

יולי 2023

התמודדות עם מחלת פוזריום הנבילה בחצילים בחוף הכרמל - בחינת הרכבות ויישום תכשירי הדברה במהלך הגידול

נטע מור, עדי סוויסה, גלעד רף, לידן פלאח-בלוק, סיאלו שמעוני, חאלד עומרי ודוד סילברמן -
שה"מ, משרד החקלאות ופיתוח הכפר

תקציר

בחלקת חצילים, הנגועה בפוזריום הנבילה של החציל, נערכה בדיקה של כמה כנות על הזנים 206 ו-603. כמו כן, בוצע ניסוי לבחינת תכשירים שסייעו להתמודדות עם המחלה במהלך הגידול. מסקנות הניסוי היו שהכנות טורפדו, בופור ואושרת, שהורכבו על הזן 603, וכנת אושרת שהורכבה על הזן 206, הפחיתו כמעט לחלוטין את הנגיעות במחלה באזורים שבהם הייתה נגיעות בעונה הקודמת. בזן 206, לא מורכב שהוצב בשתי מנהרות בלבד, נצפתה נגיעות של כ-90% במחלה. בהתאם לכך, היבול בזן 206 מורכב הגיע לכ-7 ק"ג לצמח, לעומת זן 206 לא מורכב, שבו הגיע היבול לכ-2 ק"ג לצמח בלבד. בזן 603 הלא מורכב נצפתה נגיעות נמוכה יותר במחלה ובממוצע הגיעה לכ-40% בסוף הגידול. תוצאה נמוכה יחסית זו בהשוואה ל-206 התקבלה כיוון שזן זה היה הזן העיקרי בחלקה ונדגמו בו מספר רב יותר של מנהרות לצורך מעקב אחר המחלה והשונות בהן הייתה גבוהה. כמו כן, היבול שנבדק בזן 603 הלא מורכב התבצע במנהרות עם נגיעות נמוכה במחלה לכן לא נצפה הבדל כלשהוא בינו לבין המנהרות המורכבות. נראה ששימוש בצמחי חצילים מורכבים על הכנות שנבחנו, מאפשר גידול בחלקות נגועות ללא פגיעה משמעותית במחלה וביבול. בחלקות בהן אין נגיעות במחלה לא נמצא יתרון לצמח מורכב מבחינת היבול לצמח ולדונם.

בניסוי תכשירים שנערך בחלקה והחל ברגע הופעת הנגיעות הראשונה במחלה, לא נצפה הבדל מובהק בין הטיפולים לבין ההיקש הלא מטופל. במבחן control efficacy, המשווה בין הטיפול להיקש, תכשירי סקולאר ומירוויס במינון הגבוה הפחיתו את הנגיעות במחלה ב-63% וב-35% בהתאמה, בהשוואה להיקש הלא מטופל. תוצאה זו מחייבת חזרה על הניסוי והתחלה שלו לפני הופעת המחלה בחלקה.

מבוא

בשנת 2021 נצפו בחלקת חציל באזור חוף הכרמל צמחים שהראו סימני נבילה ואובחנו כנגועים בפוזריום אוקסיספורום. בבדיקת PCR, שנעשתה במעבדה לאבחון, הוגדר התבדיל כ-

