

**Application of mycorrhiza for potted and stock plants for improvement of growth and development, and explant production**

**דו"ח מסכם לתוכנית 256-0832**

**מוגש לקרן מדען ראשי משרד החקלאות**

ע"י

מנהל המחקר החקלאי	ד"ר חננית קולטאי
שה"מ	אליעזר שפיגל
פרטי	ד"ר איתן שלמה
מנהל המחקר החקלאי	ד"ר חיה פרידמן
מנהל המחקר החקלאי	נטלי רזניק

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

טל: 03-9683039 פקס: 03-9669583

אפריל 2012

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

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

חתימת החוקר \_\_\_\_\_

## **תקציר**

גידול צמחי הבית (עציצים מוגמרים) וצמחי האם להפקת ייחורים מהווה מקור פרנסה חשוב למספר רב של מגדלים. בארץ קיימים הן מגדלים המתמחים בייצור עציצים הן ליצוא והן לשוק המקומי, והן מגדלים של מטעי אם להפקת ייחורים וייחורים מושרשים; גידולים אלה מהווים ענף חקלאי חשוב. במהלך גידול צמחי הבית והאם נתקלים באיכות ירודה של צמחים ו/או ייחורים, דבר המקטין את רווחי החקלאים. פטריית המיקוריזה יוצרת יחסי סימביוזה עם מגוון צמחים, ומשפרת את צימוחם ואיכותם. השפעת המיקוריזה הוכחה כמועילה לצימוח גם בתנאי גידול מיטביים הקיימים במשתלות, ולא רק בתנאי עקה. הצענו לשפר את צימוח והתפתחות צמחי הבית, וצמחי אם להפקת ייחורים, על ידי שילוב המיקוריזה בתהליך הגידול של צמחי הבית. מטרת המחקר היא בחינת אפשרות יישום המיקוריזה בענף צמחי הבית וצמחי האם להפקת ייחורים, מתוך מטרה להחדירה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחים אלו. תוצאות השנה הראשונה העלו כי נמצא מגוון צמחי עציץ מוגמרים וצמחי אם להפקת ייחורים, היכולים לייסד אינטראקציה עם פטריית המיקוריזה. המיקוריזה יושמה תוך שימוש בפרוטוקול מיטבי, אשר כלל חשיפה ישירה של השורשים לפטרייה, יחד עם יישום במצע. נבדק פנוטיפ הצמחים והשווה בין ביקורת לבין מודבק. בצמחי פלרגוניום ניתן היה להבחין בעליה משמעותית במספר ההסתעפויות הצדדיות אשר הודבקו במיקוריזה בהשוואה לביקורת. תופעה זו הינה בעלת פוטנציאל רב, מכיוון שעלייה במספר ההסתעפויות הצדדיות משמעה עלייה במספר הייחורים שניתן להפיק מצמחי האם. בשנה השנייה של המחקר, על פי התוכנית המחקרית, נבחנה השפעת המיקוריזה על מדדים שונים בעלי חשיבות מסחרית בפלרגוניום שהראה בשנה הראשונה תגובה חיובית למיקוריזה. בשנה זו נעשו הניסויים בתנאי גידול מסחרי, מתוך מטרה לבחון את יעילות והשפעת המיקוריזה בתנאים אלו. מהתוצאות עולה כי מספר הייחורים לצמח אם עלה בהדרגה ובאופן עקבי בצמחי אם אשר הודבקו במיקוריזה, עד לכדי שיפור של 26 אחוזים ביבול. בשנה השלישית של המחקר שיפרנו והרחבנו את יישום המיקוריזה לצמחי אם ממספר זנים של פלרגוניום, תחת תנאים של משתלה מסחרית המתמחה בגידול צמחי אם לייחורים. שימוש בפטריית המיקוריזה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחי אם של פלרגוניום, ממספר זנים שונים, הביא לשיפור בכמות יבול הייחורים. מספר הייחורים לצמח אם עלה בהדרגה ובאופן עקבי בצמחי אם מזנים שונים. כמו כן טיפול של צמחי האם במיקוריזה הפחית את רמת ההצהבה בייחורים בתנאי משלוח קשים, המדמים משלוח ימי, ושיפר את רמת ההשרשה. השיפור ברמת ההשרשה היה משמעותי סטטיסטית. תוצאות אלו מראות כי הדבקת צמחי אם בפטריית המיקוריזה יכולה להביא לשיפור איכות הייחורים המתקבלת לאחר משלוח ימי. דבר זה הינו בעל ערך מסחרי חשוב ביותר, ויאפשר את שיפור ניבת הייחורים ממתע צמחי האם ושיפור איכותם המתקבלת לאחר משלוח ימי.

## **מבוא ותיאור הבעיה**

גידולי צמחי הבית וצמחי האם להפקת ייחורים מהווה מקור פרנסה חשוב למספר רב של מגדלים. בארץ קיימים הן מגדלים המתמחים בייצור עציצים מוגמרים ליצוא והן לשוק המקומי, כצמחי בית, גן ומרפסת, והן מגדלים של מטעי אם להפקת ייחורים וייחורים מושרשים. גידולים אלה מהווים ענף חקלאי חשוב. הסימביוזה המיקוריטית מקויימת בין קבוצה של פטריות קרקע לבין שורשי צמחים. פטריית המיקוריזה מאלחת בטבע 80% ממיני הצמחים העילאיים. בסימביוזה זו משתתפים 80-90 מיני פטרייה הנמנים עם משפחת *Endogonaceae* שאותרו ביותר מאלף סוגי צמחים מ-200 משפחות. ניתן למצוא את פטריות המיקוריזה במגוון קרקעות ואיזורים אקלימיים. יחידות התפוצה של הפטרייה בקרקע כוללות נבגים, תפטיר ושורשים מודבקים של צמחים. לאחר נביטת הנבג, נחשון הנביטה המתפתח ממנו גדל לקור החודר אל השורש, ומתפתח איבר דמוי שיח הקרוי ארבוסקולס (arbuscules) (נסקר לאחרונה ב-1; 2).

לפטריית המיקוריזה תרומה להתפתחות הצמח במספר אופנים. ראשית, היא מתבטאת בקליטת יסודות חיוניים לצמח. יסודות שונים נקלטים ע"י התפטיר החיצוני שבקרקע ומשם מועברים לתפטיר שבתוך השורש

וממנו, דרך הארבוסקולס, לרקמת הפונדקאי (3). 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 הצמח (4). בנוסף, נמצא כי לצמחים מיקוריטיים יתרון בקרקעות דלות בזרחן. בדיקות של נוכחות זרחן בקרקע הצביעו על כך שצמחים מיקוריטיים ניצלו יותר זרחן מהקרקע מאשר צמחים שאינם מיקוריטיים (5). בנוסף לזרחן, נקלטים גם יסודות אחרים כגון:  $Fe^{++}$ ,  $Cu^{++}$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Zn^{++}$ ,  $Na^+$ ,  $B^{+++}$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ .  $Mg^{++}$ , ע"י תפטיר הפטרייה (3). שנית, המיקוריזה מביאה לשינויים במאזן המים בצמח. נמצא במחקרים רבים כי צמחים מיקוריטיים עמידים יותר לתנאי יובש (6,7), וגם לאחר חשיפה חוזרת ליובש נמצא גידולם טוב יותר מזה של צמחים לא מיקוריטיים (8,9,10). כמו כן נמצא כי המיקוריזה מביאה להגדלת שטח העלה, ולעלוה רבה יותר בצמחים מודבקים (8).

