

**הדברת פגעי קרקע חדשים בבצל ותירס בערבה הדרומית**  
**Control of new diseases in onion and corn in Southern Arava**

אברהם גמליאל, יפית כהן- המכון להנדסה חקלאית, מינהל המחקר החקלאי בית דגן  
יורם קפולניק- המכון למדעי הצמח, מינהל המחקר החקלאי, בית דגן  
משלי אורי- קיבוץ יטבתה,  
סבטלנה דוברינין- הגנת הצומח, שה"ם אזור הדרום  
יעקב קטן- המחלקה למחלות צמחים, הפקולטה למדעי החקלאות המזון ואיכות הסביבה, רחובות.

Abraham Gamliel, Yaphit Cohen, Agricultural Engineering, ARO volcani Center,  
Yoram Kapulnik, Institute of Plant Sciences, ARO volcani Center,  
Ori Mishli, Kibbutz Yotvata  
Svetlana Dobrinin, Extension Service, Arava  
Yaacov Katan, Dept. Plant Pathology, Faculty of Agricultural, Food and Environmental  
Sciences. Rehovot.

## א. מבוא ותאור הבעיה

חקלאות גידולי השדה בערבה הדרומית (אזור הכולל את הקיבוצים מיהל בצפון ועד אילות בדרום) מאופיינת בגידולי חורף ואביב ליצוא ולשוק מקומי. שני הגידולים העיקריים הם בצל ותירס. בצל נזרע בסוף הקיץ (חודש ספטמבר) ונאסף בחודשים פברואר-מרץ כאשר מקורות בצל יבש אחרים בארץ הם מוגבלים ביותר (בעיקר בצל מאוחסן מהקיץ הקודם). תירס לייצוא מזנים ייחודיים מגודל בערבה הדרומית על פי הסכמי שווק עם רשתות שיווק בחו"ל והערך הכלכלי שלו הוא רב. גידול זה נזרע גם בסתיו, וגם בחורף. ההכרה ביתרון לגדל גידולי ירקות וגידולי שדה לשווקי הייצוא ולשוק המקומי, גרמה להרחבת מגוון הגידולים באזור. כיום מגדלים באזור בהצלחה תפוא"ד לשוק מקומי, בטטות ודלעות לייצוא.

שטחי הגידול באזור הם מצומצמים. במשקי הגד"ש מקובל לקיים מחזור הגידולים אשר כולל מלבד הגידולים שצוינו גם חיטה בחורף וכרב נח. הרחבת מגוון הגידולים והיקפי הגידול מחד ומגבלת השטחים הזמינים מאידך, גרמה לגידול אינטנסיבי בשטחים, להגדלת מספר הגידולים במהלך מחזור גידולים והקטנת פרק הזמן לגידול חוזר באותו שדה.

באביב 2004 אובחנה בחלקות באזור קיבוץ יטבתה תסמונות של נוון צמחי בצל ותירס, שפוגעות בגידול הצמחים ובעיקר ביבול. בבצל מתבטא הניוון כבר בשלב ראשון כ"חולי נופל" של נבטים והפחתה בשיעור הנביטה וההצצה, ובעומד הסופי של הצמחים אשר קטן בשיעור 30-50% מהעומד המקובל. בהמשך, מתעכבת התפתחות הצמחים והתמלאות הבצל. בשורשים של צמחים נגועים ניתן לראות ניוון בהתפתחות השורשים וריקבון שורשים ללא צבע בולט. התוצאה הסופית היא פחיתה ביבול הבצל עד כדי 50% מהיבול המקובל בחלקה לא נגועה. נגיעות בצמחי בצל ופחיתה ביבול מתבטאים גם בבצל שנזרע מבצלולים ולא רק בבצל שמקורו בזרעים. הניוון בצמחי תירס בניגוד לניוון בבצל אינו מתבטא בפגיעה נבטיה ובהצצה, ובשטחים נגועים אשר זרועים בתירס מתקבל עומד רגיל. תסמיני העיכוב נראים לאחר כחודש מזריעה ומתבטאים בעיכוב גידול הצמחים, צימוח בפרקים קצרים, שורשים מרקיבים, ופחיתה ביבול לשיעור 60% ופחות מהיבול המקובל.

