

כיצד התחממות עולמית עלולה להשפיע על תוצרת חקלאית טרייה לפני ואחרי קטיף?

אלעזר פליק¹

שינויי האקלים המתרחשים עם ההתחממות העולמית והעלייה ברמת הפד"ח באטמוספירה מהווים סכנה ממשית לאורגניזמים החיים ולסביבה. לכן אחד האתגרים העומדים בפני החקלאות הינו להתמודד עם שינויים אלה ולאפשר המשך קבלת יבולים גבוהים וזמינים; ואיכות חיצונית, פנימית ובריאותית של פירות וירקות טריים לאחר הקטיף.

מבוא

בני האדם תלויים בחקלאות כמקור לאספקת מזון רציף מהצומח ומן החי. לכן שינוי האקלים העולמי מציב בפני חקלאים ברחבי העולם שורת אתגרים. על פי מחקרים שנערכו ונערכים על ידי גופים בינלאומיים, טמפרטורת האוויר מעל פני הקרקע תעלה בין 0.3 ל-5.8 מעלות צלזיוס (מ"צ) עד סוף המאה ה-21 (IPCC, Climate change, 2014). שינויים אלה מובילים לתנודות קיצוניות במזג האוויר בעולם. כבר היום נחווים שינויי מזג אוויר קיצוניים, כמו גלי חום הגורמים לעליה בטמפרטורות היום והלילה גם בחורפים, או גלי קור עם כפור לא אופייני היום (Mditshwa, Magwza & Tesfay, 2019). ההשפעות על היבולים אינן ברורות. מחד גיסא, עלייה גבוהה של הטמפרטורה יכולה להאיץ את נשימת הצמח אשר קולט חמצן ופולט פחמן דו-חמצני (פד"ח), דבר שיגרום לירידה ביבול, בכמות המזון וביאכותו (Bisbis, Gruda & Blanke, 2018). מאידך גיסא, ייתכן כי אחד הצדדים החיוביים בשינוי האקלים וההתחממות הגלובלית הוא העלייה בריכוז הפד"ח באוויר. עלייה זו יכולה להשפיע באופן חיובי על התפתחות הצמח כתוצאה מעלייה במוטמעים הנוצרים בתהליך הפוטוסינתזה, ובעקבות כך כמות היבולים תעלה. אולם, עלייה בריכוז הפד"ח יכולה גם לגרום לפגיעה באספקת המזון, באיכותו ובביטחון התזונתי, שכן פד"ח גבוה גורם לירידה בתחולת

חלבונים, ברזל ויסודות קורט בצמח ובתוך הפרי. בעיה נוספת שתגרום להתחממות העולמית הינה עלייה בתצרוכת ההשקיה אל מול הירידה בזמינותם ואיכותם של המים הראויים להשקיה, דבר שיפגע הן בקרקע והן ביבולים וביאכות הפרי הקטוף (Fallik et al., 2019).

בשל שינוי האקלים, מועדי חילופי העונות משתבשים, חלק מהעונות מתארכות וחלקן מתקצרות, והדבר יכול לגרום להקדמת קבלת יבולים כתוצאה מהתפתחות הצמח והפרי בצורה מהירה (חורפים ואביבים חמים), או להאט את ההתפתחות והבשלת הפרי והירק כתוצאה מטמפרטורות אביב נמוכות או קרה הגורמת לנשירת חנטים צעירים ולפגיעה ביבול. העלייה בטמפרטורה אף תעודד התפתחות של מחוללי מחלות, בעיקר פטריות אשר עלולות להגביר את יצירת הרעלנים (מיקוטוקסינים) במזון ואת החרפת בעיית חרקים-מזיקים הגורמים כיום לירידה של כ-18% ביצור החקלאי השנתי, ולכן עולה הדרישה העולמית של האדם למזון. טמפרטורות גבוהות יכולות לזרז את מחזור החיים של החרק-המזיק, להאיץ את גדילתו ליצור דורות רבים של חרקים מזיקים יותר במהלך השנה (Kiritani, 2006). בעיה נוספת העלולה להתרחש קשורה לחרקים מאביקים; בחורפים או באביבים חמים, הפריחה לא תמיד מסוכנרת עם פעילות החרקים-המאביקים, בעיקר בימים קרים וגשומים. כתוצאה

1 פרופ' אלעזר פליק, המחלקה לחקר תוצרת חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני.



