

פתוח ממשק לחיסכון בעלויות החימום של בזיל בבתי צמיחה

Developing agrotechnics for energy saving in basil

מוגש לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות ולהנהלת ירקות

ע"י

מחלקה לירקות, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן	איתן פרסמן
מחלקה לירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער	נתיב דודאי
מחלקה לירקות, מינהל המחקר החקלאי, נוה יער	אלי פוטיבסקי
מחלקה לירקות, שה"מ	דיויד סילברמן
קרקע ומים, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן	שבתאי כהן
מחלקה לירקות, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן	רחל שקד
מחלקה לירקות, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן	שמואל שן
הנדסה חקלאית, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן	מאיר טייטל

Etan Pressman, Vegetable Research, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan. E-mail:

pressman@ageri.gov.il

Putievsky Eli, Vegetable Research, ARO, Neve Yaar E-mail: elip@ agri.gov.il

Nativ Dudai, Vegetable Research, ARO, Neve Yaar E-mail: nativdud@agri.gov.il

David Silverman Vegetables, MOAG

Cohen Shabtai, Soil and Water, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan. E-mail: vwshep@agri.gov.il

Shaked rachel, Vegetable Research, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan

Shen Shmuel , Vegetable Research, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan

Meir Titel Agricultural Engineering, ARO, P.O.B. 6 Bet Dagan

יולי 2010

תמוז תש"ע

הממצאים בדו"ח זה הינם תוצאות ניסויים.

הניסויים מהווים המלצות לחקלאים: כן/לא *
מחקר את המיותר *

*

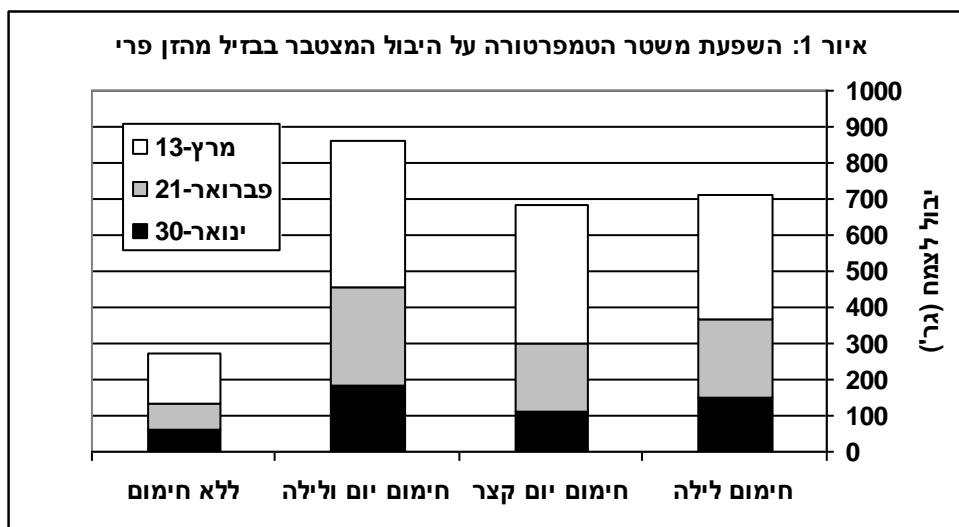
חתימת החוקר

מבוא

- ההתפתחות הוגטטבית ואיכות התוצרת בתבלינים ובמיוחד בבזיל, מושפעים מאד מתנאי הטמפרטורה. טמפרטורות נמוכות (במיוחד טמפרטורות הלילה) גורמות למספר תופעות:
1. עצירת הגידול – ההתפתחות הוגטטיבית מואטת או נעצרת ומכאן, ירידה ביבול.
 2. סכנה להשחרת העלים.
 3. ירידה באיכות התוצרת.

