

גם מחולל הגרב הבקטרי בפלפל מעכב נביטת זרעים ומפריע לגידול השתילים

יואב בשן - המחלקה לגנטיקה של צמחים, מכון ויצמן למדע, רחובות

מאמר זה נכתב לזכרו של אבנר בשן ז"ל, מזכרון יעקב.

תקציר

אילוח זרעי פלפל במחולל הגרב הבקטרי המבודד מעלים עיכב את נביטתם. העיכוב, שהיה חזק ביותר באדמות קלות ולא מעוקרות, פחת בעוצמתו עם הזמן. לאחר 20 יום ויותר לא היה הבדל באחוז הנביטה בין זרעים מאולחים ושאינם מאולחים, אולם קצב הצימוח של הראשונים כשתילים נפגם. לא נמצא קשר בין פתוגניות כלפי עלי פלפל ועיכוב נביטת זרעים. כמורכב, לא כל גזעי הפתוגן שנבדקו גרמו לעיכוב הנביטה המתואר. מוצע, שעיכוב נביטת זרעים וההפחתה בהתפתחות שורשי השתילים הנגרמת ע"י מחולל הגרב הבקטרי הינה צורה שונה של תקיפה מזו שבעלים.

הקדמה

החיידיק *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* מחולל הגרב הבקטרי בפלפל (bacterial scab), עשוי לשרוד לתקופות ממושכות ביותר על-פני זרעי-פלפל (1). זרעים

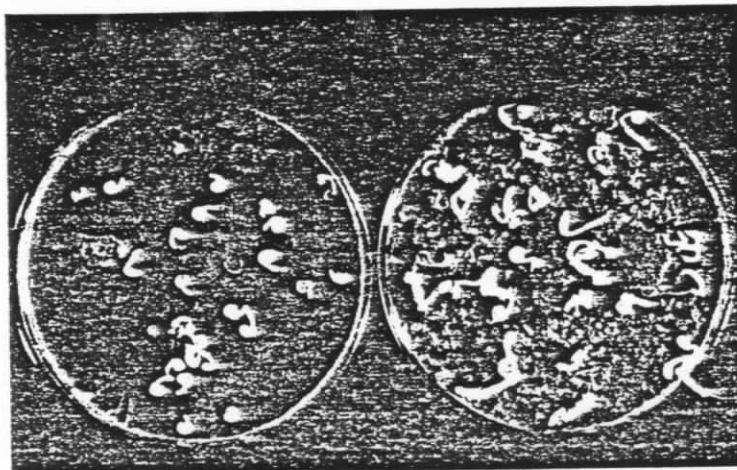
מאולחים בפתוגן זה עשויים לפתח שתילים נגועים בגרב בקטרי בתנאי-סביבה מיוחדים המאפשרים התפרצות מחלות בקטריאליות (4,5). שתילים נגועים אלו יכולים לגדול לצמחים בוגרים נגועים כאשר הנגיעות איננה חייבת להתבטא בסימפטומים נראים על-פני הצמח (3). החיידיק הוא פתוגן עלים טיפוסי ואינו ידוע כפתוגן לזרעים (6).

לעומתו, פתוגנים שוכני-עלים אחרים, כגון מחולל מחלת הניקוד הבקטרי בעגבניה (2) ומחולל מחלת הדמיעה במלפפון (7), עשויים לשהות בשורשי צמחי הפונדקאי שלהם, וכן להשפיע על מהלך גידולם.

מטרות מחקר זה היו לברר האם למחולל הגרב הבקטרי בפלפל יש פאזת חיים קרקעית בשלב נביטת הזרעים, ואם בעיתוי זה הוא מסוגל להשפיע על גידול הצמחים.

שיטות וחומרים

4 תבדידים פתוגניים של מחולל הגרב הבקטרי בודדו מצמחי פלפל נגועים מבקעת



תמונה 1: עיכוב נביטת זרעי-פלפל כתוצאה מאילוחם במחולל הגרב הבקטרי.

