



מדינת ישראל, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני,
המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה

השפעת בוצה מטופלת בסיד ובאפר פחם (במס"א) על ההרכב הכימי של צמחי בוחן ועל נגיעותם במחלות שוכנות קרקע – סיכום ממצאי ניסויים שבוצעו בשנים 2012-2014

❖ דברי מבוא, סקירת ידע וריכוז ממצאי המחקרים

1. השפעת במס"א ואמון גופרתי על נגיעות תפוז"א במחלות שוכנות קרקע ועל היבול ותכולת היסודות בפקעות (חוות הבשור, 2011-2012) – פנחס פיין¹, אנה בריוזקין¹, גיורא קריצמן², יפת בן יפת², עומר פרנקל², משה אלבז³, דב צהר³, עירית דורי³, מירון סופר³, אורי זיג⁴
2. השפעת במס"א על נגיעות פקעות תפוז"א בגרב אבקי, ועל היבול ותכולת היסודות בפקעות (מושב יבול, צפון-מערב הנגב, 2013) – פנחס פיין, גיורא קריצמן, אנה בריוזקין, עמוס עובדיה⁵
3. יישום במס"א להדברת נמטודות עפצים בגזר והשפעתה על תכולת היסודות באשרושים (קיבוץ ניר אליהו, 2013) – פנחס פיין, יוג'י אוקה⁶, אנה בריוזקין, תלי קולוקובסקי⁷, ירמי לביא⁷
4. הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בפוזריום ביישום במס"א (עין הבשור, סתיו 2013) – פנחס פיין, גיורא קריצמן, אנה בריוזקין, עמוס עובדיה
5. הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בפוזריום ביישום במס"א ואמון גופרתי (מושב בית עזרא, 2014) – פנחס פיין, אנה בריוזקין, עמוס עובדיה
6. הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בקישיוניה גדולה ובפוזריום ביישום במס"א ואמון גופרתי (מושב כפר חיים, 2014) – פנחס פיין, אנה בריוזקין, עמוס עובדיה

¹המכון למדעי הקרקע המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
²המכון להגנת הצומח, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
³מו"פ דרום
⁴יח"מ (ישובי חבל מעון)
⁵אגרונמיה – שירותים חקלאיים
⁶מרכז מחקר גילת, מינהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני
⁷קיבוץ ניר אליהו

אוקטובר 2015

בית דגן

השפעת בוצה מטופלת בסיד ובאפר פחם (במס"א) על ההרכב הכימי של צמחי בוץ ועל נגיעותם במחלות שוכנות קרקע

ניסויים בצפ' מע' הנגב, בדור' מישור החוף ובשרון בשנים 2011-2014

דו"ח למנהלת אפר הפחם מוגש ע"י
פנחס פיין, המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, ת"ד 6, בית דגן 50250
finpe@volcani.agri.gov.il

(א) תקציר כללי

רקע, הנחות עבודה ומטרות:

נבדקת ייתכנות ההפחתה בנגיעות של קרקעות קלות בגורמי מחלה צמחיים ובזרעי עשבייה באמצעות שילוב יישום במס"א ואמוניה, והשפעת הבמס"א על הזנת הגידולים ועל תכולת היסודות בהם. בשנים 2011-2014 בוצעו 7 ניסויים בשדות מסחריים, מהם ארבעה בחסה, שניים בתפוז ואחד בגזר. שלושה אתרי ניסוי היו בצפון מערב הנגב, שניים בדרום מישור החוף ושניים בשרון, כולם מרקם הקרקע היה חולי עד חולי-סייני, ובכל השדות דווח כי הקרקע נגועה מאד בגורמי מחלה צמחיים שונים. הנחות העבודה היו: (א) לאמוניה יש השפעה ביוצידית ישירה על גורמי המחלה בקרקע; (ב) שילוב של במס"א, אמון גופרתי וחפוי פלסטיק מעלה את ריכוז האמוניה בקרקע לערכים לטאליים לגורמי מחלה צמחיים, (ג) יישום במס"א אינו גורם לצבירה של יסודות רעילים בחלקי צמח נאכלים, (ד) באגרוטכניקה מתאימה היבולים יהיו תקינים, (ה) לבמס"א יש השפעה מועילה על הזנת הצמח ביסודות עיקריים ויסודות קורט. המטרות הפרטניות של הניסויים כללו בדיקה של: (א) אופטימיזציה של האגרוטכניקה הקשורה ליישום במס"א להפחתת מחלות שוכנות-קרקע בגידולים חקלאיים; (ב) השפעת הבמס"א על היבולים ועל ההרכב הכימי של הצמחים; (ג) השפעתם על נוכחות ונפיצות עשבייה רעה.

שיטה:

בכל הניסויים יושמה במס"א בעומס של כ-10 טון/ד' בהשוואה להיקש ללא במס"א (הרכב מייצג של הבמס"א בטבלה 1). טיפולי משנה היו (א) הצנעה ביסוד של אמון גופרתי (90-180 ק"ג/ד'), (ב) חימום פני הקרקע באמצעות חיפוי ביריעת פלסטיק. בדרך כלל, הטיפולים היו ב-5 חזרות בבלוקים, ושטח כל חלקה היה כ-20 מ"ר. הבמס"א והדשן תוחחו בד"כ לעומק 20 ס"מ. הגידול היה מסחרי, עם השקיה ודישון אחידים בכל הטיפולים.

תוצאות:

במס"א להדברה: הדברה מוצלחת מותנית בפיזור אחיד של הבמס"א (והאמוניה) בכל נפח הקרקע המיועד להדברה. לפיכך הוכן מוצר מועדף להדברה שהנו בעל תכולה מרבית של תוספים (אפר פחם מרחף וסיד) על חשבון מרכיב הבוצה (הפוך מהמוצר להחלפת דשן וטיוב הקרקע). פותחה הטכניקה לייצור.

יעילות ההדברה: סיכום הניסויים ותוצאותיהם מוצג בטבלה 1. טיפולי במס"א + אמון גופרתי + פלסטיק היו תמיד האפקטיביים יותר (היכן שנגקטו) בהפחתת המדבק של גורמי מחלה בקרקע ובהפחתת המחלה בצמחי הבוץ. רמת הנגיעות של הצמחים במחלות בחלק מהניסויים הייתה נמוכה מאד בכל הטיפולים. בעין הבשור רמת הנגיעות של החסה בפוזריום הייתה נמוכה, ונמוכה יותר (מובהק) בטיפולי במס"א + אמון גופרתי. בכפר חיים, רמת הנגיעות של החסה בקשיוניה גדולה הייתה כ-80%, ובטיפול במס"א + אמון גופרתי היא פחתה ל-50% (מובהק). בניר אליהו (גזר) וביבול (תפוז) יישום במס"א (ללא תוספת) לא השפיע על נגיעות בנמטודות עפצים ובספונגוספורה, בהתאמה. בכל הניסויים בהם נבדק הנושא, במס"א ואמון גופרתי הפחיתו מאד נביטת עשבייה.

השפעת הבמס"א על יבול צמחי הבוץ: יישום הבמס"א היה על רקע של דישון מסחרי (שנעשה בכל הניסויים), ובד"כ הוא לא השפיע על היבול. יבול תפוז"א בחוות הבשור עלה בכ-50% ומספר הפקעות עלה ב-13% (עליות מובהקות סטטיסטית) בטיפולי במס"א ביחס להיקש (כולל היקש עם הדברה מסחרית); בכפר חיים משקל הצמחים הבריאים בטיפולי הבמס"א + אמון גופרתי (כ-50% מהשתילים) היה גבוה ביותר מפי 2 מאשר בטיפול ההיקש (כ-20% מהשתילים). בגזר (ניר אליהו),

תפ"א (יבול), וחסה (עין הבשור ו-2 ניסויים בבית-עזרא) לבמס"א הייתה השפעה על יבול אך המלחה (חנקנית) שלא נשטפה בטיפול במס"א + 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי בעין הבשור פגע ביבול החסה.

ריכוזי יסודות בגידולי הבוחן: ריכוזי היסודות בניסויים השונים מרוכזים בטבלה 2. ריכוזי עופרת, ארסן וקדמיום בכל אחד מצמחי הבוחן, בכל הניסויים והטיפולים, היו נמוכים מהמותר ולעיתים אף על סף הגילוי, וריכוזי יסודות חיוניים להזנת הצמח היו תקינים, לעיתים הם עלו בתגובה ליישום במס"א. ובד"כ דומה בכל הטיפולים. לעיתים הייתה הגדלה בתכולת יסודות מסוימים בטיפול במס"א בהשוואה להיקש (כגון אבץ בחסה בבית עזרא; מוליבדן בחסה בעין הבשור; נחושת, מוליבדן וזרחן בחסה בכפר חיים; זרחן, נחושת, סידן, מוליבדן, וסלן בתפ"א בחוות הבשור). ב-2 גידולי חסה (עין הבשור, כפר חיים) יישום במס"א הקטין את ריכוזי המנגן בצמחים, אולם היה הבדל של סדר גודל בריכוזים בצמחי 2 האחרים. יישום אמון גופרתי הקטין בד"כ את ריכוז המוליבדן בחסה והגדיל את ריכוז המנגן.

ניתן לקבוע באופן חד-משמעי כי במס"א, גם בעומס יישום גבוה (כ-10 מ"ק/ד'), אינה גורמת לצבירה של מתכות כבדות רעילות בחסה, היא מחליפה תשומות דשן, והיא אינה משפיעה לרעה על הזנת הצמחים ביסודות עיקריים וביסודות קורט.

סיכום:

המחקר הנוכחי השיג את מרבית מטרותיו:

- (א) מבחינת האגרוטכניקה, יישום במס"א tailor made להדברה בתוספת אמון גופרתי (או אמוניה מימית) עם חיפוי פלסטיק הפחית בחלק מהמקרים את רמת המדבק של גורמי מחלה בקרקע מתחת לסף הרגישות של שיטות הבדיקה. במסגרת הבדיקות, היו מחלות צמחים בהן הטיפול היה יעיל מאד (יבללת התרמילים באגוזי אדמה, כמישה גרומת-פוזריום בחסה, ריקבון לח עקב קשיוניה בחסה) (גרם מצוי בפקעות תפ"א) ואחרות שלא הגיבו כלל (כגון גרב מצוי בתפ"א; שלא הגיב גם להדברה מסחרית). נציין כי בקרקע חולית ובסיסית מאד, אמון גופרתי וחיפוי פלסטיק יכולים אולי לתת תוצאה דומה.
- (ב) בדרך כלל, לבמס"א לא הייתה השפעה על יבול גידול הבוחן. בשני מקרים הייתה הגדלה משמעותית מאד (ומובהקת סטטיסטית) של היבול (פקעות תפ"א בחוות הבשור; יבול צמחי החסה הבריאיים בכפר חיים). כשהייתה השפעה על ריכוזי יסודות חיוניים לצמח, בד"כ הייתה הגדלה (זרחן, נחושת, סידן, מוליבדן, אבץ) ולעיתים הפחתה (מנגן בחסה).
- (ג) ריכוזי היסודות הרעילים (ארסן, קדמיום ועופרת) בצמחי הבוחן היו תמיד נמוכים מריכוז הסף לשיווק, ולעיתים הם אף היו מתחת לסף הגילוי (ארסן ועופרת).

(ב) דיון ומסקנות כלליים במחקר

שפעול רעילות האמוניה לגורמי מחלה צמחיים:

רעילות אמוניה נגרמת עקב הדיפוזיה של הצורה הלא מיוננת (NH_3) לתוך תאי אורגניזמים, הפרת האיזון הכימי ופגיעה במבנים תאיים ובאנזימים (Kleiner, 1981; 1985). גיפס (2008) הראה רעילות גבוהה של אמוניה למגוון של פטריות פאתוגניות שוכנות-קרקע (תפטיר וגופי קיימא). לדוגמה, הדברה מלאה בתנאי מעבדה של גופי קיימא ותפטיר של *F. o. f. sp. lycopersic* ארעה לאחר 30 דקות חשיפה בריכוזים של 8 ו-6.9 מ"ג NH_3 /ל', בהתאמה.

יעילות חיטוי קרקע באמוניה הינה בדרך כלל מוגבלת, בעיקר משום שריכוזה בתמיסת הקרקע ובאווירת הקרקע תלוי לא רק בריכוז הכללי של האמוניום בקרקע אלא גם בגורמים שלהלן: (א) שיווי המשקל בין האמוניום (NH_4^+) לאמוניה (NH_3) בתמיסת הקרקע, (ב) ספיחה של אמוניה למרכיבי הקרקע, (ג) פיזור בלתי-אחיד של האמוניום/אמוניה בקרקע, הן ביישום אמוניה מימית והן בפיזור דשן מוצק. אלה מסבירים מדוע נדרשו ריכוזים של אלפי מ"ג NH_3 /ק"ג קרקע להדברה אפקטיבית (ראה סקירה אצל גיפס, 2008).

שיווי המשקל בין צורני האמוניום התלוי ב-pH של תמיסת הקרקע ובטמפרטורה, מתואר במשוואת הנדרסון-הסלבאלך:

$$\text{Log} \left\{ \frac{[\text{NH}_3(\text{g})]}{[\text{NH}_4^+(\text{aq})]} \right\} = \text{pH} - \text{pKa} \quad [1]$$

העלאת pH הקרקע (כגון, ביישום במס"א או כל תוסף סידי אחר) מסיטה את שיווי המשקל לכיוון האמוניה, והמטרה היא להעלות את ה-pH לערך הגדול מה-pKa ביחידה (לוג) אחת לפחות, ואז ריכוז האמוניה יהיה גבוה פי 10 מריכוז האמוניום. יתרונה של הבמס"א הוא הן בנוחות פיזור (ללא אבק), הן בתרומת יסודות חיוניים לצמח, והן בירידה המהירה ב-pH בהמשך. חימום הקרקע (באמצעות חיפוי פלסטיק) מקטין את ה-pKa דלעיל, וב-50°C הוא 8.54 (בהשוואה ל-9.25 ב-25°C; כגון, ניסוי 1, איור 3; ניסוי 3 איור 1). לא פחות חשובה היא השפעת החימום על קבוע הנרי (מקדם החלוקה של אמוניה בין הנוזל לגז; ראה להלן), והחום גם מדביר ישירות חלק מהאורגניזמים. בפועל, ניתן לתמרן עם שלושת גורמים - ריכוז אמוניה כללי, ה-pH והטמפרטורה - להשאת ריכוז האמוניה הגזית בקרקע.

ספיחת אמוניה לקרקע (בעיקר לחרסית ולחומר האורגני) יכולה להקטין מאוד את ריכוזה באווירת הקרקע (גיפס, 2008). לפיכך, הגבלנו את המחקר לקרקעות חוליות יחסית בהן ניתן להגיע לריכוז אפקטיבי של אמוניה חופשית ביישום סביר של במס"א ודשן אמוניאקאלי. לדוגמה, בן-יפת וחוב' (Ben Yehaet et al., 2004) בדקו בניסויי הדגרה מעבדה ב-25°C את השפעה של משך הזמן, ושל עומסי היישום של במס"א מבית-שמש (אקוסויל) ושל אמוני גופרתי על ה-pH של 3 קרקעות (עם תכולה גדולה של חרסית) ועל יעילות ההדברה של *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*. בקרקע חמרה סיינית-חולית עומס במס"א שקול ל-7.5 ט"ד העלה את ה-pH של מיצוי הקרקע (ביחס קרקע:מים 5:1) מ-8.3 ל-10.3. יישום אמוני גופרתי בריכוז סופי של 200 מ"ג נ"ק"ג קרקע (שקול ל-50 ק"ג נ"ק"ג קרקע) והדגרה במשך 24 שעות ב-25°C הורידו את רמת המדבק בקרקע מתחת לסף הגילוי. שיעור ההדברה ללא תוספת אמוניום היה כ-50%.

בהתאם לכך, בניסויים שביצענו בהמשך, יישום אמוניום היה מכוון להעלאת ריכוזו הכללי בקרקע לכ-200 מ"ג נ"ק"ג (כ-50 ק"ג נ"ד). בהדגרה במכלים סגורים של קרקע החמרה לעיל, ריכוז האמוניה הכללי בקרקע היה כ-185 מ"ג נ"ק"ג, וריכוזה בתמיסת הקרקע היה 1000-2000 מ"ג נ"ל (לפי ה-pH, הטמפ' ולחות הקרקע; Farquhar et al., 1980).¹

המקור לאמוניה יכול להיות הבמס"א עצמה או זבלים אחרים בעלי יחס C/N נמוך (כגון, זבלי עוף; רודד, 2005; פיין וחוב', 2013). המקור הבטוח הוא דשן אמוניאקאלי. יישום אמוניה מימית (pH ≈ 11), או אף אמוני גופרתי, בסוף יולי (שיא החום), בקרקע חולית-גירית (ספיחה מזערית, pH ≥ 8.5) יהיה מיטבי להדברה, ואף יימנע הצורך בהבססת הקרקע. אולם בגלל עלות הפרוצדורה של הזרקת אמוניה מימית, יישום דשנים מוצקים יהיה כלכלי יותר לחיטוי חלקות שדה קטנות יחסית. אמוני גופרתי אמנם הנו דשן חומצי, אולם יתרונו הוא בסימולטניות של היווצרות אמוניה בשכבת היישום. לעומתו, הן אוריאה והן זבלים אורגניים (כנ"ל) צריכים לעבור אמוניפיקציה מיקרוביאלית בקרקע, ומשך הזמן וקצב היווצרות האמוניה תלויים בפעילות המיקרוביאלית והאנזימטית. כשהקצב אינו מספיק (בין אם בגלל מגבלות עומס יישום או תנאים כימו-פיזיקליים בקרקע), ריכוזי השיא עלולים נמוכים מדי להדברה יעילה (או שהם יופיעו לאחר הירידה ב-pH). לאמוניה מימית יש במגבלה נוספת, והיא דליפתה בחתך הקרקע לעומק גדול מעומק המטרה. לעומתה, מרבית הדשן המוצק נותרת בשכבת היישום.

ייצור במס"א ייעודית (tailor-made) להדברה:

המייחד במס"א ייעודית להדברה הוא יובש יחסי (<70% מוצקים), פריחות מרבית ותכולת סיד גבוהה, שבנוסף ל-pH הגבוה (<12.5), מקנה לבמס"א כושר בופר מרבי. הפחתה בלחות ודביקות של הבמס"א עושה אותה נוחה לפיזור, ועריבה באופן אחיד בקרקע. pH וכושר בופר גבוה אמורים להעלות את ה-pH של הקרקע ולשמרו כך למשך זמן מרבי (שהוא עדיין בסד"ג של ימים בודדים). הגדלת תכולת האפר והסיד הושגו בדן-וייר ע"י ייצור הבמס"א במהלך הפריקה של אפר הפחם

¹הנחנו כי 15% מהאמוניה ספוחה לחלקיקי הקרקע (גיפס 2008). תכולת מים בקרקע הייתה 150 מ"ל/ק"ג קרקע יבשה. ראשית חושב הלחץ החלקי של האמוניה במיכל ההדגרה, כלהלן:

$$p_{\text{NH}_3} = RT(10^{1.60352 - 4207.62/T}) \cdot \frac{[\text{NH}_4^+]_{\text{solution}}}{[\text{H}^+]} \quad [2]$$

ואזי חושב הריכוז בתמיסה באמצעות מקדם החלוקה גז/נוזל לפי:

$$[\text{NH}_3]_{\text{solution}} = K_H p_{\text{NH}_3} \quad [3]$$

לסילו, ורתימת לחץ הפריקה המופעל ע"י המכלית להגדלת קצב הזרימה של האפר. החיסרון בהעשרה באפר ובסיד הוא שמרכיב הבוצה קטן, ועמו כושר הבמס"א לספק אמוניה להדברה. כאמור, עומס יישום הבמס"א מכוון להעלות את ה-pH של תמיסת הקרקע לערך השווה ל- $pK_a + 1$. העומס הרצוי נקבע באמצעות ערבוב מדגמי קרקע מהאתר עם כמויות גדולות של במס"א (שהוכנה ליישום בו) ומדידת ה-pH של התערובות. העומס הרצוי הוא זה שבו הושג pH המטרה.

יעילות ההדברה:

הטיפולים הפחיתו את המדבק בקרקע בגורמי מחלה פטרייתיים וחיידקיים מחוללי מחלות גרב שונות. השפעת טיפולי הבמס"א (כולם עם חיפוי בפלסטיק לכ-7 ימים) הייתה משמעותית טובה יותר מאשר טיפול ההדברה המסחרי או הטיפול בחיפוי פלסטיק בלבד. אולם לא נמצאה הפחתה בנגיעות הפקעות בגרב מצוי, שהיה שכיח מאד בכל הטיפולים, ומחלות אחרות כלל לא הופיעו בפקעות בכל הטיפולים כולל בטיפול הביקורת ללא כל תוספת. זרעי עשבייה הודברו ביעילות גבוהה ודומה באמצעות חימום הקרקע בחיפוי פלסטיק בלבד או באמצעות במס"א+אמון גופרתי (ב-2 שיעורי היישום: כ-8% וכ-4% נביטה מהביקורת, בהתאמה).

מועד ביצוע פעולת ההדברה:

המועד הרצוי לפיזור הוא בעת שטמפ' הקרקע מגיעה לשיא. ניתן עוד לחמם את פני הקרקע באמצעות חיפוי פלסטיק. המטרה היא להגדיל את היחס אמון\אמוניום בקרקע (תלות הפוכה של ה- pK_a בטמפרטורה), להגדיל אולי גם את רגישות האורגניזמים, ובכל מקרה להפחית את חיוניות פאתוגנים (נבגים וגופי קיימא) וזרעי עשבייה הרגישים לטמפ' קרקע גבוהה.

עד השתילה או הזריעה של הגידול החקלאי ריכוזי האמוניה ו-pH הקרקע חוזרים לערכי הרקע. שני הדברים מתרחשים ספונטנית בתוך זמן קצר (ימים ספורים) כשהקרקע לחה. האמוניה מתנדפת ולא מתחמצנת לחנקה ועודפי ההירוקסיל עוברים קרבונציה עם CO_2 ממקורו באווירת הקרקע המועשרת בפד"ח המגיע מהמינרליזציה של הפחמן האורגני שבבמס"א. הקרבונציה אינה תמיד מלאה, וגרגרי במס"א נעטפים במעטה גיר, כשתוכם נותר הידרוקסילי. כך, טחינת תערובות קרקע-במס"א יכולה לגרום לעליית ה-pH. חימצון האמוניום (מהאמון הגופרתי ומאמוניפיקציה של הבמס"א) מגדיל את ריכוזי החנקה בקרקע ויכול להמליח אותה, ותורמת לכך הגופרה שמקורה בדשן. יש לתזמן את היישום כך שתהיה אפשרות להדיח את המלחים בשטיפה (בהמטרה) או במי-גשם.

מדידת pH הקרקע:

במשוואות 1-3 לעיל ה-pH הנו מרכיב מכריע בחישובי ריכוז האמוניה המומסת בתמיסת הקרקע והלחץ החלקי שלה באווירת הקרקע. למרבה הצער, אין אפשרות למדוד את ה-pH האמיתי בתמיסת הקרקע, שהוא הקובע את גודלם של הגורמים לעיל. תכולת המים בקרקעות החוליות בהן עבדנו הנה כ-50-150 ג'ק"ג קרקע יבשה. להערכת ה-pH, מיצינו את הקרקע ותערובותיה השונות עם במס"א ואמון גופרתי במים מזוקקים ביחס 5:1 – קרקע : מים. המיהול של תמיסת הקרקע (יחס המיצוי גבוה פי 30-100 מתכולת המים בקרקע) כשלעצמו מקטין את ריכוזי יון המימן (ומטה את ה-pH כלפי מעלה). המיהול גם מקטין את המיצוי של יוני מימן ספוח (אפקט המלח). כך, ערכי pH שמדדנו במיצוי קרקע ב-1M KCl (ביחס 8:1) היו נמוכים ביחידה אחת בערך בהשוואה לערכים שנמדדו במיצוי המימי. יישום אמון גופרתי גורם לאפקט דומה, ובנוסף לכך תגובת הדשן במים הנה חומצית (זהו מלח של בסיס חלש וחומצה חזקה). השפעת תוספת הדשן על ה-pH של מיצוי קרקע שיושמה בה במס"א הייתה בסד"ג של מספר עשירות יחידת pH (לדוג', ניסוי 1, טבלה 3; הבדל מובהק סטטיסטית). שינוי כזה מייצג הבדל משמעותי הרבה יותר ב-pH של תמיסת הקרקע עצמה.

לפיכך, חישובי ריכוז אמוניה בתמיסת הקרקע (כגון, ניסוי 1, טבלה 3) הם אינדיקטיביים בלבד

צימוח ויבול:

יישום במס"א + אמון גופרתי הגדיל (תפוא"א: חוות הבשור; חסה: כפר חיים), הקטין (חסה: עין הבשור) או לא השפיע כלל (תפוא"א: יבול; גזר: ניר אליהו; חסה: עין הבשור, בית עזרא; אגוזי אדמה: ניר עוז, חלוצה) על יבול גידולי הבוחן. הפחתת יבול הייתה עקב המלחה שנגרמה ע"י יישום גבוה של אמון גופרתי (360 ק"ג דשן\ד'), ושתילה קודם שהייתה שטיפה מספקת (עין הבשור). באותו עומס

בגידול תפוז"א (חוות הבשור) הייתה עלייה מובהקת ביבול, ובעומס אף גבוה יותר (אמוניה מימית 100 ק"ג N⁺; כ-500 ל"ד; ניר עוז וחלוצה) לא היה כל הבדל ביבול.

בניסוי בחוות הבשור, בו יבול פקעות תפוז"א והנוף עלו בכ-50% (מובהק ביותר), כל טיפולי הניסוי קיבלו השקיה ודישון אחידים, והדישון החנקני הכולל (ללא האמון הגופרתי שניתן ביסוד לשם ההדברה) אף היה מופרז מאד (יותר מ-80 יח' חנקן במהלך העונה). ההבדל לא יכול להיות מוסבר בריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בצמחים, שהיו דומים מאד בטיפולי הבמס"א וההיקש, וגם ריכוזיהם בקרקע (עד 60 ס"מ) היו דומים מאד בכל הטיפולים. היה הבדל מובהק ביותר בריכוז מוליבדן בצמחים אך דרוש מחקר נוסף לבחון עד כמה הבדל כזה הנו משמעותי.

ריכוזי יסודות רעילים ויסודות הזנה וקורט בצמחים (פירוט בטבלה 2):

היסודות המנוטרים ע"י שירות המזון הארצי במשרד הבריאות (ארסן, קדמיום עופרת; www.health.gov.il/fcs) בצמחי הבוחן (פקעות תפוז"א מ-2 ניסויים, חסה מ-3 ניסויים, גזר) היו מתחת לסף העליון המותר בכל הגידולים והטיפולים. בחלק מהמקרים (בעיקר לגבי ארסן ועופרת) הריכוזים היו על סף אפשרות הגילוי או מתחת לו. במקרה אחד (חסה, כפר חיים) ריכוזי הארסן והעופרת בצמחי ההיקש היו נמוכים מאשר בצמחים בטיפולי הבמס"א (הבדלים מובהקים סטטיסטית)

ניסויים בביצוע:

שני ניסויים נוספים נמצאים עתה בביצוע בשטחי ניר-עוז וחלוצה (בשותפות עם יח"מ ועם "דשנים וחומרים כימיים"). נבחנת הדברה של גורמי מחלה שונים ובעיקר של *Streptomyces spp*, הגורם ליבללת התרמילים באגוזי אדמה ולגרם השקעים העמוקים בתפוחי אדמה. הטיפולים נעשו בקיץ 2014, בשיא החום, והזריעה של אגוזי האדמה הייתה באביב 2015. מטרת הריווח בזמן הייתה גם למנוע פגיעה אפשרית ביבול עקב המלחה, והאמון הגופרתי הוחלף באמוניה מימית שהוזרקה לקרקע. האמוניה המימית תורמת להעלאת pH הקרקע (שלא כאמון גופרתי) והיא אינה גורמת להמלחה גופרתית. בדיגום ביניים נמצאה ירידה מובהקת ביותר ($p < 0.001$ מ-34% ל-12%) בנגיעות ביבללת התרמילים בטיפול במס"א (6 ט"ד) + 50 ק"ג N⁺ אך גם עלייה בתופעת 'גרם רשת' (מ-30 ל-50% מהתרמילים; $p < 0.05$). טיפול ב-100 ק"ג אמוניה N⁺ הפחית במובהק את הנגיעות הכללית במחלות (מ-60 ל-40% מהתרמילים; $p < 0.05$). האסיף המסחרי יהיה באוקטובר 2015. בקיץ 2015 טופלו שני שדות נוספים, בניר עוז ובנירים לקראת זריעת אגוזי אדמה באביב 2016.

ניסוי שלישי החל בקיץ 2015 בהדברת *פוזריום* בחלקה נגועה מאד בשדה ניצן (כ-1500 יחידות יוצרות מושבהג' קרקע; cfu/g). יישום במס"א (9 ט"ד) + אמון גופרתי (180 ק"ג ג"ד) + חיפוי פלסטיק (שבוע) הוריד את רמת המדבק בפוזריום בקרקע מתחת לסף הגילוי. טיפול מסחרי באדיגן הוריד את רמת המדבק בקרקע ב-70% בלבד. בשדה נשתלה חסה כצמח בוחן.

טבלה ב'-1: סיכום הניסויים שבוצעו במסגרת המחקר:

בוצעו 10 ניסויי שדה בהם נבחנה הדברה של מחלות צמחים שוכנות קרקע באמצעות במס"א ואמון גופרתי ונבדקה השפעת הבמס"א על תכולת יסודות רעילים בצמחי הבוחן. הניסויים היו כלהלן (טבלה 2):

טבלה 1: פירוט הניסויים שבוצעו (ומבוצעים עתה) במסגרת המחקר ועיקרי הגורמים והתוצאות (מ"ס: מובהק סטטיסטית)

| מס' | מועד ביצוע | אתר הניסוי | גורם מחלה צמחי | טיפול | | | גידול בוחן | תוצאות עיקריות בטיפול הבמס"א | |
|-----|--------------|------------|---------------------------|--------------|-----------------------------------|-------|------------|--|-------------------------|
| | | | | במס"א (ט'ד') | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | חימום | | נגיעות בצמח | יבול |
| 1 | 2011 – 2012 | חוות הבשור | סטרפטומיצטים, ספונגוספורה | 4.5 | 180 ,90 ,0 | + | תפוא"א | אין בכל הטיפולים | 50% תוספת |
| 2 | 2013 | יבול | ספונגוספורה | 10 | - | - | תפוא"א | נגוע כהיקש | כבהיקש |
| 3 | 2013 | ניר אליהו | נמטודת עפצים | 10 | - | - | גזר | נגוע כהיקש | כבהיקש |
| 4 | סתיו 2013 | עין הבשור | פוזריום | 10 | 180 ,90 ,0 | + | חסה | נגיעות כללית מעטה, הפחתה קלה (מ"ס) | ירידה בטיפול במס"א+180 |
| 5 | קיץ 2014 | בית עזרא | פוזריום | 10 | 90 ,0 | - | חסה | אין בכל הטיפולים | כבהיקש |
| 6 | סתיו 2014 | בית עזרא | פוזריום | 10 | 90 ,0 | - | חסה | אין בכל הטיפולים | כבהיקש |
| 7 | חורף 2013/14 | כפר חיים | קשיוניה גדולה | 10 | 90 ,0 | - | חסה | ירידה מ-80% בהיקש ל-50% (מ"ס) | בריאם בלבד: גבוה פי 2.2 |
| 8 | 2014/15 | חלוצה | סטרפטומיצטים; "רשת" | 6 | אמוניה מימית: 100 ,50 ,0 ק"ג N/ד' | - | אגוזי אדמה | יבללת: הפחתה, "רשת": עלייה; (מ"ס) | בביצוע |
| 9 | 2014/15 | ניר עוז | | | | - | | | בביצוע |
| 10 | 2015 | שדה ניצן | פוזריום | 9 | 180 ,0 | + | חסה | הפחתה (מ"ס): הן בקרקע (מתחת לסף הגילוי) והן בצמח | בביצוע |

מתחת לסף העליון המותר, ללא הבדל מובהק בין הטיפולים לעיתים מתחת לסף הגילוי (ראה טבלה 2)

טבלה ב'-2: ריכוזי יסודות בצמחי הבוחן (ההבדל בין הטיפולים מובהק סטטיסטית כאשר $p < 0.05$)

| יסודות (מ"ג/ק"ג) | | תפוא"א - חוות הבשור | | | תפוא"א - יבול | | גזר - ניר אליהו | | חסה - עין הבשור | | | חסה - בית עזרא | | | חסה - כפר חיים | | |
|---------------------|--------------|---------------------|--------|---------|---------------|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|---------|----------------|--------|--------|----------------|--------|-------|
| | | היקש | במס"א | F | היקש | במס"א | היקש | במס"א | היקש | במס"א | F | היקש | במס"א | F | היקש | במס"א | F |
| As | רעלים | bd | | | bd | bd | 0.02 | 0.06 | bd | 0.012 | | bd | bd | | 0.35 | 0.24 | 0.045 |
| Cd | | 0.02 | 0.02 | | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.15 | 0.17 | | 0.15 | 0.14 | | 0.34 | 0.28 | |
| Pb | | 0.12 | 0.17 | | bd | bd | bd | bd | bd | bd | | bd | bd | | 1.3 | 0.8 | 0.018 |
| B | חיוניים | 37 | 35 | | 38 | 33 | 63 | 76 | 56 | 60 | | 68 | 72 | | 68 | 71 | |
| Ca | | 290 | 350 | <0.001 | 291 | 292 | 4,283 | 5,020 | 8,934 | 9,366 | | 7,167 | 6,573 | | 11,700 | 12,800 | |
| Cu | | 3.8 | 4.5 | <0.01 | 6 | 6 | 4.6 | 5.9 | 19 | 12 | | 5.8 | 6.4 | | 10 | 12 | 0.004 |
| Fe | | 23 | 28 | | 24 | 25 | 154 | 160 | 93 | 99 | | 135 | 117 | | nd | | |
| K | | 30,000 | 31,500 | | 24,110 | 24,069 | 37,090 | 44,139 | 59,104 | 57,317 | | 71,407 | 67,853 | | 69,000 | 75,500 | |
| Mg | | 970 | 1,100 | | 1,645 | 1,751 | 1,663 | 1,875 | 2,565 | 2,344 | | 1,883 | 1,821 | | 3,800 | 4,400 | |
| Mn | | 7 | 8 | | 12 | 12 | 7 | 11 | 24 | 19 | 0.004 | 29 | 26 | | 280 | 100 | 0.029 |
| Mo | | 0.12 | 0.90 | <0.0001 | 0.62 | 0.81 | 0.3 | 0.9 | 0.20 | 0.31 | 0.001 | 0.89 | 1.03 | | 0.49 | 0.82 | 0.035 |
| N | | 15,000 | 16,400 | | 13,838 | 13,019 | 8,109 | 10,835 | - | - | | 25,500 | 27,400 | | - | - | |
| Ni | | 0.31 | 0.31 | | 0.44 | 0.30 | 1.2 | 1.2 | 1.4 | 0.9 | | 4.6 | 6.1 | | nd | | |
| P | | 1,500 | 1,800 | <0.001 | 3,590 | 3,338 | 4,050 | 4,677 | 8,788 | 8,086 | | 6,334 | 6,255 | | 5,350 | 6,530 | 0.042 |
| S | | 0.06 | 0.56 | <0.0001 | 2,290 | 2,361 | 1,428 | 2,055 | 2,699 | 2,528 | | 2,576 | 2,510 | | 3,100 | 3,350 | |
| Zn | | 19 | 21 | | 17 | 18 | 15 | 21 | 51 | 56 | | 34 | 40 | 0.0001 | 49 | 55 | |
| Al | בלתי-חיוניים | 22 | 25 | | 16 | 14 | - | - | 19 | 38 | 0.03 | 55 | 47 | | 1,880 | 1000 | 0.004 |
| Ba | | 1.3 | 1.6 | | 0.42 | 0.37 | 11 | 12 | 7.0 | 6.5 | | 5.2 | 4.2 | | 12 | 9 | 0.018 |
| Co | | bd | bd | | 0.07 | 0.07 | 0.13 | 0.16 | 0.11 | 0.12 | | 0.27 | 0.32 | | - | - | |
| Cr | | 0.11 | 0.13 | | 0.14 | 0.12 | 1.8 | 1.6 | 0.43 | 0.45 | | 6.9 | 5.3 | | 1.5 | 0.9 | 0.003 |
| Li | | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.1 | 0.2 | 0.08 | 0.21 | <0.0001 | bd | bd | | 1.1 | 0.7 | 0.010 |
| Na | | 200 | 205 | | 456 | 448 | 6,139 | 7,302 | 4,739 | 3,890 | 0.006 | 2,440 | 2,304 | | 5,200 | 6,300 | |
| Se | | 1.44 | 1.25 | 0.04 | bd | bd | bd | bd | bd | bd | | bd | bd | | bd | bd | |
| Sr | | | | | 1.12 | 1.26 | 33 | 41 | 36 | 44 | 0.003 | 23 | 22 | | 45 | 49 | |
| Ti | | | | | 0.32 | 0.39 | | | 1.6 | 1.9 | | 2.9 | 3.2 | | 45 | 31 | 0.003 |
| V | | 0.09 | 0.10 | | 0.02 | 0.03 | 0.5 | 0.6 | 0.12 | 0.15 | | 0.16 | 0.16 | | 3.8 | 2.2 | 0.002 |

(ג) מבוא וסקירת ידע רלוונטי

מטרת המחקר הנה הרחבה וביסוס של הידע בנוגע ליעילות של השילוב של בוצת שפכים מהשפד"ן המטופלת בסיד ובאפר פחם (במס"א) ואמוניה בהדברה של מחלות שוכנות-קרקע. שימוש מוצלח בבמס"א להדברת מחלות קרקע יועיל לכל המגזרים המעורבים, העירוני, החקלאי והסביבתי (פיין, 2006).

