

## ריסוסי כילאט סידן להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל ולהגברת איכות פרי וכושר אחסונו

תמר אלון - שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר  
זיוה גלעד, אחיעם מאיר - מו"פ בקעת הירדן, תחנת צבי  
כרמית זיו, גינת רפאל, רפאל ספיר - המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מכון וולקני, ראשון לציון.

### תקציר

מחלת העובש האפור בפלפל הנגרמת ע"י הפטרייה *Botrytis cinerea* גורמות לנזק רב בגידול פלפל חורפי בבקעת הירדן. למרות שהאילוח בנבגי הפטרייה 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. כמו כן, לסידן השפעה ניכרת על מבנה דופן הצמח וממשק הסידן ידוע כמשפיע על הבשלת פירות. בניסוי שבוצע בעונות 2017-2019 בתחנת ניסיונות בקעת הירדן מצאנו כי ריסוס עלוותי של סידן בכילאט (Chelal Omnical, BMS Micro-Nutrients) הגביר את ריכוז הסידן בציפת הפרי ובהתאמה את מוצקות הפרי ועמידותו לבוטריטיס.

על מנת לבחון את יעילות הטיפול בשטח, בוצע בעונת 2020-2021 ניסוי בחלקת פלפל מסחרית במושב ייט"ב בבקעת הירדן. בניסוי זה נבחן ריסוס שבועי של כילאט הסידן (0.5%) אל מול ביקורת לא מטופלת וטיפול משקי. ריסוס כילאט הסידן לא הפחית באופן מובהק את נגיעות הבוטריטיס בשטח, אולם היה יעיל במידה דומה לטיפול המשקי במניעת התפתחות ריקבון עובש אפור באחסון, אשר היה שכיח ביותר בפרי מטיפול הביקורת, ריסוס שבועי בכילאט סידן במהלך הגידול שיפר את איכות הפרי שאוחסן ב-2 מ"צ, דבר שהתבטא באיבוד משקל נמוך יותר ומוצקות פרי גבוהה יותר בתום האחסון.

התוצאות שהתקבלו הציגו את פוטנציאל הטיפול לשיפור איכות הפרי וצמצום אובדן היבול ממחלת הבוטריטיס לאחר אחסון פרי בתנאים שיאפשרו ייצוא ימי של פלפל לצפון אמריקה ולשווקים רחוקים נוספים. על כן אנו ממליצים לשוב ולבחון את הטיפול תוך אופטימיזציה שלו לפיתוח פרוטוקול לטובת מגדלי הפלפל.

### מבוא ותיאור הבעיה

פלפל הוא גידול מרכזי וחשוב בערבה ובבקעת הירדן כאשר רוב הפרי מופנה לייצוא. הפלפל (*Capsicum annuum* L) הוא גידול מרכזי בבקעה וערבה התיכונה. למרות המשבר שהתהווה במהלך 2015 בגידול זה, ייצור הפלפל השנתי עומד על 165,000 טון, כאשר 55% מהייצור מופנה לייצוא. היצוא השנתי של פלפל בארץ עומד כיום על כ-90,000 טון הגדלים ב-14-12 אלף דונם (נתוני 2019). 74% מהייצוא נשלח לרוסיה (68 אלף טון ב-2019), 20% למדינות האיחוד האירופי (18 אלף טון ב-2019) והשאר לצפון אמריקה (6% לארה"ב ו-0.5% לקנדה). עקב עלויות גבוהות של תובלה אווירית, רוב הפלפל (95%) משווק בהובלה ימית (פאנוס, 2017), ועל כן יש חשיבות רבה לשפר את איכות הפרי ולהאריך את כושר האחסנה שלו שתאפשר הובלה ימית.

מחלת העובש האפור הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* גורמת לפגיעה משמעותית בצמחי הפילפל, לאובדן יכולת במהלך הגידול ולאחר הקטיף בהיקפים של עד 30-50% מהתוצרת. עליה משמעותית ברמת הלחות וירידה של הטמפרטורה הינם תנאים אופטימאליים להתפתחות המחלה שיכולה להגיע לרמת נגיעות גבוהה של כ 10-30% בשטח. בתנאי חום ולחות מתאימים הנבגים נובטים על העלים ו/או הפרי וגורמים לרקבון המלווה בתפטיר והנבגה של הפטריה ( Romanazzi & Feliziani, 2014). במצבים של נגיעות גבוהה ניתן לראות פרי עלים וגבעולים פגועים עליהם מתפתח תפטיר הפטריה ונבגיה שמהווים מדבק נוסף. לעיתים, כאשר הנגיעות נמוכה יותר עקב תנאי מזג אוויר לא מיטביים לפטריה, לא מופיעים סימפטומים בשטח אולם הפרי המאולח בנבגי הפטריה מגיע לאחסון ו/או הובלה ואז מתפרצת הפטריה וגורמת לנזק רב. הפרוטוקול המקובל היום למניעת נגיעות בפטריה כולל אוורור שטחי הגידול וריסוס השיח בפונגיצידיים שונים אחת ל-10 ימים. טיפול זה יקר – הן החומרים והן שעות עבודה, ואינו פותר את הבעיה באופן מספק. כמו כן ישנו לחץ צרכני הולך וגובר להפחתת השימוש בחומרי הדברה.

**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). לרוב ניתנו הטיפולים ע"י הגברת הדישון הסידני (הדשייה), אולם ריסוס עלוטי של סידן נמצא כיעיל יותר. יישום העלוותי 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 0.1 Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> g/ml בדישון לפני אילוח בפטריה הביא לירידה חלקית אך מובהקת בחומרת מחלת הבוטריטיס בליזיאנטוס, בעוד שמתן סידן לאחר האילוח לא השפיע כלל. לעומת זאת סידן שניתן בריסוס עלוטי 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).

