



לאה קרני

# תנאי סביבה מיטביים לפלפל

עם ההתקדמות בהתפתחות ענף הפלפל התעורר הצורך בלימוד מפורט של טכנולוגיות הייצור, תוך טיפול בנושאים מחוקדים וחיפוש פתרונות לבעיות האופייניות הספציפיות לגידול בתנאים מוגנים. בסקירה שלפניכם אנו מביאים סיכום של מחקרים שנערכו בשנים האחרונות. בחרנו להתרכז באספקטים שונים של השפעת תנאי הגידול על יכול פרי הפלפל ואיכותו

← לאה קרני ובני אלוני, המחלקה לחקר הירקות, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן

מ"צ, הנצפות לעיתים קרובות באזורי הגידול העיקריים בארץ, מגבירות את נשימת החושך ושריפת המוטמעים הגורמים לנשירת פקעים, פרחים וחנטים צעירים ולפחיתה ביבול.

דרישת פרי הפלפל למוטמעים נלמדה במספר מחקרים. הראינו שחנט פרי צעיר דורש לשם התפתחות תקינה ומהירה שלושה עלי מקור בקרבתו, המספקים לו את המוטמעים הדרושים. כאשר רמת המוטמעים המסופקת לחנט נמוכה (כתור צאה ממספר עלים קטן בקרבת החנט) החנט מתנוון ונושר. יחד עם זאת נמצא גם, שעודף מוטמעים עלול לפגוע בהתפתחות התקינה של הפרח והפרי. במחקר

<<<

בשעות הלילה היה ממושך יותר, הייתה עליה ביבול. במטרה להפחית את משך חימום הלילה ולחסוך בהוצאות, ערכנו ניסוי לבדיקת משך הזמן המינימלי של חימום לילה ל- 18 מ"צ הדרוש לקבלת יבול מכסימלי. התוצאות מצביעות על כך שניתן להסתפק בהפעלת החימום ל- 2/3 מהזמן ועדיין לקבל יכולים גבוהים באיכות פרי גבוהה (אלוני וחוב', 1997). את השפעת החימום בלילה ניתן לייחס לכך שבתנאים אלה יש הגברה של הובלת מוטמעים לעבר אברי המבלע (החנטים והפירות הצעירים) ולכן מזוירות התפתחות הפירות.

אולם טמפרטורות לילה גבוהות מ- 20

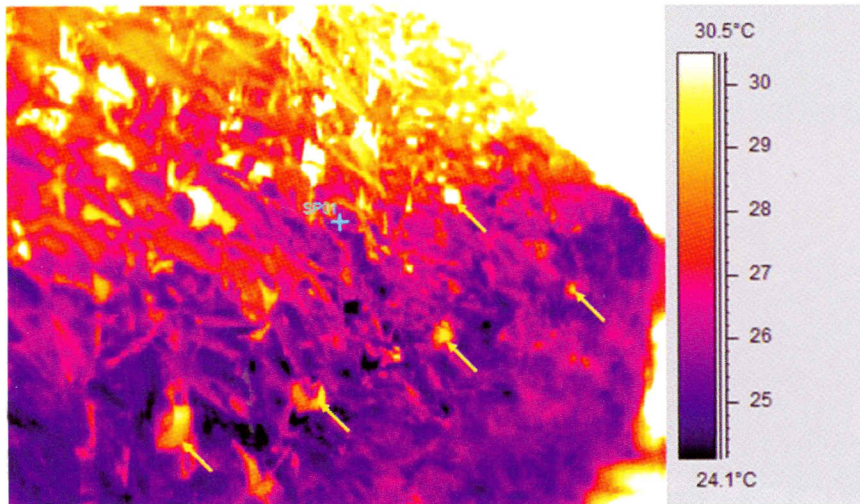
## טמפרטורות לילה

תנאי הגידול המיטביים לפלפל מתוק מאיכות גבוהה, כפי שרוצים להשיג בטכנולוגיה חקלאית אינטנסיבית, נגזרים מהיותו צמח תרמופילי - כלומר - אוהב חום. רוב הזנים המוכרים של פלפל מתוק נהנים מגידול בטווח טמפרטורות של 18 מ"צ בלילה ו- 28 מ"צ ביום. חריגה מטווח זה, בדרך כלל, פוגעת בגודל היבול ובאיכותו. במחקר שערכנו לפני מספר שנים בחוות הבשור, בה קיים מתקן לבידיקת תנאי האקלים המיטביים לגידולי חממה, מצאנו שבמשטר הגידול המקובל בחממה (שתילת אוגוסט וסיום העונה ביוני), ככל שמשך החימום ל- 18 מ"צ



