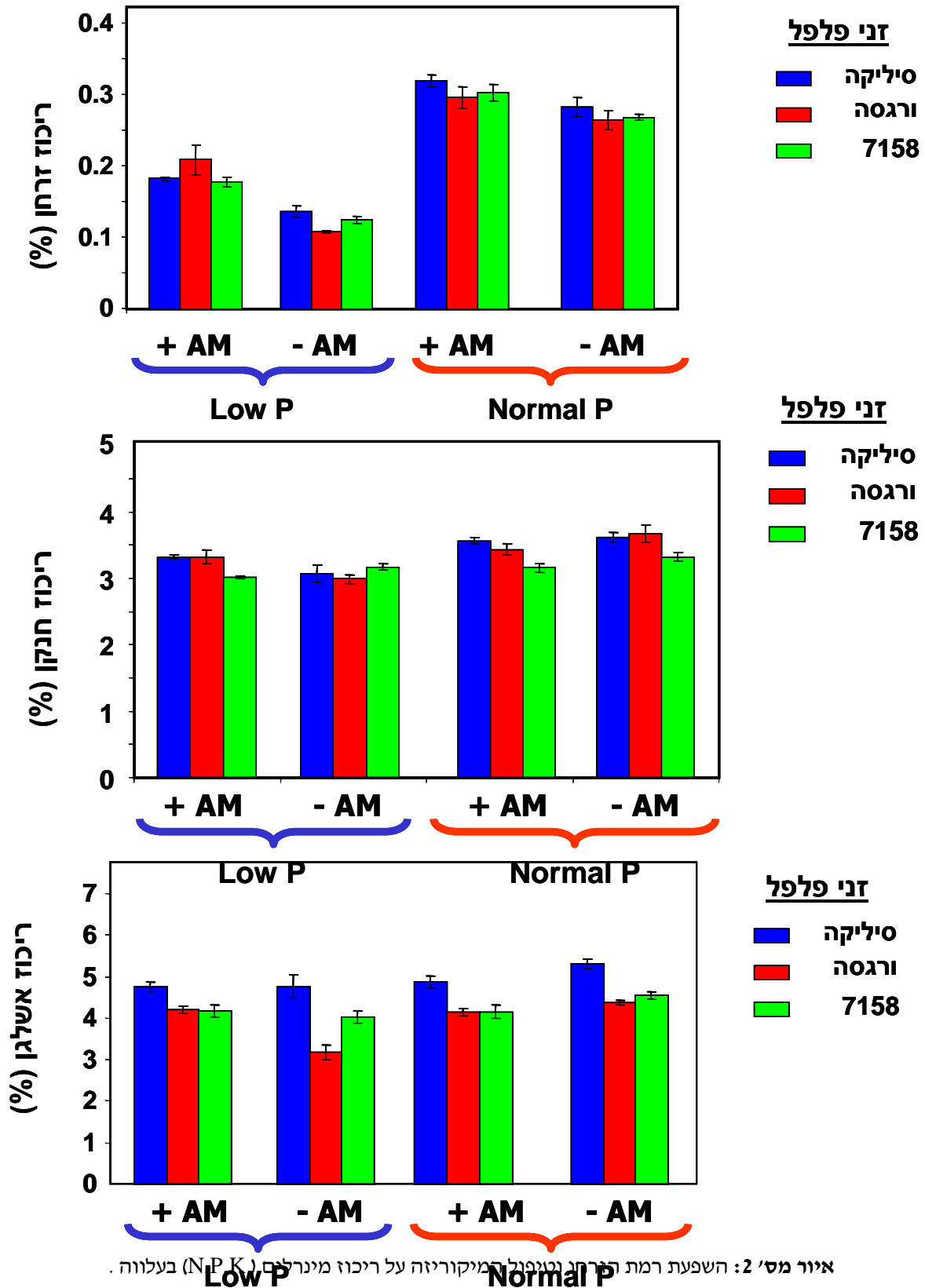
**איור מס' 1:** אחוז השורשים המאוכלסים בפטריית המיקוריזה של הזנים השונים.

מאיור מספר 1 ניתן לראות כי אכלוס שורשים ניתן למדידה רק החל מהשבוע הרביעי (אמצע השבוע הרביעי). רמת האכלוס הרצויה בשורש בטרם העתקת השתיל לשדה אינה נמוכה מ-20% שכן, תגובת הצמח לנוכחות הפטרייה תלויה ברוב המיקרים ברמת ההדבקה בשורש. רמה זו של הדבקה הושגה לאחר 6 שבועות של גידול במשתלה שהוא פרק זמן ארוך מידי להשאת השתילים במשתלה. עוד ניתן ללמוד מאיור מספר 1, כי אין הבדל משמעותי בין הזנים הנבדקים וכולם הראו רמת אכלוס הגבוהה מ-40% בשבוע השביעי.

