

השפעת ריסוסי סידן במהלך הגידול על איכות הפרי, נגיעות בבוטריטיס וחיי המדף של פלפל מבקעת הירדן

עונה 2017/18

כרמית זיו, אלי פליק, שרון אלקלעי-טוביה, דני צ'לופוביץ ומירב זעורו – מנהל המחקר החקלאי
תמר אלון, דויד סילברמן – שה"מ
זיוה גלעד, זיו קלינמן, אפרים ציפלבניץ - מו"פ בקעת הירדן, תחנת צבי

תקציר

מחלת העובש האפור בפלפל הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* גורמות לנזק רב בגידול פלפל חורפי בבקעת הירדן. למרות שהאילוח בנבגי הפטריה מתרחש במהלך הגידול, לעיתים לא ניתן לראות סימנים או סמפטומים בשטח והם מתפתחים רק במהלך האחסון והמשלוח לחו"ל וגורמים לנזק משמעותי. עבודות שנעשו בשנים האחרונות הצביעו על כך שמתן יסודות מיקרו/מאקרו אלמנטים כדוגמת סידן בריסוס עלוותי מורידות את הנגיעות במחלה ומפחיתות את חומרתה בשדה. מאידך, לסידן השפעה ניכרת על מבנה דופן הצמח וממשק הסידן ידוע כמשפיע על הבשלת פירות. על כן מטרת הניסוי היתה לבדוק את השפעת הסידן הניתן בריסוס עלוותי במהלך גידול פלפל בבקעת הירדן על איכות הפרי, נגיעותו, ורגישותו לבוטריטיס במהלך אחסון. התוצאות שהתקבלו מצביעות על אפשרות שריסוס עלוותי בכילאט סידן יהיה כחלק מפרוטוקול טיפול במחלת הבוטריטיס במהלך גידול הפלפל בבקעת הירדן, תוך הפחתת השימוש בחומרי הדברה. אולם ישנן עדיין הרבה שאלות פתוחות ביחס למנגנון הפעולה של התכשיר והגברת יעילותו בהתקדמות העונה.

מבוא ותיאור הבעיה

מחלת העובש האפור בפלפל הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* גורמות לנזק רב בגידול פלפל חורפי בבקעת הירדן. הפגיעה ניכרת גם בשטחי הגידול וגם בפרי המשווק. נבגי הפטריה מופצים באויר ומוסעים ע"י רוח או מים. בתנאי חום ולחות מתאימים הנבגים נובטים על העלים ו/או הפרי וגורמים לרקבון המלווה בתפטיר והנבגה של הפטריה (Romanazzi & Feliziani, 2014). למרות שהאילוח בנבגי הפטריה מתרחש במהלך הגידול, לעיתים לא ניתן לראות סימנים או סמפטומים בשטח והם מתפתחים רק במהלך האחסון והמשלוח לחו"ל וגורמים לנזק רב. הפרוטוקול המקובל היום למניעת נגיעות בפטריה כולל אזורור שטחי הגידול וריסוס הצמחים בפונגיצידיים שונים אחת ל-10 ימים. טיפול זה הוא יקר – הן החומרים והן שעות עבודה, ואינו פותר את הבעיה באופן מספק.

תוספת יסודות הזנה מקרו/מיקרו שונים מגבירים את יכולת הצמח להתמודד עם מחלות נוף ומשפיעים על רגישות צמחים לגורמי מחלה כדוגמת בוטריטיס (Yermiyahu et al., 2015). במהלך השנים נערכו מספר רב של עבודות שהראו קשר בין הגברת רמת הסידן בצמח לבין היכולת של הצמח להתמודד עם מחלות נוף שונות (Elad et al., 2007). בדרי"כ ניתנו הטיפולים ע"י הגברת הדישון הסידני (הדשייה), אולם ריסוס עלוותי של סידן נמצא כיעיל יותר. יישום

