

סיכום הניסוי לבחינת שילוב ממשק השקיה וטיפול פונגיציד

להפחתת נזקי מקרופומינה בכותנת פימה – גד"ש עציון 2019

און רבינוביץ – מו"פ צפון, אריה בוסק – ועדת מגדלים דרום, רוני כהן – מינהל המחקר החקלאי, גיא רשף, אייל פרידמן וצוות השדה של חברת נטפים, צוות גד"ש עציון

מבוא ותיאור הבעיה

מחלת ריקבון הפחם (Charcoal rot) הנגרמת ע"י הפטרייה *Macrophomina phaseolina* היא מחלת קרקע רב פונדקאית. למחלה כ-500 פונדקאים ממשפחות בוטניות שונות כמו למשל תירס, סורגוס, אבטיח, מלון, אפונה, חמצה, שעועית, תלתן, חמנית, אספסת, כרוב, הדסים וכותנה.

בעבר נצפתה המחלה בגידולי כותנה ברמות משתנות. לפני מספר שנים חזרנו לראותה בשדות הכותנה בעוצמות מוגברות הקשורות כנראה לשינויים בזני הכותנה ובעיקר המעבר לזני פימה רגישים ואולי תנאי אקלים. המחלה נחקרת באינטנסיביות בשלוש השנים האחרונות. מצאנו שלתנאי מזג האוויר ולכמויות המים הזמינות בקרקע חשיבות רבה והשפעה ניכרת על התבטאות המחלה.

בשנת 2018 פותחה מערכת שזיהתה את האנומליות בשדה ככלי להערכת התפתחות המחלה בשדה. ברצוננו היה למסד את התוצאות כדי לספק לחקלאים המלצות גידול אמינות שיאפשר הפחתה משמעותית בנזקי המחלה וזאת גם על רקע השינויים הקשורים להתחממות הגלובלית. זיהוי המחלה בשדה על בסיס תמונות רחפן low cost הוא אטרקטיבי מאוד עבור החקלאי והרבה חקלאים רכשו רחפנים עם מצלמות RGB כדי "להסתכל" על החלקות בגידולים השונים בעיקר כדי לזהות תקלות בגידול.

האיפה היא לבסס את הידע שנצבר עד כה ולנסות לענות על השאלות האם אפשר להעריך את מידת פיזור המחלה ושכיחותה בשדה על פי צילומי הרחפן. האם אפשר לחזות קדימה מנתוני תחילת העונה להמשך העונה את התקדמות המחלה, כמה קדימה ומאיזה שלב צימוח? כל זה בעזרת כלים קיימים ובפיתוח על בסיס - target recognition לזיהוי המחלה בשדה בשלבים שונים בעזרת מערכת deep learning שיפותחו במיוחד ו/או תוכנות הקיימות בשוק למשל Arcgis. כלי ההתמודדות עם המחלה והכלים לזיהוי יוכלו לסייע לחקלאים להפחית את נזקי המחלה בשדות הכותנה כמו גם בעיות אחרות בגידולים נוספים.

מטרות המחקר והתועלת הצפויה ממנו

מטרת העל של המחקר היא למסד ממשק השקיה ויישום חומרי הדברה בגידול כותנת פימה כדי למזער את נזקי מחלת המקרופומינה בכותנה.

לנסות לקשור את היבול עם הערכת נוכחות המחלה בשדה בעזרת חישה מקרוב ומרחוק. השאלות הספציפיות של המחקר הן:

1. מה הם מרווחי ההצבה המיטביים של שלוחות הטפטוף.
2. מהו ממשק השקיה המיטבי ובעיקר מועד ההשקיה הראשונה.
3. האם טיפול בפונגיצידים תורם להפחתת נזקי המחלה ומהו ממשק היישום המיטבי.
4. קביעת הקשר בין רמת המחלה כפי שמתבטאת בשדה לנזק כפי שמתבטא ביבול.
5. האם ניתן לזהות את המחלה בשדה באמצעות צילום זול מרחפן, והאם ניתן על סמך הזיהוי לחזות את התפתחות הנזק.

ההצעה והמחקר הותאמו ליעדי ענף הכותנה כפי שהוגדרו ע"י מועצת הכותנה :

ממשק - התאמת ממשק השקיה וגידול לזני פימה

הגנת הצומח – התמודדות עם מחלת המקרופומינה בכותנה

שיטות וחומרים

הניסוי הוצב בגד"ש עציון, סמוך לכפר הנוער קדמה. כותנה מהזן גוליית 6 נזרעה ב- 14.04.2019 בחלקה עם היסטוריה של נגיעות במחלה ונזקים קשים שנגרמו בגינה ליבול הכותנה ב- 2017. החלקה נזרעה ברטוב, אך כדי להבטיח נביטה אחידה הוספו כ- 100 ליטר מים לדונם בפס הזריעה. מספר ימים לאחר הזריעה ירד גשם שהבטיח נביטה והצצה אחידים. לאור הניסיון המצטבר בניסויי השדה הקודמים שבוצעו ב- 2016 בגד"ש שמ"ש בקיבוץ עמיר וב- 2018 בגד"ש חפץ חיים הוחלט לבחון את השפעת 4 הגורמים הבאים על התבטאות המחלה בגידול:

1. **הצבת שלוחות הטפטוף – השאלה:** האם פיזור המים המקובל כיום, גורם לעקה לעומת הצבה מיטבית של שתי שלוחות לערוגה.
2. **מועדי השקיה - השאלה:** האם פתיחת מים מאוחרת מהמקובל, סמוך לפריחה גורמת להגברת מחלה והאם פתיחה מוקדמת או אף הנבטה בטפטוף מונעת או מפחיתה מחלה.
3. **יישום חומרי ההדברה לקרקע בזמן הזריעה - השאלה:** האם חומרי ההדברה ביישום מוקדם מועילים, ואם כן - באיזו צורת יישום.
4. **יישום חומרי הדברה בזמן הגידול בהגמעה בטפטוף – השאלה:** האם טיפול מאוחר עשוי לעכב את פגיעת הפטרייה.

הצבת שלוחות הטפטוף:

1. שלוחה לשתי שורות במרווח 96 ס"מ – הטיפול המקובל (שלוחה לערוגה)
2. שלוחה לכל שורה במרווח 96 ס"מ. (שתי שלוחות לערוגה).
3. שלוחה לשתי שורות במרווח 75 ס"מ (30 אינץ') על גבי ערוגה של 1.93 ס"מ (מרווח זריעה מקובל באגוזי אדמה אותו ניתן לזרוע במזרעה משקית ולקטוף בקטפת גליליות). בגלל אילוצים הוחלט להתאים את מרווח השורות בטיפול זה לקטיף בקטפת הניסיונות של חברת זרעי ישראל במרווח 80 ס"מ בין זוג שורות על ערוגה סטנדרטית. מערכת ההשקיה הוצבה על ידי גיא רשף וצוות השדה של חברת נטפים. ספיקת השלוחות הותאמה לשיעור השקיה אחיד.

מועדי השקיה

1. טיפול פתיחת מים מוקדם של השקיה ראשונה בוצע ב- 29.05 כשלושה שבועות לפני פריחה כ- 45 ימים מזריעה (כפתור פריחה בגודל 1 ס"מ).
2. טיפול פתיחת מים מאוחר של השקיה ראשונה – בוצע 19 ימים מאוחר יותר ב- 17.06, כשבוע לפני פריחה – כ- 63 ימים מזריעה.