המיקוריזה מביאה גם לתנגודת חימצונית רבה יותר. מחקרים הראו כי בצמחים המודבקים המיקוריזה רמת האנזימים הנוגדים חמצון גבוהה יחסית (9). רמה גבוהה זו יכולה להביא לעיכוב הזדקנות העלים. השפעת המיקוריזה בחקלאות הוכחה בעבר במיני גידולים שונים. בארץ הוכח כי השפעת המיקוריזה אינה מסתכמת רק באספקת מינרלים ובתוסכ זרחן לצמח. בגידול הפלפל נמצא כי לנוכחות המיקוריזה תרומה משמעותית בקביעת רמת יבול הצמחים, בהקדמת גל ניבה ובחסכון משמעותי במי השקיה (עד 30% הפחתה במי ההשקיה בצמחים המודבקים במיקוריזה לא פגעה ברמת הניבה, לעומת פגיעה משמעותית בניבת צמחי הביקורת הלא מודבקים במיקוריזה; 10).

ניסיונות שערכנו בתחנת הבשור ותחנת יאיר בערבה העלו כי קיימת תרומה משמעותית של מיקוריזה למספר גידולי פרחי קטיף, ביניהם ליזיאנתוס, טרכליום, ועדעד, גם ובעיקר כאשר יושמה המיקוריזה בתנאי משתלה, כתוספת למצע הגידול בעת ההנבטה (11, 6). יתרה מכך- השפעת המיקוריזה הוכחה כמועילה לצימוח לא רק בתנאי עקה, אלא גם בתנאים מיטביים, כאלו הנהוגים במשתלות. כלומר הוכח יתרון גידולי לשימוש במיקוריזה גם בתנאי גידול אופטמליים כפי שקיימים בדרך כלל הן במהלך גידול של עציצים מוגמרים והן עבור גידול מטעי אם לייצור ייחורים. חשוב לציין כי מיקוריזה קיימת כמוצר באירופה, כמוצר שיש בו שימוש בעיקר במדשאות ובחקלאות, ולכן לא צפויה כל בעיה בשימוש בה עבור מוצרים המשוקים לחו"ל.

יתרה מכך, בנושא הצהבת עלוה הראנו כי המיקוריזה מביאה לעיכוב בהצהבת העלוה של צלוזיה (12). בנוסף- תוצאות ניסוינו במו"פ דרום העלו כי צמחים שנחשפו למיקוריזה היו בעלי נגיעות נמוכה יותר (או עמידות גבוהה יותר) לפוזריום ולריזוקטוניה, וכתוצאה מכך היו בחלקות שאולחו במיקוריזה מספר מועט יותר של התמוטטויות צמחים, לעומת הביקורת אשר לא הודבקה במיקוריזה.

המצעים המשמשים את השרשת וגידול צמחי הבית ומטעי האם הם מצעים המורכבים בעיקר מחומרים אינרטיים כמו פרלייט, טוף, קלקר וורמקוליט, ומחומרים אורגניים דלים במינרלים כמו כבול וקוקוס. היחסים בין החומרים שמהם מורכב המצע עבור הגידולים השונים משתנה בהתאם לסוג הגידול. תוסף מיקוריזה למצע מצד אחד יכול להגדיל את נפח השורשים במצעים האינרטיים כך שישמר יתרון המצע, דהיינו - ניקוז טוב של תמיסת הדישון. מצד שני- תאפשר המיקוריזה אולי הגברה של קליטת מים ומינרלים ובכך תתרום להתפתחות טובה ומהירה של הצמח.

לאור ההצלחה של המיקוריזה לעודד צימוח של צמחי פרחי קטיף בתנאי משתלה, על גבי מצעי גידול, יש סיכוי סביר שיישומה של הפטרייה יוכל לגרום לעידוד ניכר של צימוח צמחי בית ומטעי האם. עידוד זה יביא להשגת תשואות טובות יותר, ויביא לשפור רווחיות הענף.

### **מטרות המחקר:**

ההצעה הנוכחית מתבססת על תרומתה הניכרת של המיקוריזה לצימוח לאחר ההשרשה, ובשלב גידול הצמחים בתנאי גידול המקובלים במשתלות. עד עתה לא הוכנסה המיקוריזה לשימוש בענף צמחי הבית ומטעי

צמחי האם. לאור זאת, הצענו בחינת אפשרות יישום המיקוריזה בענף צמחי הבית ומטעי צמחי האם, מתוך מטרה להחזירה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחים אלו. מטרת המחקר היו 1. לבחון בחינה רחבת היקף לצמחי בית וצמחים למטעי אם, שנבחרו לסריקה עקב בעיות בגידולם או בתוצריהם, היכולים לייסד סימביוזה עם פטריית המיקוריזה. 2. עבור הצמחים המייסדים סימביוזה עם המיקוריזה, לבחון את השפעתה על צימוחם של הצמחים המודבקים בה ועל איכות ומועד הפריחה או תנובת הייחורים. כמו כן בחינת השפעת המיקוריזה על מניעת הזדקנות עלווה בצמחים או הייחורים, ואפשרות שיפור איכות הייחורים הנקטפים. 3. ייסוד פרוטוקול שימוש במיקוריזה עבור צמחי בית וצמחי אם להפקת ייחורים בעל יישום מסחרי.

## עקרי הניסויים

### שנה ראשונה: בחינת יכולתם של צמחי בית וצמחי אם ליכולתם לייסד סימביוזה עם פטריית המיקוריזה

בשנה הראשונה של תוכנית המחקר נבחנו מגוון של עציצים מוגמרים וצמחי אם ליכולתם ליצור סימביוזה עם המיקוריזה. עשינו שימוש בתערובת תבדידים של המיקוריזה ממיני פטריות *Glomus intraradices*, ו- *Glomus macrocarpum*, אשר נמצאו יעילים בניסויים בירקות ובפרחים. רשימת צמחי הבית בהם נערכו הניסויים עודכנה והותאמה לצרכי השוק, וזאת תוך התייעצות עם משתלות. אברי הפצה של כל אחת מהפטריות (נבגים ותפטיר) גודלו במתקן גידול במינהל המחקר החקלאי ומהם הוכן בשלב ראשון המידבק בפורמולציה שפותחה במנהל המחקר החקלאי ובריכוזים שנמצאו יעילים: יושמו 400 יחידות הדבקה לצמח. הניסויים במינים השונים נבחנו כך שכל בכל מין נבחנו 5 צמחים לפחות. בכל הניסויים בוצע טיפול היקש, שבו הוכנו השתילים בצורה דומה אך ללא אילוח בפטריית המיקוריזה - כביקורת. תנאי הגידול בשלב ראשוני זה היו תנאי חממה בבית דגן, אשר מאפשרים בחינה ראשונית של הסימביוזה המיקוריטית. הצמחים גודלו ללא תאורה מלאכותית, בתמונה 1 מגוון המינים שנבדקו והצבתם בחממה בבית דגן (תמונה 1).



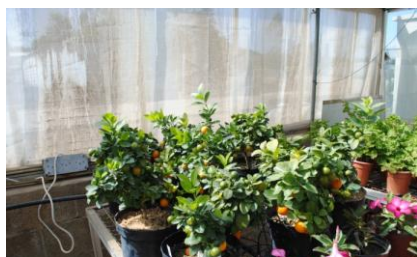
*Gardenia jasminoides*



*Adenium obesum*



*Plargonium x hortorum*



Calamondin or Kalamansi (*Citrus x microcarpa*)



*Myrtus communis*



*Pelargonium peltatum*



*Mandevilla sanderi*



*Syzygium paniculatum*

## תמונה 1: מגוון המינים שנבדקו והצבתם בחממה במכון וולקני, בבית דגן

מדבק המיקוריזה יושם לאחר יצירת השורשים במשרשה, בעת ההעתקה למצע גידול, תוך חשיפה של הפלאג עם השורשים לתכשיר אבקתי, על ידי טבילת הפלאג באבקה (תמונה 2). כמו כן הוספה המיקוריזה למצע האינרטי (מצע טוף) לפני שתילת הצמחים בעציץ בו מגודלים צמחי הבית והאם כמוצר מוגמר.