**ריסוסי סידן במהלך הגידול הם פרקטיקה מקובלת במספר גידולים** כגון תפוחים, אפרסקים, מנגו וקיווי לשיפור תכונות הפרי ולהגברת עמידות בפני מחלות תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה לקראת הקטיף (Dris & Niskanen, 1999; Manganaris et al., 2005; Ortiz et al., 2011). בעוד שסידן כלורי הוא הריסוס המקובל, כילאט סידן החל להיות משווק כאלטרנטיבה עדיפה בטענה של קליטה טובה יותר. באפרסקים נמצא שריסוס סידן כלורי וכן כילאט סידן ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) הביא לעליה של רמות הסידן בקליפה ובציפת הפרי לאחר הקטיף, אולם סידן כלורי היה יעיל יותר מהסידן בכילאט. תוספת הסידן הצטברה בפקטין הלא מסיס והביאה לירידה בהתפתחות הריקבון החום הנגרם ע"י הפטריה *Monilinia fructicola* (Gerasopoulos et al., 1996; Manganaris et al., 2005). ריסוס כילאט סידן (סידן בקומפלקס עם מניטול או חומצות אמינו) במלונים לא היה שונה מהותית מסידן כלורי ובחלק מהזנים שני הטיפולים שיפרו את קושי ואיכות הפרי. ריסוס סידן כלורי או סידן ניטרט במנגו עכבו את הבשלת הפרי באחסון, האטו נשימה והפרשת אתילן והאריכו את זמן אחסון הפרי (Singh et al., 1993). תוצאה דומה נמצאה בקיווי שרוסס בסידן כלורי (Gerasopoulos et al., 1996) באפרסקים (Gerasopoulos et al., 1996) ובתפוחים (Raese & Drake, 2002; Dris & Niskanen, 1999).

**הסידן הוא יסוד המצוי לרוב בחסר בפרי עקב תנועתיות מוגבלת בצמח.** סידן הוא אחד מיסודות המאקרו הנחוצים לגדילה תקינה של הצמח (Amtmann & Blatt, 2009). הסידן הוא מרכיב מרכזי הקובע את חוזק הדופן התא הצמחי, כיוון שהוא יוצר גשרים בין יחידות הפקטין ומונע פירוק אנזימתי של הדופן. בנוסף לתפקידו המרכזי בקביעת חוזק הדופן של הפרי, סידן משפיע על תפקודי הממברנות וכן משמש כמוליך סיגנל המבקר תהליכי הבשלה והתרככות וכן משפיע על ממשק המים (Hocking et al., 2016).

קליטת הסידן לפרי כאשר מיושם בדישון תלויה במשק המים של הצמח ונפסקת בזמן הבשלת הפרי. קליטת סידן בשורשים תלויה בהרכב המינרלים בקרקע (או בתמיסת הדישון). תנאי מליחות גבוהה או חנקן גבוה מעכבים קליטת סידן ועקב כך נוצר מחסור של סידן בפרי, הגורם למחלות פיזיולוגיות כדוגמת שחור הפיטם blossom-end rot בעגבניות ופלפל (Ho et al., 1993). אופן חדירת הסידן המרוסס לפרי לא ברורה ויש המשערים שהסידן חודר דרך עדשתיות או סדקים בקליפת הפרי שמופיעים בשלבי הגידול המאוחרים של הפרי.

#### **סידן ידוע כבעל תפקיד חשוב בפיזיולוגיה של הפרי 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 בהגברת עמידות הצמח לפתוגנים (Vatsa-Portugal et al., 2017) ובבקרת 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, קיים פער בהבנה לגבי השפעת ריסוסי סידן במהלך הגידול על איכות פרי הפלפל ועמידותו בפני פתוגניים לאחר הקטיף ובמהלך האחסון. בעבודה הקדמית שבוצעה ע"י מגישי הצעה זו נבחן תכשיר מסחרי המכיל CaO בצורת כילאט עם DTPA, ונבדקה השפעת ריסוסי עלווה של סידן בצמחי פלפל על רגישות למחלת העובש האפור בשדה ובאחסון, ולאחר אילוח מכוון בנבגי הפטריה בחלקת ניסוי במו"פ בקעת הירדן. תוצאות ראשוניות הראו שריסוס עלוטי של סידן בתכשיר Chelal Omnical, BMS Micro-Nutrients NV (CaO בכילאט של DTPA) שיפר את איכות הפרי לאחר הקטיף, את קשיחות הפרי ואת עמידותו בפני הדבקה מכוונת של בוטריטיס. על מנת לבחון את פוטנציאל הריסוס בתכשירי סידן כאמצעי להתמודדות עם מחלת העובש האפור בפלפל באחסון בתנאים מסחריים בוצע בעונת 2020-2021 ניסוי ריסוס תכשיר כילאט סידן בחממה מסחרית במושב יי"טב בבקעת הירדן.

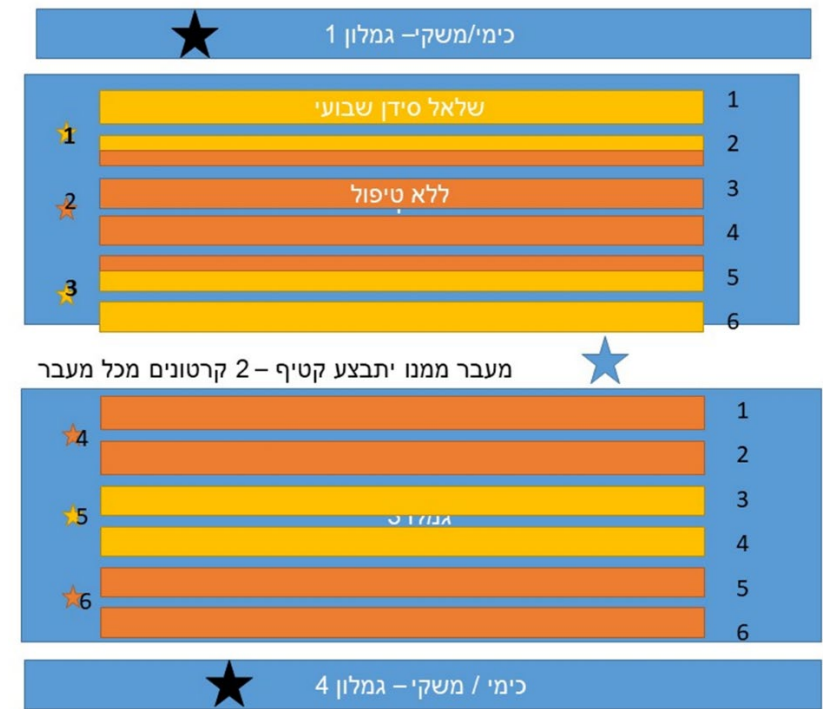
#### **מטרות עבודה**

מטרת המחקר הינה בחינת האפשרות להפחתת נגיעות במחלת העובש האפור בפלפל ע"י טיפולי סידן ובהמשך פיתוח פרוטוקול ליישום תכשיר מתאים של סידן במהלך גידול הפלפל שיקטין את נגיעות הגידול במחלת העובש האפור, ישפר את איכות הפרי, יאריך את כושר האחסון שלו בקור ויצמצם משמעותית את הנגיעות והפחתת מפטריות רקבון במהלך האחסון תוך צמצום השימוש בחומרי הדברה.

