

# השפעת עקת מים וטמפרטורה על התפרצות מקרופומינה בגידולי כותנה

## רגישים – סיכום עונת 2024.

חגי רענן, מנהל המחקר החקלאי, המחלקה למחלות צמחים, מרכז מחקר גילת.

נועם עמיר, מגדלי הדרום.

יונתן עימנואל – שה"מ

### תקציר

בשנים האחרונות ישנה עליה בנזקים הנגרמים מהתפרצותה מחלת רקבון הפחם (Charcoal rot) הגורמת לנבילה בכותנה ונגרמת ע"י הפטרייה *Macrophomina phaseolina* לה רגישים יותר זני הפימה שהיקף גידולם עולה. הדבקת הצמחים בפטרייה לא בהכרח גורמת להופעת תסמיני מחלה, והופעת המחלה תלויה בשינוי תנאי הסביבה כדוגמת טמפרטורה וזמינות מים הגורמים לצמח להיכנס לעקה. עם זאת עדיין לא ברור לחלוטין מה בדיוק גורם להתפרצות. ניסויי שדה קודמים הראו הפחתה של המחלה בעזרת השקיה נאותה. עם זאת מאחר והשקיה מוגברת יכולה גם לגרום לצימוח מוגבר על חשבון יצירת פרחים והלקטים יש צורך לדייק את ממשק ההשקיה כדי לאזן בין הגורמים.

חקלאים רבים נוטים "לזרוע ברטוב" על מנת לחסוך במים. פרקטיקה זו המנצלת את המים שנאגרו בקרקע במהלך עונת הגשמים מחייבת זריעה בטמפרטורות קרקע נמוכות יותר ולעיתים מחייבת העמקת הזריעה במספר סנטימטרים. בעקבות כך העלנו השערה שהזריעה ברטוב מחלישה את הצמחים ומגבירה את רגישותם להתקפה ע"י מקרופומינה.

במחקר זה אנו בוחנים את הקשר תנאי עקה בתחילת בשלבי הנביטה הראשונים להדבקה והתפרצות סימני מחלת ריקבון הפחם. התוצאות שהושגו בשנים 2022-2024 מצביעות על כך שדווקא טמפרטורה נמוכה בשלבי הגידול הראשוניים הגורמת לנביטה ארוכה יותר מגבירה את רגישות הצמחים להתפרצות ריקבון הפחם. ייתכן שזריעה מוקדמת ברטוב אינה פרקטיקה מייטבית וגורמת להתפרות המחלה. עם זאת המנגנונים הגורמים לקשר בין הזריעה המוקדמת להתפרצות המחלה והיכולים הנמוכים כמו גם הדרכים להקטין את הנזק מהמחלה דורשים מחקר נוסף.

### מבוא

*Macrophomina phaseolina* הינה פטרייה שוכנת קרקע הגורמת לריקבון הפחם, (Charcoal rot) במגוון רחב מאוד של צמחים ממשפחות בוטניות שונות ובכללם רוב גידולי הקיץ הגדלים בישראל; תירס, סורגום, אבטיח, מלון, אפונה, חמצה, שעועית, חמנית, ושומשום (Cohen et al., 2020; Su et al., 2001). המיקרו-קשיונות (microscelortia) של הפטרייה המהווים את מקור ההדבקה העיקרי, עמידים מאוד לתנאי הסביבה ויכולים לשרוד בקרקע שנים רבות. אל אף המאמץ הרב המושקע בעולם, הדברת הפטרייה נותרה אתגר משמעותי (Marquez et al., 2021).

הפטרייה *M. phaseolina* מוכרת בעולם כגורמת מחלת נבילה גם בכותנה, אולם רגישותם של זני הכותנה השונים למחלה משתנה. בעקבות העלייה במחירי הכותנה בעולם חלה עליה גדולה בגידול הכותנה בארץ לאחר שנים של ירידה מתמשכת בגידול זה. בשנתיים האחרונות גודלו בארץ כ-80 אלף דונם כותנה, רובם מהזן פימה הרגיש למחלה. במקביל לעליה בהיקף גידול זני הפימה בישראל, חלה גם עליה בנזקים הנגרמים מהתפרצות מחלת ריקבון הפחם בכותנה. (Cohen & Elkabetz, 2021).