מניסויים ראשוניים בבזיל שערכנו בבית דגן מצאנו שבדומה להתפתחות הוגטטיבית בפלפל, העלאה ניכרת של טמפרטורות היום, אשר מתקבלת על ידי סגירת החממה במהלך היום, מביאה לגידול ווגטטיבי וההנבה הדומים לאלה המתקבלים בחממה מחוממת בלילה. השפעה זו של טמפרטורות היום הגבוהות נקראה על ידינו בשם קומפנסציה. כמו כן מצאנו, בניסוי ראשוני, שניתן לקבל את אפקט הקומפנסציה גם על ידי סגירת החממה למשך זמן קצר (3 שעות) בצהריים ובלבד שהטמפרטורות תהיינה גבוהות מסף מסוים (35 מ"צ).

בשנה הראשונה הושוותה סגירת החממה ל-3 שעות, בצהריים לחימום לילה ולחימום יום ולילה שהוא הטיפול האופטימאלי.



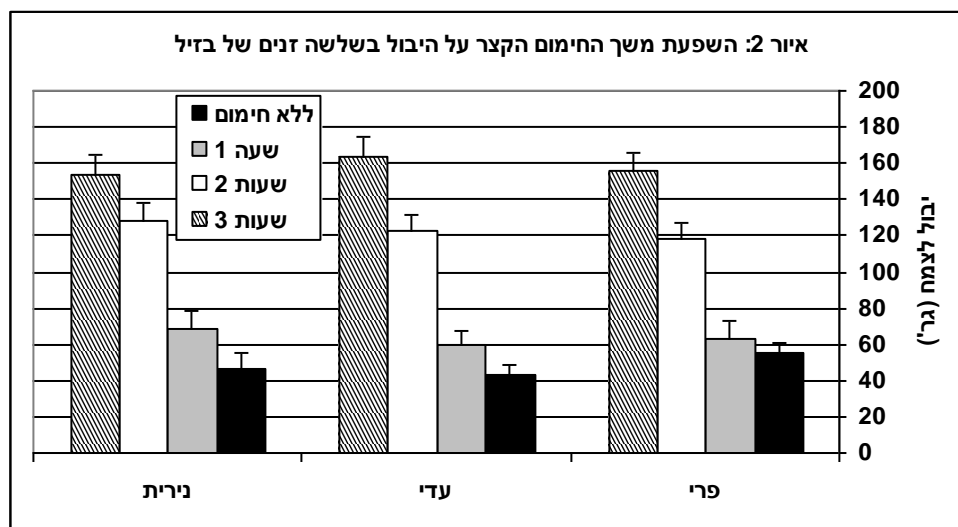
נמצא (איור 1) שחימום ביום ובלילה שילש את היבול המצטבר בהשוואה לביקורת הבלתי מחוממת. חימום יום קצר בן 3 שעות העלה את היבול ביותר מכפלים בדומה לחימום לילה. השפעת טיפולי החום על העלייה ביבול נמצאה בכל אחד משלושת הקטיפים.

בנוסף, כל טיפולי החימום שיפרו את כל מדדי האיכות שנבחנו בעקבות האחסון של הבזיל הקטוף (טבלה 1). חימום יום ולילה וחימום קצר ביום היו הטובים ביותר במדד ההופעה שהוא המדד המסכם.

טבלה 1: השפעת משטר הטמפרטורה בחממות על איכות הבזיל באחסון.

השחמת אמיר	ריקבון גבעול	ריקבון עלים	מדד הופעה	ביקורת
2.5	2.3	3.1	1.8	ביקורת
1.5	1.2	2.8	2.5	חימום לילה
1.4	1.1	2.7	3.3	חימום יום קצר
1.4	1	2.6	3.3	חימום יום ולילה

בעקבות הממצא שחימום של 3 שעות מספיק לקבלת אפקט הקומפנסציה נבחנו גם חימום למשכים קצרים יותר. לחימום למשך 1 שעה בטמפרטורה של 35 מ"צ הייתה השפעה שולית על היבול של שלשת הזנים שנבחנו בהשוואה לביקורת ללא חימום (איור 2). לעומת זאת חימום למשך שעתיים באותה טמפרטורה, העלה את היבול במידה רבה, עד לכדי כ-88% מזה שהתקבל בעקבות חימום למשך 3 שעות.