10⁷ חיידקים/מ"ל בתום הזריעה. קרקעות בצלחות פטרי אולחו בריכוזים שונים של חיידקים (10 מ"ל תרחיף חיידקים/צלחת). הקשים טופלו במיברו מעוקרים, אילוח נוף הצמח בוצע כמתואר ב"השדה" נ"ח, 437-444.

אינדקס נביטה - נקבע לפי המפתח הבא: 0 = חוסר נביטה; 1 = התחלה של נביטה נראית; 2 = שתיל קטן מ"מ 5 (למעט גדול הזרע); 3 = שתיל גדול מ"מ 5. אחוזי הנביטה חושבו מתוך אינדקסים 1-3.

קביעת משקל יבש ושטח-פנים של מערכת השרשים - משקל יבש נקבע כמתואר בהשדה (2). שטח פנים של מערכת השרשים נקבע בשיטה שעקרה ספיחה של תמיסת Ca(NO₃)₂ לשרשים שטופים, ושקילתם (Soil. Sci. (1966) 102:289-291).

תכנון הניסויים וניתוח סטטיסטי - כל הניסויים נערכו 2-3 פעמים ב-10 חזרות כ"א, כאשר 10 עציצים או 10 צלחות פטרי מהווים חזרה. המובהקות הסטטיסטית ניתנת ב-P=0.05.

תוצאות ומסקנות

השפעת ריכוז המידיבק על נביטת זרעי פלפל - ריכוזים נמוכים של הפתוגן (10³ חיידקים/מ"ל) לא עיכבו את נביטתם של זרעי פלפל. עליה הדרגתית בריכוז החיידקים גרמה במקביל לעיכוב נביטה ולירידה באחוז הנביטה (שרטוט 1). אולם, 20 יום לאחר האילוח לא נמצאו הבדלים בטיב הנביטה בזרעים מאולחים ושאינם מאולחים.

אילוח זרעי פלפל ועגבניה בחיידקים חיים ומומתים והשפעתם על נביטה - הן חיידקים חיים והן חיידקים מומתים של מחולל הגרב הבקטרי מסוגלים להשפיע על נביטת זרעים. האפקט אותו גורמים חיידקים מומתים חזק מזה של החיידקים החיים במיוחד בזרעי עגבניות מאולחים (שרטוט 2 ג' ד'), בעוד חיידקים חיים אינם משפיעים כלל על נביטת זרעי-עגבניה. שרטוטים 2 א' ב' מדגימים כי זרעי-פלפל מסוגלים להתגבר על העיכוב הנגרם הן מחיידקים חיים והן ממומתים. יכולת זו איננה נחלתם של זרעי העגבניה שעוכבו במהלך כל הניסיון.

הירדן (4) ושימשו לכל הניסויים. המתן תרבות חיידקים נעשתה בהרתחה למשך שעה.

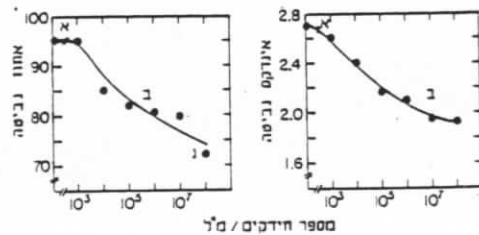
לכל הניסויים שימש זן הפלפל מאור, הרגיש ביותר למחלת הגרב הבקטרי (השדה ס"ה: 606-607) וכן שני זני עגבניה - FV-198 ורחובות 13, הידועים כזן רגיש ועמיד, בהתאמה למחלת הניקוד הבקטרי (השדה נ"ט: 2487-2483).

ניסויי הנביטה נערכו בצלחות פטרי מזכוכיה שהכילו קרקע בקיבול-השדה, וניסויים בשתילים נערכו בעציצים שהכילו 500 גרם טוף (גדול גרגר 0.1-8 מ"מ), מושקים בתמיסת הזנה וגדלים בחממה מבוקרת טמפרטורה. קרקעות שונות נאספו מאזורי גדול פלפל בכל רחבי ישראל והוגדרו לפי ש. רביקוביץ (קרקעות ישראל, 1981, הוצאת הקבוץ המאוחד).