הדבקת הצמחים בפטרייה לא גורמת בהכרח להופעת תסמיני מחלה, והופעת המחלה תלויה קשורה עם תנאי עקה שונים. עקות חום ויובש ידועות כגורמות להתפרצות של מחלה זו ולכן הועלתה ההשערה שהעלייה בנזקים כתוצאה מהתפרצות המחלה קשורה לשנויי האקלים בשנים האחרונות (de Sousa Linhares et al., 2020; Pandey & Basandrai, 2021). יתכן שנויי האקלים בשנים האחרונות הכוללים גלי חום קיצוניים בקיץ כמו גם גלי קור לא אופייניים בעונת המעבר (כדוגמת מרץ 2022) הם הגורמים לעליה בנזקים גם בענף הכותנה בארץ. לאור הנזקים הנגרמים למגדלים, הכריז ענף הכותנה על בעיה זו כבעיה מרכזית בענף.

ניסויי שדה קודמים הראו הפחתה של המחלה בעזרת השקיה נאותה. עם זאת מאחר והשקיה מוגברת יכולה גם לגרום לצימוח מוגבר על חשבון יצירת פרחים והלקטים יש צורך לדייק את ממשק ההשקיה כדי לאזן בין הגורמים.

על מנת לחסוך את הצורך בהשקיה בשלבי הגידול הראשונים חקלאים רבים נוטים "לזרוע ברטוב". פרקטיקה זו המנצלת את המים שנאגרו בקרקע במהלך עונת הגשמים מחייבת את הקדמת מועד הזריעה במספר שבועות ולכן הזריעה נעשית בטמפרטורות קרקע נמוכות יותר. בנוסף לעיתים הדבר מצריך את העמקת הזריעה במספר סנטימטרים. הטמפרטורות הנמוכות והעמקת הזריעה גורמים למשך נביטה ארוך יותר. בעקבות כך העלנו השערה שהזריעה ברטוב מחלישה את הצמחים ומגבירה את רגישותם להתקפה ע"י מקרופומינה.

### **למחקר זה שני יעדים עיקריים:**

1. בחינת השפעת מועד הזריעה על עוצמת ההדבקה והתפרצות מקרופומינה בשדה ובמעבדה.
2. בחינת היעילות של תכשירי הדברה ומעודדי צמיחה בהפחתת הנזק הנגרם מהמחלה בזריעה מוקדמת.

## **שיטות**

### **בחינת השפעת מועד הזריעה על עוצמת ההדבקה במקרופומינה בשדה.**

במהלך עונות 2022-2024 בוצעו ניסויי שדה בגד"ש קבוצת יבנה. בניסויים אילו בחנו את השפעת מועד הזריעה ועומק הזריעה על ההדבקה בפטרייה, הופעת הסימטומים של המחלה והיבול.

מועד ראשון נזרע באמצע מרץ ( 18.3.22 , 13.3.23 , 15.3.24 ) ומועד שני היה בסוף החודש ( 29.3.22 , 27.3.23 , 29.3.24 ) בכל מועד נזרעו שש שיטות בעומק זריעה של 3-4 ס"מ. בשני המועדים לא ניתנה תוספת השקיה בשלב הזריעה.

במהלך עונה עקבנו אחר הנביטה וההתפתחות של הצמחים, רמת נגיעות הצמחים, תסמיני המחלה והיבול בסיום העונה. הערכת הנגיעות התבצעה 3 חודשים אחרי הזריעה. ההערכה התבצעה בשני טרנסקטים לרוחב השדה. ניתנה הערכת אחוז כיסוי הצמחים הנגועים. במקביל נדגמו 50 צמחים מהזריעה המוקדמת ו50 צמחים מהזריעה המאוחרת לצורך בדיקת נגיעות במקרופומינה בשורשים. היבול בסוף העונה נמדד ישירות בעת הקטיף ע"י הקטפת ונאסף בגליליות נפרדות להשוואה.

#### **בחינת יעילות תכשיר הדברה ותכשיר מעודד צמיחה בהפחתת הסימפטומים של המחלה בשדה**

במהלך עונת 2024 בנוסף על הזריעה המוקדמת והמאוחרת בחנו את יעילות הוספת Azoxystrobin (עמיסטר) או תכשיר מעודד צמיחה המבוסס על חומצות הומיות (הומיגת) בפס הזריעה. הטיפול נזרעו בזריעה המוקדמת ונבחן יחד עם ניסוי מועדי הזריעה. הטיפולים היו 100 מ"ל ו 200 מ"ל לדונם עמיסטר 4 ליטר או 10 ליטר לדונם הומיגת. כל טיפול התבצע בשש חזרות (שיטות).

