

1. דו"ח מדעי לשנת המחקר 2020 עבור הצעת המחקר: שיפור והגדלת מגוון האמצעים לצמצום נזקי תופעת ההתמוטטות הנרחבת בעגבניות חממה.

2. שמות השותפים למחקר:

ד"ר עומר פרנקל, ד"ר אביב דומברובסקי, דניאל רוקנשטיין, איתי קרו, גדעון מורדכוביץ, עודד לחמן ומנחם בורנשטיין: המחלקה לפתולוגיה של צמחים המכון להגנת הצומח, מנהל המחקר החקלאי, ראשון לציון.

פרופ' יעקב קטן וד"ר יעל רקח: המחלקה לאגרואקולוגיה ובריאות הצמח, הפקולטה למדעי המזון ואיכות הסביבה בחקלאות, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות;
ד"ר יובל קיי, ד"ר שמעון פיבניה, ציון שמר, עופר גיא: מו"פ רמת נגב.
שלי גנץ, נטע מור וליאור אברהם: שה"ם.

התוצאות הינם תוצאות ניסויים וכוללים בחלקן חומרים בפיתוח וחומרים שעדיין ללא אישור לשימוש מסחרי ואינן משמשות המלצות לחקלאים

3. מבוא ותיאור הבעיה. מטרות המחקר:

במהלך 2015-2020 דווח ביישובי רמת נגב והחל מ-2017 גם בחבל הבשור על מחלה המתפשטת בחממות של צמחי עגבניות בוגרים. הסימפטומים כוללים הצהבת עלים, התמוטטות הצמחים ונזק ליבול. בצוואר השורש של הצמחים המתמוטטים ניתן לזהות לעיתים גם כמות גדולה מאד של צברי נבגים אדומים. מבידודים בלתי תלויים ברמת נגב זוהו בעיקר תבדידים של *Fusarium Solani*. זהו פתוגן שונה מהפוזריום הגורם לרקבון הכתר ונחשב בעבר כפתוגן נפוץ אך חלש יחסית עם מספר עדויות מצומצם לגרימת נזק מקיף כפתוגן ראשי אך בשנים האחרונות בשילוב עם עקות ביוטיות נוספות נזקיו הולכים וגדלים. במטרה לייצר פתרונות לבלית התופעה הוצע לניסוי פרוטוקול גידול הכולל יישום של החומר סוויץ *Cypridonil* ('ו Fludioxonil) כל-2-3 שבועות במחזורי השתילה של האביב. יישום אינטנסיבי כל כך של החומר מעלה את הסיכויים להפחתת יעילותו, אם על ידי יצירת עמידות, התפתחות אוכלוסיות מיקרואורגניזמים היכולים לפרק את החומר או טעות ביישום ולכן יש חשיבות גדולה לייצר ולשפר את ארסנל התגובות שלנו כנגד הפתוגן, בשנה האחרונה החל מאמץ לסריקת כנות עמידות או סבילות כנדבך חשוב בפתרון כנגד התמוטטות המאוחרת. עדויות משטח מראות כי זנים מורכבים מסויימים רגישים יותר מאשר זנים אחרים גם אחרי תהליך ההרכבה ולעיתים גם יישום הפרוטוקול המחמיר עם הסוויץ 'לא הועיל באופן אחיד. המצב הנתון מחייב אותנו לשפר עוד יותר ולהרחיב את טווח הפתרונות כנגד המחלה.

מטרת המחקר:

הצעת מחקר זאת באה להרחיב את טווח הפתרונות המשולבים בהפחתת נזקי תופעת ההתמוטטות בצמחי עגבניה בוגרים בדגש על הפחתת היישומים הכימיים והסתמכות על חומר בודד.

מטרת המחקר הספציפית הייתה בחינת שילוב כנות וחומר הדברה במינונים ומרווחים שונים להפחתת נזקי הפוזריום.