הדברת גורמי מחלה שוכני קרקע באמצעות במס"א:

הפחתת גורמי מחלה בקרקע באמצעות יישום במס"א (וכל בוצה אחרת המיוצבת בסיד ובמלאן שאינו אפר פחם מרחף, כגון בוצת בית שמש) היא בעיקר תוצאה של שפעול הרעילות של אמוניה גזית בקרקע. הבמס"א מספקת אמוניום מהמינרליזציה של החנקן האורגני של הבוצה, ועומס יישומה מכוון בעיקר לכך ש-pH תמיסת הקרקע יעלה לערך (10.5-10) בו רוב האמוניום ככולו יימצא בצורתו הגזית הפעילה. בהמשך, המינרליזציה של פחמן הבוצה מוסיפה CO₂ לקרקע, והקרבונציה המהירה של ההידרוקסיל החופשי מורידה את ה-pH ל-7.5-8.5 בשיווי משקל עם הגיר שנוצר. במידה שהבוצה אינה מספקת די אמוניה, דשן אמוניאקלי מוסף לקרקע להשלמה.

עיקר הידע בנושא השימוש בבוצות מטופלות בסיד (במס"א, כשם גנרי) להדברה של מחלות שוכנות-קרקע הוא מעבודות שלנו (לדוג', Fine et al., 2000; Gips et al., 2001ab; Fine et al., 2004, 2005; Ben-Yephet et al., 2005; Oka et al., 2006ab; Oka et al., 2007; 2005, ודו"חות מחקר של פיין וחוב'), והיא בעיקר בהקשר להפחתה של פטריות ושל נמטודות עפצים. נעשתה עבודה לא מעטה בעולם בהפחתה של נמטודות באמצעות במס"א (Zasada and Tenuta, 2004; Zasada, 2005; Meyer et al., 2005; בקרקע ושל עוצמת מחלה בצמחי בוחן נצפתה במיני פוזריום (כגון *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* בניסויי מעבדה ובמיני-חלקות בציפורן), דוררת (ניסויי מעבדה ושדה) ונמטודות עפצים (מעבדה, שדה וחממה מסחרית; Oka et al., 2007, 2006a,b), והפחתה רבתי של מגוון גורמי מחלה כולל חיידקי גרב (ניסוי שדה בתפ"ד, פיין וחוב', 2011).

קיים רקע רחב מעבודות קודמות לגבי שימוש בזבלים אורגניים בעלי יחס C/N נמוך המשחררים אמוניה לקרקע לצורך הדברה ישירה של מחלות שוכנות-קרקע (Kritzman, 1992; שפיגל ושרון, 1996; Oka et al., 2007). נעשו גם עבודות רבות על שימוש בשיירים צמחיים ובסולרליזציה לאותה מטרה (סקירה ע"י Gamliel and Stapleton, 2012). יעילות ההדברה הייתה מוגבלת בד"כ כשהיא נמדדת לפי (א) טווח אורגניזמים מושפעים, (ב) רמת ההפחתה, משך ההשפעה ומרחב התפרסותה בקרקע, ו- (ג) הדירות הפעולה (האפשרות לצפותה מראש). גם האמצעים שהופעלו ועלויותיהם היו לעיתים בלתי סבירים (בעיקר בהקשר של הצנעת שיירים צמחיים בקרקע).

רעילות אמוניה

הדברה באמצעות אמוניה מיוחסת לאמוניה גזית (Zentmyer, 1963; Henis and Chet, 1967; 1968; Smiley et al., 1970; 1972; Rush and Lyda, 1982; Tsao and Oster, 1981; Schippers et al., 1982; Michel and Mew, 1998). רעילות האמוניה היא עקב הדיפוזיה של הצורה הלא מיוננת (NH₃) דרך הממברנות לתוך תאים של האורגניזמים הרגישים, הפרת האיזון הכימי ופגיעה במבנים תאיים ובאנזימים (גיפס, 2008; 1981; 1985; Kleiner). היעילות הביצועית של האמוניה תלויה בריכוז שלה בתמיסת הקרקע ובאווירת הקרקע. ריכוז האמוניה תלוי בריכוז הכללי של האמוניום (NH₄⁺) בקרקע ובשיווי המשקל בין האמוניום לאמוניה בתמיסת הקרקע. זה תלוי מחד גיסא ב-pH של תמיסת הקרקע ובטמפרטורה, ומאידך גיסא בספיחת האמוניה לפאזה המוצקה. גיפס (2008) הדגים את רעילות האמוניה הגזית לגבי מגוון של פטריות פאתוגניות שוכנות קרקע, *Rhizoctonia*, *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*, *solani*, וצורות חיים שלהן (תפטיר וגופי קיימא), והראה כי תמותה מלאה בריכוזי אמוניה נמוכים מאד (עד 30 מ"ג/ל) ובמשכי חשיפה קצרים (עד 30 דק'). הריכוזים שנדרשו להדברה מלאה של התפטיר ושל גופי הקיימא של *V. dahliae* היו 16 ו-14.8 מ"ג אמוניה/ל, בהתאמה, ב-30 דקות חשיפה; ולהדברת *F. o. f. sp. lycopersici* נדרשו 8 ו-6.9 מ"ג אמוניה/ל, בהתאמה, ב-30 דקות חשיפה. הרגישות של *S. rolfsii* הייתה גבוהה מאד, והדברה מלאה של התפטיר וגופי הקיימא הייתה ב-1.4 וב-4.8 מ"ג אמוניה/ל, בהתאמה, לאחר 10 דקות חשיפה בלבד.

הדברה בקרקע באמצעות אמוניה

אמוניה יכולה להיות מוספת כדשן כגון: אוריאה (Chun and Chang, 1999; Lockwood, 1985), אמוניה אל מימית (Smiley et al., 1970) או להיווצר בקרקע בתהליך האמוניפיקציה, הניתן להמרצה באמצעות תוספים וזבלים בעלי יח C/N נמוך (Lazarovits et al., 2001; Tenuta and Lazarovits, 2002; 2004).

שיווי המשקל בין אמוניום לאמוניה גזית בתמיסת הקרקע תלוי ב-pH של תמיסת הקרקע לפי משוואת הנדרסון-הסלבאלך: $\text{pH} - 9.25 = \text{Log} \{ \text{NH}_3(\text{g}) / [\text{NH}_4^+(\text{aq})] \}$ (ב-25 מ"צ). גורמים אחרים המשפיעים על ריכוז אמוניה גזית בקרקע הם ספיחתה לקרקע (בהתאם לריכוז החרסית בקרקע וסוג החרסית ותכולת החומר האורגני בה), וכושר הבופר של הקרקע (Martens and Bremner, 1989; Whitehead and Raistrick, 1993). גיפס (2008) אישש זאת לגבי 7 טיפוסים קרקע מייצגים מהארץ, בעלי טווח רחב של הרכב מכאני, ומצא כי ריכוזי אמוניה חופשית באווירת הקרקע ניתנים להשגה ביישום אמוניה בכמויות סבירות רק כשמרקם הקרקע הנו חולי למדי. קיבול הספיחה לאמוניה, בקרקע חרסיתית היה עדיין לינארי גם בריכוז ספוח של 0.6% ממשקל הקרקע.

Tenuta and Lazarovits (2002, 2004) בדקו את הביצועיות של אמוניה ושל ניטריט שמקורם במינרליזציה של תוספים אורגניים לקרקע. תוספים כגון קמח עצמות ובשר גרמו לתמותה של גופי הקיימא של *Verticillium* בקרקעות עקב הצטברות אמוניה (או חומצה חנקיתית). הצטברות האמוניה והחנקית הייתה תלויה בגורמים כגון ה-pH, תכולת החומר האורגני, כושר הבופר של הקרקע וקצב הניטריפיקציה. בעומס תוספים נתון בקרקע, ההצטברות הייתה מרבית בקרקעות עם תכולת חול גבוהה ותכולת פחמן נמוכה, בהן קצב הניטריפיקציה היה נמוך יחסית. Tenuta and Lazarovits מצאו, כי לא היה קשר מובהק בין הקק"ח, לחות הקרקע וצפיפותה לבין קצב הצטברות האמוניה והחנקית בקרקע. Miner et al. (2000) הראו תלות באופן האחסנה או הטיפול בזבל העופות, כך שבין 50 עד 90% מן החנקן הכללי שבזבל המוסף לגידולים עשוי להפוך לאמוניה. השוואה בין תוספות אורגניות שונות לקרקע כגון פפטון, קמח סויה ואוריאה לבין דישון איאורגני כגון NH_4OH , מעלה כי אמוניה ותרכובות חנקן אורגניות פוגעות באוכלוסיות נמטודות טפיליות וכי לחנקה אין כל השפעה (Walker, 1971; Oka et al., 2006a).

ריכוזי אמוניום שהיו דרושים להדברה יעילה בקרקע נעים בין מ"ג בודדים לקק"ג (Tsao and Oster, 1981), לעשרות ולמאות בודדות (גלפר, 1990; Oka et al., 2007) ועד אלפי מ"ג/ק"ג (Chun and Lockwood, 1985; Chang and Chang, 1999). אחת הסיבות העיקריות להבדל היא ה-pH של הקרקע (או המדיום באופן כללי). לדוגמה, Lewis and Lumsden (1984) מצאו כי אמוניה, שמקורה בתמיסות אמוניום הידרוקסיד או ממלחי חנקן איאורגניים, בשילוב עם CaO הביאה לקטילת פרופגולים של *Pythium ultimum* והפחיתה חולי נופל באפונה. תערובות של זבל בקר ושתן בשילוב עם סיד יצרה תערובת בעלת ערך pH ממוצע של 11, שהיה יעיל בקטילת פתוגנים במצע ומתאים ליישום כדישון קרקע (Davidson, 1981).

גיפס (2008) בדק במכלים (בנפח 80 ל") השפעת אקוסויל (במ"ס המיוצר במט"ש בית-שמש) ואמון גופרתי על *F. oxysporum* f. sp. *dianthi*. במ"ס 10 (ט"ד) ואמוניום הוצנעו בעומק עד 20 ס"מ, והפרופגולים היו בתוך קרקע מאולחת באופן טבעי שהוחדרה במארזי רשת דקה עד ל-30 ס"מ. בתוך 10-3 ימים פחת מספר היחידות יוצרות מושבה של הפוזריום במובהק, מכ- 10^4 cfu/ג' לאפס או קרוב לכך, כבר בריכוז 62.5 מ"ג N/ק"ג. בעומק 30 ס"מ בקרקע (גדול מעומק ההצנעה) פחיתה דומה הייתה רק בריכוז 250 מ"ג N/ק"ג, ונבעה כנראה מתנועה של אמוניה גזית לעומק. במארזים הוכנסו גם פיסות גבעול תפוז"ד נגועים בגופי קיימא של *Verticillium dahliae* ו-*Rhizoctonia solani*. אלה הוצאו לאחר 14 יום, והוששו למארזים דומים שלא הוטמנו בקרקע. הפחתה מלאה הייתה בטיפולים עם 125 או 250 מ"ג N/ק"ג, בהתאמה.

השפעת יישום במ"ס ואמון גופרתי על חיוניות *F. oxysporum* f. sp. *dianthi* נבדקה גם במיני-חלקות שדה בקרקע חמרה קלה המאולחת טבעית בפטרייה, ונבדקה הופעת המחלה בצמחי ציפורן. יושם עומס במ"ס אחד (7.5 ט"ד) בשילוב עם ריכוזי אמוניום אחדים. ה-cfu נבדק בעומק 0-20 ס"מ מעת לעת עד 250 יום לאחר היישום. ה-cfu ירד בכל הטיפולים ששילבו במ"ס ואמוניום במובהק בהשוואה לביקורת, כשהאפקט המרבי (עד סף הגילוי) והממושך ביותר (עד 250 יום) היה בתוספת 250 מ"ג N/ק"ג. בטיפול האמון הגבוהים יותר שיעורי הנגיעות במחלה היו נמוכים במובהק, רמת

המחלה בצמחים הנגועים הייתה נמוכה במובהק ומשקלי הצמחים החולים והבריאים היו גבוהים במובהק בהשוואה לביקורת.

שילוב בין יישום במס"א ואמוניה לבין חימום פני הקרקע

צירוף של מספר שיטות הדברה עשוי ליעל את ההדברה בהגדלת שיעור ההדברה של כל אחד מהפתוגנים, בהרחבת ספקטרום הפתוגנים המושפעים, בהפחתה בכמות החומר הדרושה להדברה ובהארכת משך השפעתו. סדר או רצף הטיפול חשוב להגברת היעילות של פעולת ההדברה הואיל ואוכלוסיות פתוגנים מוחלשת במנות sublethal של חומר החיטוי, עשויות להיות רגישות יותר לגורמים אחרים (ביוטיים ואביוטיים). עלייה בחום מקטינה את ה- pK_a של משוואת שיווי המשקל (בטמפרטורות 25, 35 ו-50 מ"צ ה- pK_a הוא 9.3, 8.9 ו-8.5, בהתאמה), ועקב כך שיווי המשקל מוסט לעבר האמוניה הגזית, ועולה חלקה היחסי מכלל האמוניום בקרקע. לפיכך, חימום הקרקע עשוי לאפשר הפחתה בכמויות הבמס"א (pH מטרה נמוך יותר) ולא האמוניום מבלי להפחית מיעילות ההדברה. יישומי זבל עופות ונוספת סויה בשילוב עם חימום קרקע היו אפקטיביים יותר בדיכוי מחלות קרקע לעומת כל טיפול בנפרד (Gamliel et al., 2000), וגם פתוגנים שנחשבו עמידים לחום נקטלו בטיפול זה. Tenuta and Lazarovits (2002) ו-Gamliel and Stapleton (1993) הראו כי שילוב של חיטוי סולרי עם יישום של זבל רפת או זבל עופות הפחית את רמת הפתוגנים בקרקע יחסית לחיטוי סולרי בלבד. תוצאות דומות התקבלו ע"י Stevens et al. (2003) עם הפחתה בשכיחות של מחלות בבטטות ובשורשי אגירה. Eshel et al. (2000) מצאו הדברה יעילה של פתוגנים שוכני קרקע בשילוב של כמויות מופחתות של חומרי הדברה עם חשיפה קצרה לחום או לקרינת שמש לעומת תוצאה לא-מוצלחת שהתקבלה בכל אחת מהשיטות לבדן.

מועד היישום

המועד המיטבי לטיפול הוא שיא חום הקרקע, בארץ הוא בין אמצע יולי לאמצע אוגוסט בעיקר מהסיבה שנדונה לעיל. Rush and Lyda (1982) הציעו ליישם את התוספים לאחר סיום עונת הגידול ולא לפני הגידול הבא. הם הניחו כי האמוניה תגרום להדברה של תפטיר הפטרייה, ותפחית בעקיפין את מספר גופי הקיימא הנוצרים ממנו. התהליך עצמו יחליש את גופי הקיימא הקיימים ויחשוף אותם להדברה בהמשך באמצעות גורמים אחרים (ביוטיים ואביוטיים). בכל מקרה, יש להשאיר די זמן בין מועד היישום והטיפול לבין הזריעה, כדי להבטיח ירידה של ה-pH ובעיקר של מליחות הקרקע לפני הזריעה.

זמינות/נדיפות אמוניה

ריכוזי שיווי משקל של האמוניה הגזית באווירת הקרקע המאפשרים הדברה בקרקע תלויים במרקם הקרקע, והם מרביים בקרקעות חוליות ואפסיים בקרקעות חרסיתיות ולא בעלות תכולה גבוהה של חומר אורגני (גיפס, 2008). לפיכך, אין לנסות את השיטה בקרקעות דקות מרקם. השקיה חיונית לקיום תהליך ההדברה (המסת הסיד, העלאת ה-pH, שחרור אמוניום מהדשן ומהזבל), והואיל והצורה הפעילה היא אמוניה נדיפה. רצוי ליישם את החומרים על קרקע לחה (השקיה 24 שעות קודם), ולאחר הצנעת החומרים בתיחוח ויצירת הערוגות לתת מנת מים קטנה (5 מ"ק/ד) רק לסגירת פני הקרקע לזמן מה להפחתת הנידוף. הכיסוי בפלסטיק יהיה מיד אחר כך.

במקרים מסוימים ראינו הפחתה של רמת המדבק גם בעומק גדול מעומק ההצנעה (כגון בהדברת פוזריום במיני-חלקות שדה, שדווח לעיל), מה שמעיד כי הייתה תנועה של אמוניה גזית בחתך הקרקע. עם זאת, יש לזכור כי הבמס"א תשפיע על ה-pH של הקרקע רק היכן שיש אתה מגע ישיר. כאשר הפיזור בקרקע אינו אחיד או כשהקרקע אינה מוכנה כהלכה (כגון, כאשר יש גושי קרקע גדולים), חדירת האמוניה הגזית לאתרים כאלה עלולה להיות מוגבלת עקב הפיכתה לאמוניום. במקרה כזה, דווקא קרקע יבשה עשויה להבטיח תנועה של האמוניה כגז בלי שהיא תהפוך למלח. יש לציין, כי כשריכוזי האמוניה הגזית בקרקע גבוהים יחסית (בריכוזי אמון כללי ו-pH גבוהים) חל עיכוב של תהליך הניטריפיקציה. העיכוב חולף לאחר נידוף של מרבית האמוניה ו/או ירידת ה-pH.

השפעת במס"א על פוריות הקרקע וזמינות יסודות קורט ומתכות כבדות

יישום במס"א משפיע על הזמינות הפוטנציאלית של החנקן, הזרחן ויסודות הקורט הן בהגדלת כמותם בקרקע וקצבי המינרליזציה שלהם בקרקע (חנקן וזרחן) והן בהשפעה על מסיסותם (פיין וחוב', 2014; Fine and Mingelgrin 1996). ההשפעה בקרקעות חוליות לא-גיריות (כגון חמרות

קלות) משמעותי יותר מאשר בקרקעות אחרות הואיל ומוסף להן גיר שכמעט לא היה בהן קודם, וה- pH שלהן עולה מניטרלי לבסיסי. בפועל, יישום במס"א מגדיל את זמינות החנקן והזרחן לצמח, כתלות בעומס היישום. לא ניכנס לפרטים הואיל וזו לא הייתה מטרת המחקר הנוכחי. קליטה של יסודות הקורט חיוניים באברי צמח שונים ובצמחים שונים (חסה, תירס, קטניות מספוא, חיטה, תפ"ד, גזר) נבדקה במספר רב של ניסויי שדה וחממה. תכולת יסודות הקורט בצמחים הללו לא הייתה שונה בד"כ בין טיפולי במס"א לטיפול היקש, לעיתים היא עלתה (בעיקר זו של מוליבדן) ולעיתים פחתה (מנגן בחלק מהמקרים). תכולת יסודות רעילים (קדמיום, עופרת וארסן) הייתה דומה בכל הטיפולים, ולעיתים (בעיקר לגבי עופרת וארסן) היא אף הייתה על סף הרגישות של אפשרות המדידה. תכולת הכספית בבמס"א הנה נמוכה מאד ואין טעם לבדוקה בצמחים. בחלק מהמקרים נבדקה גם תכולת יסודות רדיואקטיביים (אורניום, תוריום, אשלגן⁴⁰) והקרינה הרדיואקטיבית, ולא היה הבדל בין הטיפולים.

סיכום המבוא והבעיות שתיחקרנה

ראינו בניסויים במעבדה כי אמוניה יעילה מאד בקטילה של גופי קיימא ותפטיר של פטריות פאתוגניות כבר בריכוזים נמוכים (עד 30 מ"ג N\ל' אוויר) ובמשכי מגע קצרים (עד 30 דק'). עוד ראינו כי יעילותה תרד ככל שמרקם הקרקע ייעשה חרסיתי יותר. במחקרים קודמים (לדוג': Oka 2006; גיפס 2008, פיין וחוב', 2011) מצאנו הדברה יעילה של גורמי מחלה שוכני קרקע באמצעות יישום במס"א + אמוניום בגידול ציפורן ותפ"ד. יישום אמוניה כדשן חיוני להדברה יעילה הואיל וכמות האמוניום הנוצר באמוניפיקציה של החנקן האורגני של הבוצה, אינה מספיקה להדברה, והיא אינה מתוזמנת לעיתוי בו pH קרקע עדיין גבוה.

אובחנו גם בעיות משמעותיות. ראשית, ברור שהמדדים הפיסיולוגיים (ריכוז אמוניה ומשך מגע) הנמדדים במעבדה אינם רלוונטיים לקרקע בגלל ההטרוגניות של הקרקע ומציאות גורמים המשככים את יעילות האמוניה. לפיכך, ההדברה אינה תמיד יעילה (כמו גם ביישום תכשירים כימיים), ואין תמיד קשר בין הפחתת המדבק (הנוכחות של גורמי מחלה) בקרקע לבין הופעה\אי-הופעה של מחלה בגידול. יש לאפיין מדדים אגרונומיים שיבטיחו הדירות גבוהה של הצלחת הטיפול.

אחת הגורמים החשובים להצלחה בהדברה היא הקפדה על מועד הביצוע ועל יעילות הביצוע. המועד המתאים הוא בעת שטמפרטורות הקרקע הן גבוהות (להסטת שיווי המשקל לכיוון הופעת אמוניה גזית על חשבון האמוניום), והיעילות תלויה בפיזור אחיד של הבמס"א והאמוניום בקרקע ובהגעה לריכוז מספיק של אמוניה גזית באווירת הקרקע.

יישום במס"א ואמון גופרתי גורמים להמלחת הקרקע במידה התלויה בעומסי היישום. המלחת הקרקע בטיפול ששילב אקוסויל ואמון גופרתי בקרקע חול בניר יצחק גרמה לירידה מובהקת ביבול פקעות התפ"ד (פיין וחוב', 2011). בניסוי הייתה אמנם הפחתה מובהקת בשיעורי הנגיעות בדוררת (*Verticillium dahlia*) בגבעולי צמחי התפ"ד (מכ-18% מהצמחים בהיקש לכ-5% בטיפול הבמס"א + אמון גופרתי) אולם למחלה לא הייתה השפעה על יבול הפקעות. מליחות הבמס"א אמנם נמוכה יחסית למליחות האקוסויל (הבמס"א מבית-שמש) אולם יישומה במינון גבוה מספיק לשינוי הרצוי ב-pH של הקרקע ותוספת האמון הגופרתי ממליחים את הקרקע. ניתן לפתור זאת ע"י המתנה מספקת בין הטיפול לבין השתילה\זריעה, ושטיפה של הקרקע.

המרקם של במס"א המשווקת ליישום בגד"ש הנו בוצי מאד בגלל הרצון להגדיל את שיעור הבוצה במוצר הסופי, ובכך הן לחסוך בעלויות הייצור והן לשפר את התכונות האגרונומיות של המוצר. מוצר כזה אינו מתאים להדברה ומאחר שלא ניתן לפזר אותו בקרקע באופן אחיד. ללא זאת לא תהיה הדברה כלל. ניתן להתגבר על כך באמצעות ייצור במס"א יבשה ופרייה, הניתנת לפיזור אחיד בקרקע. במס"א כזאת תהיה אמנם דלה במרכיב הבוצה ועשירה יותר באפר פחם (ובסיד) בהשוואה לבמס"א החקלאית הרגילה, אולם בכך תתאפשר השגה של תכליתה העיקרית – העלאה של ה-pH של הקרקע והורדתו בהמשך. העדפת אפר פחם מרחף בעל צפיפות נמוכה ותאחיזת מים גבוהה, תשפר מאד את איכות הבמס"א.

(ד) מטרות המחקר

- (א) בדיקת יעילות במס"א ואמוניה במניעת מחלות (בדגש על פטריות) גרומות-קרקע.
- (ב) בדיקת יעילות במס"א ואמוניה בהפחתת עשבייה.
- (ג) השפעת הבמס"א על תכולת יסודות הזנה וקורט ומתכות כבדות בצמחים.
- (ד) השפעת הבמס"א על יבול צמחי הבוחן.

(ה) שיטות וחומרים

שיטות כלליות

ניסויי שדה

במסגרת המחקר הנוכחי בוצעו 7 ניסויים בשדות ובתנאים מסחריים, מהם שלושה בצפון-מערב הנגב (חוות הבשור בשיתוף מו"פ דרום, מושב יבול, מושב עין הבשור), שניים בדרום מישור החוף (מושב בית עזרא) ושניים בשרון (קיבוץ ניר אליהו ומושב כפר חיים). בכולם מרקם הקרקע הוא חולי עד חולי-סיני, וכל השדות דווחו כנגועים מאד בגורמי מחלה צמחיים שונים. גידולי הבוחן היו: חסה (4 ניסויים), תפוז"ד (2 ניסויים) וגזר (ניסוי אחד). נ"צ של כל אחד מהשדות ניתן בפרק השיטות שלו.

גורמי מחלה שנבדקו

נבדקה הדברה של גורמי מחלה חיידקיים (*Streptomyces spp*), הגורמים למחלות גרב השקעים העמוקים בתפוחי אדמה ויבלת התרמילים באגוזי אדמה) ופטרייתיים (*Spongospora subterranea* f. sp. *subterranean*, הגורמת לגרב קמחי בתפוחי אדמה). בדיקות אלו נערכו בניסויים בניסויים בחוות הבשור וביבול; נבדקה הדברת פטריות מקבוצת הפוזריום (מחוללי ריקבון בחסה ושלל מחלות אחרות, הזנים לא הוגדרו) בניסויים בחוות הבשור, בעין הבשור, בבית עזרא ובכפר חיים. בכפר חיים נבדקה גם הדברה של קישיוניה גדולה. הדברת נמטודת העפצים *Meloidogyne javanica* בגידול גזר בנר אליהו. בחלק מהניסויים נבדקה נוכחות גורם המחלה בקרקע בהשפעת טיפולי ההדברה, ובכולם נבדקה הופעת מחלות בצמחי הבוחן.

הכנת במס"א והרכבה

במס"א עתירת אפר פחם וסיד, ייעודית (tailor made) להדברה, יוצרה במתקן דן-ויירו בשפד"ן ע"י ליאור, פאבל ואלכס. המיקסר כוון לתכולה מרבית של סיד ואפר פחם, והייצור בוצע בעת הפריקה של אפר פחם לתוך הסילו. לחץ הדחיסה של המכלית הפורקת סייע להגדלה של הזרמת האפר במיקסר. בד"כ התקבלה במס"א יבשה יחסית, פריירה ופזירה שלא נדחסה בעת ההובלה במשאית והאחסון בשדה. הרכב מייצג של תכשירי הבמס"א מוצג בטבלה 2. מיהול הבוצה בתוספים הקטין את ריכוזי הפחמן האורגני, החנקן, הזרחן והאשלגן בה. האשלגן "הזמין פוטנציאלית לצמח" (לפי מיצוי בריאגנט אולסן) הוא כ-20% מכלל האשלגן בבמס"א והזרחן "הזמין" הוא כ-15% מכלל הזרחן. יחס C/N (שיש לו חשיבות בחיזוי הזמינות הפוטנציאלית של החנקן האורגני לצמח) הנו גבוה למדי לבוצה, והדבר נובע מהתכולה של שאריות פחמן אורגני במרכיב האפר (3.7% ממשקל האפר ששימש להכנת הבמס"א). תכולת האמון נמוכה מאד (0.03%) בהשוואה לבוצת המקור (1.65% מהשקל היבש), עקב נידופה במהלך הייצור של הבמס"א.

מעקב על צמחי החסה

במהלך העונה נבדקו הצמחים בשתי השורות האמצעיות (מתוך הארבע), והושאר רווח של כ-2 מ' מכל צד של הערוגה. ובפועל נספרו הצמחים ב-10 מ' ערוגה. תמונה 1 מציגה מבט אופייני על שדה גידול (במקרה זה מעין הבשור). התוצרת לא שווקה והחקלאים פוצו.

מידות יבול, דגימת צמחים וקרקע ובדיקות כימיות במדגמים

חסה: קולסים נדגמו מהערוגה האמצעית בכל אחת מהחלקות. הקולסים נדגמו בבסיסם, ו-5 קולסים מכל חלקה נלקחו לבדיקה. הקולסים נשטפו, קונבו (הוסרו העלים החיצוניים שאינם לשיווק) נחתכו לאורכם ורבע או חצי של כל קולס נלקח לבדיקה, סה"כ 5 צמחים מכל חלקה. צמחים קטנים (טיפולי היקש בכפר חיים) נלקחו במלואם. המדגמים נשטפו היטב במי ברז ובמים חסרי יונים, נוגבו, יובשו ב-60°C במשך שבוע, ונטחנו.

טבלה ה-1: הרכב מייצג של תכשירי במס"א ששימשו בניסויי ההדברה בניסויי השדה ב-2011-2014

| גורם נבדק | יחידות | average | min | max |
|----------------------------|--------|---------|--------|--------|
| משקל יבש | % fw | 67 | 62 | 76 |
| TOC | % dw | 7.65 | 4.35 | 9.79 |
| Total N | % dw | 0.84 | 0.53 | 1.03 |
| Organic N | % dw | 0.84 | 0.53 | 1.03 |
| C/N | on' | 9.1 | 7.9 | 9.9 |
| NH ₄ -N (moist) | mg/kg | 351 | 167 | 469 |
| Nitrate-N | mg/kg | עקבות | | |
| Total P | " | 3,541 | 1,665 | 5,304 |
| P-PO ₄ (Olsen) | mg/kg | 595 | 279 | 820 |
| P _(Olsen) /TP | on' | 0.19 | 0.14 | 0.28 |
| pH | | 12.5 | 12.1 | 12.7 |
| EC | dS/m | 8.0 | 6.4 | 8.7 |
| Ag | mg/kg | 1.1 | 0.6 | 1.6 |
| As | " | 15 | 6 | 40 |
| B | " | 185 | 87 | 233 |
| Ba | " | 841 | 505 | 1,461 |
| Ca | " | 66,359 | 39,500 | 84,399 |
| Cd | " | 0.86 | 0.31 | 1.88 |
| Cl | " | 388 | 138 | 486 |
| Co | " | 14 | 10 | 17 |
| Cr | " | 189 | 53 | 377 |
| Cu | " | 46 | 37 | 62 |
| Fe | " | 18,534 | 10,933 | 32,533 |
| K | " | 2,472 | 1,094 | 4,614 |
| Li | " | 44 | 19 | 72 |
| Mg | " | 5,170 | 2,381 | 6,235 |
| Mn | " | 185 | 102 | 219 |
| Mo | " | 8.8 | 4.0 | 21 |
| Na | " | 2,270 | 254 | 6,707 |
| Ni | " | 50 | 33 | 85 |
| Pb | " | 32 | 23 | 47 |
| S | " | 2,864 | 2,016 | 3,428 |
| Sr | " | 702 | 315 | 987 |
| Ti | " | 278 | 78 | 1,020 |
| V | " | 87 | 60 | 123 |
| Zn | " | 163 | 129 | 199 |

תכולת יסודות במדגמי צמח: תתי-מדגם (0.5 ג' חומר יבש) של החומר הצמחי הטחון עוכלו במלואם בחומצה חנקתית מרוכזת רותחת, ולאחר מיהול מתאים בוצעה בנוזל סריקת יסודות כללית (כולל זרחן, אשלגן, יסודות מאקרו, יסודות קורט ומתכות כבדות) באמצעות ICP-AEO. תכולת החנקן המחוזר נקבעה באוטואנלייזר לעיל לאחר עיכול מדגמי צמח ב- H₂SO₄ מרוכזת רותחת תוך הוספה עיתית של מי-חמצן (לנוזל המקורר).