**בחינת השפעת תכשיר הדברה ותכשיר מעודד צמיחה בתא צמיחה על הנביטה, הגידול וההדבקה במקרופומינה בטמפרטורות השונות.**

בתא הצמיחה דימינו מועדי זריעה שונים ע"י טמפרטורת של 18 או 25 מעלות. בכל ניסוי נזרעו 10 עציצים מאולחים מכל טיפול ו 10 כביקורת. בנוסף נזרעו 4 עציצים מכל טיפול ללא אילוח כדי לשלול פיטוטוקסיות. גידלנו מקרופמינה של צלחות pda למשך שבוע ימים. לאחר שבוע הצלחות נטחנו בעזרת בלנדר והחומר הטחון נמהל במים סטריליים. יום למחרת הזריעה בעציצים אולחו העציצים ב 50 מ"ל של התמהיל. העציצים גודל למשך חודש בטמפרטורה הרצויה במחזור אור/חושך של 12 שעות. לאחר חודש כל הצמחים שנבטו מכל טיפול נמדדו, נשקלו ונבחנו ויזואלית לזיהוי סימני מחלה. הניסוי התבצע פעמיים.

## **תוצאות**

#### **השפעת מועד הזריעה על הופעת סימני מחלה ונגיעות במקרופומינה בשדה.**

במהלך עונות 2022-2024 בוצעו שלושה ניסויי שדה בגד"ש קבוצת יבנה. בניסויים אילו בחנו את השפעת מועד הזריעה על הופעת הסימפטומים של המחלה ונגיעות הצמחים במקרופומינה בסוף העונה. בחינת השפעת מועדי הזריעה התבצעה ע"י זריעה בשני מועדים בהפרש של שבועיים בין הזריעות. מועד ראשון באמצע מרץ ושני בסוף מרץ. בהתאם לכך זמן ההצצה של הזרעים היה יותר ארוך בזריעה המוקדמת,  $15.6 \pm 1.1$  ימים לעומת  $8 \pm 1.7$  ימים בזריעה המאוחרת. גם זמן רב לאחר הזריעה המוקדמת ניתן היה לראות את ההבדלים בצימוח בין הזריעה המוקדמת והמאוחרת (תמונה 1).

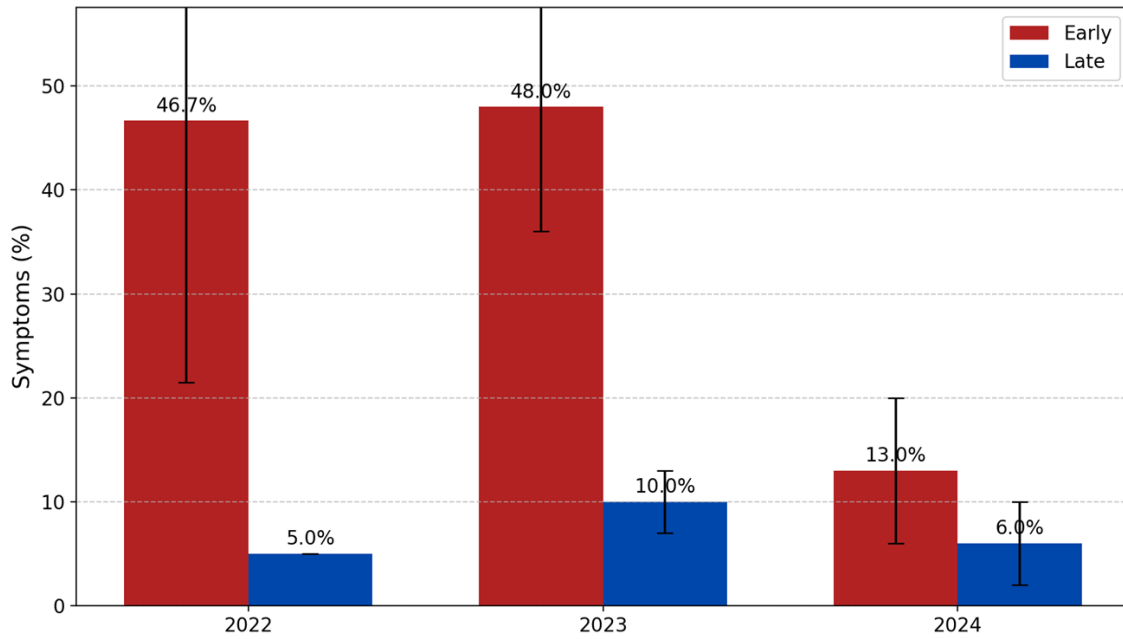


**תמונה 1: צימוח מעוקב בזריעה המוקדמת לעומת הזריעה המאוחרת.** א, ב - תמונות מניסוי מועדי הזריעה השונים בשנת 2023 שלושה חודשים לאחר הזריעה (צולם ב-22.6.23). ג, ד - תמונות מניסוי מועדי הזריעה השונים בשנת 2024 כחמישה חודשים לאחר הזריעה (צולם ב-21.8.24)