4. שיטות המחקר:

4.1. ניסוי בתנאים מבוקרים בהפחתת מינוני הסוויטץ' בצמחים עם וללא הרכבה על כנות

האפשרות לשלב בין צמצום השימוש בחומר הדברה וכנות בעלי סבילות לפוזריום תחת תנאי הדבקה בנגיף ה ToBRFV נבדקה במספר ניסויים בעונת האביב של 2020. הניסויים בוצעו במתכונת דו גורמית. בניסוי הראשון שבוצע בחודש יולי בבית זכוכית במכון וולקני נבדק הזן שרי הלא מורכב שירן (הזרע); שירן מורכב על כנת ארנולד (סינג'נטה) או ושירן מורכב על כנת ויטלפורט (באייר). תחת יישום של חומר ההדברה סוויטץ' (מכתשים) אשר נמצא כחומר היעיל ביותר בניסויים המקדימים ואף בוצע בו שימוש בחלקות מסחריות ברמת נגב כבר תוך כדי תקופת המחקר. הטיפולים כללו יישום של סוויטץ' בהגמעה במינון מלא (מינון מטרה, 150 סמ"ק לדונם), חצי מינון מטרה (75 סמ"ק לדונם) או רבע מינון מטרה (37.5 סמ"ק לדונם). פעם בשלושה שבועות. יישום החומר הראשון בוצע שלושה ימים לפני האילוח משולב של צוואר השורש (מתחת להרכבה) בקיסם מאולח ב *F. solani* ואילוח נופי בתמצית עלים נגועים בנגיף ToBRFV.

4.2. ניסוי במו"פ רמת נגב לשילוב כנות עם ריווח מועדי השימוש בחומר הדברה

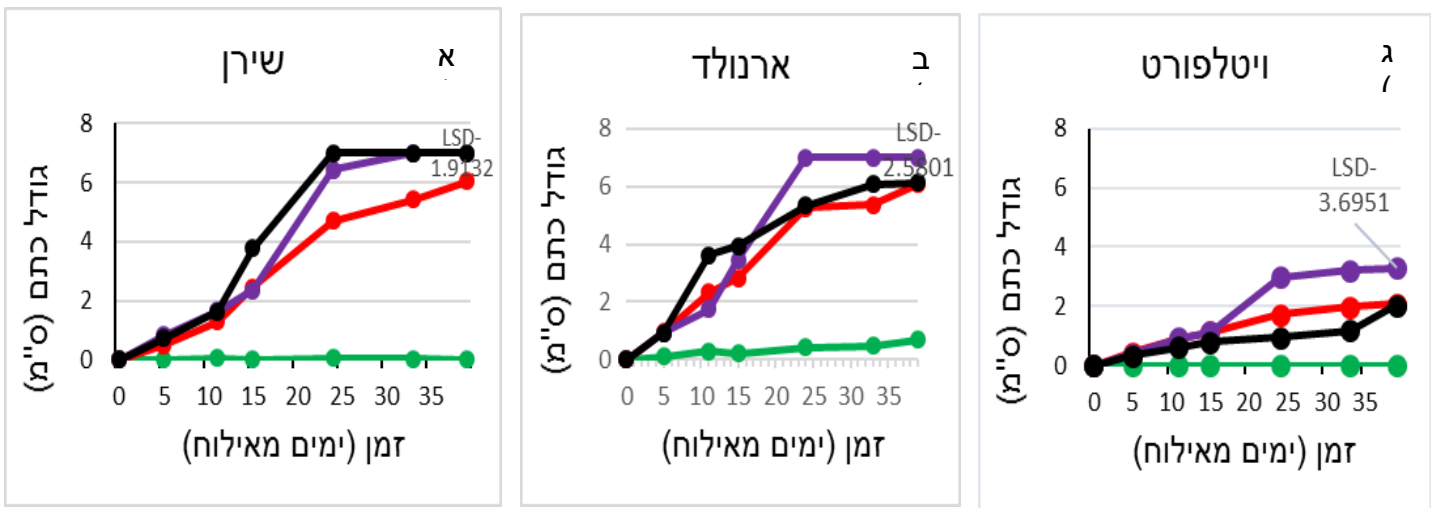
ניסוי נוסף בוצע בתנאים המדמים שטח מניב במו"פ רמת נגב באפריל 2020. בניסוי נבדקו הזן שירן ללא הרכבה ושירן מורכב על הכנות ארנולד, ויטלפורט ואיתן (סולי). כמו כן נבחן כל זן/כנה במשטר יישום של החומר סוויטץ' בריכוז 150 סמ"ק לדונם במועדים של פעם בשבועיים; פעם בחודש וללא חומר הדברה כלל. כמו כן בוצע טיפול סוויטץ' 150 אשר עבר אלטרנציה עם פוליקור. ההדבקה ב *F. solani* בוצעה 18 יום אחרי השתילה והיישום בנגיף 45 יום אחרי השתילה. תמותת הצמחים הוערכה פעם ב 2-4 שבועות במשך ארבעה חודשים. בסיום הניסוי חושבו ערכי ה AUMPC של תמותת הצמחים. הניסוי בוצע ב 4 חזרות שבכל חזרה 8 צמחים. הניסוי נערך פעמים.

