



1998-2000

תקופת המחקר:

255-0511-00

קוד מחקר:

שם: פיתוח ממשק אקלים, השקייה ודישון באיזורים חמים במטרה למזער נזקי שחור פיטם בפלפל חממה

המחקר: DEVELOPMENT OF CLIMATE, IRRIGATION AND NUTRITION MENEAGEMENT FOR MINIMIZATION OF BLOSSOM-END-ROT IN GREENHOUSE-GROWN PEPPERS

מוסד: מינהל המחקר החקלאי, ת.ד. 6 בית דגן 50250

חוקר ראשי: דר' בנימין אלוני

מאמרים:

חוקרים שותפים: מר אלברט אבידן, דר' אברהם ארבל, דר' אשר בר-טל, מר בנימין גמליאל, מר יורם צביאלי, מר דוד סילברמן, מר יצחק פוסלסקי, דר' מנחם דינר

תקציר

הצגת הבעיה: אחד הפגמים הבולטים המפחיתים באופן משמעותי את איכות הפרי בפלפל חממה הגדל במצעים מנותקים הוא שחור-פיטם. זנים בעלי איכויות פרי גבוהות רגישים במידה רבה לשחור פיטם. רגישות זו מתגלה בעיקר בגידול במצעים מנותקים בעונה החמה.

המטרה הכוללת בתוכנית זו הייתה לחקור את מנגנון הווצרות שחור הפיטם ולפתח טכנולוגיות מעשיות למזעור הנזקים בחממות מסחריות. במהלך המחקר נבחנו אספקטים בסיסיים של תופעת שחור הפיטם בפלפל מתד, ומאידך נערכו ניסויים בקנה מידה חצי מסחרי.

המטרות הספציפיות היו: 1. לבחון, בתנאים מבוקרים, את השפעת משטר הלחות והטמפרטורה של פלפל חממה על תכולת יסודות הזנה ועל שחור הפיטם בפירות. 2. לבחון את השפעת תאחיזת המים במצע, תדירות ההשקייה והספקת הסיידן על התפתחות נזקי שחור-פיטם בפלפל. 3. לבצע ניסויים באיזורים חמים בארץ (בשור, בקעת הירדן, ערבה, עמק בית שאן) בהם תבחן אפשרות לבקרת לחות על מנת למזער נזקי שחור פיטם בפלפל חממה. 4. לבחון את השונות הגנטית בפלפל לרגישות בשחור פיטם ולהתחיל בתוכנית הכלאות לבדיקת תורשתיות לקראת ביסוס תוכנית טיפוח ואיתור סמנים מולקולריים.

בפועל המחקר התרכז במטרות 1 ו- 2. מטרות 3 ו- 4 יהיו נושא להמשך המחקר. הניסויים נערכו בתנאים מבוקרים בבית דגן ובחוות לכיש.

התוצאות העיקריות: נמצא שלחות נמוכה, קרינה גבוהה וטמפרטורה גבוהה מגבירים תריפות המחלה. תנאים אלה גורמים לאינדוקציה של תהליכים אוקסידטיביים בפרי בשלב מוקדם של התפתחותו ומביאים להווצרות רדיקלים חופשיים הגורמים לתחילת הווצרות הנזק. תהליכים אלה נלמדו בניסוי מעבדה על פירות מנותקים. בניסוי בקרת אקלים נמצא כי הלחות, כגורם לצינון החממה היא הגורם הסביבתי המשמעותי ביותר לשליטה בחריפות המחלה. שימוש במיזרון לח לצורך זה נימצא כבלתי יעיל בשל גריאנט הלחות והטמפרטורות בחממה הגורם לשונות בפוטנציאל המים בעלים של צמחים בהתאם למרחקם מהמזרון. לעומת זאת צינון בעירפול עשוי להיות יעיל יותר. בניסוי השקייה ובחינת מצעים בעלי תאחיזת מים שונה נמצא כי השקייה בתדירות גבוהה (12 פעמים בשעות האור) והספקת ריכוז גבוה של סיידן בדשן מביאים להולכה מוגברת של סיידן לפירות ולהפחתת שחור הפיטם. מצעים בעלי תאחיזת מים גבוהה (סוג המצע וגודל החלקיקים שלו) היו יעילים יותר בהפחתת הבעיה. בסיום המחקר יש בידינו מספר המלצות מעשיות למזעור נזקי שחור-פיטם בפלפל חממה במצעים מנותקים.

מבוא

פלפל חממה הינו גידול הנמצא בפיתוח מואץ בשל פוטנציאל היצוא שלו. בשנים האחרונות עסקנו בפיתוח הטכנולוגיה הבסיסית ובהכנסת זנים בעלי איכות פרי גבוהה. התברר שהזנים בעלי איכויות הפרי הגבוהות ביותר הינם רגישים במידה רבה לשחור פיטם. רגישות זו מתגלה בעיקר בגידול במצעים מנותקים. טכנולוגיה זו הולכת ומתרחבת בענף הפלפל וסביר שהיא תתרחב יותר גם בגידולי ירקות אחרים, בעיקר בשל בעיות פיטו-סניטריות שמציב הגידול בקרקע.

אחד הפגמים הבולטים המפחיתים באופן משמעותי את איכות הפרי הוא שחור-פיטם. פגם זה נחקר רבות בגידול עגבניות והתברר שחומרתו עולה בתנאי טמפ. יום גבוהה, לחות נמוכה וטרנספירציה חזקה. תנאים אלה שוררים בישראל בעיקר בעונות האביב והקיץ. התברר שהפגיעה חמורה כאשר הספקת המים לצמח הינה בלתי סדירה או כאשר מליחות הקרקע ומי ההשקיה גבוהים וכאשר ריכוז הקטיונים, בתמיסת ההזנה, בעיקר אמון ואשלגן, מפחיתים את קליטת הסידן. ההשערה היא שעיקוב בטרנסלוקציה של הסידן לפרי מביא להחלשת הריקמה בעיקר באיזור פיטם הפרי ולהתמוטטות הריקמה באיזור זה.