Fusarium oxysporum f. sp. *Melongenae* (Fomg), המוכר בעולם כגורם מחלת הנבילה של החציל (*Fusarium wilt*). מחלה הפוזריום בחציל נודעה כבר בעבר הרחוק בארץ, אך לא ניתן היה להגיע לאבחונה המדויק, כפי שמתאפשר כעת. מחלה זו עלולה להגיע באמצעות הזרעים. נכון להיום, זרעי חציל המיובאים לארץ נדרשים לבדיקת נוכחות פטרייה זו, בשל החשש לכניסת זרעים נגועים. גודל המדגם המחויב לפי החוק הוא 400 זרעים למכסה, אך נראה שמדגם זה קטן מדי ואינו מייצג את גודל המכסות. בחורף 2022 הופיעה המחלה שוב באופן ספורדי בכמה חלקות חצילים נוספות באזור חוף הכרמל. במבחן קור, שבוצע במעבדתו של ד"ר עומר פרנקל ממנהל המחקר החקלאי בבית דגן, צמחי חצילים שהודבקו בנבגי הפטרייה, הראו סימני נבילה תוך עשרה ימים מההדבקה. צמחים מורכבים שהודבקו במחלה לא הראו סימני נבילה או בחנה בשני זני חצילים פרתנוקרפיים: 206 ו-603 (שייכים לחברת FITO הספרדית ומשווקים ע"י חברת 'גדות אגרו'), הנפוצים מאוד בכל אזורי גידול החצילים בארץ. הפטרייה נחשבת לפתוגן קרקע הרסני וספציפי לחציל, והיא בעלת תפוצה עולמית נרחבת. פטרייה זו יוצרת גופי קיימא (*Chlamydospores*), אשר להם יכולת השתמרות ארוכת טווח בקרקע ועל גבי שאריות צמחים. עשבי בר שונים מאחסנים את הפטרייה ועלולים להוות אף הם מקור הדבקה. המחלה גורמת לכלורוזת עלים, להצהבות בין העורקים בצדם העליון של העלים, להתייבשות עלים וענפים, הגורמת לנבילה מחלקו העליון של הצמח כלפי מטה (*die back*), להחמה חיצונית בגבעולים בגבהים שונים, להחמה חמורה בצינורות ההובלה ולבסוף - לנבילה כללית של הצמח (תמונה 1). לעתים נצפית בצמח החולה התחדשות של צימוח צעיר, הפורץ מחלקו התחתון בקרקע, אך הדבר אינו מעיד על הבראת הצמח. מטרת עבודה זו הייתה לבחון בתצפית את סבילותם של צמחים מורכבים למחלה ולבחון תכשירים למניעה או להפחתה של הנגיעות במחלה במהלך הגידול.



תמונה 1. הצהבת עלים, נבילת ענפים מלמעלה כלפי מטה (die back), החמה חיצונית על הגבעולים ונבילה כללית של הצמחים

שיטות וחומרים

העבודה נערכה במושב גבע כרמל בחלקת חצילים הגדלים במנהרות עבירות בקרקע כבדה, שנמצאה נגועה ברמות שונות בעונה הקודמת. יש לציין כי על פי הערכות מהגידול הקודם, נראה היה שהמנהרות המזרחיות היו נגועות יותר מהמנהרות המערביות, לכן מנהרות אלה נבחרו לשתילת הצמחים המורכבים. הגידול הקודם תוחח לתוך הקרקע לאחר קטילתו ב- 25 ליטר מתאם סודיום. נעשה חיטוי קרקע בתכשיר מתאם סודיום (אדירם) במינון של 30 ליטר לדונם ובקונדור במינון של 20 ליטר לדונם, בשלוחת טפטוף אחת לכל ערוגת שתילה (המרחק בין שלוחות הטפטוף הוא 1.5 מטר, ובין הטפטפות - 20 ס"מ), מתחת לחיפוי ביריעה בצבע שחור-כסף. לאחר החיטוי משמשת היריעה גם כחיפוי קרקע למניעת עשבייה במהלך הגידול. המרחק בין השתילים בתוך השורה הוא 40 ס"מ. בחלקה כולה נשתל הזן 603 (למעט חמישה מבנים בתצפית ההרכבות, שנשתל בהם הזן 206) בתאריך 27/10/22.

תצפית הרכבות - בתצפית נבחנו שלוש כנות: אושרת (כנת חציל, חישתיל), בופור (כנת עגבנייה, א.ב. זרעים) וטורפדו (כנת חציל, ירוק 2000), שעליהן הורכבו שני הזנים 603 ו- 206 (טבלה 1). המבנים ששימשו לתצפית היו מנהרות ברוחב 6 מטרים, ו-35-46 אורך (1 צול). במהלך התצפית נעשה מעקב אחר הנגיעות במחלה בטיפולים השונים ואחר רמת היבולים במבנים שבהם נשקל היבול. לצורך בחינת השפעת הכנה על היבול ללא קשר לנגיעות במחלה, נבחרו שני מבנים שבהם נשתל הזן 603 לא מורכב, והנגיעות במחלה בהם הייתה ברמה נמוכה, בהשוואה למבנים אחרים. הזן 206 נשתל לצורך התצפית בחמישה מבנים, שבשלושה מהם הורכב, ובשניים מהם לא הורכב. שקילת היבול החלה בתאריך 20/2/23 והסתיימה ב- 11/6/23; בסך הכול בוצעו 10 קטיפים. בשני הקטיפים הראשונים לא נאספו נתוני היבול.

