

פיתוח ממשק כולל להדברת כשותית בריחן ממשק הזנה להפחתת רגישות הצמחים למחלה

זיו קלינמן, זיוה גלעד, אפרים ציפליביץ, דויד סילברמן, אחיעם מאיר - מו"פ בקעת הירדן
יגאל אלעד, אורי ירמיהו, דודי קניגסבוך - מנהל המחקר החקלאי.
דויד סילברמן, שמעון ביטון - שה"מ, משרד החקלאות.
אורי אדלר - מועצת הצמחים.

מבוא

הריחן (*Ocimum basilicum* L.) הוא אחד מגידולי התבלינים הטריים לייצוא, מענפי החקלאות החשובים בבקעת הירדן. היקף שטח גידול התבלינים באזור זה הוא כ-2500 דונם ותוצרתו כ-35% מכלל יצוא התבלינים של ישראל. הגידול הוא רב קצירי ונמשך לאורך כל השנה, בחממות ובמנהרות עבירות ובעומד שתילה גבוה. תנאי גידול אלו, יוצרים לחות יחסית גבוהה בסביבת העלים (בעיקר בעונות הביניים), אשר תורמת לשגשוג מחלות מוגברות לחות. בקבוצת מחלות זו ניתן למנות את הקשיוניה הגדולה (*Sclerotinia sclerotiorum*) והבוטריטיס (*Botrytis cinerea*) ולאחרונה גם את מחלת כשותית הריחן (*Peronospora belbahrii*) אשר התגלתה לראשונה לפני כשבע שנים בעמק המעיינות. מאז גילויה, התפשטה הכשותית לכל אזורי גידול הריחן בישראל בכלל ובבקעת הירדן בפרט. המחלה פוגעת בעלי הריחן ומפחיתה את כמות היבול, את איכותו, ובנגיעות גבוהה גורמת להשמדת חלקות בהיקף נרחב. פגיעת החמורה של הכשותית מהווה גורם סיכון גבוה לעתיד גידול זה, כאשר בנוסף, התפתחות מהירה של עמידות לפונגצידים מחריפה את הבעיה ומקשה על המשך השיווק בארץ ובעולם. נושא העמידות ומגבלת שאריות תכשירי הדברה המחמירות בתבלינים נאכלים, גורמים להנחה כי תכשירים כימיים אינם יכולים לשמש כבסיס העיקרי לממשק ההדברה של הכשותית.

השערת המחקר

ניתן לבקר את חומרת הנגיעות בכשותית הריחן על ידי שינוי מכוון בתנאי הגידול אשר מחד, יפגע במחזור החיים של הכשותית (ע"י מניעת הידבקות ו/או התבססות בפונדקאי, הגבלת ההתרבות וההפצה) ומאידך יקנה סבילות/עמידות לצמחים (בשל קצב צמיחה מתאים, שיפור בריאות הצמח והפעלת מערכות הגנה).

בניסוי בעונה הקודמת, נמצא כי השקיה בחסר ודישון מוגבר בסידן או במגנזיום מפחיתים את חומרת המחלה בגידול זה. האפקטיביות של יסודות אלו בהפחתת המחלה הייתה בזמן שהחלקה נמצאה ברמת נגיעות סבירה ולא בזמן התפרצות מסיבית.

מטרת המחקר

פיתוח ממשק כולל להתמודדות עם כשותית הריחן באמצעות מניפולציות של הזנה מינרלית (כמות ויחס) בהדשיה או בריסוס עלוותי על מנת להפחית את רגישות הצמח.

הדיווח הנוכחי מתאר את המטרות הספציפיות שנבחנו השנה (בשני ניסויים נפרדים):

1. בדיקת מסקנות הניסוי בעונה הקודמת (חורף-אביב) בתנאי עונת גידול קיץ-סתיו.
2. בדיקת ההשפעה של הדשיה ברמות חנקן שונות וביחסי אמון-חנקן שונים על חומרת הכשותית. בידוד השפעת יסודות קורט שונים במתן עלוותי על רמת המחלה.

מהלך המחקר ושיטת עבודה

כפי שהוזכר, הדו"ח הנוכחי מתייחס לשני ניסויים ותיאורם מובא להלן בשני סעיפים נפרדים:

1. ב- 31.8.15 נשתלו צמחי ריחן (זן פרי) בבית צמיחה מחופה בפוליאתילן לתוך מצע פרלייט בארגזי קלקר $0.8 \times 1.0 \times 0.17$, 24 צמחים בארגז. לאחר שתילה (קליטת השתילים): השקיה בהמתזה ברמות דשן של 75 גרם/קוב אשלגן ו- 60 גרם/קוב חנקן (חצי מהמומלץ בגידול). ב- 6.9.15 הופסקה ההמתזה וניתן דשן במינון מומלץ: 120 גרם/קוב חנקן ו- 150 גרם/קוב אשלגן.

