



13 ינואר, 2012  
מנ - 38239

**יישום במס"א בחקלאות – מחקר המשך**  
**צעת מחקר המשך – דר' פנחס פיין, דצמבר 2011**

**רקע**

שימוש באפר מרחף כחומר אלקאלי, יחד עם סיד, לייצוב בוצת שפכים לייעוד חקלאי כתוסף אורגני ומינרלי לקרקע, מבוסס על הטכנולוגיה האמריקאית N-Viro שפותחה ע"י קבוצת חוקרים ויזמים באוהיו ומיושמת במתקנים רבים ברחבי ארה"ב ומדינות אחרות זה כשלושים שנה. הוספת חומרים אלקליים בעלי pH גבוה, כדוגמת אפר מרחף וסיד, גורמת לפסטור הבוצה מהפתוגנים ומאפשרת ניצולה הבלתי מוגבל בחקלאות (כגון גידולים למאכל אדם). הוספת אפר מסייעת גם לייצוב הבוצה (הפחתה בפליטת אמוניה ומטרדי ריח) ולהפיכתה מחומר נוזלי למחצה עם כ-20% מוצקים (כמצבה לאחר סחיטתה במט"ש), לחומר מוצק ופריר (כ-70% מוצקים) הניתן לפיזור יעיל בשדה.

המידע המדעי והיישומי העשיר שהצטבר לאורך שנים בארה"ב מהווה בסיס טוב לאימוץ השיטה במט"שים בארץ. אולם אופי הקרקעות המקומיות, שיטות הגידול, ההשקיה והדישון, כמו גם התנאים האקלימיים והסביבתיים המייחדים את ישראל מחייבים מחקר ליישום השיטה והתאמתה לגידולים המקומיים. הבמס"א (בוצה מיוצבת בסיד ובאפר) במינון שפותח במכון למדעי הקרקע, המים והסביבה במרכז וולקני, ליישומים המתאימים לארץ, עומדת בתנאי התקנות לבוצה סוג א' כתוסף לקרקע לגידולים מאכל אדם.

לבמס"א תכונות הניתנות לניצול בחקלאות המודרנית לשלוש מטרות עיקריות:

- א. החלפת דשן והעשרה של החומר האורגני בקרקע;
- ב. טיוב מבנה הקרקע והפחתת נגר וסחף;
- ג. הדברת מחלות צמחים שוכנות קרקע.

הפחתת השימוש בדשנים ובחומרי הדברה והתרומה הכוללת לאיכות הסביבה הנובעת ממיחזור ומצמצום הכרייה של משאבים מתכלים (זרחן ודלק פוסילי) הנם היבטים חשובים בחקר השימוש בבמס"א. ככל שתוכח יעילות הבמס"א בהיבטים אלה, ייזקף לזכותה ערך מוסף גבוה בגידולי מאכל בכלל וביצוא לאירופה בפרט.

מאידך גיסא השימוש בבמס"א צריך להיות מושכל, ולמנוע נזקים אפשריים לסביבה ולאדם. הסיכוי לנזק לקרקע ולגידול ביישום במס"א גבוה יחסית ליישום מוצרי בוצה אחרים בגלל ה-pH הגבוה מאד של המוצר (נזק אפשרי לגידולים ולמבנה הקרקע), בגלל מליחות הגבוהה יחסית (נזק לגידולים) ובגלל בעייתיות מובנית בזמינות של זרחן ושל יסודות קורט לגידול החקלאי (יסודות הזנה חיוניים לגידול).

בעקבות הנחיית המשרד להגנת הסביבה להפסיק הזרמת בוצת השפד"ן לים יזמה חברת דן-וירו, בעלת הזיכיון ליישום טכנולוגית N-Viro בארץ, הקמת מתקן האמור לטפל בכ- 15% - 30% מהבוצה המיוצרת, דהיינו 35,000 – 70,000 טון בוצה בשנה, שליוצבה נדרשים 15,000 – 30,000 טון אפר מרחף בשנה. המתקן שהקמתו הושלמה בשנה שעברה החל לאחרונה לפעול באורח סדיר ולייצר במס"א בקצב שנתי של כ- 60,000 טון והוא צורך אפר מרחף בקצב שנתי של כ- 25,000 טון. פוטנציאל השפד"ן במלואו עשוי להגיע בהיקפו הנוכחי לכדי 100,000 טון אפר מרחף בשנה. אולם בהתחשב בפיתוח מקביל של מתקני טיפול בבוצה בשיטת העיכול האל-אווירני יש להניח שפוטנציאל שיטת N-Viro בשפד"ן הוא עד מחצית הכמות הכוללת של הבוצה, דהיינו כ- 45,000 טון אפר מרחף בשנה. בתוכניות פיתוח במט"שים אחרים ברחבי הארץ גלום פוטנציאל להכפלת הכמות השנתית. הערך הכלכלי הפוטנציאלי למשק במונחי התחלופים לאפר<sup>1</sup> כ- 100 ש"ח לטון, מסתכם בכ- 9 מיליון ש"ח בשנה. ככל שיחול עיכוב בפיתוח המעכלים בשפד"ן ניתן יהיה להרחיב את מתקן דן-וירו ולממש פוטנציאל נוסף בשיעור למעלה מ- 5 מיליון ש"ח בשנה.