בניסויים שערכו חלק מאנשי הצוות אנו מנסים להגדיר את תנאי הסביבה, הדישון וההשקיה במטרה למזער את נזקי שחור הפיטם בפלפל. כבר מתחילת המחקר הסתבר לנו שקיימת אינטראקציה גבוהה בין תנאי האקלים השוררים בחממה ומשטר ההשקיה והדישון לגרימת נזקי שחור פיטם בפלפל. כיום אנו יודעים גם שקיימת שונות גנטית בפלפל לרגישות לשחור פיטם.

בעיית שחור הפיטם חריפה מאד בגידול פלפל על מצעים מנותקים, אולם גם בגידול בקרקע נפגע אחוז גבוה מהפירות, ביחוד מקטיפים בעונות חמות. במצעים מנותקים שיעור הפגיעה עלול להגיע בעונות אלה לכדי 30-50 אחוז.

בחינה בתנאים מבוקרים של השפעת משטר הלחות והטמפרטורה על שכיחות שחור הפיטם בפלפל ועל שינויים במדדים צמחיים העשויים להיות בהתאמה עם רגישות הפירות ל"מחלה" זו.

חומרים ושיטות

הניסוי נערך בשלוש חממות מבוקרות אקלים של המחלקה לירקות במרכז וולקני בבית דגן. צמחי פלפל מהזן "מזורקה" נשתלו בדליים של 10 ליטר במצע כבול : פרלייט : ספוג, 60 : 20 : 20 וגודלו בתנאים שווים עד לחניטת הפירות הראשונים. בשלב זה (23 ליולי) חולקו הצמחים בין הטיפולים שנתנו תנאים שונים של קרינה ולחות :

טיפול מס.	הצללה (+/-)	עירפול (+/-)
1.	+ *	-
2.	+ **(+)	-
3.	-	-
4.	(+)	-
5.	-	+
6.	(+)+	+

* רשת צל 30% על גג החממה.

** רשת צל 30% מותקנת בתוך החממה.

במהלך הניסוי נערכו המדידות הבאות: נערך מעקב אחרי קצב גידול הפירות ע"י מדידת השינוי בקוטר הפרי ובאורכו. נערך מעקב אחרי הופעת פירות נגועים בשחור-פיטם ונספרו כלל הפירות הנגועים מס"כ הפרות. נלקחו דגימות עלים ופרי לאנליזה של יסודות, בעיקר סידן. נעשתה קביעה של ריכוז הכלורופיל בעלים ובפירות הצעירים. נעשתה קביעה של הסוכרים המסיסים והעמילן בפירות ובעלים. נבדקה פעילות של האנזימים סופראוקסיד דיסמוטאז (SOD) וקטלאז בעלים ובפירות.

תוצאות ודיון

התוצאות מוצגות בגרפים וטבלאות שחלקן מופיע בגוף הטקסט וחלקן ב נספח הציוורים

והטבלאות.

ציור 1 מציג את נתוני האקלים בחממה ביום אופייני במהלך הניסוי. נראה שהערפול העלה את הלחות היומית מ 60 עד כ 90 אחוז (השוואת ציורים 1א ו 1ה). טמפרטורת המכסימום היתה נמוכה בחממת הערפול ב 4 מ"צ מאשר בחממות הבלתי מעורפלות. ההצללה השפיעה בשיעור נמוך יותר על הטמפרטורה. הטמפרטורות שנמדדו מתחת לרשת היו גבוהות יותר מאשר ללא רשת. מגמה זו בלטה בעיקר בטמפרטורות הלילה. לרשתות ההצללה היתה השפעה ניכרת על הקרינה בחממות. גג המבנה בעצמו הפחית את הקרינה בחממה בשיעור של 40 אחוז. רשת הגג + גג החממה הפחיתו את הקרינה בחממה בכ 50 אחוז. הרשתות הפנימיות הפחיתו את הקרינה בשיעורים של 55, 68, 1 – 53 אחוז, (טיפולים 2, 4, 6 בטבלת הטיפולים). ע"י טיפולים אלה יצרנו מגוון רחב של תנאי סביבה (טמפרטורות, לחויות ורמות קרינה).

השפעת תנאי האקלים בחממה על שחור הפיטם

ציור A2 מראה שהנגיעות בש.פ. הייתה הגבוהה ביותר בטיפולים 2,3,4, (40%-56%) בהם לא ניתן ערפול. לעומת זאת בצמחים מטיפול 5 (ערפול וקרינה של 900 מיקרומול/מ²/שני) שיעור הפירות הפגומים היה 4% בלבד. ציור B2 מראה שהערפול גרם לדחיית מועד הופעת הסימפטומים על פני הפירות והשפעת הערפול על הקטנת השיעור הסופי של הפירות הנגועים היתה ניכרת ביותר ברמת הקרינה הגבוהה (ציור C2). ככלל נראה שלקרינה עצמה (בלחות רגילה), לא היתה השפעה משמעותית על שיעור הנגיעות בש.פ. הערפול היה אפקטיבי יותר בהפחתת ש.פ. בקרינה הגבוהה.