בדיקות כימיות בקרקע: מדגמים נלקחו משכבת היישום (0-20 ס"מ) מיד לאחר ההצנעה ולעיתים גם במהלך הניסוי ובסופו. בד"כ נלקחו מספר מדגמים (3-5) בכל חלקה, אלה עורבבו ונלקחו מהם מדגם מייצג. חנקן מינרלי נבדק במיצוי דגימות קרקע ב- 1M KCl ביחס 1 ל 8 קרקע לנוזל. המבחנות

טולטלו במשך שעה, סורכזו, והנוזל העליון נבדק בריאקציית צבע באוטואנלייזר (תוצ' Lachat). זרחה ואשלגן נבדקו במיצויים של הקרקע ב- 0.5 N NaHCO_3 ב- $\text{pH } 8.5$ ביחס מיצוי קרקע-נוזל 1 ל-20. המדגמים טולטלו שלוש שעות, סורכזו, סוננו, והתסנין נבדק לאחר החמצה בריאקציית צבע (אמון מוליבדאט) באוטואנלייזר לעיל. המוליכות החשמלית וה- pH של המדגמים נבדקו במיצוי מימי ביחס קרקע-מים 1 ל-5 לאחר טלטול במשך שעה וסורכזו.

טמפרטורת הקרקע: נמדדה בפני הקרקע ובעומק 20 ס"מ ב-4 חלקות; שתיים מטיפולים ללא חיפוי (#1, #9) ושתיים עם חיפוי (#2, #10). המדידה נעשתה באמצעות רשמי Hobo שהוצבו מיד לאחר טיפול ההדברה.

בקרת מצב הצמחים: נעשה דיגום פטוטורות העלים ובדיקת המוהל (Hochmuth, 1994). דיגום הפטוטורות נעשה פעמיים במהלך העונה. כמקובל, נדגם העלה החמישי (הבוגר הראשון) מאמיר הגבעול. נדגמו 20 פטוטורות בכל חזרה. הפטוטורות הוכנסו לצידנית מקוררת, והוקפאו בהגיען למעבדה. לצורך בדיקה הן הופשרו והופק המוהל. המוהל נבדק לאחר מיהול מתאים (עד פי 200). במוהל נבדקו ריכוזי חנקן, זרחה ואשלגן. בסיום הניסוי הראשון, נדגמו הפקעות והנוף, נמדד יבולם, ונקבעה התפלגות גודל הפקעות (לפי מדדים מסחריים), והופעה של פגמים ומחלות.

הערכה של נוכחות פוזריום (*Fusarium*) בקרקע: מדגמי הקרקע יובשו בטמפ' החדר ונכתשו לגודל קטן מ-1 מ"מ. קרקע הורחפה ב-45 מ"ל אגר מים (0.1% w/v) שעבר אוטוקולב. לאחר מכן, 1 מ"ל של מיהול מתאים נמרח על 3 צלחות אגר עם מצע גידול סלקטיבי (Nash). חמישים מהמושבות שהתפתחו על מצע זה הועברו למצע PDAS על מנת לקבוע את מספר הפרופגוליים/ג' קרקע של *F. oxysporum*. כל דוגמת קרקע נבדקה 3 פעמים ובכל פעם ב-3 מיהולים.

נפיצות עשבים
הערכה כוללנית של המינים ושל אחוז כיסוי הקרקע בכל חלקה לפני השתילה ובמהלך הגידול.

ניתוח סטטיסטי
נעשה באמצעות תוכנת jmp. מובהקות סטטיסטית נבדקה במבחן רב-תחומי Tukey-Kramer HSD או Student's t שניהם ברמה של $\alpha < 0.05$. בכל המדדים שנבדקו, ואשר מוצגים בטבלאות ובאיורים, העדר כל אות ליד הממוצע או הופעה של אותה אות מציין כי ההבדל בין הממוצעים של הטיפולים לא היה מובהק סטטיסטית.

(ו) ספרות מצוטטת (לעיל ולהלן)

1. גיפס ע'. (2008). הדברת גורמי מחלה שוכני קרקע באמצעות אמוניה. חיבור לקבלת תואר דר' לפילוסופיה. הוגש לסנאט האוני' העברית בירושלים.
2. גלפר ס. (1990) הדברה ביולוגית של נמטודות טפיליות על צמחים באמצעות תוספות אורגניות לקרקע. עבודת דוקטור, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
3. פיין, פ'. (2006). שימוש חוזר בבוצת שפכים בחקלאות: מים והשקיה 471: 8-18.
4. פיין, פ', א' מינגלגרין, א' בוסק, ר' רוזנברג, א' בריוזקין, ש' סוריאנו, א' דרור. (2007). שימוש חקלאי בבוצות שפכים מיוצבות באפר-פחם מרחף ובסיד. דו"ח לשנת 2006 מוגש למנהלת אפר הפחם. הוצ' המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי, מרכז וולקני, ת"ד 6, בית דגן 50250. 37 עמ'.
5. פיין פנחס, רבקה רוזנברג, דינה גולדשטיין, גיא לוי. (2007). טיוב קרקע נתרנית בעזרת בוצות שפכים. גן שדה ומשק אפריל 2007, 26-30.
6. פיין פ', נ' בורגן, א' זיג, י' בן-יפת, ג' קריצמן, י' אוקה, ע' גיפס, א' זילברמן, מ' ראובן, ר' רוזנברג, א' בריוזקין, ש' סוריאנו, ע' גינזברג, ב' אברהם. 2011. הפחתת גורמי מחלה שוכני-קרקע בגידול תפוז' באמצעות בוצות שפכים. דו"ח סופי לקרן המדען הראשי במשרד החקלאות (מס' 301-0570). הוצ' המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מינהל המחקר החקלאי, 40 עמ'.
7. פיין פנחס, אריה בוסק, אנה בריוזקין, אירית לבקוביץ', שוש סוריאנו, מנחם אליה, אשר אזנקוט, גלעד אוסטרובסקי, יגב קילמן. 2014. הערכת איכות בוצות ואשפה עירונית כתחליפי דשן כימי

בגד"ש. ניר ותלם 56 (דצמבר 2014): 27-35.

8. שפיגל י', וע' שרון. (1996). הדברת נמטודות טפיליות על צמחים בחקלאות אורגנית. מחקר חקלאי בישראל, ח': 73-81.

9. Bar-Tal, A., Yermiyahu, U., Beraud, J., Keinan, M., Rosenberg, R., Zohar, D., Rosen, V. and Fine, P. (2004). Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Uptake by Wheat and Their Distribution in Soil following Successive, Annual Compost Applications. *Journal of Environmental Quality* 33:1855-1865.
10. Ben-Yephet, Y., Tsrer, L., Reuven, M., Gips, A., Bar, Z., Einstein, A., Turjeman, Y. and Fine, P. (2006). Effect of alkaline-stabilized sludge (Ecosoil) and NH_4 in controlling soilborne pathogens. V. Vanachter (ed.) *Proc. 6th IS on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfection. Acta Horticulture* 689, ISHS 2005.
11. Ben-Yephet, Y., Reuven, M., Zviebil, A. and Shtienberg, D. (1996). Effects of initial inoculum and cultivar resistance on incidence of *Fusarium* wilt and population densities of *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi* on carnation and in soil. *Phytopathology* 86:751-756.
12. Brierley, J.L., Stewart J.A. and Lees, A.K. (2009). Quantifying potato pathogen DNA in soils. *Applied Soil Ecology* 41:234-238.
13. Chang, T.T., and Chang, R.J. (1999) Generation of volatile ammonia from urea fungicidal to *Phellinus noxius* in infested wood in soil under controlled conditions. *Plant Pathology* 48:337-344.
14. Chun, D. and Lockwood, L. (1985) Reductions of *Pythium ultimum*, *Thielaviopsis basicola*, and *Macrophomina phaseolina* populations in soil associated with ammonia generated from urea. *Plant Disease* 69:154-158
15. Davidson, R. (1981) Treatment of animal waste to produce materials for use in fodder and on the land. Canadian Patent 39 pp. Issued April 28, 1981.
16. Eshel, D., Gamliel, A., Grinstein, A., Primo, D. P., and Katan, J. (2000). Combined soil treatments and sequence of application in improving the control of soilborne pathogens. *Phytopathology* 90:751-757.
17. Farquhar G D., P M Firth, R Wetselaar, and B Weir. 1980. On the gaseous Exchange of Ammonia between Leaves and the Environment: Determination of the Ammonia Compensation Point. *Plant Physiol.* (1980) 66, 710-714.
18. Fine, P., Gips, A., Reuven, M., Rosenberg, R., Solopanov, V., Kolesnik, I. and Ben-Yephet, Y. (2000) Use of N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Fusarium* and other soil-borne fungi. The 20th Conference of the Israel Soc. of Phytopathology February 2000, Bet-Dagan, Israel.
19. Fine, P., A. Gips, A. Zilbermann, A. Beriozkin, R. Rosenberg, S. Suriano, S. Davidov, E. Itzikson, Z. Bar, A. Einstein, Y. Katalan. (2004). Application of lime-stabilized sludge for potatoes growing in the NW Negev. *Gan Sadeh VaMeshek*, April 2004 (4) 37-43 (in Hebrew).
20. Fine, P., Gips, A., L. Roded, M. Reuven, L. Tsrer, Y. Oka, and Y. Ben-Yephet. (2004). Field application of lime-stabilized sludge reduces soil-borne diseases and pests. The 9th European Biosolids and Biowastes Conference, Wakefield, UK. 14-17 November 2004. www.european-biosolids.com.
21. Fine, P. and Mingelgrin, U. (1996). Release of phosphorus from waste-activated sludge. *Soil Science Society of America Journal*. 60:505-511.
22. Gamliel, A., Austerweil, M., and Kritzman, G. (2000). Non chemical approach to soilborne pest management-organic amendments. *Crop Protection* 19:847-853.
23. Gamliel, A. and Stapleton, J.J. (1993). Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. *Phytopathology* 83:899-905.
24. Gilmour, J.T., Cogger, C.G., Jacobs, L.W., Evanylo, G.K. and Sullivan, D.M. (2003) Decomposition and Plant-Available Nitrogen in Biosolids: Laboratory Studies, Field Studies, and Computer Simulation. *Journal of Environmental Quality* 32:1498-1507.
25. Gips, A., Fine P., Reuven, M., Rosenberg, R., Solopanov, V., Kolesnic, I., Tsrer, L. and

- Ben-Yephet, Y. (2001a). Application of NH_4 and N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Verticillium* infestation in potatoes in the field. The 21st Conference of the Israel Soc. of Phytopathology. February 2001, Bet-Dagan, Israel. *Phytoparasitica* 29:269-270, June 2001.
26. Gips, A., Fine, P., Rosenberg, R., Solopanov, V., Reuven, M., Shemulevitz, Y., Kolesnic, I., Tseror, L. and Ben-Yephet, Y. (2001b). Application of NH_4 and N-Viro Soil, a limed sludge product, to reduce *Fusarium* wilt in carnations in the field. The 21st Conference of the Israel Soc. of Phytopathology. February 2001, Bet-Dagan, Israel. *Phytoparasitica* 29:268-269, 2001.
 27. Henis, Y. and Chet, I. (1967) Mode of action of ammonia on *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology* 57:425-427.
 28. Henis, Y. and Chet, I. (1968) The effect of nitrogenous amendments on the germinability of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* and on their accompanying microflora. *Phytopathology* 58:209-211.
 29. Katan, J. (1981). Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. *Annual Review of Phytopathol.* 19: 211–236.
 30. Kleiner, D. (1981) The transport of NH_3 and NH_4^+ across biological membranes. *Biochemistry and Biophysics Acta* 639:41-52.
 31. Kleiner, D. (1985) Bacterial ammonium transport. *FEMS Microbiology Reviews* 32:87-100.
 32. Kritzman, G., Grinstein, A., Mor, N., Sachs, Y., Hyman, O., Gonen, I. and Kirshner, B. (1992). Control of *Clavibacter michiganense* in greenhouse soil by formalin and methyl bromide fumigation. *Phytoparasitica* 20:228-229.
 33. Lazarovits, G., Tenuta, M., and Conn K.L. (2001). Organic amendments as a disease control strategy for soilborne diseases of high-value agricultural crops. *Australasian Plant Pathology* 30:111-117.
 34. Lazarovits, G. (2001) Management of soil-borne plant pathogens with organic soil amendments: a disease control strategy salvaged from the past. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23:1-7
 35. Lazarovits, G., Tenuta, M. and Conn, K.L. (2000). Utilization of high nitrogen and swine manure amendments for control of soil-borne disease: efficacy and mode of action. *Proc. IS Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfection*. Gullino M.L., Katan J., and Matta A. (eds) *Acta Hort.* 532, ISHS 2000.
 36. Lewis, J.A. and Lumsden, R.D. (1984) Reduction of pre-emergence damping-off of peas caused by *Pythium ultimum* with calcium oxide. *Canadian Journal of Plant Pathology* 6:227-232.
 37. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Science Society of America Journal* 42:421-428.
 38. Loria, R., Bingell D.R.D., Moll, S., Huguet-Tapia, J.C., Joshi, M.V., Johnsen, E.G., Seipke, R.F. and Gibson D.M. (2008). Thaxtomin biosynthesis: the path to plant pathogenicity in the genus *Streptomyces*. *Antonie van Leeuwenhoek* 94:3-10.
 39. Martens, D. A. and Bremner, J. M. (1989) Soil properties affecting volatilization of ammonia from soils treated with urea. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 20:1645-1658.
 40. Meyer, S.L.F., Zasada, I.A., Tenuta, M., and Roberts, D.P. (2005). Effects of a biosolid amendment, calcium hydroxide, and *Streptomyces* sp. on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) populations on cantaloupe (*Cucumis melo*). *Hort Technology* 15:635-641.
 41. Michel, V.V., and Mew, T.W. (1998). Effect of a soil amendment on the survival of *Ralstonia solanacearum* in different soils. *Phytopathology* 88:300-305.
 42. Miner, J.R., Humenik, F.J. and Overcash, M.R. (2000). Managing livestock wastes to preserve environmental quality. 2000 Iowa State University Press, Ames, Iowa 50014, U.S.A.
 43. Oka, Y., Tkachi, N., Shuker, S., Rosenberg, R., Suriano, S. and Fine, P. (2006a) Laboratory studies on the enhancement of nematicidal activity of ammonia-releasing fertilisers by alkaline amendments. *Nematology* 8:335-346.
 44. Oka, Y., Tkachi, N., Shuker, S., Rosenberg, R., Suriano, S., Roded, L. and Fine, P.

- (2006b). Field studies on the enhancement of nematicidal activity of ammonia-releasing fertilisers by alkaline amendments. *Nematology* 8:881-893.
45. Oka, Y., Shapira, N. and Fine, P. (2007). Control of root-knot nematodes and soil-borne fungal diseases in organic farming systems by organic amendments and biofumigation. *Crop Protection* 26:1556–1565.
 46. Qu, X., Kavanagh, J.A., Egan, D. and Christ, B.J. (2006). Detection and quantification of *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* by PCR in host tissue and naturally infested soils. *American Journal of Potato Research* 83:21-30.
 47. Rowe, R. C., Riedel, R. M., and Martin, M. J. (1985). Synergistic interactions between *Verticillium dahliae* and *Pratylenchus penetrans* in potato early dying disease. *Phytopathology* 75: 412-418.
 48. Rush, C.M. and Lyda, S.D. (1982). Effect of anhydrous ammonia on mycelium and sclerotia of *Phymatotrichum omnivorum*. *Phytopathology* 72:1085-1089.
 49. Schippers, B., Meyer, J.W. and Liem, J.I. (1982). Effect of ammonia and other soil volatiles on germination and growth of soil fungi. *Trans. British Mycology Society* 79:253-259.
 50. Smiley, W.R., Cook, J.R. and Papendick, I.R. (1970) Anhydrous ammonia as a soil fungicide against *Fusarium* and fungicidal activity in the ammonia retention zone. *Phytopathology* 60:1227-1231.
 51. Smiley, W.R., Cook, J.R., and Papendick, I.R. (1972) *Fusarium* root rot of wheat and peas as influenced by soil application of anhydrous ammonia and ammonia-potassium azide solutions. *Phytopathology* 62:86-91.
 52. Tenuta, M. and Lazarovits, G. (2002). Identification of specific soil properties that affect the accumulation and toxicity of ammonia to *Verticillium dahliae*. *Canadian Journal of Plant Pathology* 24:219-229.
 53. Tenuta, M. and Lazarovits, G. (2004). Soil properties associated with the variable effectiveness of meat and bone meal to kill microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Applied Soil Ecology* 25:219-236.
 54. Tsao, P.H. and Oster, J.J. (1981). Relation of ammonia and nitrous acid to suppression of *Phytophthora* in soils amended with nitrogenous organic substances. *Phytopathology* 71:53-57.
 55. Walker, J.T. (1971) Populations of *Pratylenchus penetrans* relative to decomposing nitrogenous soil amendments. *Journal of Nematology* 3:43-49.
 56. Walsh, J.A., Mertz, U. and Harrison, J.G. (1996). Serological detection of spore balls of *Spongospora subterranea* and quantification in soil. *Plant Pathology* 45:884-895.
 57. Whitehead, D.C., and Raistrick, N. (1993). The volatilization of ammonia from cattle urine applied to soils as influenced by soil properties. *Plant Soil* 148: 43-51.
 58. Zasada, I.A. (2005). Factors influencing *Heterodera glycines* suppression by N-Viro Soil. *Journal of Nematology* 37:220-225.
 59. Zasada, I.A. and Tenuta, M. (2004). Chemical-mediated toxicity of N-Viro Soil against *Heterodera glycines* and *Meloidogyne incognita*. *Journal of Nematology* 36:297-302.
 60. Zentmeyer, G.A. (1963) Biological control of *Phytophthora* root rot of avocado with alfalfa meal. *Phytopathology* 53:1383-1387.

ז) תיאור הניסויים שבוצעו במסגרת המחקר

ניסוי מס' 1: השפעת במס"א ואמון גופרתי על נגיעות תפוז"א במחלות שוכנות קרקע ועל היבול ותכולת היסודות בפקעות

חוות הבשור 2011-2012

בוצע ע"י

פנחס פיין, אנה בריוזקין, גיורא קריצמן, יפת בן יפת, עומר פרנקל (מנהל המחקר החקלאי), משה אלבז, דב צהר, עירית דורי, מירון סופר (מו"פ דרום), אורי זיג (יח"מ)

תאור הבעיה:

נבחנה הפעילות הביוצידית של במס"א מהשפד"ן בתוספת אמון גופרתי בהדברה של גורמי מחלה חיידקיים (*Streptomyces spp.*), הגורמים למחלות גרב השקעים העמוקים בתפוחי אדמה וליבלת התרמילים באגוזי אדמה) ופטרייתיים (*Spongospora subterranea f. sp. subterranea*), הגורמת לגרב קמחי בתפוחי אדמה) בתנאי שדה. ניסוי השדה בוצע בחוות הבשור לאחר אילוח מתוכנן (בספונגוספורה בתפוז"א) באמצעות פקעות נגועות במחלה. לשדה היסטוריה מתועדת של אילוח כבד בסטרפטומיצטים.

מטרות הניסוי:

- (א) פיתוח אגרוטכניקה להפחתת מחלות שוכנות-קרקע בשדה באמצעות במס"א ואמוניה.
- (ב) בחינת הערך הדישוני של הבמס"א;
- (ג) בחינת השפעת הבמס"א על התכולה של יסודות הזנה וקורט ומתכות רעילות בצמחים.

שיטות ומהלך הניסוי:

נבחר שדה בחוות הבשור הידוע כמאולח בגורמי מחלה שונים. אילחנו את הקרקע בספונגוספורה (גרב אבקי) בנובמבר 2010 ע"י הצנעה בזריעה של פקעות תפוז"א מהזן ניקולה שהוצאו מאיסום והיו מאולחים מאד בפטרייה. הצנעת הזן המאלח הייתה בנובמבר 2010. בינואר 2011 נזרעו פקעות תפוז"א מהזן דזירה (צבע קליפה אדום) שהנו רגיש לספונגוספורה. הגידול היה רגיל, והאסיף היה במאי 2011. האילוח אומת, וכ-40% מפקעות הדזירה שנאספו היו נגועות בספונגוספורה. בראשית אוגוסט 2011 בוצעו טיפולי ההדברה (טבלה 1). עומס יישום הבמס"א נבדק במעבדה בתערובות במס"א-קרקע מהשדה ונקבע ל-4.5 טון/ד' (ע"ב המשקל היבש). בתגובה ליישום הבמס"א עלה ה-pH של הקרקע מ-8.5 ל-10.5, כדרוש (טבלה 2). תצורות האמוניה (כאמון גופרתי) להדברה נקבעה ע"פ ניסיון קודם (טבלה 1). להשוואה ניתן גם טיפול הדברה קונוונציונאלי: 50 ל"ד' מתמור (בהתפרקו בקרקע משחרר את הגז הרעיל מתיל-איזו-תיוציאנט) ניתנו פרופורציונלית בטפטוף ב-45 מ"ק/ד' מים ו-5 מ"ק נוספים ניתנו לשטיפה.

בניסוי הנוכחי נדגמו פטוטורות העלים, הן נשמרו בקירור בשדה והוקפאו עם הבאתן למעבדה. לאחר הפשרתן, הנוזל סונן במסנני צלולוז אצטט (המולבשים על מזרקים) ב-cut-off של 0.45 מיקרון, ובנוזל המסונן נבדקו ריכוזי החנקן והזרחן וריכוזי יסודות אחרים: מאקרו, מיקרו ומתכות כבדות.

יישום הבמס"א היה באמצעות מזבלת (תמונה 1) והאמון הגופרתי יושם בפיזור ידני (תמונה 2). מיד אח"כ הקרקע תוחחה לעומק כ-20 ס"מ, מדגמי קרקע נלקחו במקדח מכל החלקות (מדגם מורכב בכל חלקה), והחלקות בטיפולים הרלוונטיים חופו ביריעות פלסטיק (טבלה 1).

טבלה 1: הטיפולים בניסוי בחוות הבשור.

| | |
|---|--|
| 1 | ביקורת ללא תוספת |
| 2 | ביקורת עם חיפוי פלסטיק |
| 3 | הדברה מסחרית במתאם סודיום - 50 ל"ד' בתוך 50 מ"ק מים. |
| 4 | 4.5 ט'ד' במס"א ללא אמוניה + פלסטיק |
| 5 | 4.5 ט'ד' במס"א עם 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי + פלסטיק |
| 6 | 4.5 ט'ד' במס"א עם 360 ק"ג/ד' אמון גופרתי + פלסטיק |

מפת החלקה

| בלוק 1 | | בלוק 2 | | בלוק 3 | | בלוק 4 | | בלוק 5 | | בלוק 6 | | כביש הגישה לחווה |
|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|------------------|
| 6 | 1 | 5 | 1 | 6 | 2 | 5 | 3 | 6 | 2 | 4 | 3 | |
| 5 | 3 | 6 | 2 | 4 | 3 | 4 | 1 | 4 | 3 | 5 | 2 | |
| 4 | 2 | 4 | 3 | 5 | 1 | 6 | 2 | 5 | 1 | 6 | 1 | |

מספרי החלקות

| | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |

חלקות עם חיפוי וללא חיפוי צוידו ברושמי טמפרטורה (Hobo) אשר הוכנסו לקרקע לעומק 15 ס"מ. הפלסטיק הוסר לאחר שבוע, והקרקע נדגמה שוב. בקרקעות מהדיגום הראשון נבדקו ריכוזי

האמוניום וה-pH (טבלה 3), ובאלו מהדיגום השני נבדקה רמת המדבק בסטרפטומיצטים כלליים, בסטרפטומיצטים חשודים כפתוגניים ובפוזריום כללי. כל טיפול היה ב-6 חזרות במבנה אקראי למחצה כך שטיפול הבוצה היו תמיד בטור אחד, בזה אחר זה עם כיוון הערוגות (ונסיעת המזבלת), ולצידם היו הערוגות עם הביקורת השונות. פקעות תפוא"א



תמונה 1: פיזור במס"א מזבלת בחוות הבשור



תמונה 2: פיזור אמון גופרתי בניסוי בחוות הבשור



תמונה 3: חיפוי בפלסטיק של הקרקע המתוחחת בחוות הבשור

בגידול הבוחן מהזן ווינסטון (זן בכיר; לבן, שונה מהזן דזירה המאלח בצורתו ובצבעו) נזרעו ב- 30/10/11 ונאספו ב- 28/3/12. בכל חזרה בניסוי נדגמו 2 מטר ערוגה (כ-6 מ"ר). הפקעות הוצאו בקלשונים, הובלו למעבדה, נשטפו, נשקלו, וכל אחת מהפקעות נבדקה לגילוי הופעה של המחלות השונות.

פרוטוקול הניסוי:

העמדת הניסוי ותפעולו השוטף כולל השקיה ודישון נעשו ע"י צוות המו"פ בסיוע החוקרים. התפעול האגרוטכני של השטח והגידול, כולל הכנת השטח, זריעה, פעולות הדברה של מחלות נוף ומזיקים, הדברת עשבייה וכד' בוצעו ע"י חברת "אגו". ממדי החלקות: 20 מ' אורך ב-3 ערוגות (כל ערוגה 1.93 מ' רוחב) (כ-60 מ"ר\חלקה), סה"כ 36 חלקות ב-6 חזרות לטיפול. פרוטוקול הפעולות מוצג בטבלה 2.

טבלה 2: פרוטוקול הפעולות האגרוטכניות בניסוי בחוות הבשור

| תאריך | זמן מזריעה | ביצוע |
|----------------|------------|--|
| נובמבר 2010 | | הכנת השטח; פיזור והצנעה של פקעות מאיסום מהזן ניקולה שהיו נגועות רובן ככולן בספונגוספורה (גרב אבקי) |
| ינואר 2011 | | זריעת תפוז"א מהזן דזירה הרגיש לספונגוספורה |
| מאי 2011 | | אסיף, בדיקת הנגיעות של הפקעות במחלה |
| 1 אוגוסט 2011 | -90 | סימון השטח, השקיה |
| | | פיזור הבוצה, גופרת אמון, תיחוח; |
| | | דיגום הקרקע בכל החלקות; |
| 4 אוגוסט 2011 | -87 | ניסוי בפלסטיק של כל חלקות הבמס"א ושל חלקת הביקורת + פלסטיק; |
| | | הכנסת חיישנים ורשמי טמפרטורה |
| 11 אוגוסט 2011 | -80 | הסרת הפלסטיק, איסוף רושם הטמפרטורה |
| 14 אוגוסט 2011 | -77 | דיגום הקרקע לבקרת pH ו-EC |

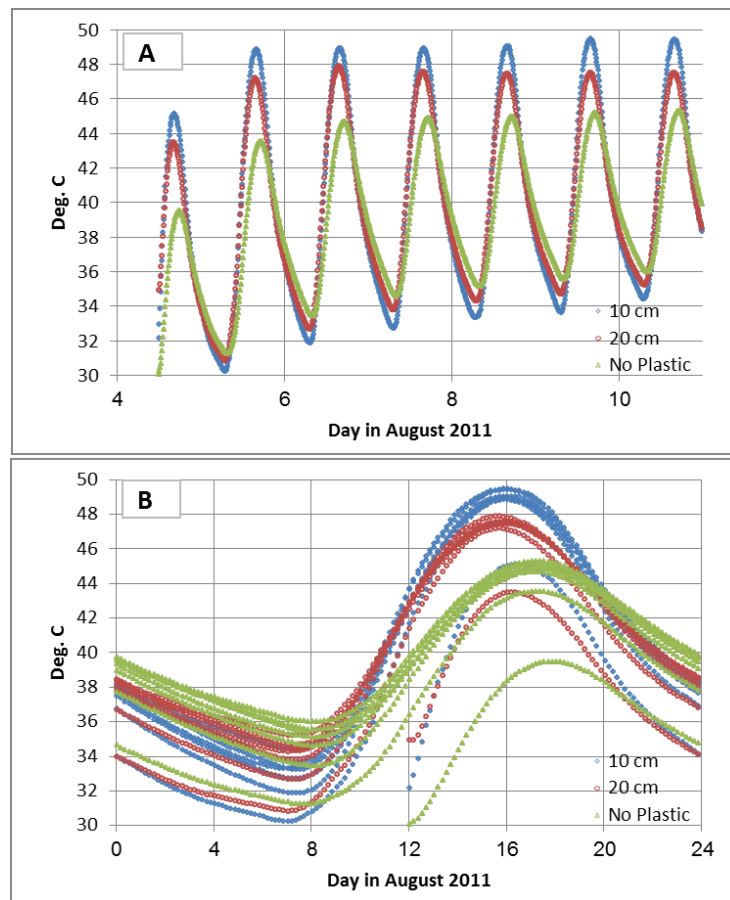
| | | |
|-----------------|-----|---|
| 4 ספטמבר 2011 | -56 | דיגום הקרקע לבקרת pH ו-EC |
| 8 ספטמבר 2011 | -52 | מעגלה |
| 15 ספטמבר 2011 | -45 | דיגום הקרקע לבקרת pH ו-EC |
| 19 ספטמבר 2011 | -41 | חיטוי חלקה מסחרית באדיגן: 50 ליטר לדונם ב-50 מ"ק מים (45 ליטר + 5 שטיפה) בישום פרופורציונלי |
| 5 אוקטובר 2011 | -25 | השקיה |
| 6 אוקטובר 2011 | -24 | דיגום קרקע בכל החלקות לעומק 60 ס"מ לבקרת יסודות הזנה |
| 16 אוקטובר 2011 | -14 | דישון זרחן ואשלגן לפי בדיקות הקרקע: 8 ק"ג/ד' סופרפוספאט, 40 ק"ג/ד' אשלגן |
| 15 אוקטובר 2011 | -15 | השקיה (10 מ"ק/ד') |
| 26 אוקטובר 2011 | -4 | סימון ותיחוח. לעומק 20 ס"מ |
| 30 אוקטובר 2011 | 0 | זריעת פקעות זן ווינסטון (ללא חומרי חיטוי) לעומק 18 ס"מ בצפיפות של 5.5 זרעים למטר אורך. כתמיד - הכלי נשטף וחוטא, התחיל בחלקות בוצה והמשיך לביקורת. |
| | | השקיה ודישון: 20 מ"ק/ד' כל 4 ימים; חצי יחידת חנקן/יזום/ד' עד להצצה; 1 יחידת חנקן/יזום/ד' מהצצה ואילך |
| 6 נובמבר 2011 | 7 | ריסוס העשבייה |
| 20 דצמבר 2011 | 51 | בולטת מאד התפתחות מואצת בטיפול הבמס"א |
| 9 ינואר 2012 | 71 | דיגום פטטורות בכל החלקות |
| 19 ינואר 2012 | 81 | סופות החול פגעו בחלק מהעלים. ניכר הבדל בצבע העלים - צמחי הביקורת בהירים יותר |
| 22 ינואר 2012 | 84 | דיגום פקעות ונוף (מטר גדודית הבמרכז הערוגה המרכזית); דיגום קרקע בכל החלקות לעומק 60 ס"מ |
| 26 ינואר 2012 | 88 | הפחתת הדישון בחנקן לחצי ק"ג/ד' יזום |
| 27 פברואר 2012 | 120 | דיגום עשבייה מכל מרכזי החלקות |
| 6 מרץ 2012 | 128 | 'שריפת' הנוף |
| 28 מרץ 2012 | 150 | דיגום פקעות: 2 מ' ערוגה (4 מ"ר) בערוגה המרכזית בכל חלקה |

תוצאות:

יעילות הוספת גורמי הדברה לקרקע באמצעות יישום הבמס"א והאמון הגופרתי:
אמוניה היא הגורם הביוצידי בקרקע, ולהערכתנו חלקה המומס בפאזה הנוזלית של הקרקע הוא המשפיע בפועל על הפאתוגנים. כדי להעריך את ריכוזו (במ"ג/ל' תמיסת קרקע), דגמנו את הקרקע מיד לאחר הצנעת החומרים, ובדקנו בה מדדים המשפיעים על ריכוז האמוניה כלהלן (טבלה 3): pH, אמוניום כללי (במיצוי KCl), טמפרטורת הקרקע (ידווח להלן), לחות הקרקע (הייתה בממוצע 45 ג'ק"ג קרקע יבשה). ריכוזי האמוניה הגזית בתמיסת הקרקע חושבו באמצעות משוואת הנדרסון-הסלבלך עם תיקון ה-pKa (López-Pérez et al., 2005) לטמפרטורה המרבית (45 מ"צ) שנמדדה בשדה בעומק 10-20 ס"מ ביום שלאחר יישום החומרים (איור 1). הנחנו כי (א) ה-pH הנמדד מייצג

טבלה 3: מדדי קרקע רלוונטיים להדברה. הקרקע בכל טיפולי הבמס"א כוסתה בפלסטיק

| טיפול | pH | pKa | N-NH ₄ (mg/kg) | NH ₃ -N (mg/kg) | NH ₃ -N (mg/l soil solution) |
|---------------------------------|---------|------|------------------------------|-------------------------------|---|
| ביקורת ללא תוספת וללא פלסטיק | 8.56 c | 8.92 | 5 b | 0 | 0 |
| במס"א ללא אמוניום | 9.31 a | 8.65 | 48 b | 40 | 800 |
| במס"א עם 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי | 9.12 ab | 8.65 | 95 ab | 70 | 1400 |
| במס"א עם 360 ק"ג/ד' אמון גופרתי | 8.70 bc | 8.65 | 169 a | 90 | 1800 |
| P | 0.003 | | 0.004 | | |



איור 1: טמפרטורות הקרקע עם חיפוי פלסטיק (10-0; 20-10) וללא חיפוי (0-10 ס"מ). בקירוב סביר את ה-pH בתמיסת הקרקע (הנחה בלתי מציאותית בעליל), (ב) לא הייתה אמוניה בפאזה הגזית של הקרקע בעת המיצוי שלה במעבדה, (ג) ספיחת אמוניה גזית לקרקע החולית שנבדקה הייתה כ-10% מכלל האמוניה בקרקע (גיפס, 2008) ויתר האמוניה היה בתמיסת הקרקע.