<sup>1</sup> 800 ש"ח לטון סיד, תוספת 4% לתערובת הבוצה; 20 ש"ח לטון מלאן גירי, 40% בתערובת הבוצה.



### מחקר יישום הבמס"א בחקלאות

קבוצת המחקר במכון לקרקע, מים וסביבה בראשות דר' פנחס פיין המלווה את הרצת תהליך N-Viro בארץ, מבצעת מאז 2005 מחקר בהזמנה משותפת של המנהלת ודן-וירו ובהיגוי הצוות המקצועי-מדעי (מזהמים), לבחינת היעילות והקבילות הסביבתית והבריאותית של השימוש באפר פחם מרחף לייצוב במס"א לחקלאות.

המחקר התנהל עד כה בשני שלביו הראשוניים :

**שלב גישוש מקדמי** (2005 - 2007) – בו נבחנו תחילה בתנאי מעבדה הרכבים שונים של תערובות במס"א אפשריות ונבדקו המדדים הבריאותיים (פתוגנים וביצים) והסביבתיים (מתכות). כן אופיינו התערובות בערכיהן האגרונומיים ונבדקו ספיחת יסודות קורט לצמחי בוחן. לאחר מכן בוצעו ניסויי שדה ראשוניים בתערובות שנמצאו מועדפות ונבחנו ההיבטים האגרונומיים והסביבתיים בצמחי בוחן.

בעקבות השלב המקדמי של המחקר, שאישש את ההערכות הסביבתיות החיוביות, אישר המשרד להגנת הסביבה את השימוש באפר לייצור במס"א לחקלאות וביקש מהמנהלת לנהל תוכנית מעקב של יישומה בתקופת פיילוט האמורה להימשך שלוש שנים מתחילת הייצור התעשייתי.

**שלב הערכות מכין** (2008 - 2011) – בו נערכו ניסויי שדה בתערובות של בוצות ממט"שים שונים עם אפר מרחף וסיד בתהליכי ייצור מאולצים, המדמות את הבמס"א האמורה להתקבל במתקן N-Viro בשפד"ן לעתיד לבוא. בשלב זה נרכש ידע ראשוני על התנהגות הבמס"א הצפויה בקרקע ועל התנאים שהיא אמורה לייצר בסביבת הצמח. לקראת סוף שלב זה החלה להתקבל תוצרת ראשונית מהמתקן בשפד"ן והיא שולבה בניסויי השדה.

**שלב ליווי הפיילוט** (2012 - 2014) – עם כניסתו של המתקן בשפד"ן לתפקוד מלא אמורה לצאת לפועל תוכנית הליווי לפיילוט שמטרותיה העיקריות הן :

- רכישת ניסיון בתהליך הייצור ובמינון התוספים לקבלת מוצר אופטימלי במונחי אגרונומיים, סביבתיים ותפעוליים ;
- גיבוש פרוטוקולים ישומיים להוספת הבמס"א לקרקע בהתאם ליעודיה החקלאיים השונים :
  - o דישון והעשרה בחומר אורגני ;
  - o הדברת מחלות שוכנות קרקע ;
- הפרוטוקולים יכללו התייחסות להרכב האופטימלי של הבמס"א בהתאם ליעודה, למינון הוספת הבמס"א לקרקע ולתדירות מחזורי ההוספה.
- בקרת היבטים סביבתיים ובריאותיים בבמס"א עצמה (פתוגנים, ריח, מתכות) וביישומיה בשדה (יסודות קורט בצמחים, אבק בפיזור ובעיבוד).

ליווי הפיילוט יתבצע במסגרת משותפת עם ארגון חקלאי ממוסד שייעד את שדותיו לניסוי המבוקר :

מטרת המחקר	מערכת נבדקת / נושא מחקר
השפעה על הגידול והרכבו, פיזור מזהמים בקרקע ובתת-הקרקע; השפעה על נגר וסחף.	1. גידולי שדה בשלחין במחזור (גידולים (רבדים)
החלפת דשן; השפעה על הרכב כימי של הגידולים.	2. גידולי שדה בפלחה במחזור (גידולים (משמר דוד)
החלפת חומרי הדברה ודשן; השפעה על הרכב כימי של הצמח (תכולה של מתכות כבדות ויסודות אחרים בפקעות).	3. הדברת מחלות צמחים שוכנות קרקע בגידול תפוי"א (חוות הבשור)

### לוח זמנים

- 2012 – מעקב ניסויי שדה מתמשכים משנות המחקר הקודמות.
- 2012 - 2013 - יישום בוצה באביב או בסתיו של כל אחת מהשנים לקראת הגידול של אותה שנה (יישום אביב) או השנה הבאה (יישום סתיו). מעקב ניסויי שדה מתמשכים.
- 2014 – מעקב ניסויי שדה מתמשכים וסיכום ממצאים ולקחים.