## תמונה 2: יישום מדבק המיקוריזה על ידי טבילת הייחור המושרש באבקת מדבק המיקוריזה

לאחר כחודשיים נבחנה רמת האיכלוס במיקוריזה: נלקח מדגם שורשים לבחינת רמת האיכלוס. בחינת רמת האיכלוס במיקוריזה נעשתה ע"י צביעת שורשים המקובלת במעבדתינו והסתכלות ישירה בבינוקולר (מדד האכלוס היה אחוז שורשים מאוכלסים): שורשי הצמחים נחתכו כ- 2 ס"מ מתחת לבסיס הגבעול, והוכנסו למבחנות המכילות 10% KOH עד לכיסויים. לאחר שהייה של לילה בטמפרטורה של 4 מ"צ הוכנסו המבחנות לאמבט מחומם לטמפרטורה של 80 מ"צ למשך שעתיים. בהמשך הועברו השורשים למבחנות המכילות 1% HCl, למשך 15 דקות בטמפרטורת החדר, ולאחר מכן הועברו למבחנות עם תמיסת הצביעה טריפן בלו, באמבט בטמפרטורה של 80 מ"צ. לאחר 5 דקות נשטפו השורשים במים מזוקקים ונוכחות הפטרייה נבחנה תוך הסתכלות במיקרוסקופ אור Leica DMLB ותצלום במצלמת Leica DC200 camera (Leica, Heidelberg, Germany). מציאה ברקמת השורש של תפטיר, וסיקולות ו/או ארבוסקולוס נחשבה כהצלחת הדבקה. אחוזי הדבקה מבטאים את % שורשי הצמחים שבהם נמצאו מבנים האופייניים לפטרייה.

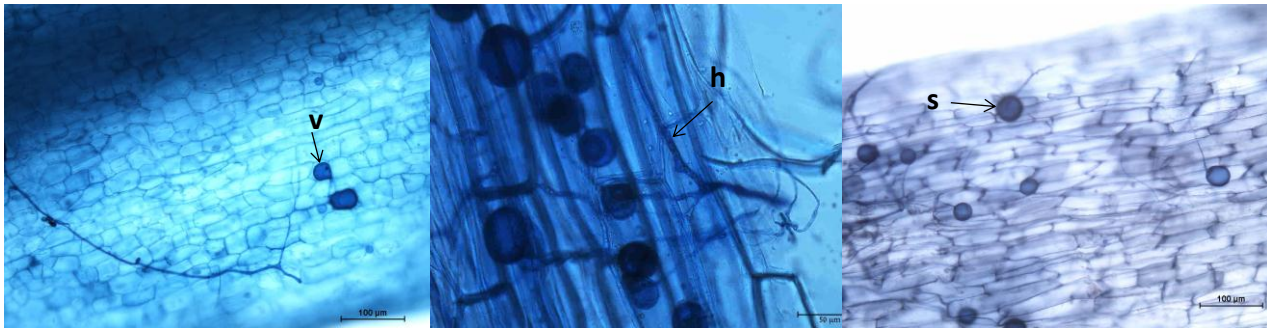


**בטבלה 1** מפורט מערך יישום המיקוריזה למגוון צמחי העציץ והאם: מלבד פלרגוניום משתרע, קלמנודין וזיגניום, נדבקו שאר צמחי העציץ וצמחי האם במיקוריזה.

שם מדעי לטיני	שם נפוץ	כמות שתילים	מיקום	הדבקה ראשונית	סוג מיקוריזה (1)	דישון	דגימה ראשונה	אחוזי הדבקה במיקוריזה (1)	הדבקה שניה	סוג מיקוריזה (2)	דגימה שנייה	אחוזי הדבקה במיקוריזה (2)
<i>Mandevilla sanderi</i>	מנדויליה קטן	-5 +5	חממה 384	במשתלה	G5 גס	ת737 פעם בשבוע	19/12/2010	0	20/12/2010	40ml G5 דק 09-10	07/04/2011	100%
<i>Mandevilla sanderi</i>	מנדויליה בינוני	-5 +5	חממה 384	במשתלה	G5 גס	ת737 פעם בשבוע	19/12/2010	0	20/12/2010	40ml G5 דק 09-10	07/04/2011	100%
<i>Mandevilla sanderi</i>	מנדויליה גדול	-3 +3	חממה 384	במשתלה	G5 גס	ת737 פעם בשבוע	19/12/2010	0	20/12/2010	40ml G5 דק 09-10	07/04/2011	100%
<i>Pelargonium peltatum</i>	פלרגוניום משתרע	-10 +10	חממה 318	04/11/2010	G5 גס	תמיסה פעם בשבוע	27/01/2011	0				
Calamondin or Kalamansi (Citrus microcarpa)	קלמנודין	-7 +5	חממה 318	במשתלה	G5 גס	תמיסה פעם בשבוע	04/11/2010	0	10/11/2010	40ml G5 דק 09-10	17/03/2011	0
<i>Syzygium paniculatum</i>	סיזיגיום מכבדי		חממה 384	23/12/2010	40ml G5 09-10 גס	ת737 פעם בשבוע	17/03/2011	0				
<i>Adenium obesum</i>	אדניום	-4 +4	חממה 318	10/11/2010	40ml G5 09-10 דק	תמיסה פעם בשבוע	24/02/2011	100%				
<i>Gardenia jasminoides</i>	גרדניה	-4 +4	חממה 318	10/11/2010	40ml G5 09-10 דק	תמיסה פעם בשבוע	24/02/2011	25%				
<i>Myrtus com. 'tarentina'</i>	הדס ננסי		חממה 384	23/12/2010	40ml G5 09-10 גס	ת737 פעם בשבוע	17/03/2011	50%				
<i>Plargonium x hortorum</i>	פלרגוניום זקוף	-25	חממה 318	04/11/2010	G5 גס	תמיסה פעם בשבוע	27/01/2011	100%				
<i>Pistacia lentiscus</i>	אלת המסטיק		חממה 384	במשתלה	G5 גס	תמיסה פעם בשבוע	23/01/2010	100%				
<i>Myrtus communis</i>	הדס מצוי	-7 +8	חממה 318	במשתלה	G5 גס	תמיסה פעם בשבוע	04/11/2010	5%	פחות מ5%	40ml G5 דק 09-10	לא	

**טבלה 1:** תוצאות יישום המיקוריזה למגוון צמחי העציץ והאם

**בתמונה 3** דוגמאות לשורשים המודבקים במיקוריזה במינים השונים.



*Gardenia jasminoides*

*Plargonium x hortorum*

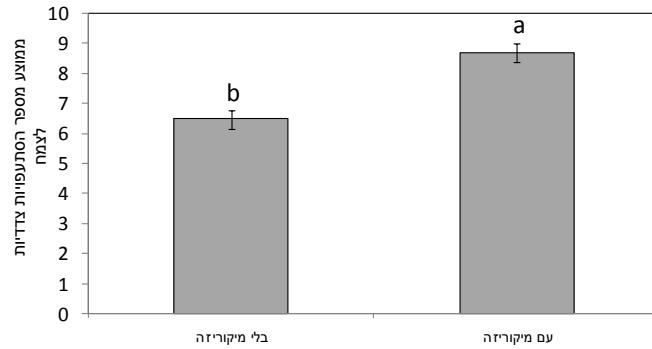
*Mandevilla sanderi*

**תמונה 3:** דוגמאות לשורשים המודבקים במיקוריזה בגרדניה, פלרגוניום ומנדויליה. v- vesicles; h-hyphae; s-spores.

הצמח היחיד מבין אלו שנדבקו בפטריית המיקוריזה ושהיה בעל פנוטיפ שונה (מפורט להלן) בין צמחים מודבקים במיקוריזה וביקורת הוא פלרגוניום זקוף (*Pelargonium Hortorum*). בהמשך, נבחנו צמחים אלו להשפעת המיקוריזה על יצירת ענפים צדדיים, המעניינים מאוד מבחינה מסחרית מכיוון שנקטפים מצמחי אם ומשווקים כייחורים. ראשית נעשו הניסויים בחממה בבית דגן. שתילי פלרגוניום זקוף מזן (*Pelargonium abelin*) הודבקו במיקוריזה בשלב מוקדם יחסית- כשבועיים לאחר ההשרשה. ניסויים אלו נערכו בפיזור אקראי של הצמחים; 30 צמחים קיבלו טיפול במיקוריזה ו-30 אחרים היוו ביקורת.

