

התמודדות עם פוזריום פתוגני חדש, מחולל ריקבון בבצל לבן

אברהם גמליאל, מרינה בניחיס- מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
דריל גילט נתן מינקובסקי- מו"פ ערבה דרומית
סבטלנה דוברינין- שה"ס, הגנת הצומח

א. מבוא ותאור הבעיה

מחלות שורש בבצל מהווים גורם מגביל בגידול בצל בארץ בכל אזורי הגידול. פוזריום בבצל מוכר בעולם וגם בארץ. פטריות מהסוג פוזריום גורמות מחלות נבטים (חולי נופל) בבצל ובשום, אולם אלה לא מדווחים בארץ כגורם עיקרי. הפטרייה *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* גורמת בצמחים מבוגרים את ריקבון עוגת הבצל (*Fusarium basal* plate rot) אשר מתבטא בתמותת צמחים וריקבון בבצל ובשום. פטרייה זו יודעת גם לגרום לריקבון בבצלים באחסון ומהווה גורם מגביל עיקרי בריקבון בצל באחסון. בשלוש השנים האחרונות אנו עדים בעיקר בערבה הדרומית למחלה שנגרמת על ידי פוזריום אך מאופיינת בתסמינים אחרים אשר בולטים בעיקר בזני הבצל הלבן. על הגלדים החיצוניים מופיעים תסמינים של ריקבון יבש ומסת נבגים בצבע ורוד סלמון בולט ללא סימנים אחרים של ריקבון לח או התמוטטות רקמות. תסמינים אלה מזכירים מאד את התסמינים על גבי גבעולי עגבנייה, מלפפון ובזיל נגועים בפוזריום ריקבון הכתר. בעבודה הקדמית שביצענו בערבה הדרומית הצלחנו לבודד את גורם המחלה. ולהשלים את מבחן קוך להוכחת אחריותו לגרימת הריקבון היבש ותסמיני המחלה. גורם המחלה הוגדר על ידי דר' ישראל בן זאב ודר' עדנה לוי מהשירותים להגנת הצומח כ-*Fusarium proliferatum*. תחום הפונדקאים שנתקפים על ידי *Fusarium proliferatum* כפי שידוע עד כה כולל גם שום, תירס וצמחים נוספים. הדיווחים המועטים בעולם מציינים פגיעה בשורשים ובצמח. בממצאים שיש בידינו עד כה לא ראינו תסמיני מחלה כאלה, אם כי אין לשלול אותם. *F. proliferatum* מייצרת ומפרישה מגוון מיקוטוקסינים כגון Fusaproliferin, Moniliformin, Fumonisin B1. על כן לתחלואה בירקות בפתוגן זה עלולות להיות השלכות על בטיחות מזון ובריאות הצרכן מעבר להתמודדות עם מחלות בצמחים. בסקר אקראי שערכנו במספר לא רב של חנויות ירקות מצאנו נגיעות בשכיחות גבוהה של בצל לבן במחולל המחלה. ממצא מצביע על תפוצת המחלה בארץ אשר מחייב התייחסות וטיפול.

תוצאות בשנת 2008

בקיץ 2008 בוצע ניסוי במטרה לבחון את יעילותו חיטוי קרקע בתכשירים כימיים, חיטוי סולרי, או שילוב ביניהם בהדברת הפתוגן. הניסוי בוצע בקרקע חולית בחלקה ששייכת לחוות הניסויים של מו"פ ערבה דרומית. לאחר ביצוע החיטויים נזרעו בחלקה בצלצולים של בצל לבן. במקביל הוצבה תצפית בבית רשת שבו בוצע חיטוי קרקע במתאם סודיום משולב בחיטוי סולרי, ולאחריו נזרעו בחלקה זרעים (לא בצלצולים) של בצל לבן. בחודש דצמבר 2008 נאספו הבצלים ונשקל היבול. כן, נבחנה מידת הנגיעות בבצלים בפוזריום. ניסוי זה דווח במפורט בשנת 2008. תמצית התוצאות מובאת להלן ובטבלה מס' 1.