תמונה 1: עלים עם שוליים מקופלים בתנאי טמפרטורה גבוהה והעשרה בפד"ח צילום: בני אלוני

מפורט שערכנו (Aloni et al, 1999) נמצא שכאשר עומס הפירות על הצמח היה נמוך, כלומר, על הצמח נותרו רק פרי חים (ללא פירות במצב של גדילה מהירה), רוב המוטמעים כווננו לעבר הפרחים, דבר שגרם להתנפחות השחלה ולהיווצרות פרחים מעוותים ובעקבות זאת לפירות פחוסים (פלאפלים). ריבוי פירות פחוסים נמצא כאשר צמחים אלה גדלו בתנאים של העשרה בפחמן דו חמצני (פד"ח), בהם מוגברת זרימת המוטמעים לעבר הפירות. היווצרות פרחים ופירות פחוסים אופיינית לפירות המתפתחים בטמפרטורות נמוכות. ייתכן שבתנאים כאלה יש חוסר איוון בין התפתחות הפרח או החנט לבין אספקת המוטמעים אליו מעלי המקור. לממצא זה השלכות חשובות על הכוונת התפתחות צמח הפלפל בחממה על ידי קיטום והדלייה; המצב המיטבי הוא שעל הצמח יהיו, בכל רגע נתון, יותר משני פירות במצב גדילה. אלה משמשים מבלע למוטמעים ומונעים זרימה של עודף מוטמעים לפרחים ובכך מונעים את עיוותם. גורם נוסף העשוי להיות מעורב בעיוותי צורה של פרחים ופירות בפלפל הוא ההורמון אוקסין. ידוע שהתפתחות נורמלית של פרחים ופירות תלויה בכך שהאוקסין הנוצר בפרח יזרום מהשחלה לכיוון הג'בעול (זרימה בזיפטלית). זרימת האוקסין מעוכבת במצב של טמפרטורות נמוכות, וצבירתו בשחלה עלולה לגרום להתנפחותה ולעיוות הפרח והפרי. ואכן, כאשר ריכסנו פרחים בחומרים מעכבי זרימת אוקסין, גרמנו ליצירת פרחים ופירות פחוסים בדומה לאלה הנוצרים בטמפרטורות לילה נמוכות. לטמפרטורות לילה נמוכות מהאופטימום יש השלכות גם על איכות האבקה וכושר ההפריה של הפרח. תהליכים אלה לא יידונו במאמר הנוכחי.



תמונה 2: צילום תרמי של שורת פלפל החממה בעין תמר (2003). השליש העליון של הצמחים חם בכמה מעלות משני השליש התחתונים. הפירות, מסומנים בחץ, בולטים בטמפרטורה הגבוהה יחסית לעלים סביבם צילום: בני אלוני

בצמח, להגדלת מספר הפרחים החונטים ולהגדלה משמעותית ביבול. בפרוייקט בן שלוש שנים שערכנו בחממות חוות הבשור הראינו (קרני וחוב, 1998) שניתן היה להגיע ליבולי שיא ע"י העשרת פד"ח בפולסים לרמה של 700 ח"מ. בעוד שבחמת הביקורת הלא מועשרת התקבל יבול שנתי של 14 טון/דונם, בחממה המועשרת היבול היה 18 טון/דונם. תוספת היבול הייתה תוצאה של הגדלת מספר הפרחים החונטים ולא תוצאה של הגדלת משקל הפרי הבודד. הטכנולוגיה של העשרה בפד"ח קר או חם (בעזרת מחולל פד"ח) חייבת להיעשות בארץ בשיטת הפולסים, שבה הזרמת הגז לחממה מתבצעת בזמן גים קצרים (דקות) ובפולסים של איורור, לשם סילוק עודפי החום. טכניקה הגורמת לחילופים מהירים של טמפרטורה ולחות בחלל החממה. נמצא שלכך היו השלכות שליליות על איכות הפירות. עיקר הנוק היה ריבוי פירות סדוקים. בנוסף לכך נמצא שבמטוטר העשרה בפד"ח הצמחים לוקים ב"התקפלות עלים" בצמח (תמונה 1) הנובעת, ככל הנראה, מצבירת עמילן בעלים ומעקה חימצונית. תופעה הגורמת לעיכוב הפוטוסינתזה ופוגמת בניצול מלוא הפוטנציאל של העשרה בפד"ח. חקלאים מועטים בלבד אימצו טכנולוגיה של העשרה, כיוון שלא הייתה לכך הצדקה כלכלית.