יישום במס"א העלה את ה-pH של תמיסת הקרקע מ-8.6 ל-9.3, אך יישום אמון גופרתי הוריד במקצת את ה-pH (מובהק סטטיסטית). ריכוז האמוניום הכללי שנמדד בקרקע בטיפול הבמס"א היה כ-50 מ"ג N לק"ג, ויישום אמון גופרתי הגדיל את ריכוזיו ל-95 ול-170 מ"ג N לק"ג בהתאם לעומס היישום. ריכוזים אלה היו כ-25%-30% מהריכוזים שהיו צפויים בקרקע לפי עומס היישום (בתנאי ערבוב מושלם בשכבת הקרקע 0-20 ס"מ, ובהנחה שצפיפות הקרקע המתוחחת היא 1 טון/מ"ק). לכך יכולות להיות שתי סיבות לפחות: (א) עומס היישום לא היה כמתוכנן, (ב) היה נידוף משמעותי של אמוניה מהקרקע (או ממדגמי הקרקע) בין מועדי היישום והבדיקה. ריכוזי האמוניה הגזית בקרקע היו בין 70 ל-90 מ"ג N לק"ג, וע"פ ההנחות לעיל ריכוזי האמוניה הגזית בתמיסת הקרקע היו בין 800 ל-1800 מ"ג N לק"ג. אין ספק, שה-pH הנמדד גבוה במידה ניכרת מה-pH בתמיסת הקרקע שעל פני השטח שבה חלה הפעילות הביוצידית, ולכן סביר שריכוזי האמוניה המומסת בתמיסת הקרקע נמוכים במידה משמעותית מאלה שחושבו לעיל.

רמת המדבק בקרקע בסטרפטומיציטים כלליים ומחוללי גרב ובפוזריום כללי:

בדגימות הקרקע שנלקחו מחלקת הניסוי ב-6/10/11 (כ-64 ימים לאחר הטיפול בבמס"א ובאמוניום; כשבועיים לאחר הטיפול באדיגן) נמצאה ירידה ברמת המדבק (יחידות יוצרות מושבה לגרם קרקע = cfu/g) בחיידקים מקבוצת הסטרפטומיציטים הכלליים והסטרפטו' החשודים כמחוללי גרב השקעים העמוקים ופטריית הפוזריום (טבלה 4). יעילות ההדברה של הסטרפטומיציטים החשודים כפאתוגניים בשלושת טיפולי הבוצה הייתה גבוהה מאד הן לעומת הביקורת ללא טיפול והן לעומת האדיגן, והיא הגיעה לכ-99.6% הפחתה. יעילות זו הייתה גבוהה מאד בהשוואה לטיפול המסחרי באדיגן, בו

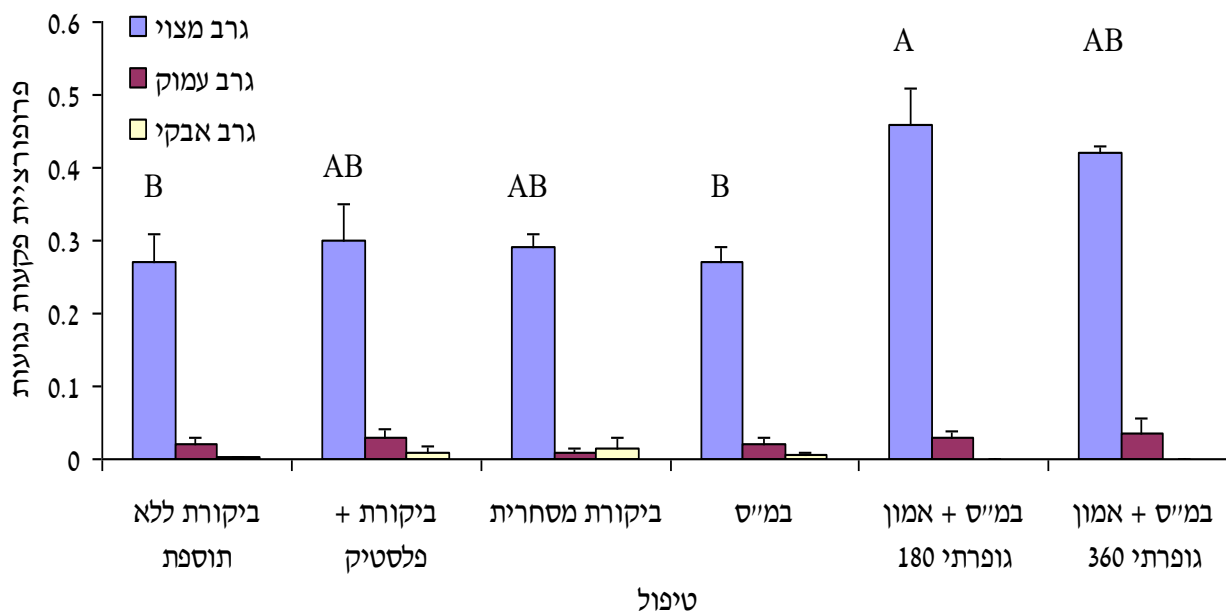
ההפחתה במדבק הייתה בכ-60% בלבד. ההפחתה בסטרפטומיציטים הכלליים בטיפול במס"א + פלסטיק + 360 ק"ג'ד' אמון גופרתי הייתה כ-75% ביחס להיקש ללא טיפול. לעומת הבמס"א, לחיפוי בפלסטיק ולאדיגן לא הייתה כל השפעה על הסטרפטומיציטים. ההפחתה בפטריות מקבוצת הפוזריום בטיפול הבמס"א הייתה בכ-87%-93% בהשוואה להיקש ללא טיפול, הפלסטיק לבדו הפחית את רמת המדבק בפטרייה בכ-72% והאדיגן - בכ-63%. מעניין להדגיש שלהוספת אמון גופרתי לא היה כל יתרון בהדברה על פני יישום במס"א בלבד, כל אלה בתנאי חיפוי בפלסטיק (שנמשך כשבוע).

טבלה 4: השפעת במס"א, אמון גופרתי, חיפוי פלסטיק ואדיגן על רמת הסטרפטומיציטים הכלליים והחשודים כמחוללי גרב השקעים העמוקים בשכבת הקרקע 0-20 ס"מ.

| פוזריום כללי (cfu/g) | סטרפטומיציטים פתוגניים (cfu/g) | סטרפטומיציטים כלליים (cfu/g) | טיפול |
|----------------------|--------------------------------|------------------------------|--|
| 3,100 ± 100 a | 17,947 ± 2,700 a | 4,750,000 ± 740,000 a | היקש |
| 850 ± 140 bc | 35,000 ± 400 a | | חיפוי פלסטיק |
| 1,150 ± 190 b | 22,908 ± 1,800 a | 6,350,000 ± 375,000 a | אדיגן |
| 400 ± 90 cd | 55 ± 20 b | | במס"א + פלסטיק |
| 200 ± 40 d | 48 ± 10 b | | במס"א + פלסטיק, 180 ק"ג'ד' אמון גופרתי |
| 250 ± 60 d | 70 ± 15 b | 1,117,000 ± 630,000 b | במס"א + פלסטיק, 360 ק"ג'ד' אמון גופרתי |
| 0.0001 | 0.0001 | 0.0015 | Prob > F |

השפעת טיפולי הבוצה על הנגיעות בגרב בפקעות:

כל הפקעות שנדגמו באסיף נבדקו להימצאות מחלות הנגרמות ע"י חיידקי גרב (סטרפטומיציטים). שיעורי הנגיעות בגרב אבקי (אליו כוון הניסוי ובו היו נגועות הפקעות בגידול המאלח) ובגרב השקעים העמוקים היו נמוכים מאד וללא הבדל משמעותי בשכיחות בין הטיפולים. לעומתם שכיחות הגרב המצוי הייתה גבוהה יחסית, וטיפול בבמס"א בתוספת אמון גופרתי (ופלסטיק) דווקא העלה את שכיחות הפקעות הנגועות בהשוואה לביקורת (פלסטיק) (איור 2).



איור 2: שיעור הנגיעות של הפקעות במיני גרב בכל אחד מטיפולי הניסוי. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים לאחר טרנספורמציה Arcsin שורש ריבועי של הפרופורציה (Tukey Kramer,) ($P < 0.05$).

השפעת טיפולי הבוצה על יבול הפקעות:

יבולי הפקעות בכל אחד משלושת טיפולי משלושת טיפולי הבמס"א היו דומים (בממוצע כ-5.4 ט'ד') וגבוהים באופן מובהק סטטיסטית (בכ-45%) בהשוואה לטיפול הביקורת (בממוצע כ-3.7 ט'ד') שאף הם לא נבדלו באופן משמעותי (טבלה 5). היבול הגבוה יותר היה הן בגלל מספר פקעות גדול יותר (בכ-13%; מובהק) והן בגלל משקל גדול יותר (בכ-30%; מובהק) בטיפול הבמס"א (טבלה 5). התפתחות הצמחים במהלך העונה בטיפול הבמס"א הייתה מואצת יותר בהשוואה לטיפול ההיקש והצמחים נראו ירוקים יותר (תמונה 4). על הסיבות האפשריות לכך נדון בהמשך.

ריכוזי יסודות הזנה בקרקע במהלך העונה:

הקרקע נדגמה לפני השתילה (ב-6/10/11) ונבדקו בה ריכוזי זרחן ואשלגן לצורך בקרה לדישון ראש, והיא נדגמה שוב לקראת סוף העונה (ב-22/1/12; 84 ימים לאחר הזריעה) לניטור ריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן. הדיגום הראשון היה לעומק 0-20 ס"מ, והשני היה לעומק 60 ס"מ (ב-3 מקטעי עומק) ונעשה גם במטרה לאמוד את סיכויי הדליפה של היסודות. התוצאות מוצגות בטבלה 6. ביום ה-85 מהזריעה, לקראת סוף מילוי הפקעות, ריכוזי החנקן המינרלי בשכבת הקרקע העליונה בכל הטיפולים היו נמוכים מאוד: 10 מ"ג N\ק"ג קרקע בממוצע בלי הבדל מובהק ביניהם. בשכבה 20-40 ס"מ הריכוזים היו גבוהים יותר (25 מ"ג N\ק"ג בממוצע לכל החלקות), שוב בלי הבדל מובהק בין הטיפולים. הריכוז בשכבה 40-60 היה הנמוך ביותר - 7 מ"ג N\ק"ג בממוצע לכל החלקות, והיה הבדל על סף המובהקות בין הטיפולים אך הוא נטול משמעות. ריכוזי החנקן הנמוכים בחתך הקרקע מעידים על מחסור בחנקן זמין לגידול (למרות האמור בטבלה 1 לגבי עומס הדישון החנקני), ועל כך שלא הייתה דליפה של חנקן מינרלי במהלך העונה.

טבלה 5: משקל היבול הכללי (טון/דונם) בטיפול הניסוי. כל טיפולי הבמס"א חופו בפלסטיק. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים (Tukey-Kramer HSD).

| טיפול | יבול (ק"ג/ד') | משקל פקעת (גרם) | מספר הפקעות ל-2 מ' ערוגה |
|-------------|---------------|-----------------|--------------------------|
| ביקורת | 3,705 b | 212 b | 68 b |
| טיפול במס"א | 5,403 a | 272 a | 77 a |
| <i>F</i> | <.0001 | <.0001 | 0.004 |

| | | | |
|------------------------------|---------|--------|-------|
| ביקורת ללא טיפול | 3,562 B | 195 B | 71 A |
| ביקורת - חיפוי פלסטיק | 3,890 B | 231 AB | 65 A |
| ביקורת – אדיגן | 3,661 B | 209 B | 68 A |
| במס"א ללא אמוניום | 5,354 A | 264 A | 79 A |
| במס"א+180 ק"ג/ד' אמון גופרתי | 5,630 A | 273 A | 80 A |
| במס"א+360 ק"ג/ד' אמון גופרתי | 5,225 A | 279 A | 73 A |
| <i>F</i> | <.0001 | <.0001 | 0.044 |



תמונה 4: צימוח תפוז"א בניסוי בחוות הבשור 65 ימים לאחר הזריעה בטיפול הביקורת ובטיפול במס"א ללא כל תוספת.

טבלה 6: ריכוזי חנקן, זרחן ואשלגן בחתך הקרקע ב-2 מועדי דיגום. הערכים בטבלה הם ממוצעים וטעויות התקן. לכל מועד דיגום של זרחן ואשלגן מוצגים גם ממוצעים כוללים (וסטיות התקן שלהם) של כל 36 החלקות בניסוי. אותיות שונות מציינות הבדלים מובהקים ע"פ מבחן Student's t.

| מועד הדיגום | עומק הקרקע (מ"ס) | ביקורת | ביקורת + פלסטיק | אדיגן | במס"א | במס"א + 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי | במס"א + 360 ק"ג/ד' אמון גופרתי | ממוצע כולל \pm סטיית תקן |
|----------------------------------|------------------|----------------|------------------|-------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| חנקן מינרלי | | | | | | | | |
| 22/1/12 | 0-20 | 6 ± 1 | 10 ± 1 | 12 ± 3 | 12 ± 3 | 9 ± 1 | 9 ± 2 | |
| 22/1/12 | 20-40 | 25 ± 1 | 23 ± 1 | 24 ± 3 | 24 ± 5 | 23 ± 2 | 19 ± 3 | |
| 22/1/12 | 40-60 | 5 ± 1 c | 7 ± 1 abc | 9 ± 3 a | 6 ± 1 bc | 7 ± 1 abc | 9 ± 1 ab | $F < 0.06$; Student's |
| זרחה זמינה (במיצוי אולסן) | | | | | | | | |
| 6-10-11 | 0-20 | 26 ± 2 | 23 ± 3 | 24 ± 2 | 25 ± 3 | 24 ± 1 | 24 ± 2 | 24 ± 6 |
| 22/1/12 | 0-20 | 15 ± 2 | 15 ± 2 | 18 ± 2 | 19 ± 2 | 21 ± 4 | 20 ± 4 | 18 ± 7 |
| 22/1/12 | 20-40 | 14 ± 1 | 14 ± 1 | 15 ± 1 | 15 ± 1 | 14 ± 1 | 15 ± 1 | 14 ± 3 |
| 22/1/12 | 40-60 | 9 ± 1 | 9 ± 1 | 11 ± 1 | 10 ± 1 | 9 ± 1 | 10 ± 1 | 10 ± 2 |
| אשלגן (במיצוי אולסן) | | | | | | | | |
| 6-10-11 | 0-20 | 116 ± 7 | 106 ± 1 | 118 ± 4 | 119 ± 6 | 120 ± 7 | 114 ± 8 | 115 ± 16 |
| 22/1/12 | 0-20 | 60 ± 8 | 79 ± 14 | 77 ± 8 | 64 ± 10 | 52 ± 7 | 48 ± 6 | 63 ± 24 |
| 22/1/12 | 20-40 | 70 ± 5 | 57 ± 12 | 71 ± 9 | 70 ± 8 | 66 ± 10 | 53 ± 2 | 64 ± 23 |
| 22/1/12 | 40-60 | 54 ± 7 | 57 ± 7 | 64 ± 2 | 42 ± 4 | 55 ± 7 | 44 ± 3 | 53 ± 15 |

ריכוזי האשלגן והזרחה הזמינים פוטנציאלית לצמח (לפי מיצוי אולסן) בשכבה 0-20 ס"מ בקרקע נמדדו כ-3 שבועות לפני הזריעה, והמעניין הוא שהם לא הושפעו כלל ע"י יישום הבמס"א. הריכוזים היו בתחום התקין (115 ו-24 מ"ג/ק"ג יסוד צרוף, בהתאמה), ובכל מקרה ניתן דישון באשלגן ובסופרפוספט לפני הזריעה (40 ק"ג/ד' אשלגן, 8 ק"ג/ד' סופרפוספט; טבלה 1). לאחר כ-85 מהזריעה ריכוזי האשלגן והזרחן הזמינים בשכבה 0-20 ס"מ ירדו ל-63 ול-18 מ"ג/ק"ג, בהתאמה. בשכבות הקרקע העמוקות יותר הריכוזים

ריכוזי יסודות בפטוטרות העלים:

ריכוז חנקן במוהל פטוטרות העלים של תפוז"א נחשב כמדד למצב ההזנה החנקני של הגידול. פטוטרות נדגמו ב-09/1/12, במקביל לדיגום הצמחים, ובמוהל שהופק נמדדו ריכוזי החנקן, הזרחה ומגוון יסודות אחרים (טבלה 7). התוצאות מוצגות עבור 2 קבוצות הטיפול העיקריות (טבלה 7-א': טיפולי הבמס"א וטיפולי הביקורת שכללו את הביקורת ללא תוספת, ביקורת עם פלסטיק וטיפול ההדברה המסחרי) ועבור הטיפולים הפרטניים (טבלה 7-ב'). הבדלים בריכוזי מרבית היסודות בין הטיפולים לא היו מובהקים. היכן שהיה בהדל מובהק בין הטיפולים הפרטניים, הצמחים בטיפול ההדברה המסחרי (אדיגן) היו באופן עקבי בעלי תכולה נמוכה באופן משמעותי של יסודות יחסית לטיפולים האחרים.

טבלה 7-א': ריכוזי חנקה, זרחה אשלגן ויסודות אחרים במוהל הפטטורות של עלי תפוז"א בדיגום 09/1/12 (71 ימים לאחר הזריעה). הערכים בטבלה הם במ"ג/גל" והם ממוצעים וטעויות תקן של 18 החזרות לכל סוג טיפול (הביקורות: ללא תוספת; עם פלסטיק; אדיגן).

| יסוד (מ"ג/גל") | טיפול ביקורת | | | טיפול במס"א | | | Prob > F |
|----------------|--------------|----------|--------|-------------|----------|--------|----------|
| | ממוצע | טעות תקן | TK HSD | ממוצע | טעות תקן | TK HSD | |
| N-NO3 | 2,058 | 40 | | 1,963 | 29 | | |
| P-PO4 | 59 | 1 | | 61 | 1 | | |
| K | 6,626 | 356 | | 7,416 | 226 | | |
| B | 0.20 | 0.01 | | 0.22 | 0.01 | | |
| Ca | 816 | 50 | | 923 | 30 | | |
| Cd | 0.009 | 0.000 | | 0.009 | 0.000 | | |
| Co | 0.025 | 0.002 | b | 0.030 | 0.001 | a | 0.0316 |
| Cu | 0.36 | 0.02 | | 0.32 | 0.02 | | |
| Fe | 0.20 | 0.01 | | 0.19 | 0.01 | | |
| Li | 0.009 | 0.001 | a | 0.007 | 0.000 | b | 0.0167 |
| Mg | 466 | 36 | | 507 | 22 | | |
| Mn | 3.4 | 0.2 | b | 4.2 | 0.1 | a | 0.0013 |
| Mo | 0.003 | 0.001 | | 0.003 | 0.001 | | |
| Na | 59 | 3 | | 62 | 2 | | |
| Ni | 0.031 | 0.002 | | 0.035 | 0.001 | | |
| P | 53 | 3 | | 59 | 2 | | |
| S | 130 | 7 | | 140 | 7 | | |
| Se | 0.004 | 0.002 | | 0.007 | 0.002 | | |
| V | 0.002 | 0.000 | | 0.003 | 0.000 | | |
| Zn | 3.5 | 0.3 | | 4.1 | 0.2 | | |

טבלה 7-ב': ריכוזי יסודות במוהל הפטטורות של עלי תפוז"א בדיגום 09/1/12 (71 ימים לאחר הזריעה) בהם נמצא הבדל מובהק בין 6 הטיפולים. הערכים הם במ"ג/גל" והם ממוצעים וטעויות תקן של 6 החזרות בכל טיפול.

| יסוד | ביקורת | ביקורת פלסטיק | אדיגן | במ"ס | במ"ס + 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי | במ"ס + 360 ק"ג/ד' אמון גופרתי | Prob>F |
|------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| K | 6,512 ± 409 ab | 7,860 ± 252 a | 5,507 ± 711 b | 7,898 ± 394 a | 7,254 ± 356 a | 7,096 ± 408 a | 0.02 Student's t |
| Mn | 3.2 ± 0.2 ab | 4.0 ± 0.1 ab | 2.8 ± 0.4 b | 4.4 ± 0.2 a | 4.3 ± 0.2 a | 4.1 ± 0.2 ab | 0.004 T-K HSD |
| Ni | 0.030 ± 0.002 ab | 0.038 ± 0.002 a | 0.025 ± 0.003 b | 0.037 ± 0.001 a | 0.033 ± 0.003 a | 0.037 ± 0.003 a | 0.015 Student's t |
| S | 135 ± 12 ab | 151 ± 5 a | 105 ± 14 b | 136 ± 9 ab | 158 ± 14 a | 126 ± 8 ab | 0.051 Student's t |

דיגום ביניים: יבולי פקעות ונוף וריכוזי יסודות בנוף:

ב-09/1/12 נדגמו גם הצמחים במקביל לדיגום מוהל העלים. הדיגום היה של 1 מ' ערוגה (כ-2 מ"ר). הנוף והפקעות נאספו ונשקלו (משקל טרי), ונבדקה תכולת היסודות בנוף. יבולי הפקעות והנוף בטיפול הבמס"א (18 חלקות, 3 טיפולים) לא נבדלו סטטיסטית אלה מאלה, והם היו גבוהים משמעותית ובאופן מובהק בהשוואה ליבולים בטיפול הביקורת (18 חלקות, 3 טיפולים) ב-37 וב-58%, בהתאמה (טבלה 8). ריכוז החנקן הממוצע בנוף של צמחי הביקורת היה גבוה בכ-9% (מובהקים) בהשוואה לצמחי המבס"א אך ריכוזי הזרחן והאשלגן בצמחים לא נבדלו משמעותית (או סטטיסטית). הצמחים בטיפול ההדברה המסחרי (אדיגן) היו באופן עקבי ומשמעותי בעלי יבול נמוך ותכולה נמוכה של היסודות לעיל יחסית לטיפולים האחרים (גם אם לא מובהק ביחס לשני טיפולי הביקורת האחרים; לא מוצג בטבלה).

טבלה 8: דיגום ביניים של תפוא"א ב-09/1/12 (71 ימים לאחר הזריעה). הערכים בטבלה הם ממוצעים וטעויות תקן של 18 החזרות לכל סוג טיפול (עם וללא במס"א).

| <u>יבול (ג'מ' ערוגה)</u> | | | | | | |
|--------------------------|--------|-----|------------|--------|-----|------------|
| טיפול | נוף | SEM | T-K HSD | פקעות | SEM | T-K HSD |
| ביקורת | 643 | 36 | b | 2060 | 97 | b |
| במס"א | 1017 | 42 | a | 2818 | 100 | a |
| Prob > F | <.0001 | | | <.0001 | | |

| <u>נוף NPK</u> | | | | | | | |
|----------------|--------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | %N | SEM | T-K HSD | %P | SEM | %K | SEM |
| ביקורת | 3.527 | 0.057 | a | 0.149 | 0.003 | 5.963 | 0.102 |
| במס"א | 3.232 | 0.080 | b | 0.156 | 0.004 | 6.190 | 0.134 |
| Prob > F | 0.0097 | | | | | | |

ריכוזי יסודות בפקעות באסיף:

הריכוזים בפקעות של כ-20 יסודות לעת האסיף הסופי מוצגים בטבלה 9. קיבצנו יחד את כל 18 חלקות הביקורת (מ-3 הטיפולים) מחד גיסא ואת כל 18 חלקות הבמס"א (מ-3 הטיפולים). ריכוזי שבעה יסודות היו גבוהים יותר באופן מובהק סטטיסטית בפקעות מטיפול הבמס"א בהשוואה לביקורת. בלטו מוליבדן, וסלן ($p < 0.0001$), זרחן וסידן ($p < 0.001$) ונחושת ($p < 0.01$), כולן תוספות חיוביות הן מבחינת הזנת הצמח (זרחן, נחושת, מוליבדן), הן לאיכות הפקעות (סידן) והן להזנת האדם (סלן, מוליבדן). תכולת היסודות המנטרים ע"י שירות המזון הארצי במשרד הבריאות (www.health.gov.il/fcs) הייתה נמוכה מאד בהשוואה לסף העליון המותר (קדמיום ועופרת) או מתחת לאפשרות בדיקה (ארסן). כספית לא נבדקה בגלל תכולתה הנמוכה ביותר בבמס"א. בכל מקרה, לא היה הבדל בתכולת יסודות אלה בין צמחי הביקורת לבמס"א.

השפעת הטיפולים על העשבייה:

ב-27/2/12 נספרו צמחי העשבייה הזרה בחלקת מדגם בת 2 מ' ערוגה (2 מ"ר) במרכז הערוגה בכל אחת מהחזרות. מס' הצמחים בטיפול הביקורת ללא כל תוספת היה 17 ± 11 גדול באופן מובהק סטטיסטית ($p < 0.05$) בהשוואה לטיפול הביקורת עם חיפוי פלסטיק (1.3 ± 0.3 צמחים). טיפול האדיגן דמה לטיפול הביקורת (13 ± 6 צמחים), וטיפול הבמס"א דמו לביקורת + פלסטיק (0.8 ± 1.0).

טבלה 9: ריכוזי יסודות בפקעות תפוז"א (מ"ג/ק"ג חומר יבש) בניסוי בחוות הבשור בדיגום סוף העונה (28/3/12, 150 ימים לאחר הזריעה). הערכים ממוצעים וטעויות תקן של 18 חזרות לכל טיפול. מובהקות סטטיסטית חושבה ב-ANOVA, ומבחן תחום מרובה נעשה לפי T-K HSD.

| Element (mg/kg) | ביקורת | | | במס"א (4.6 ט' ח"ל"ד') | | | p | ריכוז מרבית* |
|--------------------|-----------------|-------|------------|-----------------------|-------|------------|---------|-----------------|
| | Average | SEM | T-K HSD | Average | SEM | T-K HSD | | |
| Al | 22 | 2 | | 25 | 4 | | | |
| As | below detection | | | | | | | 1.0 |
| B | 37 | 3 | | 35 | 3 | | | |
| Ba | 1.3 | 0.2 | | 1.6 | 0.3 | | | |
| Ca | 290 | 7 | b | 350 | 12 | a | <0.001 | |
| Cd | 0.02 | 0.00 | | 0.02 | 0.00 | | | 0.1 |
| Cr | 0.11 | 0.01 | | 0.13 | 0.01 | | | |
| Cu | 3.8 | 0.2 | b | 4.5 | 0.1 | a | <0.01 | |
| Fe | 23 | 1 | | 28 | 2 | | | |
| K | 30,000 | 1,500 | | 31,500 | 2,100 | | | |
| Li | 0.02 | 0.00 | b | 0.03 | 0.00 | a | 0.02 | |
| Mg | 970 | 50 | | 1,100 | 30 | | | |
| Mn | 7 | 0 | | 8 | 0 | | | |
| Mo | 0.12 | 0.02 | b | 0.90 | 0.06 | a | <0.0001 | |
| N | 15,000 | 486 | | 16,400 | 643 | | | |
| Na | 200 | 11 | | 205 | 12 | | | |
| Ni | 0.31 | 0.03 | | 0.31 | 0.02 | | | |
| P | 1,500 | 50 | b | 1,800 | 50 | a | <0.001 | |
| Pb | 0.12 | 0.02 | | 0.17 | 0.02 | | | 0.1 |
| Se | 0.06 | 0.03 | b | 0.56 | 0.05 | a | <0.0001 | |
| Sr | 1.44 | 0.05 | b | 1.25 | 0.07 | a | 0.044 | |
| V | 0.09 | 0.02 | | 0.10 | 0.02 | | | |
| Zn | 19 | 1 | | 21 | 1 | | | |

*הריכוזים בחומר הטרי (85%-90% לחות בפקעות), הוראות שירות המזון

הארצי www.health.gov.il/fcs

דין ומסקנות

הכנת הבמס"א ופיזור:

לניסוי הנוכחי הוכנה לראשונה במס"א ייעודית להדברה. המייחד אותה הוא פרירות מרבית ותכולת סיד גבוהה המקנה לה כושר בופר גבוה. הפרירות מושגת ע"י הוספת כמות מרבית של אפר פחם, והמטרה היא להפחית את לחותה ודביקותה, ולעשותה פרייה, נוחה לפיזור ועריבה באופן אחיד בקרקע. כושר בופר גבוה, אמור להעלות את ה-pH של הקרקע למשך זמן מרבי (שהוא עדיין בסד"ג של ימים בודדים). בכך מושגת יכולת יישום והדברה מרביים. הגדלת תכולות האפר והסיד הושגו (ועל כך תודתנו לליאור, פאבל ואלכס ממתקן דן-וירו בשפד"ן) ע"י ייצור הבמס"א במהלך הפריקה של אפר הפחם לסילו, ורתימת לחץ הפריקה המופעל ע"י המכלית להגדלת קצב הזרימה של האפר. צורת ההכנה הזאת גובשה לאחר מספר ניסיונות כושלים ביישום במס"א קונוונציונאלית למטרות הדברה (כולל מאוחר יותר בניסוי במושב יבול). החיסרון בהעשרה באפר ובסיד הוא שמרכיב הבוצה קטן, ועמו כושר הבמס"א לספק אמוניה להדברה.

הפיזור היה ב-4/8/11, בזמן בשנה בו טמפ' הקרקע מגיעה לשיא, ופני הקרקע חוממו עוד באמצעות חיפוי בפלסטיק. המטרה היא להגדיל את היחס אמון\אמוניום בקרקע (תלות הפוכה של ה-pKa

בטמפרטורה), להגדיל אולי גם את רגישות האורגניזמים, ובכל מקרה להפחית את חיוניות פאתוגנים (נבגים וגופי קיימא) וזרעי עשבייה הרגישים לטמפ' קרקע גבוהה.

יישום הבמס"א (4.6 ט' ח"לד') העלה את ה-pH של תמיסת הקרקע מ-8.6 ל-9.3 (ערך המטרה היה $pK_a + 1 = 10$), והאמון הגופרתי הגדיל את ריכוז האמון הכללי מכ-50 מ"ג N לק"ג ל-95 ול-170 מ"ג N לק"ג בהתאם לעומס היישום. ריכוזים הנמוכים מאלה שהיו צפויים בקרקע. בכל מקרה, ריכוזי האמוניה הגזית (המחושבים ע"פ ההנחות לעיל; טבלה 3) בקרקע היו עד 90 מ"ג N לק"ג, וריכוזיה בתמיסת הקרקע היו עד כ-1800 מ"ג N לק"ג. בריכוזים כאלה צפויה הדברה יעילה של הפאתוגנים (גיפס, 2008).

יעילות ההדברה:

הטיפולים הפחיתו את המדבק בקרקע בגורמי מחלה פטרייתיים וחידקיים מחוללי מחלות גרב שונות. השפעת טיפולי הבמס"א (כולם עם חיפוי בפלסטיק לכ-7 ימים) הייתה משמעותית טובה יותר מאשר טיפול ההדברה המסחרי או הטיפול בחיפוי פלסטיק בלבד. אולם לא נמצאה הפחתה בנגיעות הפקעות בגרב מצוי, שהיה שכיח מאד בכל הטיפולים, ומחלות אחרות כלל לא הופיעו בפקעות בכל הטיפולים כולל בטיפול הביקורת ללא כל תוספת. זרעי עשבייה הודברו ביעילות גבוהה ודומה באמצעות חימום הקרקע בחיפוי פלסטיק בלבד או באמצעות במס"א+אמון גופרתי (ב-2 שיעורי היישום: כ-8% וכ-4% נביטה מהביקורת, בהתאמה).

צימוח ויבול:

לבוצה הייתה השפעה משמעותית (ומובהקת סטטיסטית) על משקל הנוף ויבול הפקעות זאת למרות שכל טיפולי הניסוי קיבלו השקיה ודישון אחידים, והדישון החנקני הכולל (ללא האמון הגופרתי שניתן ביסוד לשם ההדברה) אף היה מופרז ביותר (יותר מ-80 יח' חנקן במהלך העונה). בדיגום במהלך העונה (71 יום לאחר הזריעה) היה הבדל מובהק ביותר של 37 ו-58% ביבולי הפקעות והנוף בין הצמחים בטיפול הבמס"א לטיפול הביקורת, בהתאמה. באסיף הסופי הגידול ביבול הפקעות בטיפול הבמס"א היה כבר כ-45%, ומספר הפקעות היה גדול בכ-13%.

לא ברור ממה נבע ההבדל הגדול ביבולים של טיפולי הבמס"א וטיפול הביקורת (כולל האדיגן) על רקע הדישון הנדיב בחנקן. בדיגום הביניים, ריכוז החנקן הכללי הממוצע בנוף (הפקעות לא נבדקו) היה גבוה יותר דווקא בצמחי הביקורת בהשוואה לצמחי הבמס"א (ב-9%; מובהק), וריכוזי הזרחן והאשלגן היו דומים מאד. באסיף הסופי ריכוזי החנקן, הזרחן והאשלגן בפקעות היו דומים מאד בשני סוגי הטיפולים. גם תכולתם בקרקע בעומק עד 60 ס"מ הייתה דומה מאד בכל הטיפולים (טבלה 6).

תכולת יסודות הזנה וקורט בצמחים:

הריכוזים בפקעות של שבעה יסודות היו גבוהים יותר באופן מובהק סטטיסטית בפקעות מטיפול הבמס"א בהשוואה לביקורת. בלטו מוליבדן, וסלן ($p < 0.0001$), זרחן וסידן ($p < 0.001$) ונחושת ($p < 0.01$), כולן תוספות חיוביות הן מבחינת הזנת הצמח (זרחן, נחושת, מוליבדן), הן לאיכות הפקעות (סידן) והן להזנת האדם (סלן, מוליבדן). תכולת היסודות המנוטרים ע"י שירות המזון הארצי במשרד הבריאות (www.health.gov.il/fcs) הייתה נמוכה מאד בהשוואה לסף העליון המותר (קדמיום ועופרת) או מתחת לאפשרות בדיקה (ארסן). כספית לא נבדקה בגלל תכולתה הנמוכה ביותר בבמס"א. בכל מקרה, לא היה הבדל בתכולת יסודות אלה בין צמחי הביקורת לבמס"א.

