

ריסוסי כילאט סידן להתמודדות עם העובש האפור בפלפל לאחר

הקטיף - הגברת בריאות הפרי וכושר אחסונו

ברמית זיו, גינת רפאל - המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני. זיוה גלעד, אפרים ציפילביץ - מו"פ בקעת הירדן. אורי ירמיהו – המחלקה לכימיה של הקרקע, מינהל המחקר החקלאי, גילת. תמר אלון - מדריכת הגנת הצומח, אגף ירקות, שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות.

תקציר

מחלת העובש האפור בפלפל, הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea*, גורמת לנזק רב בגידול פלפל חורפי בבקעת הירדן ובערבה. 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 בעבר הדגימו את חשיבות הסידן להתמודדות עם מחלת העובש האפור בעלוה ואת תפקידו החשוב בפרי. מאידך, לסידן השפעה ניכרת על מבנה דופן הצמח וממשק הסידן ידוע כמשפיע על הבשלת פירות. למרות הידע שהצטבר על חשיבות הסידן לבריאות הצמח, קיים פער בהבנה לגבי השפעת ריסוסי סידן במהלך הגידול על איכות פרי הפלפל ועמידותו בפני פתוגניים לאחר הקטיף ובמהלך האחסון. בבסיס ההצעה הזו עומדת ההשערה שיישום סידן בריסוס עם כילאט שונה מסידן מינרלי בקליטתו לצמח ותנועתו בפרי, ועל כן עשוי להיות יעיל יותר בהקטנת נזקי העובש האפור בפלפל. הנחת העבודה של מחקר זה היתה שמנגנון הפעולה צפוי להיות כפול: עיכוב הפטרייה וחיזוק הפרי.

מטרת המחקר היתה לבחון האם סידן הניתן בריסוס עלוותי במהלך גידול פלפל יגביר את עמידות הפרי, ישפר את איכות הפרי, ויקטין את נגיעותו, ורגישותו לבוטריטיס במהלך הגידול, האחסון והובלה ימית. לשם כך ביצענו ניסוי בחלקת פלפל במו"פ בקעת הירדן במסגרתו פלפל אדום (זן לאי לאי) נשתל בשתי מינהרות עבירות כגידול חורפי. בניסוי נבחנו 5 טיפולים (כל טיפול ב-6 חזרות). הטיפולים כללו ביקורת (ללא טיפול), טיפול מישקי (ריסוסים כימיים) ושלושה טיפולי ריסוס עלותי שבועיים בפורמולציות סידן שונות, אשר בוצעו במהלך עונת הקטיף של פרי לייצוא. פורמולציות הסידן שנבדקו (כל פורמולציה היא טיפול נפרד): סידן כלורי 0.5%, סידן בכלאציה עם 0.35% EDTA ותכשיר מסחרי שלאל (כילאט סידן CaO+ DTPA 0.35%). פרי באיכות ייצוא משמונה קטיפים נבדק לאיכות חיצונית ופנימית (כמ"מ, נשימה, ויטמין C ואנטיאוקסידנטים), תכולת סידן בפרי (קליפה וציפה בנפרד), רקבונות פרי בתום פרוטוקול אחסון לייצוא (10 ימים ב-7 מ"צ + 3 ימים בחיי מדף), רגישות לאילוח מכוון של בוטריטיס ועוד. במקביל נבחנה הפעילות הישירה של תכשירי הסידן על צימוח והתפתחות הפטריה בוטריטיס, וכן בוצעה בחינה ראשונית של טיפולים לאחר קטיף (טבילת פרי) בפורמולציות הסידן השונות.

תוצאות בדיקת הפרי משמונת הקטיפים לאורך העונה הדגימה שונות גבוהה בכל מדדי האיכות שנבדקו בין הקטיפים, בעוד שהשפעת הטיפולים על מדדים אלו היתה ברוב המקרים לא מובהקת ו/או לא קונסיסטנטית לאורך כל העונה. בנוסף, ריסוסי הסידן לא העלו את תכולת הסידן בפרי וגם לא בעלים. שיעור ריקבון הפרי באחסון היה נמוך בכל הטיפולים לאורך רוב העונה, דבר שהקשה על הערכת יעילות הטיפולים. בשני הקטיפים האחרונים שנבדקו (27/10/22 ו-10/4/22) שיעור רקבונות הפרי היה גבוה. בקטיפים אלו, ריסוסי השלאל צמצמו את ריקבון הפרי שניגרים מבוטריטיס, אולם גורמי ריקבון נוספים כמו אלטרנריה וכלדוספוריום היו מאוד שכיחים ולא הושפעו מריסוסי העלוה בתכשירי הסידן. בבדיקה *In vitro* נמצא כי פורמולציות סידן בכילאט בעלות פעילות פונגיצידיית על פטרית הבוטריטיס, מעכבות צימוח תפטיר, הנבגה ונביטת נבגים ופוגעות בתקינות הקורים. לאור זאת, בחנו יישום של

פורמולציות הסידן כטיפול טבילה לאחר קטיף של פלפל ואילוח מכוון עם בוטריטיס, ומצאנו יעילות גבוהה במניעת התפתחות ריקבון עובש אפור בפרי עקב הטיפולים. אנו ממליצים לחזור על ניסויים אלו בהיקף גדול יותר כדי לבחון כיוון פעולה זה.

לסיכום, משנת המחקר הראשונה אנו מסיקים כי מנגנון הפעולה המרכזי של תכשירי סידן בכילאט למניעת עובש אפור בפלפל לאחר קטיף הוא בעיקרו פעילות ישירה של עיכוב הפטריה, אולם טרם ניתן לשלול לחלוטין השפעה עקיפה באמצעות הגברת עמידות הפרי. אנו ממליצים לבחון את נושא יישום הטיפולים של פורמולציות הסידן כריסוס עלוותי שנה נוספת, ובמקביל לבחון יישום פורמולציות אלו כטיפול לאחר קטיף, ולהמשיך ללמוד את מנגנון הפעולה של פורמולציות הסידן בכילאט על מנת לשפר ולדייק את יישומם.

התוצאות שיתקבלו יאפשרו פיתוח המלצות ופרוטוקול טיפול במחלת הבוטריטיס בפלפל באחסון ויתרמו להפחתת מספר הריסוסים הנדרש נגד מחלת העובש האפור בגידול החורפי של הפלפל המיועד הן לייצוא והן לשיווק מקומי, תוך הפחתת השימוש בחומרי הדברה.

מבוא

פלפל (*Capsicum annuum* L) הוא גידול מרכזי וחשוב בערבה ובבקעת הירדן, המהווה מוצר ייצוא מרכזי בענף הירקות. ייצור הפלפל השנתי הוא כ- 150,000 טון, הגדלים ב 25-20 אלף דונם. כחצי מהייצור מופנה לייצוא, כאשר 74% מהייצוא נשלח לרוסיה. עקב בעייתיות בשיווק לרוסיה ישנה פגיעה מתמשכת בייצוא הפלפל שבה לידי ביטוי בירידה הדרגתית בכמויות המיוצאות, בעוד שהשוק המקומי נשאר יציב. על מנת לשמר ולחזק את מגדלי הפלפל, יש צורך במציאת שווקים חדשים בצפון אמריקה והמזרח הרחוק. כדי לאפשר הובלה ימית לשווקים חדשים / רחוקים יש צורך דחוף בשיפור איכות הפרי והארכת כושר אחסנתו.

מחלת העובש האפור גורמת לפגיעה משמעותית בצמחי הפלפל בעיקר בעונת החורף (עונת הייצוא) כאשר הטמפרטורות יורדות, והלחות היחסית גבוהה. תנאים אלה הם אופטימאליים להתפתחות המחלה שיכולה להגיע לרמת נגיעות גבוהה של כ-30-10 מכלל הפירות. מחלת העובש האפור בפלפל נגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* [1]. עקב בעיית הוירוסים המתגברת בשנים האחרונות, גוברת המגמה של מעבר לבתי רשת המכוסים ב-50 מש או פלסטיק. צפוי כי בעיית הבוטריטיס תחריף כאשר חממות הפלפל יכוסו ברשת 50 מש עקב הפגיעה באוורור, שמעלה את הלחות במבנה.