### קרינה

האור הוא הגורם העיקרי מבין גורמי הסכיבה המשפיע על ההתפתחות הצמח. האור הוא הכוח המניע בתהליך הפוטוסינתזה, בתהליך הטרנספירציה (פתיחת פיוניות וסגירתן) ובתהליכים פוטומוור-פוגנטיים שונים המבקרים את התפתחות

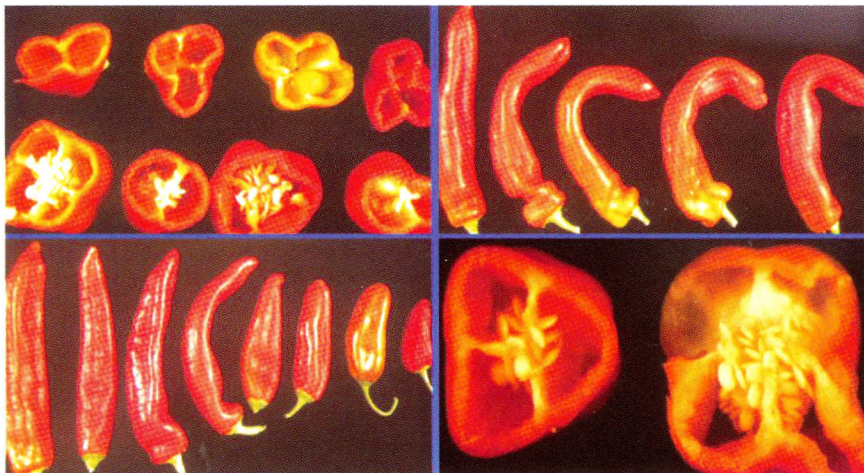
או קרינה נמוכה מידי בחממה (עננות, כ"י סוי חממה לא נקי, רשת צל לא מתאימה), ב. תחרות של הפירות המתפתחים והפרי חים על המוטמעים. סיבה נוספת לנשייה רה היא השפעת הטמפרטורות הגבוהות על הפרח עצמו ועל תהליכי האבקה וההפריה. במחקר שלנו (Aloni et al, 1991) נמצא שטמפרטורות יום גבוהות (35 מ"צ) משפיעות על חלוקת המוטמעים עים בצמח. בתנאים אלה חלק המוטמעים הנקלט ע"י פקעי הפריחה מופחת בהרבה לעומת פקעים המתפתחים בטמפרטורות רגילות, והפחתה קיצונית יותר מתרחשת כאשר קיימים פירות מתפתחים על הצמח. קצב נשירת הפרחים בתנאים כאלה מוגבר בהרבה. גורם אנדרוגני נוסף המשפיע על נשירת הפרחים הוא האוקסין. במספר מחקרים נמצא שטמפרטורות גבוהות פוגעות בביוסינתזה ובהובלה של האוקסין בפרח. מימצא המרמז על כך, שייכתן ומתן אוקסין אקסוגני ימנע נשירה של הפרחים. ואכן Wien וחוב (1989) הראו שריסוס באוקסין הביא להפחתת נשירת פרחים. יש לציין, שלא רק הפריחה נפגעת בטמפרטורות גבוהות, מסתמנת גם פגיעה בעלים, כאשר שולי הטרף מתקפלים כלפי פנים (תמונה 1), תופעה הגורמת לעיכוב הפוטוסינתזה. גם איכות הפירות נפגעת: הפירות מתחממים בכ-5 מ"צ יותר מהעלים שמסביבם, כפי שנראה בתמונות אינפרא-אדום (תמונה 2), הם קטנים יותר, צורתם מעוותת וכמות הזרעים בהם פוחתת (תמונה 3).