יישום פונגיצידיים לקרקע בזילוף בפס הזריעה

1. בזמן הזריעה הוזלף החומר עמיסטר (Azoxystrobin 250 גרם בליטר) במינון 150 סמ"ק לדונם בפס הזריעה. החומר נמהל בנפח של 100 ליטר לדונם שנועד להבטיח את הנביטה.
2. ללא זילוף בפס הזריעה.

יישום פונגיצידיים בהגמעה דרך מערכת ההשקיה.

1. 2 הגמעות של החומר עמיסטר (250 גרם Azoxystrobin בליטר) במינון 150 גרם לדונם בכל הגמעה בוצעו בחלקה. ההגמעה הראשונה בכל מועד פתיחת מים בוצעה עם פתיחת המים בהשקיה הראשונה לאחר מתן כשני שליש ממנת המים. ההגמעה השנייה בשני הטיפולים בוצעה כחודש מאוחר יותר ב- 24.07. הגמעות החומר בוצעו בעזרת משאבה ייעודית על ידי אייל פרידמן מחברת נטפים.

2. ללא הגמעה.

סה"כ בניסוי נבחנו 24 טיפולים, במתכונת של חלקות מפוצלות. הגורמים הראשיים היו מועד פתיחת המים וטיפול ההגמעה, טיפולי המשנה היו מרווחי השורות וממשק ההשקיה שכל חלקה בטיפולים אלו פוצלה לטיפול הזילוף, עם ובלי זילוף. כל הניסוי בוצע בבלוקים באקראי ב- 6 חזרות. כל חלקת ניסוי נזרעה ברוחב 6 מטר ובאורך 12.5 מטר. סה"כ כ- 144 חלקות בשטח כללי של כ- 10 דונם. בחלקה המסחרית בה בוצע הניסוי נזרע הזן אקלפי 1432 באותו מועד.

לצורך מעקב על התפתחות הצמחים בכל הטיפולים, הוצבו מקלות למדידת גובה. ניטור הגובה ובהמשך הערכת קצב פתיחת ההלקטים בוצעו על ידי צוות המו"פ של משקי הדרום בהנחייתו של אריה בוסק. ניטור הצימוח שימש לקבלת החלטות לקביעת מנות המים בכל החלקות בכל מועד של פתיחת המים בנפרד. בסיוע חברת נטפים, הופרדו שני מועדי ההשקיה לשני מגופים נפרדים שנשלטו על ידי מערכת בקרת ההשקיה בכלל השדה, כך שהיה ניתן להשקות כל מועד פתיחת מים בנפרד על פי התפתחות הצמחים. מנת המים הכללית שנמדדה לשתי החלקות הייתה 443 מ"מ.

במשך הגידול בוצעו 2 דגימות של שורשי הצמחים לבחינת נוכחות פטרייה בהם. השורשים בודדו מהצמחים בשדה והובאו למעבדה של ד"ר רוני כוהן בנוה יער. מכל צמח מתוך 5 שנדגמו בכל חלקת ניסוי נחתכו 5 חלקי שורש ומידת נוכחות ושכיחות הפטרייה בשורשים המנותקים נקבעה בצלחות פטרי על גבי מצע סלקטיבי. במשך הגידול בוצעו 7 ניטורים להערכה בעין של מספר הצמחים החולים בכל חלקות הניסוי. בנוסף להערכה הקרקעית בוצעו בחלקה 4 ניטורים על ידי צילומי רחפן המצויד במצלמה באור נראה - RGB ובמצלמה תרמית. הצילומים בוצעו על ידי עידן ריצקר מדריך גידולי שדה במשקי הדרום והנגב. ניתוח הצילומים להערכת מידת הנגיעות במחלה בוצעו על ידי שלומי אהרון סטודנט לתואר שני שמתמחה בחישה מרחוק בהדרכת ד"ר רן לאטי במחלקה להדברת עשבים במנהל המחקר החקלאי בנוה יער. גידול החלקה, וכל הטיפולים בחלקה בוצעו באחריות, בתיאום ובשיתוף פעולה מיטבי של צוות גדי"ש עציון ב"ניצוחו" של ניר קנטי.

טיפולים שבוצעו בחלקה במהלך הגידול.

הדברת עשבים

ב- 19/05 בוצע ריסוס בחומרים אנוק במינון 1 גרם לדונם ובחומר סטיפל במינון 8 סמ"ק לדונם. העשבים העיקריים איתם היה צורך להתמודד היו עוקץ העקרב ולששית הצבעים. בהמשך בוצע עישוב של העשבים שהצליחו לחמוק מהטיפול, או שהציצו אחרי הטיפול.

מועדי טיפולי הריסוס נגד מזיקים

5/6 אמפליגו להתמודדות עם הליוטיס.

16/6 דורנים להתמודדות עם הליוטיס.

24/6 ארמדה + תלתן להתמודדות עם עשים ומוצצים.

10/7 פניקס + אטלס להתמודדות עם עשים ומוצצים.

בחלקה בוצעו 3 שילוכים להכנת לקטיפ:

1. 24/9 קויק 200 + שטח 90 % 2

2. 3/10 סטריפטז 70 + שטח 90 % 2

3. 10/10 סטריפטז 50 + שטח 90 % 2.

הריסוסים בחלקה בוצעו בחלקם מהאוויר ובחלקם מהקרקע כולל השילוך במרסס ג'ון דיר ברוחב של 24 מטר. הקטיפ בוצע ב- 30.10.2019. בכל חלקת ניסוי נקטף זוג השורות האמצעי באופן רציף על ידי קטפת הניסיונות של חברת זרעי ישראל. היבול בכל חלקה נשקל אוטומטית על גבי הקטפת.

ניתוח סטטיסטי

ניתוח סטטיסטי של התוצאות בוצע בתוכנת jmp 14 של חברת SAS.

תוצאות

בידוד הפטרייה משורשי כותנה

בידוד הראשון של שורשי הכותנה שנדגמו ב- 11.06 נראתה השפעה מובהקת לגורם הזילוף בלבד. ממוצע מספר השורשים בכל חלקה שנדגמה בה נמצאה נוכחות הפטרייה היה ללא זילוף 0.24 בהשוואה ל- 0.08 בלבד ללא זילוף. בתאריך זה עדיין לא הושקה טיפול פתיחת המים המאוחר.

בידוד השני של שורשי הכותנה שנדגמו ב- 8.07 בו נדגמו צמחים מכל חלקות הניסוי נראתה השפעה מובהקת (p<0.05) לגורמי ההגמעה ושיטת ההשקיה על נוכחות הפטרייה בשורשים. השפעת הגומלין בין שני הגורמים הייתה מובהקת ברמה של p=0.06 על כן יוצגו גם תוצאות אלו. ההגמעה הפחיתה ב- 28% את נוכחות הפטרייה בשורשים בהשוואה ללא הגמעה, 0.13 מכלל השורשים ו- 0.19 מכלל השורשים בהתאמה. נוכחות המחלה בשורות הצרות במרווח 80 ס"מ הייתה גבוהה במובהק מאשר בשיטת ההשקיה הסטנדרטית של שלוחה לשתי שורות במרווח זריעה סטנדרטי (96 ס"מ בין שורות) ולהשקיה בשלוחה לשורה במרווח הסטנדרטי (0.22, 0.13 ו- 0.13 בהתאמה). למרות זאת נראה היה שההגמעה במרווח השורות הצר הייתה יעילה והפחיתה את נוכחות המחלה בשורשים ב- 50% בהשוואה לנוכחותה ללא הגמעה (טבלה 1). ההגמעה במרווח הסטנדרטי בשלוחה אחת לשתי שורות הפחיתה את נוכחות המחלה ב- 33% בהשוואה ללא הגמעה. שיטת ההשקיה בשלוחה לשורה כנראה עשויה להקטין את נוכחות המחלה בשורשים גם ללא צורך בהגמעה. אולי עקב הרטבה גדולה יותר של אזור השורשים הקרוב לצמחים משם גם נדגמו השורשים.