טבלה 1. פירוט הטיפולים בניסוי 31.8.15 ואופן יישומם.

ריסוסי עלווה	הדשיה	
	סידן (מ"ג/ליטר)	מגנזיום (מ"ג/ליטר)
פונגצידים	80	40
אשלגן	160	70
קורטין	240	100

בניסוי זה ניתנו בהדשיה רמות סידן ומגנזיום שונות ובשילובים שונים (כאשר רמת הסידן והמגנזיום במי השקיה היא 80 ו- 40 מ"ג/ליטר בהתאמה), וכן ריסוס עלוותי של אשלגן גופרתי ופונגצידים (ביקורת חיובית- ריסוס כימי מקובל להדברת כשותית לפי דרישות התקן לשאריות חומרים). על רקע הטיפולים המוזכרים, הופעל טיפול משנה - ריסוס עלוותי בקורטין (טבלה 1). בכל הטיפולים ארבע חזרות, שלושה ארגזים לחזרה, כאשר טיפולי המשנה יושמו בארגז אחד מתוך השלושה. מבט כללי על מבנה הטיפולים בתמונה המצורפת (איור 1).



איור 1. מבט כללי על מבנה הניסוי בחממה. במסגרת האדומה שלושה ארגזים המהווים חזרה אחת מתוך ארבע חזרות לטיפול. הקווים הצהובים תוחמים ארגז אחד בו מתבצע טיפול המשנה - ריסוס עלוותי של קורטין.

טיפול ההדשיה הופעלו ב- 27.9.15, טיפולי ריסוס העלווה החלו ב- 13.10.15 וניתנו פעמיים בשבוע בדרך כלל.

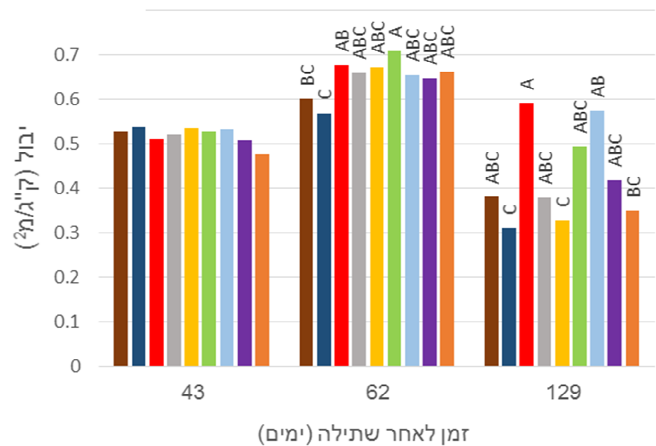
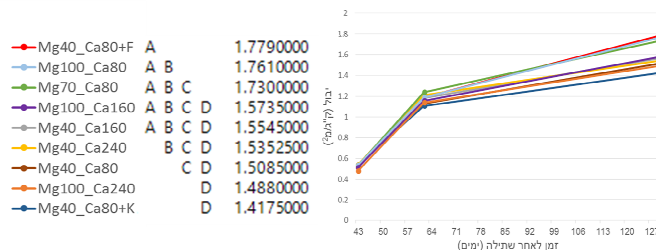
4. יבול ואיכות: בכל קציר בוצע מיון לפי איכות לארגז מכל חזרה וממנו התקבל פוטנציאל היבול. בחלק מהקצירים הועבר 1 ק"ג חומר צמחי מכל חזרה לבדיקת חיי המדף המבוצעת במעבדתו של ד"ר דודי קניגסבוך, המחלקה לאחסון במנהל המחקר החקלאי.

5. הערכות ויזואליות של עוצמת המחלה - התבצעו בחלקת הניסוי יחד עם פרופ' יגאל אלעד וצוותו ובמהלכן נקבע אחוז העלים הנגועים על פי תסמיני הצהבת העלים וסימני נבגים כהים בצדם התחתון.