טבלה 1. הטיפולים ומספר המנהרות בתצפית ההרכבות

הטיפול	מס' מנהרות למעקב אחר המחלה	מס' מנהרות למעקב אחר היבול
603 על כנת אושרת	2	2
603 על כנת בופור	2	2
603 על כנת טורפדו	1	1

מס' מנהרות למעקב אחר היבול	מס' מנהרות למעקב אחר המחלה	הטיפול
2	3	206 על כנת אושרת
2	7	603 לא מורכב
2	2	206 לא מורכב

ניסוי תכשירים - חלקת הניסוי כללה שבע מנהרות מהזן 603 - שש מנהרות המכילות ארבע ערוגות שתילה, ומנהרה אחת המכילה שלוש ערוגות שתילה ובסך הכול 27 ערוגות, שאורך כל אחת מהן 35 מטר. מתכונת הניסוי הייתה אקראיות גמורה בארבע חזרות למעט טיפול הסקולאר שבוצע בשלוש חזרות (טבלה 2). גודל חזרה: ערוגה באורך 35 מטר המכילה 87 צמחים. הניסוי החל בתאריך 4/12/22, עם הופעת הצמחים הראשונים שהראו סימני מחלה. ביום זה נערכה גם ספירת האפס. הנגיעות ההתחלתית נעה בין 0 ל-6 צמחים נגועים לחזרה, והטיפולים פוזרו לפי רמת הנגיעות ההתחלתית. הצמחים הוגמעו בהזרקה לתוך הקרקע באמצעות dauser במנה מדודה של 50 סמ"ק תמיסה לצמח ולאחר מכן הופעלה השקיה טכנית של כ- 2-3 מ"ק מים לדונם. מועדי ההגמעות: 4/12/22, 18/12/22, 3/1/23, 9/2/23, 19/3/23.

טבלה 2. רשימת הטיפולים בניסוי

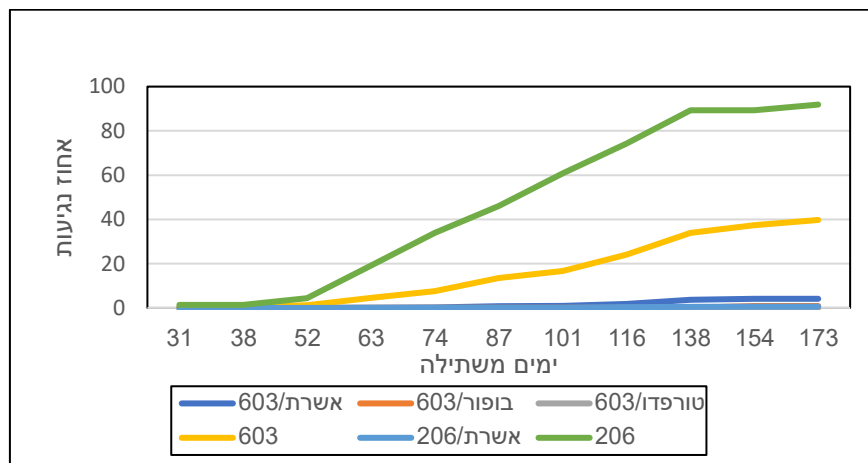
טיפול	חומר פעיל	מינון לדונם	חברה משווקת
סקולאר	Fludioxonil	120 סמ"ק	אדמה מכתשים
מירוויס	Pydiflumetofen	75 סמ"ק	אדמה מכתשים
מירוויס	Pydiflumetofen	150 סמ"ק	אדמה מכתשים
ספורטק	Prochloraz	350 סמ"ק	גדות אגרו
בלטנול	Hydroxyquinoline sulphate	1000 סמ"ק	גדות אגרו
F4034	Bacillus subtilis strain RTI477	300 סמ"ק	גדות אגרו
היקש לא מטופל	-----	-----	-----
		-	

ניתוח סטטיסטי של תוצאות ניסוי התכשירים נעשה בתוכנת JUMP בשיטת Tukey kremer ברמת מובהקות של 0.05.