מחלת העובש האפור גורמת לאבדן עצום של פלפל באחסון ועדיין אין פתרון יעיל למנוע את המחלה. ישנם מספר אתגרים העומדים היום בפני מגדלי הפלפל ובראשם הלחץ הציבורי מצד הצרכנים ורשויות הרגולציה להפחתת בחומרי הדברה, ומאידך מחלות פטרייתיות ובראשן מחלת העובש האפור, שהן קשות ביותר להדברה וגורמות לנזקים של אובדן יכול במהלך הגידול ולאחר הקטיף בהיקפים של עד 30-50 מהתוצרת, בפלפל אך גם בהרבה גידולים נוספים של ירקות פרי ופרחים. חשוב לציין שטיפולי אחסון לאחר קטיף להארכת חיי המדף אינם מסוגלים לתת מענה מוחלט לבעיה כאשר העובש האפור לא מטופל בשדה והפרי מגיע עם רמת מידבק גבוהה לאחסון, אפילו בהעדר סימפטומים נראים לעין.

אחסון הפלפל לזמן ממושך בקירור מגביר את הסיכוי להתפרצות מחלת העובש האפור ולאובדן התוצרת. פרי הפלפל רגיש לצינה ועל כן מאוחסן בטמפרטורות של 7 מ"צ. בטמפרטורה זו פטריית הבוטריטיס, שגורמת לעובש אפור בפלפל, גדלה אמנם יותר לאט אולם אינה מעוכבת ויכולה לגדול על הפרי, לגרום לריקבון ובהינתן מספיק זמן, אפילו להנביג ולגרום להדבקות משניות של הפרי. **תוספת יסודות הזנה מאקרו/מיקרו שונים מגבירים את יכולת הצמח להתמודד עם מחלות נוף ומשפיעים על רגישות צמחים לגורמי מחלה כדוגמת בוטריטיס [2].** במהלך השנים נערכו מספר רב של עבודות שהראו קשר בין העלאת רמת הסידן בצמח לבין היכולת של הצמח להתמודד עם מחלות נוף

שונות ובעיקר עובש אפור [9-3]. בד"כ ניתנו הטיפולים ע"י הגברת הדישון הסידני ביישום עם המים (הדשייה), אולם ניתן להעלות את ריכוז הסידן בצמח בריסוס עלוטי. יישום עלוטי של סידן בהשוואה ליישום קרקעי או עם המים הוא בעל יתרון ברור היות וניתן להעלות את ריכוז הסידן בכל אברי הצמח במנה אחידה וגבוהה ללא תלות בהובלת היסודות בצמח. כמו כן, ניתן ליישמו יחד עם טיפולי הגנת צומח אחרים.

הסידן הוא יסוד המצוי לרוב בחסר בפרי עקב תנועתיות מוגבלת בצמח. סידן הוא אחד מיסודות המאקרו הנחוצים לגדילה תקינה של הצמח [10]. הסידן הוא מרכיב מרכזי הקובע את חוזק הדופן התא הצמחי [11], ובנוסף משפיע על תפקודי הממברנות וכן משמש כמוליך סיגנל המבקר תהליכי הבשלה והתרככות וכן משפיע על ממשק המים [12]. קליטת הסידן לפרי כאשר מיושם בדישון לבית השורשים תלויה במשק המים של הצמח. מאחר וסידן נע בעצה בלבד ותנועת המים של פרי קשורה בעיקר לשיפה, ריכוז הסידן בפרי נמוך ויש קושי להטעין את הפרי בסידן. פחיתה בריכוז הסידן בפרי היא הגורם למחלות פיזיולוגיות כדוגמת שחור הפיטים (blossom-end rot) בעגבניות ופלפל [13, 14].

ריסוסי סידן במהלך הגידול הם פרקטיקה מקובלת במספר גידולים כגון תפוח, אפרסק, מנגו וקיווי לשיפור תכונות הפרי ולהגברת עמידות בפני מחלות תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה לקראת הקטיף [15-17]. בעוד שסידן כלורי הוא הריסוס המקובל, כילאט סידן החל להיות משווק כאלטרנטיבה עדיפה בטענה של קליטה טובה יותר של הסידן [15, 18]. חשוב לציין שאופן חדירת הסידן המרוסס לפרי לא ברורה ויש המשערים שהסידן חודר דרך עדשתיות או סדקים בקליפת הפרי שמופיעים בשלבי הגידול המאוחרים.

למרות הידע שהצטבר על חשיבות הסידן לבריאות הצמח והפרי, קיים פער בהבנה לגבי השפעת ריסוסי סידן במהלך הגידול על איכות פרי הפלפל ועמידותו בפני פתוגניים לאחר הקטיף ובמהלך האחסון.

מטרת המחקר וחשיבתו

מטרת המחקר הינה בחינת האפשרות להפחתת נגיעות במחלת העובש האפור בפלפל באחסון ע"י ריסוסי סידן בכילאט, ובהמשך פיתוח פרוטוקול ליישום תכשיר מתאים של סידן במהלך גידול הפלפל, שיקטין את נגיעות הפרי במחלת העובש האפור לאחר הקטיף, יאריך את כושר האחסון שלו בקור ויצמצם משמעותית את הנגיעות והפחת מפטריות ריקבון במהלך האחסון תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה. לתוכנית הוגדרו מספר מטרות: **חלק יישומי** - בחינת יעילות פורמולציות סידן בכילאט ליישום בריסוס במהלך הגידול להקטנת הנגיעות של פירות הפלפל המגיעים לאחסון: (א) בחינת מינוני פורמולציות הסידן. (ב) בחינת מועדי היישום של פורמולציות הסידן. **חלק תשתיתי** - (א) בחינת מנגנון הפעולה של כילאטי הסידן על הגברת עמידות הפרי לפתוגנים. (ב) בחינת השפעה פונגיסטטית או פונגיצידיית ישירה של כילאטי הסידן על הפתוגן.

פירוט עיקרי הניסויים ותוצאות המחקר

ביצוע ניסוי שדה לבחינת ריסוסי סידן בפורמולציות שונות על הקטנת הנגיעות בעובש האפור בפרי הפלפל בשדה ובאחסון. פלפל אדום זן לאי לאי (חברת אפעל, זן מסחרי רגיש לעובש האפור) נשתל במו"פ בקעת הירדן ב- 17/08/2021 בשתי מינהרות עבירות (מפתח 10 מ', 0.5 דונם כל מינהרה) מכוסות רשת 17 מש + רשת צל שחורה 40%, כאשר הצדדים הם קירות פלסטיק. רשת שחורה הוסרה ב- 22/9/21. ב- 23/11/21 הוחלפה רשת 17 מש בפלסטיק. ב- 21/2/22 נפרסה רשת 40% צל שחורה על הפלסטיק. בכל מינהרה 5 שורות באורך 40 מ'. שתילה בדו-שורה. כל טיפול בוצע ב-6 חזרות באורך 7 מ' לחזרה שפוזרו באקראי במיבנים (3 חזרות בכל מינהרה). הטיפול בוצע על שני צידי השורה. בין שורות הטיפול היו שורות

חוצצות, שלא טופלו, למניעת רחף. טיפולים בריסוסי סידן שבועיים החלו בתאריך 2/12/2021 והסתיימו בתאריך 5/4/2022 (סיום הקטיף לפל לייצוא), שה"כ בוצעו 13 ריסוסים בתכשירי סידן. הטיפולים כללו:

1. **ביקורת** - טיפול היקש (ללא טיפול)
2. **CaCl₂** - ריסוס שבועי של סידן כלורי 0.5%
3. **CaEDTA** - ריסוס שבועי של כילאט סידן 0.35% Ca-EDTA (סיגמה ישראל)
4. **שלאל סידן** - ריסוס שבועי של תכשיר כילאט סידן 0.35% CaO-DTPA (BMS Micro-Nutrient)
5. **משקי** - הדברה כימית שבוצעה לפי הנחיות מדריכי שה"מ שכלל שני ריסוסים:

- 30/12/21 – סוואנה (תרסיס-אגריכס. Cyprodinil 375 gr, Fludioxonil 250 gr)
- 30/01/22 – סיגנום (אדמה, אגן. Pyraclostrobin 6.7% + Boscalid 26.7%)

קטיף פרי בוצע כל 21-14 יום (כתלות בקצב הבשלה) החל מנובמבר 2021 ועד אפריל 2022, שה"כ 12 קטיפים. הפרי נקטף ברמת הבשלה כפי שמקובל בקטיף מסחרי (כ-85% צבע). בכל קטיף הפרי מוין לפי האיכויות המקובלות בשיווק ולאחר מכן פרי באיכות ייצוא הועבר לבדיקות במחלקה לאחסון במנהל המחקר החקלאי. מבין 12 הקטיפים שבוצעו, 8 קטיפים נקטפו עם פרי באיכות ייצוא (טבלה 1) והועברו להמשך בדיקה. לצורך הערכת היבול מהטיפולים השונים: בכל חזרה הוגדרה חלקת שקילה בגודל 10 מ"ר (6 חלקות לטיפול) ונערך מיון ושקילה של הפירות מכל קטיף לביצוע מעקב יבול ואיכות הפרי לפני אחסנה. בין הטיפולים השונים לא נמצא הבדל מובהק ביבול (טבלה 1), פרט לטיפול CaEDTA אשר בשלושת הקטיפים האחרונים היה נמוך באופן מובהק, כנראה עקב צריבות ופגיעה בעלווה של התכשיר (ראה דיון).