טבלה 1. השוואת נוכחות המחלה בשורשים בתגובה להגמעה ולשיטת ההשקיה.

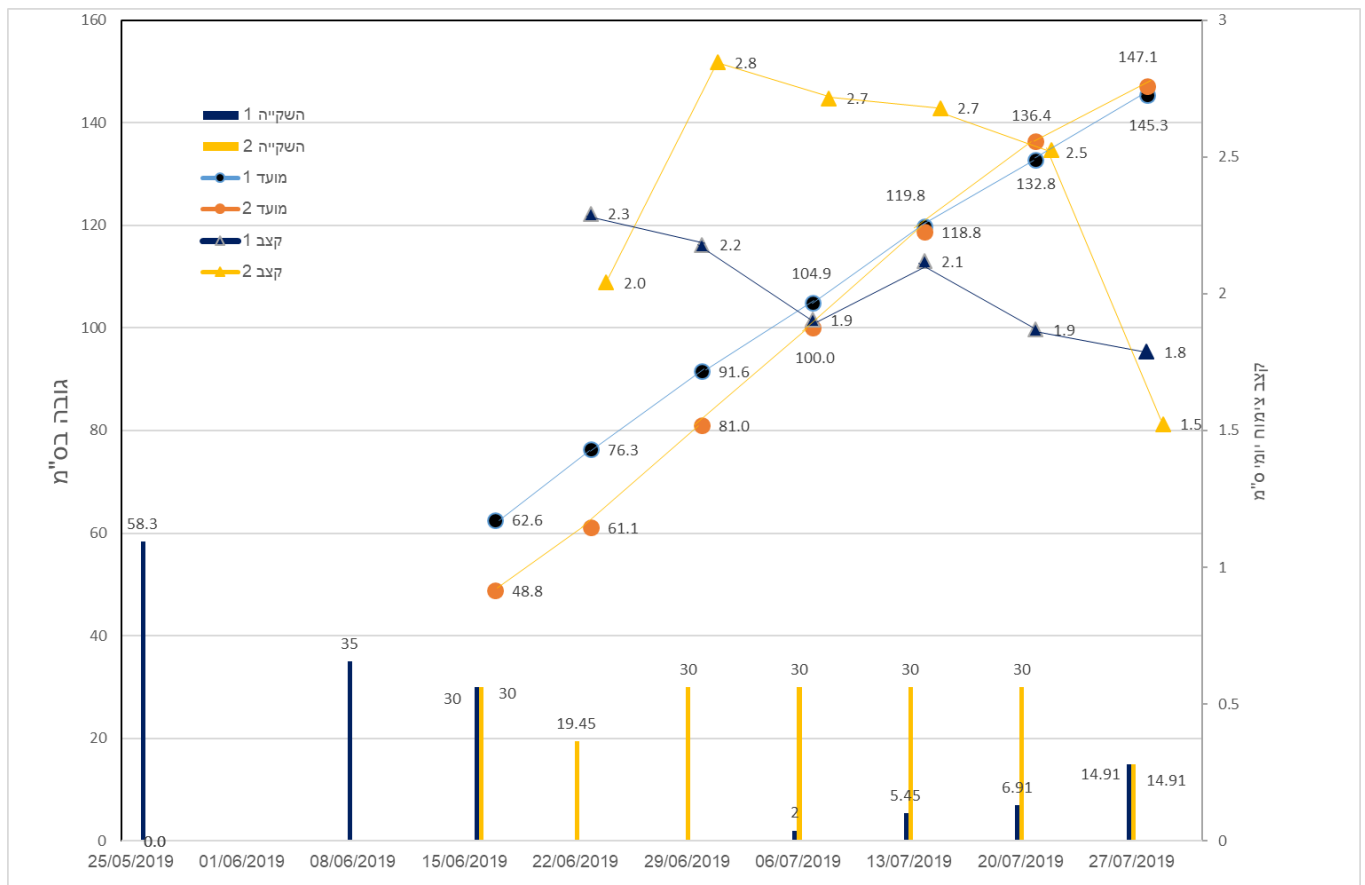
הגמעה ומשטר ההשקיה	מובהקות	ממוצע נוכחות המחלה בשורשים
0,80	A	0.290
0,1	B	0.154
1,80	B	0.150
1,2	B	0.133
0,2	B	0.125
1,1	B	0.108

ללא הגמעה 0 עם הגמעה 1. שיטות ההשקיה ומרווחי הזריעה, 80 - מרווח שורות של 80 ס"מ עם שלוחה אחת, 1 – מרווח זריעה סטנדרטי ושלוחה לשורה, 2- מרווח זריעה סטנדרטי עם שלוחה לשורה.

השפעת מועדי פתיחת המים על התפתחות הגידול

פתיחת המים במועד המוקדם לקראת סוף חודש מאי עודדה את הצימוח בטיפול זה. כאשר נפתחו המים בטיפול המאוחר כשבועיים וחצי מאוחר יותר נוצר הפרש בגובה הצמחים של כ- 15 ס"מ (תרשים 1). במועד הפריחה כשבוע מאוחר יותר ב- 24.06 גובה הצמחים בטיפול ההשקיה המוקדמת התקרב ל- 80 ס"מ, הגובה המומלץ בזמן פריחה על פי פרוטוקול גידול הכותנה. הצמחים בטיפול ההשקיה המאוחר היו עדיין נמוכים מהרצוי ואף החלו להראות "סימני מצוקה" של נוף כהה יותר וטמפרטורות נוף גבוהות יותר כפי שניתן לראות בצילום באור נראה (RGB), וצילום תרמי שבוצע על ידי עידן ריצ'קר עם הרחפן מגובה 25 מטר (תמונות 1 ו- 2). ביום הצילום ב- 11.06 (לפני הצבת מקלות למדידת גובה) הגובה המוערך בטיפול ההשקיה המוקדמת היה 50 ס"מ בהשוואה ל- 30 ס"מ בלבד בטיפול ההשקיה המאוחר. משלב זה הופסקה ההשקיה בטיפול המוקדם ורק הטיפול המאוחר הושק. מנות המים שניתנו גרמו לקצבי צימוח מאד גבוהים של קרוב ל- 3 ס"מ ליום לאורך תקופה ארוכה. הצימוח המהיר בטיפול זה וריסון קצב הצימוח בטיפול ההשקיה המוקדמת הביאו את הצמחים בשני הטיפולים לאותו הגובה החל מאמצע חודש יולי כ- 120 ס"מ. בסוף החודש הגובה הממוצע בטיפול המאוחר היה אף גבוה יותר, כ- 147 ס"מ ו- 145 ס"מ בהתאמה. משלב זה קבלו שני הטיפולים מנת מים זהה. הצימוח הנמרץ בטיפול ההשקיה המאוחר במשך כחודש של כ- 2.5 ס"מ ליום ויותר היה גבוה מאד ביחס למומלץ בפרוטוקול גידול הכותנה, אבל יתכן שעידוד זה של הצמחים לאחר תקופה של עקה הקטין את התבטאות המחלה בטיפול זה.

תרשים 1. גובה צמחים, קצבי צימוח ומנות מים בהשקיות מפתיחת מים עד סוף חודש יולי.