עלוותי של סידן הוא בעל יתרון ברור היות והוא מכסה את כל נוף הצמח ואינו תלוי בהובלת היסודות בצמח. כמו כן ניתן ליישמו יחד עם טיפולי הגנת צומח אחרים. כך נמצא שתוספת סידן של $Ca(NO_3)_2$ 0.1 g/ml בדישון לפני אילוח בפיטריה הביא לירידה חלקית אך מובהקת בחומרת מחלת הבוטריטיס בליזיאנטוס, בעוד שמתן סידן לאחר האילוח לא השפיע כלל. לעומת זאת סידן שניתן בריסוס עלוותי הביא לירידה ברמת הנגיעות כאשר יושם לפני או אחרי האילוח (Shpialter et al., 2009). כמו כן החדרת סידן כלורי לתפוחים לפני אחסונם נמצאה כיעילה בהפחתת ריקבונות במהלך האחסון (Conway & Sams, 1984; Conway et al., 1991). סידן ידוע כבעל תפקיד חשוב בהולכת הסיגנל בתאי צמחים, בנוסף להיותו מרכיב קריטי בדופן התא המבקר את משק המים והפרשת החומרים מפני השטח. לאחרונה נאסף גם מידע משמעותי לגבי תפקיד הסידן בבקרת הבשלת הפירות (Hocking et al., 2016). לסידן יש השפעה ישירה גם על הפיזיולוגיה של הפתוגן *Botrytis cinerea*. סידן מעכב נביטה של נבגי הבוטריטיס וכן את צימוח התפטיר של הפטריה. בנוסף נמצא שסידן משפיע על הפרשת אנזימים מפרקי דופן ע"י הפטריה מעכב את פעילות האנזמים הפקטינוליטיים שהפטריה מפרישה על מנת לפרק את דופן התא הצמחי (Sasanuma & Suzuki, 2016; Wisniewski et al., 1995). למרות הידע שהצטבר על חשיבות הסידן לבריאות הצמח, קיימים פערי ידע לגבי השפעת ריסוס סידן במהלך הגידול על איכות פרי הפלפל ועמידותו בפני פתוגנים לאחר הקטיף ובמהלך האחסון.

מטרת המחקר:

בחינת השפעת ריסוסי עלווה של סידן בצמחי פלפל על איכות הפרי, חיי המדף שלו ונגיעות הפרי בבוטריטיס בתנאי הובלה ימית.

מהלך המחקר ושיטות עבודה

מבנה הניסוי

פלפל אדום, זן אפעה נשתל במו"פ בקעת הירדן בתאריך 10/08/2017 בבית רשת 50 מש. אורך שורה היה 40 מ', כל חלקת טיפול היתה 8 מ'. לכל טיפול נשתלו 5 חזרות, בבלוקים באקראי וחלקות השקילה ליבול היו באורך 5 מ'. במהלך הגידול בוצע ערפול מדי לילה להגברת הלחות על מנת להגביר נגיעות בבוטריטיס. בנוסף, פוזרו בשטח צמחי עגבניה נגועים בבוטריטיס. הניסוי בחן חמישה טיפולים, שיישומם התחיל ב- 19/11/2017 והסתיים במאי 2018.

1	ביקורת
2	טיפול כימי משקי פעם בשבועיים
3	ריסוס קלציום כלוריד ריסוס שבועי (0.5%)
4	ריסוס ב- CHELAL כילאט - סידן ריסוס שבועי (0.15%)*
5	"שלל סידן" אחת לשבוע + כימי אחת לשבועיים *

*שלל סידן הינו תכשיר לריסוס עלוותי של החברה הבלגית BMS

בדיקת איכות פרי באחסון

בדיקת איכות הפרי וחיי המדף שלו בוצעה בפירות פלפל באיכות ייצוא שנקטף בכ-90% צבע, בתדירות של בין אחת לשבוע עד אחת לחודש. הפרי נשטף במים חמים, בהתאם להמלצות ואוחסן ב-7 מ"צ לחות 90% למשך 14 ימים. לאחר זמן האחסון הפירות הועברו לחיי מדף למשך 3 ימים נוספים ב-20 מ"צ (הדמיה של המצב בזמן שיווק).

בתום תקופת האחסנה וחיי המדף נבחנו מדדי האיכות הבאים:

א. איבוד משקל נבדק ל-4 עד 6 פירות מארגז (12 פירות לטיפול), ומבוטא כאחוז ממשקל התחלתו.

ב. גמישות נמדדה בעזרת מכשיר "מד-לחץ" ל-4 עד 6 פירות מארגז (12 פירות לטיפול) ומבוטאת במ"מ דפורמציה.

ג. ריקבון נבחן ויזואלית לכל הפירות ומבוטא כאחוז מתוך כלל הפירות.