טבלה 1: פירוט הקטיפים שנבדקו בניסוי, יבול לקטיף, יבול מצטבר עונתי, ובדיקות שבוצעו על הפרי

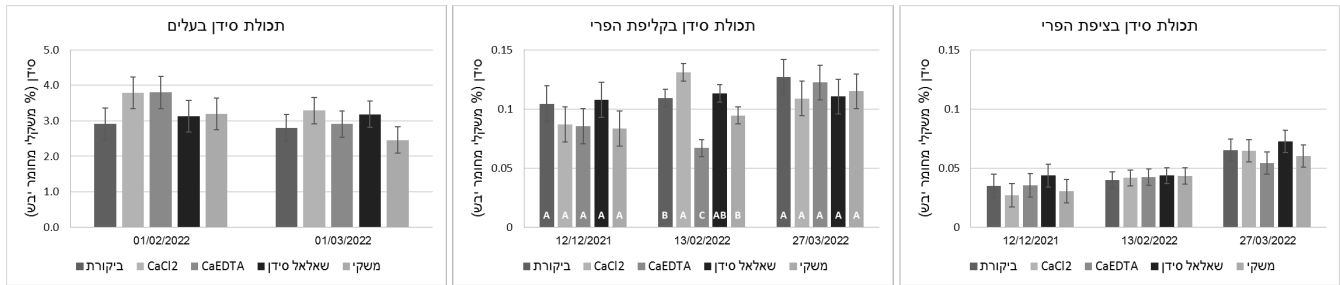
הקטוף

קטיף מס'	תאריך קטיף	יבול לצמח (ק"ג) לפי טיפול [‡]					דיגום פרי לבדיקות סידן	בדיקת נשימה בטמפ' בדיקה	הזדקת בוטריטיס במעבדה
		ביקורת	CaCl ₂	CaEDTA	שלאל סידן	מישקי			
1	12/12/2021	0.42	0.40	0.43	0.34	0.38	כן	כן	
2	09/01/2022	0.21	0.28	0.26	0.25	0.25	22°C		
3	23/01/2022	0.21	0.19	0.15	0.20	0.16	כן		
4	13/02/2022	0.24	0.20	0.20	0.23	0.30	22°C	כן	
5	28/02/2022	0.39	0.46	0.46	0.47	0.46	7°C+22°C		
6	14/03/2022	A 0.44	AB 0.33	B 0.28	AB 0.37	AB 0.39	כן		
7	27/03/2022	AB 0.21	AB 0.29	B 0.17	A 0.32	AB 0.20	22°C	כן	
8	10/04/2022	AB 0.27	A 0.28	B 0.16	AB 0.26	AB 0.22	7°C+22°C		
יבול מצטבר עונתי		2.2	2.3	B 1.9	A 2.3	2.2	עבור כל 12 הקטיפים שבוצעו		

Means within row followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$, [‡] based on the least significant differences Tukey HSD test. Rows with no letters are harvests without significant difference between treatments.

בדיקת קליטת הסידן בפרי של הצמחים שטופלו בריסוסי הסידן. על מנת לקבוע האם חל שינוי בתכולת הסידן בפרי (ובעלים – כביקורת) בעקבות ריסוסי הסידן, נדגמו פירות (9 פירות לטיפול, שקובצו לשלוש דגימות) לקביעת תכולת סידן משלושה קטיפים (טבלה 1), וכן נדגמו עלים (20 עלים לחזרה, 6 חזרות לטיפול) בשני מועדים במקביל לקטיפים ב- 1/2/2022, וב- 1/3/2022. דגימות עלים: עלה צעיר בגודל מלא

מצמח (עלה 3-4 מהקודקוד), שטיפה בחומצה HCl 0.1M. דיגום הפירות: לחי פרי נדגמה בנפרד לקליפה (10 גרי טרי, הסרה עם קולפן) ולציפה (12 דסקיות בקוטר 1 סמ'). הרקמות השונות יובשו (עלים בתנור 70 מ"צ, פרי בלופלייזר), נטחנו, נשרפו, ותכולת הסיידן נקבעה ע"י קריאה ב- Atomic absorption spectroscopy. ריכוז הסיידן בעלים בממוצע היה 3% ל- 3.3% (משקלי מחומר יבש) בקטיף הראשון והשני בהתאמה. ריכוז הסיידן בפרי היה נמוך יותר (0.9-0.11% בקליפה לעומת 0.03-0.06% בציפה). פרט לקטיף אחד (13/2/22 בקליפה), לא היה הבדל בריכוזי הסיידן ברקמות הצמח (בפרי או בעלים) בין הטיפולים השונים (איור 1).



איור 1: תכולת סידן בפרי ובעלים כתלות בטיפולים השונים. ערכי סידן מציגים ממוצע חזרות לטיפול ושגיאות תקן. עמודות ללא אותיות אינן נבדלות באופן מובהק. עמודות בעלות אותיות שונות נבדלות אחת מהשניה בהסתברות של $p \leq 0.05$ במבחן Tukey.

בחינת איכות הפרי הקטוף שטופל בתכשירי סידן. פרי משמונה קטיפים נבדק לאיכות חיזונית (צבע, מוצקות, פגמים, איבוד משקל) ופנימית (כלל מוצקים מומסים - כמ"מ, ויטמין C, אנטיאוקסידנטים), וכן נגיעות בפטריות הגורמות לריקבון, לאחר אחסון המדמה משלוח ימי (10-14 יום ב-7 מ"צ, 90-95% לחות) ואז העברה ל-3 ימים בחיי מדף (22 מ"צ). ברוב המדדים החיצוניים שנבדקו (טבלה 2 ונתונים לא מוצגים), היה הבדל מובהק בין הקטיפים אך לא היה הבדל בין הטיפולים.

טבלה 2: מדדי איכות פרי לפל בתום אחסון בקור (7 מ"צ ל-10 ימים) + חיי מדף (3 ימים ב-22 מ"צ).