ניתן היה להבחין בשיפור סיגניפיקנטי על ידי המיקוריזה של צימוח צמחי הפלרגוניום: בצמחים אשר הודבקו במיקוריזה חלה עליה משמעותית במספר ההסתעפויות הצדדיות(תמונה 4). תופעה זו הינה בעלת

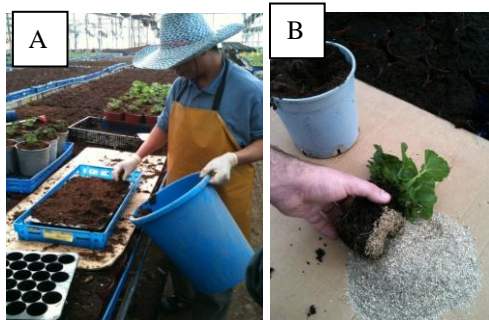
פוטנציאל רב, מכיוון שעלייה במספר ההסתעפויות הצדדיות משמעה עלייה במספר הייחורים שניתן להפיק מצמחי האם.



**תמונה 4:** מספר הסתעפויות צדדיות לצמח בצמחי פלרגוניום המודבקים במיקוריזה וביקורת. אותיות שונות מסמלות ממוצעים השונים זה מזה (T-test,  $P \leq 0.05$ ).

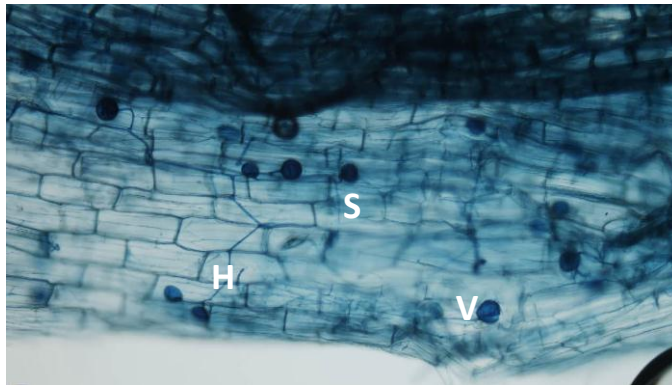
**שנה שנייה: עבור הצמחים המייסדים סימביוזה עם המיקוריזה: השפעת המיקוריזה על צימוח, על מניעת הזדקנות עלווה בצמחי האם, ואפשרות שיפור איכות הייחורים הנקטפים.**

בשנה השנייה של המחקר, על פי התוכנית המחקרית, נבחנה השפעת המיקוריזה על מדדים שונים בעלי חשיבות מסחרית בפלרגוניום זקוף (*Pelargonium abelina*) מקבוצת הזנלה, שהראה בשנה הראשונה תגובה חיובית למיקוריזה. בשנה זו נעשו הניסויים בתנאי גידול מסחרי, מתוך מטרה לבחון את יעילות המיקוריזה בתנאים אלו. נבחנו ייבול הייחורים לצמח ואיכותם עבור פלרגוניום. משתלת רוגולסקי נבחרה כאתר לעריכת הניסויים. מדבק המיקוריזה האבקתי (המתואר למעלה) יושם במשתלה בתחילת יולי 2012, בשתי דרכים: במצע השתילה (A, נפח המדבק 5% מנפח המצע) ותוך קימוח של השורשים באבקת המדבק (B, המחשה **בתמונה 5**). הקימוח נעשה לייחורים בשלב העתקם מתבנית ההשרשה לעציצי החול בהם מגודלים צמחי האם.



**תמונה 5:** דוגמה ליישום מדבק המיקוריזה על ידי ערבוב המדבק במצע (A) וטבילת ייחור מושרש באבקת מדבק המיקוריזה (B)

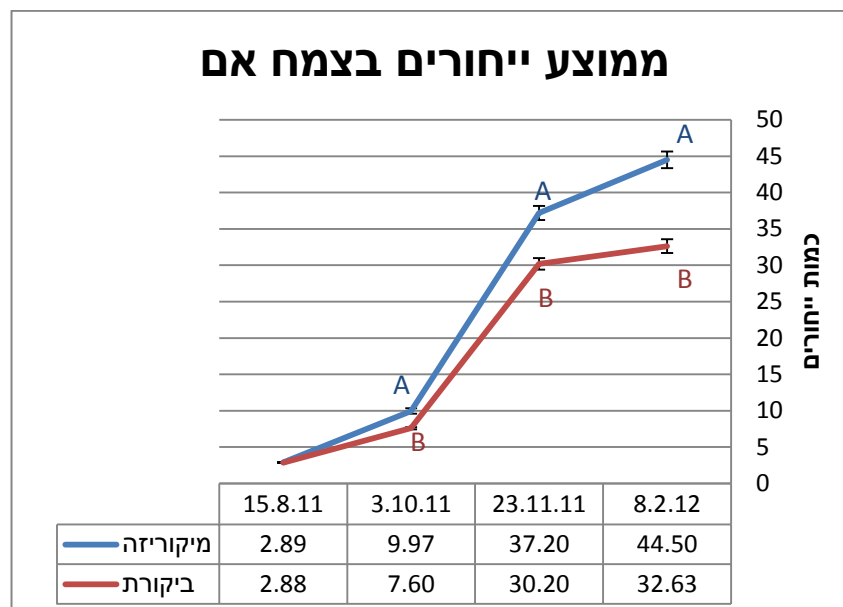
לאחר כחודש וחצי נבדקה נוכחות הפטרייה בשורשים (דוגמה **בתמונה 6**). הפטרייה נמצאה בשורשי הפלרגוניום רק כאשר קומחו השורשים במדבק המיקוריזה, וזאת בשעור של כ-80% הדבקה (דהיינו, כ-80 אחוז מכלל השורשים שנבחנו היו מודבקים במיקוריזה). כאשר יושמה המיקוריזה במצע רמת ההדבקה היתה נמוכה ביותר (כ-10%).



**תמונה 6:** דוגמה לשורשי פלרגוניום זקוף (*Pelargonium abelina*) המודבקים בפטריית המיקוריזה

V- vesicles; S-spores; H- hyphae

יבול הייחורים לצמח-אם נספר כמספר הגלדים (דהיינו, המקומות מהם הורדו כבר ייחורים) ועוד מספר הפריצות הצדדיות או הייחורים המוכנים לקטיף על כל צמח, במהלך תקופת הקטיף. התוצאות מוצגות **בתמונה 7**. **בתמונה 8** דוגמה למופע הצמחים- זה המודבק במיקוריזה וביקורת.



**תמונה 7:** מספר הייחורים לצמח אם (ערך מצטבר) בצמחי אם של פלרגוניום זקוף (*Pelargonium*)

*abelina* שהודבקו במיקוריזה (AM) לעומת הביקורת. אותיות שונות מסמלות ממוצעים השונים זה מזה (T-  
test,  $P \leq 0.05$ ).