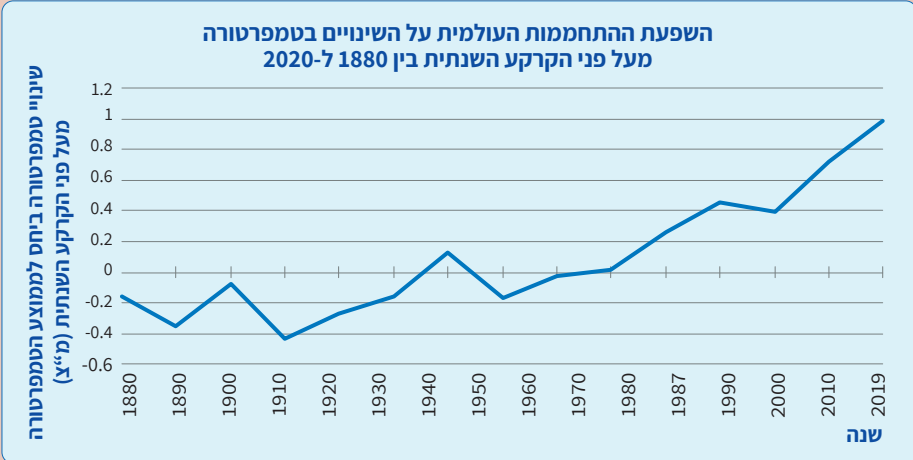
יבולים טובים, הקשור ישירות לחנטת הפרח והתפתחות הפרי והיבול (Peña & Carabalf, 2018). טמפרטורות הקיצון משפיעות גם על מאביקים, כמו דבורים, חרקים או פרפרים, דבר המשפיע על האבקת הפרח לקבלת פרי (Brown et al., 2016). בניסוי שנעשה נמצא כי טמפרטורה של 35 מ"צ במהלך תהליך חנטה ויצירת הפרי של [לונגאן](#) גרמה לאי נביטת האבקה על צלקת העלי ואי חנטת הפרי, והדבר גרם לירידה ביבול (Pham et al., 2015).

הצטברות מנות קור בצמחים כתוצאה מטמפרטורות קרות ידועה בכינוי 'קיוט' (vernalization) – חשיפה למנות קור [chill units or chill hours], ונחוצה לגרימת פריחה במיני עצים שונים, כמו נשירים (תפוח עץ, אגס, שקד, שזיף, קיווי, דובדבן וכיו"ב). ההתחממות העולמית, ובעיקר החורפים החמים, יחסית, מפחיתים את הצטברות מנות הקור הללו (איור 2). העץ הנשיר נכנס לתרדמה במהלך החורף, בשל הירידה בטמפרטורות, ובמהלך תקופה זו עליו לצבור מנות קור שסייעו לו לצאת מהתרדמה, להתעורר ולפרוח באביב. מחסור במנות קור יכול לגרום לעיכוב בפריחת העצים הנשירים וכן להארכת עונת הפריחה ועונת הגידול, ובתוך כך ייתכן שאיכותו של הפרי תיפגע במועד הקטיף המיטבי; הפרי יהיה קטן, גמיש ופחות מתוק, ולכן בעל כושר אחסנה קצר יותר (El Yaacoubi et al., 2019). תופעה זו של חוסר קיוט קריטית מאוד לאזורים כמו ישראל; מרבית העצים הנשירים אינם מסוגלים לקבל את מנות הקור החיוניות [להם] בתנאים הקיימים בארץ כדי להיכנס (ובהמשך לצאת) לתרדמה הנחוצה לקבלת יבול נאות ואיכות פרי טובה. מצב זה עלול להחמיר עם ההתחממות העולמית עד כדי סכנה שבתוך שנים ספורות לא יהיה אפשר לגדל בארץ פירות נשירים. הפתרון להמשך גידול נשירים בארץ הוא בטיפוח עצי פרי בעלי דרישות נמוכות למנות קור, אם בכלל, כדי לקבל יבול ופרי איכותי. בנוסף, החקלאים יידרשו לאמץ אסטרטגיות גידול חדשות, כמו מציאה או פיתוח של חומרים שוברי-תרדמה. מצב דומה עלול להתרחש באזורי הגידול הצפוניים של צ'ילה, הנמצאת בחצי הכדור הדרומי, או בעמקים המרכזיים של קליפורניה (Fernandez, Whitney, Cuneo & Luedeling, 2020). אזורים אלה עלולים לאבד לפחות 50% ממנות הקור החורפיות עד סוף המאה ה-21 (Fernandez et al., 2020). במקביל, על מנת לגדל נשירים איכותיים יהיה צורך למצוא אזורי גידול חדשים, גבוהים יותר,