חלבוני עקת חום (חע"ח) מהווים חלק ממערכת ההגנה של הצמח כנגד עקות סביבה. בשנה זו נבחנה השפעת הקומפנסציה על נציג אחד של חע"ח אלה. בתמונה 1 ניתן לראות שעלים מנותקים של בזיל (הזן פרי) מגיבים לטיפול קצר החום בעליה מרשימה ברמת הביטוי של חע"ח קטן-מולקולריים Class

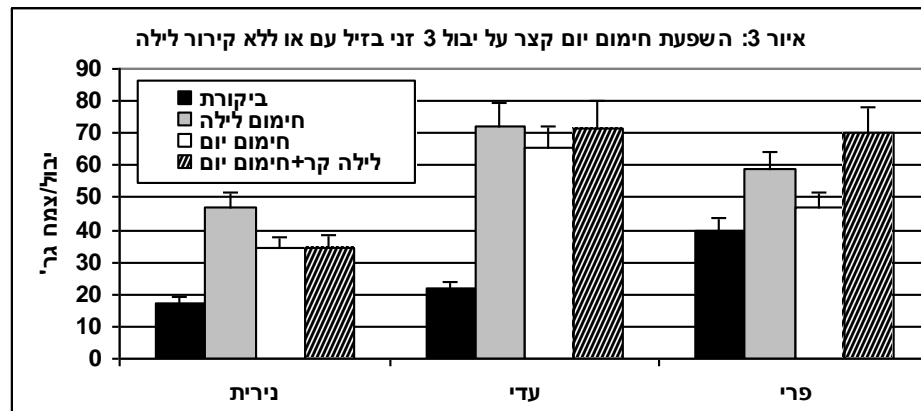
II. כמו כן, ניתן לראות בתמונה 1 שבעלים שהוחזקו בקור או בטמפרטורות נוחות (ביקורת) לא התקבלה עלייה כזו.

תמונה 1: השפעת טיפולי הטמפרטורה על רמת הביטוי (ברמת החלבון) של חע"ח sHSPs (class II)



בקורת חום (45 מ"צ) קור

בשנה בשנייה נבדקה השפעת החימום הקצר (3 שעות) על ביטול או מניעת ההשפעה של טמפרטורות לילה נמוכות רגילות (חימום יום) וגם על טמפרטורות לילה נמוכות יותר אשר התקבלו ע"י הפעלת מערכת הצינון במהלך הלילה (לילה קר + חימום יום). טמפרטורות הלילה, בטיפול זה היו נמוכות ב-3-4 מ"צ בהשוואה לטמפרטורות הלילה הרגילות.