### העשרה בפחמן דו חמצני (פד"ח)

במחקרים רבים נמצא שהעשרת החיממה בפחמן דו-חמצני (פד"ח), מביאה להגדלה משמעותית של מוטמעים זמינים

### טמפרטורות יום

עונת גידול הפלפל הנמשכת, מלבד חודשי החורף, גם על פני חודשי הסתיו והקיץ, מאופיינת בטמפרטורות יום גבוהות. מקובל שטמפרטורות יום מכ-28 סימליות מיטביות הן בתחום של 30 מ"צ. אולם לעיתים קרובות במהלך הגידול, נמדדות טמפרטורות יום גבוהות מ-32 מ"צ, בעיקר בחממות לא מצוננות, ולכך השפעה שלילית על גודל היבול ואיכותו. בשנים האחרונות חקרנו את התהליכים המתרחשים בפרחי הפלפל החשופים לטמפרטורות גבוהות. התמונה המתקבלת היא נשירת פקעים, פרחים ודנטים צעירים והתוצאה - הפחתה ביבול. לעיתים קרובות רואים בחממה צמחים שבגעווליהם מספר גדול של מפרקים חסרי פירות, עקב נשירת פרחים. לנשירה שתי סיבות עיקריות: א. מחסור במוטמעים כתוצאה מטמפרטורות יום גבוהות,



תמונה 3: פירות עקומים, קטנים וחסרי זרעים של פלפל מהזן רמיח בתנאי טמפרטורה גבוהה צילום: בני אלוני

הצמח. בישראל, בעיקר באזור הערבה, התפתח גידול פלפל מתוק בבתי רשת קבועים, ולכן עולה השאלה כיצד לבקר את רמות הקרינה על פני עונה ממושכת. ידוע שרמות קרינה נמוכות מידי גורמות לנשירת פרחים, להתארכות מהירה של הגבעול, ואף לפגיעה באיכות הפירות. רמות קרינה גבוהות מידי מלוות לעיתים קרובות בעומסי חום גבוהים, לכן ההפרדה בין קרינה גבוהה לטמפרטורות גבוהות בחממה היא לא תמיד קלה. במחקר שערך כנו לפני מספר שנים מצאנו שקיימת שר נות גנטית בתגובת פלפל לקרינה נמוכה. במבחן זנים תחת רשת הגורמת ל-50% הצללה נמצא, כי זנים מסויימים משירים את מירב הפרחים שלהם, לעומת זנים אחרים בהם חנטת הפירות גבוהה יחסית. מסתבר שבתנאי הצללה וחום עולה רמת ייצור האתילן בפרחים והורמון זה גורם לשיפעול של תהליך הנשירה (Aloni et al, 1994). ריסוס בחומרים נוגדי אתילן, כגון STS ו-AVG הביא לעיכוב נשי רת פרחים גם בתנאי עקת טמפרטורות גבוהות. נעשו ניסיונות לבחון חומרים אלה בניסוי שדה במטרה להקטין נשירת פרחים בחודשים החמים, אולם הסתבר שעייכוב פעולת האתילן ע"י STS גורם, בין השאר, לעיוותי פרחים ופירות (פלא פלים), ככל הנראה בגלל השפעתו המש נית של החומר על הובלת אוקסין בפרח. בשל החשיבות הגדולה של גורם הקרינה בפלפל נערכו במשך השנים הרבה תצפיות וניסויי שדה במטרה להגיע לאופטימיזציה של רמת ההצללה. כיון שבמהלך העונה ישנם שינויים גדולים בסך כל הקרינה היומית (גבוהה בסתיו, נמוכה בחורף ושוב גבוהה באביב ובקיץ) סביר שעל רמת ההצללה להשתנות במהלך העונה. בשל