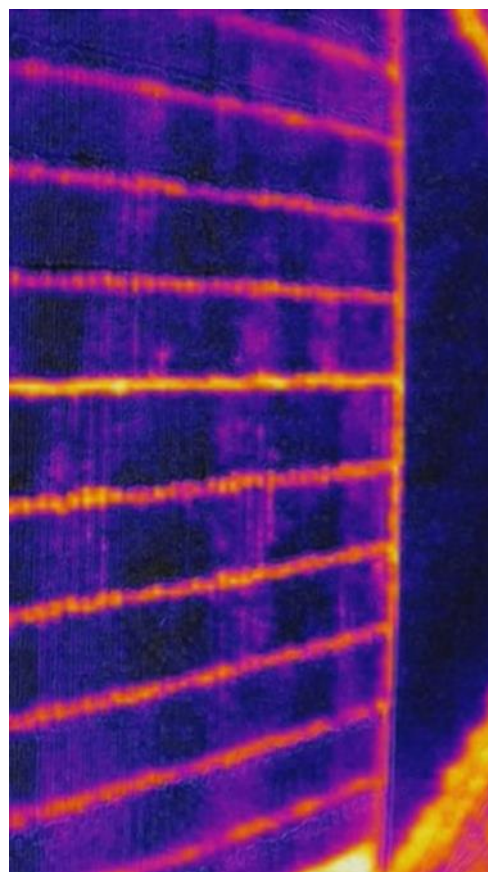


תמונה 1. צילום באור נראה של החלקה ב- 11.06 ברחפן מגובה 25 מטר.



החלקות הכהות עדיין לא קיבלו מים, החלקות הבהירות בהשקיה החל מ- 29.06.

תמונה 2. צילום תרמי של החלקה ב- 11.06 מגובה 25 מטר.



החלקות הבהירות, בהפוך לתמונה 1, הן החלקות שעדיין לא הושקו, בהן טמפרטורות הנוף גבוהה יותר. החלקות הכהות מושקות, בהן טמפרטורות הנוף כהה יותר.

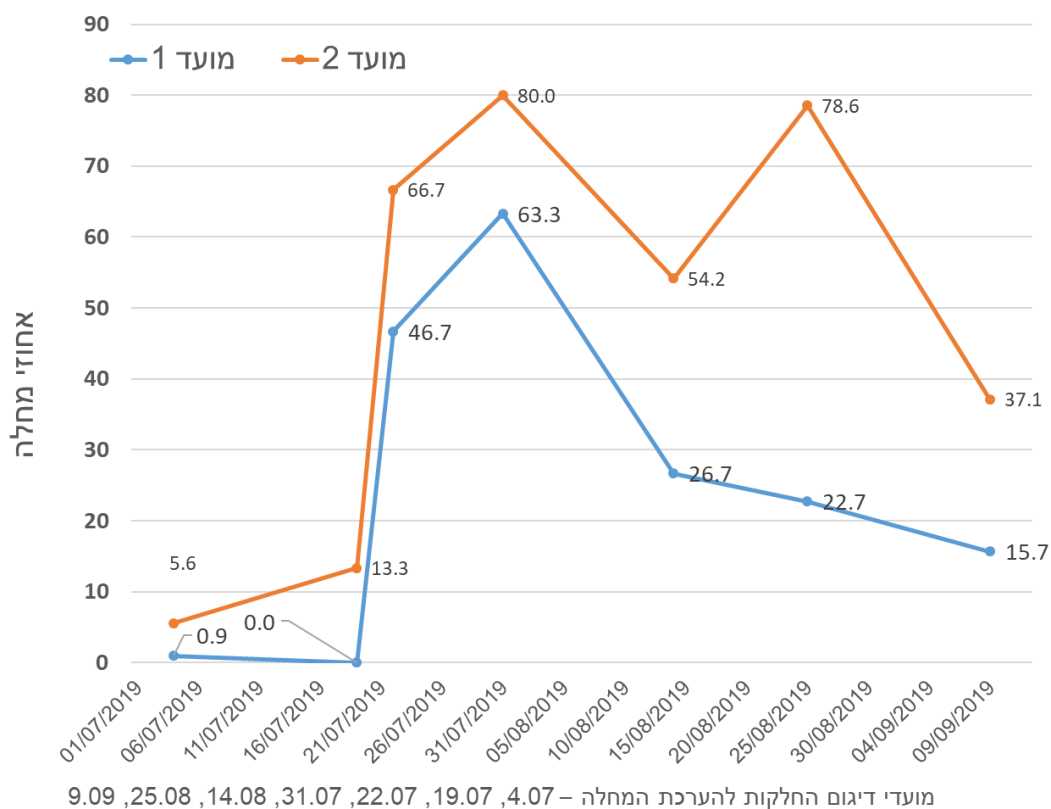
ניטור "מקרוב" מופע המחלה בחלקה

החל מ- 24.06 נראו צמחים עם סימני מחלה אופייניים, הצהבת עלים עליונים עד החלפת צבע לאדום עם כמישת עלים ועצירת צימוח. הצמחים הראשונים שהתגלו נראו בטיפול פתיחת המים המאוחר.

ב- 8.07 בוצע ניטור של כל חלקות הניסוי והוערכה מידת נוכחות הצמחים החולים, ובהמשך בוצעו ניטורים נוספים בחלקם רק של חלק מהחלקות, בהם הוערכה נוכחות המחלה. סה"כ כאמור בוצעו 7 ניטורים למעקב. הניטורים בוצעו על ידי מעבר בדרכי המעבר בין החלקות. בגלל הצימוח הנמרץ של הצמחים לא התאפשר מעבר בתוך החלקות ולקראת סוף הגידול גם לא התאפשר מעבר בכל דרכי המעבר בגלל רביצה.

על פי ההערכות שבוצעו, נראה היה שבטיפול פתיחת המים המוקדם יש פחות צמחים חולים ופחות חלקות בהן הופיעה המחלה (תרשים 2) לכל אורך העונה. יש לציין, שבנוסף נראו יותר צמחים חולים בחלקות קיצוניות, בעיקר לאורך הדרך המערבית שהפרידה בין חלקת הניסוי לחלקה המסחרית, בשוליים הצפוניים והדרומיים של החלקה ולאורך דרכי המעבר. ההנחה היא שהצמחים בתנאים אלו נחשפו להתייבשות מהירה יותר, ומכאן לעידוד התפתחות המחלה בצמחים הגדלים בתנאים תת-אופטימליים.

תרשים 2. הערכת מופע המחלה בחלקה



ב- 4.07 ההערכה מבוססת על ממוצע מספר הצמחים החולים, בשאר ההערכות על ממוצע נוכחות המחלה של כל טיפול, במידה ולא נראתה מחלה החלקה קבלה ציון 0, במידה והיתה

חישה מרחוק של המחלה

לצורך הערכת מידת חומרת המחלה ופיזור בחלקה בניסיון לקשור אותם להשפעת הטיפולים והיבול בוצעו בחלקה 3 צילומים של רחפן בנוסף לצילום שבוצע ב- 11.06. בצילום שבוצע ב- 8.07 מגובה 80 מטר (תמונה 3) ניתן היה לזהות יפה לאחר חיבור התמונות למוזאיקה את חלקות הניסוי, ואת השפעת טיפולי ההשקיה, אבל ברור היה שמגובה זה לא ניתן לזהות צמחים חולים.

תמונה 3. צילום החלקה על ידי הרחפן מגובה 80 מטר.