## מהלך המחקר ושיטות עבודה

### מבנה הניסוי

- הניסוי בוצע בחלקת מגדל (משק מושב יי"טב) בשני גמלונים, בכל גמלון 6 ערוגות באורך 32 מ'. שתילה 23/8/20 הזן לאי-לאי (משווק ע"י חברת אפעל) המבנה כוסה ברשת 17 מש + רשת 40% צל שחורה, ב-24/9/21 הוסרה הרשת צל, ב-25/2/21 - כיסוי המבנה ברשת צל מעל רשת 17 מש. בניסוי הופעלו שני טיפולים, 3 חזרות לכל טיפול.
1. ביקורת – ללא טיפול.
  2. ריסוס ב-CHELAL (0.35%). כילאט – תחמוצת סידן בצורת כילאט DTPA של חברת BMS ריסוס שבועי (3.5 סמ"ק לליטר). החל מ-15/11/20 עד 12/4/21, סה"כ בוצעו 22 ריסוסים. הריסוס בוצע בשעות אח"צ.
  3. ריסוס כימי בחלקה המשקית ע"פ החלטת החקלאי (נובמבר – סוונה, דצמבר – פרדיקט, ינואר- סוונה, פברואר – שידו, מרץ – טל-דור)



**איור 1:** מפת הטיפולים בשטח – מעבר 1,3,5 חלקות מטופלות בכילאט סידן, מעבר 2,4,6 חלקות ביקורת (ללא טיפול). כוכב מצוין מעברים מהם נלקח פרי לבדיקת איכות וחיי מדף.

### טבלה 1: הטיפולים שנבחנו בניסוי

1	ביקורת – ללא טיפול
2	ריסוס בתכשיר Chelal Omnical של BMS Micro-Nutrients NV (0.35%)
3	ריסוס כימי משקי-על פי החלטת החקלאי.

## מדדים

1. ספירת מוקדי בוטריטיס פעיל או רדום בחלקות. מעקב אחר מחלות נוף נוספות למשל קמחונית, ניקוד בקטרי.
2. מדדי יבול (עבור שני טיפולי הניסוי בלבד)
3. מדדי איכות פרי – השפעת הטיפולים על חיי מדף.

### בדיקת איכות הפרי באחסון

- בחינת איכות הפרי וחיי המדף נבדקה בפירות פלפל באיכות יצוא שניקטפו בכ-90% צבע, בתדירות של בין אחת לשבועיים עד אחת לחודש. בסך הכל נבדקו פירות מ-8 מועדי קטיף. הפרי נישטף במי ברז (כמינהג החקלאים) ואוחסן ב-2 או 7 מ"צ למשך 14 ימים. לאחר זמן האחסון הפירות הועברו לחיי מדף למשך 3 ימים נוספים ב-20 מ"צ (הדמיה של המצב בזמן שיווק). בכל טמפרטורה אוחסנו 3 קרטוני יצוא לכל טיפול (20-25 פירות לארגז). בתום תקופת האחסנה וחיי המדף נבחנו מדדי האיכות הבאים:
- א. **איבוד משקל** נבדק ל-3 עד 4 פירות מארגז (10 פירות לטיפול בכל טמפ' אחסון).
  - ב. **מוצקות וגמישות** נמדדו בעזרת מכשיר "מד-לחץ" ל-2 פירות מארגז (6 פירות לטיפול), וכן בוצעה הערכה ידנית סובייקטיבית לכלל הפירות.
  - ג. **ריקבון** נבחן ויזואלית לכל הפירות. פירות נגועים הודגרו בתא לח למשך 5-7 ימים ב-25 מ"צ לזיהוי גורמי המחלה (זיהוי מורפולוגי ו/או מולקולרי).
  - ד. **תכולת כלל מוצקים מומסים** (כמ"מ, TSS) נבדקה ל-2 פירות מארגז (6 פירות לטיפול) באמצעות מכשיר רפרקטומטר דיגיטלי.
  - ה. **נזקי צינה ופגעים פיזיולוגיים נוספים** כגון סידוקים, עיוותים והבשלה לא אחידה. לכל טיפול נבדקו 2-3 קרטונים עם פרי באיכות ייצוא.

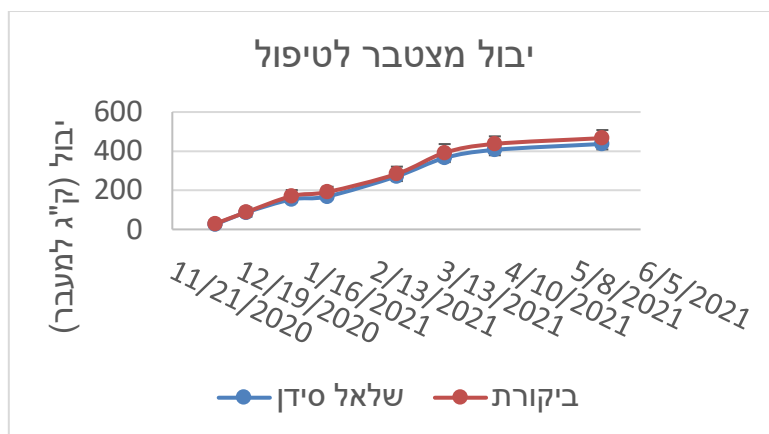
### ניתוח סטטיסטי

התוצאות נותחו במבחן Student's tTest ברמת מובהקות של 5% בתוכנת JMP. ערכים עם אותיות זהות אינם נבדלים אחד מהשני באופן מובהק.