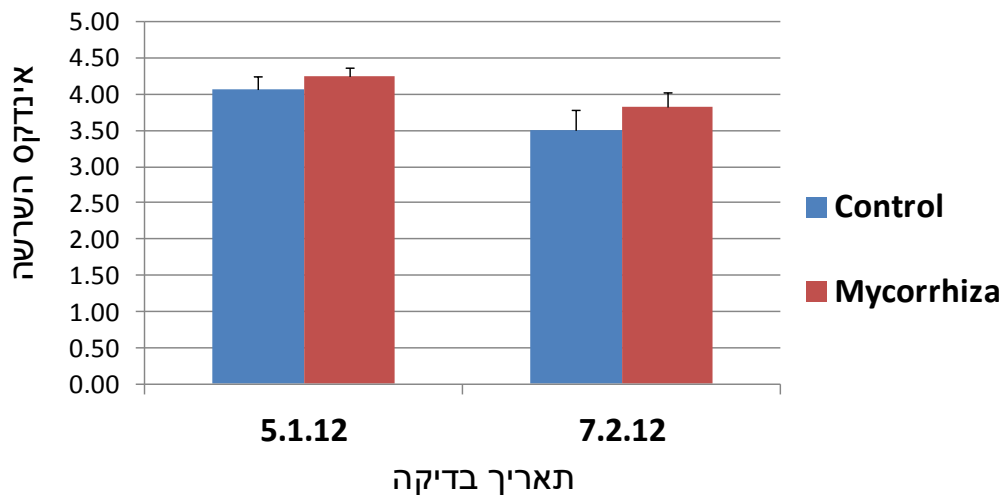


## תמונה 8 : דוגמה למופע צמחי פלרגוניום זקוף (*Pelargonium abelina*) : מודבק במיקוריזה וביקורת

מהתוצאות עולה כי מספר הייחורים לצמח אם עלה בהדרגה ובאופן עקבי בצמחי אם אשר הודבקו במיקוריזה, עד לכדי שיפור של 26 אחוזים ביבול הייחורים. דבר זה הינו בעל ערך מסחרי חשוב ביותר, ויאפשר בעתיד, עם יישומה של הפטרייה כחלק ממערך הגידול, שיפור ניבת הייחורים ממטע צמחי האם.

בנוסף לעניין שיפור כמות הייחורים, בחנו גם את אפשרות שיפור איכות הייחורים. לאחר משלוח חשובה ביותר, ומשפיעה ישירות על רווחי הגידול. ייחורי הפלרגוניום סובלים מהצהבות ולעיתים מיכולת השרשה נמוכה לאחר משלוח. על כן, לייחורים שנקטפו במשתלת רוגולסקי נערכה סימולצית משלוח ימי, בשני תנאי משלוח: 7 ימים ו-14 יום בתנאי משלוח של 4 מ"צ. בתום סימולציית המשלוח הייחורים הועברו להשרשה והצהבה נבחנה כעבור שבוע והשרשה כעבור שבועיים על פי אינדקס מקובל בין 0 ל-5 (דרגת הצהבה גבוהה או דרגת השרשות גבוהה).

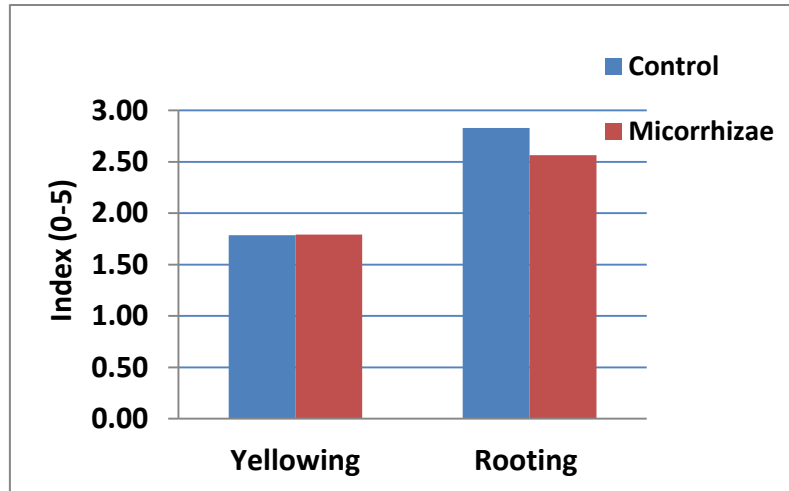
התוצאות לגבי סימולציית משלוח למשך 7 ימים מוצגות בתמונה 9. לא נצפו כלל הצהבות ייחורים, בין אם מצמחי אם המטופלים במיקוריזה ובין אם לאו. יחד עם זאת מדד השרשה של הייחורים היה שונה במעט (ולא באופן סיגניפיקנטי) בין שני הטיפולים: הייחורים מצמחי אם שטופלו במיקוריזה היו בעלי אינדקס השרשה גבוה מעט יותר מהביקורת.



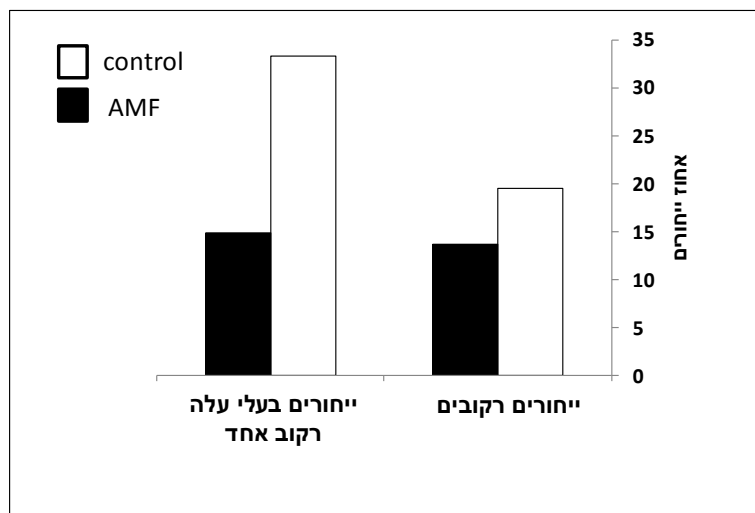
## תמונה 9 : אינדקס השרשה של ייחורים מצמחי אם של פלרגוניום זקוף (*Pelargonium abelina*)

המטופלים במיקוריזה (*Mycorrhiza*) וביקורת, לאחר 7 ימי הדמייית משלוח. הבדיקה בוצעה על 20 ייחורים.

בניסוי הבא נבחנה איכות הייחורים לאחר סימולציית של 14 ימי משלוח. בניסוי זה התקבלה הצהבה בייחורים, כנראה בגלל האחסון הממושך יותר וגם כנראה בגלל מועד הקטיפה המאוחר (התגברות הצהבה במהלך העונה נמצאה בזני זונלה- פרידמן וחובריה דו"ח למדען 09 – 0075 – 430) (תמונה 10). בבדיקה זו גם בוצעה בחינה של מספר הייחורים הרקובים (בדיקה ראשונה) (תמונה 11). בדיקת ההשרשות בוצעה שלושה שבועות אחרי השתילה (תמונה 10) וגם בבדיקה זו הוערכה רמת הריקבון (בדיקה שנייה) (תמונה 11). בדרך כלל, ייחורי פלרגוניום לא נרקבים על שולחן השרשה, אך בניסוי האחרון כנראה בגלל תנאים לחים יותר במהלך השרשה ובגלל האחסון הממושך התקבלו רקבונות שבוטאו כאחוז הייחורים הרקובים או כאחוז הייחורים בעלי ריקבון בעלה אחד בלבד (תמונה 11). ההשוואה בין ייחורים שצמחי האם שלהם טופלו במיקוריזה לעומת כאלה שלא טופלו מלמדת שרמת הצהבה דומה, אך עבור רמת ההשרשות נראה שיש הרעה מסוימת אם כי לא משמעותית כתוצאה מטיפול המיקוריזה. לעומת תוצאות אלו, נראה שייחורים שמקורם מצמחי אם מטופלי מיקוריזה היו עמידים יותר לריקבון (תמונה 11).