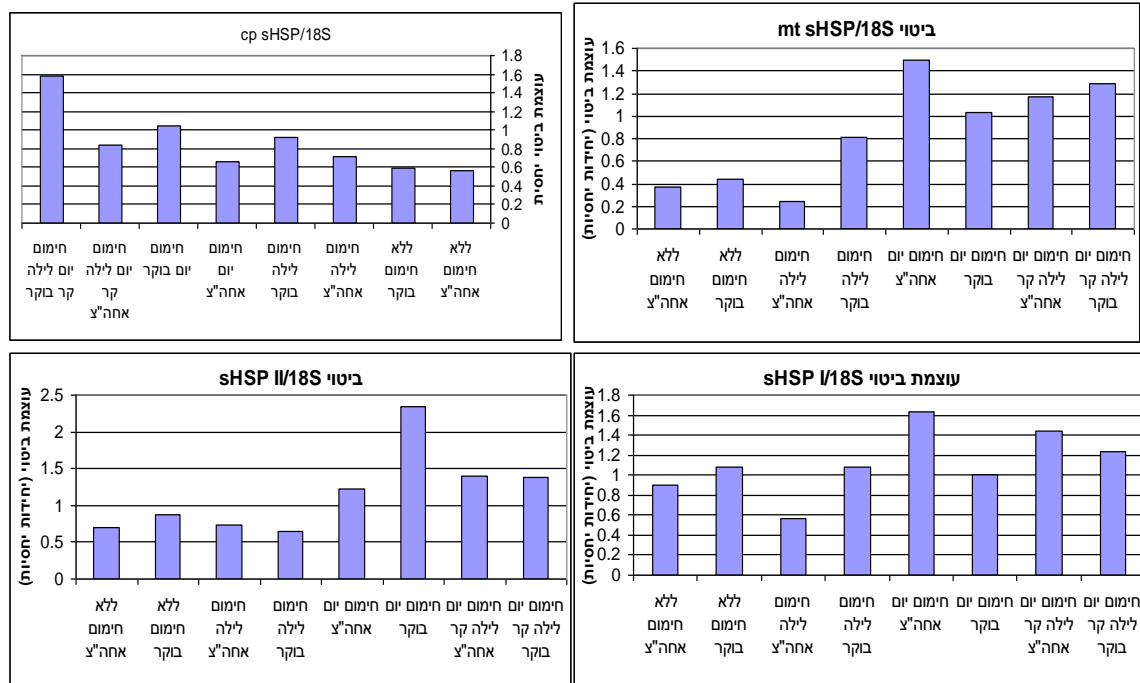


באיור 3 ניתן לראות שחימום יום קצר, בן 3 שעות, הגדיל את היבול בשלשת הזנים שנבחנו, בדומה לחימום לילה ובהשוואה לביקורת. טיפול זה היה יעיל גם במניעת הנזקים של טמפרטורות נמוכות יותר למרות שטמפרטורת היות לא השתנתה.

כאמור, חלבוני עקת חום (חע"ח) מהווים חלק ממערכת ההגנה של הצמח כנגד עקות סביבה. זוהי משפחה גדולה של חלבונים. מאחר ובשנה הראשונה נמצאה עליה בביטוי של אחד מחלבונים אלה, בעונה זו נבחן הביטוי של חע"ח קטן-מולקולאריים (sHSPs) אחרים.

כדי לבחון את השפעת הטמפרטורה הגבוהה על ביטוי חלבוני עקת חום עלים צעירים נדגמו מצמחים אשר נחשפו לטיפול החום מיד עם סיום הטיפול או למחרת בבוקר.

איור 4: השפעת טיפולי החום על הביטוי של חע"ח קטן מולקולאריים בעלי בזיל



באיור 4 ניתן לראות שרמת הביטוי של שלשה חע"ח קטן מולקולאריים: mt sHSP, sHSP I ו- sHSP II עלתה בעקבות טיפול החום מיד בתום הטיפול והיא נשארה גבוהה גם למחרת בבוקר. רק רמת הביטוי של sHSP I לא הושפעה מטיפול החום