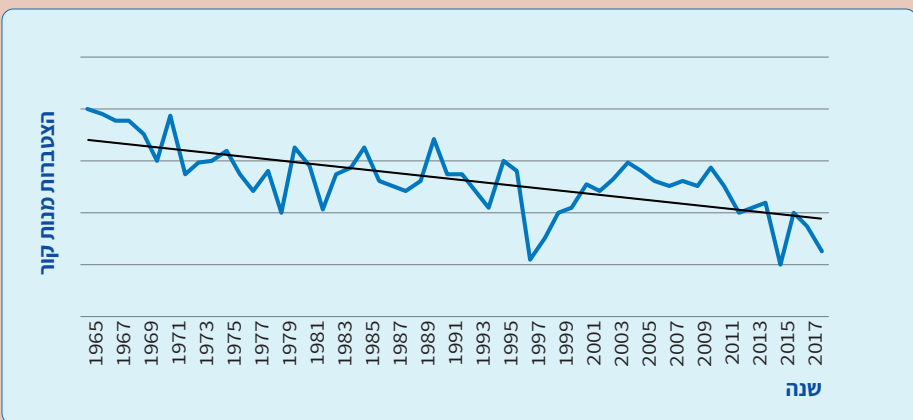
מכך חנטת הפירות יכולה להיות ירודה, והיבול ייפגע (Chitu & Paltineanu, 2020). ההתחממות העולמית עלולה אף לגרום לשינויים קיצוניים במועדי הבלבוב, הפריחה וגורמים נוספים הקשורים למחזור החיים של הצמח (פנולוגיה) אשר יפגעו באינטראקציה בין החרקים המזיקים והפונדקאים (הצמחים) ובכך יגרמו להדבקות של פונדקאים חדשים (Kiritani, 2006). סכנה נוספת העלולה להתרחש כתוצאה מהשינויים באקלים וההתחממות העולמית הינה שינויים אנתרופוגניים (שינויים המתרחשים בטבע כתוצאה מפעילות אנושית, כמו פגיעה בטבע ובסביבה) שישפיעו על תפוצה של מיני צמחים באופן שיגביל, יקטין, או אפילו יכחיד אותם. צמחים אלה לא יוכלו לגדול ולצמוח בבתי הגידול המקוריים שלהם. למשל, מיני עגבניות בר שמקורם בהרי האנדים ואשר משמשים מקור לטיפוח עגבניות למאכל, מאחר שהם מכילים גנים העמידים בפני מחלות ומזיקים. עגבניות בר אלה אף עלולות לאבד את הגנים הייחודיים להן כתוצאה משינוי האקלים ובכך תיפגע האפשרות כי ישמשו חומר טיפוח לעגבניית מאכל עם עמידות למחלות ומזיקים שונים (Lin, Lu & Lee, 2020).

השפעת ההתחממות העולמית על הגידול, על היבול ועל איכות הפרי לפני הקטיף כאמור, השינויים העולמיים במזג האוויר גורמים לדאגה הולכת וגוברת בענף החקלאות. במהלך שלושים השנים האחרונות, טמפרטורת הקרקע עלתה בכ-0.2 מעלות צלזיוס לעשור (איור 1). חשיפת הצמח לטמפרטורות גבוהות יכולה לגרום לשינויים מורפולוגיים, אנטומיים, פיזיולוגיים וביוכימיים ברקמות השיח או העץ, דבר שישפיע על הגידול והתפתחות אברי הצמח, וכמובן על היבול. יבול הפירות והירקות ואיכותם קשורים קשר הדוק לתנאי הסביבה ולשינויים במזג האוויר, כמו עלייה או ירידה חדה בטמפרטורות ולאורך זמן, קרינת שמש חזקה, משבי רוחות, גשמי זעף או ברד אשר יפגעו ביבול ובאיכות הפרי או הירק לפני ואחרי הקטיף (Bal, Saha, Fand, Singh, Rane & Minhas, 2014). מלבד העלייה בטמפרטורה, שינוי האקלים משנה את הרכב הגזים באטמוספירה, כמו הפד"ח והאוזון, דבר המשפיע רבות על תהליכי תנובת הפרי או הירק (Lloyd & Farquhar, 2008).

מעבר לפגיעה בהתפתחות איטית או מהירה של הצמח כתוצאה משינוי האקלים, האבקת הפרחים היא תהליך קריטי בקבלת



איור 1: שינויי הטמפרטורה במהלך 140 השנים האחרונות (מבוסס על נתונים מתוך IPCC, 2014)



איור 2: הירידה בהצטברות מנות קור לאורך 52 השנים האחרונות (Fernandez et al., 2020). מנת קור שווה למעלה אחת מתחת לאפס הביולוגי הנ"ל למשך שעה. לדוגמה, אם עץ שהאפס הביולוגי שלו הוא 4 מ"צ, ובלילה ירדה הטמפרטורה ל-2 מ"צ (דהיינו 2 מעלות מתחת לאפס הביולוגי), למשך 10 שעות, פירוש הדבר שהעץ קיבל 20 מנות קור (2 כפול 10)

קטנה בטמפרטורות אוויר גבוהות. פירות תפוח עץ החשופים לשמש הם בעלי תכולה גבוהה יותר של סוכר, בהשוואה לפירות הגדלים בין ענפי העץ. ענבים הגדלים בטמפרטורות גבוהות מכילים סוכר גבוה אך [חומצה טרטרי](#) נמוכה, דבר המשנה את המאזן בין סוכר וחומצה, ובכך פוגע בטעם האופייני והטוב של הענב. בניסוי שנערך נמצא כי עלייה של 10 מעלות הקטינה

ששורות בהם טמפרטורות נמוכות יותר. לכל פרי או ירק קיימות דרישות לטמפרטורות מיוחדות כתנאי לקבלת יכול איכותי. למשל, צבע פרי של תפוח עץ קשור ליצירת [אנטוציאנינים](#) (הפיגמנט שמקנה לחלקים שונים בצמח או בפרי את צבעם האדום-סגול. האנטוציאנינים הם נוגדי חמצון חזקים התורמים להאטת תהליכי הזדקנות באדם). יצירת אנטוציאנינים