תוצאות ומסקנות עיקריות

ניסוי 31.8.15

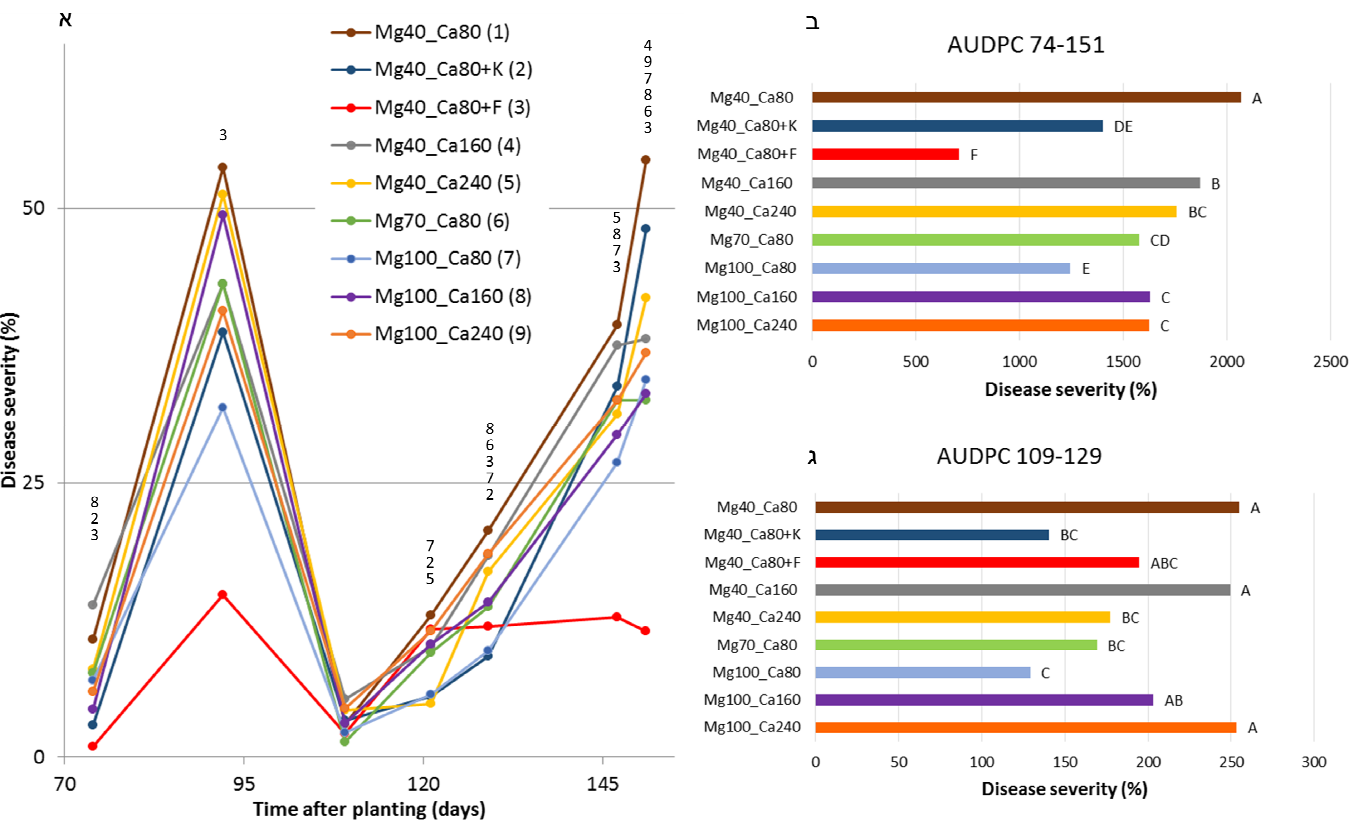
1. כמות היבול- הוספת מלחי מגנזיום או סידן לתמיסת ההשקיה לא השפיעה על משקל היבול בשני מועדי הקציר הראשונים; משקל היבול המצטבר המתאים לייצוא לא נבדל סטטיסטית בין טיפולי ההדשיה השונים. במועד השני משקל היבול דומה ברוב הטיפולים. בסיום תקופת הניסוי ניתן להבחין כי בטיפול הפונגציד ובטיפולי הדשיה בהם רמת מגנזיום גבוהה בשילוב עם רמת סידן גיילה (Mg70_Ca80, Mg100_Ca80), כמות היבול גבוהה בהשוואה לשאר הטיפולים (איור 3). לא נבחנה רמת היבול בטיפול המשנה של יישום קורטין עלויתי (טכנית - יחידת הטיפול קטנה).



איור 3. משקל יבול (ארוז - מתאים ליצוא) בטיפולים השונים בכל מועד בו נערך קציר. בגרף הקטן משקל מצטבר בכל מהלך תקופת ניסוי. כמות היבול בכל מועד בו נערך קציר. במקרא: Mg - מגנזיום, Ca - סידן, # - ריכוז היסוד במ"ג/ליטר. K - יישום עלויתי של אשלגן, F - ריסוס פונגצידים. אותיות שונות בסמוך לטיפולים במקרא, מייצגות שונות מובהקות בין ממוצעי היבול המצטבר (כפי שמופיעים בסמוך) של הטיפולים השונים עפ"י מבחן student t.