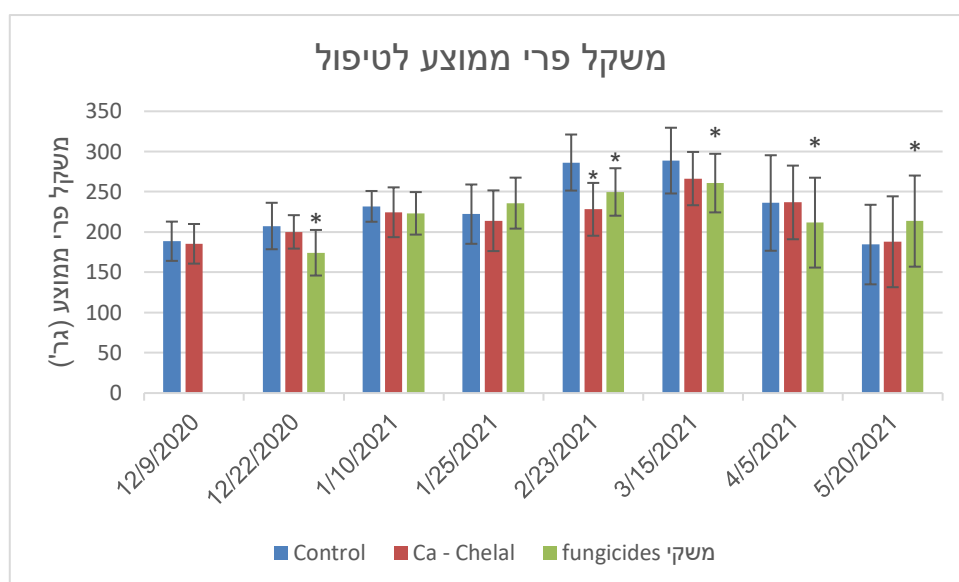
## תוצאות

### **השפעת טיפולי הסיידן כיסוד הזנה על היבול**

במהלך העונה בוצעו 8 קטיפים החל מ-9/12/21 עד 20/5/21. משקל פרי ממוצע ויבול מצטבר לא נבדלו באופן מובהק בין החלקה המטופלת ב"שלאל סיידן" לעומת חלקת הביקורת הלא מטופלת (איור 2-3). בטיפול הביקורת היבול המצטבר היה  $466.7 \pm 23.8$  ק"ג למעבר (6.7 ט/ד' לפי 2800 שתילים לדונם) משקל פרי ממוצע  $226 \pm 53$  גר' ובטיפול השלאל סיידן היבול המצטבר היה  $466.7 \pm 23.8$  ק"ג למעבר (6.7 ט/ד' לפי 2800 שתילים לדונם) משקל פרי ממוצע  $226 \pm 53$  גר' ובטיפול השלאל סיידן היבול המצטבר היה  $466.7 \pm 23.8$  ק"ג למעבר (6.4 ט/ד' לפי 2800 שתילים לדונם). משקל פרי ממוצע  $214 \pm 46$  גר'. משקל הפרי הממוצע בטיפול המשקי היה  $223 \pm 48$  גר' ובחלק מהקטיפים היה שונה באופן מובהק ממשקל הפרי בטיפול הניסוי (איור 3).



**איור 2:** יבול מצטבר לטיפול (ק"ג למעבר). לא נמצא הבדל מובהק ביבול בין שני הטיפולים.

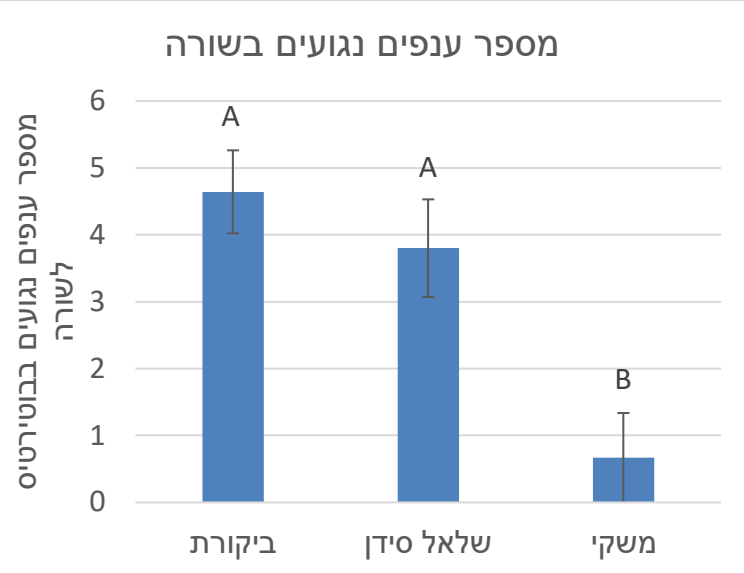


**איור 3:** משקל פרי ממוצע לטיפול בכל קטיף (גר'). כוכבית (\*) מסמנת הבדל מובהק במשקל הממוצע אל מול טיפול הביקורת. משקל ממוצע של פרי נקבע עבור 20 פירות לטיפול בכל קטיף.

### מעקב נגיעות בוטריטיס בשטח

בתאריך 19/01/2021 נצפתה נגיעות גבוהה של בוטריטיס בחלקות הניסוי. על מנת למנוע אפידמיה, בוצעה סניטציה ויישום טיפול יחיד בכל חלקת הניסוי בתכשיר סוואנה (חברת תרסיס-אגריכם) מינון 60 סמ"ק לדונם.

בהמשך בוצע ניטור בלבד של נגיעות בוטריטיס בחלקות הניסוי בהשוואה לשאר החלקה שטופלה ע"י החקלאי בפונגיצידיים. רמת הנגיעות של בוטריטיס בשטח בחלקות הניסוי שאינן מטופלות היתה מובהקת גבוהה יותר לעומת שאר הגמלונים שטופלו באופן סדיר בפונגיצידיים, ולמרות שרמת הנגיעות בבוטריטיס בטיפול השלאל סידן היתה נמוכה יותר מהחלקה הלא מטופלת, הבדל זה לא היה מובהק (איור 4).



**איור 4:** ימין: תוצאות ניטור שבוצעה ב-10/3/21 לנגיעות בוטריטיס. בכל שורה נספרו מוקדי נגיעות של ענפים בפטריה. התוצאות המוצגות הן ממוצע וסטיית תקן לכל טיפול. שמאל: ענף נגוע בבוטריטיס.