5. תוצאות.

5.1 שילוב כנות וחומר הדברה במינונים שונים על להפחתת נזקי ההדבקה המשולבת

במהלך שנות המחקר, טיפולי ניסויים מבוססי Fludioxonil הפחיתו את חומרת ההדבקה המשולבת בצמחי עגבניה אך היישום אינטנסיבי מאוד ומעלה גם חשש של התפתחות עמידות ולכן היה צורך לבדוק האם ניתן לצמצם את מספר היישומים וכמות החומר. בכדי לבדוק האם ניתן לצמצם את מינון תכשיר ההדברה נבחן בניסוי מינון המטרה (0.0625 גר' לצמח N=, ערך המגורמל מ 150 סמ"ק לדונם), חצי, ורבע מינון המטרה

לעומת קבוצות ביקורת חיובית ושליילית, על גבי זן שירן לא מורכב ושירן מורכב על כנות ארנולד ואיתן. הניסוי נערך מספר פעמים אך עקב מגבלות מקום מוצגת רק חזרה אחת מייצגת. על גבי הזן שירן כל הפחתה במינון גרמה לעלייה משמעותית בחומרת המחלה ורק מינון המטרה השיג את מטרתו (איור 1א). על גבי כנת ויטלפורט שמסתמנת כסבילה יותר, הייתה חומרת המחלה נמוכה יותר מאשר על שירן אך למרות שלא היו הבדלי סטטיסטים בין מינוני היישום עדין במינון המטרה המלא לא התפתח כתם ובריכוזים המופחתים התפתח כתם באורך 2-3.3 ס"מ (איור 1ג). בכנת ארנולד הייתה שונות בין הניסויים אך בכלם הייתה הפחתה מובהקת בגודל הכתם רק במינון המלא (איור 1ב). לסיכום ניסויי החממה הראו כי לא ניתן לצמצם בבטחה את ריכוז המטרה של החומר, גם לא בכנות סבילות. (איור וטבלה 1)



איור 1 עקום התפתחות המחלה שנגרם מפוזריום סולני תחת ההדבקה המשולבת עם ToBRFV במינוני החומר סוויטץ שונים: ירוק- מינון מלא; אדום- חצי מינון; סגול- רבע מינון ושחור ללא חומר הדברה. חומרת המחלה מתהטאת בגודל הכתם הנקרוטי המתפתח בצוואר השורש והכתם נמדד עד היום ה-35 מאילוח. הניסוי נערך בזן שירן לא מורכב (א), שירן מורכב על כנת ארנולד (ב) ושירן מורכב על כנת ויטלפורט (ג). ערך ה LSD מצוין ליד נקודת ההערכה האחרונה ביום 35.

טבלה 1) ניתוח ערכי ה AUDPC של הפחתת מינוני הסוויטץ ממינון מלא (1), חצי מינון (0.5); רבע מינון (0.25) וללא יישום (0) על גבי זן שירן ושירן מורכב על כנת ארנולד או כנת ויטלפורט ניתוח ANOVA מצביע על אינטראקציה מובהקת בין גורם הכנה והריכוז. לכן מבחן Tukey HSD מבוצע