Harvest	Treatment	Color ¹ (Hue angle)	Weight loss ² (%)	Firmness ³ (mm deformation)	Shape ⁴ (1-4)	Chilling injury index ⁵ (0-4)	TSS ⁶ (°Brix)	Vitamin C ⁷ (mg/100g FW)	Antioxidants ⁸ TEAC(µM)
Means value at each harvest									
Harvest 1		24.8 B ⁹	5.2 ABC	9.87 AB	2.3 C	0.7 A	6.8 E	106.0 CD	17.9 A
Harvest 2		24.9 B	4.9 BCD	7.22 E	2.6 B	0.5 B	7.3 D	88.1 E	12.2 BC
Harvest 3		27 A	4.7 D	9.12 BC	2.5 B	0.2 D	7.3 D	104.2 CD	12.8 BC
Harvest 4		24.2 B	4.1 E	8.31 D	2.5 B	0.4 C	7.5 CD	116.0 BC	10.5 C
Harvest 5		22.5 C	5.0 BC	9.95 A	2.8 A	0.4 BC	7.5 CD	140.1 A	18.6 A
Harvest 6		21.8 C	4.9 CD	9.03 BC	2.7 A	0.4 BC	7.7 BC	93.6 DE	16.8 AB
Harvest 7		21.9 C	5.3 A	8.60 CD	2.3 C	0.4 BC	8.0 A	126.5 AB	16.2 ABC
Harvest 8		19.6 D	5.2 AB	10.32 A	2.0 D	0.6 A	7.8 AB	106.0 C	17.9 A
Means harvest at each treatment									
	ביקורת	23.4 A	4.8 BC	9.2 AB	2.5 A	0.5 A	7.5 A	114.0 A	13.4 A
	CaCl ₂	23.5 A	4.9 AB	9.4 A	2.4 AB	0.4 A	7.5 A	111.9 AB	16.1 A
	CaEDTA	24 A	4.6 C	9.1 AB	2.6 A	0.5 A	7.3 B	115.0 A	14.3 A
	שלאל סידן	23.6 A	5.1 A	8.9 AB	2.5 AB	0.5 A	7.5 A	109.5 AB	16.4 A
	מישקי	22.2 B	5.0 A	8.6 B	2.4 B	0.4 A	7.6 A	102.8 B	14.8 A
Table of variance (F-value)									
Harvest		***	***	***	***	***	***	***	***
Treatment		***	***	NS	NS	NS	*	*	NS
Harvest × Treatment		***	***	***	***	NS	NS	NS	**

¹Determined by chromameter CR-400/410 (Konica Minolta, Osaka, Japan) that was calibrated using a white standard tile, ²Percent of original fruit weight at harvest, ³Determined by placing a 2 kg weight on the fruit and measuring mm deformation, ⁴Range between 1- non symmetrical fruit to 4 – symmetrical 4 lobes fruit, ⁵Chilling index is between 0- Fruits with no chilling injury to 4- fruits with more than 50% of damage of the fruit peel, ⁶Messured with a digital refractometer PR-1 (Model DBX 55, Atago, Tokyo, Japan), ⁷Was determined by a commercial kit, ⁸Was performed by a colorimetric assay with ABTS, ⁹Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$, based on the least significant differences Tukey HSD test. Marks in table of variance ***, **, *, NS indicate statistical significance at $p \leq 0.001$, 0.05 and not significant differences Tukey HSD test.

). FW, Fresh weight. כמ"מ, respectively. TSS, Total soluble solids (

מדדים חיצוניים שנבדקו הם צורת פרי (מדד שלוקח בחשבון מספר אונות וסמטריה), מוצקות ואלסטיות פרי (נמדד ע"י מד מוצקות), דבלנות (הצטמקות), נזקי צינה, סידוקים, הבשלה לא אחידה המתבטאת בלחי בהירה / ירוקה. גם מבחינת מדדי איכות פנימיים (כמ"מ, תכולת ויטמין C ותכולת אנטיאוקסידנטים), לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים (פרט לכמ"מ נמוך בטיפול CaEDTA, ותכולת ויטמין C נמוכה בטיפול המישקי), אולם היה הבדל משמעותי ומובהק במדדים אלו בין הקטיפים השונים.

מבחינת ריקבון עוקץ וריקבון פרי בתום אחסון (טבלה 3), ניתן לראות כי שיעור ריקבון העוקץ היה משמעותי בתחילת וסוף העונה ולא היתה השפעה מובהקת של הטיפולים על שיעור ריקבון העוקץ, פרט לטיפול CaEDTA שהחמיר את התופעה, כנראה עקב הצריבות על העלוה והגבעולים (יורחב בדיון). שיעור ריקבון הפרי היה גבוה במיוחד בסוף העונה (בקטיפים המאוחרים) והגיע לשיעור של כ-30%. באופן יחסי שיעור ריקבון הפרי שנגרם ע"י בוטריטיס היה יחסית נמוך בתחילת העונה והחמיר עם התקדמות העונה אולם לא עלה על 10%. טיפולי ה CaCl₂ והשלאל, כמו גם הטיפול המישקי צמצמו את הקיף הריקבון עקב עובש אפור באחסון, אולם כיוון שהיקף התופעה היה באופן כללי יחסית מצומצם, ההבדלים אינם מובהקים. ראוי לציין שלאורך כל העונה היו גורמי ריקבון נוספים כמו ריקבון כתם שחור שנגרם ע"י אלטרנריה וכן ריקבון שנגרם מפטריית הכלדוספוריום שהיו לא פחות, ולעיתים אף יותר שכיחים בקרב הפירות הפגועים. טיפולי הסידן כלל לא השפיעו על פטריות גורמות ריקבון אלו, אולם הטיפול המישקי היה יעיל בצמצום מחלת הכתם השחור.

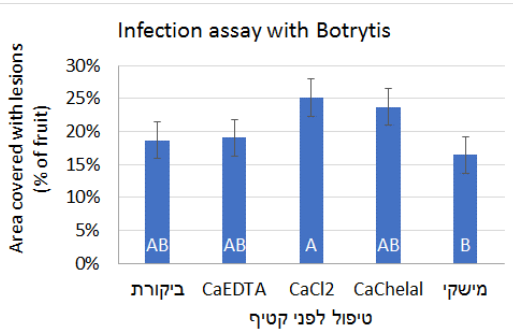
טבלה 3: מדדי ריקבון פרי פלפל בתום אחסון בקור (7 מ"צ ל-10 ימים) וחיי מדף (3 ימים ב-22 מ"צ).

Harvest	Treatment	Pedicel rot (%)	Fruit rot (%) ¹	<i>B. cinerea</i> rot (%)	<i>Alternaria</i> spp. rot (%)	<i>Cladosporium</i> spp. rot (%)
Means value at each harvest						
Harvest 1		33.2 A ²	11.8 CD	2.4 BC	4.9 BCD	5.1% B
Harvest 2		7.3 C	15.5 C	1.4 C	8.5 B	5.3% B
Harvest 3		12.0 BC	7.5 D	3.8 ABC	2.3 CD	2.4% B
Harvest 4		6.4 C	17.8 C	9.6 A	2.1 CD	9.9% AB
Harvest 5		7.5 C	14.2 CD	7.1 ABC	6.5 BC	7.0% AB
Harvest 6		8.9 C	12.4 CD	7.6 AB	0.5 D	7.8% AB
Harvest 7		20.8 B	34.9 A	7.0 ABC	4.8 BCD	16.3% A
Harvest 8		33.7 A	26.6 B	10.7 A	14.4 A	7.1% AB
Means harvest at each treatment						
	ביקורת	10.4 B	18.9 A	7.1 AB	7.1 A	8.9% A
	CaCl ₂	18.3 B	15.3 AB	4.3 B	4.4 AB	5.9% A
	CaEDTA	25.5 A	20.1 A	9.9 A	6.8 A	8.5% A
	שלאל סידן	16.2 B	19.7 A	4.4 B	6.6 A	6.6% A
	מישקי	10.7 B	13.3 B	5.3 AB	2.4 B	8.2% A
Table of variance (F-value)						
Harvest		***	***	*	***	*
Treatment		***	*	NS	NS	NS
Harvest × Treatment		**	NS	NS	**	NS

¹מספר פירות שהציגו ריקבון עוקץ ופרי נקבע בתום האחסון ללא תלות במספר הנגעים על כל פרי והגורם להם.

גורמי הריקבון השונים (בוטריטיס, אלטרנריה וכלדוספוריום) נקבעו בתום הדגרה של הפירות הפגועים בתאים לחים ו/או לאחר בידוד על צלחות פטרי. בבדיקה חלק מהפירות הציגו מספר נגעים וכן היו פירות שגורם הריקבון שלהן היה אחר (למשל פניציליום או ריקבון חמוץ), ועל כן אין התאמה בין טור ריקבון הפרי (Fruit rot) לסך הרקבנות מהגורמים שהוצגו (בוטריטיס, אלטרנריה וכלדוספוריום).

²Means within columns followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$, based on the least significant differences Tukey HSD test. Marks in table of variance ***, **, *, NS indicate statistical significance at $p \leq 0.001$, 0.01, 0.05 and not significant, respectively.