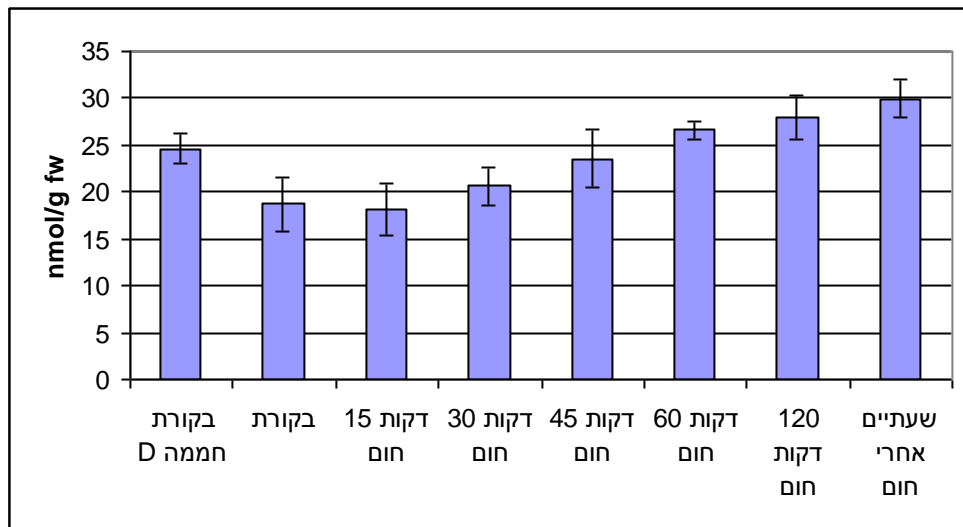
מי חמצן בעלי בזיל

ישנן עדויות כי עקות אביוטיות שונות, ביניהן עקת חום, גורמות לעקה חמצונית בצמח. בזמן עקה חמצונית יש ייצור מוגבר והצטברות של מולקולות reactive oxygen species (ROS) בתא ביניהן סופר-אוקסיד (O_2^-), מי חמצן (H_2O_2) והידרוקסיל רדיקל ($HO\cdot$). מולקולות אלו הן בעלות ריאקטיביות גבוהה ובתנאים בהם קצב הייצור עולה באופן דרמטי ו/או ROS מצטבר בתא, נזק חמצוני לחלבונים, שומנים ו- DNA יהיה בלתי נמנע.

כשמודדים את כמות מי החמצן אשר נוצרים בצמח בעקבות חשיפה לתנאי עקה, צריך לזכור כי מולקולה זו נוצרת כתוצר לוואי כבר בשלב הראשוני של החשיפה לעקה. בנוסף היא משמשת גם כסיגנל ומעוררת את מערכת ההגנה אשר מפרקת ROS. ולכן לאורך זמן החשיפה ישנה מגמה של

עליה וירידה ברמת מי החמצן. בנוסף לכך, מי חמצן נוצרים במהירות גם בעקבות פציעה של העלה עקב הקטיפה ולכן יכולות להיות רמות גבוהות של מי חמצן, ללא קשר לטיפול החום, אשר לא בהכרח מייצגות את הרמה בצמח לפני הקטיפה. בניסוי זה נבחנה השפעת חימום בטמפרטורה גבוהה על רמת מי החמצן בעלי בזיל מהזן פרי אשר גדלו בתנאי ביקורת בלתי מחוממת. הצמחים נחשפו לטיפול חום של 45 מ"צ למשכים שונים ומיד בתום החימום העלים נדגמו. בנוסף נדגמו עלים שעתיים אחרי הטיפול הארוך ועלים מצמחי ביקורת שגדלו בחממה מחוממת לילה.

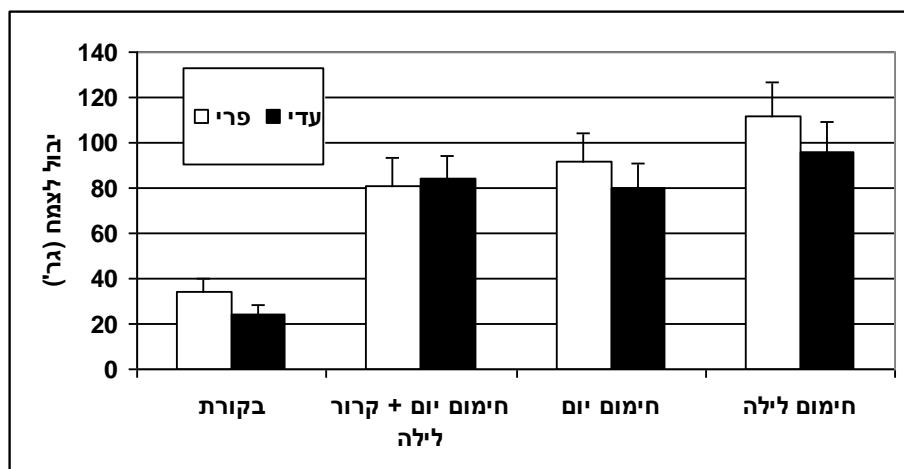
איור 5: השפעת משך החימום בטמפרטורה 45 מ"צ על ריכוז מי חמצן בעלי בזיל מהזן פרי.