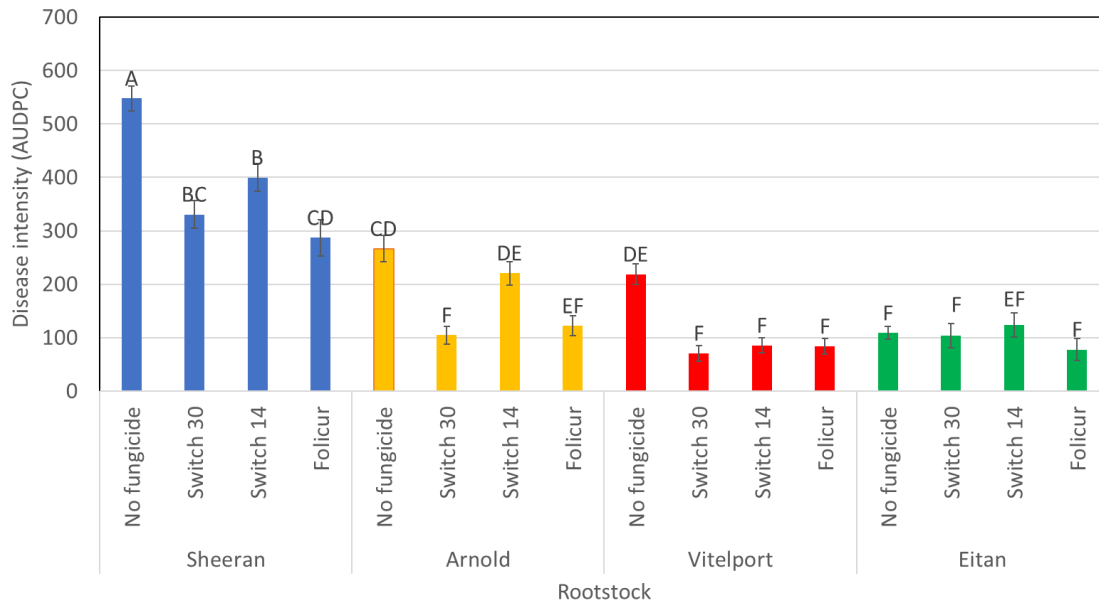
בין הריכוזים השונים בתוך כל זן/כנה בנפרד. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק בין הריכוזים

VARIETY ¹	DOSE ²	Mean ⁴	LSD
Arnold	0	299	A
Arnold	0.25	346	A
Arnold	0.5	295	A
Arnold	1	26	B
Shiran	0	346	A
Shiran	0.25	319	AB
Shiran	0.5	252	B
Shiran	1	2	C
Vitelport	0	143	A
Vitelport	0.25	119	AB
Vitelport	0.5	98	AB
Vitelport	1	0	B

5.2 בחינת שילוב כנות עם ריווח יישומי חומר הדברה מבוסס סוויטץ'

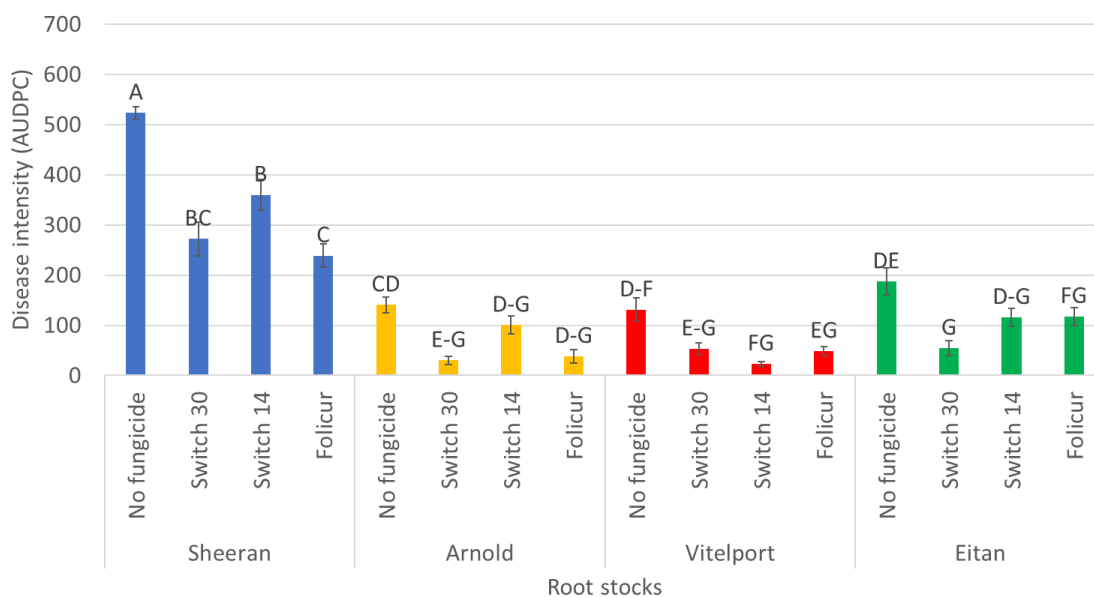
בניסויים שנערך במו"פ רמת נגב המדמה חלקה מסחרית נבדק משטר יישום של החומר סוויטץ בהגמעה בריכוז 150 סמ"ק לדונם במועדים של פעם בשבועיים; פעם בחודש וללא חומר הדברה כלל על גבי זן שירן לא מורכב ושירן מורכב על שלוש כנות: ארנולד, ויטלפורט ואיתן. תוצאות ניסוי 1