אין לנו תשובה לשאלה מה גרם להבדלים בצימוח וביבולים בין טיפולי הבמס"א לטיפול הביקורת. בדקנו NPK בנוף בדיגום הביניים, והיה יתרון מובהק לטיפול הביקורת, בעת שכבר היה גידול משמעותי ביבול בטיפול הבמס"א. מכאן, שלא הבדלים בהזנה ב-NPK, אם היו כאלה, הם שגרמו להבדלים ביבולים זאת למרות שבפקעות הדיגום הסופי הייתה תכולת זרחן גבוהה יותר (מובהק) בטיפול הבמס"א. השאלה היא האם התוספת במוליבדן, בנחושת ובסידן יכולה להסביר את תוספת היבול (טבלה 9). תכולת היסודות במהול פטוטרת העלים (שנעשתה בעת דיגום הנוף ב-9/12) לא נתנה כל תובנה (טבלה 7). ריכוזי חנקן וזרחן היו זהים ב-2 קבוצות הטיפולים, וריכוז המנגן, שהיה גבוה במובהק בטיפול הבמס"א, אין בו כדי להסביר את התוצאות.

סיכום:

המחקר הנוכחי השיג את מרבית מטרותיו: (א) מבחינת האגרוטכניקה, יישום במס"א + חיפוי בפלסטיק ל-7 ימים, עם אמון גופרתי ובלעדיו,

הפחית את רמת המדבק (ה- cfu/g) של גורמי מחלה בקרקע במידה שווה ומשמעותית גבוהה יותר מאשר הטיפול המסחרי. עם זאת, אין לנו תשובה לגבי השפעה על הופעת מחלות בצמחים. גרב מצוי הופיע בפקעות בכל הטיפולים (כולל בטיפול ההדברה המסחרי), ויתר המחלות לא הופיעו כלל (למרות הטיפול המאלח וההדבקה היעילה לכאורה בספונגוספורה).

(ב) במס"א הגדילה מאד ובמובהק את יבול הפקעות והעלתה (מובהק) את תכולת היסודות החיוניים לצמח (זרחן, נחושת ומוליבדן בפקעות). איננו יודעים האם ניתן לקשור את הגידול ביבול לכך ללא מחקר נוסף בנושא. במס"א גם שיפרה את איכות הפקעות, הן מבחינת הזנת הצמח הן לאיכות הפקעות לאחסון (עלייה מובהקת של 20% בתכולת סידן) והן להזנת האדם (עלייה מובהקת בתכולת סלן ומוליבדן).

(ג) תכולת היסודות הרעילים (ארסן, קדמיום ועופרת) בפקעות הייתה נמוכה מאד.

ניסוי 2: השפעת במס"א על נגיעות פקעות תפוז"א בגרב אבקי, ועל היבול ותכולת היסודות בפקעות

(מושב יבול, צפון-מערב הנגב 2013)

בוצע ע"י

פנחס פיין, גיורא קריצמן, אנה בריוזקין - מרכז וולקני, מנהל המחקר החקלאי
עמוס עובדיה – "אגרונומיה"

תקציר

הניסוי בוצע במושב יבול בצפון-מערב הנגב על קרקע חול שדווחה כמאולחת מאד בגרב אבקי. בוצעו שני טיפולים: יישום במס"א בעומס 12 טון (על בסיס חומר יבש, פיזור במזבלת). הבמס"א תוחה לעומק כ-20 ס"מ. שני הטיפולים הושקו ודושונו כמקובל. לבמס"א לא הייתה כל השפעה על הפקעת המחלה בצמחים. הסיבות האפשריות: (א) לא נוצרו בקרקע התנאים הדרושים להדברה (רמת pH, ריכוז אמוניה, חום); (ב) אמוניה אינה יעילה בהדברת גרב אבקי. בנוסף, הבמס"א לא השפיעה על יבול הפקעות ועל תכולת יסודות ההזנה בהן למרות עומס היישום הגבוה מאד (כ-12 טון חומר יבש), כנראה בגלל רמת הפוריות הגבוהה שנשמרה בחלקה והדישון התכוף במהלך העונה. התכולה בפקעות של עופרת, ארסן וקדמיום, המנוטרים ע"י שרות המזון הארצי, הייתה אפסית.

מטרות הניסוי

1. בדיקת יעילות במס"א במניעת גרב אבקי בפקעות תפוז אדמה.
2. השפעת הבמס"א על היבול ועל ההרכב הכימי של הפקעות.

שיטות וחומרים

הגידול: תפוז אדמה מזן "ניקולה", קרקע נגועה מאוד בגרב אבקי. **השקיה:** המטרה כמקובל. **דישון:** מסחרי כמקובל. **קרקע:** חול, חלקה – מושב יבול משק 89 (נ"צ: 31°09'49" N 34°18'46" E).

מתכונת הניסוי: בניסוי היו 2 טיפולים: במס"א והיקש ללא טיפול. הפיזור היה ב-29/10/12 והתייחוח נעשה למחרת. כל טיפול היה ב-7 חזרות, וכל חזרה הייתה ערוגה באורך כ-25 מטר בפריסה כלהלן:

| ערוגה מס' | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------|-------|---|---|---|-------|---|------------|-------|---|----|------------|----|-------|----|
| טיפול | במס"א | ל | ל | ל | במס"א | ל | ל | במס"א | ל | ל | במס"א | ל | במס"א | ל |
| הערות | | | | | | | מינון מופח | | | | מינון מופח | | | |

עומס היישום היה 14 ט' חומר לח'ד'. העומס נמדד באמצעות פריסה של משטח ברזנט בעל שטח ידוע (2.8 מ"ר) על גבי הערוגה בעת מעבר המזבלת, ושקילת הבמס"א שנפלה עליו. כל הערוגות בניסוי כוסו בפלסטיק, והכיסוי הושאר במשך שבוע. תיאור הפעילויות במהלך הניסוי ניתן בטבלה 2.

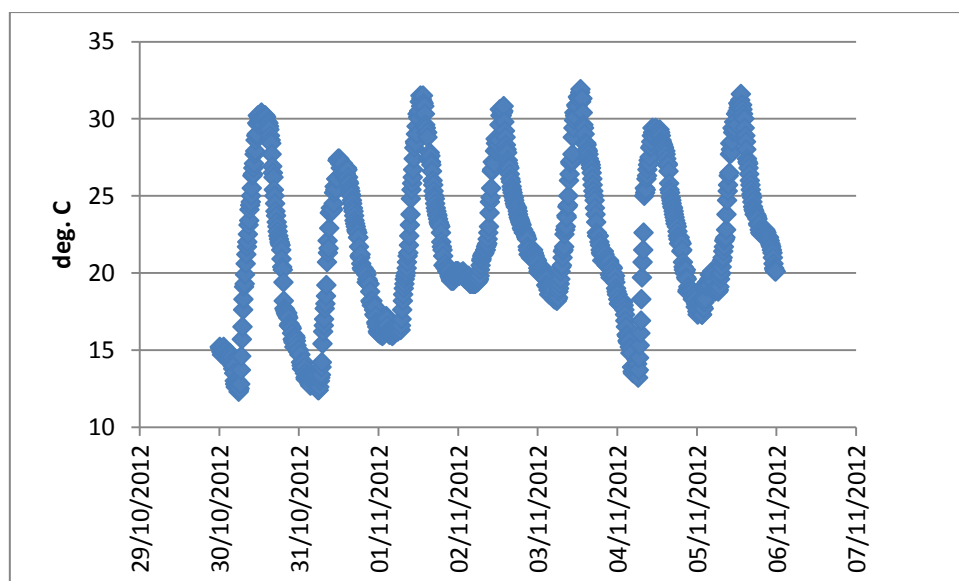
טבלה 2: פעילויות ולוח זמנים בניסוי

| תאריך | ימים מזריעה | הפעולה |
|----------|-------------|--|
| 29-10-12 | -17 | פיזור הבוצה בשדה |
| 30-10-12 | -16 | תייחוח לעומק כ-20 ס"מ |
| 5-11-12 | -10 | דיגום קרקע |
| 1-11-12 | -14 | השקיה |
| 5-11-12 | -10 | כיסוי ביריעות פלסטיק את הערוגות המטופלות |

| | | |
|---|------|----------------------|
| הסרת היריעות | -7 | 8-11-12 |
| השקיה | -4 | 11-11-12 |
| גשם | -3 | 12-11-12 |
| תיחוח לעומק כ 20 ס"מ | -1 | 14-11-12 |
| דגימה ל-pH, EC ולרמת פתוגנים | -1 | 14-11-12 |
| הטמנת פקעות ("זריעה") | 0 | 15-11-12 |
| השקיות הנבטה | 2, 0 | 15 ו 17 בנובמבר 2012 |
| הערכת התפתחות | 24 | 9-12-12 |
| הערכת התפתחות | 38 | 23-12-12 |
| דגימת עלים | 66 | 20/1/13 |
| דגימת פטוטורות | 66 | 20/1/13 |
| 'שריפת' הנוף | 115 | 10-3-13 |
| בדיקת יבול – משקל, נגיעות בגרב אבק ו למעבדה | 124 | 19-3-13 |

טמפרטורות קרקע: מחמת תקלה במכשור, טמפרטורות הקרקע לא נרשמו. באיור 1 מוצגות טמפרטורות האוויר בגובה 50 ס"מ מע"פ הקרקע, מנתוני התחנה המטאורולוגית "חלוצה" של משרד החקלאות הנמצאת בקרבת מקום. הטמפ' הממוצעת בתקופה הנדונה (סוף אוקט' – ראשית נוב' 2012) הייתה 21.8 מ"צ.

איור 1: טמפרטורת האוויר בגובה 50 ס"מ מע"פ הקרקע בתחנת "חלוצה" במהלך השבוע הראשון לאחר פיזור הבמס"א והצנעתה



דיגום צמחים וקרקע ובדיקות כימיות במדגמים:

פטוטורות של עלים מייצגים (עלה בוגר ראשון, בד"כ העלה ה-5 מקצה הענף) נדגמו בפבר' 2013 להערכת מצב ההזנה של הצמחים. הפטוטורות הופרדו מהעללים בשדה, נשמרו בקירור עד להגעתן למעבדה, והוקפאו עם הבאתן למעבדה. מוהל הפטוטורות נסחט מהן לאחר הפשרתן, הוא סונן במסנן פרפר 0.45 מיקרון, נמהל במים מזוקקים בהתאם לצורך, ונבדק לקביעת ריכוזי החנקן והזרחן (אורטופוספט) (באוטואנלייזר תוצ' Lachat). כ-10 מ"ל של המוהל הבלתי-מהול עוכלו בהרתחה ב-0.5 מ"ל חומצה חנקתית מרוכזת, ולאחר השלמה חזרה לנפח ידוע, הוא נבדק ב-ICP-AEO לסריקת יסודות כולל אשלגן, זרחן כללי, יסודות קורט ומתכות כבדות.

יבול הפקעות והרכבן: יחידת המדגם הייתה 3 מ' אורך גדודית (כ-1.5 מ"ר) בכל אחת מהערוגות. הפקעות נעקרו בקלשון, ונשטפו. חמש פקעות בגודל הבינוני נדגמו מכל חלקה לקביעת שיעור המשקל היבש ולאנליזות כימיות. הפקעות נשטפו היטב במעבדה, ופרוסה שנחתכה במרכז כל

הפקעת לאורכה שמשנה לבדיקות. הפרוסה קולפה, וחולקה לריבועים קטנים, ואלה יובשו ב-60°C במשך שבוע, ונטחנו. הבדיקות הכימיות בחומר הצמחי הטחון כללו קביעה של החנקן הכללי המחזור וסריקת יסודות. לבדיקת חנקן כללי מחזור, מדגמים (במשקל 0.5 גרם) עוכלו בחומצה גופרתית מרוכזת רותחת, עם הוספות עתיות של מי-חמצן לחומצה, לאחר הבאתה לטמפרטורת החדר. ריכוז החנקן נבדקו בריאקציית צבע באוטואנלייזר (תוצ' Lachat). סריקת יסודות כללית (כולל זרחן, אשלגן, יסודות מאקרו, יסודות קורט ומתכות כבדות) נעשתה ע"י עיכול מדגמים צמחיים במשקל 0.5 גרם בחומצה חנקתית מרוכזת רותחת. המדידה נעשתה באמצעות ICP-AEO.

דגימות קרקע נלקחו משכבת היישום (0-20 ס"מ) כשבוע וכשבועיים לאחר הצנעת הבמס"א ולאחר האסיף. חנקן מינרלי נבדק ע"י מיצוי דגימות קרקע ב 1N KCl ביחס 1 ל 8 קרקע לנוזל. המבחנות טולטלו במשך שעה, סורקו, והנוזל העליון נבדק באוטואנלייזר כנ"ל. זרחה ואשלגן נבדקו במיצוי קרקע ב 0.5 N NaHCO₃ ב pH 8.5 ביחס מיצוי קרקע-נוזל 1 ל 20. הטלטול ארך שלוש שעות, והנוזל העליון נבדק לאחר החמצה באמצעים שהוזכרו לעיל. המוליכות החשמלית וה- pH נבדקו במיצוי מימי ביחס קרקע-מים 1 : 5.

ניתוח סטטיסטי נעשה באמצעות תוכנת jmp. מובהקות סטטיסטית נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמה של $\alpha < 0.05$. בכל המדדים שנבדקו, ואשר מוצגים בטבלאות ובאיורים, העדר כל אות ליד הממוצע או הופעה של אותה אות מצוין כי ההבדל בין הממוצעים של הטיפולים לא היה מובהק סטטיסטית.

הערכה של שכיחות בקרקע של סטרפטומיצטים כלליים וחשודים בפתוגניים: הערכה בוצעה בדגימות הקרקע שנלקחו ב-14/11/12.

הערכת נגיעות הפקעות בגרב אבקי: הפקעות הוצאו ב-13-19-3 מכל חזרה (3 מטר גדודית). הפקעות נשטפו, נספרו ומוינו לפי סולם נגיעות: 0- פקעות ללא סימפוטמים, 1- עד 10% נגיעות בפקעת, 2- עד 40% נגיעות בפקעת, 3- מעל 40% כיסוי בפקעת.

תוצאות

מדדי קרקע:

השפעת יישום הבמס"א על מדדים כימיים רלוונטיים בקרקע מוצגת בטבלה 3. יישום הבמס"א העלה את ריכוז החנקן המינרלי, בעיקר החנקן, ואת ריכוז הזרחה הזמינה (לפי מיצוי "אולסן") וכן את המוליכות החשמלית של מיצוי הקרקע. העלייה בריכוזי האמוניום הייתה קטנה, אולם העלייה בריכוז החנקן הייתה משמעותית ובעיקר במועד הדיגום השני (שהיה לאחר שטיפה משמעותית של הקרקע), שגם הורידה את ה-EC בשני הטיפולים. העלייה בריכוזי הזרחה הזמינה הייתה על רקע של ריכוזים גבוהים מאד מלכתחילה. יישום הבמס"א לא השפיע על ה-pH של מיצוי הקרקע ולא על ריכוז האשלגן הזמין (לפי מיצוי "אולסן") והוא השפיע במעט על ריכוז האמוניום בקרקע.

הבמס"א שסופקה לניסוי הנוכחי לא התאימה לתפקידה בגלל ה-pH הנמוך שלה. המדגם אבד והיא אינה מיוצגת בנתוני טבלה 1-1.

טבלה 3: EC, pH (במיצוי 5:1 קרקע:מים) וריכוזי חנקן מינרלי וזרחה ואשלגן "זמינים פוטנציאלית לצמח" בקרקע לאחר ההצנעה של הזבלים ולפני זריעת הפקעות

| טיפול | N-NO ₃ (mg/kg) | N-NH ₄ (mg/kg) | Mineral N (mg/kg) | EC (dS/m) | pH | P-PO ₄ (mg/kg) | K (mg/kg) |
|------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------|------|------------------------------|--------------|
| 05/11/2012 | | | | | | | |
| במס"א | 22 | 31 | 53 | 0.27 | 9.18 | 139 | |
| ללא | 11 | 4 | 15 | 0.16 | 9.13 | 80 | |
| 14/11/2012 | | | | | | | |
| במס"א | 77 | 12 | 89 | 0.14 | 9.13 | 116 | 224 |
| ללא | 12 | 11 | 23 | 0.06 | 9.48 | 93 | 218 |

נגיעות הקרקע בפאתוגנים:

זאת נבדקה לאחר יישום הבמס"א. נבדקו סטרפטומיצטים כלליים וכאלה החשודים כפאתוגניים. רמת הנגיעות מוצגת בטבלה 4. הנגיעות בסטרפטומיצטים כלליים באחת החזרות בטיפול הבמס"א הייתה גבוהה במיוחד והחישב נעשה אתה ובלעדיה. ככלל נראה כי הייתה ירידה ברמת המדבק בקרקע בטיפול הבמס"א.

טבלה 4: נגיעות הקרקע בסטרפטומיצטים כלליים וסטרפטו' חשודים כפאתוגניים (נבדק ב- 14-11-12)

| מס' | התכשיר | ערך EC 4 חזרות (dS/m) | רמת סטרפטומיצטים | | |
|-----|--------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| | | | כלליים (כל 4 החזרות) | כלליים (3 חזרות)* | חשודים כפאתוגניים |
| 1 | היקש | 1.400 | 81,502 | 81,502 | 1,500 |
| 3 | בוצה | 2.545 | 99,365 | 5,229 | 41 |

* ללא החזרה החריגה בטיפול הבוצה

מדדי צמיחה ויבול הפקעות:

יישום הבמס"א לא גרם להבדל בצימוח (טבלה 5) ולא להבדל ביבול הפקעות (טבלה 6). לא היה גם הבדל ברמת הנגיעות של הפקעות בגרב אבקי, שהייתה גבוהה מאד ($< 80\%$) בשני הטיפולים.

טבלה 5: חיוניות צמחים בתאריכים השונים

| מס' | התכשיר | הערכת התפתחות הצמחים | |
|-----|--------|----------------------|---------|
| | | 23-12-12 | 9-12-12 |
| 1 | היקש | תקין | תקין |
| 2 | בוצה | תקין | תקין |

טבלה 6: יבול הפקעות ונגיעות בגרב אבקי

| טיפול | יבול ק"ג \ 1.5 מ"ר | נגיעות הפקעות (דרגת חומרה כ- % מהפקעות) | | | | |
|-------|--------------------|---|----------------|--------------------|------------------|-----|
| | | 0 נקי | 1 (קל: -10% (5 | 2 (בינוני: עד (30% | 3 (קשה: מעל (30% | 2+3 |
| היקש | 8.65 ± 1.9 | 10 | 6 | 11 | 73 | 84 |
| בוצה | 8.36 ± 0.9 | 10 | 7 | 16 | 67 | 83 |

ההרכב הכימי של הצמחים:

מוהל פטוטורות העלים: ההרכב נבדק ביום ה-66 לאחר הזריעה בעיקר כדי לבחון את מצב ההזנה החנקני של הצמחים. ניתן לראות (טבלה 7) כי ההרכב הכימי הכללי של מוהל העצה בפטוטורות, בכל מדד שנבדק, היה כמעט זהה בטיפול הבמס"א ובביקורת. רמת החנקן והזרחן היו גבוהות ותקינות (1450 ו-160 מ"ג/ל, בהתאמה) גם בשיא הצריכה של יסודות ע"י הגידול. שיא זה נובע מהצמיחה המהירה של פקעות הבת בתקופה זאת.

הרכב כימי של הפקעות: הפקעות נאספו ב-19/3/13. ההרכב הכימי שלהן מוצג בטבלה 8. ההבדלים בין הממוצעים בכל אחד מהיסודות המוצגים באבלה לא היו מובהקים סטטיסטית.

טבלה 7: ריכוזי יסודות במוהל פטוטורות העלים של צמחי תפוח האדמה (20/1/13)
(bd – מתחת לסף הרגישות של שיטת המדידה)

| Component (mg/l) | דישון מסחרי | | במס"א שפד"ן | |
|---------------------|-------------|------|-------------|------|
| | avg | std | avg | std |
| N-NO3 | 1,442 | 60 | 1,488 | 49 |
| P-PO4 | 171 | 26 | 152 | 21 |
| Ag | bd | | bd | |
| Al | 0.07 | 0.01 | 0.09 | 0.03 |
| As | bd | | bd | |
| B | 0.15 | 0.01 | 0.16 | 0.01 |
| Ba | 0.47 | 0.09 | 0.47 | 0.10 |
| Ca | 371 | 48 | 384 | 44 |
| Cd | bd | | bd | |
| Co | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| Cr | bd | | bd | |
| Cu | 0.14 | 0.02 | 0.17 | 0.03 |
| Fe | 0.20 | 0.02 | 0.22 | 0.02 |
| K | 7,763 | 319 | 7,707 | 249 |
| Li | bd | | bd | |
| Mg | 249 | 32 | 272 | 29 |
| Mn | 2.92 | 0.60 | 2.48 | 0.11 |
| Mo | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| Na | 23 | 9 | 22 | 4 |
| Ni | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.00 |
| P | 170 | 26 | 154 | 21 |
| Pb | bd | | bd | |
| S | 65 | 9 | 68 | 4 |
| Se | bd | | bd | |
| Sn | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Sr | 0.98 | 0.15 | 1.10 | 0.19 |
| Ti | bd | | bd | |
| V | bd | | bd | |
| Zn | 1.01 | 0.12 | 1.11 | 0.05 |

דין ומסקנות

הדברה: עומס היישום הגבוה (14 ט"ד') היה לצורך הדברת מחלות שוכנות קרקע, ובעיקר גרב אבקי. בניסוי הנוכחי, לא ניתן דשן אמוניאקלי לתגבור ריכוז האמוניה בקרקע, ואכן ריכוז האמוניום בקרקע לאחר היישום נותרו נמוכים. ההערכה הייתה שדי יהיה בעומס היישום הגבוה בו יושמה הבמס"א, כשבניסוי הקודם בחוות הבשור, די היה בעומס של כ-5 ט"ד' להשגת אפקט מלא. הבמס"א גם לא השפיעה כלל על pH של הקרקע ובהעדר אמוניה, לחימום הקרקע לא הייתה השפעה. בכל מקרה, מאחר שהיישום היה בסוף אוקטובר, הטמפרטורות לא היו גבוהות דיין (טמפ' האוויר הייתה 22 מ"צ בממוצע; איור 1). מצאנו אמנם ירידה משמעותית ברמת המדבק בקרקע של הסטרפטומיצים הכלליים והסטרפטו' החשודים כפאתוגנים (טבלה 4) אולם ככל הנראה לא הייתה השפעה (לפחות לא משמעותית) על רמת הגרב האבקי בפקעות (הנגרם ע"י חיידקי *Spongospora subterranea*). לבד מזאת, בניסוי בחוות הבשור ראינו כי אין בהכרח קשר בין ההפחתה ברמת המדבק בקרקע לבין

טבלה 8: ריכוזי יסודות בפקעות תפוח האדמה (19/3/13) (bd) – מתחת לסף הרגישות של שיטת המדידה

| Element Units - mg/kg | בוצה | | היקש | |
|--------------------------|--------|-------|--------|-------|
| | avg | std | avg | std |
| Ag | bd | | | |
| Al | 14 | 3 | 16 | 3 |
| As | bd | | | |
| B | 33 | 13 | 38 | 16 |
| Ba | 0.37 | 0.08 | 0.42 | 0.07 |
| Ca | 292 | 20 | 291 | 54 |
| Cd | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.01 |
| Co | 0.07 | 0.01 | 0.07 | 0.01 |
| Cr | 0.12 | 0.02 | 0.14 | 0.08 |
| Cu | 6 | 1 | 6 | 1 |
| Fe | 25 | 2 | 24 | 3 |
| K | 24,069 | 810 | 24,110 | 1,297 |
| Li | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 |
| Mg | 1,751 | 101 | 1,645 | 94 |
| Mn | 12 | 1 | 12 | 1 |
| Mo | 0.81 | 0.22 | 0.62 | 0.14 |
| N | 13,019 | 2,008 | 13,838 | 1,752 |
| Na | 448 | 25 | 456 | 63 |
| Ni | 0.30 | 0.07 | 0.44 | 0.34 |
| P | 3,338 | 256 | 3,590 | 503 |
| Pb | bd | | | |
| S | 2,361 | 125 | 2,290 | 128 |
| Se | bd | | | |
| Sr | 1.26 | 0.12 | 1.12 | 0.23 |
| Ti | 0.39 | 0.26 | 0.32 | 0.12 |
| V | 0.03 | 0.01 | 0.02 | 0.01 |
| Zn | 18 | 2 | 17 | 2 |

הופעה לאי הופעה של מחלה. כך, הירידה המשמעותית שנמצאה בניסוי בבשור ברמת המדבק בקרקע של סטרפטומיצטים כלליים וסטרפטו' החשודים כפאתוגנים לא באה לידי ביטוי ברמת הנגיעות של הפקעות בגרב מצוי.

ביישומים עתידיים יהיה צורך להקפיד על הרכב הבמס"א (ועומסיה), על הוספת די דשן אמוניאקאלי, ועל מועד יישום מתאים בו טמפרטורת הקרקע תהיה גבוהה מספיק.

יבול הפקעות והרכבן: הבמס"א לא השפיעה על יבול הפקעות ועל תכולת היסודות בהן למרות עומס היישום החריג (כ-14 טון חומר לח/ד'). הסיבה לכך הייתה ככל הנראה רמת הפוריות ההתחלתית הגבוהה של הקרקע (טבלה 3). ההרכב הכימי של מוהל הפטוטורות, המעיד על ההרכב הכימי של התמיסה המועברת בצינורות העצה מהשורשים אל הנוף, היה זהה עם במס"א ובלעדיה (טבלה 7), ריכוזי היסודות בפקעות היו כמעט זהים ב-2 הטיפולים (טבלה 8).

תכולת היסודות עופרת, ארסן וקדמיום, המנטרים ע"י שרות המזון הארצי, הייתה אפסית.

ניסוי מס' 3: יישום במס"א להדברת נמטודות עפצים בגזר והשפעתה על תכולת היסודות באשרושים

ניסוי ניר אליהו - 2013

בוצע ע"י

פנחס פיין, יוג'י אוקה, אנה בריוזקין - מנהל המחקר החקלאי

תלי קולוקובסקי, ירמי לביא - ניר אליהו

תקציר

נבדקה אפשרות להפחית נמטודות עפצים בגזר הגדל על קרקע חמרה חולית בשרון באמצעות יישום במס"א (בוצה מטופלת בסיד ובאפר פחם). הדברת מחלות שוכנות-קרקע בכלל ונמטודות עפצים בפרט באמצעות תוספים עתירי חנקן אורגני ומשחררי אמוניה, נוסתה כבר במידה לא קטנה של הצלחה, והיא מבוססת על הרעילות של אמוניה גזית לגורמי מחלה בקרקע בתנאי pH גבוה בקרקע.

מטרות הניסוי היו בדיקה של: (א) יעילות במס"א בהפחתת נגיעות אשרושי גזר בנמטודות עפצים; (ב) השפעת הבמס"א על היבול ועל ההרכב הכימי של האשרושים. הניסוי בוצע בקיבוץ ניר אליהו על קרקע חמרה חולית שדווחה כמאולחת מאד בנמטודות עפצים. בוצעו שני טיפולים: ללא במס"א ובעומס 12 טון (על בסיס חומר יבש) לדונם. חלקת הניסוי הייתה 3 ערוגות בקטעים של 20 מ' לאורך הערוגות (אורך כולל כ-150 מ'). הבמס"א תוחחה ב-20 הס"מ העליונים. ההנחה הייתה שהבמס"א תספק די אמוניה להדברה ולפיכך לא הוסף דשן אמוניאקאלי. הדישון של הגידול היה כמקובל.

בפועל, נגיעות האשרושים בנמטודות לא הושפעה ע"י הבמס"א. הסיבה לכך הייתה קודם כל העדר התנאים בקרקע להדברה יעילה (pH, ריכוז אמוניה, חום), ולפיכך איננו יודעים האם השיטה יכולה להיות יעילה לגבי נמטודות. יבול האשרושים, וריכוזי יסודות ההזנה והקורט באשרושי ההיקש וטיפול הבמס"א היו דומים למרות עומס היישום הגבוה (כ-12 טון חומר יבש). ריכוזי היסודות הרעילים, עופרת, ארסן וקדמיום, באשרושים היו אפסיים.

מטרות הניסוי

3. בדיקת יעילות במס"א בהפחתת ההדבקה בנמטודות עפצים בגזר.

4. השפעת במס"א על היבול ועל תכולת היסודות באשרושי הגזר.

שיטות וחומרים

הגידול: גזר זן "דורדון".

השקיה: המטרה.

מיקום: קיבוץ ניר אליהו, חלקה "דרך מערב" נ"צ 32°11'54.15" צפון, 34°57'11.84" מזרח.

קרקע: חמרה חולית הידועה כנגועה מאוד בנמטודות עפצים.

טיפולים: (1) במס"א במינון 12 טון (על בסיס חומר יבש) לדונם, (2) היקש ללא תוספת. בניסוי זה לא ניתן דשן אמוניאקלי לתגבור ריכוז האמוניה בקרקע ולא נעשה חיפוי בפלסטיק. עומס היישום נקבע לפי הערכה בשטח. ההערכה הייתה באמצעות פריסה של משטח ברזנט בעל שטח ידוע (2.8 מ"ר) על גבי הערוגה בעת מעבר המזבלת, ושקילת הבמס"א שנפלה עליו.

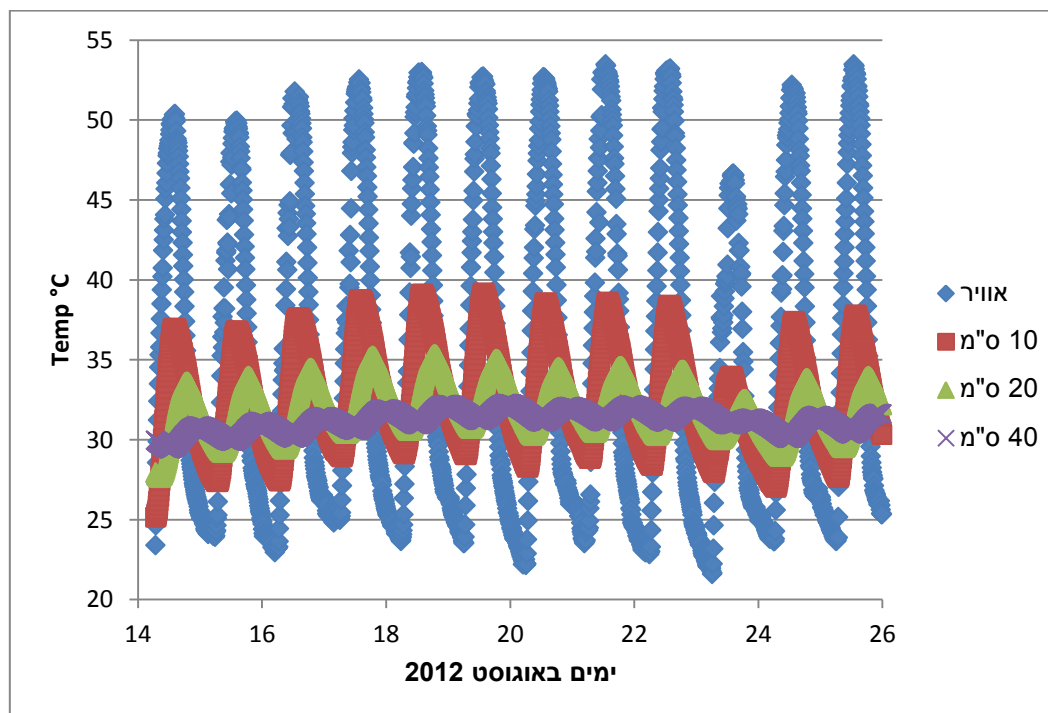
מתכונת הניסוי: 4 חזרות על כל טיפול, כל חזרה: רוחב 3 ערוגות אורך כ-20 מטר (טבלה 1). המרחקים הם מטרים מקו הברזים הנמצא לאורך הדרך שמצפון לחלקה, בינה לבין מטע אבוקדו. תיאור הפעולות האגרוטכניות ניתן בטבלה 2, ולוח המים בטבלה 3, דישון בטבלה 4. טיפולי הדברה למחלות נוף ועשבייה ניתנו לפי הצורך, כמקובל, חלקת הניסוי לא קיבלה טיפולי הדברה כנגד נמטודות עפצים.

טבלה 1: פריסת החלקות בשטח הניסוי

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|
| 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | חלקה | א - 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|------|-------|

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|----------------------------------|
| 160 | 140 | 125 | 95 | 80 | 60 | 40 | 20 | המרחק מקו הברזים (מ') |
| ללא | במס"א | ללא | במס"א | ללא | במס"א | ללא | במס"א | ערוגה א' ערוגה ב' ערוגה ג' |

טמפרטורה: הקרקע לא כוסתה בפלסטיק. בוצע רישום רציף של טמפרטורות האוויר והקרקע (ב-3 עומקים: 10 ס"מ עד 40 ס"מ מתחת לפני הקרקע) (איור 1).



איור 1: טמפרטורות האוויר (מחופה בכלי החשוף לשמש) והקרקע ב-3 עומקים בימים הראשונים לאחר הצנעת הבמס"א.
פעולות שונות שננקטו במהלך הניסוי מפורטות בטבלה 2. לוח המים מוצג בטבלה 3, ומנות הדשן - בטבלה 4.