**ניסויי החממה** ניסויי היישום בשדה נערכו בחממה, בחוות יאיר (ערבה), שלושה זני פלפל הוטענו בתערובת תבדידי פטריות מיקוריזה בשלב במשתלה. כל אחז מהזנים נבדק בתבנית של בלוקים באקראי על גבי כל אחד מטיפולי הזרחן הנבדקים. כל טיפולי המיקוריזה נערכו ב-4 חזרות בכל אחד מהזנים. טיפולי הדישון יושמו החל מהשבוע בשלישי לשתילה וכללו: רמה מישקית (המומלצת לחקלאי) ורמה מופחתת (15% מהרמה המומלצת). השתילה נערכה בסוף אוגוסט 2005, מועד המומלץ לשתילה באזור זה. כבר משלבי הגידול הראשונים (חודשי ספטמבר-אוקטובר) ניתן היה לראות כי הצמחים בשלושת הזנים הנבדקים הגיבו באופן בולט לרמת הזרחן המיושמת בהשקיה וכן לנוכחות פטריית המיקוריזה בשורשיהם. בטיפולים שנחשפו לרמת הזרחן הנמוכה, שבהם גם התבססות המיקוריזה היתה מהירה, נמצא כי התפתחות והצימוח הווגטיבי נמוכה בכ-40% בהשוואה לצמחים שטופלו ברמת הזנה מלאה. עובדה זו התבטאה בגובה הצמח, אורך הפרקים, מספר חנטים שנספרו על הצמח בתאריך הבדיקה. יחד עם זאת, נמצא כי הירידה בהתפתחות הצמח לא נצפתה בצמחים מיקוריטים (המכילים מידבק מיקוריזה בשורשיהם). תרומת המיקוריזה לצמחים שטופלו ברמת דישון מלאה היתה נמוכה ובלתי מובהקת בשלבי גידול אלו בהשוואה לצמחים המיקוריטים שגדלו ברמת הזנה זרחנית גבוהה. מבדיקות מינרלים שנערכו בעלוות הצמחים, בסוף שלב הגידול הווגטיבי, נמצא כי צמחים מיקוריטים של שלושת הזנים מכילים ריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן גבוהים יותר בהשוואה לביקורת הבלתי מיקוריטית. אם זאת, רק תרומת המיקוריזה לריכוז הזרחן נמצאה מובהקת סטטיסטית. ראוי לציין כי תכולת האשלגן בזן וורגסה נמוכה באופן ניכר בהשוואה לזנים האחרים שנבדקו.

בשלבי הגידול המתקדמים (אוקטובר עד אפריל) נמצא כי לרמת הזרחן ונוכחות המיקוריזה תרומה משמעותית בקביעת רמת יבול הצמחים. נמצא, כי בשתי רמות הזרחן חלה הקדמה של כ-שבוע ימים בניבת הצמחים המיקוריטים בהשוואה ליבול שנמצא באותה עת בחלקות הבלתי מאולחות במיקוריזה. הקדמת גל ניבה האופייני לחלקות המיקוריטיות נובע מחנטה מוקדמת שנצפתה בשלבי הגידול המוקדמים. העובדה שגל ניבה זה אופייני רק לצמחים המיקוריטים ונמצא לפני גל הניבה העיקרי של הצמחים (קטיף 10) בשתי רמות הזרחן מלמדת כי נוכחות המיקוריזה משפיעה על התפתחות הצמחים בתהליכים שאינם קשורים להזנה טובה יותר בזרחן (יתכן השפעה הורמונלית או אחרת).

מבדיקת יבול הפירות המצטבר ל-4 קטיפים ראשונים נמצא כי חלקות שטופלו ברמת זרחן גבוהה לא הושפעו מטיפול המיקוריזה וממוצע היבול הכללי עמד על 8.8 טון לדונם (ראה איור מס' 2). לעומת זאת, ברמת הזרחן הנמוכה, נוכחות המיקוריזה בשורשי הצמחים גרמה לעליה של 60% ביבול הפירות בהשוואה לחלקות שלא אולחו בפטריית המיקוריזה. מבחינת רמת היבול הראוי ליצוא עולה כי חלקות המטופלות בפטריית המיקוריזה הניבו יותר פרי הראו באיכותו ליצוא מאשר חלקות שלא אולחו, בכל אחת מרמות הזרחן שניבדקו. בהתאמה, ברור כי אחוז הפירות הראויים ליצוא עלה בעיקבות האילוח במיקוריזה ברמת הזרחן הגבוהה.