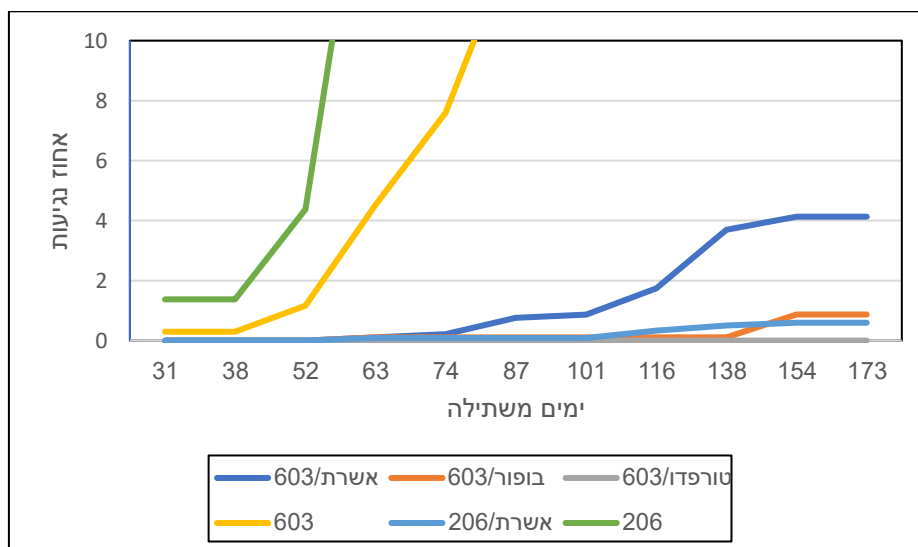
תוצאות

תצפית הרכבות

תחלואה - הנגיעות בפוזריום הנבילה של החציל הייתה נמוכה מאוד עד כדי אפסית בחלקות החציל, שבהן הורכבו שני הזנים על שלוש הכנות שנבחנו, בהשוואה לנגיעות בחלקות החציל הלא מורכבות (תמונה 2). בחלקות הלא מורכבות הנגיעות עלתה ככל שחלף הזמן מהשתילה, ורמתה הגיעה ליותר מ- 90% בזן 206, וליותר מ-40% בזן 603 (איור 1). בנתונים המוצגים בקנה מידה של עד 10% ניתן לראות את העלייה החדה בנגיעות בחצילים הלא מורכבים, בהשוואה לחצילים המורכבים, כבר בתחילת העונה. הנגיעות בחצילים המורכבים על כנת בופור, אושרת וטורפדו הייתה אפסית במשך כל העונה (איור 2). הנגיעות בחצילים מזן 603 המורכבים על כנת אושרת הייתה גבוהה מעט יותר (בכ- 4%), כפי הנראה מהסיבה הקשורה לשתילה עמוקה מדי ולהשתרשות הרוכב הרגיש (במנהרה אחת מתוך שתיים).