חיבור התמונות בוצע בעזרת התוכנה drone deploy בסיוע בנצי בן ציון מחברת מן השקיה (לשעבר הבעלים של חברת אגריקס). בצילום ניתן לזהות את טיפולי ההשקיה. החלקות הכהות הן החלקות של טיפול ההשקיה המוקדם שבו בוצעה עצירה בהשקיה, ואילו החלקות הבהירות יותר הן החלקות של טיפול ההשקיה המאוחרת שבו בוצעו השקיות בשבוע זה.

ב- 5.08 בוצע צילום נוסף. כדי לבחון את גובה הצילום הדרוש, הצבענו על צמח שהתחיל להראות סימני מחלה (צילום 3). ניסינו לראות מה הגובה המקסימלי שבו עדיין ניתן לזהות בבירור את הצמח. בגובה טיסה של 25 מטר ניתן היה עדיין לזהות את הצמח הנדון, ועל כן בוצעה הטיסה למיפוי מגובה זה. למרות המאמצים הרבים, לא הצלחנו לחבר את התמונות של הרחפן למוזאיקה כדי למפות את החלקה. יתכן ותקלה טכנית בהתאמת תוכנת הטיסה לתוכנת הפיענוח גרמה לכך, בין השאר בגלל הדמיון הרב בין התמונות ואי-היכולת לחבר ביניהן על סמך הפיקסלים הדומים והשוניים. ניתן לציין, שבניסוי שבוצע בחפץ חיים ללימוד המחלה ב- 2018, צולמה החלקה מגובה 15 מטר, התמונות שאסף הרחפן חוברו, הצמחים החולים זוהו ועל סמך תכנית מחשב שנבנתה על ידי ערן נובק, סטודנט לתואר שני בהנחיית ד"ר יפתח קלפ במכון להנדסה חקלאית, הוערכה חומרת המחלה.

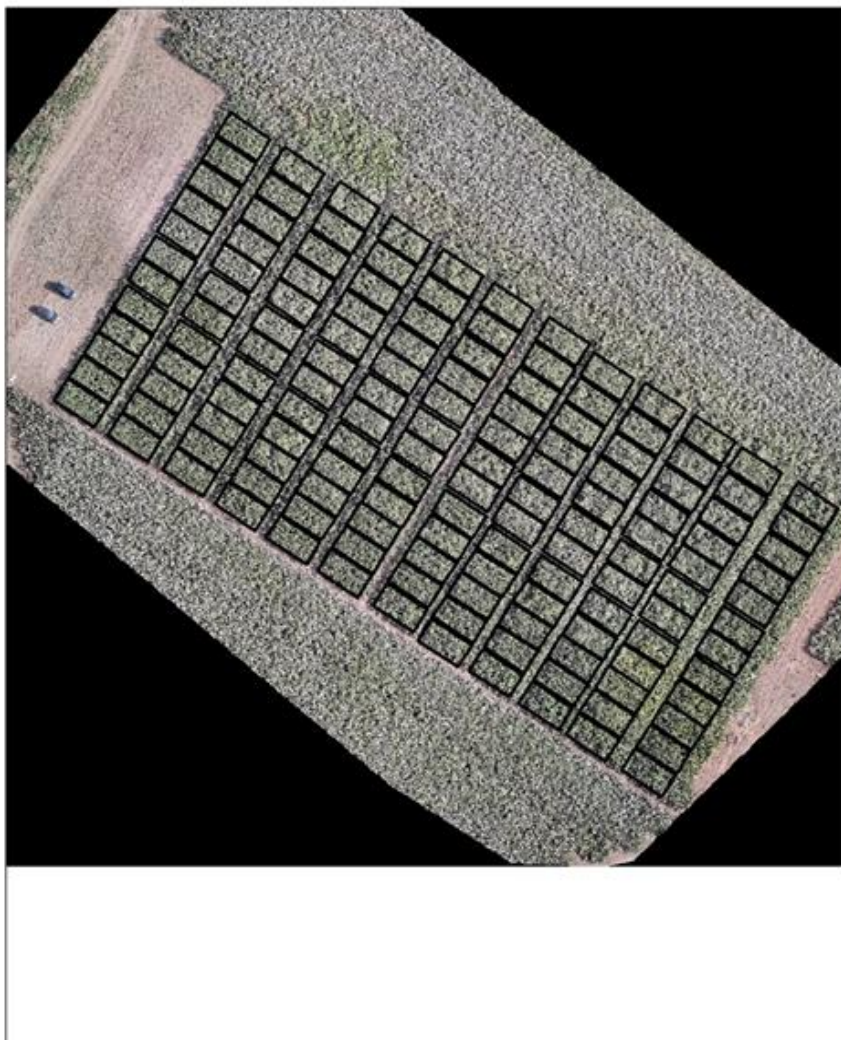
תמונה 4. זיהוי צמח חולה בצילום רגיל ובצילום תרמי



הטמפרטורות מבוטאות מגבוהות על ידי הצבע אדום וצהוב שמציינים קרקע וצמחים חולים בהתאמה, לנמוכות יותר צבעי הכחול בהיר שמבטאים את הטמפרטורה של הצמחים בעקה כלשהי והכחול בהיר שמבטאים את הטמפרטורות הנמוכות ביותר של הצמחים החיוניים ביותר.

ב- 15.09 בוצע צילום נוסף של החלקה מרחפן מגובה 40 מטר (תמונה 5). חיבור התמונות למוזאיקה בוצע על ידי שלומי אהרון סטודנט במעבדה של רן לאטי במחלקה להדברת עשבים במינהל המחקר החקלאי בנווה יער. לאחר פיענוח הצילום והניסיון להעריך את המחלה בכל חלקת ניסוי בנפרד בעזרת עיבוד תמונה בתוכנת ARCGIS של

חברת ESRI נראה היה שגובה הטיסה היה גבוה מידי ולא מתאים לזיהוי מדויק. בנוסף, בשלב זה של הגידול הופיעה תופעת השחמת בעלים כתוצאה מהזדקנות הצמח שגרמה להטיית תוצאות הפיענוח. תמונה 5. צילום החלקה מגובה 40 מטר ב- 15.09.



כל חלקת ניסוי בצילום אותרה וסומנה על ידי פוליוגון. בתוך כל פוליוגון נספרו הפיקסלים ש"נחשבו" כמחלה וחושב שטחם הכולל מכלל שטח החלקה.

השפעת הטיפול על היבול

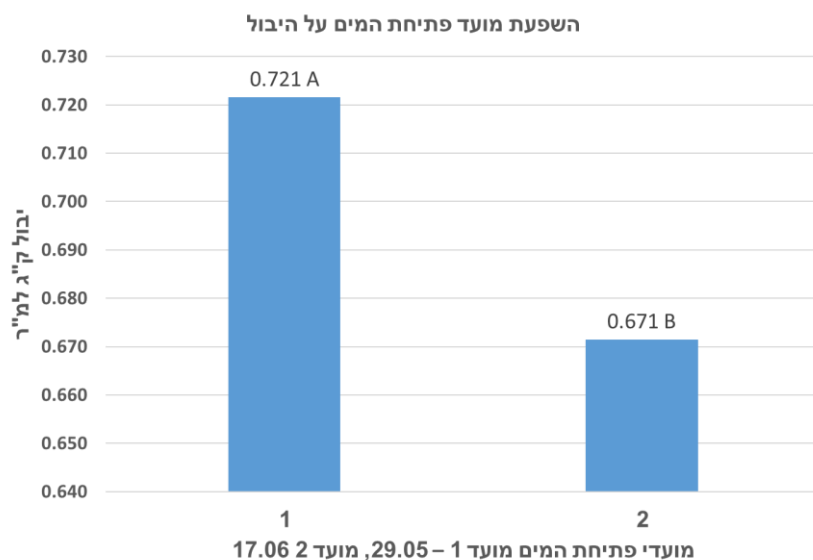
בזמן הקטיף הסתבר שהיבול נפגע משני גורמים עיקריים, מעבר מרסס קרקעי ב- 3 פסי ריסוס בתוך החלקה ופחת קטיף בשורות הצרות. המעבר של המרסס בתוך חלקות הניסוי בשורות שנועדו לקטיף לקביעת היבול היה בלתי מתוכנן ובכך הקשה על ניתוח תוצאות הניסוי. ב- 3 שורות ריסוס (36 חלקות ניסוי) – היבול הממוצע בהן היה 576 ק"ג לדונם, ביתר החלקה (108 חלקות ניסוי) היבול היה 708 ק"ג לדונם. היבול הממוצע בכל החלקה היה 675 ק"ג לדונם. הפחת במרווח השורות הצר הוערך בזמן הקטיף והיבול "תוקן" בהתאם.