חדשות שיפגעו בגידולים חד-שנתיים או רב-שנתיים בחקלאות, דבר שיהווה סכנה עולמית לביטחון במזון. שינויים אקלימיים אלה עלולים להגביר את מחוללי המחלות בצמחים באזורי הגידול הקיימים והידועים בקשר פונדקאי-פתוגן (הצמח מחולל המחלה), או להרחיב את תפוצתם של מחוללי המחלות לאזורי גידול חדשים, אזורים שכרגע אינם נגועים במחוללי המחלות השונות עקב הטמפרטורות הנמוכות, יחסית, ולכמות המשקעים. טמפרטורות גבוהות יכולות לזרז את מחזור החיים של החרק-המזיק, להאיץ את גדילתו ויצירת דורות רבים יותר במהלך השנה (Kiritani, 2006). החשה וקיצור של מחזור החיים של החרק-המזיק עלולים ליצור חרקים-מזיקים העמידים לטמפרטורות הגבוהות, דבר שיגביר את הנזקים שאלה יחוללו בחקלאות גם (Lehmann et al., 2020). ההתחממות העולמית יכולה גם לשנות אוכלוסיות של חרקים בצורה לא ישירה, על ידי שינויים שיתרחשו בכמויות ואיכויות הצמחייה והצמחים, או באופן ישיר על ידי שינויים בתפוצת המזיקים, הקטנה בקצב תמותתם כתוצאה מחורפים לא קרים, תחילת הופעתם המוקדמת באביב והאצת הגדילה ויצירת דורות רבים יותר במהלך השנה (Lehmann et al., 2020). נמצא כי טמפרטורות גבוהות הקטינו את יעילות חומרי ההדברה בקטל מזיקים ומחלות, דבר שהגביר את הצורך במתן ריסוסים נוספים (Lehmann et al., 2020).

השפעת ההתחממות העולמית על איכות הפרי לאחר הקטיף

איכות הפרי וכושר אחסנתו נקבעים, בין היתר, משילוב של מדדים חיצוניים ופנימיים בפרי, הכוללים תכונות פיזיו-כימיקליות, רכיבים תזונתיים, טעם וארומה. הטמפרטורה היא אחד הגורמים החשובים ביותר בקביעת מדדי הקטיף אשר יקבעו את איכות הפרי לאחר הקטיף ובאחסנה ממושכת. קטיף של תוצרת חקלאית טרייה מתרחש בזמנים שונים של השנה, התלויים בזן, במשטר השקיה, בתנאי מזג האוויר (טמפרטורה, לחות וקרינת השמש), בהדברת המזיקים והמחלות במהלך הגידול וכן במדדי ההבשלה השונים. על מנת למזער את השינויים הלא-רצויים במדדי האיכות השונים לאחר הקטיף, חקלאים, משווקים ויצואנים מאמצים טכנולוגיות להארכת חיי המדף של המוצרים. טכנולוגיות אלו כוללות שיטות קטיף שונות (בעיקר ידניות), ניקוי, שטיפה, חיטוי, אריזה, קירור, אחסנה

ב-50% את תכולת החומצה הטרטרית בענבים. דווח גם כי טמפרטורות גבוהות במהלך הגדילה וההתפתחות של הפרי הקטינו את תכולת הוויטמינים. טמפרטורות גבוהות בעת גדילה והתפתחות של אבוקדו גרמו לעלייה בתחולת החומר היבש ולירידה בתכולת השמן, דבר שהאריך את משך הבשלת הפרי, ולכן פגם באיכותו וביכולת החקלאים לשווק פרי אבוקדו איכותי (Bisbis et al., 2018).