איור 2: שטח הכיסוי של ריקבון עובש אפור בפרי כתלות בטיפולים השונים. הערכים המוצגים הם ממוצע של 3 ניסויים שונים (בכל ניסוי 9-12 פירות לטיפול) ושגיאות תקן. עמודות בעלות אותיות שונות נבדלות אחת מהשניה בהסתברות של $p \leq 0.05$ במבחן Tukey.

כמו כן נבדקה רגישות הפרי כתלות בטיפולים השונים להדבקה מכוונת של בוטריטיס (שגורם לעובש אפור) מיד לאחר הקטיף ע"י ריסוס תרחיף נבגי הפטריה בריכוז חצי מיליון נבגים למ"ל (במים, כולל גלוקוז וזרחת האשלגן) והדגרה בתא לח (Rh 97%) בטמפ' של 22 מ"צ למשך 4-6 ימים. לכל טיפול אולחו 9-12 פלפלים. מידת הנגיעות של הפלפלים נקבעה לאחר 4-6 ימי הדגרה. הבדיקה בוצעה בפירות משלושה קטיפים (1, 3 ו-6) אשר הציגו רמה נמוכה יחסית של ריקבון פרי שמקורו באילוח בשדה. נבדקו שני מדדים: (1) מספר הנגעים על הפרי, (2) שטח הכיסוי של הפרי בנגעים כמדד לעוצמת המחלה (%). פירות מהטיפולים השונים לא נבדלו בניהם בממד מספר הנגעים על הפרי (נתונים לא מוצגים). אולם מבחינת עוצמת ההדבקה היה הבדל מובהק בין הטיפולים (איור 2) אולם היתה שונות רבה בין הקטיפים השונים.

בדיקת השינוי במצב הפיזיולוגי של הפרי הקטוף כתלות

בטיפולים לפני הקטיף נבחן ע"י מעקב אחר נשימת הפרי כמדד להבשלה ולנגיעות במיקרואורגניזמים גורמי ריקבון (טבלה 4). כל פרי הונח בצנצנת אטומה שניסגרה למשך 3 שעות בטמפ' של 22 מ"צ. 20 מ"ל אויר מכל צנצנת נדגם בתום 3 השעות וריכוז ה- CO₂ נקבע באמצעות Gas Chromatograph (GC). בדיקת הנשימה בוצעה מידי יום למשך שבוע - מיד לאחר הקטיף, או מידי יום למשך 3 ימים - לאחר ההעברה לחיי מדף (בתום 10 ימי אחסון ב-7 מ"צ). במלך בדיקת הנשימה הפירות אוחסנו בחיי מדף (22 מ"צ). ההבדל המובהק היחיד בנשימת הפירות כתלות בטיפולים נצפה במדידה הראשונה - לאחר 24 שעות ב- 22 מ"צ (לאחר קטיף או אחרי 10 ימי אחסון ב- 7 מ"צ). בשני המיקרים היתה עליה (אם כי לא מובהקת) בנשימת הפירות מטיפולי כילאט הסידן (CaEDTA או שלא). בבדיקות הבאות (48, 72 וכ"ו שעות לאחר השהות ב-22 מ"צ) לא נצפו הבדלים בנשימת הפירות מהטיפולים השונים. כמו כן לא נמצא הבדל בין הקטיפים השונים בנשימת הפרי.

טבלה 4: נשימת פרי לאחר 24 שעות ב-22°C

טיפול	נשימה ¹ מיד לאחר קטיף	נשימה ¹ לאחר 10 ימי אחסון ב-7°C
ביקורת	0.022 AB ²	0.032 A
CaCl ₂	0.015 B	0.029 AB
CaEDTA	0.028 A	0.029 AB
שלאל סידן	0.028 A	0.024 BC
מישקי	0.020 AB	0.022 C
Variance ³ (F-value)	NS	**

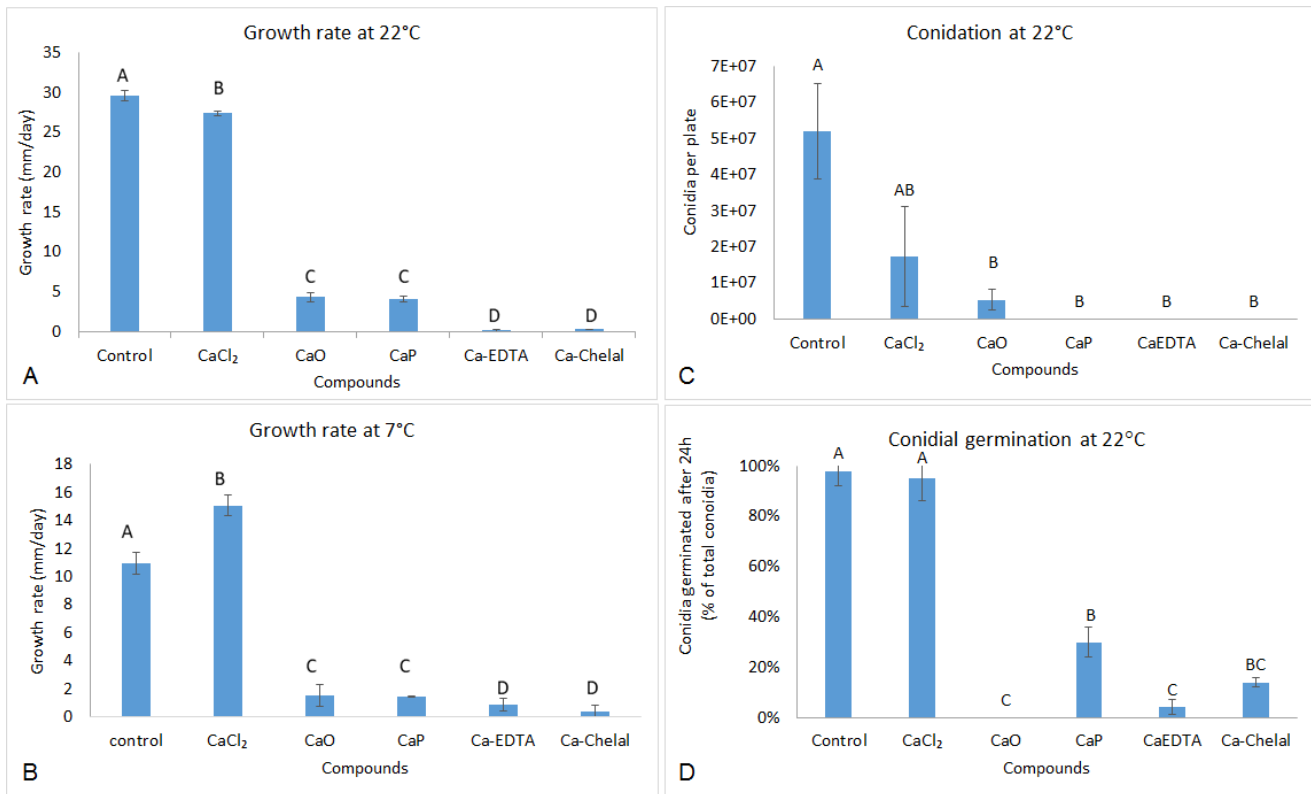
¹בטבלה מוצגים ערכי CO₂ (mg/g FW*h), כלומר מ"ג פד"ח לגרם פרי לשעה.

²עמודות בעלות אותיות שונות נבדלות אחת מהשניה בהסתברות של $p \leq 0.05$ במבחן Tukey.