הופעת הסימפטומים של מקרופמינה בשדה נבדקה בשנים 2022 ו-2024 נבדקה לקראת סוף חודש אוגוסט (24.8.22 ו-25.8.24) בשנת 2023 עקב נגיעות חמורה הסימפטומים נבדקו בתחילת יולי.

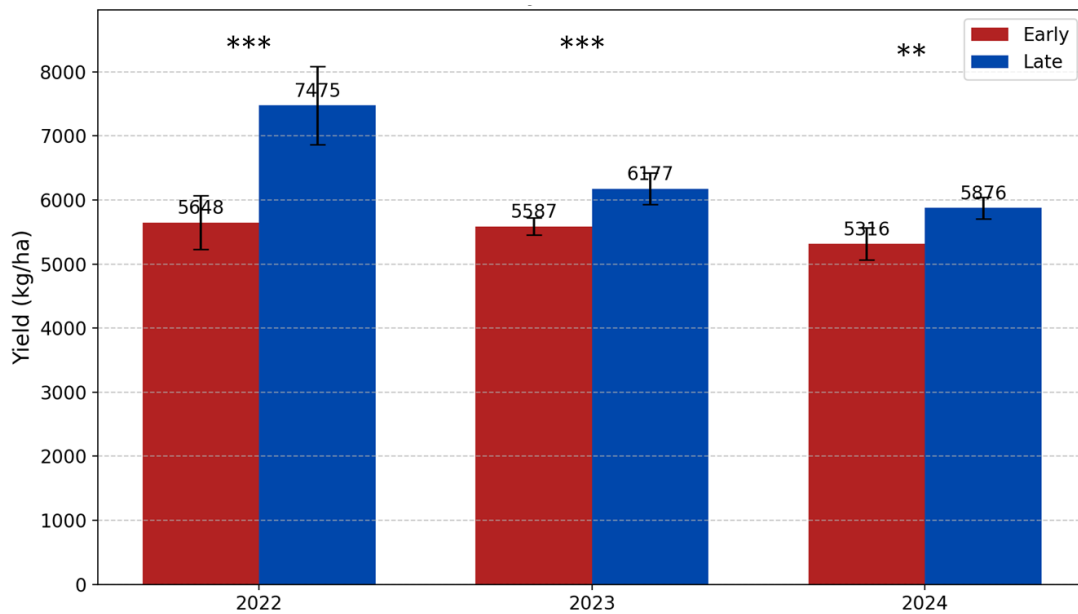
בכל שנות הניסוי ניתן לראות הבדל מובהק ברמת הסימפטומים בין הזריעה המוקדמת לזריעה המאוחרת. בשנתיים הראשונות אחוז הצמחים הסימפטומטיים בזריעה המאוחרת הגיע כמעט ל-50% לעומת פחות

מ10% בזריעה המאוחרת. בשנת 2024 אחוז הצמחים הסימפטומטיים היה נמוך משמעותית אבל עדיין שונה באופן מובהק בין הזריעה המוקדמת (13%) לזריעה המאוחרת (6%).



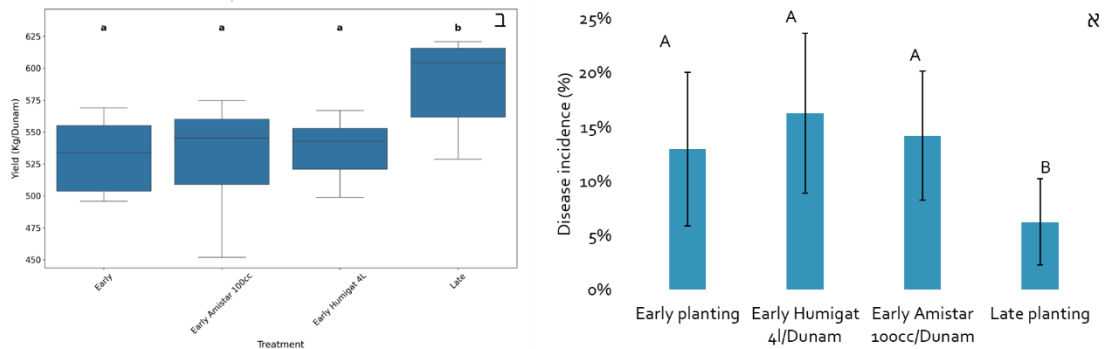
**גרף 1: תסמיני המחלה במועדי הזריעה השונים.** הגרף המציג את אחוז הצמחים הסימפטומטיים בשני המועדים בכל שולש שנות המחקר. סטיית תקן מופיעה בגרף.