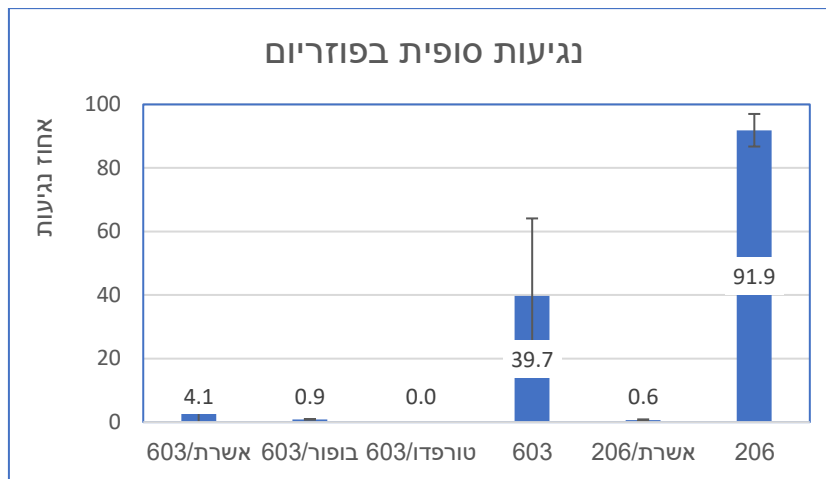


איור 1. הנגיעות המצטברת בפוזריום הנבילה של החציל, בממוצע לטיפול



איור 2. הנגיעות המצטברת בפוזריום הנבילה של החציל, בממוצע לטיפול ובקנה מידה של עד 10%

שונות גדולה בנגיעות הממוצעת הסופית במחלה נצפתה במבנים של הזן 603 הלא מורכב. בזן זה, שהיה הזן המסחרי בחלקה, נערך מעקב אחר הנגיעות במחלה בשבעה מבנים, והשונות בהם הייתה גבוהה מאוד. מסיבה זו הייתה הנגיעות הממוצעת נמוכה מזו שהתקבלה בזן 206 הלא מורכב, שבו היו בסה"כ שני מבנים של חצילים לא מורכבים, ובהם הייתה הנגיעות גבוהה מאוד. בחצילים מזן 603 המורכבים על הכנות אושרת, טורפדו ובופור, ובחצילים מזן 206 המורכבים על כנת אושרת - הייתה הנגיעות הסופית קרובה לאפס. בחצילים מזן 603 המורכבים על כנת אושרת הייתה הנגיעות גבוהה מעט יותר (איור 3).



איור 3. הנגיעות הסופית בפוזריום הנבילה של החציל בטיפולים השונים

יבול - בזן 206, שבו ניתן היה להשוות בין הצמחים המורכבים לצמחים שאינם מורכבים, במבנים שנמצאו נגועים מאוד במחלת הפוזריום, הייתה הפחיתה ביבול משמעותית מאוד, כשהיבול הגיע לכ-2 ק"ג בממוצע לצמח שאינו מורכב, לעומת כ-7 ק"ג בממוצע לצמח מהזן 206 המורכב על כנת אושרת. בזן 603, שבו נבחרו לשקילה מבנים שהראו נגיעות נמוכה במחלה, לא נצפה הבדל כלשהוא ביבול לצמח בין צמחי הזן 603 המורכב על הכנות השונות לעומת הזן 603 שאינו מורכב (טבלה 3). ההבדל ביבול בין הכנות השונות קשור למספר המבנים שבהם נערכה שקילה בכל כנה ולשונות בין המבנים הללו (למשל, מנהרות מוצלות הקרובות למטע בננות לעומת מנהרות במרכז החלקה).

טבלה 3. היבול הממוצע בק"ג בתצפית ההרכבות

יבול לדונם (1500 שתילים)	יבול לצמח	הטיפול
10174	6.8	אושרת/603
9999	6.7	בופור/603
11370	7.6	טורפדו/603
11525	7.7	*603
10246	6.8	אושרת/206
3132	2.1	**206

*מבנים עם נגיעות נמוכה במחלת הפוזריום
**מבנים הנגועים קשות במחלת הפוזריום



תמונה 2. מנהרה של הזן 206 לא מורכב בהשוואה למנהרה של הזן 206 המורכב על כנת אושרת

ניסוי התכשירים

בבחינת תכשירים להפחתת הנגיעות בפוזריום במהלך הגידול, לא נמצאו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הטיפולים השונים להיקש הלא מטופל. בלטו לטובה, אך באופן לא מובהק, טיפולי הסקולאר והמירוויס במינון הגבוה. במבחן control efficacy, המשווה כל טיפול בנפרד להיקש הלא מטופל, נמצא שטיפול המירוויס במינון של 150 סמ"ק לדונם הפחית בכ- 35% את הנגיעות, בהשוואה להיקש הלא מטופל. טיפול הסקולאר הפחית בכ- 63% את הנגיעות, בהשוואה להיקש, אך בטיפול זה היו רק 3 חזרות (טבלאות 4 ו-5).