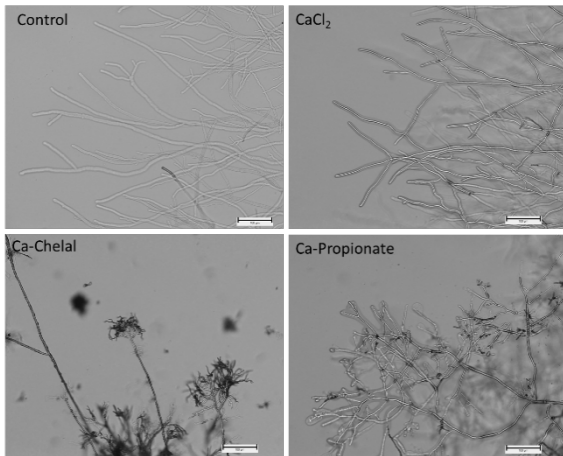
³Variance **, NS indicate statistical significance at $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

בחינת הפעילות הישירה של תכשירי הסידן על עיכוב גדילתה והנבגתה של פטריה. השפעת הסידן בפורמולציות השונות נבדקו הן בגידול במצע נוזלי והן בגידול במצע מוצק (במצע סינטטי). ניסוי ראשוני בחן מספר ריכוזי שלאל סידן (Ca-Chelal) ומצא כי הריכוז שמעכב צימוח בוטריטיס במצע מוצק (PDA) הוא IC₈₀=10mM, IC₅₀=2.5mM והוא MIC=65mM (פי 10 מהריכוז של הריסוס בשדה). על כן הריכוז המינימלי שנתן עיכוב מלא ב-22 מ"צ (MIC) היה MIC=65mM (פי 10 מהריכוז של הריסוס בשדה). על כן כל הניסויים בוצעו בריכוז 65mM (בהתייחס ליוני הסידן בתכשירים). התכשיר שלאל מכיל CaO 100gr/L + CaO 80 gr/L, DTPA 80 gr/L, כאשר רק 80% מה-CaO נמצא בקומפלקס והשאר חופשי. על כן לניסויים *in vitro* הוספנו ביקורת של CaO לבד. כביקורת חיובית הידועה כמעכבת עובשים הוספנו את Ca-Propionate (CaP) לבדיקות. זהו

תוסף מזון E282 (אם כי בעייתי) שמשמש כחומר שימור של מוצרי לחם, בשר מעובד ומוצרי חלב, עקב פעילות החומצה. בספרות דווח על שימוש בו כחומר אנטיפונגלי בפירות, כולל למניעת עובש אפור בענבים [19]. קצב גידול תפטיר הפטריה נבדק במצע מוצק בנוכחות התכשירים השונים, בשתי טמפ' 22 ו-7 מ"צ (איור 3A ו-3B, בהתאמה). המלחים CaO ו-CaP עיכבו חלקית את גידול הפטריה בשתי הטמפ' בעוד ששני הכלואטים עם הסידן (שלאל - CaEDTA) עיכבו לחלוטין את צימוח הפטריה ב-22 מ"צ ועיכבו משמעותית את צימוח הפטריה ב-7 מ"צ. תוספת שלאל למצע ב-22 מ"צ גרמה לפגיעה בצימוח הפולרי של קורי הפטריה, ולתפטיר מעוות ומסולסל (איור 4). השפעת תכשירי הסידן על הנבגת הבוטריטיס נבדק בתרבית שגדלה במצע מוצק למשך ארבעה שבועות. 10 מ"ל מים הוספו לתרבית והנבגים הורחפו ע"י מקל דרגלסקי ונספרו בהמיציטומטר לקביעת כמות נבגים לצלחת. כל פורמולציות הסידן פגעו בכושר הפטריה לייצר נבגים (איור 3C) אולם שני כילאטי הסידן היו בעלי ההשפעה המשמעותית ביותר. השפעת פורמולציות הסידן על נביטת נבגי הפטריה ניבחנה בהדגרה במצע נוזלי ומעקב אחר קצב נביטת הנבגים למשך 48 שעות (נלקחו דיגומים לצילום במיקרוסקופ בזמנים 0, 4, 6, 8, 10, 24, 48 שעות). לכל חומר בוצעו 3 חזרות. כל חזרה צולמו 10 תמונות. עבור כל תמונה נספרו מס' הנבגים שנבטו מול כלל הנבגים בתמונה. בריכוז סידן שנבדק.

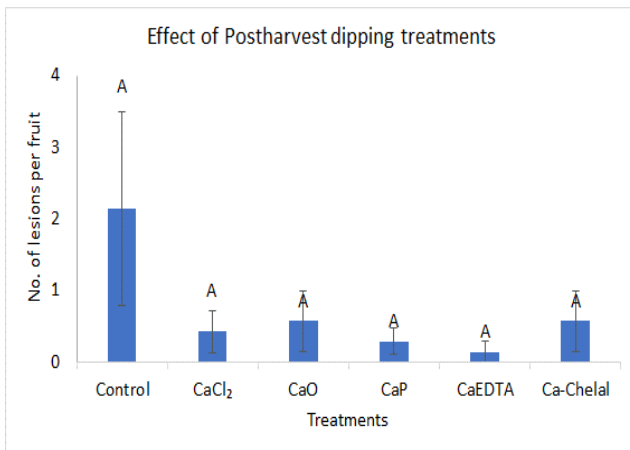


איור 3: כילאט סידן מעכב צימוח בוטריטיס *in vitro* (A) קצב גידול הפטריה על מצע מוצק PDA בתוספת פורמולציות סידן והדגרה ב-22 מ"צ. מדידות קוטר מושבה בוצעו כל 24 שעות למשך 10 ימים (B). קצב גידול הפטריה על מצע מוצק PDA בתוספת פורמולציות סידן והדגרה ב-7 מ"צ. מדידות קוטר מושבה בוצעו כל 2-3 ימים למשך חודש (C). הנבגה של בוטריטיס נבדקה על מושבות שגדלו על מצע מוצק PDA ב-22 מ"צ בתוספת פורמולציות הסידן למשך 4 שבועות (D). נביטת נבגים נבדקה במצע נוזלי PDB בטלטול ב-22 מ"צ למשך 48 שעות. מוצג שיעור הנביטה כעבור 24 שעות. בכל הניסויים פורמולציות הסידן נבחנו בריכוז 65mM. כל הניסויים בוצעו 3 פעמים. לכל טיפול היו 3 חזרות טכניות בכל ניסוי. מוצגים ערכים ממוצעים של 3 ניסויים ושגיאות תקן. בכל גרף, עמודות בעלות אותיות שונות נבדלות אחת מהשניה בהסתברות של $p \leq 0.05$ במבחן Tukey.



איור 4: כילאט סידן מעכב פוגע בצימוח הפולרי של תפטיר הפטריה בוטריטיס *in vitro*. דיסקית עם תפטיר הפטריה הונחה על זכוכית נושא של מיקרוסקופ המכוסה בממע PDA עם תכשירי הסידן בריכוז 65mM. הזכוכיות הונחו בתוך תא לח למניעת התייבשות והודגרו למשך מס' ימים ב-22 מ"צ. המושבות צולמו ע"י מיקרוסקופ אור. בר מייצג 100µm. תוספת CaCl₂ לא השפיעה על מורפולוגית התפטיר. כך גם CaO (שאינו מוצג כיוון שיצר משקעים באגר שהקשו על קבלת תמונה ברורה בצילום). שלאל ו-CaP פגעו בצימוח הפולרי, גרמו לזליגת ציטפלסמה ולפיצול יתר של התפטיר.

על מנת לבחון האם התכשיר הוא פונגיצידי או פונגיסטטי, נבגים הודגרו במצע PDB נוזלי ובו פורמולציות הסידן בריכוז 65mM למשך 5 שעות (בטלטול עדין ב-22 מ"צ). הנבגים נשטפו (ע"י סרכוז והחלפת המצע) והועברו למצע



PDB טרי ללא התכשירים והודגרו למשך 72 שעות ב-7 מ"צ. בתום ההדגרה התרביות נבחנו מבעד

למיקרוסקופ. בעוד שנבגים שטופלו ב-CaCl₂ גדלו היטב בדומה לביקורת, בתרביות שטופלו ב-CaO רוב הנבגים לא נבטו והיה גידול מועט מאוד. במבחנות שטופלו בשלאל סידן או ב-CaEDTA לא היה גידול כלל. לפי תוצאות ניסוי זה ניתן לראות כי תכשירי כילאט סידן שנבדקו הם פונגיצידיים.

בחינת טיפולים לאחר קטיף באמצעות טבילה

בתכשירי הסידן על עיכוב ריקבון פרי. על מנת לבחון

את יעילות יישום תכשירי הסידן כטיפולים לאחר

קטיף 10, פירות אשר לא טופלו בשדה נטבלו בתמיסת

פורמולציות הסידן השונות (בריכוז 65mM) במים

בתוספת 0.05% tween 20 כמשטח. לכל טיפול נטבלו

10 פירות. הפירות יובשו באוויר ולאחר 24 שעות 5

פירות רוססו בנבגי הפטריה (בדומה למבחני ההדבקה

המכוונת שתוארו קודם) ו-5 פירות נשארו כביקורת.