ד. תכולת כלל מוצקים מומסים (כמ"מ, TSS) נבדק נבדק ל-4 עד 6 פירות מארגז (12 פירות לטיפול) באמצעות מכשיר רפרקטומטר דיגיטלי ומבוטא באחוזים.

ה. אחוז הפגמים נבחן ויזואלית לכל הפירות ומבוטא כאחוז מתוך כלל הפירות.

לכל טיפול נבדקו 2-3 קרטונים עם פרי באיכות ייצוא.

בדיקת רגישות לבוטריטיס בהדבקה מכוונת

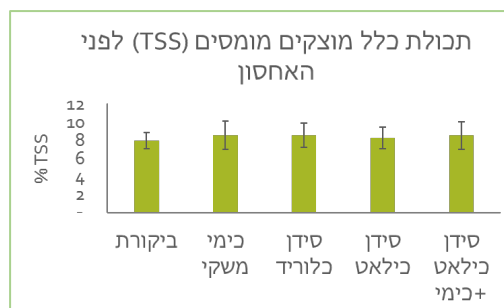
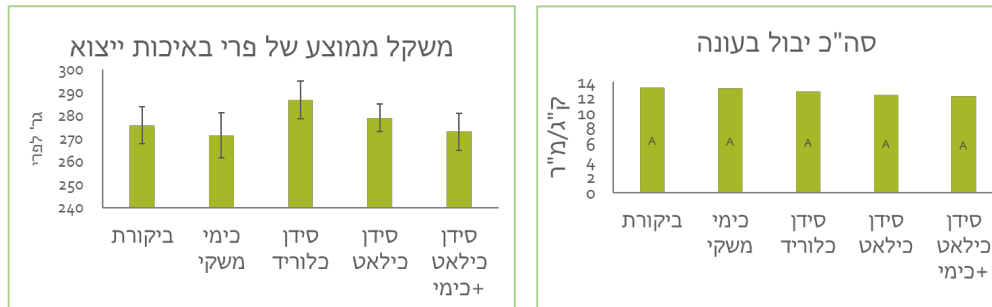
היות ובתחילת העונה לא היתה נגיעות של בוטריטיס בשטח, פירות מארבעת הקטיפים הראשונים הודבקו בצורה מכוונת עם בפטריית בוטריטיס לאחר הקטיף. 12-15 פירות מכל טיפול נישטפו במים פושרים וסבון ואולחו ע"י ריסוס תרחיף נבגים של הפטריה (תרחיף נבגים טרי מתרבית בת 10-15 יום, בריכוז 10^6 נבגים למ"ל בתוספת $50\text{mM KH}_2\text{PO}_4$ ו-2.5% גלוקוז). הביקורת היתה ריסוס במים בתוספת KH_2PO_4 וגלוקוז אך ללא נבגים. הפירות המאולחים אוחסנו בתא לח בטמפי של 20 מ"צ עם מחזורי תאורה של 16 שעות למשך כשבוע, בלחות של 95%. התפתחות הרקבון נבדקה ונמדדה מדי יום.

בדיקת קליטת סידן

קליטת הסידן לפרי באמצעות ICP נבדקה פעמיים במהלך העונה: בראשית העונה ולקראת סופה. הבדיקה בוצעה ל-5 פירות מטיפול לקליפה (הוסרה באמצעות קולפן) ולציפה בנפרד במעבדתו של דר' אורי ירמיהו - גילת.