**תמונה 10:** השפעת מיקוריזה על צמחי האם פלרגוניום זקוף (*Pelargonium abelina*) על הצהבה והשתרשות של ייחורים לאחר סימולציית משלוח של שבועיים. ייחורים נקטפו ב 19.3 ואחסנו ב 4 מ"צ עד ה 2.4 (שבועיים אחסון). בדיקת הצהבה בוצעה ב 16.4 (בדיקה ראשונה- שבועיים משתילה). בדיקת השתרשות בוצעה ב 23.4 (בדיקה שנייה-שלושה שבועות משתילה) בבדיקה של שבועיים אחרי ההשרשה. הבדיקה בוצעה על 40 ייחורים מכל טיפול.



**תמונה 11:** השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי אם מזן *Abelina* על רמת הריקבון של הייחורים. בצד ימין מתוארים אחוז הייחורים שנרקבו כליל ובצד שמאל אחוז הייחורים בעלי עלה אחד רקוב. עמודות לבנות- טיפול ביקורת (control), עמודות שחורות- טיפול מיקוריזה (AMF).

**שנה שלישית: שיפור ויעול פרוטוקול יישום המיקוריזה בצמחי אם ממספר זנים של פלרגוניום ובחינת השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי האם על איכות הייחורים לאחר משלוח.**

מכיוון שבשנה השנייה של תוכנית המחקר עלה כי יישום מיקוריזה לצמחי אם של פלרגוניום הם בעלי השפעה מטיבה על כמות הייחורים, וכן התקבלו אינדיקציות לכך שגם איכות הייחורים עולה בצמחי אם

שהודבקו במיקוריזה, בשנה השלישית של המחקר פעלו לשיפור וייעול פרוטוקול יישום המיקוריזה בצמחי אם ממספר זנים שונים של פלרגוניום, תחת תנאים גידול מסחריים במשתלה המתמחה בכך. הניסויים נעשו בשנה זו במשתלת אדלר בניר עוז. נבחנה השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי האם על כמות היחורים הנקטפים ועל איכות היחורים לאחר סימולצית תנאי משלוח ימי.

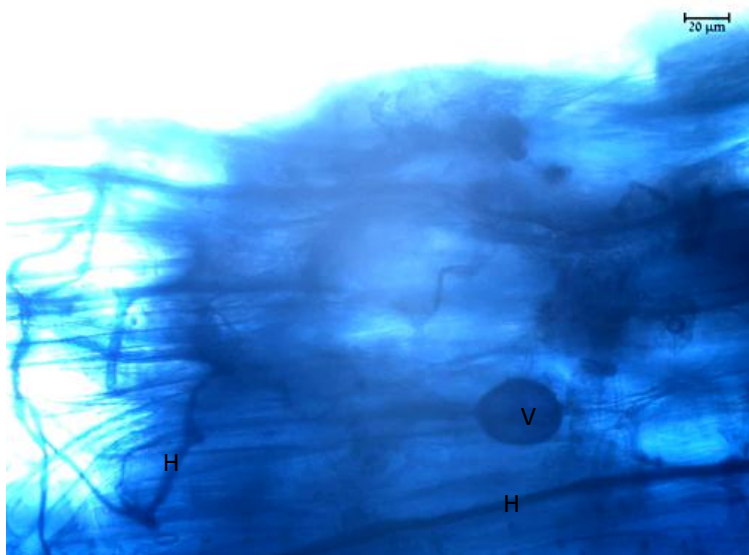
בחנו מספר זנים של פלרגוניום. אלו כללו Ameta מהמין *Pelargonium zonale*, Tommy מהמין *Pelargonium peltatum*, ו-Aristo Darling מהמין *Pelargonium grandiflorum*. מדבק מסחרי של המיקוריזה יושם על שורשי השתילים בעת העתקתם, על ידי קימוח של השורשים החשופים. המידבק של פטריית המיקוריזה *Glomus intraradices* הכיל כ-2000 יח' הדבקה לגר' כתפטיר, ספורות וקטעי שורשים מאולחים. טיפולי הביקורת (ההיקש) נשתלו באופן דומה לניסוי אך ללא תוספת מידבק המיקוריזה. המיקוריזה יושמה באוגוסט 2011 על Abelina ובמאי 2012 על Ameta, Aristo Darling ו-Tommy. גידול צמחי האם והפקת היחורים בוצעו בהתאם לפרוטוקול המשתלות.

לצורך הניסוי נספרו בכל מועד כל הענפים הצדדיים המתאימים לקטיף ברגע הספירה וענפים קטנים יותר שיהיו מוכנים לקטיף לא יותר משבוע לאחר מכן. כמו כן נספרו בכל צמח כל הגלדים מקטיפים קודמים. המדגם שנלקח בכל ספירה הוא כ-30 שתילים מכול טיפול. לאחר כל מועד ספירה נקטפו כל היחורים המתאימים והצמח עבר טיפול של הורדת עלים בוגרים.

כ-14 שבועות לאחר הדבקה עם מיקוריזה נלקחו דגימות שורשים הקרובים למקום יישום המדבק תוך פגיעה מינימלית בשתילים. נוכחות מיקוריזה נקבעה בפרוטוקול כפי שתואר למעלה.

#### נוכחות פטריית מיקוריזה בשורשי צמחי האם

ראשית נבחנו שורשי הצמחים המודבקים לנוכחות מיקוריזה בשורשי צמח האם. לאחר כ-14 שבועות מיום ההדבקה במיקוריזה נלקחו שורשים מצמחים מודבקים, נצבעו בתמיסת הצבע ונצפו במיקרוסקופ. הממצאים העלו כי המיקוריזה הדביקה את שורשי הצמחים והתבססה תוך יצירת מבנים האופייניים לסימביוזה המיקוריטית, בהם גופיפי תשמורת ותפטיר (דוגמה בתמונה 12).

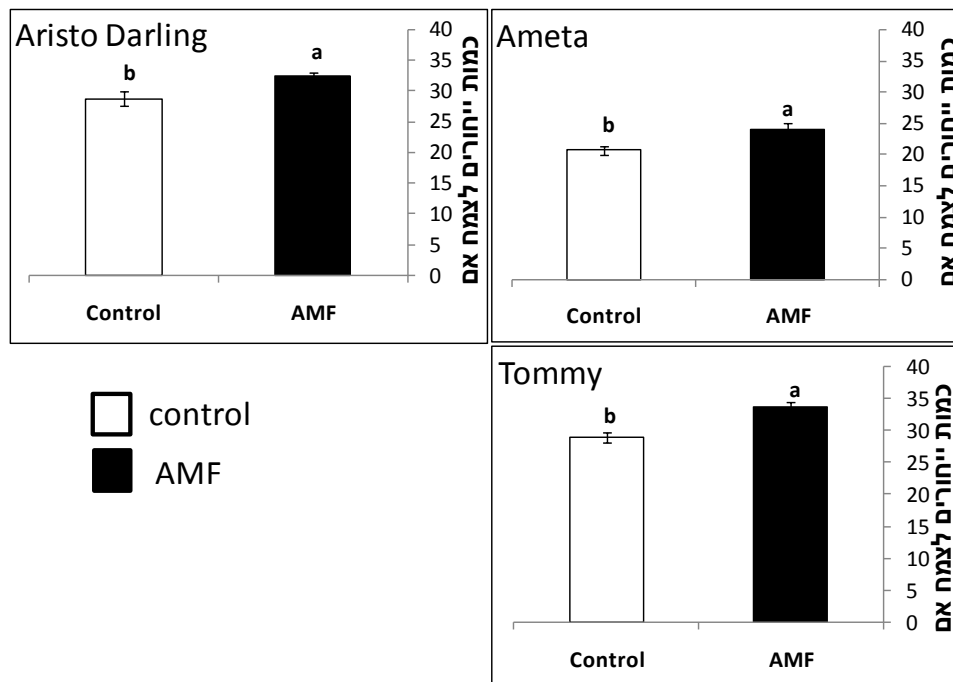


**תמונה 12:** נוכחות פטריית המיקוריזה בשורשי צמחי אם מהזן Ameta. ניתן להבחין בגופיפי תשמורת (V) ותפטיר (H).

#### השפעת פטריית המיקוריזה על מספר יחורים מצמחי אם מודבקים

יישום פטריית המיקוריזה הביאה לעלייה משמעותית בכמות היחורים המופקים מצמחי האם המודבקים. מספר היחורים לצמח אם עלה בהדרגה ובאופן עקבי בצמחי אם, בנוסף לזן Abelina (תמונה 7) גם בזן