#### מדדי איכות בתום האחסון

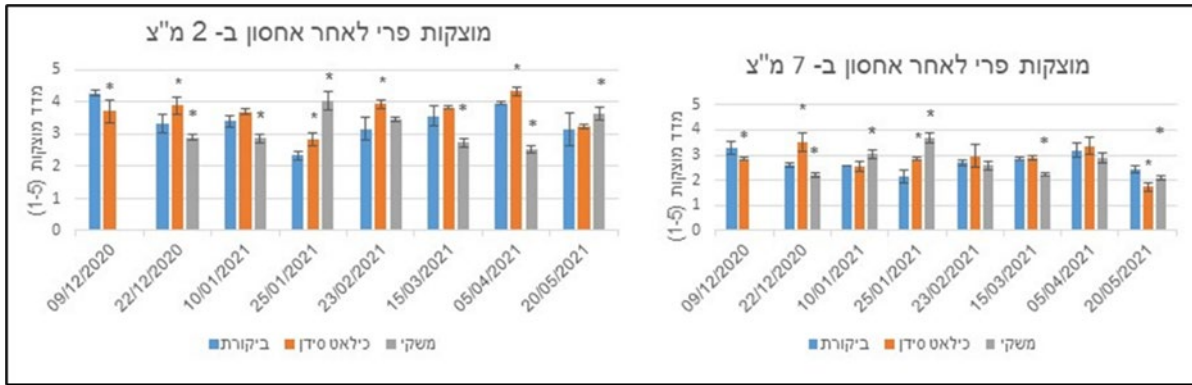
פרי משבעת הקטיפים הראשונים אוחסן למשך 10-12 יום בטמפי של 2 או 7 מ"צ ולאחר מכן הועבר לחיי מדף (20 מ"צ) למשך 3 ימים לפני הערכת איכותו, בפרוטוקול המדמה ייצוא לאירופה. פרי מהקטיפה האחרון (20/5/21) אוחסן לשבוע בלבד עקב איכות פרי ירודה, בפרוטוקול המדמה שיווק מקומי (טבלה 2).

#### טבלה 2: מועדי הקטיפה בניסוי ומשך אחסון הפרי

תאריך קטיפה	אחסון ב-	העברה לחיי מדף	מועד הבדיקה	מס' ימים באחסון	הערות
09/12/2020	7, 2 מ"צ	21/12/2020	24/12/2020	12	לא נבדק טיפול משקי
22/12/2020	7, 2 מ"צ	04/01/2021	07/01/2021	13	
10/01/2021	7, 2 מ"צ	25/01/2021	28/01/2021	15	
25/01/2021	7, 2 מ"צ	08/02/2021	11/02/2021	14	
23/02/2021	7, 2 מ"צ	08/03/2021	11/03/2021	13	
15/03/2021	7, 2 מ"צ	01/04/2021	04/04/2021	17	
05/04/2021	7, 2 מ"צ	19/04/2021	22/04/2021	14	
20/05/2021	7, 2 מ"צ	29/05/2021	01/06/2021	9	פרוטוקול שיווק מקומי

#### איבוד משקל

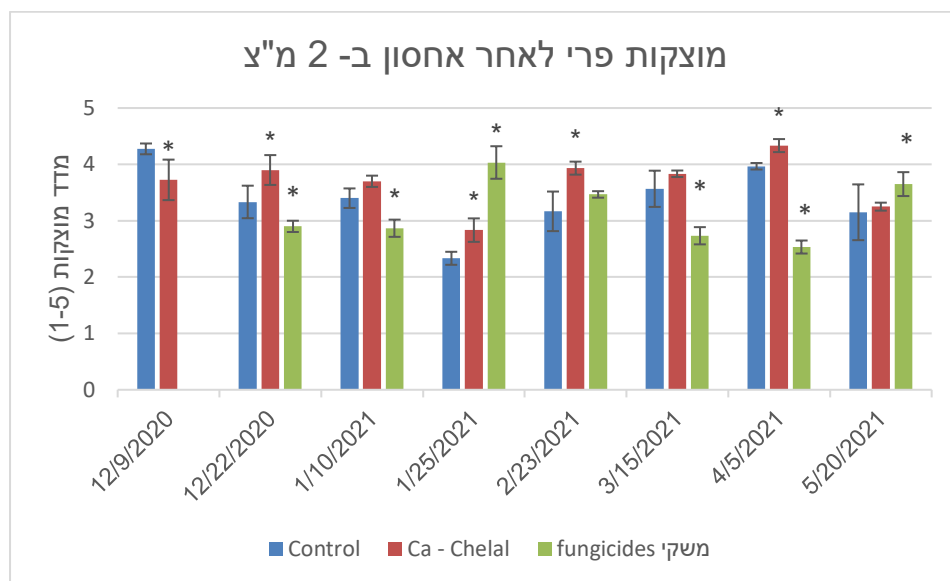
פרי הפלפל מאבד ממשקלו במהלך האחסון עקב איבוד מים ותהליכי נשימה. איבוד המשקל הממוצע היה בין 4-6% ממשקל הפרי המקורי לאחר הקטיפה כאשר האחסון הוא ב-7 מ"צ לעומת 2-4% איבוד משקל כאשר האחסון הוא ב-2 מ"צ (איור 5). לא היתה השפעה עיקבית של טיפול השלאל סידן על מדד זה לעומת הביקורת, אולם פירות הטיפול המשקי איבדו משקל רב יותר במהלך האחסון ב-2 מ"צ לעומת פירות מטיפול הניסוי (3.6% לעומת 2.9% בהתאמה), באופן מובהק ( $p < 0.0001$ ) וללא תלות במשקל הפרי.