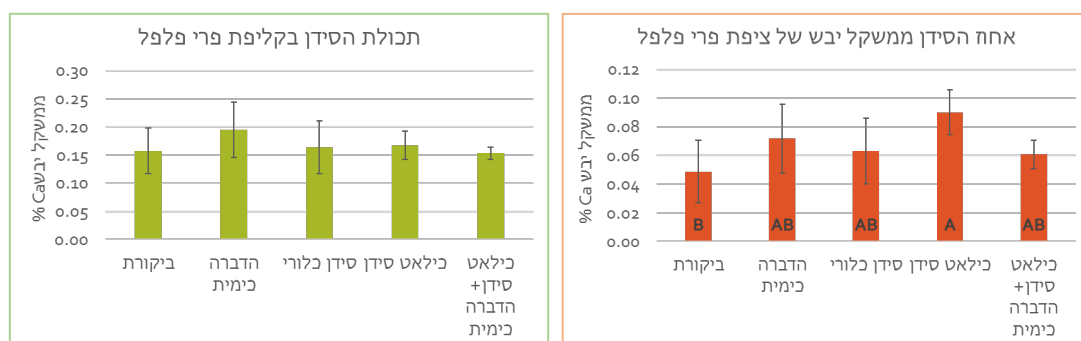
השפעת הסידן כיסוד הזנה על היבול

לטיפולי הסידן לא היתה כלל השפעה על סה"כ היבול במהלך העונה, משקל הפרי הממוצע או תכולת כלל המומסים בפרי במועד הקטיף / לפני האחסון.



קליטת סידן לפרי

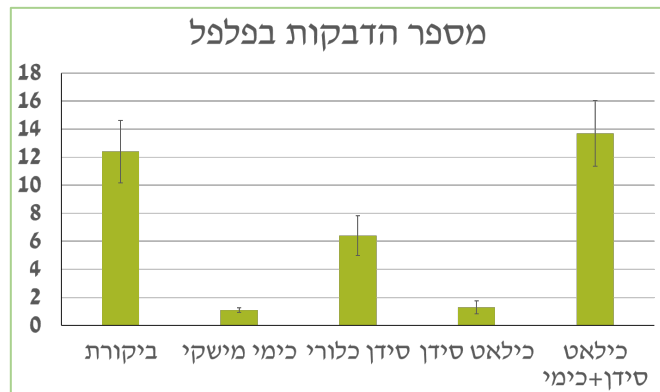
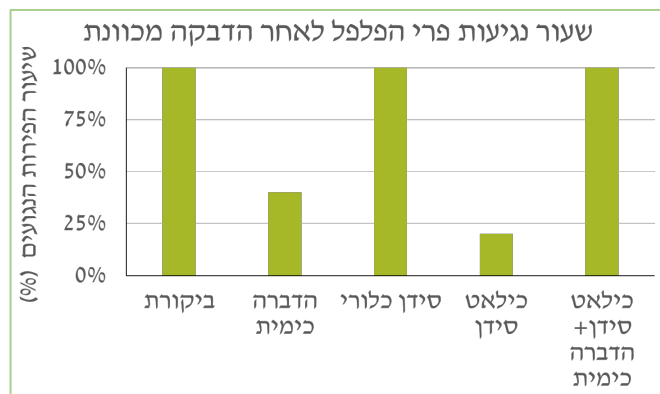
בבדיקה שבוצעה בתחילת העונה (קטיף מיום 28/1/2018) נמצאה בציפת הפירות שטופלו בכילאט סידן תכולת סידן הגבוהה פי 2 מזו שבפירות הביקורת. לא נמצא הבדל בתכולת הסידן בקליפת הפירות מהטיפולים השונים.



לעומת זאת, בבדיקת ריכוז הסידן בפירות מטיפול כילאט סידן יום לפני ריסוס ויום אחרי הריסוס, בפירות מקטיף באפריל, לא היה שונה – דבר שעשוי להצביע על ירידה באפקטיביות הריסוס להעלאת כמות הסידן בפרי ככול שהעונה מתקדמת.

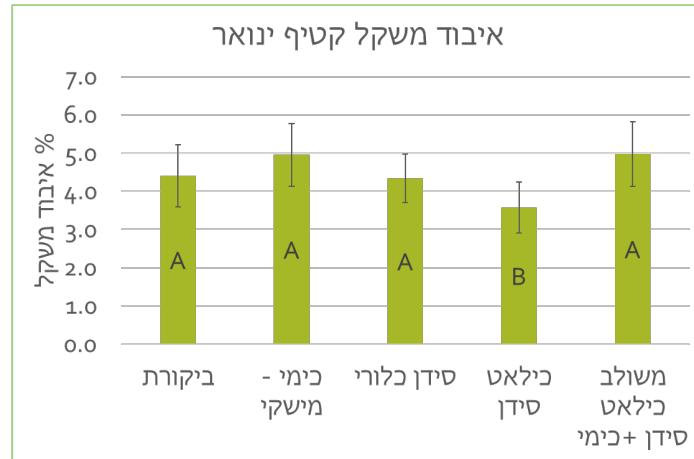
יעילות הטיפולים בהגברת עמידות הפרי להדבקה מכוונת עם בוטריטיס