בקיבוץ יטבתה ובכל משקי הערבה הדרומית מקובל לבצע חיטוי סולרי בכל החלקות המיועדות לגידול בצל על מנת להדביר את מחלת השורש הורוד (Pink root). מחלת הניוון מתבטאת בחלקות למרות החיטוי הסולרי. במקרים מסוימים ניתן לראות כי תסמיני המחלה מוחרפים בקרקע לאחר חיטוי סולרי. בעבודה הקדמית וסקר מצומצם שבוצע בשנים 2004-5 נאספו הממצאים הבאים:

- הנגיעות הראשונית בחלקות מתבטאת במוקדים (כתמים), בשטחים מסויימים. במהלך העונה (?) המוקדים מתפשטים למימדים גדולים פעמים עד לכיסוי כל החלקה.
- מספר הגידולים הרגישים הוא ככל הנראה גדול יותר: מצאנו תופעה דומה גם בגידול חמניות לפרחים, ושעועית. לא מן הנמנע כי טווח הגידולים הנפגעים הוא גדול יותר.
- חיטוי קרקע כימי באמצעות מתיל ברומיד, או מתאם סודיום מדביר את הניוון ומחזיר את רמת היבול המקובלת.

## מטרות המחקר

מטרת המחקר היא הגדרת ואפיון הגורם לניוון בצל ותירס, אפיון הביולוגיה וטווח הפונדקאים של הגורמים.

## **אבחון הגורמים לניוון**

אבחון הגורמים לניוון התמקד בשלב הראשון באימות השערה כי הגורמים לניוון הם אכן גורמים ביולוגיים. על מנת לבחון השערה זו נבחנו מספר כיוונים:

- א. אילוח קרקע בשורשי צמחים נגועים
- ב. בידוד הגורם משורשי צמחים מנוונים בשדה או משחזור התופעה בחממה על ידי שתילת צמחים בקרקע מחלקות שבהם התגלתה נגיעות לאחר הבידוד, בחינת אחריות הגורם שבודדנו לסינדרום באמצעות מבחן קוד.

### א. אילוח קרקע בשורשי צמחים נגועים

שתילי בצל (שתילי חישתיל) נשתלו במצע פרלייט אשר אולח בשורשי צמחי בצל. אילוח הקרקע נעשה באמצעות שורשים מצמחי בצל שנעקרו משדות נגועים ביטבתה. השורשים נטחנו בתוך מים ותרחיף השורשים עורבב במצע הפרלייט. שתילי בצל נשתלו בעציצים ולאחר 4 שבועות גידול נבחנה עוצמת הצימוח. נמצא כי אילוח המצע בשורשים מצמחים נגועים בניוון, גרם לגידול צמחים מנוונים ביחס לצמחים שגדלו בקרקע ללא אילוח שורשים נגועים, או אילוח בשורשים מצמחים ללא סימני ניוון (איור 1). לעומת זאת, אילוח פרלייט בשורשים בריאים של בצל לא גרם לתופעות ניוון בצמחים שגדלו בקרקע המאולחת.