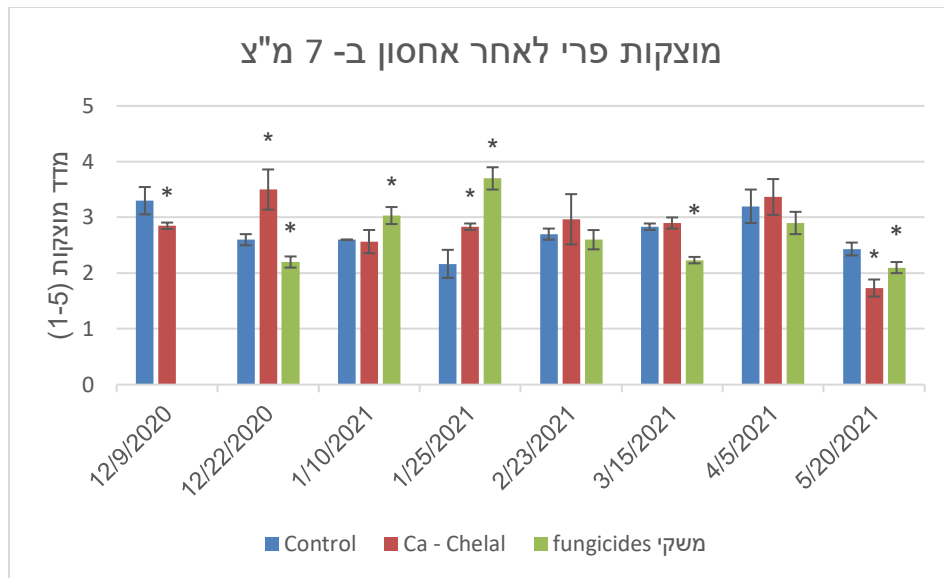
**איור 5:** איבוד משקל ממוצע של פרי בתום האחסון. גרף עליון: לאחר אחסון ב- 2 מ"צ. גרף תחתון: לאחר אחסון ב- 7 מ"צ. כוכבית (\*) מסמנת הבדל מובהק באיבוד המשקל אל מול טיפול הביקורת. איבוד משקל נבדק עבור 10 פירות לטיפול מכל טמפרטורה.

### מוצקות וגמישות הפרי

מוצקות הפרי נקבעה כמדד איכותי סובייקטיבי של קושי הפרי (1-5) על פי כלל הפירות בכל ארגו (איור 6). בנוסף מוצקות הפרי נקבעה מכשירנית ל-6-8 פירות מייצגים מטיפול. תוצאות המדידה המכשירנית היו בהתאמה למדד הסובייקטיבי. לאחר אחסון ב- 2 מ"צ מוצקות פרי מטיפול הסידן היתה גבוהה יותר לעומת טיפול הביקורת ולעומת הטיפול המשקי, בשישה מתוך שמונת הקטיפים, אם כי לא בכל הקטיפים ההבדל היה מובהק. תוצאה דומה נמצאה בפרי שאוחסן ב- 7 מ"צ. בפירות מהקטיפ הראשון בעונה ומהקטיפ האחרון בעונה לא נמצא יתרון לטיפול הסידן מבחינת מוצקות הפרי.







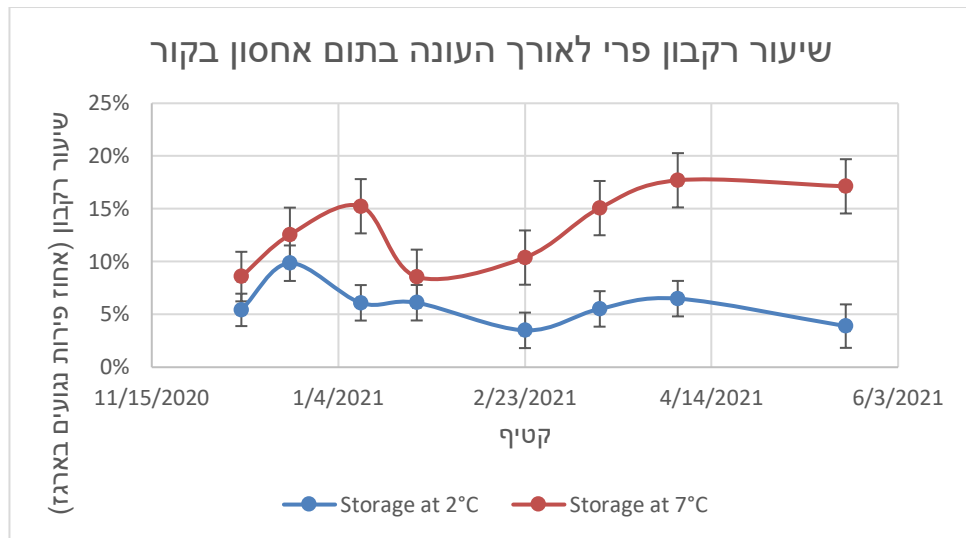
**איור 6:** הערכת מוצקות הפירות בתום אחסון ב-2 מ"צ (גרף עליון) וב-7 מ"צ (גרף תחתון). הערכה בוצעה עבור 20-25 פירות לארגז. מוצגים ממוצע הערכה של 3 ארגזים לכל טיפול וסטיות תקן. כוכבית (\*) מציינת הבדל מובהק אל מול טיפול הביקורת.

#### תכולת כלל מוצקים מומסים (כמ"מ, TSS)

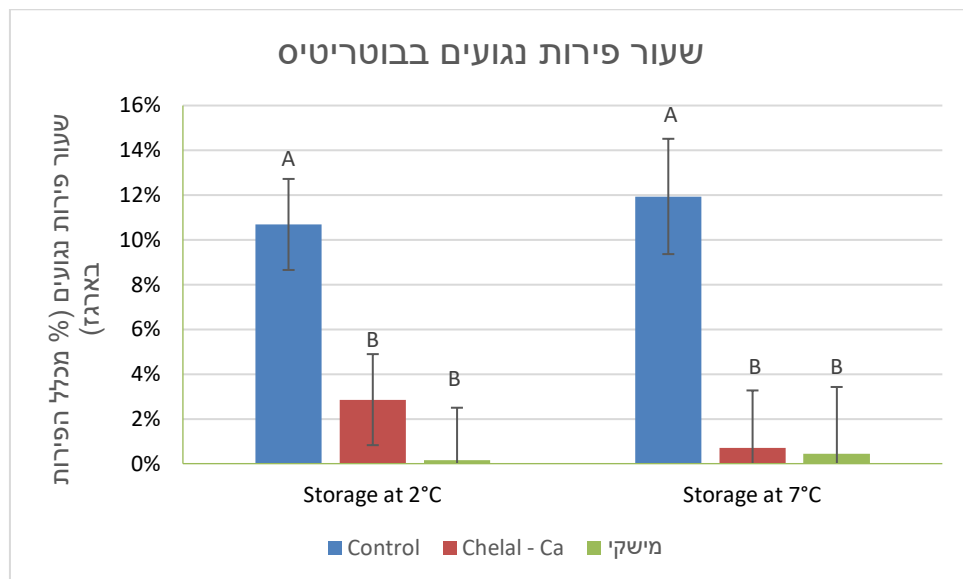
תכולת כמ"מ של פירות פלפל בתום האחסון נעה בין 6.2% בתחילת העונה ל-8.2% בסוף העונה. לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת הסוכר בין הטיפולים השונים ובין פירות שאוחסנו ב-2 מ"צ לעומת אחסון ב-7 מ"צ.