הרכב מינרלים

ככלל, ריכוז הסיידן בפיטם הפירות היה נמוך בהרבה מריכוזו בחלקי הפרי האחרים. טיפולי ההצללה גרמו להפחתה בריכוזי הסיידן, בעיקר בפיטם הפרי (טבלה 1) ובריכוז הממוצע של הסיידן בפרי גם בחממות ה"יבשות" וגם בחממה ה"לחה" (טבלה 2), זאת, בהתאמה להשפעתם על הגברת אחוז הנגיעות בשחור הפיטם בפירות. לטיפולים השונים לא היתה השפעה משמעותית על ריכוזי המגנזיום והאשלגן בפירות. טיפולי ההצללה והערפול גרמו לעליה בריכוזי הסיידן בעלים (טבלה 3).

טבלה 1

השפעת טיפולי ההצללה והעירפול על ריכוז המינרלים (% ממשקל יבש) בחלקי פרי שונים.

טיפול	סידן			מגנזיום			אשלגן		
	פיטם	אמצע	כתפיים	פיטם	אמצע	כתפיים	פיטם	אמצע	כתפיים
1	0.098	0.125	0.208	0.195	0.190	0.218	3.25	3.25	3.75
2	0.070	0.920	0.145	0.203	0.175	0.188	3.75	3.25	3.75
3	0.125	0.123	0.195	0.292	0.180	0.195	4.50	3.25	3.75
4	0.098	0.145	0.177	0.188	0.233	0.153	3.25	4.38	3.00
5	0.110	0.130	0.215	0.253	0.190	0.230	3.75	2.75	3.50
6	0.090	0.118	0.210	0.265	0.250	0.295	4.25	4.13	4.50

טבלה 2

השפעת טיפולי ההצללה והלחות על הריכוז (% ממשקל יבש) הממוצע של הסידן, מגנזיום ואשלגן בפירות.

טיפול	סידן	מגנזיום	אשלגן
1	0.143	0.201	3.42
2	0.102	0.188	3.58
3	0.147	0.223	3.83
4	0.140	0.191	3.54
5	0.152	0.224	3.33
6	0.139	0.270	4.29

טבלה 3

השפעת טיפולי ההצללה והלחות על ריכוז (% ממשקל יבש) סידן, מגנזיום ואשלגן בעלים

טיפול	סידן	מגנזיום	אשלגן
1	0.769	0.368	4.94
2	0.754	0.343	5.13
3	0.718	0.328	5.50
4	0.871	0.300	4.63
5	0.911	0.504	4.19
6	1.074	0.473	4.06

פרמטרים צמחיים

לרמות הקרינה היתה השפעה על פרמטרים של צימוח (גובה, מספר פרקים, נשירת פרחים וחנטים, ויבול). ציור 3 מראה שהגדלת הקרינה בחממה מ 430 ל 750 ו 940 מיקרומול/מ²

שני, כאשר הטמפרטורות הן בתחום של 30-34 מ"צ, גרמה לירידה בריכוז הכלורופיל בעלים. אפקט זה נובע ככל הנראה מההשפעה המזיקה (פוטואינהיביציה) של עודף קרינה על ריכוז הכלורופיל. לגורם הלחות לא היתה השפעה ברורה על ריכוז הכלורופיל בעלים. לא נמצא קשר בין ריכוז הכלורופיל בעלים לנגיעות בש.פ.

ריכוזי הפחממות בעלים נבדלו בין הטיפולים השונים. ציור 3 מראה שריכוזי העמילן והסוכרוז בעלים היו ביחס ישר לרמת הקרינה, אולם לא נמצא שאלה מצויים בהתאמה לנגיעות הצמחים מהטיפולים השונים בשחור-פיטם.

נבדקה פעילות של שני אנזימים הידועים בהשפעתם המגינה בפני אפקטים מזיקים של טמפרטורות גבוהות ועקות קרינה. נמצא שלאנזימים SOD וקטלאז עלים יש אופטימום קרינה שונה (ציור 5). התאמה שלילית נמצאה בין אחוז הפירות הנגועים בשחור-פיטם ופעילות ה SOD בעלים ובפירות (ציור 6). לא נמצאה התאמה כל שהיא עם פעילות הקטלאז. אנו משערים שפעילות גבוהה של האנזים SOD מעניקה הגנה לרקמת הפרי ולכן עם ירידת פעילות זו עולה רמת הנגיעות בשחור הפיטם בפירות.

ניסויים נוספים שערכנו (אין מקום לפרטם כאן) מצביעים על כך שבאינדוקציה לשחור פיטם מעורבים אנזימים היוצרים רדיקלים חופשיים ומי חמצן ואלה כנראה גורמים להווצרות הנזק. פרק זה יסוכם, יפורסם וכבר הוצג בכנס של החברה האמריקאית להורטיקולטורה, סקרמנטו, 2001.

ניסויי תממה

המחקר כלל שני ניסיונות נפרדים. האחד בעונת הגידול 97-98, והשני ב 98-99. שני הניסויים התייחסו למשתנים וטיפולים דומים לכן הדיון בהם יעשה כחטיבה אחת. בניסוי הראשון נבדקה השפעתם של שני גורמים: א. ריכוז הסיידן במי ההשקיה. ב. השפעת זמינות המים במצע המושפעת ממספר ההשקיות היומי. בניסוי השני נבדקה השפעתה של זמינות המים במצע בשילוב עם תנאי הסביבה בחממה. הגורמים שנבדקו בניסוי זה: א. השפעת זמינות המים (מספר ההשקיות היומי) ומטווח גודל החלקיקים במצע. ב. השפעת הטמפרטורה והלחות היחסית בחממה.