בבחינת היבול המצטבר לאורך תקופת הניסוי ניתן להבחין כי בטיפול הפונגציד התקבל היבול הרב ביותר ולאחריו טיפול Mg100Ca80. משקל היבול המצטבר הנמוך ביותר התקבל בטיפול בו ניתנו במשולב רמות גבוהות של סידן ומגנזיום (Mg100Ca240), ובטיפול ההדשיה של האשלגן. טיפולים אלו נבדלו משמעותית מטיפול הפונגציד והמגנזיום - Mg100Ca80 (איור 3).

2. שכיחות המחלה - בבחינת דינמיקת המחלה לאורך תקופת הניסוי, ניתן להבחין בהתפרצות מחלה מהירה לאחר 74 ימים משתילה. במקרה זה כדי למתן את חומרת המחלה ולמנוע את שטוש ההבדלים בין הטיפולים כפי שמתרחש ברמות מחלה גבוהות, רוסס אקרובט על כל החלקה. הריסוס הפחית את חומרת המחלה ולאחר מכן התקבלה ההדרגתיות המבוקשת בהתפתחות המחלה (איור 4א). הצגת סיכום חומרת המחלה לאורך כל תקופת הניסוי מדגים הפחתה בכל הטיפולים לעומת הביקורת (איור 4ב). בחינה זו מחזקת את ההנחה כי שימוש נכון בפונגצידים מהווה את הממשק היעיל ביותר להדברת המחלה. היעיל בטיפולי ההדשיה היה Mg100_Ca80 בו ניתנה רמה גבוהה של מגנזיום (100 מ"ג/ליטר) ללא תוספת סידן (איור 4ב או ג).



איור 4. שכיחות כשותית בצמחי הריחן לפי הערכה ויזואלית. א. תיאור המחלה כעקום התפתחות לאורך זמן (% שכיחות במועדים עוקבים) לפי הטיפולים השונים. מספרים בטור מעל נקודת הזמן מייצגים את מספרי הטיפולים (עפ"י המקרא) הנבדלים במובהק מהביקורת. ב. חומרת המחלה עפ"י השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC, Area Under Disease Progress Curve) לאורך כל תקופת הניסוי. אותיות שונות ליד העמודות מייצגות שונות מובהקת בין טיפולים. ג. חומרת המחלה על פי מדד AUDPC ב 109-129 ימים מתחילת הניסוי. אותיות שונות ליד העמודות מייצגות שונות מובהקת בין טיפולים. במקרא: Mg - מגנזיום, Ca - סידן, # - ריכוז היסוד במ"ג/ליטר. K - יישום עלויות של אשלגן, F - ריסוס פונגצידים. (#) - מספר סידורי לטיפול. התמקדות בתקופת הניסוי (בימים 109-129 לאחר שתילה) בה רמת המחלה הייתה נמוכה יחסית (לכל היותר שכיחות של 20%), מדגיש את תרומת טיפולי ההדשיה והריסוס העלוותי להפחתת חומרת המחלה (איור 4א ו ג). תרומה זו התבטאה גם במשקל היבול כאשר בטיפולים המוצלחים יותר (מגנזיום גבוה בהדשיה, פונגציד) משקל היבול גבוה בהתאמה (איור 3). ניסוי זה אישר את מסקנות קודמו כי הן דישון מוגבר במגנזיום והן דישון מוגבר בסידן מפחיתים את חומרת הכשותית בריחן אך היחס בין היסודות אינו תוספתי אלא אנטגוניסטי.