גם חלק מהירקות חייבים להיחשף למנות קור על מנת שיתקבלו היבולים האיכותיים והטובים ביותר. נמצא כי טמפרטורות גבוהות מדי במהלך שלב התרדמה, לפני התפתחות הפרי (עגבנייה) או ראש הירק (למשל, חסה, כרובית) מובילות לעיכוב התפתחות הירק ולירידה ביבול. משך התרדמה באספרגוס התארך ב-15 ימים כאשר הטמפרטורה עלתה ב-3 מ"צ, מ-2 מ"צ ל-5 מ"צ, דבר שגרם לירידה בהיווצרות גבעולי אספרגוס הראויים לשיווק (Nie, Chen & Liu, 2016). מדדי איכות כמו סוכרים, חומצות ותכולת חומרים נוגדי חמצון ישתנו אף הם כתוצאה משינויי האקלים הקיצוניים (Bisbis et al., 2019). כאמור, טמפרטורות גבוהות מאיצות את קצב התפתחות הירקות, מה שגורם להאצה בהתפתחות באיברי הצמח, לדוגמה, מהפריחה להיווצרות הפרי והבשלתו. הדבר מוביל לקטיף של מוצר עם מאפיינים לא רצויים, כמו תכולת סוכר נמוכה וחומציות גבוהה, או ריכוזים נמוכים ברכיבים התזונתיים של הפרי או הירק הקטופים. עגבניות שגדלו והתפתחו בטמפרטורות גבוהות, בדרך כלל גודלן קטן והן בעלות תכולת חומר יבש גבוה וריכוז סוכר נמוך, דבר הפוגע בטעם הפרי לאחר הקטיף. בברוקולי, חום יכול לגרום לעיוות בראש הירק ובקבלת ניצני פרחים גדולים, גם בטמפרטורה של 25 מ"צ, אשר גורמת להבשלה מוקדמת של ראש הברוקולי, עד כדי פסילתו לשיווק, ירידה במתיקות הראש ועלייה במרירותו (Kaluzewicz, Krzesinski & Knaflewski, 2009). בטמפרטורות מעל 12-16 מ"צ, השראת הפריחה בירקות נפגעת כתוצאה מחוסר מנות קור. בכרובית, השראת יצירת ראש הכרוב מתרחשת רק בטמפרטורות של 7-10 מ"צ, וטמפרטורות גבוהות ישרו עיכוב ביצירת הראש האכיל. לכן בקיץ, כאשר הטמפרטורות הרגילות גבוהות מהרגיל, נוצר מחסור בכרובית איכותית (Bisbis, Gruda & Blanke, 2019). שינוי האקלים, בעיקר העלייה בטמפרטורה, עלול לזרז התפתחות של מחלות; לגרום להופעתן מוקדם יותר בעונה; או להוביל לפיתוח מחלות



מספר מדדים פיזיקליים וכימיים קשורים לקביעת מוצקות התפוח. כמות המים ותכולת החומר היבש מיוחסים למוצקות הפרי בהתאם לזן. אפילו חומציות הציפה (pH) יכולה להשפיע על מוצקות הפרי. בנוסף, התרככות הפרי מוסברת בעיקר בשינויים בתכולת הפקטין בפרי ובהתפרקותו. ההתרככות נגרמת בעקבות דחייה בהבשלת הפרי כתוצאה מהטמפרטורות הגבוהות במהלך הגדילה (Chitu & Paltineanu, 2020). דוגמה נוספת היא מנדרינה מזן סטצומה. נמצא כי עלייה של בין 2 ל-4 מ"צ מעל לטמפרטורה הממוצעת, בעיקר במהלך הבשלת הפרי על העץ, גורמת לנזק המתבטא בהפרדות הקליפה מהציפה (peel puffing) (תמונה 1), לפגיעה בהיווצרות הצבע הכתום של הקליפה, לירידה ברמות הסוכר והחומצה במיץ הפרי, דבר הפוגם באיכות הנאכלת של הפרי ובכושר אחסנת הפרי, עקב העלייה ברגישות הפרי למחוללי מחלות לאחר הקטיף (Sato & Ikoma, 2020).



תמונה 1: הפרדות הקליפה מהציפה במנדרינה (peel puffing).
צילום: אלי פליק

נזקי הצינה הם גורמים המשפיעים על רגישות הפרי, ומושפעים מהטמפרטורה במהלך הצמיחה והתפתחות הפרי לפני הקטיף (טבלה 2). פירות פלפל שנקטפו בערבה בתחילת עונת היצוא, בין החודשים דצמבר-ינואר, נמצאו רגישים הרבה יותר לנזקי

באווירות שונות. עלייה, כאמור, בטמפרטורה משפיעה בעיקר על תהליכי ההבשלה וההזדקנות המתרחשים בצמח ובפרי או הירק הקטוף. רוב התהליכים הפיזיולוגיים הקשורים להבשלה תקינה של הפרי או הירק מתרחשים בטמפרטורות הנעות בין 0 ל-40 מ"צ. אולם הטמפרטורות המתאימות ביותר לתהליכי הבשלה מיטביים חייבות לנוע בתחום שבין 10 ל-30 מ"צ. ככל שהפרי על העץ נחשף לטמפרטורות גבוהות יותר, כך תוקדם הבשלתו, ואיכותי תיפגע, לא יהיו לו חיי מדף ארוכים, הטעם והארומה ייפגעו גם הם (רמות סוכר וחומצה והיחס ביניהם) וכן רכיבים תזונתיים מועילים (נוגדי חמצון, פוליפנולים, פלאבנואידיים). על מנת לשמור על איכות התוצרת הטרייה לאחר הקטיף יש צורך לקרר אותה כמה שיותר מהר, כדי לסלק את חום השדה ובכך לעכב את הנשימה, את איבוד המים ואת התפתחותם של מחוללי מחלות. לכן צפוי שעם ההתחממות העולמית, הפרי נקטף שעה שטמפרטורת הקליפה שלו גבוהה יותר, דבר המצריך שימוש באנרגיית קירור רבה וחזקה יותר על מנת להוריד את טמפרטורת הפרי לטמפרטורת האחסנה המיטבית. צריכה רבה יותר של אנרגייה מייקרת את מחיר הפרי.