חיטויי הקרקע לא השפיעו על כמות היבול (מספר ומשקל הבצלים וכן התפלגות הגדלים). מאידך, נרשמה נגיעות גבוהה יותר בפוזרים בחלקות שגדלו על רקע חיטוי קרקע. הנגיעות המירבית נצפתה בחלקות שחוטאו במתיל ברומיד או באדיגן משולב בסולרי (טבלה מס' 1). לעומתם הייתה נגיעות נמוכה יותר בחלקות ההיקש ובאלו שחוטאו בחיטוי סולרי לבד. ממצאים אלה מחזקים את ההנחה כי מקור עיקרי לתחלואה הוא הבצלצולים שהיו מאולחים במחולל המחלה, ועל כן, על רקע חיטוי קרקע יכולתם להתבסס (מכיוון שהגיעו אחרי גמר החיטוי) היא טובה יותר. חיזוק להנחה זו אנו מוצאים בממצאים בגידול בבית הרשת (שמקורו בזרעים). שעור הנגיעות בבצלים בבית הרשת היה נמוך.

בבצל מזריעה ישירה במבנה רשת לא הופיעו כתמי ההיכר של המחלה. בדיקות המעבדה שנערכו אמתו את העדר הנגיעות, ועובדה זו מחזקת את הסברה שמקור ההדבקה העיקרית הוא בחומר גלם

טבלה 1. השפעת חיטויי קרקע על נגיעות בצל לבן בפוזריום.

משקל נגועים	מספר נגועים	יבול (ק"ג למ"ר)	חיטוי קרקע
b 35.9	c 32.2	a 9.53	היקש ללא חיטוי
a 62.4	a 57.2	a 10.2	מתיל ברומיד
b 38.6	bc 37.5	a 10.68	סולרי
a 55.9	ab 49.5	a 9.8	סולרי + אדיגן
12.3	9.7	לא נמדד	*סולרי + אדיגן

*בוצע בבית רשת בנפרד מהניסוי הכללי. נזרעו זרעים ולא בצלצולים (ראה הסברים לעין).

תוצאות בשנת 2009

הממצאים בניסוי בשנת 2008 הצביעו על האפשרות כי בצלצולים עלולים להיות גורם שמעביר את מחולל המחלה לשדות הערבה הדרומית. בקיץ 2009 נבחנו מדגמים של בצלצולים משדות בעמקים הצפוניים שיועדו לגידול בערבה הדרומית. הפטרייה *Fusarium proliferatum* בודדה בשכיחות גבוהה ממרבית השדות, כלומר הפטרייה נפוצה בקרקעות בצפון הארץ והפוטנציאל לאילוח הקרקעות בדרום הוא עצום שכן זה המקור לבצלצולים כחומר ריבוי. יתר על כן הפטרייה בודדה מכל זני הבצל ולא רק מזני הבצל הלבן שעליו תסמיני המחלה נראים בבירור. במבחני אילוח במעבדה מצאנו כי כל זני הבצל נתקפים על ידי הפטרייה והתסמינים דומים. ההבדל בשדה נובע מצבע הקליפה של הבצל הזהוב אשר מקשה על זיהוי הפטרייה.

על כן בוצעו בשנת 2009 שני ניסויים. הניסוי הראשון בא לבחון שוב האם לחיטוי הקרקע בחלקה מאולחת יש השפעה בהפחתת התחלואה. בניסוי השנה בחנו את השפעתם של טיפולים כימיים בבצלצולים טרם השתילה על הפחתת התחלואה בבצלים בעת היבול.

ניסוי 1. – חיטוי קרקע

הניסוי בוצע בתחנת הניסויים בערבה דרומית בחלקה מאולחת בפוזריום. הניסוי בוצע על רקע החיטויים בשנה הקודמת דהיינו, ביקורת ללא חיטוי קרקע, חיטוי קרקע סולרי, חיטוי קרקע סולרי בתוספת מתאם סודיום, וחיטוי במתיל ברומיד. בשנה הנוכחית נבחנו שלושה טיפולי חיטוי, היקש, חיטוי סולרי וחיטוי סולרי משולב באדיגן. הניסוי הוצב במתכונת של ניסוי דו-גורמי (חיטוי בשנת 2008 לעומת חיטוי ב-2009). הניסוי הוצב במתכונת בלוקים באקראי, ארבע חזרות לכל טיפול, אורך חזרה עשרה מטר.

נעיצת הבצלצל הלבן התבצע ב- בתחילת ספטמבר. בכל ערוגה נשתלו 6 שורות, ובעומד של 7 בצלצלים למטר שורה. גודל הבצלצל שנשתל היה 28 - 24 מ"מ. אסיף הבצל התבצע בסוף דצמבר 2008 כולל בצלצל הלבן במבנה רשת. בצל מזרעים נאסף ב-27.2.09. יעילות החיטוי קרקע נמדד לפי רמת הנגיעות שנמצאת בבצל בטיפולים השונים.