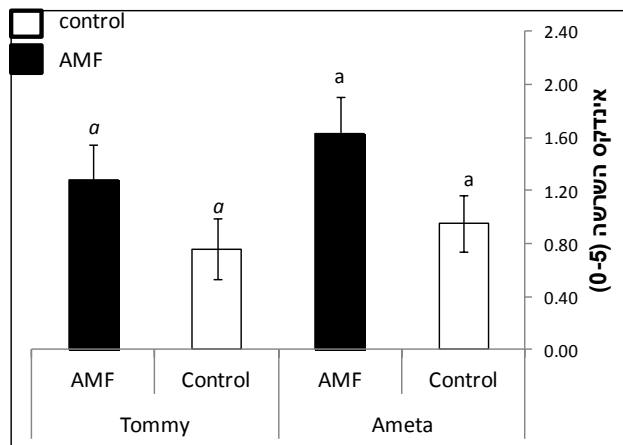
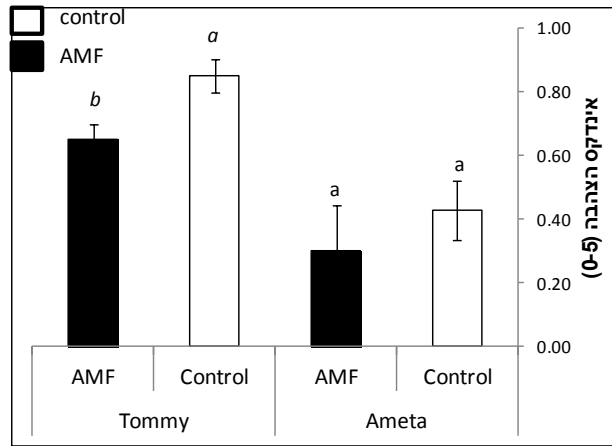
Ameta, וכן ב-Aristo Darling ו-Tommy (תמונה 13). על כן, שימוש בפטריית המיקוריזה להדבקת צמחי אם יכול להביא לעלייה במספר הייחורים הנקטפים מצמחי אם מודבקים, במספר מינים וזנים של פלרגוניום.



**תמונה 13:** מספר הייחורים לצמח אם בצמחי אם מזנים Ameta, Tommy, ו-Aristo Darling שהודבקו במיקוריזה לעומת הביקורת. עמודות לבנות- טיפול ביקורת (control), עמודות שחורות- טיפול מיקוריזה (AMF). אותיות שונות מסמלות ממוצעים השונים זה מזה (T-test,  $P \leq 0.05$ ).

#### השפעת פטריית המיקוריזה על איכות ייחורים מצמחי אם מודבקים

מכיוון שאחת הבעיות בייחורים בכלל וייחורי פלרגוניום בפרט היא איכותם של הייחורים, נבחנה איכותם של הייחורים מבחינת רמת השתרשות, הצהבה וריקבון. בדיקת איכות הייחורים בסימולצית משלוח נערכה על זני Ameta ו-Tommy. בבדיקה זו האחסון נעשה למשך שבועיים ב-4 מ"צ כאשר במהלך השבועיים הייחורים הועברו למשך הלילה פעמיים ל-10 מ"צ בכדי ליצור סימולציית משלוח קשה. בתום האחסון הייחורים נשתלו במצע גן סטנדרטי תחת ערפול. כעבור שבוע נבדקה ההצהבה וכעבור שבועיים ההשרשה. התוצאות הראו כי טיפול של צמחי האם במיקוריזה הפחית את רמת ההצהבה בייחורים, ושיפר את רמת ההשרשה. השיפור ברמת ההשרשה היה משמעותי סטטיסטית (תמונה 14). תוצאות אלו מראות כי הדבקת צמחי אם בפטריית המיקוריזה יכולה להביא לשיפור איכות הייחורים המתקבלת בתנאי משלוח קשים, המדמים משלוח ימי.



**תמונה 14:** השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי האם זני Tommy ו-Ameta על רמת ההצהבה וההשרשה של הייחורים. עמודות לבנות- טיפול ביקורת (control), עמודות שחורות- טיפול מיקוריזה (AMF). אותיות שונות מסמלות ממוצעים השונים זה מזה (T-test,  $P \leq 0.05$ ).

### מסקנות והשלכות

1. נמצא מגוון צמחי עציץ מוגמרים וצמחי אם להפקת יחורים, היכולים לייסד אינטראקציה עם פטריית המיקוריזה.
2. המיקוריזה יושמה תוך שימוש בפרוטוקול מיטבי, אשר כלל חשיפה ישירה של השורשים לפטרייה, יחד עם יישום במצע.
3. ניתן היה להבחין בעליה משמעותית במספר ההסתעפויות הצדדיות בצמחי פלרגוניום אשר הודבקו במיקוריזה.
4. יישומה של הפטרייה בתנאי משתלה מסחריים הביאה לעליה משמעותית ביבול הייחורים לצמח אם בפלרגוניום. תופעה זו הינה בעלת פוטנציאל רב, מכיוון שעלייה במספר ההסתעפויות הצדדיות משמעה עלייה במספר הייחורים שניתן להפיק מצמחי האם.
5. יישומה של הפטרייה בצמחי אם של פלרגוניום הביאה לשיפור מסויים באיכות הייחורים לאחר סימולצית משלוח.
6. שימוש בפטריית המיקוריזה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחי אם של פלרגוניום, ממספר זנים שונים, הביא לשיפור הן בכמות יבול הייחורים והן באיכותו המתקבלת לאחר הקטיפה בסימולציה של תנאי משלוח קשים.
7. פותח פרוטוקול שימוש במיקוריזה עבור צמחי אם של פלרגוניום להפקת ייחורים בעל יישום מסחרי.



8. יישום מדבק המיקוריזה כחלק ממערך הגידול של צמחי אם של פלרגוניום הינו בעל ערך מסחרי חשוב ויכול להביא לשיפור של כמות ואיכות הייחורים המתקבלים תוך שימוש באמצעי זול יחסית, פשוט וטבעי. דבר זה יכול להביא להעלאת רווחיות הענף והגברת היצוא החקלאי.