הניסוי בוצע 3 פעמים. בתום שבועיים של מעקב אחר

הפירות לא נצפו תופעות של פיטוטוקסיות של

החומרים השונים. מספר הנגעים על הפרי (בפירות

שהודבקו עם הפטריה) היה נמוך בכל טיפולי הסידן

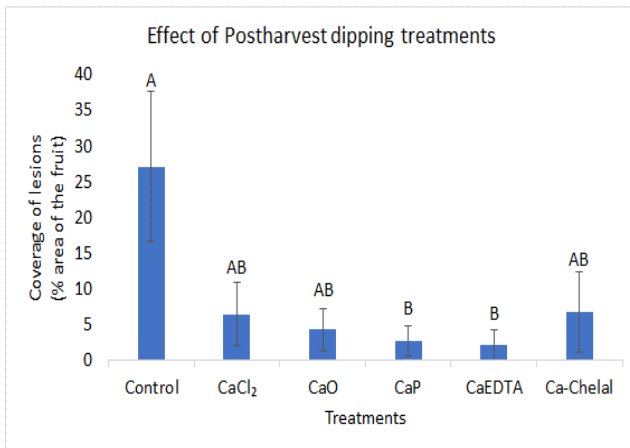
לעומת הביקורת, אולם ההבדל לא היה מובהק (איור

5). לעומת זאת שטח הכיסוי של הריקבון על הפרי היה

נמוך באופן מובהק בטיפולי CaEDTA ו-CaP.

גם טיפול השלאל סידן צמצם משמעותית את שטח

הריקבון על הפרי (אם כי לא באופן מובהק).



איור 5: ריקבון עובש אפור בפרי כתלות בטיפול

הטבילה השונים. גרף עליון מציג את מספר הנגעים

לפרי, גרף תחתון מציג את שטח הכיסוי של הריקבון על

הפרי. הערכים המוצגים הם ממוצע של 3 ניסויים שונים

(בכל ניסוי 5 פירות לטיפול) ושגיאות תקן. עמודות

בעלות אותיות שונות נבדלות אחת מהשנייה בהסתברות

של $p \leq 0.05$ במבחן Tukey.

בשנת המחקר הראשונה נבחנה השפעת טיפולי סידן בריסוס עלוותי עם שני תכשירי כילאט סידן שונים, על איכות פרי פלפל וריקבון פרי בתום פרוטוקול אחסון של ייצוא, בחלקת ניסוי אל מול טיפול משקי, ריסוס בסידן כלורי ובהשוואה לביקורת לא מטופלת. תוצאות ניסוי זה חזרו באופן חלקי על תוצאות שהתקבלו בניסוי שבוצע בחלקה מסחרית. בניסוי הקדמי שבוצע בעונת 2020/21 בשטח פלפל במושב ייט"ב בחנו יישום שלאל סידן אל מול הטיפול המישיקי וביקורת ללא טיפול, ומצאנו כי טיפול שבועי בשלאל סידן צימצם את ריקבון פרי הפלפל באחסון הנגרם ע"י עובש אפור בעילות דומה לטיפול המשקי [20]. שיעור ריקבון הפרי בניסוי זה היגיע בחלק מהקטיפים לכדי 25% מכלל הפירות בחלקות הלא מטופלות. כמו כן נמצא כי טיפול בשלאל סידן שמר על מוצקות הפרי לאחר האחסון. הניסוי שבוצע השנה, במסגרת תוכנית המחקר, בוצע בחלקת ניסוי במו"פ בקעת הירדן על מנת לאפשר בחינת הטיפול עם כל הביקורות הנדרשות. יש לציין כי עקב מורכבות הניסוי שתוכנן (ריסוסים שבועיים של 5 טיפולים ב-6 חזרות) לא ניתן לבצעו בחלקה מסחרית, כפי שנעשה בניסוי ההקדמי. שיעור רקבונות הפרי בחלקת הניסוי היה יחסית נמוך לכל אורך העונה פרט לשני הקטיפים האחרונים (טבלה 3), דבר שהקשה על בחינת השפעת הטיפול כאשר הנגיעות בביקורת היתה יחסית נמוכה. בקטיפי האחרון, שיעור הנגיעות בבוטריטיס בטיפול הביקורת היתה גבוהה מאוד (30%). בקטיפ זה נמצא כי טיפול השלאל סידן צמצם באופן ניכר את ריקבון הפרי באחסון. מכאן שתוצאות הניסוי השנה חוזרות על תוצאות הניסוי ההקדמי של עונה שעברה, אולם עקב שיעור נגיעות נמוך בבוטריטיס ברוב העונה – יעילות הטיפול לא באה לידי ביטוי. ראוי לציין כי בדומה לעונה הקודמת, בניסוי שבוצע בחלקה המסחרית, גם בעונה הנוכחית בחלקת הניסוי נמצאה שכיחות גבוהה של גורמי ריקבון פרי מגוונים הידועים כשכיחים בפלפל (Tzortzakis et al., 2019) באחסון ב-7 מ"צ, שכללו עובש אפור, ריקבון שחור (*Alternaria* spp.) וריקבון חמוץ (*Geotrichum candidum*). כמו כן נמצאה נגיעות מוגברת של פרי באחסון מפטרית הכלדוספוריום שזוהתה כ- *Cladosporium cladosporioides*. פטריה זו אותרה בחלקות פלפל באזורים נוספים בארץ, ודווחה על ידינו לראשונה במסגרת מחקר זה [21]. יש לציין כי בעוד גורמי ריקבון הפרי שמאוחסן ב-7 מ"צ מגוון, הטיפול בכילאט סידן הפחית בעיקר את שיעור ריקבון הפרי בתום האחסון הנגרם מבוטריטיס והיה פחות יעיל כנגד שאר סוגי הרקבונות.

השערת המחקר היתה כי תנועת הסידן לפרי תהייה טובה יותר כאשר יישום הסידן יהיה ככילאט ולא כמלח. על פי הבדיקות שבצענו השנה (אשר תואמות לסקר שבוצע בעונה הקודמת), ריסוסי הסידן באף אחת מהפורמולציות לא הגבירו את ריכוז הסידן בפרי או בעלים (איור 1). מכאן שהאפקט שנמצא לטיפולים אלו על שיעור הרקבונות כנראה לא נובע משינוי בפרי אלא מפעילות מעכבת ישירה על הפטריה. תימוכין למסקנה זו ניתן למצוא בכך שלא נמצא הבדל מובהק בין ריסוסי הסידן לטיפול הביקורת במגוון מדדי איכות פרי חיזוניים ופנימיים שנבדקו, כולל מוצקות ונשימה (טבלאות 2 ו-4). בנוסף נמצאה השפעה מעכבת ישירה על מגוון מדדי צימוח של הפטריה (קצב גידול, הנבגה, נביטת נבגים). נמצא כי לתכשירי כילאט הסידן יש כושר עיכוב פונגיצידי על נבגי הפטריה והשפעה ניכרת על מורפולוגית התפטיר. יש לציין כי הנבגים שהודגרו בנוכחות שלאל סידן יצרו מקבצים (clamps) ובהמשך לאחר סרכוז והדגרה ב-7 מ"צ "נעלמו" מהמבחנות דבר שיכול להצביע על פגיעה של התכשיר בדופן התא, אשר בתוספת עקה מכנית או פיזיקלית (סרכוז וקור, בהתאמה) גרמו להתפרקות והעלמות הנבגים. פעילות זו של תכשירי כילאט הסידן על מרכיבי הפטריה (למשל על תקינות הדופן או הממברנות) מתוכננת להיבדק בשנת המחקר הבאה. הפעילות הפונגיצידיה הישירה על הפטריה באה גם לידי ביטוי בניסוי הטבילה שבצענו. טיפולים אלו לאחר קטיף בתכשירי כילאט הסידן נמצאו יעילים בצמצום ריקבון הפרי שטופל. למרות שבשני מדדי ההדבקה (מספר נגעים ושטח הכיסוי) נמצאה ירידה משמעותית בשיעור הריקבון עקב הטיפולים בכילאט סידן, ברוב המיקרים האפקט לא היה מובהק סטטיסטית, כנראה עקב מספר קטן מידי של פירות / חזרות בניסוי. אנו נשוב ונבחן טיפולים אלו בשנת המחקר השנייה כדי לחזק ולבסס את הממצאים. במידה ויתברר כי טיפולים אלו יעילים – ניתן לשקול הוספת תכשירי כילאט סידן למי שטיפת הפלפל כיוון שחומרים אלו נחשבים כלא רעילים – GRAS (generally regarded

as safe). טיפולים לאחר קטיף יוכלו להיות מיושמים לפי הצורך / רמת הנגיעות בבוטריטיס בשטח, דבר שיקטין את העלויות לחקלאי.