חיטויי הקרקע לא השפיעו על כמות היבול (מספר ומשקל הבצלים וכן התפלגות הגדלים). כמו כן לא ראינו כי לחיטוי הקרקע בשנה הקודמת היתה השפעה על הנגיעות (טבלה 2). ניתוח ההשפעות העיקריות והגם התוצאות של כל טיפול בנפרד מחזקים שוב את ההנחה כי מקור עיקרי לתחלואה הוא הבצלצולים שהיו מאולחים במחולל המחלה, ועל כן, על רקע חיטוי קרקע יכולתם להתבסס (מכיוון שהגיעו אחרי גמר החיטוי) היא טובה יותר.

טבלה 2. השפעת חיטוי קרקע על רקע חיטויים בשנה קודמת על יבול בצל ונגיעות בפוזריום.

חיטוי קרקע בשנת 2009	חיטוי קרקע בשנת 2008	משקל יבול	אחוז נגיעות
ביקורת	ביקורת	6.93	32.8
	מתיל ברומיד	9.62	35.7
	סולרי	8.40	34.8
	סולרי + אדיגן	8.24	45.6
סולרי	ביקורת	9.47	41.4
	מתיל ברומיד	9.98	43.6
	סולרי	10.06	41.6
	סולרי + אדיגן	9.63	29.4
סולרי + אדיגן	ביקורת	9.32	37.3
	מתיל ברומיד	10.17	25.4
	סולרי	9.14	36.5
	סולרי + אדיגן	9.06	31.0

ניתוח השפעת הגורמים הראשיים (חיטויים בכל שנה) על שיעור התחלואה.

לפי חיטויים בשנת 2008		לפי חיטויים בשנת 2009	
37.2	היקש	36.9	ביקורת
34.9	מתיל ברומיד	39.0	סולרי
37.6	סולרי	32.6	סולרי אדיגן
36.0	סולרי אדיגן		

ניסוי 2 – חיטוי בצלצולים לפני השתילה

הניסוי נערך בתחנת ניסיונות ערבה.

בצלצולים של בצל זהוב טופלו לפני השתילה באמצעות טבילה בקוטלי פטריות. הניסוי בוצע בבצל זהוב. טיפול הטבילה בוצע באמצעות השריית הצלצולים למשך 10 דקות בתמיסת קוטל הפטריות בריכוז 0.2%. לאחר גמר הטיפול יובשו הצלצולים ואז נשתלו בחלקת ניסוי בתחנת הניסויים. חלקה זו לא הייתה מאולחת קודם בפטריה. נעיצת הצלצול התבצע ב- בתחילת ספטמבר. בכל ערוגה נשתלו 6 שורות, ובעומד של 7 בצלצולים למטר שורה. גודל הצלצול שנשתל היה 28 - 24 מ"מ.

לאחר אסיף הבצל מויינו הצלצולים לפי גודל. הצלצולים מהגודל הבינוני נבדקו לנוכחות הפטריה. מכיוון שבבצל זהוב לא נראים תסמיני הפטריה, בדקנו במעבדה באמצעות שיטת המהולים את כמות הפטריה על שטח הפנים של הגלדים החיצוניים. הממצאים מראים כי לחיטוי הצלצולים אין השפעה על מידת היבול של הצל. טיפולי ההשריה בקוטלי פטריות לפני השתילה הפחיתו את כמות הפטריה על הצלצולים בעת היבול (טבלה 3). הטיפול בדלסן היה היעיל ביותר ועשוי לשמש אמצעי בעתיד בהתמודדות עם גורם המחלה.

טבלה 3. השפעת טיפול כימי בצלצולים לפני השתילה על אילוח הצלצולים בפוזריום בעת האסיף.

שם טיפול	יבול	נגיעות לסמ"ר	אחוז מביקורת
ביקורת	8.941 a	523	100 a
דלסן	8.962 a	91	17 c
ספורטק	8.321 a	260	50 b
סלסט	9.120 a	228	44 b

תוצאות בשנת 2010

בשנת 2010 ניסינו לשלב את הממצאים משנת 2009 דהיינו חיטוי סולרי וחיטוי סולרי משולב באדיגן. הניסוי הוצב במתכונת של בשנה הנוכחית נבחנו שלושה טיפולי חיטוי, היקש, חיטוי סולרי וחיטוי סולרי משולב באדיגן. הניסוי הוצב במתכונת של ניסוי דו-גורמי (חיטוי קרקע לפני השתילה לעומת טיפול בבצלצולים לפני השתילה). הניסוי הוצב במתכונת בלוקים באקראי, ארבע חזרות לכל טיפול, אורך חזרה 40 מטר. בצלצולים של בצל לבן טופלו לפני השתילה באמצעות טבילה בקוטלי פטריות דלסן או עמיסטר. טיפול הטבילה בוצע באמצעות השריית הבצלצולים למשך 10 דקות בתמיסת קוטל הפטריות בריכוז 0.2%. לאחר גמר הטיפול יובשו הבצלים ואז נשתלו בחלקת הניסוי באופן זה הוצב שוב ניסוי של בלוקים באקראי, דהיינו השפעת חיטוי הקרקע והשפעת חיטוי הבצלצולים.