#### ריקבון פרי

בממוצע עונתי (איור 7), שיעור ריקבון הפרי באחסון ב-2 מ"צ היה יחסית נמוך (3-10%) בהשוואה לשיעור ריקבון הפרי בתום אחסון ב-7 מ"צ (9-18%). גורם הריקבון המרכזי שזוהה בפרי שאוחסן ב-2 מ"צ היה עובש אפור (*Botrytis cinerea*). מאידך, גורמי ריקבון מרכזיים שזוהו בפרי שאוחסן ב-7 מ"צ היו מגוונים יותר וכללו עובש אפור, ריקבון שחור (*Alternaria spp.*) וריקבון חמוץ (*Geotrichum candidum*). טיפול הסידן הפחית את שיעור ריקבון הפרי בתום האחסון, ובעיקר את שיעור הנגיעות בפטרית הבוטריטיס, הגורמת למחלת העובש האפור (איור 8). שיעור הנגיעות בפטריית האלטרנריה לא הושפע מטיפול הסידן. טיפול הסידן היה יעיל ולא נבדל באופן מובהק מהטיפול המישקי (הדברה הכימית) בכושרו לצמצם את תופעת מחלת העובש האפור באחסון (איור 8).



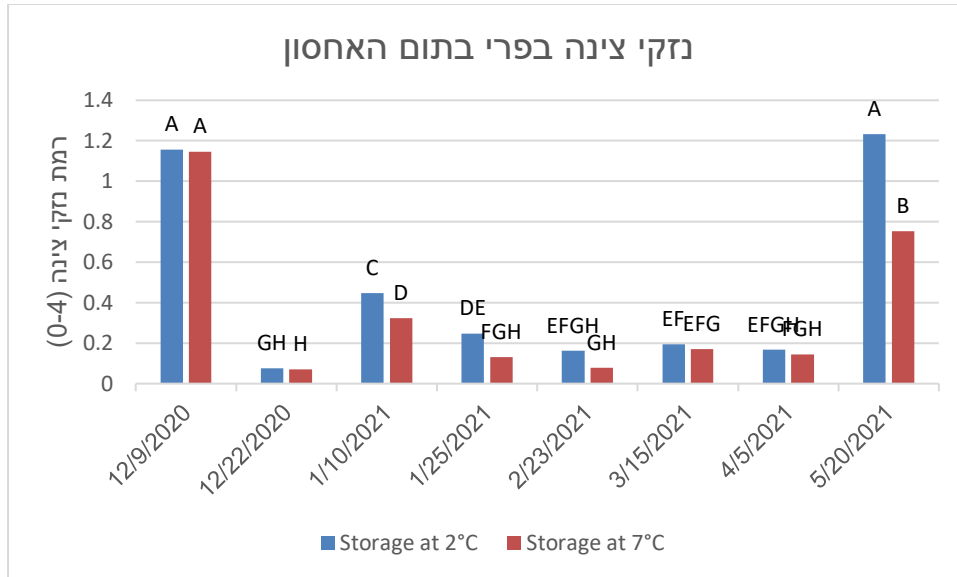
**איור 7:** שיעור פירות בעלי נגעים בתום האחסון בקור, כתלות במועד הקטיף. בכל מועד קטיף מוצג ממוצע של כלל הטיפולים ושגיאות תקן של שיעור הפירות הרקובים.



**איור 8:** נגיעות פירות במחלת העובש האפור הנגרמת ע"י הפטריה *Botrytis cinerea* בתום האחסון בקור. הערכים המוצגים הם ממוצע עונתי ושגיאת תקן. ערכים המסומנים באותיות שונות נבדלים אחד מהשני באופן מובהק על פי מבחן  $t$  Test  $p < 0.05$ .

#### ניזקי צינה

רמת ניזקי הצינה בפרי נקבעת בתום האחסון על פי 5 דרגות (0-ללא, 1-קל, 2-נמוך, 3-בינוני, 4-חמור), ומחושבת לכל ארגז על פי סכום שעור הפרי בכל דרגה חלקי מספר הפירות בארגז. במהלך העונה, שיעור נזקי הצינה היה נמוך ברוב הקטיפים. בקטיף הראשון (9/12/20) ובקטיף האחרון (20/5/21) שיעור נזקי הצינה עלה משמעותית. כמו כן, שעור נזקי הצינה היה מעט שכיח יותר בפרי שאוחסן ב-2 מ"צ לעומת פרי שאוחסן ב-7 מ"צ (איור 9). לא היה הבדל כלל ברמת נזקי הצינה בפרי בין הטיפולים השונים.



**איור 9:** נזקי צינה בפרי בתום האחסון בקור. לא היה הבדל מובהק בין הטיפולים השונים בכל קטיף, לכן הערכים המוצגים הם ממוצע כל הטיפולים בכל קטיף. ערכים המסומנים באותיות שונות נבדלים אחד מהשני באופן מובהק על פי מבחן  $t$  Test  $p < 0.05$ .

### דיון ומסקנות

בניסוי הנוכחי נבחנה השפעת טיפולי סידן בריסוס עלווי עם תכשיר כילאט סידן (Chelal) ובחשוואה לביקורת לא מטופלת. הניסוי כלל מעקב אחר התפתחות בוטריטיס בשטח, בחינת ההשפעה על יבול ועל איכות פרי בתום אחסון בפרוטוקול ייצוא בשתי טמפרטורות אחסון: 7 מ"צ המקובלת כיום לייצוא וכן אחסון ב-2 מ"צ שמאפשר ייצוא ימי לצפון אמריקה במקביל לטיפול הסגר. במהלך הבדיקות הושם דגש מיוחד על איכות הפרי מבחינת איבוד משקל, מוצקות, נזקי צינה ורקבנות פרי עקב מחלת העובש האפור הנגרמת ע"י בוטריטיס – מדדים אשר נמצאו כמושפעים מטיפול כילאט הסידן בניסויים שבוצעו בשנים הקודמות בחלקת הניסוי במו"פ בקעת הירדן.