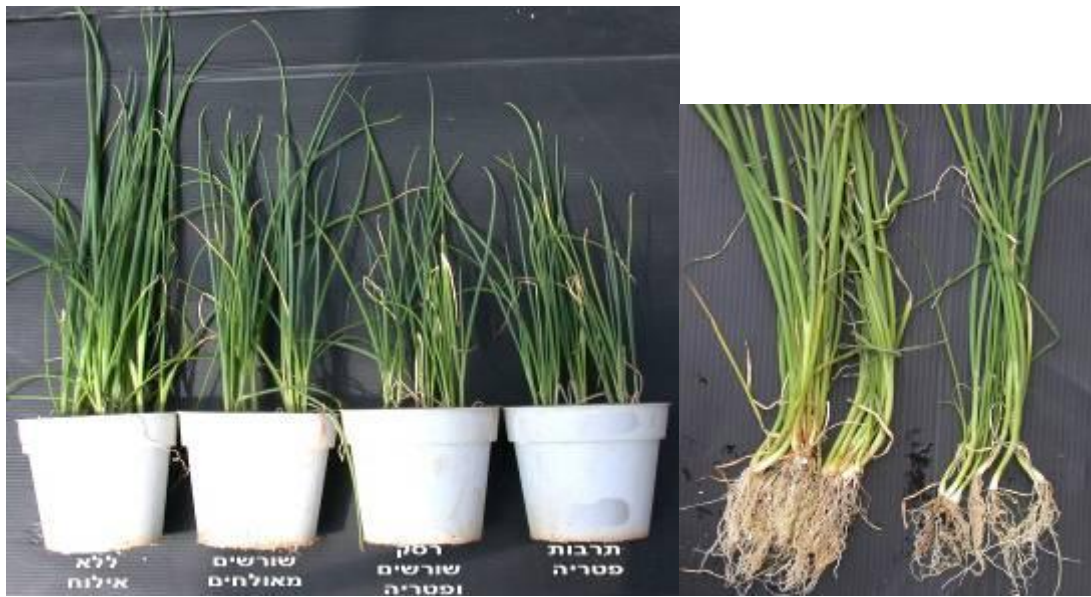


איור 1. שחזור תופעת הניוון בשתילי בצל באמצעות אילוח המצע בשורשי צמחים. שתילי הבצל נשתלו במצע פרלייט שעורבבו בו שורשי בצל מצמחים מנוונים או צמחים בריאים. הצמחים גודלו בחממה למשך 4 שבועות.

### ב. בידוד פתוגים בשורשי צמחים נגועים ומבחן קוד

לאחר שנראה כי ניתן להעביר את גורם המחלה באמצעות שורשים של צמחים נגועים, ניסינו לבדוד את גורמי המחלה מתוך שורשי צמחי בצל ותירס שגדלו בשדה או בחממה ושהראו סימפטומים של

ניוון בודדנו פטריות מהסוג פוזריום ופיתיום וכן פטריות מהסוג *Chaetomium* אשר מוכרת בעיקר כספטורופיט. על מנת לקבוע את מעורבותם של פטריות אלה וגורמים ביולוגים בכלל בסינדרום הניוון בוצע מבחן קודך בשתי צורות. באופן הראשון אולח מצע הגידול (פרלייט) בתרבות נקיי ה של הפטריה. באופן השני נלקחה תרבות שמקורה בשורשים נגועים שהושרו במים סטריליים למשך שבוע. השורשים והפטריה שהתפתחה עליהם רוסקו לתרחיף אשר עורבב במצע. לצורך השוואה בוצע אילוח בשורשים נגועים כפי שמתואר בסעיף הקודם. מצמחים שהראו סימני ניוון בוצע בידוד חוזר. הפטריות פוזריום ופיתיום אשר בודדו בשלב הראשון לא הצליחו ליצור את תסמיני הניוון בצמחים. לעומת זאת הצלחנו לקבל תסמינים בצמחים אשר אולחו בפטריה *Chaetomium*. תדירות הופעת הפטריות בבידודים החוזרים היתה בשיעור 65-80% מכל הבידודים. ניתן לראות כי האילוח גרם לצמחים מנוונים. מערכת השורשים של צמחים מנוונים היתה לא מפותחת בהשוואה למערכת השורשים של צמחים בריאים ולא מאולחים (איור 2). תופעות דומות נצפו גם בצמחי תירס מאולחים. במקביל נמצא כי בצמחים מנוונים מהשדה לא נמצא כלל אילוח שורשים במיקוריזה אשר נחוצה להתפתחות תקינה של הצמחים (תוצאות לא מוצגות).