נעיצת הבצלצול התבצע ב- בתחילת ספטמבר. בכל ערוגה נשתלו 6 שורות, ובעומד של 7 בצלצולים למטר שורה. גודל הבצלצול שנשתל היה 28 - 24 מ"מ.

לאחר אסיף הבצל מויינו הבצלים לפי גודל.

נראה כי הטיפולים לא השפיעו על הפחתת הנגיעות. גם טיפולי החיטוי וגם הטבילה בבצלצולים לפני השתילה לא היו יעילים בהפחתת התחלואה בבצלים.

במבחנים מאוחרים אשר ביצענו במעבדה מצאנו כי הפטריה מאכלסת באופן סיסטמי את הבצל. סביר על כן כי התחלואה נובעת מהאילוח בבצלצולים אשר לא נקטל לא באמצעות חיטוי הקרקע וגם לא באמצעות טבילת הבצלצולים בתכשירים.

טבלה 4. השפעת חיטוי קרקע וחיטוי בצלצולים על תחלואת בצלים בפוזריום.

מאולח	נקי	יבול	הגמעה	חיטוי בצלצולים	חיטוי קרקע
63.9	36.1	5.58		דלסן	ביקורת
62.5	37.5	5.80		מיראז'	ביקורת
57.8	42.2	4.98		דלסן	סולרי + אדיגן
65.7	34.3	5.37		מיראז'	סולרי + אדיגן
69.0	31.0	5.32		דלסן	סולרי
77.3	22.7	5.00		מיראז'	סולרי

במקביל לניסוי בוצעה תצפית בהיקף של ארבע ערוגות שבהם בוצעה הגמעה בשני תכשירי הדברה במהלך הגידול על רקע של חיטוי סולרי של הקרקע. בתצפית זו אנו רואים לראשונה כי הטיפול במהלך הגידול היה היחיד שהפחית את שיעור הנגיעות.

27.2	72.8	6.96	דלסן		סולרי
30.2	69.1	7.12	עמיסטר		סולרי

דיון ומסקנות

מחלת הפוזריום אינה מפחיתה את היבול גם בנגיעות רבה שיעור הנגיעות בבצלים מצביע על פוטנציאל נזק גבוה. מחולל המחלה מועבר בבצלצולים. ככל הנראה חומר הריבוי אשר מגיע ממקורות שונים בארץ מאולח. על כן גם התחלואה בחלקות מחוטאות היא גבוהה. לעומת זאת מצאנו כי בצל שמקורו בזרעים לא היה נגוע בתום העונה. בבצל מזריעה ישירה במבנה רשת לא הופיעו כתמי ההיכר של המחלה. בדיקות המעבדה שנערכו אמתו את העדר הנגיעות, ועובדה זו מחזקת את הסברה שמקור ההדבקה העיקרית הוא בחומר הריבוי. חיטוי הבצלצולים טרם החיטוי לא נותן תשובה. ככל הנראה האילוח בבצלצול הוא עמוק ותכשירי ההדברה אינם מסוגלים להדבירו. טיפול הגמעה במהלך הגידול היו יעילים בהקטנת התחלואה.

המשך המחקר מتركז בכיוונים הבאים :

- בחינת טווח הפונדקאים של הפתוגן בגידולים הרלוונטיים לערבה הדרומית ובעיקר שום ותירס. אינדיקציות ראשונות מצביעות כי גם גידולים אלה בערבה הדרומית נתקפים על ידי הפתוגן.
- הבטחת בריאות חומר הריבוי (בצלצולים) באמצעות מיון חומר חופשי מהפתוגן, או לחילופין, טיפול בשדות שבהם מייצרים בצלצולים (בצפון הארץ), על מנת להבטיח חומר ריבוי חופשי מהפתוגן
- הקפדה ובדיקה של זרעים ושננות של בצל, שום ותירס כדי להבטיח התחלת גידול חופשי מהפתוגן
- פיתוח ממשק הדברה כולל, אשר יקיף את הטיפול בחומר הריבוי, חיטוי קרקע לפני תחילת הגידול, וטיפולים משלימים במהלכו.