מוצגות באיור 2 תוצאות ניסוי 2 מוצגות באיור 3. נצפו הבדלים בין הכנות, שהכנות איתן וויטלפורט היו סבילות יותר מאשר שירן לא מורכב אך גם יותר מכנת ארנולד אשר סבלה שונות גבוהה ובניסוי 1 הייתה בעלת רמת סבילות בינונית ובניסוי 2 ברמת סבילות הדומה לכנות איתן וויטלפורט. האינטראקציה בין הכנה למרווח היישום של החומר הדברה היה מובהק והתנהג אחרת בכל כנה. בזן שירן הפחיתו שני מרווחי היישום את חומרת המחלה בצורה דומה אך ההפחתה לא הייתה מספקת ונפלה מהתרומה של הכנות הסבילות. בכנת ויטלפורט הגדלת מרווחי היישום הפחיתו באופן מובהק את חומרת המחלה בשני מועדי היישום בהשוואה לטיפול ללא חומר ההדברה בניסוי 1, בניסוי 2 הייתה עוצמת המחלה נמוכה בכל הטיפולים של כנת ויטלפורט ולכן לא נבדלו מהיישום ללא חומר ההדברה. בכנת איתן הייתה חומרת המחלה נמוכה בכל הטיפולים כולל הטיפול ללא חומר ההדברה בניסוי 1 ובניסוי 2 למרות חומרת מחלה נמוכה היישום של פעם ב-30 יום הפחית עוד יותר את חומרת המחלה. בכנת ארנולד הייתה שכאמור שונות גדולה יותר בטיפולים. ללא חומר ההדברה חומרת המחלה הייתה גבוהה יחסית, אך כך גם ביישום המחמיר של פעם בשבועיים. דווקא ביישום פעם ב-30 יום הייתה הפחתה בחומרת המחלה בניסויים 1 ו-2 (איור 2). הטיפולים שכללו אלטרנציה בין סוויטץ ופוליקור אמנם הפחיתו את חומרת המחלה כמו טיפולי הסוויטץ בתוך כל כנה **אך חשוב מאוד לציין כי מדידת הגובה של הצמחים במהלך הניסוי זיהתה הפחתה מובהקת בגובה הצמחים עקב החשיפה לפוליקור בעד 20% (איור 4).**

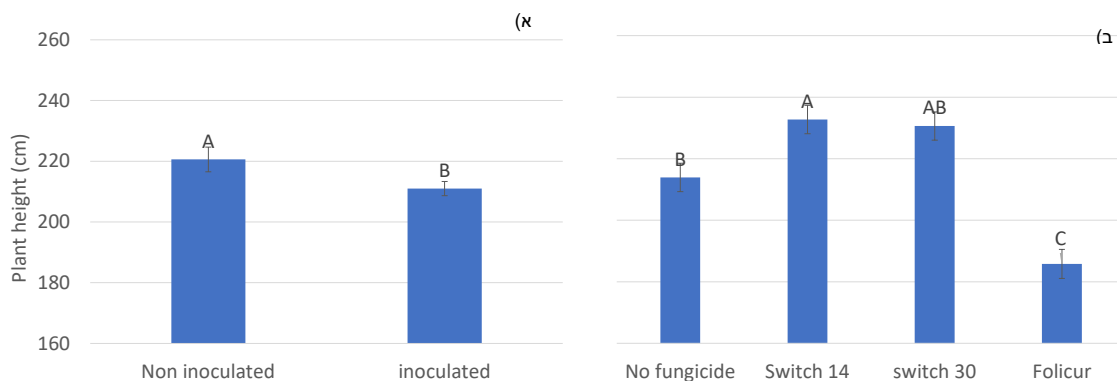


איור 2: השפעת זן/כנה ויישומי חומר ההדברה סוויטץ במרווח של פעם בשבועיים, או פעם בחודש, או באלטרנציה עם פוליקור, וללא יישום חומרי הדברה על התמוטטות הצמחים תחת ההדבקה המשולבת בפוזריום סולני ונגיף ה-ToBRFV. הניסוי בוצע במו"פ רמת נגב. אותיות נבדלות מצביעות על הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים השונים.