אדמת ננדזינה מעמק בית שאן שלא טופלה במהלך מספר שנים בחומרים סינטיטיים כלשהם הוגדרה כ"קרקע ביולוגית". טפולים אגרוטכניים בקרקע זו במהלך השנים נעשו לפי מ. לוי (יסודות חקלאות ביולוגית-אורגנית בשדה, הוצאת שדה אליהו, 1979).

חיטוי-זרעים וקרקעות - זרעים חוטאו בהיפוכלורייט הנתרן (השדה נ"ח: 862-865), טוף וקרקעות חוטאו באוטוקלב (השדה 5, 597-601), חיטוי ונידוף בבזון או בקרינת גמא.

אילוח זרעים וקרקעות - עציצים אולחו בתרבויות חיידקים (20 מ"ל/עציץ) שהכילו



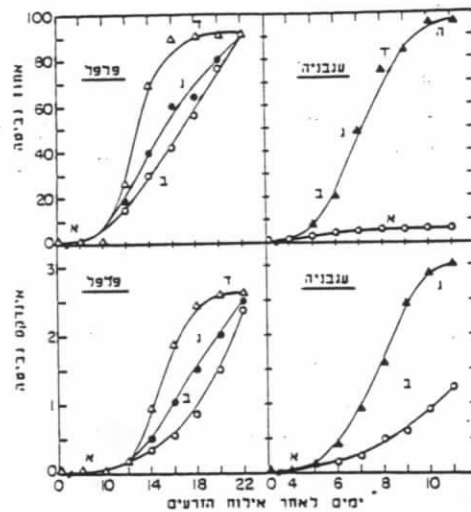
שרטוט 1: השפעת ריכוזים שונים של מחולל הגרב הבקטרי בפלפל על אחוז הנביטה ועוצמת הנביטה של זרעי פלפל.

אותיות שונות (בכל קו בנפרד) נבדלות זו מזו באופן מובהק ב-P ≤ 0.05.

התבדדים שנבדקו היו פתוגניים אגרסיביים כלפי עלי צמחי פלפל. הם פתחו סימפטומים נראים בכמות גדולה. אולם רק תבדד אחד חולל גם את תופעת העיכוב בעוצמה שתוארה, ואילו תבדד נוסף הראה אפקט עיכוב דומה, ברמה פחותה. שני התבדדים האחרים לא עיכבו כלל את נביטת הזרעים.

השפעת חיידקים חיים ומומתים, על משקלם של צמחי פלפל ועגבניה ועל גודל מערכת שרשיהם - אילוח שתילים בחיידקים מומתים של מחולל הגרב הבקטרי הפחית את משקלם היבש הן של העלים, הן של השורשים והן את שטח הפנים של שרשי צמחי פלפל שגדלו במצע. אילוח בחיידקים חיים מאותו תבדד, לא גרם לשום תופעה נראית לעין בהתפתחות צמחי הפלפל (שרטוט 3 א.ב.ג.).

לעומת זאת, הוספת חיידקים הן חיים והן מומתים לצמחי עגבניה (שאינם פונדקאים לתבדדים אלו) לא פגעה בהם, יתרה מכך, היא אף הגבירה את קצב גידול השתילים (שרטוט 3, ד').



שרטוט 2: השפעת אילוח זרעי פלפל ועגבניה במחולל הגרב הבקטרי לאורך זמן. השפעות על אחוז הנביטה ועל טיב הנביטה.

אילוח בחיידקים חיים (●); אילוח בחיידקים מתים (○); מים מעוקרים (Δ) אותיות שונות בכל תתיגרף (בנפרד) מסמלות הבדלים מובהקים - $P \leq 0.05$.

עיכוב נביטה בקרקעות מסוגים שונים -

השוואת עיכוב נביטת זרעי-פלפל בקרקעות שונות המהוות מדגם של חלק מקרקעות ישראל בהן גדלים צמחי פלפל הראתה, כי העיכוב הרב ביותר היה בקרקעות קלות (עיכוב של 72-78%). בקרקעות בינוניות וכבדות היה עיכוב בשיעור של 20-35%, ובקרקע בעלת אופי "ביולוגי" לא היה עיכוב כלל (טבלה 1).