1. Harrison MJ. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annu Rev Microbiol.* 59: 19-42.
2. Koltai H., Gadkar V. and Kapulnik Y. (2009c). Biochemical and Practical Views of Arbuscular Mycorrhizal Fungus-Host Association in Horticultural Crops. In: *Horticultural Reviews*, (ed. J. Janick), John Wiley & Sons, Inc., in press.
3. Mosse, B. 1973. Advances in the study of the vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Ann. Rev. Phytopathol.* 11: 171-196.
4. Cooper, K.M. 1986. Physiology of VA mycorrhizal associations. In *VA mycorrhiza* (Powell CL and Bagyaraj DJ, Eds.) CRS Press, Inc., Boca Raton, FL pp. 155-86.
5. Hayman, D.S. and Mosse, B. 1972. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.* 71: 41-47.
6. Koltai H., Meir D., Resnik N., Shlomo E., Wininger S. and Ben-Dor B., Ziv O. and Kapulnik Y. (2008b) Exploiting Arbuscular Mycorrhizal Technology in Different Cropping Systems under Greenhouse Conditions in Semi-Arid Regions. *Acta Horticulturae*, 797: 223-228.
7. Kapulnik Y. and Koltai H. (2009b) Effect of Arbuscular Mycorrhiza Symbiosis on Enhancement of Tolerance to Abiotic Stresses. In: *Defensive Mutualism in Microbial Symbiosis* (eds., J. White and M. Torres). Pp. 217-234. Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, USA .
8. Auge, R.M. 2000. Stomatal behavior of arbuscular mycorrhizal plants. p. 201-239. In: Y. Kapulnik and D.D. Douds (eds.), *Arbuscular mycorrhizas: Physiology and function*. Kluwer Academic Pub., London.
9. Wu, Q., Zou, Y. and Xia, R. 2007. Effect of *Glomus versiforme* inoculation on reactive oxygen metabolism of *Citrus tangerine* leaves exposed to water stress. *Frontiers of Agriculture in China* 1: 438-443.
10. Pivonia S., Levita R., Cohen S., Gamliel A., Wininger S., Ben-Gal A., Yermiyahu U. and Kapulnik Y. 2008. Reducing the effect of biotic and abiotic stresses on pepper cultivated under arid conditions using arbuscular mycorrhiza (AM) technology. Application of Mycorrhiza to Ornamental Horticulture Crops. In: *Mycorrhiza Works* (eds. Y. Kapulnik and F. Feldman). Pp. 197-208. DFG Selbstverlag, Braunschweig, Germany.
11. Koltai H., Meir D., Resnik N., Shlomo E., Wininger S. and Ben-Dor B. (2008a). Application of Mycorrhiza to Ornamental Horticulture Crops. In: *Mycorrhiza Works* (eds. Y. Kapulnik and F. Feldman). Pp. 39-45. DFG Selbstverlag, Braunschweig, Germany.
12. אורי א., בן-דור ב., ויניגר ס., רוזניק נ., שלמה א. **וקולטאי ח.** (2008) השפעת מיקוריזה על התפתחות הצמחים והפחתת הצהבת העלים בצלוזיה בומביי. עולם הפרח, ינואר 2008, עמודים 51-50.

## סיכום עם שאלות מנחות

<p><b>מטרות המחקר לתקופת הדו"ח תוך התייחסות לתוכנית העבודה.</b></p>
<p><b>שנה ראשונה: בחינה רחבת היקף לצמחי בית וצמחים למטעי אם, שנבחרו לסריקה עקב בעיות בגידולם או בתוצריהם, היכולים לייסד סימביוזה עם פטריית המיקוריזה.</b></p>
<p><b>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.</b></p>
<p>1. מגוון צמחי עציץ ואם נבחנו ליכולתם לייסד אינטראקציה עם פטריית המיקוריזה.</p>
<p>2. המיקוריזה יושמה תוך שימוש בפרוטוקול מיטבי, אשר כלל חשיפה ישירה של השורשים לפטרייה, יחד עם יישום במצע.</p>
<p>3. ניתן היה להבחין בעליה משמעותית במספר ההסתעפויות הצדדיות בצמחי פלרגוניום אשר הודבקו במיקוריזה בתנאי החממה בבית דגן. תופעה זו הינה בעלת פוטנציאל רב, מכיוון שעלייה במספר ההסתעפויות הצדדיות משמעה עלייה במספר הייחורים שניתן להפיק מצמחי האם.</p>
<p><b>שנה שנייה: עבור הצמחים המייסדים סימביוזה עם המיקוריזה: השפעת המיקוריזה על צימוח, על מניעת הזדקנות עלוה בצמחי האם, ואפשרות שיפור איכות הייחורים הנקטפים.</b></p>
<p><b>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.</b></p>
<p>1. יישומה של הפטרייה בתנאי משתלה מסחריים הביאה לעליה משמעותית ביבול הייחורים לצמח אם.</p>
<p>2. יישומה של הפטרייה בצמחי אם הביאה לשיפור מסויים באיכות הייחורים לאחר סימולצית משלוח.</p>
<p><b>שנה שלישית: שיפור ויעול פרוטוקול יישום המיקוריזה בצמחי אם ממספר זנים של פלרגוניום ובחינת השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי האם על איכות הייחורים לאחר משלוח.</b></p>
<p><b>עיקרי הניסויים והתוצאות שהושגו בתקופה אליה מתייחס הדו"ח.</b></p>
<p>1. שימוש בפטריית המיקוריזה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחי אם של פלרגוניום במשתלה מסחרית הביא לשיפור בכמות יבול הייחורים וזאת במספר זנים שונים של פלרגוניום.</p>
<p>2. שימוש בפטריית המיקוריזה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחי אם של פלרגוניום, ממספר זנים שונים, הביא גם לשיפור ניכר באיכות הייחורים המתקבלת לאחר הקטיפה בסימולציה של תנאי משלוח קשים (משלוח ימי).</p>
<p>3. פותח פרוטוקול שימוש במיקוריזה עבור צמחי אם של פלרגוניום להפקת ייחורים בעל יישום מסחרי.</p>
<p><b>המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר בתקופת הדו"ח.</b></p>
<p>מטרות המחקר הושגו: <u>בשנה הראשונה</u> אותרו הצמחים אשר יכולים לייסד סימביוזה עם פטריית המיקוריזה מבין אלו שנבחרו תוך התייעצות עם משתלות. כבר בשנה הראשונה ניתן היה להבחין בעליה משמעותית במספר ההסתעפויות הצדדיות בצמחי פלרגוניום אשר הודבקו במיקוריזה, וזאת בתנאי המשתלה בבית דגן. <u>בשנה השנייה</u> של המחקר נבחנה השפעת המיקוריזה על מדדי צימוח בתנאי גידול מסחרי ועל יבול ייחורים, וזאת עבור צמחי הפלרגוניום אשר ייסדו סימביוזה עם פטריית המיקוריזה. מהתוצאות עולה כי מספר הייחורים לצמח אם עלה בהדרגה ובאופן עקבי בצמחי אם אשר הודבקו במיקוריזה, עד לכדי שיפור של 26 אחוזים ביבול. <u>בשנה השלישית</u> של המחקר שיפרנו וייעלנו את פרוטוקול יישום המיקוריזה לצמחי אם, הרחבנו את השימוש בו למספר זנים שונים של פלרגוניום, וזאת תחת תנאים גידול מסחריים במשתלה המתמחה בכך, משתלת אדלר בניר עוז. נבחנה השפעת תוספת מיקוריזה לצמחי האם על כמות הייחורים הנקטפים ועל איכות הייחורים לאחר סימולצית תנאי משלוח ימי. התוצאות הראו כי שימוש בפטריית המיקוריזה כחלק מפרוטוקול הגידול של צמחי אם של פלרגוניום, ממספר זנים שונים, הביא לשיפור הן בכמות יבול הייחורים והן באיכותו המתקבלת לאחר הקטיפה בסימולציה של תנאי משלוח קשים. השפעה זו של המיקוריזה הינה בעלת ערך מסחרי חשוב ויכולה להביא, עם יישומה של הפטרייה כחלק ממערך הגידול של צמחי אם של פלרגוניום בפרוטוקול שפותח בעבודה זו, לשיפור של כמות ואיכות הייחורים המתקבלים תוך שימוש באמצעי זול יחסית, פשוט וטבעי. דבר זה יכול להביא להעלאת רווחיות הענף והגברת היצוא החקלאי.</p>

<p>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. במהלך המחקר הושגו כל מטרות תוכנית המחקר.</p>
<p>5. 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.</p>
<p>הוחל בפירסום דרך מאמרים והפצת הידע על ידי מדריכים חקלאיים, ינתנו הרצאות במידת האפשר בכנסים מקומיים ומדעיים.</p>
<p><b>פרסום הדו"ח:</b> אני ממליץ לפרסם את הדו"ח: (סמן אחת מהאופציות)</p>
<p>←</p>
<p>← בהחלט, ללא הגבלה</p>