טבלה 2: עיבודים ופעילויות אגרוטכניות אחרות

| תאריך | ימים מזריעה | פעילות |
|------------|-------------|--|
| 18/07/2012 | -43 | סימון |
| 23/07/2012 | -38 | משתת ערוגה |
| 05/08/2012 | -25 | תיחוח |
| 06/08/2012 | -17 | דיגום קרקע (ל-40 ס"מ) להערכת נמטודות ופוריות |
| 13/08/2012 | -17 | פיזור הבוצה בשדה |
| 13/08/2012 | -4 | הצנעת הזבלים בתיחוח |
| 26/08/2012 | -4 | תיחוח לפני זריעה |
| 29/08/2012 | -1 | דיגום קרקע |
| 30/08/2012 | 0 | זריעה |
| 26/12/2012 | 118 | דיגום יבול, הערכת נגיעות בנמטודות |

טבלה 3: לוח השקיה וגשם

| תאריך | ימים מזריעה | מ"ק/ד' | מצטבר (מ"ק/ד') |
|------------|-------------|--------|----------------|
| 2/8/2012 | -28 | 20 | 20 |
| 9/8/2012 | -21 | 8 | 28 |
| 10/8/2012 | -20 | 8 | 36 |
| 23/8/2012 | -7 | 17 | 53 |
| 1/9/2012 | 2 | 25 | 78 |
| 21/9/2012 | 22 | 17 | 95 |
| 23/9/2012 | 24 | 5 | 100 |
| 24/9/2012 | 25 | 5 | 105 |
| 25/9/2012 | 26 | 5 | 110 |
| 26/9/2012 | 27 | 5 | 115 |
| 27/9/2012 | 28 | 5 | 120 |
| 28/9/2012 | 29 | 5 | 125 |
| 29/9/2012 | 30 | 5 | 130 |
| 1/10/2012 | 32 | 10 | 140 |
| 4/10/2012 | 35 | 15 | 155 |
| 9/10/2012 | 40 | 15 | 170 |
| 12/10/2012 | 43 | 15 | 185 |
| 15/10/2012 | 46 | 12 | 197 |
| 18/10/2012 | 49 | 15 | 212 |
| 21/10/2012 | 52 | 15 | 227 |
| 24/10/2012 | 55 | 20 | 247 |
| 31/10/2012 | 62 | 15 | 262 |
| 03/11/2012 | 65 | 15 | 277 |
| 06/11/2012 | 68 | 15 | 292 |
| 22/11/2012 | 84 | 10 | 302 |
| 30/11/2012 | 92 | 7 | 309 |
| 27/12/2012 | 119 | 8 | 317 |

טבלה 4: דישון

| תאריך | סוג דשן | ק"ג/דונם | יחידות |
|------------|-------------|----------|--------|
| 5/8/2012 | אשלגן כלורי | 70 | |
| 1/10/2012 | אוראן 32 | | 5 |
| 12/10/2012 | אוראן 32 | | 5 |
| 24/10/2012 | אוראן 32 | | 5 |

דיגום הצמחים:

יבול אשורשים ונגיעותם בנמטודות עפצים: יחידת המדגם הייתה 0.5 מ' אורך ערוגה (כ-1.5 מ"ר) בערוגה האמצעית. הצמחים נלקחו בקלשון, נאספו בשקים, הובאו לבית האריזה שם הם נשטפו, הופרדו לנוף ולאשורשים. הנוף והאשורשים נשקלו עבור כל חלקה בנפרד. בכל חלקה נספרו האשורשים ובכל אחד מהם הוערכה הנגיעות בנמטודות לפי הופעה של עפצים על האשורש עצמו או על שורשים צדדיים. כל מידה של נגיעות נספרה כנגוע. 10 גזרים בגודל בינוני נדגמו מכל חלקה לקביעת שיעור המשקל היבש ולאנליזות כימיות. האשורשים נשטפו היטב במים במעבדה, וקוצצו לריבועים קטנים (ללא קילוף), יובשו ב- 60°C במשך שבוע, ונטחנו.

היבול מ-3 הערוגות שטופלו בבמס"א נאסף בנפרד, והושמד (בדיעבד, שלא לצורך).

נוכחות נמטודות בקרקע: נבדקה בדגימות קרקע שנלקחו כשבועיים לפני טיפול ההדברה מכל אחת מהחלקות בשכבה 0-20 ס"מ ו-20-40 ס"מ. כל דגימה הורכבה מ-5 תתי-מדגם שנלקחו במקדח לאורך החלקה. המדגמים הועברו לדר' יוג'י אוקה לספירה של זחלי נמטודות חיים (הפרדה מ-50 ג'

קרקע בשיטת משפך ברמן, וספירת נמטודות ספרופיטיות וטפיליות לצמחים).

יתר השיטות מפורטות לעיל, בפרק השיטות הכלליות.

תוצאות

מדדי קרקע:

השפעת יישום הבמס"א על מדדים כימיים רלוונטיים בקרקע מוצגת בטבלה 5. יישום הבמס"א העלתה את ה-pH של מיצוי הקרקע אולם המוליכות החשמלית של מיצוי הקרקע לא הושפעה ע"י היישום - תוצאה שהנה בלתי צפויה (ולא נמצאה בניסויים אחרים). במועד הדיגום השני, שהיה לאחר שטיפה משמעותית של הקרקע, ה-EC ירד באופן משמעותי לכמחצית הערך הקודם, וה-pH התייצב על בערך 8.4, וערכי כל אחד משני המדדים היו דומים בשני הטיפולים.

יישום הבמס"א לא השפיע על ריכוז האמוניום בקרקע, הן מיד לאחר היישום והן כעבור כ-10 ימים. ניתן לפיכך לצפות מראש שליישום הבמס"א לא תהיה השפעה על הנגיעות בנמטודות.

ריכוז החנקן בקרקע לא הושפע ע"י היישום (והוא לא היה אמור להיות מושפע) (טבלה 5). ריכוז החנקן בקרקע לאחר 10 ימים (ולפני מתן דשן; טבלה 4) היה גבוה פי 2-3 מאשר בדיגום הראשון. בעוד שבטיפול הבמס"א הגורם לכך היה ככל הנראה המינרליזציה של החומר האורגני, לא ברור מה היה הגורם בטיפול הביקורת, מה גם שהריכוזים בו היו כפולים מאשר בטיפול הבמס"א.

טבלה 5: pH, EC (במיצוי 5:1 קרקע:מים) וריכוזי חנקן מינרלי בשכבה 0-20 ס"מ בקרקע

| טיפול | שכבת הקרקע | N-NH ₄ (mg/kg) | Mineral N (mg/kg) | EC (dS/m) | pH |
|------------|------------|---------------------------|-------------------|-----------|------|
| 13/08/2012 | | | | | |
| במס"א | 0-20 | 39 | 78 | 0.7 | 10.0 |
| ללא | 0-20 | 24 | 75 | 0.8 | 7.9 |
| במס"א | 20-40 | 15 | 55 | 0.7 | 8.4 |
| ללא | 20-40 | 13 | 67 | 1.7 | 7.4 |
| 23/08/2012 | | | | | |
| במס"א | 0-20 | 55 | 108 | 0.34 | 8.5 |
| ללא | 0-20 | 88 | 210 | 0.40 | 8.3 |
| 29/08/2012 | | | | | |
| במס"א | 0-20 | | | 0.10 | 8.5 |
| ללא | 0-20 | | | 0.04 | 7.8 |

נגיעות הקרקע בפאתוגנים (בוצע במעבדה של דר' יוג'י אוקה):

זאת נבדקה לפני יישום הבמס"א. ההפרדה הייתה מ-50 ג' קרקע בשיטת משפך ברמן. נספרו נמטודות ספרופיטיות וטפיליות לצמחים. לא נמצאה נוכחות של נמטודות עפצים בכל מדגמי הקרקע (עד עומק 40 ס"מ).

מדדי צמיחה ויבול אשרושים:

הבמס"א לא גרמה להבדל מובהק ביבול האשרושים או במספרם (טבלה 6). לא היה הבדל ברמת הנגיעות של האשרושים בנמטודות עפצים, שהייתה בשיעור של כ-20% וכ-27% בממוצע ממשקל האשרושים וממספרם, בהתאמה, ללא הבדל מובהק בין שני הטיפולים (תמונה 2). משקל הנוף היה גבוה יותר בטיפול הבמס"א, על גבול המובהקות הסטטיסטית ($p = 0.07$).

טבלה 6: יבול האשרושים ומידת נגיעותם בנמטודות עפצים

| יבול נוף (ק"ג/1.5 מ ²) | יבול אשרושים כללי (ק"ג/1.5 מ ²) | מספר אשרושים בריאים | יבול אשרושים בריאים (ק"ג/1.5 מ ²) | מספר אשרושים נגועים | יבול אשרושים נגועים (ק"ג/1.5 מ ²) | טיפול |
|--|--|---------------------------|--|---------------------------|--|-----------------|
| 2.7 ± 0.2 | 7.7 ± 0.3 | 70 ± 6 | 6.4 ± 0.4 | 25 ± 6 | 1.4 ± 0.4 | ביקורת (ללא) |
| 3.3 ± 0.2 | 7.9 ± 0.3 | 74 ± 6 | 6.2 ± 0.4 | 29 ± 5 | 1.8 ± 0.4 | במס"א |
| 0.07 | 0.53 | 0.60 | 0.71 | 0.59 | 0.51 | p |

תמונה 2: אשרושים נגועים בנמטודת עפצים (ימין) ואשרושים תמימים (שמאל)



הרכב כימי של האשרושים:

ההרכב הכימי של האשרושים מוצג בטבלה 7. כספית לא נבדקה אולם ריכוזיה בבמס"א נמוכים מאד. הבדל היה רק במוליבדן וגופרית שריכוזיהם באשרושים בטיפול הבמס"א היו גבוהים באופן מובהק בהשוואה לצמחי ההיקש.

טבלה 7: ריכוזי יסודות באשרושים. bd – מתחת לסף הרגישות של שיטת המדידה. מובהקות בין טיפולים נבדקה במבחן Tukey-Kramer HSD ברמה $\alpha=0.05$

| | טיפול מסחרי | | | במס"א | | | ANOVA |
|----|-------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | Mean | SEM | TKHSD | Mean | SEM | TKHSD | p |
| As | 0.02 | 0.03 | | 0.06 | 0.02 | | |
| B | 63 | 6 | | 76 | 5 | | |
| Ba | 11 | 1 | | 12 | 1 | | |
| Ca | 4,283 | 362 | | 5,020 | 295 | | |
| Cd | 0.04 | 0.01 | | 0.05 | 0.01 | | |
| Co | 0.13 | 0.03 | | 0.16 | 0.02 | | |
| Cr | 1.8 | 0.5 | | 1.6 | 0.4 | | |
| Cu | 4.6 | 0.6 | | 5.9 | 0.5 | | |
| Fe | 154 | 36 | | 160 | 29 | | |
| K | 37,090 | 3,204 | | 44,139 | 2,616 | | |
| Li | 0.1 | 0.1 | | 0.2 | 0.1 | | |
| Mg | 1,663 | 166 | | 1,875 | 136 | | |
| Mn | 7 | 2 | | 11 | 1 | | |
| Mo | 0.3 | 0.1 | b | 0.9 | 0.1 | a | 0.002 |
| N | 8,109 | 1,088 | | 10,835 | 889 | | |
| Na | 6,139 | 607 | | 7,302 | 496 | | |
| Ni | 1.2 | 0.3 | | 1.2 | 0.3 | | |
| P | 4,050 | 420 | | 4,677 | 343 | | |
| Pb | bd | | | bd | | | |
| S | 1,428 | 208 | b | 2,055 | 170 | a | 0.04 |
| Sr | 33 | 3 | | 41 | 3 | | |
| V | 0.5 | 0.1 | | 0.6 | 0.1 | | |
| Zn | 15 | 2 | | 21 | 2 | | |

דיון ומסקנות:

הדברה: נמטודות עפצים לא נתגלו בקרקע בסקירה הראשונית אך הן בהחלט נמצאו בקרקע בתקופת הגידול. רמת הנגיעות ב-2 הטיפולים, עם במס"א ובלעדיה, הייתה כ-25% מכלל האשרושים (טבלה 6). העדר כל השפעה של הבמס"א בהדברת נמטודות עפצים (למרות הדיווח בספרות על יעילות בהדברה (כגון, Oka et al., 2006a,b; 2007) יכולה להיות מוסברת בריכוזי האמוניה הנמוכים שהיו בקרקע. ה-pH היה אמנם גבוה יחסית בטיפול הבמס"א בהשוואה לביקורת המסחרית אולם ההבדל לא היה מובהק (טבלה 5). נראה לפיכך שוב, כמו בניסוי בהדברת ספונגוספורה בתפו"א בחלקה במושב יבול כי אין לסמוך על מרכיב הבוצה בבמס"א כמקור מספיק לאמוניה, וכי יש להוסיפו כדשן כדי להבטיח תנאים בקרקע שיאפשרו הדברה יעילה.

יש סתירה בין העדר לכאורה של נמטודות בקרקע לפני תחילת הניסוי לבין הנגיעות בהן בצמחים. ניתן להסביר זאת בכך שהנגיעות הנה במוקדים, אותם לא איתרנו בדיגום האקראי, ולא בכך שנמטודות הן ניידות בקרקע, וכי הן עלו מעומק גדול יותר מעומק הדיגום.

השפעת הבמס"א על ההרכב הכימי של האשרושים: ריכוזי היסודות באשרושים היו כמעט זהים בהיקש ובטיפול הבמס"א למרות עומס היישום הגבוה מאד (כ-12 טון חומר יבש'ד). ריכוזי העופרת היו מתחת לסף הרגישות של הבדיקה, וריכוזי הארסן והקדמיום היו אפסיים, ודומים ב-2 הטיפולים. הבדל מובהק בין הטיפולים היה רק בריכוזי מוליבדן וגופרית באשרושים. היבול שנאסף בחלקות הבמס"א לא שווק.

השפעת הבמס"א על מדדי הרכב כימי בקרקע: יישום הבמס"א העלה אמנם את ה-pH של מיצוי הקרקע (ל-10 בערך) אולם הוא כמעט לא השפיע על ריכוז החנקן האמוניקאלי, ורמתו בקרקע נותרה

נמוכה מזו הדרושה להדברה (מעל 50 מ"ג N\ק"ג קרקע ב-pH מעל 10.5). השפעת הבמס"א על המליחות של תמיסת הקרקע הייתה מזערית, ובכל מקרה העיבודים לפני הזריעה הורידו אותה (ואת המליחות בהיקש) לכמחצית הערך שנמדד לאחר היישום.

השפעת הבמס"א על יבול האשרושים: היבול לא הושפע ע"י יישום הבמס"א, לחיוב או לשלילה. בשיעור היישום הגבוה שננקט, 12 טון ח"לד', ניתן היה, לכאורה, לצפות לעיכוב צימוח משמעותי בגלל pH גבוה, המלחה, ריכוזי יסודות מזיקים (כגון, בורון) וכד'. בפועל, כל אלה לא התרחשו, וגם משך הזמן בו ה-pH ומליחות הקרקע היו גבוהים מהרגיל היה קצר. במקרה זה, כנראה בגלל האגרוטכניקה (שטיפות מרובות של הקרקע) הקשורה לגידול. הדבר ראוי לציון הואיל וזרעי הגזר הנם קטנים ונביטתם עלולה להיפגע עקב המלחת הקרקע ו-pH גבוה.

מסקנות: הבמס"א לא השפיעה על יבול האשרושים ועל תכולת היסודות בהם למרות עומס היישום הגבוה מאד (כ-12 טון חומר יבש). תכולת היסודות עופרת, ארסן וקדמיום, המנוטרים ע"י שרות המזון הארצי, הייתה אפסית. במס"א עשויה להחליף חלק מתשומת הדשן אולם נושא זה לא היווה מטרה במחקר הנוכחי. היישום הגבוה היה לצורך הדברת נמטודות עפצים אולם ההדברה לא הצליחה, כנראה משום שלא נוצרו התנאים בקרקע המאפשרים הדברה (ריכוז אמוניה פעילה באווירת הקרקע ו-pH), ואולי משום שהשיטה אינה יעילה כנגד גורם מחלה זה.

ניסוי מס' 4: הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בפוזריום ביישום במס"א (ניסוי עין הבשור; סתיו 2013)

בוצע ע"י

פנחס פיין, גיורא קריצמן, אנה בריוזקין - מנהל המחקר החקלאי
עמוס עובדיה – חברת "אגרונומיה"

תקציר

בניסוי הנוכחי נבדקה השפעת יישום במס"א ואמון גופרתי על הנגיעות של צמחי חסה בפוזריום (תמונה 1). מטרת הניסוי היו בדיקה של: (א) יעילות הבמס"א בהפחתת נבילה גרומת-פוזריום; (ב) השפעת הבמס"א על היבול ועל ההרכב הכימי של הצמחים. הניסוי בוצע בחלקה מסחרית במושב עין הבשור במערב הנגב על קרקע חול סייני שדווחה כמאולחת מאד בפוזריום. בוצעו שבעה טיפולים: מהם 5 עם יישום במס"א בעומס 12 טון (על בסיס חומר לח) ושני טיפולי היקש ללא במס"א. טיפולי הבמס"א היו בתוספת אמון גופרתי (90 ו-180 ק"ג/ד) ובלעדיו, וחלק מהטיפולים היו עם חיפוי פלסטיק לחימום פני הקרקע.

בכל טיפולי הבמס"א נמצאה הפחתה מובהקת ביותר ברמת המדבק של פוזריום בקרקע, ובכל טיפולי הבמס"א הייתה הפחתה בהופעת המחלה בצמחים. טיפול הבמס"א בתוספת אמון גופרתי במינון הגבוה פגע ביבול החסה, כנראה עקב המלחת הקרקע. הבמס"א לא השפיעה על ריכוזי יסודות ההזנה והקורט בצמחים, וריכוזי היסודות הרעילים (עופרת, ארסן וקדמיום) היו נמוכים מאד עד אפסיים.

מטרות המחקר

- (ח) בדיקת יעילות במס"א במניעת פוזריום בחסה.
(ט) השפעת הבמס"א על יבול החסה ועל התכולה של יסודות קורט ומתכות כבדות בצמחים.

שיטות וחומרים

חלקה: עין הבשור E 28° 20' N 34° 15' 30", המגדל: אורי ארד, בחלקה עם קרקע חול סייני.
הגידול: חסה מטיפוס "אייסברג" מזן "לירז", קרקע נגועה בפוזריום, בשלוש שנים האחרונות ללא חסה במחזור הגידולים. 4 שורות שתילים בערוגה, 30 ס"מ בין השתילים. רוחב ערוגה 205 ס"מ (תמונה 2).

יישום במס"א ואמון גופרתי: היישום וההצנעה היו ב- 5 באוגוסט 2013. עומס הבמס"א היה 12 ט' חומר לחד, ועומסי האמון הגופרתי היו 90 ו-180 ק"ג/ד (N = 21%).

השקיה: לאחר השתילה ניתנה המטרה לקליטה במשך 4 ימים, אח"כ מעבר לטפטוף 3 פעמים ביום. כמויות המים בטפטוף היו 7 מ"ק/ד'יום בתחילת הגידול, וירידה הדרגתית ל- 5-6 מ"ק/ד'יום. בסוף הגידול - עלייה ל- 8 מ"ק/ד'יום. הטפטוף היה ב-3 שלוחות לערוגה, טפטפת כל 30 ס"מ.

הטיפולים ומתכונת הניסוי: 4 חזרות, כל חזרה היא קטע ערוגה באורך 12 מטר.

| מספר ערוגה | במס"א | גופרת אמון (ק"ג/ד') | חיפוי פלסטיק |
|------------|-------|---------------------|--------------|
| 1 | + | ללא | ללא |
| 2 | + | 90 | ללא |
| 3 | + | 90 | מחופה |
| 4 | + | 180 | ללא |
| 5 | + | 180 | מחופה |
| 6 | ללא | ללא | מחופה |
| 7 | ללא | ללא | ללא |



תמונה 1: נבילה גרומת-פוזריום (fusarium wilt) בחסה (בחלקה צמודה לחלקת הניסוי)



תמונה 2: חסה בחלקת המחקר 3 שבועות לאחר השתילה (מימין החלקה הנגועה שבתמונה 1)

מפת הניסוי: המספר בשורה העליונה הוא מס' הערוגה

| 1 במס א" | 2 ללא | 3 במס א" | 4 במס א" | 5 ללא | 6 במס א" |
|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|
| 1 | 6 | 3 | 4 | 7 | 5 |
| 5 | 7 | 2 | 3 | 6 | 4 |
| 4 | 7 | 1 | 2 | 7 | 3 |
| 3 | 6 | 5 | 1 | 7 | 2 |
| 2 | 7 | 4 | 5 | 6 | 1 |

דישון: דשן "דלית 826", 2.5 ליטר דשן למ"ק מים, מתחילת ההשקיה בטפטוף ועד כשבוע לפני הקטיפ.

לוח זמנים (2013):

- 2 באוגוסט - הכנת השטח, השקיה.
- 5 באוגוסט - פיזור הבמס"א וגופרת האמון בשדה, תיחוח, דגימת קרקע, השקיה בלילה.
- 6 באוגוסט - כיסוי בפלסטיק.
- 22 באוגוסט - הסרת יריעות הפלסטיק, השקיה.
- 28 באוגוסט - השקיה.
- 29 באוגוסט - דיגום קרקע. לבדיקות pH ומוליכות חשמלית ולבדיקת נוכחות פוזריום.
- 5 בספטמבר - תיחוח שטחי.
- 9 בספטמבר - שתילה.
- 16 בספטמבר - הוצאת ציוד ההמטרה. דגימת קרקע וקולסים.
- 27 באוקטובר - דיגום הקרקע והקולסים.

תוצאות

השפעת הטיפולים על מדדים כימיים רלוונטיים בקרקע:

הקרקע נדגמה מיד לאחר יישום החומרים והתיחוח (טבלה 2) והיא נדגמה שוב 24 ימים אחר כך (10 ימים לפני השתילה; טבלה 3). בדיגום הראשון נדגמו 3 טיפולים: היקש ללא כל תוספת, טיפול הבמס"א, וטיפול במס"א + 180 ק"ג'ד' אמון גופרתי, ובדיגום השני נדגמו כל הטיפולים. הדיגום היה מהשכבה 0-20 ס"מ.

pH ו-EC: השפעת יישום הבמס"א והאמון הגופרתי ניכרת בכל המדדים שנבדקו: ה-pH (המיצוי מימי 5:1) עלה ביחידה אחת בערך, המוליכות החשמלית (EC, במיצוי לעיל) עלתה בכ-40% בתוספת הבמס"א ובכ-80% בבמס"א + עומס האמון הגופרתי הגבוה (180 ק"ג'ד'). בדיגום השני (טבלה 3), המוליכויות החשמליות של מיצויי הקרקע בביקורות לא השתנו (כ-0.5 ד"ס/מ') אך הן עלו במידה ניכרת בטיפול הבמס"א (טבלה 3). ה-EC המרבי היה 1.3 ד"ס/מ' (במיצוי 5:1), והוא גרם כנראה לפגיעה ביבול החסה (להלן). ה-pH של כל הטיפולים היה בטווח קרוב למדי (8.3 – 8.7), הגם שהיה הבדל מובהק סטטיסטית בין אחד מטיפולי הבמס"א (ללא אמון או חיפוי) לביקורת ללא חיפוי.

חנקן מינרלי: הבמס"א הוסיפה לקרקע כ-110 מ"ג N\ק"ג קרקע כ-NH₄, ויישום 180 ק"ג'ד' אמון גופרתי התבטא בתוספת של כ-150 מ"ג N\ק"ג קרקע כ-NH₄, כמות דומה מאד לתוספת הצפויה לפי

טבלה 2: תוצאות דיגום הקרקע ב-5 באוגוסט 2013 (מיד לאחר ההצנעה בקרקע, כחודש לפני השתילה). מובהקות ההבדלים בין הטיפולים נבחנה במבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ברמה של 5%.

| Parameter | Control | NVS | NVS+180N | Prob > F |
|---------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| EC (dS/m) T-K HSD | 0.50±0.06 <i>b</i> | 0.71±0.06 <i>ab</i> | 0.90±0.06 <i>a</i> | .004 |
| pH T-K HSD | 7.59±0.06 <i>b</i> | 8.60±0.08 <i>a</i> | 8.41±0.08 <i>a</i> | <.0001 |
| NH ₄ -N (mg/kg) T-K HSD | 4±2 <i>c</i> | 117±16 <i>b</i> | 300±14 <i>a</i> | <.0001 |
| NO ₃ -N (mg/kg) | 143±12 | 111±31 | 117±5 | ns |
| Min. N (mg/kg) T-K HSD | 146±12 <i>c</i> | 229±18 <i>b</i> | 416±14 <i>a</i> | <.0001 |
| P-PO ₄ (mg/kg) | 164±8 | 188±7 | 182±12 | ns |
| K (mg/kg) T-K HSD | 600±54 <i>b</i> | 688±192 <i>b</i> | 1562±198 <i>a</i> | 0.004 |

עומס היישום. מעניין שריכוז האמוניום בבמס"א עצמה היה אפסי (טבלה 1-1), והופעתו בקרקע בטיפול הבמס"א מעידה על מינרליזציה מהירה מאד של החנקן האורגני הבוצי בזמן שבין הכנתה במט"ש לבין הבדיקה. ריכוז החנקן בקרקע בעת הפיזור היה גבוה מאד, כ-140 מ"ג נ"ק"ג קרקע, שהם כ-35 ק"ג נ"ד', מנה הגדולה פי 3-4 מתצרוכת החנקן של הגידול. בדיגום הקרקע השני, ריכוז כלל החנקן המינרלי (אמון, חנקית וחנקת) בקרקע בטיפול הבמס"א היה בין 270 ל-350 מ"ג נ"ק"ג, גבוה במידה ניכרת מאשר בטיפול הביקורת (כ-165 מ"ג נ"ק"ג). בדרך כלל, רוב החנקן המינרלי בקרקע היה בצורה המחומצנת (חנקית + חנקת) אך טיפולי האמון הגופרתי במינון הגבוה, וכנראה גם חימום פני הקרקע בחיפוי פלסטיק, גרמו לעיכוב של תהליך הניטריפיקציה ו-27% ו-42% מכלל החנקן המינרלי בקרקע נותרו כאמוניום בטיפולים אלה, בהתאמה; טבלה 3).

זרחה: הריכוז ההתחלתי של הזרחה בקרקע (במיצוי דו-פחמה; טבלה 2) היה כ-160 מ"ג P"ק"ג, בערך בסדר גודל יותר מהדרוש, ולבמס"א הייתה השפעה קטנה בלבד (תוספת של כ-20 מ"ג נ"ק"ג) ולא מובהקת סטטיסטית. ריכוזי הזרחה בקרקע כמעט לא השתנו עד הדיגום השני (טבלה 3) בהשוואה לדיגום הראשון.

אשלגן: ריכוז האשלגן המומס והספוח (במיצוי דו-פחמה) ההתחלתי בקרקע הלא מטופלת היה גבוה מאד, כ-600 מ"ג K"ק"ג, והוא כמעט לא הושפע ע"י תוספת הבמס"א (טבלה 2). יישום האמון הגופרתי (180 ק"ג נ"ד') הגדיל את ריכוז האשלגן לעיל פי 2.5 בערך (ל-1560 מ"ג K"ק"ג). לאחר כ-3 שבועות ריכוזי האשלגן ירדו מעט בטיפול הביקורת והבמס"א אך עדיין נותרו גבוהים מאד, אך בטיפול הבמס"א + אמון גופרתי דלעיל הם ירדו לערך הרגיל שנמדד לאחר היישום (ל-580 מ"ג K"ק"ג; טבלה 3).

לא ברור מהו מקור האשלגן, שבדיגום הראשון תרם כ-900 מ"ג K"ק"ג בטיפול הבמס"א + אמוניום מעבר לכמות שהייתה בטיפול הבמס"א עצמו. אפשרות אחת היא שמקור האשלגן היה הקומפלקס הסופח (של הקרקע + במס"א), וכי הוא נדחק לתמיסה ע"י האמון. אולם בטיפול זה ריכוז האשלגן בקרקע (כ-22 מילימול ק"ג) היה גבוה מריכוז האמון הכללי (כ-20 מילימול ק"ג; טבלה 2). לקראת הדיגום השני נעלמה מרבית האמון מהקרקע (בנידוף ובחימצון, טבלה 3), והיעלמותו איפשרה ספיחה מחודשת של האשלגן, מה שמסביר את החזרה לריכוז שהיה בקרקע מלכתחילה (שכשלעצמו הנו גבוה מאד). הגם שההסבר נשמע הגיוני הוא דחוק מעט הואיל ותמיסת המיצוי (נתרן דו-פחמתי) כבר הכילה נתון בריכוז חצי מולר (האמור לדחוק את האשלגן מהקומפלקס הסופח). הסבר חלקי אחר הנו שמקור האשלגן היה באורגניזמים בקרקע שהומתו ע"י הטיפול. כפי שראינו לעיל, אכן הייתה

טבלה 3: תוצאות דיגום הקרקע ב-29 באוגוסט 2013 (24 יום לאחר הטיפול, 10 ימים לפני השתילה). מובהקות ההבדלים בין הטיפולים נבחנה במבחן תחום מרובה Tukey-Kramer HSD ברמה של 5% (במקרה אחד – מבחן Student's t).

| Parameter | Treatments | | | | | | | Prob > F |
|--------------------------------|------------|-----------------|-----------|-----------|--------------|-----------|---------------|----------|
| | Control | Cont. & Plastic | NVS | NVS+90N | NVS+90N & PI | NVS+180N | NVS+180N & PI | |
| EC (dS/m) | 0.50±0.02 | 0.45±0.05 | 0.83±0.04 | 1.04±0.10 | 0.91±0.10 | 1.29±0.07 | 0.91±0.09 | <.0001 |
| T-K HSD | c | c | b | ab | b | a | b | |
| pH | 8.28±0.03 | 8.33±0.04 | 8.68±0.06 | 8.25±0.25 | 8.66±0.06 | 8.45±0.11 | 8.62±0.06 | 0.006 |
| T-K HSD | b | ab | a | ab | ab | ab | ab | |
| Nmin (mg/kg) | 150±7 | 178±47 | 284±20 | 348±29 | 302±33 | 352±85 | 266±71 | 0.03 |
| T-K HSD | b | ab | ab | ab | ab | a | ab | |
| NH ₄ as % mineral N | 5±0.4 | 7±2 | 4±1 | 5±1 | 12±3 | 27±19 | 42±15 | 0.054 |
| Student's t | b | b | b | b | b | ab | a | |
| P-PO ₄ (mg/kg) | 152±6 | 147±9 | 213±6 | 204±18 | 204±16 | 213±16 | 197±8 | 0.0002 |
| T-K HSD | bc | c | a | a | a | a | ab | |
| K (mg/kg) | 496±40 | 480±8 | 546±34 | 570±31 | 617±64 | 656±53 | 581±31 | ns |

פגיעה בחיידקי הניטרופיקציה, וכמותם נפגעו ודאי גם אורגניזמים אחרים. עם זאת, כמות האשלגן בר-המיצוי שנוספה בקרקע בטיפול במס"א + אמון גופרתי במינון הגבוה (כ-200 ק"ג K\ד') גדולה במידה רבה ממשקל כלל האוכלוסייה המיקרוביאלית החיה שיכולה הייתה להיות בקרקע בעת היישום (כ-50 ק"ג חומר אורגני מיקרוביאל'ד').

השפעת הטיפולים על רמת הפוזריום הכללי בקרקע:

כל טיפולי הבמס"א, ללאעם אמון גופרתי, ללאעם חיפוי פלסטיק הפחיתו את רמת המדבק בפוזריום בקרקע בכסדר גודל בערך ויותר (טבלה 4). המעניין הוא שבכל צמד טיפולים, החיפוי דווקא הגדיל לכאורה את רמת המדבק, הגם שלא בצורה מובהקת סטטיסטית.

טבלה 4: רמת הפוזריום במדגמי הקרקע (cfu/g = יחידות יוצרות מושבה/גרם קרקע)

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | פוזריום (cfu/g) |
|------|-------|------------|--------------|-----------------|
| 1 | + | - | - | 40 ב |
| 2 | + | 90 | - | 128 ב |
| 3 | + | 90 | מחופה | 356 ב |
| 4 | + | 180 | - | 112 ב |
| 5 | + | 180 | מחופה | 238 ב |
| 6 | - | - | מחופה | 2,773 א |
| 7 | - | - | - | 1,194 אב |

השפעת הטיפולים על העשבייה:

שיעור כיסוי הקרקע בעשבייה הוערך ב-3 מועדים (טבלאות 5-7). רמת העשבייה שמקורה בנביטת זרעים הייתה נמוכה באופן משמעותי בערוגות עם חיפוי פלסטיק או במס"א (עם וללא חיפוי), ובעיקר בטיפול המרבי (5) במס"א + אמון במינון הגבוה. הופעת גומא הפקעים הנה בכתמים, וככל הנראה היא לא הושפעה ע"י הטיפולים, אע"פ שאולי הייתה דחייה בהופעת הגבעולים בטיפול לעיל..

טבלה 5: תוצאות הערכת עשבייה בתאריך 22.8.13

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | כיסוי (%) | | |
|------|-------|------------|--------------|------------|-------|------|
| | | | | גומא פקעים | ירבוז | רגלה |
| 1 | + | - | - | 0.25 | 0.25 | 0.75 |
| 2 | + | 90 | - | 2.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 | + | 90 | + | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | + | 180 | - | 1.25 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | + | 180 | + | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | - | - | + | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | - | - | - | 1.17 | 2.83 | 5.17 |

טבלה 6: תוצאות הערכת עשבייה בתאריך 29.8.13

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | כיסוי (%) | | |
|------|-------|------------|--------------|------------|-------|------|
| | | | | גומא פקעים | ירבוז | רגלה |
| 1 | + | - | - | 0.50 | 0.50 | 2.00 |
| 2 | + | 90 | - | 2.25 | 0.50 | 0.25 |
| 3 | + | 90 | + | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | + | 180 | - | 2.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 | + | 180 | + | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | - | - | + | 3.75 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | - | - | - | 2.00 | 5.77 | 7.77 |

טבלה 7: תוצאות הערכת עשבייה בתאריך 4.9.13

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | כיסוי (%) | | |
|------|-------|---------------|-----------------|------------|-------|-------|
| | | | | גומא פקעים | ירבז | רגלה |
| 1 | + | - | - | 0.75 | 1.75 | 4.00 |
| 2 | + | 90 | - | 3.13 | 0.50 | 0.25 |
| 3 | + | 90 | + | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 4 | + | 180 | - | 5.00 | 0.25 | 0.00 |
| 5 | + | 180 | + | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | - | - | + | 9.17 | 0.00 | 0.00 |
| 7 | - | - | - | 2.00 | 15.87 | 18.87 |

השפעת הטיפולים על התפתחות הצמחים:

אופן ההתפתחות של צמחי החסה הוערך חזותית 4 פעמים במהלך העונה (טבלה 8) וכן שיעורי התמותה (מצטבר) של הנבטים (טבלה 9). בכל טיפולי הבמס"א היה עיכוב כלשהו בצימוח, ובטיפול 5, במינון האמון הגופרתי הגבוה, העיכוב היה משמעותי. שיעורי התמותה היו רגילים בכל הטיפולים לבד מטיפול 5 בו הם היו כפולים מהביקורת. כאמור לעיל, להערכתנו הסיבה לעיכוב בצימוח הייתה מליחות הקרקע בטיפול במס"א + אמון גפריתי במינון הגבוה. הפתרון לכך הוא בהקטנת המינון ולא דחיית השתילה ושטיפת הקרקע עד לירידה נוספת במליחות.