השפעת חיטוי מצע גידול הצמחים על תופעת עיכוב הנביטה - קרקע חול-רחובות וכן טוף המשמשים כמצע גידול לשתילים חוטאו ב-3 צורות שונות. עיכוב הנביטה נמצא אף במצעים מחוטאים, אולם היה ברמה נמוכה יותר יחסית לקרקע טבעית (טבלה 2).

מיקום הגורם המעכב נביטת זרעים בתאי החיידקים - שבירת תאי החיידקים והפרדתם למספר מקטעים שונים, הראתה כי מחולל תופעת העיכוב נמצא בציטופלסמת תאי החיידקים, ואיננו קיים בדפנותיהם החיצוניים.

הקשר בין פתוגניות התבדד לעלי פלפל ופתוגניות כלפי זרעי-פלפל - ארבעת

דיון

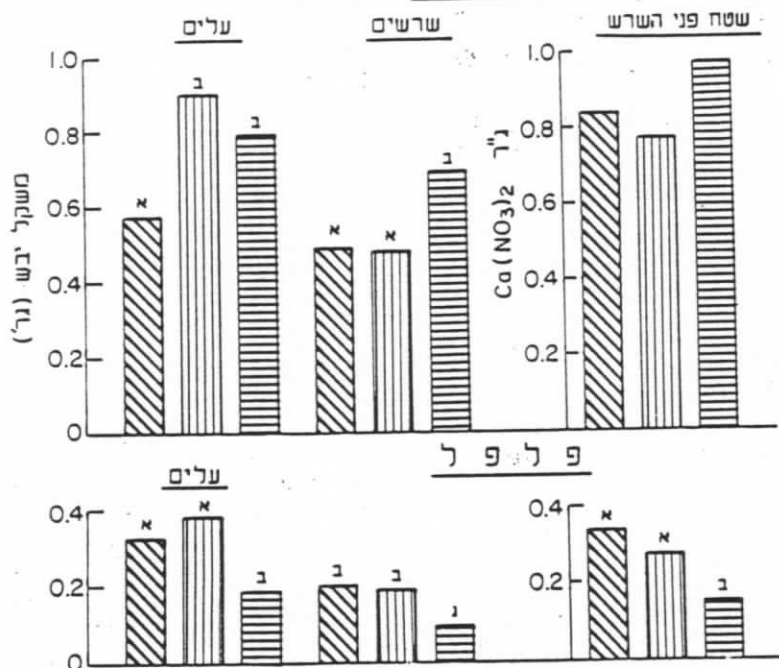
מחולל הגרב הבקטרי בפלפל ידוע כמועבר בזרעים (1). עד כה סברו, כי שהיה זו בזרעים הינה לצרכי השתמרות מעונה לעונה, אולם הפתוגניות של החיידק מתבטאת רק כלפי נופו העל-אדמתי של הצמח.

מחקר זה מדגים, כי תבדדים ספציפיים של מחולל הגרב הבקטרי לצמחי פלפל מסוגלים לעכב את נביטת זרעי הפונדקאי שלהם וכן צמחי-עגבניה לא פונדקאים. זרעי פלפל מתגברים על תופעת העיכוב לאחר פרק זמן בניגוד לזרעי עגבניה.

התופעה מתרחשת בעיקר באדמות קלות שאינן מעוקרות. יתכן שדבר זה מצביע על מעורבות גורמים קרקעיים נוספים שאינם מוזהים בשלב זה של המחקר בתופעת עיכוב הנביטה, כגון ספיחת חיידקים לגרגרי הקרקע ולכידתם. ייתכן גם שמאחר שזרעי פלפל נובטים טוב יותר במצע מעוקר, הם מתגברים ביתר-קלות על תופעת העיכוב הנגרמת ע"י החיידקים הפתוגניים.

תופעת עיכוב דומה, אולם במימדים חזקים

ע נ ג ב נ י ה



בנפרד) נבדלות באופן מובהק ב- $P \leq 0.05$. כל תתי-גורף מכיל משמאל לימין: צמחים שאינם מאולחים (א); צמחים מאולחים בחיידקים חיים (ב); צמחים מאולחים בחיידקים מומתים (ג). עמודות המלוות באותיות שונות, בכל תתי-גורף בנפרד, נבדלות זו מזו באופן מובהק ב- $P \leq 0.05$.