**איור מס' 3:** השפעת רמת הזרחן וטיפול המיקוריזה על יבול מצטבר של פלפל ב-4 קטיפים ראשונים.

### **מסקנות והשלכות**

1. בעבודה הנוכחית נמצא כי יישום תבדדי הפטריות בתערובת מאפשרת קבלת ייבול איכותי, גם ברמות הזנת זרחן מופחתת, ללא ירידה באיכות הפרי או בחלק הראוי ליצוא.
  2. לא נמצאו הבדלים בולטים בין הזנים שנבדקו והיישום של מיקוריזה בשדה השפיע באותה מידה על שלושת הזנים, הן באשר לריכוז המינרלים בהם והן ביבול שהתקבל בארבעת הקטיפים המסחריים הראשונים.
  3. נוכחות המיקוריזה בשורשים גורמת להנבה מוקדמת (בשבוע לפחות) בשתי רמות ההזנה שניבדקו.
  4. הניסוי הוכיח גם הפעם כי שימוש בטכנולוגית המיקוריזה מביא לחיסכון ביישום הדשן הזרחני, עובדה המוזילה עלויות הגידול מחד, ומקטינה את הנזק הסביבתי הנגרם לקרקע, מעידך.
- השלכות העבודה : העבודה נערכה בשלושה זנים מובילים של פלפל בערבה. מתוצאות העונה עולה כי אלטרנטיבת המיקוריזה בגידולים בעלי ערך כלכלי גבוה כפלפל הינה רחבה וניתנת ליישום במספר זנים. העבודה פותחת צוהר גם לצורך בדחיקת חומרי הדברה כימיים (בארץ ובעולם) שמכתיבים חיפוש אחר אלטרנטיבות יעילות - לטכנולוגית המיקוריזה פוטנציאל לענות על דרישות אלו באזורי גידול רבים באופן יעיל וזול.



## **סיכום עם שאלות מנחות**

נא לענות על כל השאלות, בקצרה ולעניין, ב 3 עד 4 שורות מכסימום לכל שאלה (לא תובא בחשבון חריגה מגבולות המסגרת המודפסת).

שיתוף הפעולה שלך יסייע לתהליך ההערכה של תוצאות המחקר.

**הערה:** נא לציין הפנייה לדו"ח אם נכללו בו נקודות נוספות לאלה שבסיכום.

<b>מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b>
בדיקת יעילות האיכלוס של תכשיר פטריית מיקוריזה בזנים מסחריים של פלפל והוכחת תרומת הפטריות להתפתחות הצמח ולריכוז המינרלים בו.
לערוך מעקב אחר איכלוס השורשים במידבק המיקוריזה הן בשלב גידולם במשתלה והן לאחר העתקתם לשדה.
<b>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.</b>
1. איכלוס אופטימלי מתקבל מאוחר מידי מבחינת המשתלה
2. יישום המיקוריזה בשדה מאפשר קבלת ייבול איכותי, גם ברמות הזנת זרחן מופחתת, ללא ירידה באיכות הפרי או בחלק הראוי ליצוא.
3. נוכחות המיקוריזה בשורשים גורמת להנבה מוקדמת (בשבוע לפחות) בשתי רמות ההזנה שניבדקו.
<b>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.</b>
1. יש למצוא דרך ליעל את תהליך ההדבקה והאיכלוס בשלה המשתלה ובטרם העתקה לשדה
2. אין צורך לבצע נסויי שדה נוספים במתקונת שנבדקה השנה שכן התרומה של האילוח בפטריה ברורה גל לגבי ניבת הצמח
3. יש צורך להתמקד בהטענה של המיקוריזה בשורשי הצמח בזמן קצר במיוחד
<b>הבעיות שנותרו לפתרון ו/או השינויים שחלו במהלך העבודה (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים); התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנותרה לביצוע תוכנית המחקר.</b>
1. יש לבדוק את יעילות המידבק גם בזני פלפל אחרים
2. הנבת היתר עשוי להוות יתרון בכך שתומך ביצוא מוקדם יותר של התוצרת החקלאית ללא השקעה.
<b>. האם הוחל כבר בהפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח - יש לפרט: פרסומים – כמקובל בביבליוגרפיה, פטנטים - יש לציין מס' פטנט, הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום ותאריך.</b>
עדיין לא הוחל בפירסום או כל הפצת ידע אחרת
לא התחלנו לפרסם עדיין
<b>פרסום הדו"ח:</b> אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)
↩
↩ חסוי – לא לפרסם