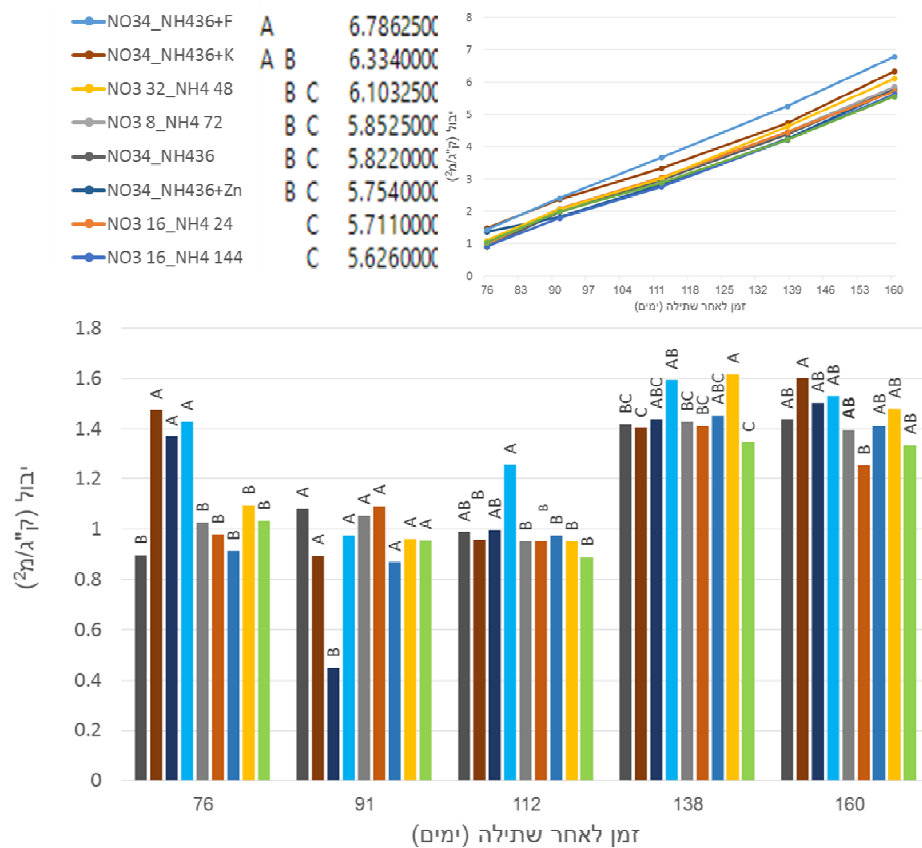
לדוגמא, מדרג ריכוז המגנזיום הוא ביחס הפוך לחומרת המחלה (ככל שריכוז המגנזיום גבוה יותר המחלה פחות חמורה) וזאת כאשר אין תוספת סידן למי ההשקיה (80 מ"ג לליטר). כאשר מוסיפים סידן (160 או 240 מ"ג לליטר) חלה הפרעה לפעילותו של המגנזיום בדיכוי המחלה (איור 4ב או 4ג).

נתונים נוספים שנלמדו מניסוי זה ואינם מובאים כאן בהצגה גרפית הם:

- ריסוס עלוותי של קורטין (טיפול משנה לכל טיפולי ההדשיה או הריסוס העלוותי בכללם של פונגיצידיים) הפחית את חומרת המחלה, לעיתים אף בצורה מובהקת, בעיקר כאשר חומרת המחלה לא הייתה גבוהה מאוד.
- יישום עלוותי של אשלגן הפחית באופן מובהק את חומרת המחלה לעומת הביקורת ברוב מועדי הערכת המחלה. בחלק מנקודות הזמן בהן רמת המחלה הייתה יחסית נמוכה בכל החלקה, יישום אשלגן עלוותי הפחית את חומרת המחלה בדומה להשפעת הפונגיצידי (באותה נקודת זמן).
- לא נמצאה קורלציה הדירה בין תכולת המינרלים בעלים לחומרת המחלה בטיפולים השונים.