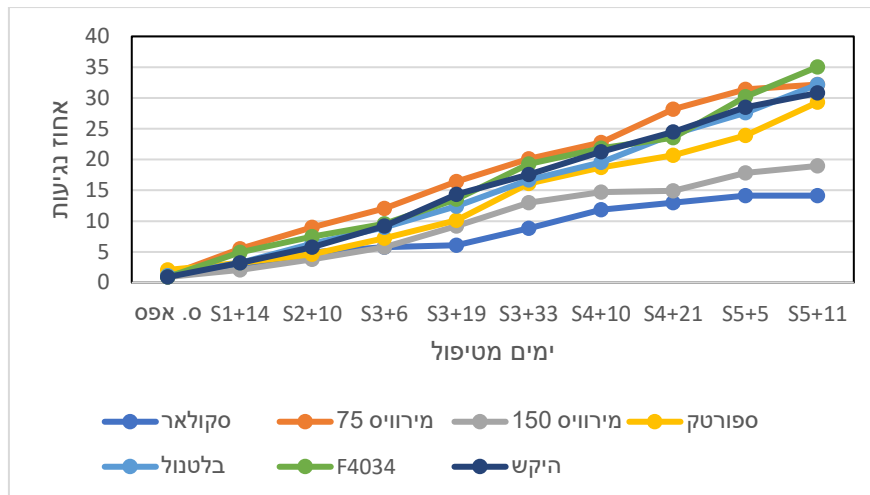
טבלה 4. אחוז הצמחים הנגועים בפוזריום הנבילה של החציל

S3+19	S3+6	S2+10	S1+14	ספירת 0	הטיפול/ימים מטיפול
6.1	5.7	4.9	2.3	1.1	סקולאר
16.4	12.1	9.0	5.5	1.1	מירוויס 75
9.2	5.7	3.8	2.1	0.9	מירוויס 150
10.1	7.2	4.6	3.2	2.1	ספורטק
12.4	9.0	6.3	3.2	1.1	בלטנול
13.6	9.5	7.5	4.9	0.9	F4034
14.4	9.2	5.7	3.2	0.9	היקש לא מטופל
ל.מ	ל.מ	ל.מ	ל.מ	ל.מ	

טבלה 5. אחוז הצמחים הנגועים בפוזריום הנבילה של החציל - המשך

S5+11	S5+5	S4+21	S4+10	S3+33	הטיפול/ימים מטיפול
14.1	14.1	13.0	11.8	8.9	סקולאר
32.2	31.4	28.2	22.8	20.1	מירוויס 75
19.0	17.8	14.9	14.7	13.0	מירוויס 150
29.3	23.9	20.7	18.7	16.1	ספורטק
32.2	27.6	24.1	19.5	16.7	בלטנול
35.1	30.2	23.6	21.8	19.3	F4034
30.8	28.5	24.5	21.3	17.6	היקש לא מטופל
ל.מ	ל.מ	ל.מ	ל.מ	ל.מ	

הנגיעות במחלת הפוזריום החלה ברמה נמוכה בכל הטיפולים ועלתה באופן די אחיד בכולם, כולל בהיקש. מגמה חיובית נראתה בטיפול הסקולאר והמירוויס במינון הגבוה, שבהם הייתה הנגיעות נמוכה מעט יותר כל תקופת הניסוי (איור 4).



איור 4. הנגיעות המצטברת בפוזריום הנבילה של החציל

סיכום ומסקנות

מחלת פוזריום הנבילה של החציל היא מחלה חדשה-ישנה, שהופיעה לפני שנים אחדות באזור חוף הכרמל. טיפולי החיטוי, כפי שנהוגים באזור חוף הכרמל, כוללים קטילת הגידול בתכשיר מתאם סודיום, תיחוח של הגידול לתוך הקרקע, חיטוי בתכשיר מתאם סודיום במינון של כ-30 ליטר לדונם, ללא חיטוי סולרי, תוך שימוש ביריעה כסופה, אך הם הוכחו כבלתי יעילים למיגור המחלה. לאחרונה חלה החמרה בנגיעות בפוזריום הנבילה, בהשוואה לנגיעות שהייתה בחלקה בתום הגידול הקודם, בשנת 2022.