שיטות וחומרים:

שני הניסויים נערכו בשטחה של "לשכת הדרכה לכיש" - משרד החקלאות בקריית גת. בית הצמיחה מדגם ערבה, תוצרת "עזרוס" אורכו 23 מ' ורוחבו 45 מ'. גובה מרזב 3.5 מ'. החממה מכוסה ברימעות פוליאאתילן " I.R וורדים " מתוצרת גניגר. הקירות מוקפים ברשת 50 מאש, מעליה ווילונות גלילה מפוליאאתילן. טמפרטורת הלילה נשמרה בעזרת מערכת סגורה של מים חמים. מצע הגידול (טוף) נארז בארגזי קלקר במידות 100*50*20 ס"מ (100 ליטר). טמפרטורת המינימום בלילה נשמרה על 16 מ"צ. המאווררים נכנסו לפעולה (ביום ובלילה) כאשר היא עלתה מעל 23°C או כאשר הלחות היחסית עלתה מעל 85%.

שתילי פלפל מהזן מזורקה נשתלו ב 1.9 במצע טופ M 8-0 (גודל גרגר מכסימלי – 8 מ"מ), נקי מחומר אורגני. עומד השתילה 3.3 שתילים למטר מרובע, בשתי שורות. הפרחים שבהתפצלות הראשונה (מפרק 0) ובשני המפרקים העוקבים (1,2) הוסרו. בהמשך, הצמחים עוצבו לשני ענפים ראשיים שהודלו בשיטה הולנדית.

טבלה 4. טבלת הטיפולים

מס' טיפול	ריכוז הסיידן - מ"ג בליטר	מנות המים ליום
1	50	3
2	50	6
3	50	9-12
4	100	3
5	100	6
6	100	9-12
7	150	3
8	150	6
9	150	9-12

טיפולים מס' 3,6,9 הושקו 9 פעמים ביום בחודשים אוקטובר – מרץ ו 12 פעמים ביום באפריל-יוני. השקיה היתה במי מוביל, מוליכותם החשמלית כ 1 דציסימנס/מ'. יחס האמון לחנקה היה 1:9 בהתאמה. לכל הטיפולים הוספו יסודות קורט. בטיפולים 1,2,3 לא הוסף סיידן מעבר לריכוזו במים. ריכוזם של שאר היונים בתמיסה היה קבוע. השקיה: גודל מנת המים משתנה בהתאם לטיפולים, כאשר הכמות היומית אחידה ונקבעת על פי הנפח ורמת הכלורידים בנקו שניגר מהטיפולים בהם צריכת המים גבוהה, בד"כ בטיפולים 3,6,9. הטיפולים הוצבו כניסוי דו גורמי בבלוקים באקראי ב 4 חזרות. בכל חזרה 6 ארגזים ובהם 36 צמחים בשתי שורות.

טבלה 5: ריכוז יונים (מא"ק בליטר) בתמיסות המזון ששימשו את שלושת טיפולי הסיידן.

יונים	טיפולים 3-1	טיפולים 6-4	טיפולים 9-7
N-NO_3	9.64	9.64	9.64
$^*\text{N-NH}_4$	1.07	1.07	1.07
PO_4	1.45	1.45	1.45
K^+	5.12	5.12	5.12
Ca^{++}	2.5	5	7.5
Mg^{++}	3.33	3.33	3.33
Na^+	9.71	8	8
Cl^-	7.14	7.14	7.14
SO_4^-	1.62	2.43	5
HCO_3^-	1.5	1.5	1.5

אפיון הפרי: הקטיפ החל ב 29 בדצמבר ונמשך, אחת לשבוע, עד סוף יוני. הקריטריונים למיון התבססו על מאפיינים פיסיולוגים ועל דרישות השוק: 1. יבול, מספרי ומשקלי. 2.

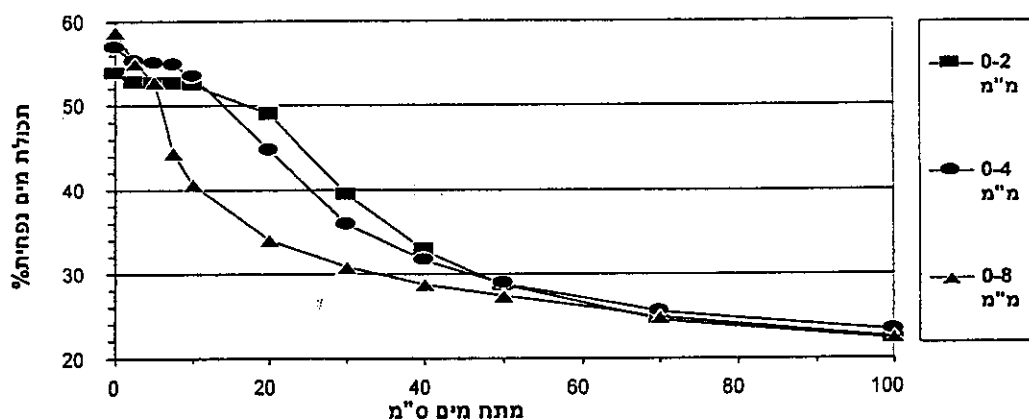
משקלו הממוצע של הפרי המשווק. 3. אחוז הפרות (מספרי) הנגועים בשחור הפיטם. 4. אחוז הפרות בעלי סדקי לחיים או פיטם.

חומר יבש ומינרלים בעלים ובפרי: דיגום עלים ופירות נעשה בשני מועדים: 26.1.98, 17.6.98. בכל טיפול נדגמו 50 עלים צעירים ומבוגרים וכן חנטים ופירות. בדיקות המינרלים נעשו על 100 מג' חומר יבש. מדידות הריכוזים בוצעו ב- Atomic Absorption Spectro-Photometer.