עליה משמעותית בריכוז מי החמצן התקבלה בעקבות חימום של 60 דקות או יותר (איור 5). גם שעתיים אחר תום החימום עדיין נשמר הריכוז הגבוה. מכיוון שמי חמצן מהווים סיגנל להפעלת מערכת ההגנה, הרי שרמה גבוהה שלהם עשויה להעיד על תפקיד החימום בהגנה מפני נזקי קור.

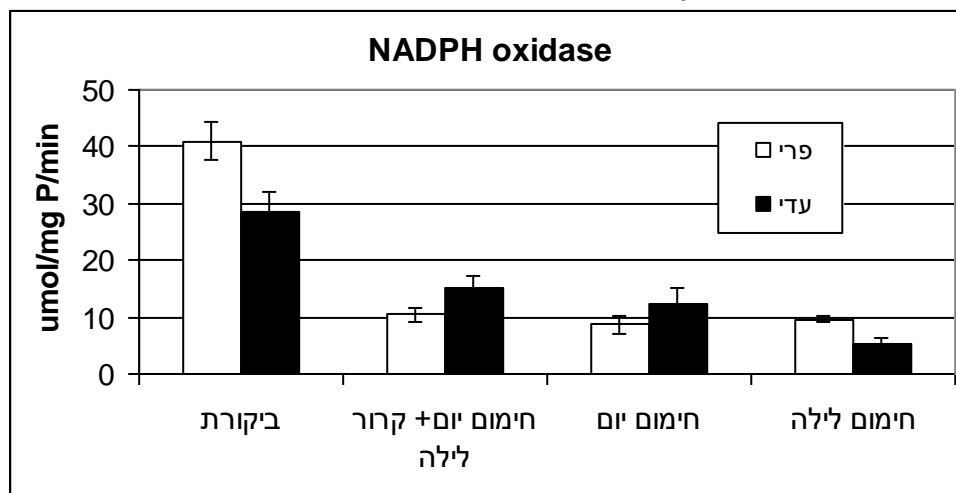
בשנה שלישית נבחנו שוב הטיפולים של שנה שנייה על שני זנים: פרי ועדי.

איור 6: השפעת טיפול הקומפנסציה (3 שעות בטמפרטורה של 20 ± 38 C) על היבול של שני זני בזיל. חימום היום ניתן על רקע טמפרטורות לילה רגילות או נמוכות יותר מהרגיל.



כאמור מולקולות ROS הן בעלות ריאקטיביות גבוהה וגורמות נזק חמצוני לחלבונים, שומנים ומולקולות ה-DNA. ה-ROS משחק תפקיד מרכזי במנגנון ההגנה. ROS נוצרים בין השאר ע"י האנזים NADPH oxidase במהירות ולכן התהליך נקרא פרץ חמצוני (oxidative burst). מי החמצן שנוצרים עוברים דיפוזיה לתוך התא וגורמים לאינדוקציה של מנגנוני הגנה, בניהם programmed cell death (PCD). לצורך בדיקת הפעילות של NADPH Oxidase של כ-0.5g עלים קפואים נכתשו במכתש ועלי עם חנקן נוזלי ו-2.5ml בופר מיצוי שהכיל: 100mM בופר pH=7, K-PO₄, 0.1 mM EDTA, 0.1% Triton ו-PVP ולאחר מכן הועברו לצנטריפוגה מקוררת ל-4°C למשך 10 דקות במהירות 5,800g. חמצון NADPH ע"י NADPH oxidase ברקמה נמדד בספקטרופוטומטר באיור 7 ניתן לראות שכל טיפולי החימום הן ביום (ואפילו על רקע של קירור לילה) גרמו לירידה דרמטית בפעילות האנזים בשני הזנים.