בתצפית זו הראנו ששלוש הכנות: אושרת, בופור וטורפדו, שהורכבו על הזן 603, וכנת אושרת שהורכבה על הזן 206 - נתנו מענה מצוין לבעיה ומנעו כמעט לחלוטין את המחלה בצמחים המורכבים. ההבדל בנגיעות בין הזנים 206 ו-603 בצמחים הלא מורכבים, קשור לשונות הגדולה שהייתה בנגיעות במנהרות שבהן נעשה מעקב אחר המחלה בזן 603 הלא מורכב.

ההשפעה על היבול הייתה רבה מאוד, כאשר נצפתה נגיעות גבוהה במחלה, כפי שהתקבלה בזן 206, והיא התבטאה ב-2 ק"ג לצמח בממוצע בצמחים הלא מורכבים לעומת 7 ק"ג לצמח בצמחים המורכבים. בשקילות יבול השוואתיות בזן 603 במנהרות עם נגיעות נמוכה במחלה לא נצפה הבדל כלשהוא ביבול בין הצמחים המורכבים ללא מורכבים, לכן בחלקות שאינן נגועות במחלה אין תרומה להרכבות מבחינת היבול.

הגמעת תכשירים שניתנה החל מהופעת הצמחים הראשונים הנגועים בחלקה לא נתנה מענה מספק, וייתכן שיש צורך במועד מוקדם יותר בעונה להתחלת הטיפולים, החל מהשתילה.

בעונה הבאה כדאי לבחון חיטוי מיטבי, הכולל קטילת הגידול בתכשיר מתאם סודיום, פינוי הצמחים ושאריות הגידול מהחלקה, הוספת שלוחות טפטוף, שימוש ביריעות שקופות וחיטוי במתאם סודיום במינון גבוה בשילוב חיטוי סולרי. כמו כן, נראה ששימוש בצמחים מורכבים על

כנות חציל או עגבנייה בשילוב חיטוי יעיל ייתנו מענה להתמודדות עם מחלה זו. יש חשיבות לבחינת כדאיות ההרכבות (ללא קשר בנגיעות במחלה) בתנאי גידול חורפי גם באזור חוף כרמל. בניסוי נראתה נגיעות גבוהה במיוחד בקשיונה, שהיא מחלה המופיעה בתנאי לחות גבוהים. מכיוון שידוע כי באזורים אחרים נהוג לשתול בעומד נמוך יותר, במרווחי שתילה של 60 ס"מ בין שני צמחים, תוך השארת 3 ענפים לצמח בהדליה הולנדית (כלומר ענף כל 20 ס"מ), ושהיבולים המושגים באזורים אחרים גבוהים מאלה שהתקבלו בחלקה זו - כדאי לבחון את ריווח השתילים גם באזור חוף הכרמל, בהתאם למקובל באזורים אחרים בארץ.

תודתנו הרבה נתונה לכל מי שסייע לנו בעבודה זו:

ליוסי תמם ממושב גבע כרמל - על הקצאת החלקה ושיתוף הפעולה בביצוע העבודה.
להנהלת ענף הירקות במועצת הצמחים - על מימון התצפית.
ליצחק משולם ולמרדכי צרפתי מחברת הזרעים 'ירוק 2000' - על תרומת הזרעים ועל הליווי בתצפית.
לגדי אבישר ולאיתמר זלכה מחברת הזרעים 'גדות אגרו' - על תרומת הזרעים ועל הליווי בתצפית.
להלל מנור ולאמנון קורן ממשלת 'חישתיל' - על תרומת זרעי האושרת והבופור והשתילים שנשתלו בתצפית ועל הליווי בתצפית.
לדביר אליהו ולנדב יוספיאן מחברת 'אדמה מכתשים' ולעופר סלונים מחברת 'גדות אגרו' - על שיתוף הפעולה המלא בביצוע ובמעקב בניסוי התכשירים.