ניסוי מס' 2 - חומרים ושיטות

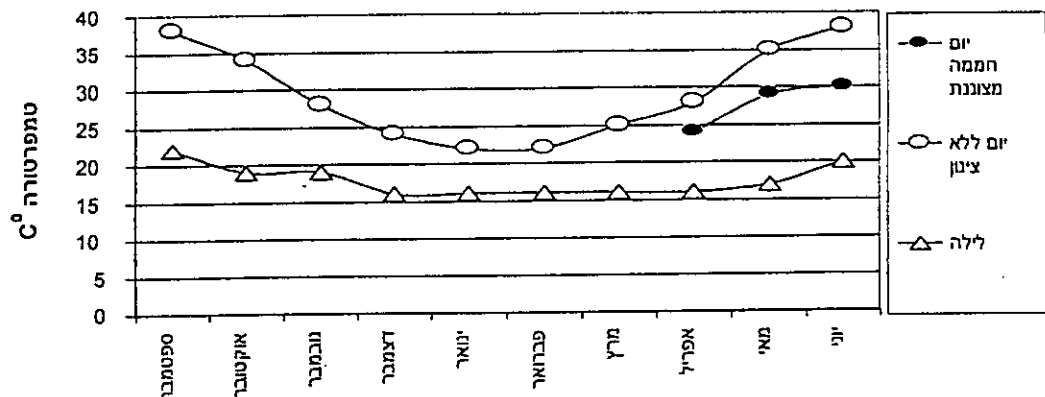
הניסוי נערך באותה חממה בה נערך ניסוי מס' 1. השתמשנו בזן 'קובי' שהחליף את המזורקה כזן פלפל עיקרי בחממות. השתילה היתה ב 2 בספטמבר. אופי הגידול ומהלכים לפני שתילה היו בדומה למתואר בניסוי מס' 1. החממה חולקה לשני חלקים. בחלק אחד הותקן מזרן לח, בו נבדקה השפעת המצעים השונים ותדירויות ההשקיה בניסוי דו גורמי. בחצי השני של החממה, הצד שבו לא הותקן המזרן הלח, ניתנו טיפולי המצע בלבד. המצע: טיפולי המצע הורכבו משלושה מצעי טוף. המצעים נבדלו ביניהם בגודל החלקיק: 0 – 2 מ"מ (המצע העדין ביותר), 0 – 4, 0 – 8 (המצע הגס ביותר). עקומי תאחיזת המים מופיעים בציור 7

ציור 7: תכולת מים נפחית כתלות במתח המים במצע בשלושה מצעי גידול ששימשו כטיפולים בניסוי מס' 2.



השקיה ודישון: טיפולי ההשקיה היו זהים לטיפולים שניתנו בניסוי מספר 1, דהיינו, 3,6,12 מנות מים ביום. תמיסת הדשן, זהה בכל הטיפולים, ניתנה כ - "שפר 5.3.8" (32% אמון) במינונים שעלו מ 1.3 סמ"ק וליטר בשלבי הגידול הווגטיבי ועד 2.7 סמ"ק וליטר בקטיף. בניסוי זה נבחר יחס חנקן /אמון גבוה בכדי להגביר נגיעות בשחור פיטם ולבחון את אפקטיביות הטיפולים. ריכוז הסידן היה קבוע 2.5-3 מא"ק בליטר, כריכוזו במי מוביל. אקלים: הצינור החל ב 10 במרץ. המזרון הלח נכנס לפעולה כאשר טמפרטורת "החממה המצוננת" עלתה מעל 28 מ"צ או כאשר הלחות היחסית בו הייתה נמוכה מ 75%.

ציור 8: טמפרטורות מקסימום (יום) ומינימום (לילה) ממוצעות בחממה, על פי חודשים, במשך עונת הגידול.



מדידות: מדידות נעשו במטרה לאפיין את פוטנציאל המים בנקודות שונות במערכת מצע - צמח - אוויר, וכן את ההתאמה, אם קיימת, עם מדדי היבול וריכוזי הסיידן בעלים, בגבעול ובפרי. טמפרטורות אוויר וצמח: המעקב נעשה על ידי טרמוקפלים, מחוברים לאוגר נתונים Kemberl שהוצבו בנקודות שונות בחממה. מדידות טמפרטורת האוויר והלחות היחסית נעשו בעזרת מספר זוגות חיישנים, לח ויבש, שהותקנו בארובות מאווררת, עשויות אלומיניום. טרנספירציה: מדידת הטרנספירציה בוצעה במקביל למדידת הטמפרטורות. המדידות בוצעו בעזרת ארבעה ליזימטרי משקל - תוצרת "שקילה", בעלי טווח שקילה עד 250 ק"ג ברזולוציה של 33 ג"ר. כל ליזימטר מדד את משקלו המשתנה של מכל גידול אחד ובו שישה צמחים. הליזימטרים חוברו לאוגר נתונים. מוליכות פיוניות: מדידת המוליכות נעשתה בשני מועדים, בשעות הבוקר ובשעות הצהריים. המדידה נעשתה על ידי מכשיר Steady state porometer מתוצרת LiCore. פוטנציאל המים בעלים: פוטנציאל המים נמדד בעזרת "תא לחץ".

תוצאות

פרק התוצאות כולל גרפים וטבלאות מיצגות. פירוט כל התוצאות ניתן בעבודת הגמר (מסטר) של יונתן אוסרוביץ, וכן בהרצאות ובפרסומים שניתנו ונכתבו ע"י המשתתפים בפרויקט.