אי בהירות בתחילת ההשקיה לגבי שיעורי ההשקיה של הטפטוף גרם לתוספת מים בתחילת הגידול (תרשים 1), להרצת הגידול עם פתיחת המים במועד השני ומיתון השפעת טיפולי מועדי פתיחת המים. יתכן שאף החורף הגשום ריסן במקצת את המחלה.

למרות האמור, השפעת הגורמים הראשיים לא השתנתה.

במועד פתיחת המים הראשון היבול היה גבוה במובהק מהיבול במועד פתיחת המים המאוחר, כ- 0.721 ק"ג למ"ר ו- 0.671 ק"ג למ"ר בהתאמה.

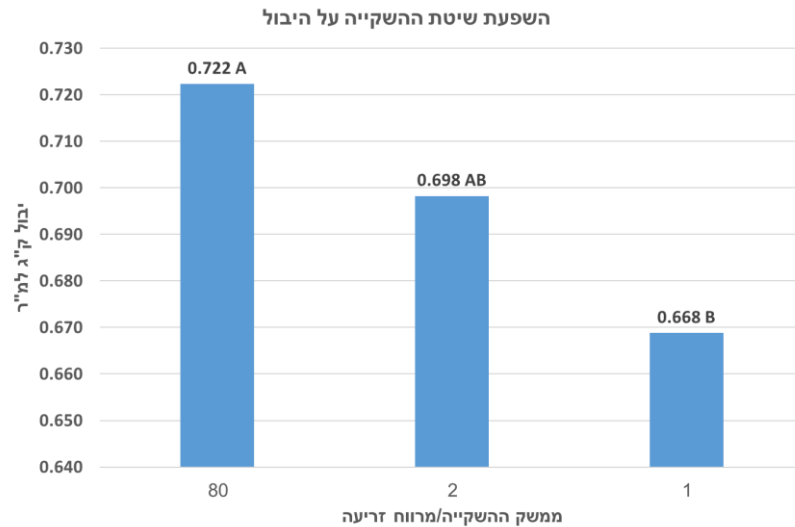
תרשים 3. השפעת מועד פתיחת המים על היבול.



השפעת מרווח שורות ההשקיה וממשק ההשקיה

היבול "המתוקן" לאחר הערכת הפחת בחלקות מרווח השורות הצר של 80 ס"מ היה גבוה במובהק מהיבול של החלקות שבהן מרווח השורות סטנדרטי עם שלוחה לשורה אך לא שונה במובהק מהיבול בחלקות שבהן המרווח היה סטנדרטי והושקו עם שלוחה לשורה, 0.722 ק"ג למ"ר, 0.698 ק"ג למ"ר ו- 0.668 ק"ג למ"ר בהתאמה (תרשים 4). ללא קשר לנוכחות המחלה בשדה, מרווח זה כנראה מגדיל את יעילות ההשקיה וזמינות המים לצמחים. מרווח זריעה זה של שורות על גבי ערוגת במרווח הסטנדרטי של 1.93 מטר מאפשר ריסוס קרקעי ללא פגיעה משמעותית בצמחים. יש לזכור שקטפת הגליליות מותאמת לקטוף שורות במרווח אף קטן יותר של 75 ס"מ – 30 שזה מרווח השורות הסטנדרטי בארה"ב. על סמך העבודות שבוצעו גם בישראל בעבר הרחוק, בעיקר בגליל העליון בסוף שנות ה- 80 של המאה הקודמת, וגם לא מכבר על ידי בועז נוי בחוות הניסיונות בעכו, נראה שניתן להעלות את היבולים בשיטת גידול זו ואולי בכך להפחית גם את חומרת מחלת המקרופומינה.

תרשים 4. השפעת צורת ההשקיה ומרווחי השורות על היבול.

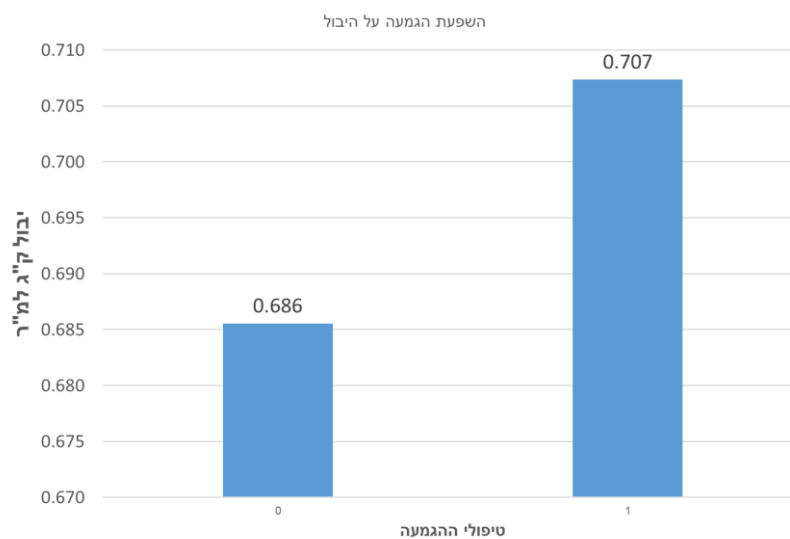


מרווחי השורות וממשק ההשקיה: 80 – מרווח שורות צר של 80 ס"מ על גבי ערוגה סטנדרטית, 2 – שלוחה לכל שורה במרווח זריעה סטנדרטי, 1 – שלוחה לשתי שורות במרווח הזריעה הסטנדרטי.

השפעת טיפולי ההגמעה

טיפול ההגמעה העלו את היבול אך לא באופן מובהק. היבול בתגובה להגמעה היה גבוה בכ- 0.020 ק"ג גולמי למ"ר בהשוואה לטיפול ללא הגמעה, 0.707 ק"ג למ"ר ו- 0.686 ק"ג למ"ר בהתאמה (תרשים 5). על פי ממצא זה, למרות שתרומת ההגמעה בניסוי זה לא הייתה גבוהה, התרומה הכלכלית של הטיפול בחומר עמיסטר בשתי הגמעות במינון כולל של כ- 300 סמ"ק לדונם, גבוהה פי 2 לערך מעלותו, ועל כן יש לשקול את האפשרות לטיפול גם באמצעי זה.

תרשים 5. השפעת ההגמעה על היבול.