גם היבול שהתקבל מהזריעה המאוחרת היה הגבוה יותר מהזריעה המוקדמת באופן מובהק ( $P < 0.002$ ) בכל שלושת שנות המחקר. הזריעה המוקדמת הניבה כ 10%-30% פחות יבול.



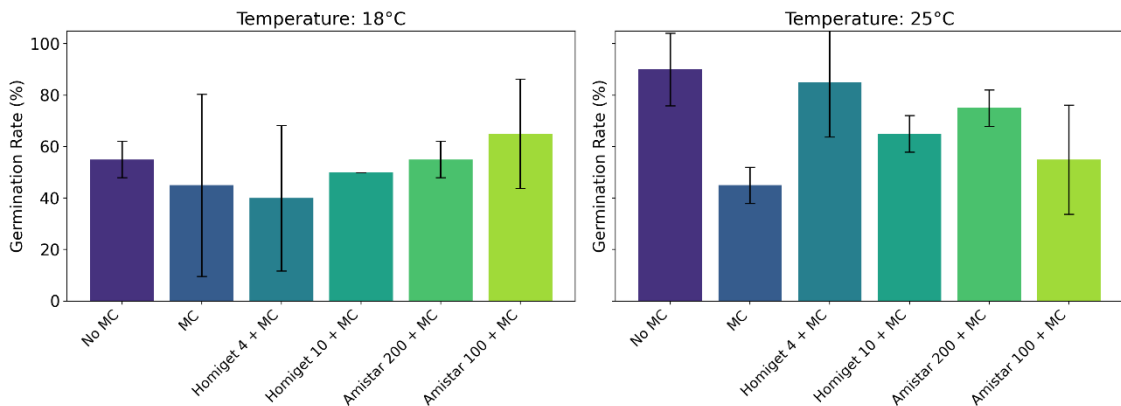
**גרף 2: יבול הכותנה במועדי הזריעה השונים.** סטיות תקן מופיעות בגרף.

לאור התוצאות הברורות על הנזק הנגרם בזריעה המוקדמת וההשפעה הרבה שיש לתנאי הסביבה בשבועות הראשונים לגידול על המשך העונה בחנו בשנת 2024 האם תוספת תכשיר הדברה (Azoxystrobin) או תכשיר מעודד צמיחה המבוסס על חומצות הומיות יוכל להפחית את הנזק כתוצאה מהזריעה המוקדמת. תוצאות הניסוי לא הראו כל שיפור בהפחתת תסימיני המחלה או היבול בשדה.



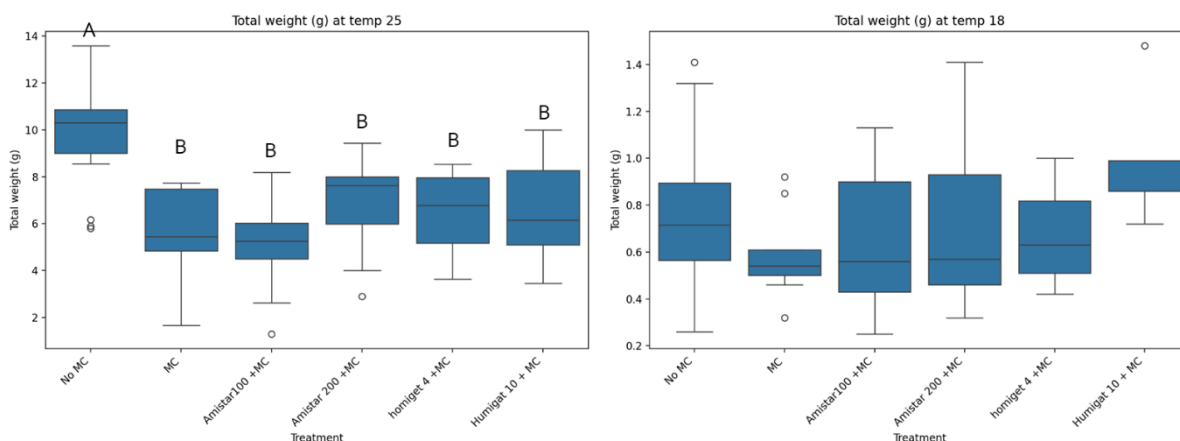
**גרף 3: אחוז הצמחים הסימפטומטיים ויבול הכותנה בטיפולים השונים. א. אחוז הצמחים הסימפטומטיים בטיפולים השונים בזריעה המוקדמת ובזריעה המאוחרת. ב. היבול בטיפולים השונים של הזריעה המוקדמת לעומת הזריעה המאוחרת. סטיות תקן ומובהקות סטטיסטית מופיעות בגרף.**