השפעת רמות סיידן ותדירות ההשקיה

ככלל, פירות נגועים בשחור הפיטם אינם ניתנים לשיווק. עוצמת הנגיעות יכולה להשתנות בין פרי לפרי. בנגיעות קשה, הפרי קטן ופחוס בעוד שכאשר היא קלה הפרות יכולים להגיע למשקל מלא. לכן, עוצמת הנגיעות בשחור הפיטם מובאת כאן כאחוז מספרי. בחודשי החורף מספר הפרות הנגועים בשחור הפיטם היה קרוב לאפס, לעומת זאת, מספר הפירות הסדוקים היה משמעותי יותר והושפע באופן מובהק מריכוז הסיידן בתמיסת ההזנה. כאשר ריכוז הסיידן בתמיסה היה 50 ח"מ, 17% מהפרות היו סדוקים, בעוד שבחלקות בהם הוא היה בריכוז 100 ו 150 ח"מ אחוז הפרות הסדוקים היה נמוך יותר, 11.4% ו 12.6% בהתאמה.

הגדלת ריכוז הסיידן בתמיסת ההזנה מ 50 ח"מ ל - 150 ח"מ הביאה להגדלת ריכוז הסיידן בריקמת הפירות הצעירים, בשלב הרגיש לשחור פיטם. גם העלאת תדירות ההשקיה היומית מ 3 \ יום ל 12 \ יום הביאה לתוצאה דומה (טבלה 6, ציורים 9, 10). לעומת זאת לא היתה השפעה מובהקת לטיפולים אלה על ריכוז הסיידן בעלים הצעירים הדיאגנוסטיים (טבלה 7). סימנים של שחור פיטם בפירות התחילו בראשית מרץ והחריפו בהמשך העונה (ציור 11). לריכוזי הסיידן בתמיסה היתה השפעה ממתנת על תופעת שחור הפיטם (ציור 12) אולם נראה שהשפעה זו לא היתה משמעותית מספיק בתנאי הניסוי (גידול ללא רשת צל בתקופה הקריטית). נראה שלתדירות ההשקיה היתה ההשפעה המובהקת ביותר. בתדירות של 3/יום אחוז הפירות הנגועים בשחור פיטם היה בתחום של 50 אחוז והגדלת התדירות ל 12/יום הפחיתה שיעור הנגיעות ל 30 – 35 אחוז (ציור 13).

השפעת האקלים ותאחיזת המים

בניסוי ב' נבדקה השפעת צינון החממה (צינון מאולץ ע"י מזרון לח) על שחור הפיטם. הכוונה המקורית במחקר היתה לבחון צינון בערפול, שיטה הנבחנת עתה ע"י די"ר אבי ארבל וצוותו. אולם בשל אילוצים תקציביים לא יכולנו לרכוש ולהתקין מערכת כזו הכוללת בין השאר מערכת יקרה לריכוך מים. לכן המחקר נערך בחממה עם מזרון לח. בשל השונות באקלים החממה המתקבלת בשיטה זו, דגימת הצמחים נעשתה ממרכז החממה ומלבד זאת נערך איפיון של תגובת הצמחים כתלות בנתוני האקלים באיזורים שונים של החממה. ציור 16 מראה שבחממת המזרון הלח קיימת שונות רבה כפונקציה של המרחק מהמזרון. הטמפרטורות שנמדדו בצוהרים, כ 3 מטר מהמזרון היו נמוכות בכ 6 מ"צ מאלה שנמדדו בצד הנגדי של החממה, ואילו במרכז החממה הטמפרטורות היו נמוכות בכ 4 מ"צ. ערכי הלחות היחסית היו דומים במרחקים שונים מהמזרון. השונות בטמפ. היומיות גרמה לשונות רבה בערכי פוטנציאל המים של העלים בצמחים שנמצאו במרחקים שונים מהמזרון. ציורים 14 ו 15 מציגים את השוני בפוטנציאלי המים בעלים. כללית נראה שהצמחים הרחוקים יותר מהמזרון נמצאו בעקת מים חריפה יותר הן בשעות הבוקר והן בצוהרים. הצמחים הרחוקים מהמזרון היו בעקת מים דומה לזו שנצפתה בצמחים מהחממה הלא מצוננת. בהתאם לכך נמצא ששיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם היה שונה בצמחים לפי קירבתם למזרון. ככל שהמרחק מהמזרון הלח גדל כן גדל שיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם (ציור 17). נמצא גם שאחוז הפירות הנגועים בסידוקי קליפה היה ביחס הפוך לאחוז הנגועים בשחור פיטם (ציור 17) וגם תופעה פיזיולוגית זו היתה בתלות למרחק בצמחים מהמזרון. ציור 18 מראה שאחוז הפירות הסדוקים ירד עם התחממות האקלים מחודש מרץ עד יוני.

ציור 19 מציג את מהלך טמפרטורת הפרי העליון בשלושת טיפולי ההשקיה ובשני טיפולי האקלים באותו יום. הפרי שנבחר למדידה הוא פרי בין 10 ימים לערך. פרי כזה מצוי בתקופה בה מהירות הגידול הגבוהה ביותר וגם בתקופה בה הוא נוטה להיות רגיש לתופעת שחור הפיטם. הפרי מצוי ליד אמיר הצמיחה, חשוף בד"כ לקרינת שמש ישירה ולכן מתחמם באופן משמעותי יותר מהאוויר בחממה. כצפוי מאבר שאינו מדיית, טיפולי ההשקיה לא השפיעו באופן משמעותי על טמפרטורת הפרי. לעומת זאת, קיימת השפעה רבה של צינון החממה. ההפרש בין טמפרטורת הפרי המקסימלית בחממה המצוננת (26.4 מ"צ) לזו שבחממה שאינה מצוננת (33.8 מ"צ) גדול מהפרש בטמפרטורת האוויר שבין שני התאים.