כאמור, איכות הפרי וחיי המדף יוארכו ככל שהוא יאוחסן מהר יותר בקור לאחר שנקטף. על כל ירידה של 10 מ"צ יתארכו חיי המדף של התוצרת פי 2 עד 3. האחסנה בקור מקטינה את קצב הנשימה והפעילות האנזימתית של הפרי הקטוף הקשורים לתהליכי הבשלת הפרי. לכן איכות התוצרת נשמרת כתוצאה מהאטה בתהליכי ההבשלה וההזדקנות, הקטנה של שיעור איבוד המים, שמירת מוצקות או גמישות המוצר ועיכוב התפתחות מחוללי מחלות עקב הקירור (Talbot & Chau, 2002).

כדוגמה להשפעת שינוי האקלים על התוצרת הקטופה נתייחס שוב לתפוחי העץ. משך אחסון ואיכות תפוח עץ לאחר הקטיף מושפעים באופן משמעותי ממוצקות הפרי בזמן הקטיף וכן ממדדי איכות נוספים הקובעים את מועד הקטיף המיטבי של הפרי. אולם, שינוי האקלים וההתחממות העולמית גורמים לשינויים בתהליכים הפיזיולוגיים בעץ ובפרי ומשפיעים על קביעת מדדי קטיף אלה, באופן הפוגע במהימנותם. לכן בשנים האחרונות נקטפים תפוחי עץ גמישים ולא מוצקים. ידוע כי



הזאת חייבים לבצע טיפולי הסגר שמטרתם לקטול את המזיק טרם כניסתו לארץ היעד. אחד הטיפולים המעשיים הינו טיפול בקור - אחסנת התוצרת בטמפרטורות תת-אופטימליות, המחסלות את המזיק, אולם אחסנה בטמפרטורות תת-אופטימליות עלולה גם לגרום להתפתחות נזקי צינה ולפסילת הפרי לשיווק (לדוגמה - תפוזים מאוחסנים ב-6 מ"צ, ואחסנה בטמפרטורה נמוכה יותר תגרום להתפתחות נזקי צינה בפרי. טיפול בהסגר דורש אחסנת התפוז ב-1.2 מ"צ למשך 16 ימים כדי להרוג את זבוב הים התיכון, אך קיימת טכנולוגיה למניעת נזק צינה). לא מן הנמנע כי ההתחממות העולמית תגביר את רגישות הפרי לנזקי קור, באופן שלא יאפשר פיתוח טיפולי הסגר בטמפרטורות תת-אופטימליות, והדבר יפגע במדינות המייצאות תוצרת טרייה.

צינה כשהפרי אוחסן ב-1.5 מ"צ, בהשוואה לפירות שנקטפו בפברואר-מרץ. הדבר נבע מטמפרטורות הגידול הגבוהות שבהן גדל הפרי במהלך ספטמבר-נובמבר ולפני שנקטף בדצמבר-ינואר, בהשוואה לטמפרטורות הגדילה הקרירות ששררו בערבה בדצמבר-ינואר כאשר הפרי נקטף בפברואר-מרץ (Bar-Yosef et al., 2009). בתפוח עץ, המחלה הפיזיולוגית צרבו בון גרני-סמיט (השחרת הקליפה ופסילת הפרי לשיווק), המתפתחת באחסנה ממושכת ב-0 מ"צ, נמצאה קשורה לטמפרטורות ששררו במטע לפני הקטיף. ככל שהפרי נחשף לטמפרטורות קרות במטע, כך היה עמיד יותר להתפתחות הצרבו (תמונה 2) כאשר אוחסן ב-0 מ"צ (Diamantidis, Thomal, Genitsariotis, Nanos, Bolla & Sfakiotakis, 2002). לכן התחממות עולמית תגביר את רגישות הפרי המאוחסן לנזקי צינה עד כדי אי היכולת לאחסן פירות או ירקות בקירור, עקב רגישותם הגבוהה לנזקים אלה.



תמונה 2: צרבו בתפוח עץ מזן גרני-סמיט. צילום: אלי פליק

טבלה 2: השפעת עונת הקטיף ביחס לעונת הגידול (תחילת עונת הקטיף בחודשים דצמבר-ינואר, כאשר הפרי גדל בטמפרטורות גבוהות בחודשים ספטמבר-נובמבר; סוף עונת הקטיף בחודשים פברואר-מרץ, כאשר הפרי גדל בטמפרטורות נמוכות בחודשים דצמבר-ינואר) על אחוז פירות לפל מתוק עם נזקי צינה וחומרת הנזקים (Bar-Yosef et al., 2009)

טיפול / סמפרטורת אחסנה	נזקי צינה (%)		חומרת נזקי הצינה (3-0)*	
	תחילת עונה	סוף עונה	תחילת עונה	סוף עונה
7 מ"צ	0	0	0	0
1.5 מ"צ	40	20	1.5	0.7

* 0 = אין נזקי צינה;

1 = כ-10% מהפרי מכוסה בנזקי צינה;

2 = כ-25% מהפרי מכוסה בנזקי צינה;

3 = כ-50% מהפרי מכוסה בנזקי צינה.