הדבקות הפרי המכוונות, בוצעו על פירות מארבעת הקטיפים הראשונים, שבהם נמצא כי ריסוס בכילאט הסידן מגביר את ריכוז הסידן בפרי. בפירות אלו ניתן היה לראות בבירור שרגישותם של הפירות שרוססו בכילאט סידן להדבקה בבוטריטיס פוחתת בצורה משמעותית, והיא דומה לטיפול הכימי המישקי. מעניין לציין כי שילוב תכשירים כימיים עם כילאט הסידן "באותו מרסס" פגמה משמעותית בעמידות הפרי לרקבון הפטריה. דבר זה עשוי לנבוע מפגיעה בקליטת הפונגיצידי עקב נוכחות הסידן או להיפך, פגיעה בקליטת הסידן עקב נוכחות הפונגיצידי. עיכוב הקליטה עשוי לנבוע משינוי במתח הפנים של התמיסה או עקב תחרות על אתרי החדירה דרך הקוטיקולה, כפי שדווח כבר בעבר (Schlegel & Schönherr, 2004), וזאת למרות טענת החברה שמייצרת את החומר כי ניתן לשלב את תכשיר ה"שלאל סידן" עם פסטיצידיים.



השפעת הטיפולים על איכות הפרי ונגיעות טבעית בבוטריטיס

בפירות שנקטפו בתחילת העונה ריסוס בכילאט סידן שיפר את איכות הפרי ביחס לטיפולים האחרים. זה בא לידי ביטוי באיבוד משקל נמוך ביותר בעקבות האחסון, וכן בנגיעות טבעית נמוכה יותר בבוטריטיס. אם כי יש לציין שמידת הנגיעות הטבעית בבוטריטיס היתה יחסית נמוכה, דבר שהיקשה על הניתוח הסטטיסטי. שאר המדדים (כמ"מ ואלסטיות וכן מראה כללי) כלל לא הושפעו.

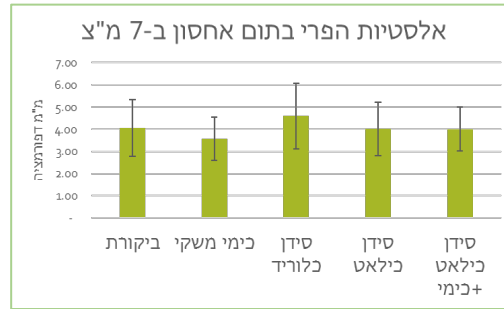
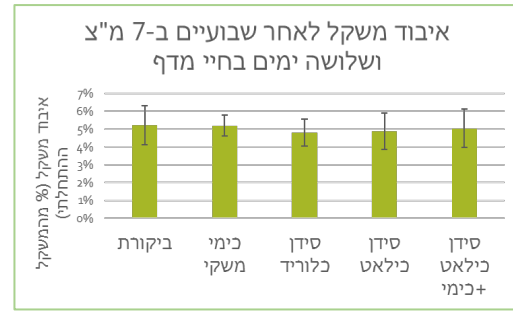
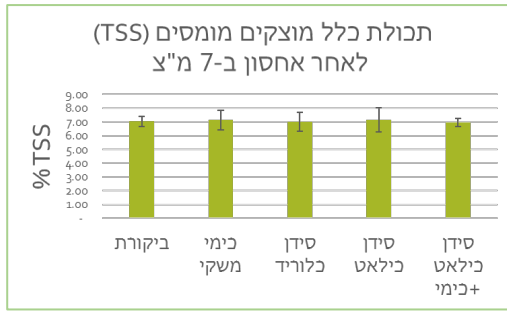


רקבונות טבעיים מהשטח

אפקט הטיפול
התבטא רק
בתחילת העונה



אולם הבדלים אלו נעלמו בהמשך העונה, כנראה עקב ירידה בקליטת הסידן ע"י הפרי – כפי שהודגם גם בבדיקות ה-ICP. בגרפים הבאים מוצגים ערכי איבוד המשקל, תכולת כלל מוצקים וגמישות (אלסטיות) הפירות הממוצעים לכלל העונה:



דיון

הניסוי הנוכחי הדגים כי ניתן להגביר תכולת סידן בפירות פלפל ע"י ריסוס עלווי בפורמולציית סידן השונה מסידן מינרלי / כלורי. הגברת ריכוז הסידן בציפת הפרי היתה בקורלציה לירידה באיבוד משקל הפרי באחסון וירידה ברגישות לרקבונות הניגרמים מבוטריטיס. אולם הבעיה המרכזית שעלתה מהניסוי היא העלמות האפקט החיובי של התכשיר בהתקדמות העונה. מחקרים קודמים הצביעו על יעילות משתנה של קליטת יונים דרך הקוטיקולה כתלות בלחות היחסית (Schönherr, 2006). לכן יתכן שככול שהנוף של צמח הפלפל גדל ומתפתח, הלחות היחסית על פני הקוטיקולה עולה ומקטינה את יעילות קליטת החומרים הפולריים (למשל כילאט סידן) ו/או הנוף מהווה מבלע גדול יותר שמונע מקליטת הסידן לפרי. השאלה המרכזית שעולה מהמחקר היא כיצד פועל כילאט הסידן להגברת העמידות של הפרי לבוטריטיס. אפשרות אחת היא הטמעת הסידן בדפנות הפרי ש"מקשיחות" אותו כנגד התוקפנות של הפטריה. מנגנון אחר, עשוי להיות עיכוב ישיר של התכשיר על הפטריה. בעוד שניסויים *in vitro* בצלחות פטרי תומכות במנגנון העיכוב הישיר, העובדה כי הפרי נשטף וקליפת הפרי לא הכילה כמויות גדולות של סידן ביחס לביקורת – מצביעים על כך שאין התכשיר פועל כפרוטקטנט. אולם נדרש המשך המחקר על מנת להבין את מנגנון העיכוב ו/או הקליטה של הסידן מהתכשיר על מנת לבנות תשתית להתמודדות עם מחלת העובש האפור באופן ידידותי לסביבה.

- Conway, W., & Sams, C. (1984). Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples. *Phytopathology*, 74(2), 208-210 .
- Conway, W., Sams, C., Abbott, J., & Bruton, B. (1991). Postharvest calcium treatment of apple fruit to provide broad-spectrum protection against postharvest pathogens. *Plant Disease*, 75(6), 620-622 .
- Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., & Delen, n. (2007). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*: Springer.
- Hocking, B., Tyerman, S. D., Burton, R. A., & Gilliham, M. (2016). Fruit Calcium: Transport and Physiology. *Frontiers in Plant Science*, 7(569). doi:10.3389/fpls.2016.00569
- Romanazzi, G., & Feliziani, E. (2014). *Botrytis cinerea* (Gray mold). In Bautista-Banos S (Ed.), *Postharvest decay. Control Strategies* (pp. 383). UK: Elsevier.
- Sasanuma, I., & Suzuki, T. (2016). Effect of calcium on cell-wall degrading enzymes of *Botrytis cinerea*. *Biosci Biotechnol Biochem*, 80(9), 1730-1736. doi:10.1080/09168451.2016.1146064
- Schlegel, T. K., & Schönherr, J. (2004). Mixing calcium chloride with commercial fungicide formulations results in very slow penetration of calcium into apple fruits. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167(3), 357-362. doi:doi:10.1002/jpln.200320369
- Schönherr, J. (2006). Characterization of aqueous pores in plant cuticles and permeation of ionic solutes. *J Exp Bot*, 57(11), 2471-2491. doi:10.1093/jxb/erj217
- Shpialter, L., David, D. R., Dori, I., Yermiahu, U., Pivonia, S., Levite, R., & Elad, Y. (2009). Cultural methods and environmental conditions affecting gray mold and its management in lisianthus. *Phytopathology*, 99(5), 557-570. doi:10.1094/phyto-99-5-0557
- Wisniewski, M., Droby, S., Chalutz, E., & Eilam, Y. (1995). Effects of Ca²⁺ and Mg²⁺ on *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* in vitro and on the biocontrol activity of *Candida oleophila*. *Plant Pathol*, 44(6), 1016-1024. doi:10.1111/j.1365-3059.1995.tb02660.x
- Yermiyahu, U., Israeli, L., David, D. R., Faingold, I., & Elad, Y. (2015). Higher Potassium Concentration in Shoots Reduces Gray Mold in Sweet Basil. *Phytopathology*, 105(8), 1059-1068. doi:10.1094/phyto-09-14-0256-r