איור 7: השפעת טיפולי הקומפנסציה על פעילות האנזים NADPH oxidase בעלי בזיל



סיכום

המחקר שנמשך 3 שנים הוא חדשני ומקורי והוכיח את השערת היסוד שניתן לגדל בזיל בחורף ללא השקעת אנרגיה לחימום, ולקבל יבול מסחרי בכמות ובאיכות הדומים לזה המתקבל בעקבות חימום לילה לטמפרטורה של 18 מ"צ. כל זאת בתנאי שאפשר להגיע לטמפרטורה קריטית של למעלה מ-35 מ"צ. בשיטת הקומפנסציה משתמשים בחום הטבעי הנוצר, באזורים חמים, העקבות סגירת המבנה למשך 3 שעות, במהלך היום והתבססות על חום השמש. חימום קצר זה מבטל את ההשפעה השלילית של טמפרטורות הלילה הנמוכות, ואפילו טמפרטורות הנמוכות מהרגיל בבית דגן, על ההתפתחות הוגטיבית ועל איכות התוצרת. במהלך שלש השנים נבחנה האפשרות שמנגנון הקומפנסציה קשור ביצירת עקה מתונה אשר מפעילה את מערכת ההגנה של הצמח וכך מגינה עליו מהשפעת העקה החמורה יותר הנוצרת בעקבות החשיפה לטמפרטורות הלילה הנמוכות. התוצאות מוכיחות שגורמים הנחשבים כמעורבים או מפעילים את מערכת ההגנה כגון רמת הביטוי של חלבוני עקת חום, ריכוז מי חמצן ופעילות האנזים NADPH oxidase אכן עולים עם החשיפה לטמפרטורות היום הגבוהות. כמובן שיש לחזק ממצאים אלה בניסויים נוספים ולהרחיב את המחקר בכדי לבסס את ההנחות הללו.

סיכום עם שאלות מנחות

מטרות המחקר תוך התייחסות לתוכנית העבודה.
בחינת האפשרות לקבל יכול מסחרי בחורף, ע"י סגירת החממה למספר שעות ביום ובכך לאפשר אוורור בשאר חלקי היום.
בחינת מעורבות חלבוני עקת חום כחלק ממנגנון הקומפנסציה.
עיקרי הניסויים והתוצאות.
סגירת החממה ביום, תוך כדי קבלת הטמפרטורות הרצויות בכדי לקבל יכול איכותי גבוה
בחינת חלבוני עקת חום המופעלים על ידי החימום ביום והמשתתפים במנגנון ההגנה בפני טמפרטורות הלילה הנמוכות.
מסקנות מדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו. האם הושגו מטרות המחקר לתקופת הדוח?
ניתן לבטל בחלקן הגדול או במלואן את ההשפעות השליליות של טמפרטורות הלילה הנמוכות בחורף בתנאי שטמפרטורות היום (למשך 3 שעות אך כנראה לא בהרבה פחות) תגענה לערכים יעילים ($35^{\circ}C$ לפחות). חע"ח מהווים חלק ממנגנון ההגנה אך הם בודאי לא היחידים.
בעיות שנתרו לפתרון ו/או שינויים (טכנולוגיים, שיווקיים ואחרים) שחלו במהלך העבודה; התייחסות המשך המחקר לגביהן, האם יושגו מטרות המחקר בתקופה שנתרה לביצוע תוכנית המחקר?
בחינת התוצאות במערכת חקלאית
בחינת גורמים נוספים לחלבוני עקת חום, כגון נוגדי חמצון ואוסמוליטים במערכת ההגנה. האינטראקציה שלהם עם חע"ח והאנטראקציה בין חע"ח לבין עצמם.
הפצת הידע שנוצר בתקופת הדו"ח: פרסומים בכתב - ציטט ביבליוגרפי כמקובל בפרסום מאמר מדעי; פטנטים - יש לציין שם ומס' פטנט; הרצאות וימי עיון - יש לפרט מקום, תאריך, ציטוט ביבליוגרפי של התקציר כמקובל בפרסום מאמר מדעי.
פרסום הדוח: אני ממליץ לפרסם את הדוח: (סמן אחת מהאופציות)
רק בספריות