ניסוי 23.2.16

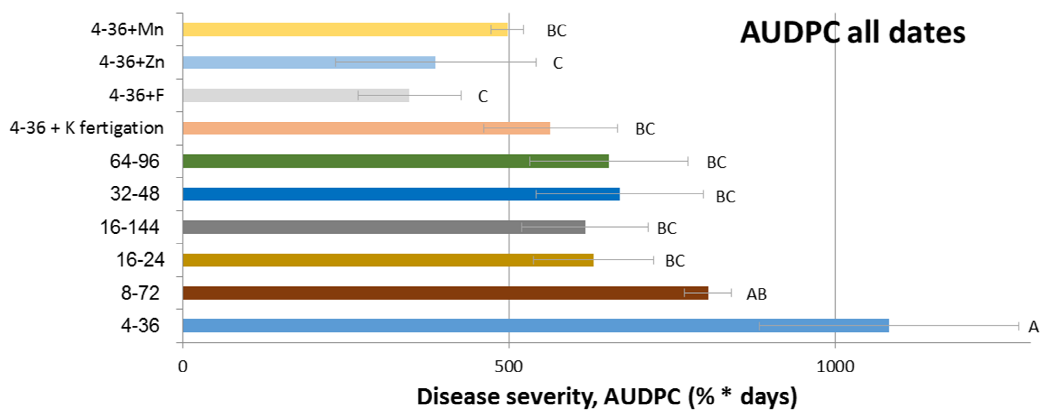
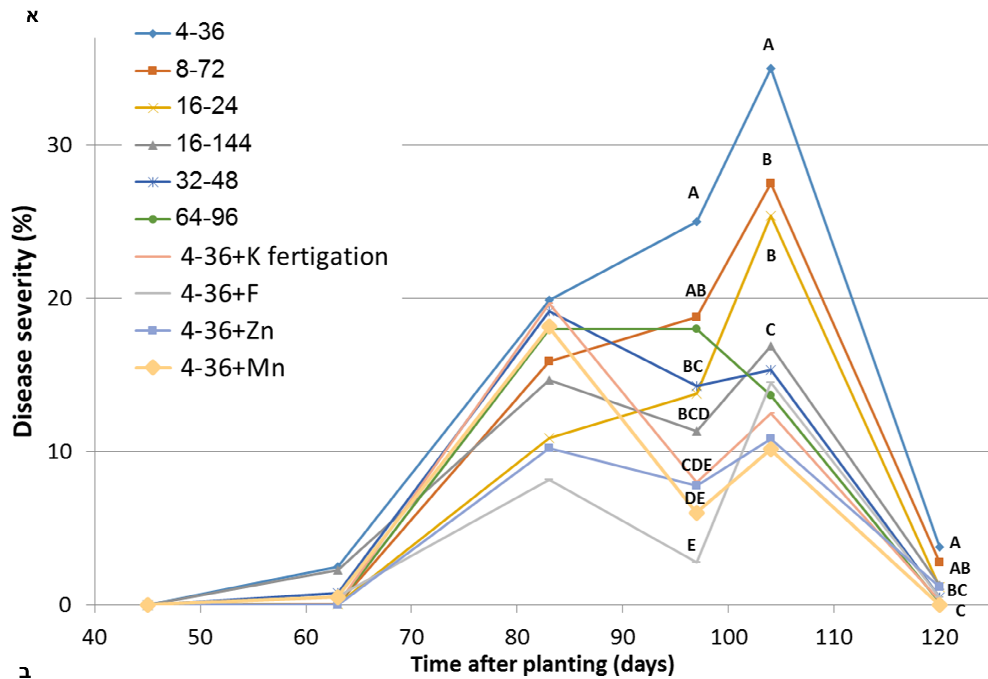
1. כמות היבול – במהלך הניסוי התקבלו הבדלים מסוימים במשקל היבול המצטבר המתאים ליצוא, אך לא ניתן להבחין בתלות בין יחסי האמון והחנקה לנתון זה. בטיפול $\text{NO}_3\text{4NH}_4\text{36+F}$ נוצר הבדל במשקל היבול המצטבר לעומת שאר הטיפולים החל מנקודת הזמן השלישית. אכן בטיפול זה סך היבול המצטבר לתקופת הניסוי נבדל במובהק מרוב הטיפולים מלבד טיפול ההדשיה באשלגן ($\text{NO}_3\text{4NH}_4\text{36+K}$) (איור 5).



איור 5. משקל יבול (מתאים לייצוא) בטיפולים השונים במהלך תקופת ניסוי ההשקיה. במקרא: NO_3 – אמון, NH_4 – חנקה, # – ריכוז היסוד במ"ג/ליטר. K – יישום עלוותי של אשלגן, Zn – יישום עלוותי של

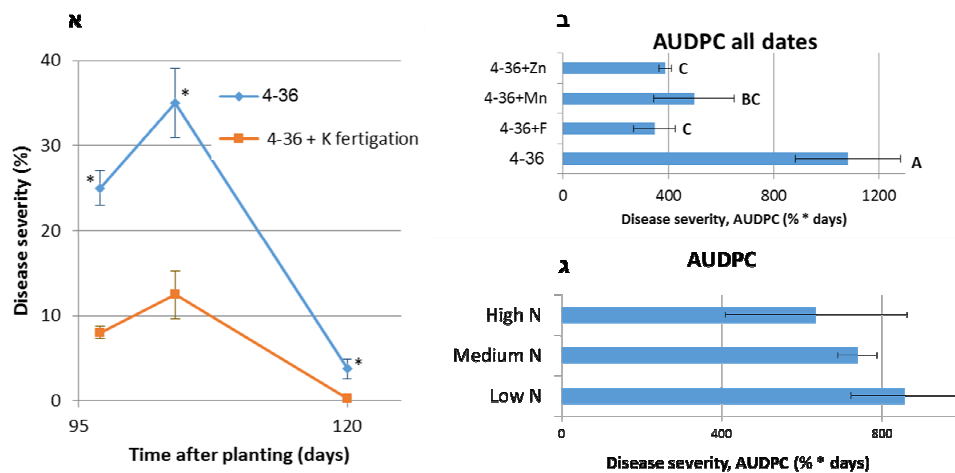
אבץ, F – ריסוס פונגצידים. בגרף הקטן – יבול מצטבר במהלך הניסוי. אותיות שונות בסמוך לטיפולים במקרא, מייצגות שונות מובהקות בין ממוצעי היבול המצטבר (כפי שמופיעים בסמוך) של הטיפולים השונים עפ"י מבחן student t.