סיכום

שינויי האקלים המתרחשים עם ההתחממות העולמית והעלייה ברמת הפד"ח באטמוספירה מהווים סכנה ממשית לאורגניזמים החיים ולסביבה. לכן אחד האתגרים העומדים בפני החקלאות הינו להתמודד עם שינויים אלה ולאפשר המשך קבלת יבולים גבוהים וזמינים; ואיכות חיצונית, פנימית ובריאותית של פירות וירקות טריים לאחר הקטיף. ההתחממות העולמית עלולה להגדיל את העוני על ידי הקטנת היבולים והעלאת מחיריהם,

עם העלייה במסחר העולמי של יצוא ויבוא תוצרת חקלאית טרייה, קיימת סכנת הפצה של מזיקים לארצות שבהן מזיקים אלה אינם נמצאים (למשל, זבוב הים התיכון שנמצא בישראל ותוקף פירות רבים, אך אינו נמצא ביפן, בסינגפור או בקוריאה, שאליהן ישראל מייצאת פירות הדר). על מנת למנוע את הסכנה



Bisbis, M., Gruda, N. & Blanke, M. (2018). Adapting to climate change with greenhouse technology. *Acta Hort* 1227: 107-114.

Bisbis, M.B., Gruda, N.S. & Blanke, M.M. (2019). Securing horticulture in changing climate – a mini review. *Horticulturae* 56. <http://doi:10.3390/horticulturae5030056>

Brown, M.J., Dicks, L.V., Paxton, R.J., Baldock, K.C., Barron, A.B., Chauzat, M.P., et al. (2016). A horizon scans of future threats and opportunities for pollinators and pollination. *Peer. J.* 4, e2249. <https://peerj.com/articles/2249/>

Chitu, E. & Paltineanu, C. (2020). Timing of phenological stages for apple and pear trees under climate change in a temperate-continental climate. *Intl. J. Biometeorol.* <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01903-2>

Diamantidis, G., Thomal, T., Genitsariotis, M., Nanos, G., Bolla, N. & Sfakiotakis, E. (2002). Scald susceptibility and biochemical/physiological changes in respect to low preharvest temperature in 'starking delicious' apple fruit. *Sci. Hort.* 92: 361-366.

Fallik, E., Alkalai-Tuvia, S., Chalupowicz, D., Zaaroor-Presman, M., Offenbach, R., Cohen, S. & Tripler, E. (2019). How water quality and quantity affect pepper yield and postharvest quality. *Horticulturae* 5: <https://doi.org/10.3390/horticulturae5010004>

Fallik, E., Perzelan, Y., Alkala-Tuvia, S., Nemny-Lavy, E. & Nester, D. (2012). Development of cold quarantine protocols to arrest the development of the Mediterranean fruit fly (*Ceratitidis capitata*) in pepper (*Capsicum annuum L.*) fruit after harvest. *Postharvest Biol. Technol.* 70: 7-12.

El Yaacoubi, A., El Jaouhari, N., Bouriou, M., El Youssfi, L., Cherroud, S., Bouabid, R., Chaoui, M. & Abouabdillah, Z. (2019). Potential vulnerability of Moroccan apple orchard to climate change-induced phenological perturbations: effects on yield and fruit quality. *Intl. J. Biometeorol.* 64: 377-387.

וכתוצאה מהצורך בשימוש יתר בקירור, דבר שייקר אף יותר את מחירי הפירות והירקות (Hallegatte et al., 2016). כמו כן התחממות זו עלולה לגרום לשינויים, להאטה או לחוסר יכולת של ארצות שונות לגדל את הגידולים הקלאסיים שהן מגדלות לאורך שנים, דבר שעלול להגביר אף יותר את סכנות הרעב במדינות אלו ואת חוסר יכולתם של התושבים לקנות מוצרים אלה. תרחיש כזה יכול לקרות בין היתר כתוצאה מחוסר במים זמינים ואיכותיים (שימוש יתר בהשקיה עקב הטמפרטורות הגבוהות, או המלחת המים) ומפגיעה באדמות הראויות לעיבוד חקלאי. כדי להתגבר על ההשלכות של ההתחממות העולמית יש צורך דחוף למצוא או לטפח זני ירקות ופירות המשלבים יבול טוב עם איכות תזונתית, וזאת גם בתנאי גדילה, התפתחות והבשלה בטמפרטורות יום ולילה גבוהות. טכנולוגיות כאלה כבר קיימות, והן מסייעות להקטין את רגישות הפרי לנזקי צינה. דוגמה לכך היא טיפולי חום לזמן קצר בשילוב עם אריזת הפרי בתוך בטנה פלסטית. קיימים גם טיפולי אקלום שבהם הפרי או הירק מאוחסנים במחזורי טמפרטורות גבוהות ונמוכות למשכי זמן קצרים (שעות) על מנת לאפשר לפרי לקבל "חסינות" כנגד נזקי צינה (Fallik, Perzelan, Alkala-Tuvia, Nemny-Lavy & ester, 2012). בנוסף, נעשים ניסויים הבוחנים את האפשרות לגדל עצי פרי בעלי דרישות לקור באזורי גידול חדשים וקרירים יותר, או פירות וירקות היכולים לחנוט ולגדול באזורים חמים מאוד או באזורים שיסבלו מההתחממות העולמית (Lippmann, Babben, Menger, Delker & Quint, 2019; Scarano et al., 2020).