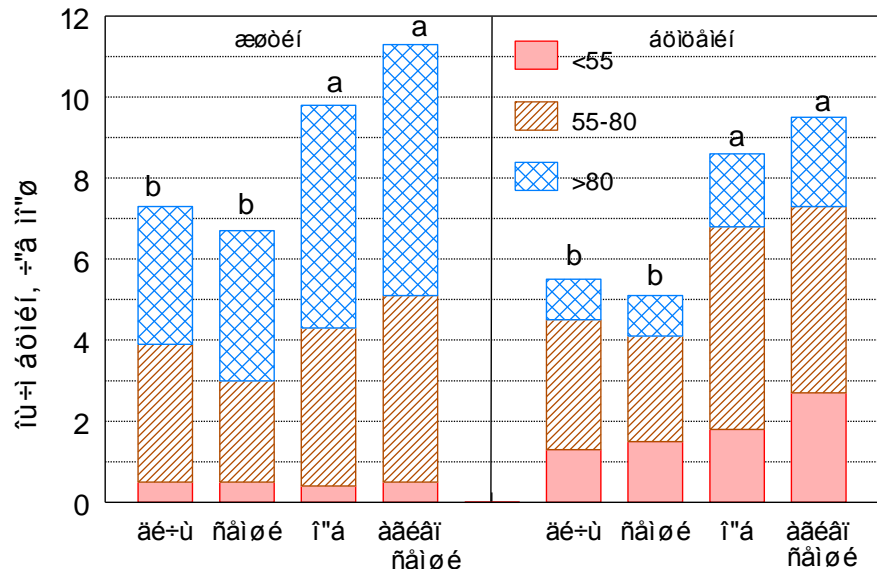
איור 2. שחזור תופעת הניוון בשתילי בצל באמצעות אילוח המצע בשורשי צמחים או תרבות של הפטרייה שבודדה. שתילי הבצל נשתלו במצע פרלייט שעורבבו בו שורשי בצל מצמחים מנוונים, תרחיף של תפטיר הפטרייה, או תרחיף של רסק שורשים ופטרייה שהתפתחה עליהם. הצמחים גודלו בחממה למשך 4 שבועות.

### השפעת חומר הריבוי על התבטאות הניוון

ניסינו לבחון האם סוג חומר הריבוי משפיע על רגישות הבצל לניוון. נבחנה התגובה של, זרעים ובצלצולים, לתופעת הניוון. הניסוי בוצע בשתי חלקות צמודות. החלקה הראשונה (שש ערוגות) נזרעה בבצל מזן חצב (944) והשניה (חמש) נשתלה בבצלצולים מאותו זן. באמצע חודש יולי בוצעו חיטויי הקרקע במתכונת זהה בשתי החלקות. במקביל בוצעו בחלקה גם חיטויי קרקע על מנת לבחון את השפעתם בהדברת הניוון. נבחנו טיפולים החיטוי הבאים:

1. היקש – ללא חיטוי
2. חיטוי סולרי
3. חיטוי במתיל ברומיד במינון 50 גר' למ"ר בהזרמה בשיטת "גז חס"
4. חיטוי במתאם סודיום (אדיגן) במינון 40 סמ"ק למ"ר בהזרמה באמצעות מערכת הטפטוף