2. שכיחות המחלה- בבחינת דינמיקת המחלה לאורך תקופת הניסוי, ניתן להבחין בעליה הדרגתית ומבוקרת יחסית של רמת המחלה (איור 6א). כבר בנקודת הזמן השנייה (63 ימים לאחר שתילה) בה התבצעה ההערכה, ניתן להבחין בפערים ברמת המחלה המתבטאת בטיפולים השונים, אך הבדלים מובהקים מתקבלים החל מ – 93 ימים לאחר השתילה. רמות הקיצון של המחלה התקבלו בביקורת (הגבוהה ביותר) לעומת טיפולי הפונגציד וההזנה ביסודות השונים (בהדשיה ובריסוס, הנמוכות ביותר).



איור 6. שכיחות כשותית בצמחי הריחן לפי הערכה ויזואלית. א. תיאור המחלה כעקום התפתחות לאורך זמן (% שכיחות במועדים עוקבים) לפי הטיפולים השונים. ב. חומרת המחלה עפ"י השטח מתחת לעקום התפתחות המחלה (AUDPC, Area Under Disease Progress Curve) לאורך כל תקופת הניסוי. במקרא: # - # - NO₃-NH₄ (רמות חנקן אמון, מ"ג/ליטר). K fertigation - הוספת אשלגן בהדשיה, F - ריסוס פונגצידים, Mn – מתן מנגן בריסוס העלווה, Zn – מתן אבץ בריסוס העלווה. אותיות שונות בסמוך לעמודות/עקומות מייצגות שונות מובהקות סטטיסטית (עפ"י מבחן student t).

סיכום חומרת המחלה לאורך תקופת הניסוי, מדגים כי כאשר רמת החנקן הכללי הניתן בהדשיה הייתה גבוהה יותר מהביקורת כך שיעור חומרת המחלה קטן (איורים 6ב, 7ג). מאידך, בטיפול 16-24 למרות שרמת החנקן הכללי הייתה זהה לביקורת (40 מ"ג/ליטר), חומרת המחלה הייתה כמעט חצי (AUDPC של 630 לעומת 1080) (איור 6ב). ניתן להסביר זאת בהבדלים ברמת החנקה אשר הייתה פי ארבעה בטיפול זה לעומת הביקורת (4-36). עוד ניתן להבחין כי ריסוסי עלווה ביסודות הקורט על רקע טיפול 4-36 מפחית את רמת המחלה באופן משמעותי לעומת הביקורת (AUDPC של 400 לערך לעומת 1080) (איור 6ב). טיפול ריסוס האבץ (4-36+Zn) היה עדיף על המנגן והפחית את חומרת המחלה בדומה לפונגיצידי (פחות מ 400% ליום). אשלגן בהדשיה הפחית את שכחות המחלה בשיעור של שני שליש לעומת הביקורת, בדומה לטיפול החנקה-אמון השונים (איור 7א).



איור 7. השפעת יסודות שונים על עוצמת המחלה לאורך כל תקופת הניסוי. א. יישום אשלגן בהדשיה (כוכבית מייצגת מובהקות סטטיסטית). ב. ריסוס עלוותי של יסודות הקורט, אבץ ומנגן, לעומת הביקורת וריסוס פונגיצידי (אותיות שונות מייצגות שונות מובהקות סטטיסטית). ג. רמות חנקן שונות בהדשיה (ללא התחשבות ביחס אמון חנקה). N – חנקן כללי. #-#-NO₃-NH₄ (רמות חנקה אמון, מ"ג/ליטר). K – fertigation- הוספת אשלגן בהדשיה, F – ריסוס פונגיצידי, Mn – מתן מנגן בריסוס העלווה, Zn – מתן אבץ בריסוס העלווה.