רשימת ספרות

Bal, S.K., Saha, S., Fand, B.B., Singh, N.P., Rane, J. & Minhas, P.S. (2014). Hailstorms: Causes, damage and post-hail management in agriculture. Technical Bulletin No. 5. National Institute of Abiotic Stress Management, Malegaon, Baramati. 413 115. Pune, Maharashtra (India), pp. 44.

Bar-Yosef, A., Alkalai-Tuvia, S., Perzelan, Y., Aharon, Z., Illic, Z., Lurie, S. & Fallik, E. (2009). Effect of shrink packaging in combination with rinsing and brushing treatment of chilling injury and decay development of sweet pepper during storage. *Adv. Hort. Sci.* 23: 225-230.





- Lloyd, J. & Farquhar, G.D. (2008). Effects of rising temperatures and CO₂ on the physiology of tropical forest trees. *Philosop. Trans. Royal Soc. Biol. Sci.* 363: 1811-1817.
- Mditshwa, A., Magwza, L.S. & Tesfay, S.Z. (2019). Shade netting on subtropical fruit: Effect on environmental conditions, tree physiology and fruit quality. *Sci. Hortic.* 256: 108556.
- Nie, L.C., Chen, Y.H. & Liu, M. (2016). Effects of low temperature and chilling duration on bud break and changes of endogenous hormones of asparagus. *Eur. J. Hortic. Sci.* 81: 22-26.
- Peña, J.F. & Carabalí, A. (2018). Effect of honey bee (*Apis mellifera* L.) density on pollination and fruit set of avocado (*Persea americana* Mill.) cv. Hass. *J. Apic. Sci.* 62: 5-14.
- Pham, V.T., Herrero, M. & Hormaza, J.I. (2015). Effect of temperature on pollen germination and pollen tube growth in longan (*Dimocarpus longan* Lour.). *Sci. Hortic.* 197: 470-475.
- Sato, K. & Ikoma, Y. (2020). Effects of elevated temperatures during the flowering to physiological fruit drop stage and at the fruit maturation stage on fruit quality of the satsuma mandarin. *J. Agric. Meteorol.* 76: 29-35.
- Scarano, A., Olivieri, F., Gerardi, C., Liso, M., Chiesa, M., Chieppa, M., Fruscuante, L., Barone, A., Santino, A. & Rigano, M.M. (2020). Selection of tomato landraces with high fruit yield and nutritional quality under elevated temperatures. *J. Sci. Food Agric.* 100: 2791-2799.
- Talbot, M.T. & Chau, K.V. (2002). Precooling strawberries agricultural and biological engineering department, Florida cooperative extension service. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida [11 p, Bulletin 942].
- Fernandez, E., Whitney, C., Cuneo, I.F. & Luedeling, E. (2020). Prospects of decreasing winter chill for deciduous fruit production in Chile throughout the 21st century. *Climatic Change* 159: 423-439.
- Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Kane, T., Narloch, U., Rozenberg, J., Treguer, D. & Vogt-Schilb, A. (2016). Shock waves: Managing the impacts of climate change on poverty. *Climate Change and Development Series*. Washington, DC: World Bank, 2016. doi:10.1596/978-1-4648-0673-5
- IPCC. Climate change. (2014). Working group II: Impacts, adaptations and vulnerability. <http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.html> Accessed 13.03.09.
- Kaluzewicz, A., Krzesinski, W. & Knaflewski, M. (2009). Effect of temperature on the yield and quality of broccoli heads. *Veg. Crops Res. Bull.* 71: 51-58.
- Kiritani, K. (2006). Predicting impacts of global warming on population dynamics and distribution of arthropods in Japan. *Population Ecology* 48: 5-12.
- Lehmann, P., Ammunt, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S.D., Uhd Jepsen, J., Kalinkat, G., Neuvonen, S., Niemela, P., Terblanche, J.S., Okland, B. & Bjorkman, B. (2020). Complex responses of global insect pest to climate warming. *Front. Ecol. Environ.* 18: 141-150. doi:10.1002/fee.2160
- Lin, Y-P., Lu, C-Y. & Lee, C-R. (2020). The climatic association of population divergence and future extinction risk of *Solanum pimpinellifolium*. *AoB PLANTS* 12: plaa012. doi: 10.1093/aobpla/plaa012
- Lippmann, R., Babben, S., Menger, A., Delker, C. & Quint, M. (2019). Development of wild and cultivated plants under global warming conditions. *Curr. Biol.* 29: R1326-R1338.