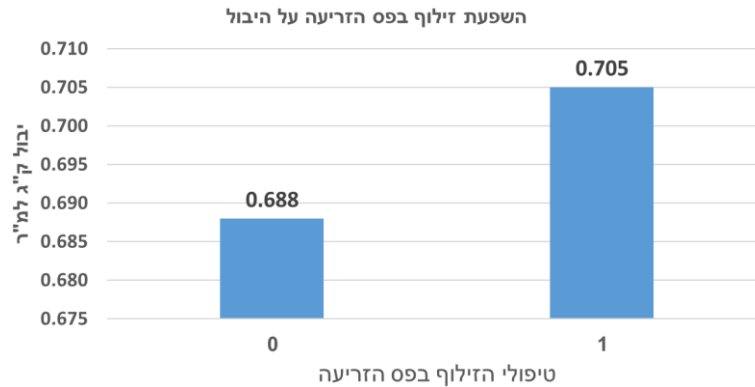


טיפול ההגמעה, 0 – ללא הגמעה, 1 – עם הגמעה.

השפעת זילוף בפס הזריעה

הזילוף בדומה להגמעה העלה את היבול (לא במובהק) בכמעט ב- 0.020 ק"ג לדונם, 0.705 ק"ג למ"ר עם זילוף בפס הזריעה בהשוואה ל- 0.688 ק"ג לדונם ללא זילוף בפס הזריעה (תרשים 6). הפחתת נוכחות המחלה בשורשים בתגובה לזילוף כפי שנראה בתוצאות דיגום השורשים הראשון בנוסף להשפעה שנראית על היבול מצביעה גם על אפשרות השימוש בטיפול זה כאמצעי להפחתת נזקי המחלה.

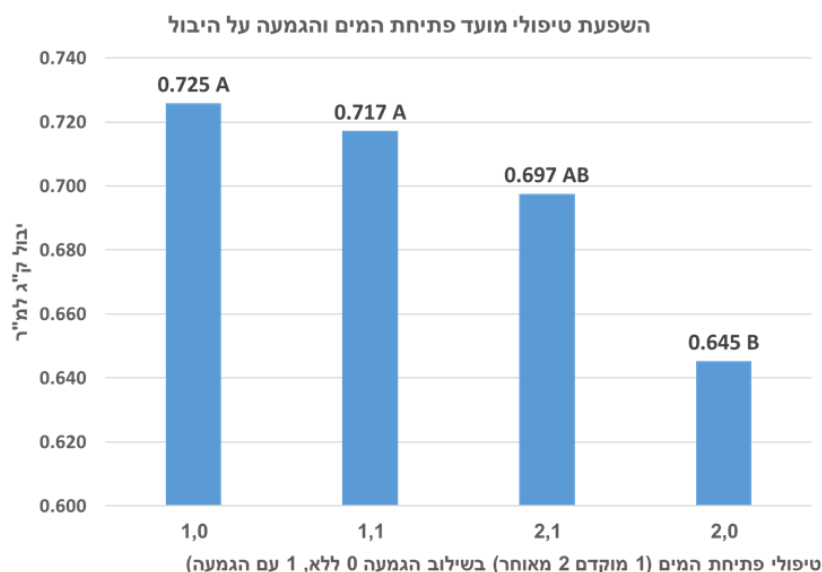
תרשים 6. השפעת טיפולי הזילוף בפס הזריעה על היבול



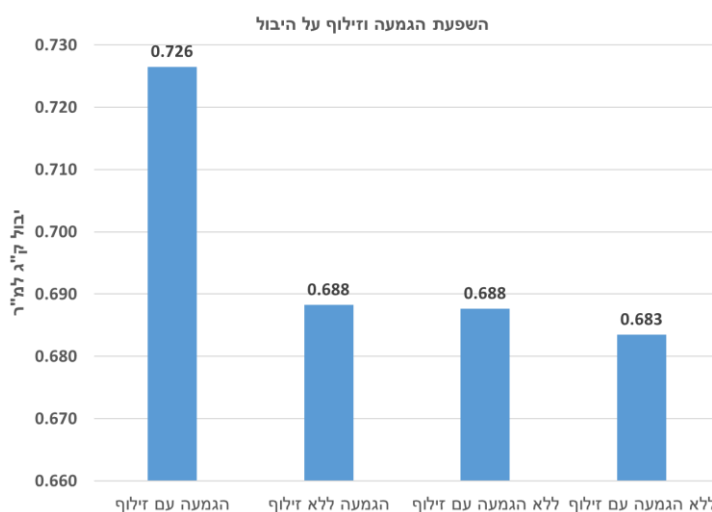
טיפול הזילוף. 0 - ללא זילוף בפס הזריעה, 1 - עם זילוף בפס הזריעה.

במודל רב-המשתנים, שכלל גם את השפעות הגומלין בין הטיפולים, נמצא שהשפעת הגומלין בין טיפול ההגמעה ומועד פתיחת המים הייתה על גבול המובהקות על כן מוצגות תוצאות אלו (תרשים 7) היבול במועד פתיחת המים המאוחר ללא הגמעה היה נמוך במובהק מהיבול בטיפול ההגמעה וללא הגמעה במועד פתיחת המים הראשון, ובהפרש יבול משמעותי (לא מובהק) של כ- 0.050 ק"ג למ"ר מאשר היבול באותו מועד פתיחת מים עם הגמעה, 0.697 ק"ג למ"ר ו- 0.645 ק"ג למ"ר בהתאמה. היתרון (לא מובהק) כביכול של הטיפול ללא הגמעה במועד פתיחת המים המוקדם עם הגמעה באותו מועד, 0.725 ק"ג למ"ר ו- 0.717 ק"ג למ"ר בהתאמה, נובע כנראה בעיקרו מהעובדה שב- 12 חלקות בטיפול זה מתוך 36 עבר המרסס והפחית את היבול. גם את ההפרש הגדול בין שני טיפולי ההגמעה במועד פתיחת המים המאוחר, ניתן חלקית לייחס למעבר המרסס ב- 24 חלקות מתוך 36 בטיפול זה. כאמור, בתכנון הניסוי לא נלקחה בחשבון האפשרות שהריסוס בחלקה יהיה קרקעי.

תרשים 7. השפעת מועד פתיחת המים וטיפול ההגמעה על היבול



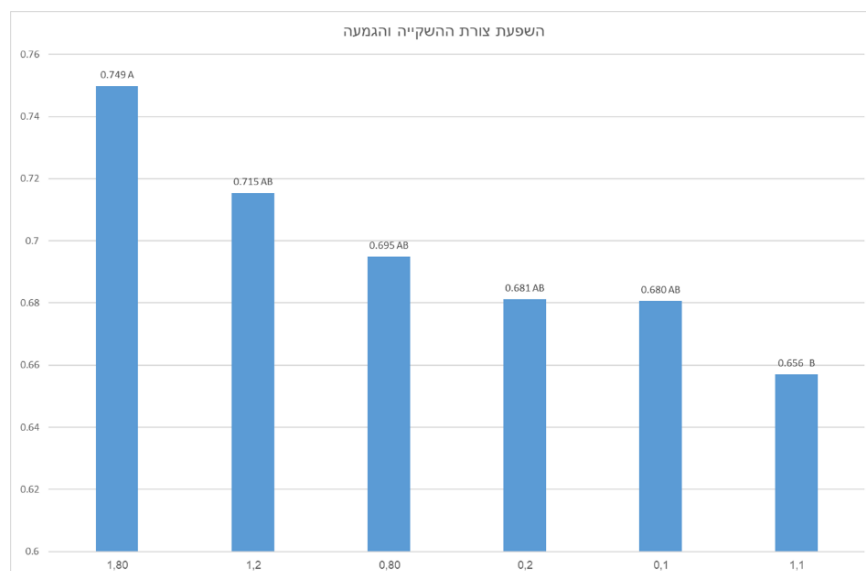
טיפול פתיחת המים (1 מוקדם 2 מאוחר) בשילוב הגמעה 0 ללא, 1 עם הגמעה



תרשים 8. השפעת ההגמעה וצורת ההשקיה על היבול

בין טיפולי ההגמעה וצורת ההשקיה נמצאה גם השפעת גומלין. היבול המרבי (0.725 ק"ג למ"ר) היה בתגובה להגמעה במרווח השורות הצר. נראה שתדירות יעילות ההשקיה ותדירות יעילות ההגמעה במרווח זה שנובעת מקרבת שורשי הצמחים לשלוחת הטפטוף ומכאן גם למיקום החומר בקרקע עשוי לתרום כנראה להפחתת המחלה ולהעלאת היבול.