הצינון הביא להגדלת **כמות הסידן** שנקלטה בפרי (ציור 20) אולם הוא גרם לעליה מועטה בלבד **בריכוז הסידן** בפרי בשלבי ההתפתחות המוקדמים (ציור 21). בהתאמה לכך נמצא שבחממה המצוננת, אחוז הפירות הנגועים בשחור פיטס היה נמוך משמעותית מאשר בחממה הלא מצוננת.

לתאחיזת המים במצע היתה השפעה משמעותית על הפגמים הפיזיולוגיים שנבחנו. לפי הצפוי, תאחיזת המים של מצע טוף בעל גודל גרגר 2-0 מ"מ היתה הגבוהה ביותר והמוליכות ההידראולית הנמוכה ביותר מבין המצעים שניבחנו. צפוי שבמצע זה התנוודות היומיות בהספקת המים לצמח יהיו נמוכות יותר מאשר במצעים האחרים בניסוי, כפי שאכן ניצפה (תוצאות לא מוצגות). לגודל חלקיקי המצע היתה השפעה על מוליכות הפיוניות בצוהרים (ציור 22). מוליכות הפיוניות קטנה ככל שהמצע היה גס יותר וגדלה ככל שתדירות ההשקיה היתה גבוהה יותר.

אנליזות של סידן בעלים ובפירות מלמדות שלגודל חלקיקי המצע לא היתה השפעה מובהקת על ריכוז וכמות הסידן באברים אלה אולם צינן החממה הביא להגדלה משמעותית של ריכוז וכמות הסידן בחנטים הצעירים (ציור 23). לעומת זאת, הנגיעות בשחור פיטס הושפעה משמעותית מגודל חלקיקי המצע והצינן. ציור 11 מראה שבמצע טוף 2-0 מ"מ אחוז הפירות הנגועים בשחור פיטס היה הנמוך ביותר מבין המצעים שנבחנו אולם רק בחממה המצוננת. יחד עם זאת אחוז הפירות הסדוקים היה הגבוה ביותר במצע זה.

מסקנות

המחקר שבצענו הוליד מספר מסקנות מעשיות, חלקן הן בחזקת אישור של ממצאים ידועים וחלקן הן בגדר ממצאים חדשים. במסגרת הדו"ח התמציתי הזה לא ניתן היה להביא את כל הממצאים.

הממצאים העיקריים:

1. טמפרטורת החממה והלחות היחסית בה נמצאו כגורמים עיקריים בהקשר לנגיעות הפרות בשחור-פיטס. גם גודל היבול תלוי בתנאי האקלים בחממה. בחממה הבלתי מצוננת היה היבול נמוך בכ- 30% מאשר בחממה המצוננת, גם כתוצאה ממשקל פרי ממוצע נמוך יותר וגם בגלל אחוז גבוה של פרות נגועים בשחור הפיטס.
2. צינן החממה באמצעות מזרון לח יעיל להפחתת שחור פיטס רק במידה וניתן לבטל את גרדיאנט הטמפרטורות והלחות הנוצר במרחקים שונים מהמזרון.
3. נגיעות הפרות בסדוקי קליפה היתה ביחס הפוך לנגיעות בשחור הפיטס. האמצעים להפחתת שחור פיטס גרמו להגברת סידוקי פירות. אולם כיון ששחור הפיטס היא תופעה האופיינית לתקופה החמה (החל ממרץ) וסדוקי קליפה אופייניים לחודשים הקרים, ניתן ליצור תנאי אקלים בחממה המותאמים לשתי העונות על מנת להפחית את שתי התופעות. לפיכך את אמצעי הצינן יש להפעיל החל מתחילת מרץ.
4. הגדלת ריכוז הסידן בתמיסת ההזנה מ 50 ח"מ ל 100 ח"מ הביאה להפחתה בשיעור הנגיעות בשחור פיטס, אולם הפחתה זו היתה מועטה.

5. גידול הצמחים במצע טוף בעל גודל גרגר נמוך (0 – 2 מ"מ) אשר תאחיות המים בו גבוהה נמצא כיעיל לשם הפחתת שחור הפיטם. עם זאת שיעור הפירות הסדוקים במצע זה היה גבוה מזה שנמצא במצעים גסים יותר.
6. אמצעי נוסף שהיה יעיל בהפחתת שחור פיטם היה תדירות ההשקיות/יום. הגדלת התדירות מ 13 יום עד ל 12 פעמים ליום הביאה להפחתה במספר הפירות הנגועים בשיעור של כ 25 אחוז.
7. האמצעים להפחתת שחור פיטם גרמו גם להגדלת כמות הסידן בפרי בשלבים הראשונים להתפתחותו. העשרים הימים הראשונים מחנטה נמצאו כשלב הרגיש ביותר. יחד עם זאת נתוני הסידן אין בהם להסביר באופן מלא את השינויים בשחור פיטם. סביר שישנם גורמים אנדוגניים נוספים המשפיעים על המערכת..
8. בניסיונות שלא פורטו בדו"ח זה נמצא שבשלבי ההתפתחות המוקדמים יש בפרי פעילות גבוהה של אנזימים יוצרי מי חמצן ופעילות נמוכה של אנזימים מפרקי מי חמצן דבר הגורם לריכוז גבוה של מי חמצן וכנראה רדיקלים חופשיים אחרים של חמצן. ריכוז מי החמצן ברקמת הפרי עולה בתנאי סביבה מעודדי שחור פיטם. עדין לא מצאנו קשר בין מנגנון זה וריכוז הסידן ברקמה. בנוסף לכך הראנו שבשלבים מתקדמים יותר של התפתחות הפרי קטנה פעילות האנזימים יוצרי מי חמצן ועולה פעילות האנזימים האנטיאוקסידנטים. נמצא יחס הפוך בין רמת האנזים SOD בשלבי ההתפתחות המוקדמים של התפתחות הפרי והנגיעות בשחור פיטם, עדות לכך שפעילות אנטי אוקסידנטית גבוהה עשויה להגביר עמידות נגד שחור פיטם. היפוטזה זו הינה נושא להמשך המחקר.
9. מתוך כלל הממצאים ניתן להגדיר מספר המלצות מעשיות למגדלי פלפל חממה :
 - א. על סמך ניסויים קודמים מומלץ להשתמש בפלפל הגדל על מצע מנותק בתמיסת דשן 'מור' שבה היחס ניטרט /אמון הוא 9 / 1 .
 - ב. הריכוז הרצוי של סידן בדשן הוא 100 ח"מ.
 - ג. מומלץ שימוש במצעים בעלי תאחיות מים גבוהה על מנת למנוע שינויים חריפים בתכולת המים במצע בין ההשקיות.
 - ד. תדירות השקיה גבוהה של 8 השקיות /יום במהלך החורף ו 12 – 12 השקיות \ יום החל מתחילת חודש מרץ מפחיתים סכנת שחור פיטם כאשר הגידול הוא במצע טוף.
 - ה. הגברת הלחות בחממה והורדת טמפרטורת יום עד כ – 28 מ"צ ע"י מזרון לח או עירפול החל מחודש מרץ חיוניים להגנה מפני שחור פיטם. יש להפעיל אמצעי סיחרור אויר למניעת היווצרות גרדיאנטים של לחות וטמפרטורה במרחקים שונים מהמזרון הלח.
 - ו. על סמך הממצאים בחלקה הראשון של העבודה וניסויים נוספים שלא במסגרת הפרויקט הנוכחי, הצללה אינה אמצעי הכרחי למניעת שחור פיטם בתנאי שנקטים אמצעי צינון. יחד עם זאת נושא ההצללה יבחן לעומקו בהמשך העבודה.