טבלה 8: הערכת התפתחות צמחי החסה

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | מצב חיוניות החסה | | | מספר צמחים/שורה בשורות האמצעיות |
|------|-------|---------------|-----------------|------------------|------------|------------|------------------------------------|
| | | | | 15.9.13 | 23.9.13 | 30.9.13 | |
| 1 | + | - | - | תקין | מעוכב קלות | מעוכב | 61 |
| 2 | + | 90 | - | תקין | מעוכב קלות | מעוכב | 65 |
| 3 | + | 90 | + | תקין | מעוכב קלות | מעוכב | 56 |
| 4 | + | 180 | - | תקין | מעוכב קלות | מעוכב | 67 |
| 5 | + | 180 | + | תקין | מעוכב קלות | מעוכב מאוד | 51 |
| 6 | - | - | + | תקין | תקין | תקין | 74 |
| 7 | - | - | - | תקין | תקין | תקין | 73 |

טבלה 9: תמותת צמחי חסה כתוצאה מנגיעות בפוזריום

| מספר | במס"א | גופרת אמון | חיפוי פלסטיק | צמחים מתים בטיפול (%) | | | | | צמחים מתים (%) (מצטבר) |
|------|-------|---------------|-----------------|-----------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------------------|
| | | | | 10.10.13 | 16.10.13 | 22.10.13 | 28.10.13 | 28.10.13 | |
| 1 | + | - | - | 1.59 | 0.00 | 1.58 | 3.34 | 6.51 | |
| 2 | + | 90 | - | 0.83 | 0.00 | 0.83 | 1.35 | 3.02 | |
| 3 | + | 90 | + | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.48 | 0.86 | |
| 4 | + | 180 | - | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 1.06 | |
| 5 | + | 180 | + | 0.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.52 | |
| 6 | - | - | + | 1.04 | 1.04 | 0.33 | 3.17 | 11.61 | |
| 7 | - | - | - | 0.91 | 0.90 | 1.56 | 8.23 | 5.59 | |

תכולת היסודות נעשתה בצמחים מקונבים (שהורדו מהם העלים הזקנים שאינם ראויים לשיווק), והיא כמעט לא הושפעה ע"י הטיפולים (טבלה 10). השפעה מובהקת טיפולי הבמס"א (ממוצע של כל

החלקות בכל סוג טיפול) הייתה על ריכוזי ליתיום, מוליבדן, סטרונציום ואלומיניום שעלו, וריכוזי מנגן ונתרן שירדו.

טבלה 10: ריכוזי יסודות (מ"ג/ק"ג משקל יבש) בצמחי החסה בסיום הניסוי (ריכוזי סלן ועופרת היו מתחת לסף הגילוי בצמחי כל הטיפולים)

| Element (mg/kg) | טיפול היקש | | טיפול במס"א | | Prob > F |
|--------------------|------------|-------|-------------|-------|-------------|
| | ממוצע | SEM | ממוצע | SEM | |
| Al | 19 | 5 | 38 | 5 | 0.0301 |
| As | 0 | 0 | 0.012 | 0.005 | |
| B | 56 | 4 | 60 | 4 | |
| Ba | 7.0 | 0.5 | 6.5 | 0.4 | |
| Ca | 8,934 | 456 | 9,366 | 347 | |
| Cd | 0.15 | 0.01 | 0.17 | 0.02 | |
| Co | 0.11 | 0.01 | 0.12 | 0.01 | |
| Cr | 0.43 | 0.07 | 0.45 | 0.03 | |
| Cu | 19 | 10 | 12 | 2 | |
| Fe | 93 | 6 | 99 | 5 | |
| K | 59,104 | 2,488 | 57,317 | 1,548 | |
| Li | 0.08 | 0.01 | 0.21 | 0.01 | <.0001 |
| Mg | 2,565 | 109 | 2,344 | 68 | |
| Mn | 24 | 2 | 19 | 1 | 0.0036 |
| Mo | 0.20 | 0.03 | 0.31 | 0.02 | 0.0013 |
| Na | 4,739 | 230 | 3,890 | 168 | 0.0064 |
| Ni | 1.4 | 0.4 | 0.9 | 0.1 | |
| P | 8,788 | 352 | 8,086 | 290 | |
| S | 2,699 | 122 | 2,528 | 69 | |
| Sr | 36 | 2 | 44 | 2 | 0.0033 |
| Ti | 1.6 | 0.2 | 1.9 | 0.1 | |
| V | 0.12 | 0.01 | 0.15 | 0.01 | |
| Zn | 51 | 2 | 56 | 2 | |

דין ומסקנות

היישום התבצע ב-5 באוגוסט 2013. הטמפרטורה הממוצעת בין 11 ל-17 באוגוסט הייתה 31 מ"צ, בתחום צר מאד: 29 – 34 מ"צ. הבמס"א הוכנה כהלכה, היא הייתה יבשה למדי, פריירה ונוחה לפיזור. ההכנה הייתה ע"י הגדלת תכולת האפר למקסימום האפשרי בהתאם לתכונות המערבל המשמש לייצור הבמס"א בשפד"ן.

רמת הפוריות ההתחלתית בקרקע הייתה גבוהה מאד ואפילו גבוהה מדי, עם < 100 מ"ג/ק"ג חנקן חנקתי; < 160 מ"ג/ק"ג $PO_4\text{-P}$ "זמין פוטנציאלי", ויותר מ-500 מ"ג/ק"ג (במיצוי אולסן). יישום הבמס"א העלה את ה-pH (כמבוקש) ואת ה-EC (כצפוי), והוא העלה גם את ריכוז האמוניום (בכ-

100 מ"ג N\ק"ג). הדבר מעיד כי חלו תהליכי אמוניפיקציה מהירים בערימה ולא בקרקע בזמן שבין ההכנה לבדיקה, וסביר שלא היה נידוף משמעותי של אמוניה בשלב הזה. הראיה לכך היא שכל האמוניום שהוסף כדשן בטיפול הגבוה (טיפול 5; במס"א + 180 ק"ג'גד' אמון גופרתי) נמצא בקרקע.

כל טיפולי הבמס"א, ללא עם אמון גופרתי, ללא עם חיפוי פלסטיק הפחיתו את רמת המדבק בפוזריום בקרקע בכסדר גודל בערך ויותר (טבלה 4). הדבר השתקף ברמת התמותה של צמחי החסה מפוזריום אולם גם בביקורת התמותה הייתה נמוכה למדי (כ-12%). ככלל, הנגיעות בפוזריום היא עונתית, והיא פוחתת בשתילות סתויות.

השתילה הייתה ב-9/913, 35 ימים אחרי היישום. במהלכם הקרקע נשטפה 3 פעמים ב-30 מ"ק כל פעם. השתילה אושרה לביצוע לאחר שה-pH ירד לערך המקורי, וה-EC היה, לכאורה, נמוך דיו. בפועל הייתה פיטוטוקסיות חמורה בטיפול במס"א + אמון גופרתי במינון הגבוה (180 ק"ג'גד'), ככל הנראה עקב מליחות, והיה עיכוב ניכר בהתפתחות הצמחים ואף תמותה של חלק מהם. הפתרון לכך הוא בהקטנת המינון ולא שטיפה יעילה יותר של הקרקע ווידוא הירידה במליחות לפני השתילה. לגבי הרלוונטיות של שיטת המדידה של ה-pH לערך האמיתי בקרקע ראה בדיון הכללי.

ניסויים מס' 5 ו-6: הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בפוזריום ביישום במס"א ואמון גופרתי

ניסויים במושב בית-עזרא בשנת 2014

בוצע ע"י
פנחס פיין ואנה בריוזקין,
המכון למדעי הקרקע, המים והסביבה, מנהל המחקר החקלאי;
עמוס עובדיה
חברת "אגרונומיה"

תקציר

הניסוי הנו חלק מבדיקת היתכנות הפחתה בנגיעות הקרקע בגורמי מחלה צמחיים ובזרעי עשבייה. במחצית השנייה של 2014 בוצעו שני ניסויים עם חסה כגידול בוחן בתנאים מסחריים. הניסוי בוצע במושב בית עזרא על קרקע חמרה חולית סיינית שדווחה כנגועה בפוזריום. נבדקות שוב הנחות העבודה, כי: (א) לבמס"א ולאמונים השפעה ביוצידית ישירה לגורמי המחלה בקרקע, (ב) באגרוטכניקה מתאימה היבולים יהיו תקינים, (ג) לא תהיה עלייה משמעותית בריכוזי יסודות רעילים בחלקי צמח נאכלים. מטרת הניסוי הן המשך בדיקה של: (א) יעילות הבמס"א בהפחתת נבילה גרומת-פוזריום; (ב) השפעת הבמס"א על היבול ועל ההרכב הכימי של הצמחים; (ג) השפעה על נפיצות עשבייה רעה.

בוצעו שני ניסויים בזה אחר זה בחלקות סמוכות. באחד היו 5 טיפולים: שלושה, בהם יושמה במס"א בעומס 9.5 טון/ד' (על בסיס משקל לח, פיזור במזבלת), עם וללא תוספת אמון גופרתי, שניתן בכמויות של 90 ושל 180 ק"ג/ד'. טיפולי ההיקש היו עם 90 ק"ג/ד' אמון גופרתי ובלעדיו. בניסוי השני לא בוצע הטיפול באמון גופרתי במינון הגבוה. שטח כל חלקה היה כ-20 מ"ר, וכל טיפול היה ב-5 חזרות לפחות. בניסוי הראשון הבמס"א והדשן תוחחו לעומק 10-15 ס"מ, ובשני הם תוחחו ל-25 ס"מ. כל החלקות הושקו ודושנו באופן אחיד.

בכל הטיפולים ב-2 הניסויים רמת הנגיעות במחלה הייתה נמוכה מאד. בניסוי הראשון, הייתה עלייה מובהקת ביבול בחלק מטיפולי הבמס"א יחסית להיקש ללא תוספת, ונמצאה הפחתה משמעותית בעשבייה. בניסוי השני לטיפולים לא הייתה השפעה על היבול. תכולת היסודות בצמחים נבדקה בניסוי השני ונמצא כי ריכוזי עופרת, ארסן וקדמיום היו אפסיים, וכי ריכוזי יסודות אחרים היו תקינים ודומים בכל הטיפולים לבד מ-2 יסודות: ריכוז האבץ היה גבוה באופן מובהק בטיפול במס"א בהשוואה להיקש, והאמון הגופרתי הוריד באופן מובהק את ריכוז המוליבדן בצמחים.

לסיכום, לא היו מחלות גרומות-קרקע בשטחי הניסויים ולכן נושא ההדברה לא מוצה. לעומת זאת גם בעומס יישום גבוה (כ-10 מ"ק/ד') לא הייתה כל צבירה של מתכות כבדות רעילות בצמחים, ומצב ההזנה של הצמחים ביסודות עיקריים וביסודות קורט היה תקין. מבחינת הטיפול באמון גופרתי, יש להקפיד על שטיפה נאותה של הקרקע לפני השתילה.

מטרות המחקר

- (י) בדיקת יעילות במס"א במניעת פוזריום בחסה.
- (יא) השפעת הבמס"א על יבול החסה.
- (יב) השפעת הבמס"א על תכולת היסודות בצמחי החסה

שיטות וחומרים

חלקה: בית עזרא (תמונה 1) $34^{\circ}43'41''$ N $34^{\circ}39'18''$ E. המגדל: חננאל רצון, קרקע חמרה חולית סיינית.

מתכונת הניסוי: כ-8.0 טון במס"א פוזרו באמצעות מזבלת על 5 ערוגות באורך כ-90 מטר, סה"כ השטח כ-830 מ"ר. עומס היישום הממוצע הוא 9.6 טון לדונם. טיפולי אמון גופרתי (90 ו-180 ק"ג/ד') היו בקטעי ערוגה באורך 10 מטר. התיחוח היה לעומק 10-15 ס"מ.

הגידול: חסה מטיפוס "אייסברג" מזן "לירז", קרקע מדווחת כנגועה ב**פוזריום** ובעשבייה. בשנתיים לפני הניסוי גדלו בחלקה 5 מחזורי חסה. השתילה היא של 4 שורות חסה בכל ערוגה, 33 ס"מ בין השתילים לאורך השורה. רוחב הערוגה 193 ס"מ.

השקיה: בהמטרה לקליטה במשך כשבוע. בשלושת הימים הראשונים לאחר השתילה השטח הומטר 3-2 פעמים ביום, סה"כ כ-20 מ"ק לדונם ליום. בארבעת הימים שלאחר מכן, השטח הומטר 2-3 פעמים ביום, סה"כ כ-10 מ"ק לדונם ליום. לאחר מכן השטח הועבר להשקיה בטפטוף, פעמיים ביום כ-10 מ"ק לדונם ליום (5+5). בהמשך עלתה כמות המים לכ-15 מ"ק לדונם ליום עד לקטיף. הטפטוף היה ב-2 קווים בערוגה, טפטפת כל 30 ס"מ.

דישון: "דשן כל" 20-20-20 (NPK ומיקרואלמנטים). החלקה כולה (1.25 דונם) קיבלה דשן פעמיים בשבוע, בכל פעם שק של 25 ק"ג (1250 מ"ג דשן/ל"). הדישון החל ימים אחדים לאחר פרישת הטפטוף והסתיים ימים אחדים לפני הקטיף.

התוצרת לא שווקה והחקלאי פוצה.

ניסוי ראשון:

בוצע במהלך יולי-ספטמבר 2014.

טיפולם בניסוי הראשון: נבדקו 5 טיפולים כלהלן:

| מספר הטיפול | במס"א | אמון גופרתי ('ק"ג/ד') | חנקן כאמון גופרתי ('ק"ג/ד') |
|-------------|-------|-----------------------|-----------------------------|
| 1 | + | - | - |
| 2 | + | 90 | 19 |
| 3 | + | 180 | 39 |
| 4 | - | - | - |
| 5 | - | 90 | 19 |

מפת הניסוי הראשון: מספרי הערוגות ומספרי הטיפולים

| שול | 7 ללא | 6 ללא | 5 במס"א | 4 במס"א | 3 במס"א | 2 במס"א | 1 במס"א | 8 ללא | 9 ללא | שול |
|-----|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-----|
| | 4 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | |
| | 5 | 5 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | |
| | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 5 | |
| | 5 | 4 | | 1 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | |
| | 4 | 4 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | |

בדיקות עשבייה בניסוי הראשון: רמת העשבייה בשטח המתוחח נבדקה ב- 28.7.14 וב- 5.8.14, לפני ריסוס העשבייה הקודם לשתילה. ב- 29.8.14 (לאחר השתילה) נספרו נבטי עשבייה בשורות השוליים (שלא רוססו). בניסוי השני הערכות העשבייה אינן נחשבות מאחר שבוצעו לאחר הריסוס, והיו עשויים במהלך עונת הגידול.

הערכת הנגיעות בפוזריום בחסה ויבול החסה בניסוי הראשון: בוצעה ב-16.8.14, ב-29.8.14, ב-9.9.14 וב-14.9.14. הערכה בריאות צמחי החסה בשתי השורות המרכזיות. ב-9.9.14, 14.9.14,

22.9.14, 28.9.14 נספרו צמחים מתים מכלל הצמחים. ב- 28.9.14 נדגמו באקראי 10 קולסים בשתי השורות המרכזיות, מערכת השורשים נותקה והקולסים נשקלו.

ניסוי שני

בוצע במהלך אוגוסט-נובמבר 2014

טיפולים בניסוי השני: נבדקו 4 טיפולים, טיפול 3 (במס"א + המנה הכפולה של אמון גופרתי) הושמט.

| מספר הטיפול | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | חנקן כאמון גופרתי (ק"ג/ד') |
|-------------|-------|----------------------|----------------------------|
| 1 | + | - | - |
| 2 | + | 90 | 19 |
| 4 | - | - | - |
| 5 | - | 90 | 19 |

מפת הניסוי השני: מספרי הערוגות ומספרי הטיפולים

| שול | 9 ללא | 8 ללא | 7 במס"א | 6 במס"א | 5 במס"א | 4 במס"א | 3 במס"א | 2 ללא | 1 ללא | שול |
|-----|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-----|
| | 4 | 5 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 4 | |
| | 5 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 4 | 5 | |

לוח זמנים בניסוי השני (אוגוסט-נובמבר 2014):

סוף אוגוסט - הכנת השטח, השקיה ותיחוח קל.
 29 באוגוסט - פיזור הבמס"א בשדה, פיזור אמון גופרתי, תיחוח, השקיה מיד לאחר התיחוח לאחר הצהרים (30 מ"ק).
 4 בספטמבר - השקיה (30 מ"ק).
 11 בספטמבר - השקיה (30 מ"ק).
 18 בספטמבר - השקיה (30 מ"ק).
 19 בספטמבר - ריסוס העשבייה.
 22 בספטמבר - דגימות קרקע.
 24 בספטמבר - שתילה (ערב ראש השנה).
 אוקטובר-נובמבר - הערכות לעשבייה ולמחלה.
 9 בנובמבר - שקילת יבול.
 10 בנובמבר - דגימת קולסים.
 14 בנובמבר - דגימת קרקע.

בדיקות עשבייה בניסוי השני: בוצעו ב- 14.9.14 וב- 19.9.14 הוערכה רמת השיבוש בעשבייה בשטח המתוחח, לפני ריסוס העשבייה שלפני השתילה. לא היה טעם בבדיקות לאחר הריסוס, מה גם שבהמשך נעשה מעת לעת עישוב ידני.

הערכת הנגיעות בפוזריום בחסה ויבול החסה: הערכות נגיעות בוצעו ב- 28.9.14, 5.10.14, 15.10.14, 22.10.14. הוערכה בריאות צמחי החסה בשתי השורות המרכזיות. ב- 3.11.14 וב- 9.11.14 נספרו הצמחים החולים והמתים. הצמחים המתים סולקו מ-2 שתי השורות המרכזיות. ב- 9.11.14 נדגמו באקראי 12 קולסים בשתי השורות המרכזיות, מערכת השורשים נותקה והקולסים נשקלו ונלקחו לבדיקת תכולת היסודות.

תוצאות הניסוי הראשון

עשבייה: טיפולי ההדברה השפיעו על נפיצות עשבייה בשטח. הדבר נבדק לפני הריסוס להדברת שניתן לפני השתילה. נביטת העשבייה הייתה נמוכה באופן משמעותי בערוגות שקיבלו במס"א יחסית להיקש ללא במס"א, ואמון גופרתי הדביר את העשבייה גם ללא במס"א. בהמשך לא היה הבדלים משמעותיים בין הטיפולים ומאחר שהעשבייה דוללה באופן קבוע לאחר השתילה לא ניתן לבטא את ההבדלים בצורה כמותית.

טבלה 1: הערכת כיסוי הקרקע בעשבייה (רגלה, ירבוז, קוטב)

| מספר | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | כיסוי (%) | |
|------|-------|----------------------|---------------------------|-------------------|
| | | | 28.7.14 (כשבועיים מהמטרה) | 5.8.14 (3 שבועות) |
| 1 | + | - | 0.73 ב | 2.82 ב |
| 2 | + | 90 | 0.00 ב | 0.40 ב |
| 3 | + | 180 | 0.00 ב | 0.00 ב |
| 4 | - | - | 22.00 א | 47.73 א |
| 5 | - | 90 | 0.83 ב | 3.00 ב |

טיפולים המלווים באותה אות אינם נבדלים סטטיסטית ברמה של 0.05 לפי SNK

טבלה 2: מיני עשבים עיקריים (29.8.14, כשבועיים לאחר השתילה)

| מספר | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | מספר נבטים בממוצע בחזרה | | |
|------|-------|----------------------|-------------------------|--------|--------|
| | | | רגלה | ירבוז | קוטב |
| 1 | + | - | 13.00 א | 3.64 א | 0.09 ב |
| 2 | + | 90 | 8.60 א | 1.20 א | 0.00 ב |
| 3 | + | 180 | 10.80 א | 0.80 א | 0.00 ב |
| 4 | - | - | 7.55 א | 2.09 א | 2.36 א |
| 5 | - | 90 | 2.25 א | 3.20 א | 3.40 א |

טיפולים המלווים באותה אות אינם נבדלים סטטיסטית ברמה של 0.05 לפי SNK

חיוניות צמחי החסה במהלך העונה הראשונה ומשקלם סופי:

היה עיכוב קל בהתפתחות צמחי החסה בטיפול הבמס"א בתוספת 180 ק"ג/ד' אמון גופרתי אך היבול היה גבוה באופן ניכר בהשוואה לטיפול הביקורת ללא במס"א ובהשוואה לטיפול הבמס"א ללא אמון גופרתי. שני טיפולי הבמס"א + אמון גופרתי (90 ו-180 ק"ג/ד') היו גבוהים ביחס לטיפולים האחרים וגבוהים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה לטיפול ההיקש שלא קיבל כל במס"א או אמון גופרתי. בכל ארבעת תאריכי הבדיקה (9.9.14, 14.9.14, 22.9.14, 28.9.14) נרשמה תמותה אפסית של צמחי חסה, והיא לא הייתה שונה בין הטיפולים.

טבלה 3: ניסוי ראשון - תוצאות גידול ויבול חסה (טיפולים המלווים באותה אות אינם נבדלים

סטטיסטית ברמה של 0.05 לפי SNK)

| מס' | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | מצב חיוניות החסה | | | | משקל 10 קולסים (ק"ג) |
|-----|-------|----------------------|------------------|----------|--------|----------|----------------------|
| | | | 16.8.14 | 29.8.14 | 9.9.14 | 14.9.14 | |
| 1 | + | - | תקין | תקין | תקין | תקין | 6.62 אב |
| 2 | + | 90 | תקין | תקין | תקין | תקין | 8.34 א |
| 3 | + | 180 | תקין | עיכוב קל | עיכוב | עיכוב קל | 8.23 א |
| 4 | - | - | תקין | תקין | תקין | תקין | 4.39 ב |
| 5 | - | 90 | תקין | תקין | תקין | תקין | 6.18 אב |

תוצאות הניסוי השני

השפעת הטיפול על תמיסת הקרקע:

הקרקע נדגמה בשכבת היישום (15 ס"מ עליונים) ב- 14-9-22, יומיים לפני השתילה. המטרה הייתה להעריך האם השפעת התוספים בקרקע עלולה להפריע להתבססות השתילים. נבדקו ה-pH והמוליכות החשמלית (EC) במיצוי מימי ביחס 1:1 (טבלה 4). 24 יום לאחר הצנעת התוספים (והפעלתם בהשקיה) לבמס"א (עם 90 ק"ג ג'ד' אמון גופרתי ובלעדיו) לא הייתה עוד השפעה על ה-pH אך יישום אמון גופרתי (90 ק"ג ג'ד') לבדו הוריד את ה-pH באופן מובהק בכ-0.4 יחידה (ניתן להניח כי ההבדל ב-pH במיצוי של אלקטרוליט חזק היה אף משמעותי יותר). ההסבר לכך הוא בכך שאמון גופרתי הנו מלח שההידרוליזה שלו מחמיצה את המדיום (מלח של בסיס חלש וחומצה חזקה). גם המוליכות החשמלית של מיצוי הקרקע הושפעה בעיקר ע"י האמון הגופרתי, אך השפעה הייתה מובהקת רק בקרקע שלא יושמה בה במס"א. ההסבר לכך הוא נידוף האמון שהתרחש בנוכחות הבמס"א ואשר הקטין את ריכוז המלחים בקרקע.

ככלל, משך הזמן הארוך-יחסית (24 ימים) בין יישום החומרים לשתילה ו-4 ההשקיות בכמות כוללת של 120 מ"ק מיס'ד', אפשרו הכנה טובה של הקרקע לצמחים מבחינת ה-pH ובעיקר מבחינת מליחות הקרקע. יש לבחון לאור זאת את ההשפעה האפשרית של המליחות. הגבוהה יחסית שנותרת בקרקע בטיפול ההיקש + 90 ק"ג ג'ד' אמון גופרתי

טבלה 4: ניסוי שני – השפעת הטיפולים על מיצוי הקרקע

| Treatment* | pH _(1:1) | SEM | T-K HSD | EC _(1:1) (dS/m) | SEM | T-K HSD |
|-----------------|---------------------|------|---------|----------------------------|------|---------|
| (1) SI – N | 8.17 | 0.05 | a | 0.75 | 0.13 | b |
| (2) SI - N | 7.94 | 0.04 | ab | 1.42 | 0.14 | ab |
| (4) Cont - No N | 8.20 | 0.08 | a | 0.50 | 0.05 | b |
| (5) Cont - N | 7.77 | 0.15 | b | 2.39 | 0.70 | a |
| Prob > F** | 0.0095 | | | 0.0065 | | |

*SI – sludge, N – ammonium sulfate added at 900 kg/ha, No N – no ammonium sulfate added;

**Data within each column first passed ANOVA and averages significantly different at $p < 0.01$ were compared using Tukey-Kramer HSD multiple range test (at $\alpha < 0.05$). Significantly different values are followed by different letters.

עשבייה:

ניסוי הקרקע בעשבייה נבדק לפני הריסוס שקדם לשתילה. לא היו הבדלים מובהקים סטטיסטית בין הטיפולים ברמת ניסוי הקרקע (טבלה 5), במגוון המינים ובמספר הפרטים (טבלה 6). בדומה לניסוי הראשון, הן הבמס"א והן האמון הגופרתי הקטינו את נפיצות העשבייה בשטח (טבלה 4), אולם במקרה הנוכחי ההבדלים לא היו מובהקים, וגם לא היה הבדל במספר הנבטים (טבלה 5).

טבלה 5: ניסוי הקרקע בעשבייה

| ניסוי (%) | | אמון גופרתי (ק"ג ג'ד') | במס"א | מספר |
|--------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|------|
| 19.9.14 (3 שבועות לאחר ההמטרה) | 14.9.14 (כשבועיים לאחר ההמטרה) | | | |
| 8.40 | 5.00 | - | + | 1 |
| 4.20 | 1.00 | 90 | + | 2 |
| 16.25 | 10.00 | - | - | 4 |
| 6.25 | 2.50 | 90 | - | 5 |

טבלה 6: מיני עשבים עיקריים (ב- 15.10.14, כשבועיים לאחר השתילה)

| מספר | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | מספר נבטים בממוצע בחזרה | | |
|------|-------|-------------------------|-------------------------|-------|-------|
| | | | ירבוז | רגלה | חלמית |
| 1 | + | - | 15.20 | 28.20 | 2.60 |
| 2 | + | 90 | 11.80 | 24.40 | 2.80 |
| 4 | - | - | 11.50 | 32.00 | 3.50 |
| 5 | - | 90 | 13.50 | 26.00 | 3.25 |

חיוניות צמחי החסה במהלך העונה השנייה ומשקלם סופי:

התפתחות צמחי החסה בכל הטיפולים הייתה דומה ודומה היה גם יכול הקולטים (טבלה 7). היה גבוה באופן ניכר בהשוואה לטיפול הביקורת ללא במס"א ובהשוואה לטיפול הבמס"א ללא אמון גופרתי. שני טיפולי הבמס"א + אמון גופרתי (90 ו-180 ק"ג/ד') היו גבוהים ביחס לטיפולים האחרים וגבוהים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה לטיפול ההיקש שלא קיבל כל במס"א או אמון גופרתי.

רוב הצמחים שמתו הראו סימפטומים של נגיעות בפוזריום, אולם גורם המחלה שבודד בצמח נגוע היה קישיוניה גדולה. עם זאת, בכל ארבעת תאריכי הבדיקה (28.9.14, 5.10.14, 15.10.14, 22.10.14) נרשמה תמותה אפסית של צמחי חסה, והיא לא הייתה שונה בין הטיפולים וההבדל ביכול הקולטים היה קטן (טבלה 7; כ-10% יותר בטיפול הבמס"א אך לא מובהק). בדומה, שיעורי הנגיעות בגורם המחלה והתמותה מהמחלה היו נמוכים ודומים בכל הטיפולים (טבלה 8).

טבלה 7: מצב צמחי החסה במהלך עונת הגידול והיבול הסופי

| מס' | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | מצב חיוניות החסה | | | | משקל 12 קולטים (ק"ג) |
|-----|-------|-------------------------|------------------|---------|----------|----------|-------------------------|
| | | | 28.9.14 | 5.10.14 | 15.10.14 | 22.10.14 | |
| 1 | + | - | תקין | תקין | תקין | תקין | 6.68 |
| 2 | + | 90 | תקין | תקין | תקין | תקין | 7.39 |
| 4 | - | - | תקין | תקין | תקין | תקין | 6.04 |
| 5 | - | 90 | תקין | תקין | תקין | תקין | 6.83 |

טבלה 8: תמותת צמחי חסה כתוצאה מנגיעות בפוזריום

| מספר | במס"א | אמון גופרתי (ק"ג/ד') | אחוז צמחים מתים בחזרה (מ-110 צמחים) | | אחוז צמחים עם סימני קישיוניה בחזרה (מ- 110 צמחים) |
|------|-------|----------------------------|--|---------|---|
| | | | 9.11.14 | 3.11.14 | |
| 1 | + | - | 2.55 | 0.36 | 11.45 |
| 2 | + | 90 | 0.55 | 0.36 | 9.27 |
| 4 | - | - | 1.14 | 0.45 | 6.36 |
| 5 | - | 90 | 0.23 | 0.00 | 5.91 |

תכולת היסודות בצמחי החסה (בית עזרא גידול שני):

תכולת היסודות בצמחים נתונה בטבלה 9. לטיפולים לא הייתה השפעה על התכולה לבד מזו של אבץ ומוליבדן. תכולת אבץ הייתה גבוהה יותר בטיפולי הבמס"א, ותכולת המוליבדן הייתה גבוהה יותר בטיפולי הבמס"א והביקורת שלא קיבלו אמון גופרתי ביסוד. מאחר שקליטת מוליבדן בשורשי צמחים נעשית בעיקר בטרנספורטרים של גופרה, נראה כי בטיפולי האמון הגופרתי הגופרה התחרתה במוליבדן על אתרי הקליטה והקטינה את קליטתו. נציין כי ריכוזי ארסן ועופרת בצמחים היו מתחת לסף הרגישות וכי ריכוז הקדמיום היה נמוך (כ-0.15 מ"ג/ק"ג) ודומה בכל הטיפולים.

טבלה 9: תכולת היסודות בצמחי החסה (בית עזרא גידול שני)*.

| Element (mg kg ⁻¹) | (5) Cont – N | (4) Cont - No N | (2) SI – N | (1) SI - NoN | Prob > F** |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|------------|
| Al | 64 | 47 | 42 | 51 | |
| B | 75 | 60 | 74 | 71 | |
| Ba | 5.5 | 4.8 | 3.6 | 4.9 | |
| Ca | 7,874 | 6,460 | 6,839 | 6,308 | |
| Cd | 0.16 | 0.14 | 0.15 | 0.13 | |
| Co | 0.25 | 0.29 | 0.39 | 0.24 | |
| Cr | 7.0 | 6.7 | 4.7 | 6.0 | |
| Cu | 6.1 | 5.5 | 6.7 | 6.2 | |
| Fe | 138 | 133 | 113 | 121 | |
| K | 72,014 | 70,799 | 66,590 | 69,116 | |
| Mg | 1,936 | 1,831 | 1,854 | 1,787 | |
| Mn | 29 | 29 | 27 | 25 | |
| Mo | 0.70 b | 1.09 ab | 0.77 b | 1.28 a | 0.0108 |
| N (g kg ⁻¹) | 27.5 | 27.6 | 28.2 | 26.6 | |
| Na | 2,433 | 2,446 | 2,263 | 2,346 | |
| Ni | 4.9 | 4.4 | 7.5 | 4.7 | |
| P | 6,118 | 6,549 | 6,351 | 6,159 | |
| S | 2,564 | 2,587 | 2,534 | 2,487 | |
| Sr | 24 | 22 | 21 | 23 | |
| Ti | 3.1 | 2.8 | 2.9 | 3.4 | |
| V | 0.15 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | |
| Zn | 35 bc | 33 c | 43 a | 38 b | <.0001 |

*SI – sludge, N – ammonium sulfate added at 900 kg/ha, No N – no ammonium sulfate added;

**Data within each column first passed ANOVA and averages significantly different at $p < 0.01$ were compared using Tukey-Kramer HSD multiple range test (at $\alpha < 0.05$). Significantly different values are followed by different letters.

דין

הכנת הבמס"א: הבמס"א הוכנה במיוחד לצורך הניסוי, עם כמות מרבית של אפר פחם וסיד, כדי להפחית את לחותה ודביקותה, ולעשותה פרייה ונוחה לפיזור וכדי להשיג עלייה מרבית ב- pH של הקרקע. בכך הושגה יכולת יישום מיטבי שלה. הניסוי הראשון התבצע בשיא העונה החמה, מה שאמור היה לתרום לאפקטיביות של האמוניה בהדברה של גורמי המחלה בקרקע. ההצנעה בניסוי הראשון הייתה בתיחוח, והייתה לעומק 10-15 ס"מ, שהנו קטן מהמתוכנן.

השפעת התוספים על הצימוח: בניסוי בעין הבשור שבוצע ב-2013 הייתה פיטוטוקסיות חמורה בטיפול במס"א + אמון גופרתי במינון הגבוה (180 ק"ג/ד'). הקרקע נשטפה 3 פעמים ב-30 מ"ק כל פעם במהלך 35 הימים בין היישום לשתילה. בשני הניסויים בבית עזרא השתילה התבצעה כחודש לאחר ההצנעה וההשקיה הראשונה של הבמס"א, וניתנו 3 השקיות נוספות עד לשתילה במנת מים כוללת של 120 מ"ק/ד'. בעונה הראשונה בבית עזרא חזרנו על מינון האמון הגופרתי הגבוה (180 ק"ג/ד') בתוספת לבמס"א. בטיפול זה היה עיכוב מסוים בהתפתחות הצמחים אולם הוא לא השפיע על הגודל והמשקל הסופיים של צמחי החסה. בניסוי זה הייתה בעיה בהצנעה, שהייתה לעומק רדוד מהמתוכנן (0-15 ס"מ במקום 20 ס"מ) מה שהעלה את הריכוז האפקטיבי בבית השורשים בכ-30%. בניסוי השני בבית עזרא ההצנעה הייתה ל-20-25 ס"מ, שהוא עומק המטרה, ובניסוי זה ויתרנו על טיפול האמון הגופרתי הגבוה. לא היה עיכוב בצימוח החסה במהלך הגידול.