✓ ללא הגבלה (בספריות ובאינטרנט)
חסוי – לא לפרסם
האם בכוונתך להגיש תוכנית המשך בתום תקופת המחקר הנוכחי? כן - לא*

*יש לענות על שאלה זו רק בדוח שנה ראשונה במחקר שאושר לשנתיים, או בדוח שנה שניה במחקר שאושר לשלוש שנים

תקציר

המחקר שנמשך 3 שנים הוא חדשני ומקורי והוכיח את השערת היסוד שניתן לגדל בזיל בחורף ללא השקעת אנרגיה לחימום, ולקבל יבול מסחרי בכמות ובאיכות הדומים לזה המתקבל בעקבות חימום לילה לטמפרטורה של 18 מ"צ. כל זאת בתנאי שאפשר להגיע לטמפרטורה קריטית של למעלה מ-35 מ"צ. בשיטת הקומפנסציה משתמשים בחום הטבעי הנוצר, באזורים חמים, העקבות סגירת המבנה למשך 3 שעות, במהלך היום והתבססות על חום השמש. חימום קצר זה מבטל את ההשפעה השלילית של טמפרטורות הלילה הנמוכות, ואפילו טמפרטורות הנמוכות מהרגיל בבית דגן, על ההתפתחות הוגטיבית ועל איכות התוצרת. במהלך שלש השנים נבחנה האפשרות שמנגנון הקומפנסציה קשור ביצירת עקה מתונה אשר מפעילה את מערכת ההגנה של הצמח וכך מגינה עליו מהשפעת העקה החמורה יותר הנוצרת בעקבות החשיפה לטמפרטורות הלילה הנמוכות. התוצאות מוכיחות שגורמים הנחשבים כמעורבים או מפעילים את מערכת ההגנה כגון רמת הביטוי של חלבוני עקת חום, ריכוז מי חמצן ופעילות האנזים NADPH oxidase אכן עולים עם החשיפה לטמפרטורות היום הגבוהות. כמובן שיש לחזק ממצאים אלה בניסויים נוספים ולהרחיב את המחקר בכדי לבסס את ההנחות הללו.

Developing agrotechnics for energy saving in basil

Etan Pressman, Putievsky Eli, Nativ Dudai, David Silverman, Cohen Shabtai, Shaked rachel, Shen Shmuel and Meir Titel

Institute of Plant Sciences, A.R.O., the Volcani Center, P.O.Box 6, Bet Dagan, Israel
50250, pressman @agri.gov.il

Abstract

Low temperatures (especially low night temperatures) cause a reduction in the vegetative development and a decrease in yield of basil. In order to obtain normal growth and yield the greenhouse should be heated during the night up to 16-18⁰ C. However, heating is very expensive and the farmers avoid it.

An innovating method by which basil is cultivated in the winter without heating the greenhouse has been examined in the present research. Normal development and yield were achieved by closing the greenhouse during the day to exploit solar heating (termed compensation). The efficiency of closing the greenhouse for 3 hours at noon time was examined. Non heated and night heated greenhouses served as controls.

The results of the first year proved that the low night temperature negative effects can be prevented by closing the greenhouse for 3 hours allowing the temperatures to reach 35⁰ C. This treatment also attenuated the negative effects of night temperatures lower than the ambient. The results of the second year experiments confirmed those of the first one, and showed that the short heating has some advantages (yield, quality) over the whole day heating. Beside the examination of yield and its quality, we have investigated the changes in the expression of heat shock proteins (HSPs) as a factor in the defense mechanism. The expression of several HSPs increased following the heat treatments, suggesting that these proteins might be involved in protecting the plants..