התפתחות המחלה ניסוי בית גידול 2



איור 3: השפעת זן/כנה ויישומי חומר ההדברה סוויטץ במרווח של פעם בשבועיים, או פעם בחודש, או באלטרנציה עם פוליקור, וללא יישום חומרי הדברה על התמוטטות הצמחים תחת ההדבקה המשולבת בפוזריום סולני ונגיף ה-ToBRFV. הניסוי בוצע במו"פ רמת נגב. אותיות נבדלות מצביעות על הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים השונים.



איור 4: השפעת המחלה על גובה צמחי העגבניה תחת ההדבקה המשולבת בפוזריום סולני ונגיף ה-ToBRFV בהשוואה לצמחי הבקורת הלא מאולחים (א4); ובהשפעת יישום משטרי ההדברה של ללא חומר הדברה, יישום דו שבועי של סוויטץ, יישום חודשי של סוויטץ ויישום של פוליקור וסוויטץ באלטרנציה (ב4) על גובה הצמחים. אותיות נבדלות מצביעות על הבדלים סטטיסטיים בין הטיפולים השונים.

5. דיון

תופעת ההתמוטטות המשולבת על ידי *F. solani* ו ToBRFV הינה תופעה חדשה אשר לא נחקרה עד לתחילת הפרויקט ולא היה קיים לגביה כל מידע בספרות העולמית. ההבנה מהפרויקט כי לשילוב בין *F. solani* ToBRFV I יש השפעה שלילית על גידול העגבניות בנגב וגורם להתמוטטות היבול מהווה נדבך חשוב בפתרון הבעיה. כדי להתמודד עם ההתמוטטות בוצע סריקה רחבה של חומרי הדברה ומשרנים כנגד התופעה. מתוצאות הניסויים שערכנו נראה כי החומרים המבוססים Fludioxonil הינם כרגע החומרים היעילים ביותר כנגד נזקי ההתמוטטות. בניסויי שטח מקבילים שנערכים אצל חקלאים ברמת נגב, מיישמים טיפולי Fludioxonil אינטנסיביים במהלך העונה המסחרית עד כדי יישום דו שבועי בגידול עונת האביב-קיץ. הסתמכות על חומר יחיד, טוב ככל שיהיה, איננה מומלצת כלל ויש לנסות ולמצוא פתרונות נוספים. כנות עמידות מהוות פתרון טוב כנגד מחלות קרקע בעגבניות. נראה כי מספר כנות כמו ארנולד ויטלפורט ואיתן מראות סבילות מסויימת כנגד *F. solani* וללא נוכחות הנגיף פועלות תחת לחץ פוזריום נמוך בצורה יעילה. אך חשוב לומר שלעיתים תחת לחץ הדבקה המשולבת עם הנגיף יעילותן נפגמת. על כן הפתרון המוצא הוא לנסות ולשלב את הכנות עם חומרי הדברה ומשרנים אשר יתרמו יחדיו לעליה ביעילות הכנות כנגד המחלה. מסט החומרים שנסרק עד עתה נראה כי התכשירים מבוססי Fludioxonil כגון סוויטץ וסקולאר אכן יעילים כנגד פוזריום סולני אך ללא שילוב עם כנות מסוכן מאוד לצמצם את מרווחי היישום או את המינון מטרה. לכן שילוב בין שני האמצעים (הדברה וכנות) נראה כאסטרטגיה בעלת הפוטנציאל הטוב ביותר לצמצום שימוש עתידי בחומרי ההדברה. בשלב הזה של המחקר נראה כי הכיוון המבטיח יותר הוא שילוב כנה עם הגדלת המרווח בין היישומים אך לא בצמצום במינון החומר. חשוב מאוד לציין כי החומר פוליקור בריכוזים האפקטיביים כנגד הפתוגן פגע בצמחים צעירים וגורם לנינוס, על כן איננו מומלץ ליישום. אנו מתכננים להמשיך ולהגדיל את ארסנל החומרים הזמינים לשילוב עם הכנות בשנת המחקר 2021 כדי לצמצם את היישום האינטנסיבי של חומרי ההדברה הנוכחי.

תודות לאנשי מו"פ רמת נגב, וחקלאי רמת נגב על שיתוף הפעולה