במסגרת הניסוי השנה בחנו שתי פורמולציות של כילאט סידן – שלאל סידן ו CaEDTA. במהלך העונה נצפו כתמים נקרוטים בצמחים שטופלו ב CaEDTA (איור 6) עד מצב שבו אף היתה פגיעה ביבול מצמחים אלו (טבלה 1). הפגיעה של התכשיר היתה כה חמורה עד כדי פגיעה בעוקצי הפירות גרמו לנגיעות מוחלטת (100%) בעובש אפור על העוקצים בתום האחסון. לאור הפגיעה הקשה של תכשיר זה בצמחים לא נחזור על הטיפול הזה בעונה הבאה. במקום זה אנו מבקשים לבחון באופן סדור את נושא הטיפולים לאחר קטיף אשר נמצאו כבעלי פוטנציאל בשנת המחקר הראשונה.

איור 6: טיפול CaEDTA גרם לצריבות ונזק בצמחים ובפרי. התמונה צולמה ב-24 במרץ 2022 בחלקת הניסוי. שורה שמאלית – טיפול CaEDTA. שורה ימנית – שורת רווח ללא טיפול. ניתן לראות כי נזק הצריבות בצמחים מוגבל לחלקת הטיפול ב CaEDTA בלבד ולא לחלקות הטיפולים האחרים אשר בהמשך השורה השמאלית.



לאחרונה התפרסמו מספר מאמרים שהציגו יעילות של טיפולי סידן לפני ואחרי קטיף בפלפל להגברת איכות הפרי ועמידותו לקור באחסון [22, 23]. דווח כי טבילות בסידן כלורי הגבירו את עמידותו של פרי ירוק לנזקי צינה באחסון בטמפרטורות תת-אופטיליות (4 מ"צ), ע"י עיכוב פעילות אנזימים המעורבים במטבוליזם של ליפידים ושמשפיעים על שלמות הממברנות [23]. עבודה קודמת שלנו הראתה תוצאות דומות של צמצום נזקי צינה לפרי שטופל בריסוסים עלוה של שלאל סידן ואחסון ב-2 מ"צ (אחסון המדמה שיווק ימי לצפון אמריקה) [20], תוצאות אשר חזרו על עצמן גם בעונה הנוכחית במסגרת מחקר זה בטיפולי ריסוס בכילאט סידן, ואשר היו טובים יותר מטיפול הסידן כלורי. על בסיס נתונים אלו אנו מציעים להרחיב את הבדיקה של השפעת הטיפולים (לפני ואחרי קטיף) על כושר אחסון הפרי בטמפרטורות תת-אופטיליות, אשר במידה וימצא מועיל, יאפשר הרחבת השיווק של הפרי ליעדים כדוגמת צפון אמריקה והמזרח הרחוק בהובלה ימית, דבר הנחוץ להתמודדות עם המשבר של השוק הרוסי.

המלצות למגדלים - בשלב זה תוצאות הניסויים לא הניבו תוצאות שמאפשרות המלצות למגדלים.

רפאל, ג.; ספיר, ר.; גלעד, ז.; אלון, ת.; סילברמן, ד.; זיו, כ. ריסוסי כילאט סידן להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל ולהגברת איכות הפרי וכושר אחסונו. שדה וירק **2022**, 342, 45-50.

Krasnow, C.S.; Raphael, G.; Ziv, C. First Report of Fruit Rot of Sweet Pepper Caused by *Cladosporium cladosporioides* in Israel. *Plant Dis* **2022**, 0, null, doi: 10.1094/PDIS-12-21-2755-PDN

Krasnow, C.; Ziv, C. Non-Chemical Approaches to Control Postharvest Gray Mold Disease in Bell Peppers. *Agronomy* **2022**, 12, 216

רשימת ספרות

1. Romanazzi, G. and E. Feliziani, *Botrytis cinerea* (Gray mold), in *Postharvest decay Control Strategies*, Bautista-Banos S, Editor. 2014, Elsevier: UK. p. 383
2. Yermiyahu, U., et al., Higher Potassium Concentration in Shoots Reduces Gray Mold in Sweet Basil. *Phytopathology*, 2015. **105**(8): p. 1059-68
3. Elad, Y., et al., *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. 2007: Springer
4. Elad, Y. and B. Kirshner, Calcium reduces *Botrytis cinerea* damages to plants of *Ruscus hypoglossum*. *Phytoparasitica*, 1992. **20**(4): p. 285
5. Elad, Y., et al., Effect of nutrition on susceptibility of cucumber, eggplant, and pepper crops to *Botrytis cinerea*. *Can J Bot*, 1993. **71**(4): p. 602-608
6. Volpin, H. and Y. Elad, Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to gray mold. *Phytopathology* 1991. **81**: p. 1390-1394
7. Elad, Y. and H. Yunis, Effect of microclimate and nutrients on development of cucumber gray mold (*Botrytis cinerea*). *Phytoparasitica*, 1993. **21**(3): p. 257
8. Bar-Tal, A., et al., Rose flower production and quality as affected by Ca concentration in the petal. *Agronomie*, 2001. **21**(4): p. 393-402
9. Elad, Y. and H. Volpin, Reduced sensitivity to grey mould (*Botrytis cinerea*) of bean and tomato plants by means of calcium nutrition. *J Phytopathol* 1993. **139**: p. 146-156
10. Amtmann, A. and M.R. Blatt, Regulation of macronutrient transport. *New Phytol*, 2009. **181**(1): p. 35-52
11. Ziv, C., et al., Multifunctional Roles of Plant Cuticle During Plant-Pathogen Interactions. *Front Plant Sci*, 2018. **9**: p. 1088
12. Hocking, B., et al., Fruit Calcium: Transport and Physiology. *Frontiers in Plant Science*, 2016. (569)7
13. Ho, L.C., et al., Uptake and Transport of Calcium and the Possible Causes of Blossom-end Rot in Tomato. *J Exp Bot*, 1993. **44**(2): p. 509-518
14. Bar-Tal, A., et al., Optimization of calcium and magnesium concentrations for fertigation of tomato with desalinated water. *Israel J Plant Sci*, 2017: p. 1-12
15. Manganaris, G.A., et al., The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Sci Hort*, 2005. **107**(1): p. 43-50
16. Ortiz, A., et al., Preharvest calcium sprays improve volatile emission at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples. *J Agric Food Chem*, 2011. **59**(1): p. 335-41
17. Dris, R. and R. Niskanen, Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple. *Plant Foods Hum Nutr*, 1999. **54**(2): p. 159-71
18. Gerasopoulos, D., et al., Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biol Technol*, 1996. **7**(1-2): p. 65-72
19. Sun, C., et al., Inhibition of *Botrytis cinerea* and control of gray mold on table grapes by calcium propionate. *Food Quality and Safety*, 2021. **5**
20. רפאל, ג., et al., ריסוסי כילאט סידן להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל ולהגברת איכות הפרי וכושר אחסונו. שדה וירק, 2022. 342 (ינואר-פברואר): 45-50.
21. Krasnow, C.S., et al., First Report of Fruit Rot of Sweet Pepper Caused by *Cladosporium cladosporioides* in Israel. *Plant Dis*, 2022. **0**(ja): p. null
22. Ragab, S.M., et al., Enhancing Growth, Productivity, Fruit Quality and Postharvest Storability of Hot Pepper by Calcium Nitrate and Salicylic Acid Foliar Application. *Alexandria Science Exchange Journal*, 2021. **42**(4): p. 961-975
23. Zhang, X., et al., Calcium ion improves cold resistance of green peppers (*Capsicum annuum* L.) by regulating the activity of protective enzymes and membrane lipid composition. *Scientia Horticulturae*, 2021. **277**: p. 109789