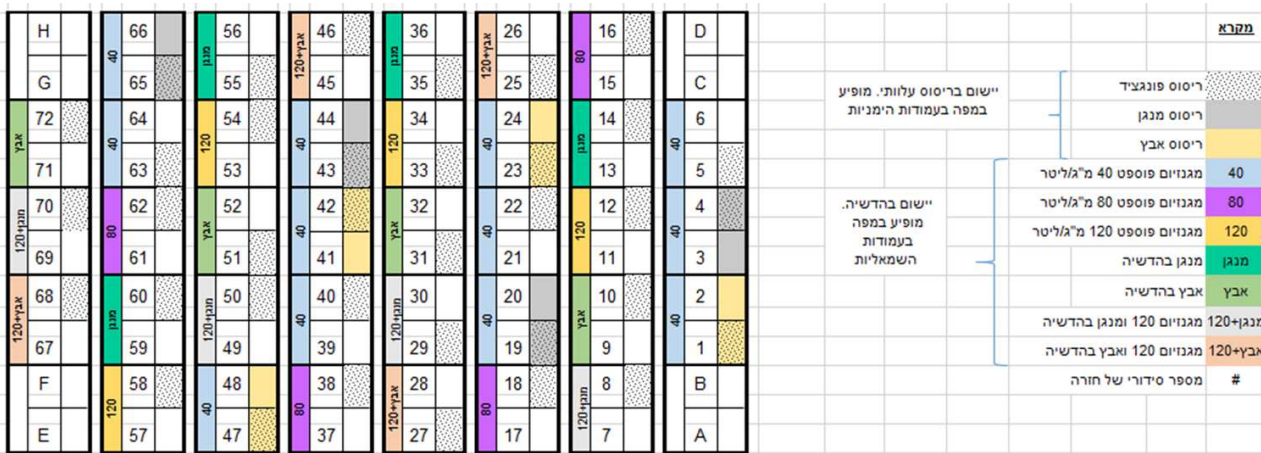
סיכום כללי

1. תוצאות ניסוי רמות הסיידן והמגנזיום מצביעות על מגמה דומה לזו של הניסוי שהתבצע בעונה הקודמת. רמות סיידן ומגנזיום גבוהות יותר במי ההדשיה מפחיתות את עוצמת מחלת הכשותית. פעילות היסודות היא אנטגוניסטית ולכן אין להעלות את כמותם במקביל בהדשיה. ניתן להסיק בזהירות כי לעונת הגידול (שתילת קיץ-סתיו לעומת שתילת חורף-אביב) אין השפעה על פעילות היסודות להפחתת מחלת הכשותית כאשר הם ניתנים בהדשיה.
2. העלאת ריכוז החנקן הכללי הניתן בהדשיה הביאו להפחתת מחלה. יש משמעות ליחס חנקה-אמון ממנו נגזרת רמת החנקן הכללית, אך יש צורך בבירור נוסף מהו היחס המתאים ובאיזה רמת חנקן כללית. לדוגמא, ברמת חנקן נמוכה (40 מ"ג/לי') הטיית יחס חנקה-אמון לכיוון החנקה משפחית את חומרת הכשותית. הוספת אשלגן בהדשיה וריסוסי העלווה של יסודות הקורט מנגן ואבץ (בנפרד) נמצאו גם הם אפקטיביים להפחתת עוצמת המחלה.

3. בדוח זה לא הוצגו כל הנתונים שהתקבלו ובכללם השפעת המניפולציות האגרנטיות הנזכרות על חומרת המחלה בבזיל לאחר אחסון.

המשך המחקר

1. צמחי ריחן נשתלו ב- 21.9.16 (שתילת סתיו-חורף) לבחינת הדשיה וריסוסים עלוטיים של יסודות מובילים (על פי ניסויי העונות הקודמות). במפה המצורפת מפורטים היסודות הניתנים בהדשיה ובריסוס עלוטי ומיקומם על פי חזרות (איור 8). ריסוס עלוטי של פונגיציד הינו טיפול משנה הניתן על רקע כל אחד מהטיפולים העיקריים המפורטים. תוצאות ניסוי זה יפורטו בדו"ח נפרד בהמשך.



איור 8. מפה ופירוט טיפולים של ניסוי סתיו-חורף 21.9.16.

2. באותו תאריך כנ"ל, נשתלו שני מפתחי חממה נוספים לניסוי ראשוני החוקר אמצעי אוורור קיים (החלפת אוויר בחממה) כשיטה לבקרת כשותית בבזיל. בנוסף נבדקת האפשרות לתוספתיות בבקרת המחלה (חוץ מאשר ע"י תנועת האוויר) על ידי הדשיה וריסוס עלווה הערוכים כטיפולי משנה בחלקה.

להלן פירוט הטיפולים: ביקורת (דישון מסחרי), ריסוס מנגן, ריסוס פונגיציד, ריסוס מנגן + ריסוס פונגיציד, הדשיה מועשרת במגנזיום, הדשיה מועשרת במגנזיום + ריסוס מנגן, הדשיה מועשרת במגנזיום + ריסוס פונגיציד.