בניסוי בחלקה המסחרית נמצא כי ריסוס בכילאט סידן הגביר את מוצקות הפרי והקטין את איבוד המשקל באחסון, בעיקר באחסון ב-2 מ"צ. כמו כן נמצא כי למרות שנגיעות החלקה בבוטריטיס היתה גבוהה משמעותית ביחס לטיפול המשקי, פרי מטיפול כילאט הסידן לא נבדל בשיעור רקבנות הפרי באחסון בהשוואה עם הטיפול המשקי, ובשני הטיפולים שיעור הרקבנות עקב בוטריטיס היה נמוך ביותר ביחס לביקורת הלא מטופלת. יש לציין כי השנה היתה שכיחות גבוהה של גורמי ריקבון פרי מגוונים הידועים כשכיחים בפלפל (Tzortzakis et al., 2019) באחסון ב-7 מ"צ, אולם באחסון ב-2 מ"צ גורם הריקבון המרכזי היא פטריית הבוטריטיס אשר ידועה כבעלת כושר צימוח ופתוגנזה בקור. לא נמצאה השפעה מובהקת של טיפול כילאט הסידן על שכיחות גורמי מחלה אחרים בתום אחסון הפלפל.

מעניין לציין כי השנה שיעור נזקי הצינה בפרי היה ברוב הקטיפים נמוך ביותר, גם לאחר אחסן ב-2 מ"צ, ובכל מקרה לא היה בקורלציה לשיעור רקבונות הפרי, מכאן שהתפתחות הפטריות הפתוגניות על הפרי לא הוחמרה או הושפעה מנזקי הצינה.

התוצאות מניסוי זה הדגימו פוטנציאל גבוה לריסוס סידן בכילאט להגברת איכות פרי הפלפל ועמידותו לבוטריטיס, אולם נדרש מחקר נוסף. אנו צופים כי תוצר מחקר זה יעודד את המשך המחקר לפיתוח פרוטוקול יישום בשטח בטווח הקצר. הצלחת המחקר ופיתוח פרוטוקול מתאים יתרמו להפחתת מספר הריסוסים הנדרש נגד מחלות נוף, בגידול החורפי של הפלפל. מעבר לתרומה לצרכן בפן הבריאותי, יישום תחליפי חומרי הדברה הם בעלי חשיבות רבה לשווקים בהם יש מגבלה על שאריות חומרי ההדברה המותרות בפרי והגבלות על מספר ערכי השאריות המותרים (MRL) (Maximum Residue Level). נושא זה בעל חשיבות רבה במיוחד בשוקי הייצוא בהם חל בשנים האחרונות תהליך של הוצאת תכשירים רבים מרישוי.

## תודות

ברצוני להודות לדני קוסטן ממושב ייט"ב על שיתוף הפעולה הפורה בביצוע הניסוי לקרן שהמ על השתתפותה במימון הניסוי.

## רשימת ספרות

- Amtmann, A., & Blatt, M. R. (2009). Regulation of macronutrient transport. *New Phytol*, 181(1), 35-52. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02666.x
- 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 Dis*, 75(6), 620-622 .
- Dris, R., & Niskanen, R. (1999). Calcium chloride sprays decrease physiological disorders following long-term cold storage of apple. *Plant Foods Hum Nutr*, 54(2), 159-171 .
- Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P., & Delen, n. (2007). *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Springer.
- Gerasopoulos, D., Chouliaras, V., & Lionakis, S. (1996). Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 7(1-2), 65-72 .
- Ho, L. C., Belda, R., Brown, M., Andrews, J & , Adams, P. (1993). Uptake and Transport of Calcium and the Possible Causes of Blossom-end Rot in Tomato. *J Exp Bot*, 44(2), 509-518. doi: 10.1093/jxb/44.2.509
- Hocking, B., Tyerman, S. D., Burton, R. A., & Gilliam, M. (2016). Fruit Calcium: Transport and Physiology. *Frontiers in Plant Science*, 7(569). doi: 10.3389/fpls.2016.00569
- Manganaris, G. A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., & Tzavella-Klonari, K. (2005). 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). *Scientia Horticulturae*, 107(1), 43-50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.06.005>
- Ortiz, A., Graell, J., & Lara, I. (2011). Preharvest calcium sprays improve volatile emission at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples. *J Agric Food Chem*, 59(1), 335-341. doi: 10.1021/jf1035959

- Raese, J. T., & Drake, S. R. (2002). Calcium spray materials and fruit calcium concentrations influence apple quality. *Journal of the American Pomological Society*, *56*(3), 136-143 .
- 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
- Shpialter, L., David, D. R., Dori, I., Yermiyahu, 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
- Singh, B. P., Tandon, D. K., & Kalra, S. K. (1993). Changes in postharvest quality of mangoes affected by preharvest application of calcium salts. *Scientia Horticulturae*, *54*(3), 211-219. doi: 10.1016/0304-4238(93)90089-9
- Tzortzakis, N., Alkan, N., Ziv, C., & Korsten, L. (2019). Postharvest Diseases of Fresh Horticultural Produce: Solanaceae and Cucurbitaceae Crops. In L. Palou & J. L. Smilanick (Eds.), *Postharvest Pathology of Fresh Horticultural Produce*. USA: CRC Press.
- Vatsa-Portugal, P., Aziz, A., Rondeau, M., Villaume, S., Morjani, H., Clement, C., & Ait Barka, E. (2017). How *Streptomyces anulatus* Primes Grapevine Defenses to Cope with Gray Mold: A Study of the Early Responses of Cell Suspensions. *Front Plant Sci*, *8*, 1043. doi: 10.3389/fpls.2017.01043
- Wisniewski, M., Droby, S., Chalutz, E., & Eilam, Y. (1995). Effects of Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup> 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
- Retrieved from .2016 פאנוס, ד. (2017). ענף החקלאות בישראל - תמונת מצב כלכלית לשנת 2016 : הקריה החקלאית, ראשון לציון :