הסיבה לעיכוב בצימוח של החסה הייתה ככל הנראה מליחות גבוהה של תמיסת הקרקע, שנגרמה ע"י שאריות הגופרה והחנקן (שנוצרה מחימצון האמוניום וממינרליזציה של החנקן האורגני שבבוצה)

שלא נשטפו בהשקיות הראשונות. העיכוב לא נגרם ע"י ה-pH, וכבר ראינו בעבר שה-pH של הקרקע יורד חזרה לערך המקורי או קרוב לו בתוך ימים ספורים לאחר ההרטבה של הקרקע. במחזור הגידול השני בבית עזרא נבדקה תמיסת הקרקע (במיצוי 1:1 קרקע : מים) ונמצא כי אכן ה-pH בטיפול הבמס"א היה דומה או נמוך מהערך המקורי. המליחות הייתה מעט גבוהה יותר בטיפול הבמס"א לעומת ההיקש שלא קיבל כל תוסף (0.75 לעומת 0.4 ד"ס/מ', בהתאמה; טבלה 4) אך עלייה משמעותית יותר במליחות נגרמה ע"י האמון הגופרתי: 1.4 ד"ס/מ' בטיפול הבמס"א ו-2.4 ד"ס/מ' בהיקש ללא במס"א.

יבול החסה: למרות העיכוב ההתחלתי בהתפתחות צמחי החסה בטיפול הבמס"א + 180 ק"ג N/D' כאמון גופרתי בניסוי הראשון, היבולים בטיפול זה ובטיפול במס"א + 90 ק"ג N/D' היו גבוהים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה להיקש שלא קיבל במס"א או אמון גופרתי. יבולים אלה היו גם גבוהים במידה משמעותית בהשוואה ליבול בטיפול הבמס"א לבדו ובהשוואה לטיפול ההיקש + 90 ק"ג אמון גופרתי (טבלה 3). בניסוי השני לא הייתה השפעה מובהקת של הטיפולים על גודל ומשקל קולסי החסה בסוף הגידול.

חינויות הצמחים לעת הקטיפ: הניסוי בוצע בבית עזרא מאחר שהשטח דווח כנגוע קשה בפוזריום. אולם רמת הנגיעות בפוזריום בשני הניסויים הייתה נמוכה מאד בכל הטיפולים. עם זאת, היו צמחים נגועים ורובם הופיעו בחלקות שלא קיבלו במס"א ולא אמון גופרתי. מאחר שהדישון (20-20-20) המכיל גם יסודות קורט) היה נדיב, אין לנו הסבר טוב להבדלים המובהקים ביבולים בניסוי הראשון בין טיפולי הבמס"א + אמון גופרתי לטיפולים האחרים. השערה דחוקה היא שהסיבה הייתה נגיעות סמויה של הצמחים במחלה, שטרם הגיעה לביטוי בהתמוטטות צמחים. בניסוי השני, משך הגידול מהשתילה לקטיפ היה 50 יום, וגם בו הקטיפ התבצע ימים אחדים לאחר המועד המיטבי. הצמחים הראו "עייפות" מסוימת, שיתכן ומקורה היה בהתחלה של השפעת הפוזריום על הצמחים.

תכולת יסודות הזנה וקורט בצמחים: בניסוי הראשון הצמחים לא נדגמו לבדיקה כימית בגלל תקלה אך נעשו בדיקות נערכו בצמחי הניסוי השני (טבלה 9). ההבדלים היחידים היו שהייתה עלייה מובהקת סטטיסטית בתכולת האבץ בטיפול הבמס"א, וירידה משמעותית (ואף מובהקת) בתכולת המוליבדן בטיפולים שקיבלו אמון גופרתי. ריכוזי עופרת וארסן היו מתחת לסף המדידה בצמחי כל הטיפולים, וריכוזי יתר היסודות שנבדקו (כולל קדמיום) היו דומים בצמחי כל הטיפולים.

כאמור, בניסוי הראשון היבול היה גבוה יותר בטיפול הבמס"א, ולאור הבדיקות לעיל לא סביר שההשפעה הייתה בגלל הבדלים בהזנה המינרלית. בנוסף לכך, (א) היה דישון מלא וכבד ואחד שכלל גם יסודות קורט, (ב) היבול בטיפול הבמס"א ללא אמון גופרתי היה נמוך יחסית לטיפול הבמס"א בתוספת אמון גופרתי, ותכולת יסודות ההזנה (עיקריים וקורט) בקרקע בשני הטיפולים הייתה דומה.

הדברת עשבייה: בניסוי הראשון הייתה לטיפול הבמס"א והאמון הגופרתי, ביחד ולחוד, השפעה ניכרת בהפחתה של נפיצות עשבייה בשטח, כלהלן:
(א) נביטת העשבייה הייתה נמוכה באופן משמעותי בערוגות שקיבלו במס"א בהשוואה לערוגות שלא קיבלו במס"א,
(ב) האמון הגופרתי הדביר היטב את העשבייה במקום בו לא יושמה במס"א. במקום בו יושם במס"א לא הייתה תוספת יעילות.

לפני שתילת החסה ניתן ריסוס להדברת עשבייה, ובהמשך העשבייה דוללה ידנית באופן קבוע. בניסוי השני ההבדלים היו מלכתחילה קטנים במידה רבה, ונפיצות העשבייה הייתה דומה בכל הטיפולים. ההבדל יכול היה להיות עונתי (הן מבחינת יעילות נמוכה של ההדברה לאחר שיא הקיץ והן מבחינת רגישות שונה של מיני העשבייה), ויכול להיות שגם ההצנעה לעומק קטן בניסוי הראשון (10-15 ס"מ) יחסית לניסוי השני (20-25 ס"מ) הגדיל את ריכוז החומר הפעיל (אמוניה גזית) ואת השפעתו.

מסקנות אופרטיביות: (א) הגענו למתכון נכון של במס"א להדברה, כזאת המכילה כמות מרבית של אפר וסיד; (ב) עומס היישום ייקבע לפי השינוי ב-pH של הקרקע ומשך השינוי; (ג) לא ניתן לוותר על הוספת אמון גופרתי לקרקע במינון 90 ק"ג/ד' או יותר, (ד) יש לשטוף את הקרקע עד לשתילה, ולפניה יש לוודא כי מליחות הקרקע ירדה לערך תקין.

ניסוי מס' 7: הרכב כימי של צמחי חסה והפחתת הנגיעות בקישיוניה גדולה ובפוזריום ביישום במס"א ואמון גופרתי

ניסוי במושב כפר חיים בשנת 2014

בוצע ע"י

פנחס פיין ואנה בריוזקין, מינהל המחקר החקלאי; עמוס עובדיה, חברת "אגרונומיה"

תקציר

הניסוי הנו חלק מבדיקת היתכנות הפחתה בנגיעות הקרקע בגורמי מחלה צמחיים ובנביטת עשבייה. במחצית השנייה של 2014 בוצע ניסוי בחלקה נגועה באופן קשה בפוזריום ובקישיוניה גדולה. צמח הבוחן היה חסה והגידול היה בשדה ובתנאים מסחריים במושב כפר חיים על קרקע חמרה חולית סיינית. נבדקו 4 טיפולים: במס"א בעומס כ-10 ט"ד' וללא במס"א, כל אחד מהם עם וללא תוספת של 90 ק"ג ד' אמון גופרתי (כ-19 ק"ג N ד'). החומרים פוזרו על הערוגות, החלקות היו לאורכן (10 מ' ערוגה לטיפול), ב-5 חזרות לטיפול.

ריכוז האמונים הממוצע בקרקע בחלקות שטופלו באמון גופרתי היה כ-130 מ"ג N לק"ג, בכ-50% גבוה מהצפוי (כ-80 מ"ג N לק"ג), ובממוצע ה-pH עלה מ-8.5 בחלקות ההיקש ל-10.5 בחלקות הבמס"א. רמת הנגיעות של הגידול בקישיוניה הייתה גבוהה, עם כ-80% תמותה בהיקש וכ-50% תמותה בטיפול במס"א + אמון גופרתי (הבדל מובהק סטטיסטית). משקל הצמחים הבריאים בטיפול האחרון היה יותר מכפול בהשוואה לצמחי טיפול ההיקש, וההבדל היה כנראה עקב הזנה מינרלית משופרת בטיפול הבמס"א, וכנראה גם עקב נגיעות לטנטית בקישיוניה, שטרם הגיעה לביטוי חזותי. הבדלים בהזנה המינרלית ובתחרות מהעשבייה יכלו גם הם לתרום להבדל ביבולים. ההדברה בטיפול הבמס"א + אמון גופרתי הייתה חלקית בלבד בעיקר בגלל הנגיעות הקשה בשדה האמור, אך תרמו לכך, ככל הנראה, גם העונה המאוחרת בה יושמו החומרים (טמפ' תת-אופטימלית), ותיחוח שטחי (לכ-12 ס"מ בממוצע) של החומרים.

ריכוזי עופרת, ארסן בצמחים בטיפול הבמס"א היו נמוכים באופן מובהק סטטיסטית מאשר בצמחי ההיקש, וריכוזי הקדמיום בצמחי שני הטיפולים היו דומים. ריכוזי יסודות אלה היו מתחת לסף המותר ע"י משרד הבריאות. ריכוזי היסודות העיקריים ויסודות הקורט בצמחים היו תקינים. ריכוזי הבורון בצמחים היו דומים ההיקש והבמס"א. ריכוזי זרחן, נחושה ומוליבדן היו גבוהים יותר באופן מובהק בטיפול הבמס"א, וריכוז המנגן (Mn) היה גבוה יותר בטיפול ההיקש. הריכוזים של מספר יסודות בלתי חיוניים (V, Ti, Li, Co, Ba, Al) היו גבוהים יותר בצמחי ההיקש. ריכוז חלק מהיסודות הללו (כולל בריום וונדיום) היה גבוה באופן מובהק סטטיסטית בטיפול ההיקש דווקא, למרות ריכוזיהם הגבוהים בבמס"א.

מטרות המחקר

- (יג) בדיקת יעילות במס"א במניעת פוזריום בחסה.
- (יד) השפעת הבמס"א על יבול החסה.
- (טו) השפעת הבמס"א על תכולת היסודות בצמחי החסה

שיטות וחומרים

חלקה: כפר חיים (תמונה 1), קרקע חמרה חולית (על נזאז בעומק). פיזור החומרים נעשה ב-2/9/14. תכונות רלוונטיות של הבמס"א ותכולת יסודות בה מצגות בטבלה 4. החלקה הייתה נגועה מאד בפוזריום ובקישיוניה והגידול היה אמנם בתנאים מסחריים אך לא כוון לשיווק והתוצרת לא שווקה.

מתכונת הניסוי: עומס היישום הממוצע היה 7 טון לדונם. פיזור במזבלת על 6 ערוגות באורך כ-200 מטר. (סה"כ השטח כ-2.2 ד'. התיחוח לעומק 15-20 ס"מ. האמון הגופרתי פוזר ידנית, ב-4 חזרות בכל אחד מטיפולי האמוניה. אורך הערוגה בכל חזרה בטיפול הוא 20 מטר.

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|---|-----------|-----------|-----------|---|---|---|-----------|------------|----|----|--|
| | 1 | 2 | 3 בוצה | 4 בוצה | 5 בוצה | 6 | 7 | 8 | 9 בוצה | 10 בוצה | 11 | 12 | |
| | שוליים | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | 3 | 4 | | | 2 | | 3 | 4 | | 2 | |
| | 1 | | 4 | 3 | | | 1 | | 4 | 3 | | 1 | |
| | 1 | | 3 | 4 | | | 2 | | 3 | 4 | | 2 | |
| | | | | | | | | | | | | | |

רמת העשבייה: 14 ו-9 ימים לפני השתילה (24.9.14 ו-29.9.14) הוערכה רמת השיבוש בעשבייה בשטח המתוחח, לפני ריסוס העשבייה שלפני השתילה. 28 ו-43 ימים אחרי השתילה (בתאריכים 5.11.14 ו-20.11.14) הוערכה רמת השיבוש בעשבייה אחרי השתילה.

מצב הצמחים: 5, 11 ו-21 ימים אחרי השתילה (13.10.14, 19.10.14, 29.10.14) הוערכה בריאות צמחי החסה בשתי השורות המרכזיות בכל אחת מהערוגות בניסוי.

דיגום ליבול ולתכולת יסודות: בגיל 55 יום אחרי השתילה (2.12.14) נדגמו באקראי 12 קולסים ברצף בשתי השורות המרכזיות בכל אחת מערוגות הניסוי, מערכת השורשים נותקה והקולסים נשקלו.

רמת המחלות: 23, 43 ו-55 ימים אחרי השתילה (31.10.14, 20.11.14, 28.11.14, 2.12.14) נספרו הצמחים החולים והמתים. לאחר המיון סולקו הצמחים המתים משתי השורות המרכזיות.

תוצאות

השפעת הטיפולים על הרכב תמיסת הקרקע:

הקרקע נדגמה בשכבת היישום (15 ס"מ עליונים) ב-14, 9-2 מיד לאחר התייחוח של החומרים לקרקע ולפני ההשקיה. ה-pH והמוליכות החשמלית (EC) נבדקו במיצוי מימי ביחס 1:1 ותכולת האמוניום בקרקע נבדקה במיצוי ב-KCl (טבלה 1). תכולת הלחות במדגמי הקרקע הייתה 140 ג'ק"ג קרקע יבשה. הטיפולים השפיעו על המדדים המבוקשים באופן הרצוי, בהעלאת ה-pH בטיפול הבמס"א, ובהעלאת ריכוזי האמון בטיפול האמון הגופרתי. לפי עומס היישום (19 ק"ג N-NH_4 ל"ד) ובהנחה של ערבוב מושלם בשכבת הקרקע 0-20 ס"מ, ריכוז האמוניום היה צפוי להיות כ-80 מ"ג N ל"ק"ג קרקע, פחות מהריכוז שנמדד בפועל (כ-130 מ"ג N ל"ק"ג). סביר להניח שההבדל נבע מכך שעומק התייחוח היה קטן מהעומק המתוכנן (כ-12 ס"מ בממוצע).

כ-10 ימים לפני השתילה (ב-29/9/14) נדגמה הקרקע שוב בטיפול הבמס"א. ה-pH בטיפול הבמס"א היה כמו הערך המקורי של הקרקע אך ה-EC נותר גבוה במעט. משך הזמן הארוך (כחודש) בין יישום החומרים לשתילה וההשקיות אפשרו הכנה טובה של הקרקע לצמחים מבחינת ה-pH והמליחות.

טבלה 1: מדדי תמיסת הקרקע מיד לאחר יישום החומרים והערכות של ריכוזי אמוניה גזית כללית ואמוניה מומסת בתמיסת הקרקע

(pH ו-EC נמדדו במיצוי המימי, ו- Total soil N-NH_4 נמדד במיצוי KCl)

| Treatment | pH (at 1:1 ratio) | EC dS/m (at 1:1 ratio) | ⁽¹⁾ Total soil N-NH ₄ (mg/kg) | ⁽²⁾ NH ₄ -N (מ"ג ל"ק"ג) | ⁽³⁾ NH ₃ -N (מ"ג ל"ק"ג) | ⁽⁴⁾ אמוניה בתמיסת הקרקע (מ"ג ל"ג) |
|-------------------------|----------------------|---------------------------|---|--|--|---|
| Cont | 8.45 b | 0.46 b | 6 b | 5.2 | 0.8 | 5 |
| Cont+NH ₄ | 8.35 b | 1.23 ab | 127 a | 113 | 14 | 85 |
| NVS | 10.62 a | 1.22 b | 27 b | 1 | 26 | 155 |
| NVS+NH ₄ | 10.43 a | 2.02 a | 139 a | 9 | 130 | 782 |
| ⁽⁵⁾ Prob > F | 0.0042 | 0.0007 | 0.0009 | | | |

⁽¹⁾ ריכוז כלל האמוניום + אמוניה במיצוי בתמיסת KCl 1 N.

⁽²⁾ ריכוז כלל האמוניום (NH_4^+) במיצוי בתמיסת KCl 1 N מחושב לפי משוואת הנדרסון-הסלבלך, בהתאם ל-pH של המיצוי המימי של הקרקע ול-pKa המתאים ל-25°C (pKa = 9.25).

⁽³⁾ ריכוז כלל האמוניה (NH_3) בקרקע במיצוי בתמיסת KCl 1 N מחושבת כנ"ל.

⁽⁴⁾ ריכוז האמוניה (NH_3) בתמיסת הקרקע מחושבת בהנחה ש-10% מכלל האמוניה ספוחים לחלקיקי הקרקע (גיפס, 2008) ויתר האמוניה נמצאת בתמיסת הקרקע. תכולת המים בקרקע הינה כ-15% ממשקל הקרקע.

⁽⁵⁾ Data within each column first passed ANOVA and the averages were compared using Tukey-Kramer HSD multiple range test (at $\alpha < 0.05$). Significantly different values are followed by different letters.

עשבייה:

חלק מהטיפולים השפיעו מאד על נפיצות עשבייה בשטח (טבלה 2). הדבר נבדק הן לפני הריסוס נגד עשבייה (בוצע 8 ימים לפני השתילה) והן במהלך העונה. נביתת העשבייה הייתה נמוכה באופן משמעותי בערוגות שקיבלו אמוניה עם במס"א או בלעדיה (בדומה לתוצאה בניסוי הראשון בבית

עזרא). גם בהמשך היה הבדל משמעותי בין הטיפולים, כשהצירוף במס"א + אמוניה היה המעכב ביותר בהשוואה לאמוניה בלבד. לקראת סוף העונה, טיפול הבמס"א לבדו דמה להיקש ללא תוספת.

שרידות צמחי החסה במהלך העונה ומשקלם סופי:

משך הגידול מהשתילה לאסיף היה 55 ימים. האסיף התבצע בשלב בו הנגיעות בקשייונה הייתה נרחבת מאוד וצמחים רבים מתו כתוצאה ממנה. היה הבדל ניכר אך לא מובהק (ברמה המקובלת של 5%) בין הטיפולים בשיעורי התמותה מקשייונה עם יתרון לטיפול הבמס"א + אמון גופרתי (טבלה 2).

טבלה 2: הערכה של כיסוי הקרקע בעשבייה (%) מכלל השטח)

| טיפול | ימים משתילה (ותאריך המדידה) | | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | -14 (24/9/14) | -9 (29/9/14) | 28 (5/11/14) | 43 (20/11/14) |
| Cont | 30 a | 46 a | 68 a | 94 a |
| Cont-NH ₄ | 1 b | 6 b | 23 b | 45 b |
| NVS | 7 b | 13 b | 58 a | 85 a |
| NVS+NH ₄ | 0.7 b | 3 b | 5 b | 18 b |
| Prob > F | <.0001 | <.0001 | <.0001 | <.0001 |
| מינים עיקריים | רגלה | רגלה | מורכבים, מעט סרפד | מורכבים, מעט סרפד |

כמו כן, יישום במס"א, ובעיקר יישומה יחד עם אמון גופרתי, הגדיל את משקל הקולסים. האמון הגופרתי לבדו הוסיף כ-35% למשקל, הבמס"א כ-60%, והבמס"א בשילוב עם אמון גופרתי העלו את היבול בכ-125%. חלק מהאפקט היה כנראה בשל הפחתת העשבייה והקטנת התחרות שלה על מים, דשן ואור אולם הייתה ככל הנראה גם השפעה ישירה של הבמס"א על הצמחים. ניתן לראות זאת בכך שהטיפול באמון גופרתי היה יעיל יותר מהבמס"א בהפחתת עשבייה אך השפיע פחות על היבול. נראה כי השפעת הבמס"א הייתה הן בשיפור הזנת הצמחים והן בהפחתת הנגיעות בקשייונה.

טבלה 3: יבול החסה (משקל 12 צמחים) ושיעורי התמותה מקשייונה (באסיף: 2/12/14, 55 יום מהשתילה)

| Treatment | Yield (kg fresh/12 plants)* | % dead plants** |
|----------------------|-----------------------------|-----------------|
| Cont | 3.09 c | 79 a |
| Cont-NH ₄ | 4.16 bc | 78 a |
| NVS | 4.83 b | 68 ab |
| NVS+NH ₄ | 6.88 a | 53 b |
| Prob > F | <.0001 | 0.1099 |

Data within each column first passed ANOVA and the averages were compared using either Tukey-Kramer HSD multiple range test (at $\alpha < 0.05$)* or comparisons was for each pair using Student's t^{**} . Significantly different values are followed by different letters.

ריכוז יסודות בבמס"א ובצמחי החסה:

ריכוזי היסודות בבמס"א וריכוזיהם בצמחי החסה, בממוצע לכל אחד מ-2 הטיפולים העיקריים (הבמס"א עם וללא אמון גפרתי, היקש ללא במס"א עם וללא אמון גפרתי) מוצגים בטבלה 4-א', וריכוזיהם לכל ארבעה הטיפולים מוצגים בטבלה 4-ב'. ריכוזי היסודות הרעילים, עופרת, ארסן וקדמיום, בצמחים היו נמוכים ביחס לערך המרבי המותר, וריכוז עופרת וארסן בטיפולי הבמס"א היו אף נמוכים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה להיקש. ריכוזי יסודות חיוניים היו דומים בד"כ בצמחי שני הטיפולים; חלקם (Mo, Cu, P) היו גבוהים יותר באופן מובהק בטיפולי הבמס"א, ומנגן (Mn) היה גבוה יותר בטיפולי ההיקש (אולם ראה להלן). הריכוזים של מספר יסודות בלתי חיוניים (Ba, Al, Co, V, Ti, Li) היו גבוהים יותר בצמחי ההיקש. ריכוז חלק מהיסודות הללו (כולל בריום וונדיום) היה גבוה באופן מובהק סטטיסטית בטיפולי ההיקש דווקא, למרות ריכוזיהם הגבוהים בבמס"א (לגבי בריום, אולי בגלל תחרות עם סידן או שקיעה כקרבוונט וואו סולפאט). ריכוזי הבורון בצמחים לא הושפעו כלל ע"י הבמס"א. בשל זיהום ממקור לא ידוע שהיה בכל המדגמים איננו מציגים את ריכוזי הברזל, הכרום והניקל בצמחים (היו גבוהים אך בלי הבדל מובהק סטטיסטית בין הטיפולים).

טבלה 4-א': תכולת יסודות בבמס"א ובצמחי החסה (מ"ג/ק"ג)*

| יסוד | קבוצה | הבמס"א עצמה | טיפול היקש | T-K HSD | טיפול במס"א | T-K HSD | Prob > F |
|------|---------|-------------|------------|---------|-------------|---------|----------|
| Pb | רעילים* | 23 | 1.3 | a | 0.8 | b | 0.018 |
| As | | 12 | 0.35 | a | 0.24 | b | 0.045 |
| Cd | | 0.3 | 0.34 | | 0.28 | | |
| K | חיוניים | 2,061 | 69,000 | | 75,500 | | |
| Ca | | 84,399 | 11,700 | | 12,800 | | |
| P | | 3,700 | 5,350 | b | 6,530 | a | 0.042 |
| Mg | | 5,742 | 3,800 | | 4,400 | | |
| S | | 2,871 | 3,100 | | 3,350 | | |
| Mn | | 207 | 280 | a | 100 | b | 0.029 |
| B | | 215 | 68 | | 71 | | |
| Zn | | 153 | 49 | | 55 | | |
| Cu | | 40 | 10 | b | 12 | a | 0.004 |
| Mo | | 6 | 0.49 | b | 0.82 | a | 0.035 |
| Al | אחרים | לא נבדק | 1,880 | a | 1000 | b | 0.004 |
| Ba | | 749 | 12 | a | 9 | b | 0.018 |
| Co | | 14 | 1.5 | a | 0.9 | b | 0.003 |
| Li | | 32 | 1.1 | a | 0.7 | b | 0.010 |
| Ti | | 112 | 45 | a | 31 | b | 0.003 |
| V | | 60 | 3.8 | a | 2.2 | b | 0.002 |
| Na | | 1,174 | 5,200 | | 6,300 | | |
| Sr | | 742 | 45 | | 49 | | |

*ערכים מרביים מותרים לעופרת, קדמיום וארסן: 1.5, 1.0 ו-5.0 מ"ג/ק"ג חומר יבש, בהתאמה.

טבלה 4-ב': ריכוזי יסודות בצמחי החסה בהם היו הבדלים מובהקים בין 4 הטיפולים (מ"ג/ק"ג)*

| Element** | היקש | היקש + אמוניה | בוצה | בוצה + אמוניה | Prob > F |
|-----------|-----------|---------------|----------|---------------|----------|
| Mn | 70 b | 359 a | 59 b | 131 b | 0.017 |
| Mo | 0.9 ab | 0.3 c | 1.1 a | 0.6 bc | <.0001 |
| K | 76,850 ab | 65,823 b | 69,322 b | 79,402 a | 0.037 |
| Mg | 4,410 ab | 3,599 b | 3,840 b | 4,723 a | 0.019 |
| P | 5,832 ab | 5,163 b | 5,561 b | 7,156 a | 0.020 |
| S | 3,132 ab | 3,033 b | 2,989 b | 3,572 a | 0.017 |
| Zn | 35 b | 55 a | 51 ab | 59 a | 0.021 |
| Al | 1,481 ab | 2,036 a | 1,154 b | 894 b | 0.019 |
| Ba | 12 a | 12 ab | 10 ab | 8 b | 0.072 |
| Co | 0.8 b | 1.8 a | 0.8 b | 1.0 b | 0.0005 |
| Cu | 10 ab | 10 b | 12 a | 12 a | 0.044 |
| Li | 0.8 ab | 1.2 a | 0.7 b | 0.6 b | 0.036 |
| Pb | 1.0 ab | 1.4 a | 1.0 ab | 0.7 b | 0.044 |
| Ti | 41 ab | 47 a | 31 b | 31 b | 0.024 |
| V | 2.9 ab | 4.1 a | 2.4 b | 2.0 b | 0.008 |

*Data within each row passed ANOVA and averages significantly different at $p < 0.01$ were compared using Tukey-Kramer HSD multiple range test. At $p > 0.01$ each pair was compared using the Student's t test.

טבלה 4-ב' מציגה במפורט את ריכוזי היסודות בהם היה הבדל מובהק סטטיסטית כשנבחנו כל ארבעה הטיפולים. מעניינת במיוחד השפעת האמון הגופרתי על ריכוזי יסודות, בעיקר חיוניים. הוא הוריד את ריכוז המוליבדן (Mo) באופן מובהק ביותר הן בטיפול הבמס"א והן בהיקש, והסיבה לכך הייתה ככל הנראה תחרות של הסולפט במוליבדן על הקליטה בשורשים. לעומת זאת, האמון הגופרתי גרם לעליה בריכוזי הקובלט (Co), האבץ (Zn) והמנגן (Mn) בצמחים, וההבדל היה מובהק סטטיסטית בהיקש אך הוא לא היה מובהק בטיפול הבמס"א. העלייה בריכוז המנגן בצמחים הייתה פי 5 בהיקש ופי 3 בטיפול הבמס"א. זיבול בבמס"א גרם לירידה בריכוזי המנגן בצמחי חסה (לא מובהק), וראינו זאת גם במרבית הניסויים האחרים שביצענו. השילוב של האמון הגופרתי עם הבמס"א העלה את ריכוזי האשלגן (K), המגניזיום (Mg), הזרחן (P) והגפרית (S) בצמחים, אך בטיפול ההיקש המקביל הדשן גרם לירידה בריכוזי היסודות האלה (לא מובהק סטטיסטית).

דין ומסקנות

הכנת הבמס"א: הבמס"א, עם כמות מרבית של אפר פחם וסיד, פוזרה באופן מיטבי אולם הפיזור היה לאחר שיא החום. בשילוב עם יישום אמוניה הטיפול היה אמור להיות אפקטיבי בהפחתת גורמי המחלה בקרקע והופעת המחלה בצמחים. ריכוז האמוניום בטיפול האמון הגופרתי בקרקע מיד לאחר התייבוס היה כ-130 מ"ג N/kg, מה שמעיד כי התייבוס היה לעומק קטן מהמתוכנן (הריכוז שהיה הצפוי הוא 80 מ"ג N/kg), והייתה לכך כנראה השפעה על יעילות הטיפול.

השפעת התוספים על הצימוח ועל חיוניות הצמחים: השתילה הייתה כחודש לאחר ההצנעה וההשקיה הראשונה, ולא היה עיכוב בהתפתחות ההתחלתית של הצמחים. שיעור התמותה מקשיחיות גדולה בהיקש ללא תוספת היה כ-80% ובטיפול הבמס"א + 90 ק"ג אמון גופרתי/ד' הוא היה כ-50%, וההבדל היה מובהק סטטיסטית (טבלה 3). באסיף, יבול צמחי החסה הבריאים בטיפול הבמס"א + אמון גופרתי היה גבוה פי 2.2 בהשוואה ליבול בהיקש ללא אמון גופרתי (מובהק). ההבדלים בין הטיפולים ביבול הצמחים הבריאים יכול היה להיות בגלל מספר סיבות: (א) הבדל בהזנה המינרלית של הצמחים, (ב) השפעת הטיפולים על העשבייה והתחרות ממנה על אור, מים ויסודות הזנה, (ג) נגיעות לטנטיות של הצמחים במחלה שטרם הגיעה לביטוי. כל אחת מהסיבות לבדה אין בה כדי להסביר את ההבדלים: (א) לא היה הבדל בהזנה המינרלית של הצמחים בטיפול הבמס"א אבל היבול בטיפול הבמס"א + אמון גופרתי היה גבוה בכ-40% מטיפול הבמס"א ללא אמון גופרתי (טבלה 3). עם זאת, יישום הבמס"א העלה את הריכוזים בצמחים של היסודות החיוניים זרחן, נחושת ומוליבדן, באופן מובהק בהשוואה לטיפול ההיקש, וזאת למרות ההגדלה (עד יותר מהכפלה) במשקל הצמחים. (ב) בטיפול ההיקש + אמון גופרתי הייתה הפחתה של משמעותית בעשבייה (<50%; טבלה 2) אך היבול היה נמוך יחסית. נגיעות לטנטיות של הצמחים במחלה, שטרם הגיעה לביטוי, הייתה אולי הגורם להבדל במשקל של הצמחים הבריאים, בצירוף סיבות אחרות כולל אלו שנמנו לעיל.

הדברת עשבייה: טיפולי האמון הגופרתי, ובעיקר עם הבמס"א, הפחיתו את העשבייה באופן משמעותי מאד ומובהק סטטיסטית (טבלה 2). ניתן היה לראות זאת עד לאסיף למרות טיפולי הריסוס והעישוב המכאני שניתנו לפני השתילה.

תכולת יסודות הזנה וקורט בצמחים: חוזרת התופעה, שריכוזי העופרת והארסן והקדמיום בצמחים הנם מתחת לערך המרבי המותר ע"פ תקן משרד הבריאות. שלא כבדרך כלל, בניסוי הנוכחי ריכוזי הארסן והעופרת בטיפול הבמס"א היו נמוכים באופן מובהק סטטיסטית בהשוואה לטיפול ההיקש (טבלה 4).

מאחר שיבול החסה בטיפול היקש היה נמוך מאד, לא נתמקד בהשוואה של ריכוזי היסודות בצמחים בהיקש ובטיפול הבמס"א. בכל זאת, מעניין שלא היה הבדל בריכוזי הסיידן והבורון בצמחי שני סוגי הטיפולים למרות ריכוזיהם הגבוהים בבמס"א (85,000 ו-215 מ"ג/kg, בהתאמה), והמחסור הצפוי בהם בקרקע החולית השטופה בה בוצע הניסוי.

נתייחס להלן להשפעת תוספת האמון הגופרתי על ריכוזי היסודות בצמחים. הדשן כמעט לא השפיע על ריכוזי היסודות הבלתי חיוניים בצמחים אך הוא השפיע מאד על הריכוזים של מרבית היסודות החיוניים (להוציא סיידן, בורון ונחושת). כך, בהיקש שטופל באמון גופרתי עלו מאד ובאופן מובהק סטטיסטית (מ"ס) ריכוזי המנגן (פי 5), הקובלט (פי 2) והאבץ (בכ-60%), וירד ריכוז המוליבדן (פי

3). ריכוזי אשלגן, מגניון, זרחן וגופרית ירדו אולם באופן לא מובהק סטטיסטית (ל"מ). בטיפול הבמס"א המגמה הייתה דומה ביחס למנגן (ל"מ), לאבץ (ל"מ) ולמוליבדן (מ"ס) אך ריכוזי היסודות החיוניים האחרים דווקא עלו ובאופן מובהק (למרות ההגדלה בכ-40% ביבול).

האמון הגופרתי ניתן ביסוד, 36 ימים לפני השתילה. האמון כנראה כולו התנדף או חומצן הרבה לפני השתילה וגם הגופרה נשטפה ברובה (לפי בדיקות EC), וה-pH חזר לערך המקורי בקרקע (נמדד). לפיכך, נראה לנו שהשינויים בקליטת היסודות צריכים להיות מוסברים ע"י שינויים בזמינותם עקב הוספת הבמס"א והאמון הגופרתי לקרקע, תהליכי ספיחה, שקיעה/המסה ודגרדציה של חומר אורגני שהתרחשו בקרקע, והשפעת האמון הגופרתי על תהליכים אלה. אמון גופרתי הוא דשן חומצי, וחימצון האמון ונידופו (הגם שסביר שהנידוף היה שולי) גורמים לירידה ב-pH של הקרקע, להמסה ולעלייה בזמינות של יסודות עיקריים ויסודות קורט. מאידך גיסא, גופרה ודו-פחמה ולעיתים גם זרחה משקיעות יסודות של הטור השני (alkali earth): מ-Ca עד Ba. הזמינות הגבוהה של המנגן לאחר יישום האמון הגופרתי יכולה אולי להיות מוסברת בהמסתו בעת הירידה בשלב הירידה ב-pH המתרחש בעת חימצון האמון. ספיחה וקומפלקסציה של המנגן הדו-ערכי שהומס יאטו את חמצונו ויגדילו את אפשרות קליטתו בהמשך. ללא לימוד מפורט של התכונות הכימיות והביולוגיות של תערובות קרקע עם חומרים אלה לא ניתן להבין את התנהגותם ואת השפעתם האפשרית על הצמח.