אחרים (Bar-Tal et al, 2006). חשיבות רבה יש גם לעומד הצמחים בחממה, שכן זה קובע את חדירת הקרינה וקליטתה ע"י הצמחים. אנו הראינו שניתן לשנות את המרווחים בין גבעולי הצמח בהרליה ובכך להגדיל את חדירת האור גם לחלקי צמח שבגידול מקובל הקרינה שהם מקבלים נמוכה ביותר. דבר זה הביא להגדלה משמעותית ביבול הפירות. לסיכום, לשם גידול פלפל איכותי המ ניב יכול גבוה ליחידת שטח דרושים אמ צעים טכנולוגיים רבים לשליטה באקלים החממה. ספק אם במצב העכשווי מסוגלים החקלאים להשקעות כבדות בבתי הגידול לפלפל. יחד עם זאת, שיפורים חלקיים בחממה כגון שימוש ברשתות צל, הכנסת שיטות חימום וצינון זולות יחד עם הכנסת זנים בעלי עמידות לתנאי סביבה קשים מביאים לשיפורים מתמידים בענף.

כך פותחו שיטות לגידול תחת רשת ניידת הנפרשת על גג החממה, או וריאציות שר נות אחרות של ניוד רשתות בבתי רשת. בחממות משוכללות ניתן להפעיל רשתות צל בעזרת פיקוד ממוחשב המתחשב בר מות הקרינה היומית. נעשה ניסוי להפעיל מערכת כזו בערבה, ובה נכחה השפעה של רמות קרינה שונות, ע"י קביעת ספי קרינה שונים לפריסת רשת צל. התוצאות הראו שהיבול הרב ביותר התקבל בחממה ללא הצללה, אולם זאת בתנאי שבחממה הופעלו אמצעי אוורור וצינון (מזרון לח ומאווררים) וניתן היה לשמור על טמפ רטורה מכסימלית של 30 מ"צ. המסקנה מהניסוי הייתה שהצמח לא ניזוק מרמות קרינה מכסימליות בחממה והגורם המ זיק הוא הטמפרטורות הגבוהות השוררות בחודשי הסתיו והקיץ. משום כך מירב המאמצים המחקריים מוקדשים לפיתוח טכנולוגיות צינון בערבה ובאוורים חמים

#### ספרות

- אלוני, ב., גמליאל, ב., קרני, ל., פוקס, מ., תארי, א., דיין, א., דינר, מ., ויידמן, צ., יחזקאל, ח. ושמואל, ד. (1996). עיצוב הצמח ובקרת טמפרטורות לילה בפלפל חממה איכותי. גן שדה ומשק 5: 85 - 88.  
 אלוני, ב., קרני, ל., גמליאל, ב., תארי, א., פוקס, מ., דיין, א., דינר, מ., יחזקאל, ח. ושמואל, ד. (1997). הכוונת טמפרטורות לילה לפי הקרינה היומית בגידול פלפל חממה. גן שדה ומשק 11: 32 - 36.  
 קרני, ל., אלוני, ב., דינר, מ., יחזקאל, ח. שמואל, ד., תארי, א., דיין, א. ופוסלסקי, י. (1998). העשרת פלפל חממה בפחמן דו-חמצני (פ"ח). גן שדה ומשק 3: 46 - 51.

- Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z., Riou, Y., Huberman, M. and Goren, K. (1994). The susceptibility of pepper (*Capsicum annuum*) to heat induced flower abscission: possible involvement of ethylene. *J. Hort. Sci.* 69: 923-928.  
 Aloni, B., Pashkar, T. and Karni, L. (1991) Partitioning of [<sup>14</sup>C] sucrose and invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Ann. Bot.* 67: 371-377.  
 Aloni, B., Pressman, E. and Karni, L. (1999) The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Ann. Bot.* 83:529-534.  
 Bar-Tal, A., Aloni, B., Arbel, A., Barak, M., Karni, L., Oserovitz, J., Hazan, A., Gantz, S., Avidan, A., Posalski, I. and Keinan, M. (2006). Effects of an evaporative cooling system on greenhouse climate, fruit disorders and yield in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Hort. Sci. & Biotech.* 81: 599 - 606.  
 Wien, H. C., Turner A. D. and Yang S.F. (1989) Hormonal basis for low light intensity-induced flower bud abscission of pepper. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 981-985.