הניסוי בוצע במתכונת בלוקים באקראי. כל טיפולי החיטוי בוצעו על גבי ערוגות. כל חלקה באורך באורך 20 מטר. החיטויים בוצעו באמצע חודש יולי. כל טיפולי החיטוי כוסו ביריעות פוליאאתילן שקופות. היריעות הוסרו מהחלקות שחוטאו במתיל ברומיד לאחר שבוע. בחלקות שחוטאו במתאם סודיום הוזרם התכשיר שבועיים לאחר פרישת יריעות הפלסטיק. החלקות שחוטאו חיטוי סולרי לבד או חיטוי משולב במתאם סודיום הושארו מחופות למשך 4 שבועות. בסוף חודש אוגוסט נרעו ונשתלו החלקות. זריעת הבצל הייתה בצפיפות של 70 זרעים למ"ר. בחלקה שנזרעה בזרעי בצל נפגעה הצצת הנבטים בחלקות ההיקש ובאלה שחוטאו חיטוי סולרי. בחלקות אלה היה עומד הצמחים הסופי נמוך בהשוואה לעומד הזריעה ובהשוואה לעומד הצמחים בחלקות שחוטאו חיטוי כימי. חיטוי קרקע במתיל ברומיד או מתאם סודיום לא פגע בהצצת הצמחים. גם בחלקה שנשתלה בבצלולים התבטאה תופעת הניוון בשלבים מוקדמים של התפתחות הצמחים, בעיקר בחלקות שחוטאו חיטוי סולרי, בחלקות ההיקש היה עיכוב שהיה בולט בהשוואה להתפתחות הצמחים בקרקעות שחוטאו במתיל ברומיד ובמתאם סודיום. יבול הבצל בחלקה שנשתלה בבצלולים נאסף ב- 17 לחודש פברואר, הבצל בחלקה שנזרעה נאסף חודש מאוחר יותר (15 מרס). היבול נאסף מחלקות באורך 3 מטר (5.4 מ"ר), מוין לגדלים על פי מדדי השיווק המסחריים ונשקל על פי הגדלים השונים.



איור 3. השפעת חיטוי קרקע וסוג חומר הריבוי (זרעים או בצלולים) על יבול בצל. כל מזרע נאסף במועד שונה כפי שמוצג בטקסט. אותיות שונות בכל מזרע בנפרד מציינות הבדל מובהק בין הטיפולים.

יבול הבצל בחלקות ההיקש ובחלקות שחוטאו בחיטוי סולרי היה נמוך בהשוואה לחלקות בתכשירים כימיים גם בחלקה שנזרעה וגם בחלקה שנשתלה בבצלולים (איור 3). ככלל היבול בחלקות הזרעים היה רב יותר מאשר יבול הבצל בגידול שמקורו בבצלולים. חיטויי הקרקע תרמו להגדלת היבול בשעור 41% בחלקה שנשתלה בבצלולים ובשיעור 69% בחלקה שנזרעה. הגדלת היבול המרבית הושגה בחלקה שחוטאה במתאם סודיום משולב בחיטוי סולרי. היבול בחלקות המחוטאות בשנת 2005-2006 היה מאופיין בבצלים גדולים. בצלים כאלה אמנם מסווגים כסוג א', אך מיועדים לתעשייה.

## טווח פונדקאים

אחת השאלות החשובות בתופעת הניוון היא טווח הגידולים אשר נפגעים מתיסמונת הניוון. השפעת גורם הניוון על גידולים שונים נבחנה בחממה בתנאים מבוקרים ובשדה. בשדה נבחן תחום פונדקים בחלקה שבה גודל בצל בשנה הקודמת ואשר בו נצפתה תופעת ניוון. בחממה נבחן תחום פונדקאים רגישים על ידי שתילה או זריעה צמחים בקרקעות שנאספו מהחלקה הנגועה. נבחרו גידולים חקלאיים מקובלים באזור. ריכוז כל הצמחים שנבדקו ותגובתם מוצגים בטבלה 1.

מרבית הצמחים שנבדקו נפגעו מתופעת הניוון כאשר נשתלו בקרקע ללא חיטוי או בקרקע שחוטאה בחיטוי סולרי. בצמחים כגון חמניות נראתה השפעת הניוון גם על מערכת השורשים. בנוסף לצמחים שמופיעים בטבלה 1, ידוע למגדלים כי צמחים נוספים כגון סורגום רגישים לתופעת הניוון.

טבלה 1. סיכום תגובת צמחים לתופעת הניוון (סיכום ניסויים שבוצעו בבית צמיחה ובשדה במהלך 2004-2005).