שאלות מנחות

1. מטרות המחקר לתקופת הדו"ח

המטרות היו ללמוד את השפעת תנאי הסביבה ותנאי המצע וההשקייה בחממה על פגמים פיזיולוגיים בפלפל : שחור פיטם וסידוקי פרי.

2. עיקרי הניסויים והתוצאות

נמצאה השפעה של תנאי האקלים (צינור ולחות יחסית) ושל איכות המצע, תדירות ההשקייה וריכוז הסידן בתמיסת ההזנה על חומרת הפגמים הפיזיולוגיים שנחקרו. ההשפעה על שחור הפיטם היתה הפוכה לזאת שעל סידוקי פירות.

3. המסקנות המדעיות וההשלכות לגבי יישום המחקר והמשכו.

לתנאי הסביבה והמצע יש השפעה רבה על התנודות במאזן המים בצמח ובפרי. הפעלת אמצעים שונים לשליטה באקלים החממה, בעיקר בלחות היחסית והטמפרטורה ביום בתקופת האביב עשויה לגרום להפחתה משמעותית בשיעור הפירות הנגועים בשחור פיטם ויחד עם זאת להביא להגדלת יכול. סידוקי פרי מתרחשים בחודשי החורף, לכן סביר שהפעלת אמצעים להורדת לחות, בעיקר בלילה בחודשים אלה עשויה להקטין נגיעות בסידוקי פרי. בשל העובדה ששני הפגמים הפיזיולוגיים הללו מתרחשים בתקופות שונות במשך הגידול סביר להניח שניתן לטפל בכל אחת מהן באופן ניפרד.

4. הבעיות שנוותרו לפיתרון.

עד עתה נמצא שאחוזי הנגיעות בפגמים פיזיולוגיים בפלפל חממה היו גבוהים גם כאשר הופעלו אמצעי השליטה באקלים החממה. בהמשך המחקר יש לבחון רגישותם של זנים נוספים, שכן הפתרון המיטבי יהיה שילוב של האגרוטכניקה המתאימה וזנים בעלי עמידות.

5. הפצת הידע

הידע שנוצר בתוכנית מחקר זו הופץ בין החקלאים בסיכומי עונה שנתיים, בדו"חות שנתיים, בהרצאות בפני חוקרים מדריכים וחקלאים. ניתנו הרצאות בכנסים בינלאומיים ונכתבו מאמרים בעיתונות מקומית ובינלאומית.

Aloni, B. Karni, L. and Bar-Tal, A. (1999)

Environmental and endogenous causes of physiological disorders in pepper fruit and means for reduction their severity (review article in Hebrew) (2000).

Gan Sadeh Vameshek, 2: 54-58.

Bar-Tal, A., Keinan, M., Fishman, S., Aloni, B., Oserovitz, Y. and Genard, M. (1999)

Simulation of environmental effects on Ca content in pepper fruit.

Acta Hort. 507: 253-262.

Bar-Tal, A, Aloni B., Karni L., Keinan, M., Oserovitz, Y., Avidan A., Gantz, S.

Hazan, A. Itach M. and Posalski I. (2000) Blossom- End Rot Relation To
Water Availability And Ca Fertilization In Greenhouse Grown Bell Pepper
Fruit

Bar-Tal, A., Fishman, S., Genard, M. and Aloni, B. (1999).

Simulation of environmental effects on calcium content in pepper fruit.

In: Proceeding of the 3rd International Workshop on Models for Plant Growth
and Control of the Shoot and Root Environments in Greenhouses. The Volcani
Center, Bet-Dagan, Israel.

Karni, L., Aloni, B., Bar-Tal, A., Moreshet, M., Keinan, M. and Yao, C. (2000)

The effect of root restriction on the incidence of blossom-end rot in bell pepper
(*Capsicum annuum* L.)

J. Hort. Sci. & Biotech. 75: 364-369.