שרטוט 3: השפעת אילוח בחיידקי גרב בקטרי חיים ומתים על משקלם היבש של עלי עגבניה (א) ושרשיה (ב) ועל שטח הפנים של השרשים (ג); על משקל יבש של עלי (ג) ושרשי (ד) פלפל ועל שטח הפנים של שורשיו (ה).
הסטוגרמות המלוות אותיות שונות (בכלל תתי-גורף

אפקטים שונים על הנביטה ועל התפתחות השורשים, חוסר הקשר בין פתוגניות לעלים ופתוגניות כלפי זרעים נובטים, עיכובים חזקים יותר ע"י חיידקים מומתים, בידוד המקטע הפעיל מתוך מרכיבי תא החידק - כל אלה מצביעים על מנגנון פתוגני שונה כנראה מתקיפת עלים רגילה של הפתוגן.

בהווה, עיכוב נביטת זרעי עגבניה ופלפל כנראה אינו בעל חשיבות כלכלית רבה, כיוון שזרעים אלו אינם יקרים ונזרעים ממילא בעודף בשדה. אולם חשיבות עיכוב נביטה עשויה לעלות כאשר השימוש בזרעי F_1 יקרים יהיה נפוץ יותר.

זאת ועוד, עיכוב נביטה הגורם לשתילים קטנים יותר ביום המכירה עלול לגרום נזק למשתלות המגדלות מסות גדולות של צמחים אחידים בעלי גודל קבוע והספקה

יותר הובחנה לפני מספר שנים באילוח זרעי עגבניה במחולל הניקוד הבקטרי (2). בעגבניות גרמה התופעה למחלת חולי-נופל, ולעיכוב ניכר בגידול הצמחים.

לפיכך ניתן להסיק משני מקרים אלו, שתופעות פתוגניות של מחוללי מחלות-עלים בקטריאליות אינן מוגבלות דוקא לנופו העל-אדמתי של הצמח, ופגיעתן בשתילים עשויה להיות בעלת חשיבות גם אם היא לא מפתחת את הסימפטומים הרגילים והמוכרים על-פני העלים. נוסף לכך, תופעות שנתקבלו מחיידקים מומתים מצביעות על הסכנה, שגם חיטוי יעיל של זרעים נגועים במידה רבה בפתוגנים עשויים לגרום לתופעות עיכוב נביטה. אולם נמצא, כי חיטוי מצע הגידול לנבטים מפחית במידת-מה את התופעה.

במועד מסויים. כמרכז, יבולים המיועדים לייצוא בתאריך קבוע מראש, עשויים להישלח לשיווק לשוק המקומי עקב האיחור במועד הקטיף הנובע מאיחור משמעותי בנביטה.

הבעת תודה

תודתי לעינב רחמילביץ על השתתפותה בביצוע חלק מהניסויים.

ספרות

1. בשן י., אוקון י., הניס י. (1982): השתמרות ממושכת של מחוללי הניקוד והגרם הבקטריים בורעים. "השדה" ס"ב: 724-725.
2. בשן י., דיאב ש., אוקון י., יוניס ה. (1980): תמותת זרעי עגבניה נובטים, שגורם מחולל הניקוד הבקטרי. "השדה" ס': 2103-2107.
3. בשן י., עזאיזה מ., דיאב ש., אוקון י., יוניס ה. (1984): נזקי מחלת הגרב הבקטרי בפלפל. "השדה" ס"ד: 1138-1140.
4. דיאב ש., בשן י., אוקון י. (1981): הלחות היחסית והשפעתה על מחלת הגרב הבקטרי בפלפל. "השדה" ס"ב: 356-360.
6. וולקני, צ. (1961): מחלת כתמי עלים ופרות של עגבניה שמחוללתה היא *Xanthomonas vesicatoria*. "השדה" מ"א: 1458-1461.
7. Leben, L. (1983): *Phytopathology* 73:577-581.