תרשים 9. השפעת זילוף והגמעה על היבול



טיפול ההגמעה, 1 - עם הגמעה 0 - ללא הגמעה. טיפולי מרווחי השורות וצורת ההשקיה, 80 - מרווח שורות צר, 1 - מרווח שורות סטנדרטי שלוחה לשתי שורות, 2 - מרווח שורות סטנדרטי עם שלוחה לשורה.

בבחינת השפעת הגומלין בין טיפול ההגמעה לזילוף לא נמצאה השפעת גומלין. למרות זאת, ההבדל ביבול בין ממוצע הטיפול שכלל גם הגמעה וגם זילוף לשאר הטיפולים היה גדול כמעט 0.040 ק"ג למ"ר, מעל 0.720 ק"ג למ"ר בהשוואה לממוצע של כ- 0.685 ק"ג למ"ר בשאר הטיפולים. עובדה זאת מצביעה בברור שהשימוש בחומר עמיסטר במנה המרבית של 450 סמ"ק לדונם הכוללת את טיפול הזילוף וההגמעות כפי שניתן בטיפול המיטבי אינו פוגע בגידול. גם בגידולים אחרים בטיפול בחומר זה במינונים אף גדולים יותר לא נראתה פגיעה ביבול ו/או כל עיכוב כלשהו. תוצאות הניסוי אם כן מצביעות על האפשרות לטיפול בו להפחתת נזקי המחלה. כפי שנראה בשטח הניסוי היה נראה שהחלקות החיצוניות, בשולי השדה החשופים ללא גידול צמוד, או לאורך שולי דרך הביניים עם השדה המסחרי, או לאורך דרכי הרוחב בין חלקות הניסוי נפגעו יותר מהמחלה. ממוצע היבול בחלקות החיצוניות היה נמוך ב- כ- 0.025 ק"ג למ"ר בהשוואה לחלקות הפנימיות בחלקה (טבלה 2).

8 מ-11 חלקות שיבולן היה נמוך מ- 600 ק"ג לדונם היו חלקות קיצוניות. הצמחים בחלקות הקיצוניות בניסוי זה כמו גם צמחים בשולי חלקות מסחריות סובלים מהתייבשות מהירה יותר, אולי מהשקיה פחות טובה. ניכר בהן עקב כך סידוק רב יותר בקרקע שנובע אולי גם מהידוק גבוה יותר. החדרת אויר יבש וחם לקרקע בשילוב החלשת הצמחים מגבירים את התנאים שמעודדים את הדבקת הפטרייה בשורשים בתחילת הגידול, ובהמשך גורמים לביטוי המחלה בצמחים עד כדי פגיעה בהם וכמובן ביבול.

טבלה 2. השפעת מיקום חלקות הניסוי על היבול בק"ג למ"ר.

ממוצע של יבול	מיקום החלקה
0.660	חיצוני
0.685	פנימי

האם ניתן להעריך את הפגיעה ביבול על סמך נוכחות הפטרייה בצמחים בשלבים המוקדמים? בבחינת המתאמים קורלציות לא נמצא קשר מובהק בין ממוצע מספר בידודי הפטרייה בשלבי הגידול הראשונים בשני מועדי הדיגום ב- 11.06 וב- 8.07. עובדה זאת מצביעה על כך שנוכחות המחלה בשורשים לא בהכרח תגרום למחלה בשלבים מאוחרים יותר. התבטאות המחלה בצמח תלויה כפי שצוין במצב הצמח ובתנאים שיעודדו את התפתחותה.

האם ניתן לקשור את היבול להערכת המחלה בשדה? למרות שכפי שצוין היה קושי לעקוב אחר נוכחות הצמחים החולים בשדה או הערכת הנוכחות שלה בכל חלקה, נמצא מתאם מובהק אם כי לא גבוה בין הערכות המחלה בתאריכים 8.07, 19.07, 25.08 ו- 9.09. ערכי המתאם השליליים מצביעים כמובן על ההפחתה ביבול כתוצאה מהגברת המחלה.

טבלה 3. המתאמים (ערכי r של הקורלציות) בין היבול לבין הערכות המחלה בשדה.

מובהקות	יבול	
0	1	יבול
0.001502	-0.26217	הערכה 8.07
0.000114	-0.54895	הערכת חולות 19.07
0.03743	-0.3013	הערכת חולות 25.08
2.79E-06	-0.4194	הערכה חולות 9.09

כדי לשפר את ההערכות ולימוד הקשר הישיר בין ביטוי המחלה בשדה לבין הפגיעה ביבול צריך לשפר את כלי החישה מרחוק. חשוב מאוד לנסות לזהות את הצמחים בשלב הראשון של ביטוי המחלה. זיהוי מוקדם זה אולי עשוי לזהות כשלים בהשקיה בשדה שגורמים לעקות. תגובה מהירה לתיקון ליקויים אלו עשויים למנוע את התבטאות המחלה בצמחים שעדיין המחלה לא התבטאה אצלם.

סיכום

1. מניעת עקה כלשהיא בשלבי הגידול הראשונים, על ידי פתיחת מים מוקדמת ו/או שיפור זמינות המים לצמח, עשויה להפחית נזקי מקרופומינה.
 2. זילוף בפס הזריעה והגמעה יעילה של החומר עמיסטר עשויים להפחית את התבססות המחלה בשורשים, ומכאן את פוטנציאל פגיעת המחלה בגידול.
 3. מעבר למרווחי שורות צרות, 2 שורות במרווח סטנדרטי או מעבר ל- 30 אינץ', עשוי לשפר את ההתמודדות עם המחלה בחלקות המושקות בטפטוף.
 4. טיפוח, ממשק גידול וטיפולים כימיים עשויים להקטין מאוד את נזקי המחלה.
- המסקנות מניסוי מקיף זה תואמות את התובנות מהניסוי שבוצע בשנת 2016 בחלקה המאולחת מאד בפטרייה בגד"ש שמ"ש בקיבוץ עמיר, ותובנות מדריכים ומגדלים שאף יושמו בעונת גידול 2018 ו- 2019 בגד"ש יבנה, כמו גם בחלקות נוספות בהן גידלו פימה באזורים אחרים.
- למרות האמור לעיל, יש מקום לתקף את התוצאות בעבודה נוספת.

תודות

למועצת הכותנה על מימון העבודה.

לחגי עידו וצוות השדה של חברת זרעי ישראל על הסיוע בקטיף.

לצוות השדה של מועצת הכותנה, ולצוות השדה של משקי הדרום על הסיוע בביצוע הניטורים.

לצוות השדה של חברת נטפים על הצבת הניסוי.

לצוות גד"ש עציון שבזכותו הצלחנו לבצע את הניסוי.