בנוסף לניסוי בשדה בחנו את השפעת התכשירים בניסוי עציצים שהתבצע בשני טמפרטורות שונות המדמות את הזריעה המוקדמת והזריעה המאוחרת (18 או 25 מעלות). אחוז הנביטה בטיפולים השונים נע בין 40%-90%. לא היה הבדל מובהק סטטיסטית באחוזי הנביטה בין הטיפולים.



**גרף 4: אחוז הזרעים שנבטו עם ובלי אילוח במקרופומינה. הגרף מציג את אחוז הצמחים שנבטו בטמפרטורות השונות וטיפולים השונים (n=10). הניסוי בוצע פעמיים. סות תקן מופיעות בגרף.**

לאחר חודש כל הצמחים שנבטו מכל טיפול נמדדו, נשקלו ונבחנו ויזואלית לזיהוי סימני מחלה. בכל הטיפולים לא הבחנו בסימני מחלה בצוואר השורש. עם זאת ראינו השפעה מובהקת של ההדבקה במקרופומינה על משקל הצמחים ב25°C מעלות. הצמחים שגדלו ב18°C היו קטנים מאוד ולא ניכרה השפעה מובהקת של ההדבקה על הגידול. באף אחד מהפרמטרים שנמדדו לא התקבל ייתרון לצמחים שטופלו בעמיסטר או בהומיגת.



גרף 5: משקל הצמחים בטמפרטורות והטיפולים השונים. דיאגרמות קופסא המציגות את המשקל הכולל של הצמחים בטיפולים השונים ב $18^{\circ}\text{C}$  וב $25^{\circ}\text{C}$ .

## בביליוגרפיה

Cohen, R., & Elkabetz, M. (2021). מקורופומינה בכותנה - הדגמת תהליכי מחקר באינטראקציה בין פתוגן, צמח וסביבה. 1–11.

Cohen, R., Elkabetz, M., Paris, H. S., Gur, A., Dai, N., Rabinovitz, O., & Freeman, S. (2020). Occurrence of *Macrophomina phaseolina* in Israel: Challenges for Disease Management and Crop Germplasm Enhancement. 1–11.

de Sousa Linhares, C. M., Ambrósio, M. M. Q., Castro, G., Torres, S. B., Esteras, C., de Sousa Nunes, G. H., & Picó, B. (2020). Effect of temperature on disease severity of charcoal rot of melons caused by *Macrophomina phaseolina*: implications for selection of resistance sources. *European Journal of Plant Pathology*, 158(2), 431–441. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-02083-w>

Irulappan, V., Kandpal, M., Saini, K., Rai, A., Ranjan, A., Sinharoy, S., & Senthil-Kumar, M. (2022). Drought Stress Exacerbates Fungal Colonization and Endodermal Invasion and Dampens Defense Responses to Increase Dry Root Rot in Chickpea. *Molecular Plant-Microbe Interactions*®, 35(7), 583–591. <https://doi.org/10.1094/MPMI-07-21-0195-FI>

Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S., & Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control.

*Frontiers in Plant Science*, 12(April). <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>

Pandey, A. K., & Basandrai, A. K. (2021). Will *Macrophomina phaseolina* spread in legumes due to climate change? A critical review of current knowledge. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(1), 9–18. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00374-2>

Su, G., Suh, S. O., Schneider, R. W., & Russin, J. S. (2001). Host specialization in the charcoal rot fungus, *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology*, 91(2), 120–126. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.2.120>