צמח	שדה	חממה
בצל	ניוון, פגיעה בעומד, פחיתת יבול, בולט בהשוואה לקרקע מחוטאת	פגיעה בהצצה גידול נחות בקרקע היקש ובקרקע סולרית, בהשוואה לקרקע מחוטאת
תירס	ניוון, פגיעה בעומד, פחיתת יבול, בולט בהשוואה לקרקע מחוטאת	פגיעה בהצצה, גידול נחות בהשוואה לקרקע מחוטאת
שעועית	עומד דליל. לא בוצעה השוואה לגידול בקרקע מחוטאת	גידול נחות בהשוואה לגידול בקרקע מחוטאת
מילונים	ללא סימנים בולטים. לא היתה השוואה לגידול בקרקע מחוטאת	לא נבדק
דלעת	פגיעה בעומד הצמחים, פחיתה ביבול	
תפוחי אדמה	פחיתה ביבול, אין סימנים חיצוניים על הצמחים	
חמניות (פרחים)	נינוס, מערכת שורשים פגועה	פגיעה בהצצה גידול נחות בקרקע היקש ובקרקע סולרית, בהשוואה לקרקע מחוטאת

## פיזור המחלה

בשנת 2007 בוצע מיפוי בכל החלקות בקיבוץ יטבתה על מנת למפות את הנגיעות בחלקות. כמו כן בחנו האם התופעה מפוזרת במשקים נוספים. מצאנו כי הניוון מוגבל לחלקות קיבוץ יטבתה וכן בתחנת הניסויים אשר סמוכה למשק. במשקים האחרים שנבדקו, גרופית יהל, אילות, קטורה, לא נמצאו שדות נגועים.

## סיכום

- **הגורם לניוון** – מגוון הממצאים שנאספו במהלך המחקר מצביעים על מעורבות גורם ביולוגיה בסינדרום הניוון. בודדה הפטריה *Chaetomium* אשר הוכח הקשר למחלה באמצעות מבחן קוך. זהו פטריה שבדרך כלל ספרופיטית, אך ישנן עדויות בודדות גם על פתוגניות. יש צורך בבחינות נוספות לאישוש התוצאות ובחינת הקשר בין גורמים אלה להשפעות נוספות אשר מחזקות את הסינדרום (לדוגמא חיטוי סולרי). הגורם לניוון סביל לטמפרטורות גבוהות. ניתן לבדד אותו משורשים לאחר חשיפה לטמפרטורה של 60 מ"צ למשך שעה.
- **תחום הפונדקאים שנפגעים מסינדרום הניוון** - מגוון צמחים נמצאו רגישים לניוון בשדה: בצל, תירס, דלעות, תפוא"דוחמניות (פרחים). אין זה מן הנמנע כי צמחים נוספים רגישים לניוון.
- **תפוצת סינדרום הניוון בקרקעות ערבה דרומית** – הניוון מוגבל לאזור יטבתה. בחלקות אחרות. המאפיין השונה בין קרקעות יטבתה למשקים אחרים הוא חיטוי כימי אשר מבוצע במשקים האחרים כחלק ממחזור גידולים אשר כולל גידולי ירקות כגון מילונים. יתכן כי ביצוע חיטוי כימי במחזור הגידולים הוא גורם המעכב את התפתחות סינדרום הניוון בקרקעות אלה.
- **הקשר בין סוג חומר הריבוי לתופעת הניוון** – מזרע שמקורו בבצלצולים רגיש לניוון במידה זהה לגידול בצל שמקורו בזרעים.
- **הדברת סינדרום הניוון באמצעים כימיים** - חיטוי קרקע כימי (מתיל ברומיד, בזאמיד או מתאם סודיום) וכן חיטוי כימי במתאם סודיום משולב בחיטוי סולרי, היו יעילים בהדברת סינדרום הניוון ובהשגת יבול בצל ותירס גבוהים מהיבול בחלקות ההיקש.