## תיאור נושאי המחקר

### 1. החלפת דשן והעשרה של החומר האורגני בקרקע:

מטרת חלק זה של המחקר היא אפיון וניסוח כמותיים של השפעות ארוכות-טווח של יישום במס"א מהשפד"ן (N-Viro) על תכונות הקרקע ועל תגובת גידולי שדה (גד"ש) בשלחין ובבעל.

במסגרת המחקר יורחב ויבוסס הידע בנוגע להשפעה של במס"א (בהשוואה לזבלים אחרים) על תהליכים בקרקע לשם אופטימיזציה של יישומן בקרקעות חקלאיות עיקריות כתחליף להזנה מינרלית וכאמצעי לטיוב הקרקע. במחקר יושם דגש מיוחד על ניטור ההתנהגות של יסודות הזנה, של יסודות קורט ומתכות כבדות בקרקע ובתת-הקרקע, ועל זמינותם ומידת קליטתם בגידולים חקלאיים.

במסגרת זאת נלמד גם על השפעת הבמס"א על רגישות של קרקעות להיווצרות נגר וסחף, בעיקר בהקשר לקרקעות רגישות יותר (שהינן בעלות שיעור גבוה של נתרן ספוח בקומפלקס הסופח) ובתנאי השקיה במי-קולחים, המחקר ממומן בחלקו ע"י קרן המדען הראשי של משרד החקלאות.

יבוצעו שני ניסויי שדה ארוכי טווח (3 שנים לפחות). האחד בשלחין בקיבוץ רבדים והשני בפלחה במשמר דוד. הניסוי ברבדים הנו בקרקע גרומוסול, והוא התחיל במאי 2011. בניסוי 15 טיפולים כל אחד ב-6 חזרות (בבלוקים באקראי), כל חזרה היא על שטח של 72 מ"ר. הטיפולים כוללים 4 טיפולי היקש ללא זבל, 3 טיפולי במס"א ו-9 טיפולים בזבלים אחרים (כולל: בוצה סוג ב', קומפוסט בוצה, קומפי אשפת ערים). כל סוג זבל נלמד בשלושה טיפולים שונים כלהלן: (א) יישום זבל לפי עומס חנקן כללי של 50 ק"ג N לדונם ללא מתן חנקן במהלך העונה; (ב) כנ"ל עם מתן חנקן (15 ק"ג N/D) במהלך העונה; (ג) כמו א' אולם בעומס שקול ל-150 ק"ג N/D. הטיפולים בעומס השקול ל-50 ק"ג/D יבוצעו מחדש בכל אביב, והטיפול במנה הגבוהה הנו ביישום יחיד ל-3 שנות המחקר. יישום הזבלים היה ידני.

הניסוי בפלחה במשמר דוד בוחן את ההשפעה ארוכת הטווח של יישום במס"א על התכונות הכימיות של קרקע גירית דלה ורדודה (רנדזינה בהירה) ועל ההרכב הכימי של הגידולים. הבמס"א מיושמת לפי 50 ולפי 150 ק"ג N/D. הטיפול הראשון חוזר מדי שנה והשני ניתן אחת ל-3 שנים, שניהם כתחליף ליישום דשן מסחרי. בעונה הראשונה (2011/12) גידול הבוחן הוא תלתן-בקה למספוא והגידול הבא במחזור יהיה חיטה.

### 2. הדברת מחלות צמחים שוכנות קרקע בגידול תפוז"א

יישום בוצה מיוצבת בסיד (במ"ס) ובמס"א יכול להפחית שכיחות של גורמי מחלה צמחיים בקרקע (כולל פטריות, חיידקים ונמטודות). בחנו זאת בגידול תפוז"א וראינו כי יישום במ"ס גם שיפר את איכות הפקעות (הגדיל את ריכוזי הסידן בהן והקטין ריכוזים של מתכות כבדות), והחליף דישון כימי בזרחן ובאשלגן. עם זאת, באחד הניסויים הייתה פגיעה ביבול הפקעות בטיפולי הבמ"ס עקב המלחת הקרקע.

מנגנון השפעה העיקרי של הבמס"א על גורמי מחלה בקרקע הוא שפעול של רעילות אמוניה גזית (NH<sub>3</sub>). מטרת המחקר היא ביסוס הידע לגבי יעילות ההדברה של גורמי מחלה בקרקע ואופטימיזציה של יישום תוספים (עומס הבמס"א, צורך אפשרי ביישום דשן מכיל אמוניום, יעילות החלפת דשן), התאמה לקרקעות והקטנת סיכונים אפשריים.

ניסוי השדה מבוצע בחוות הבשור (מו"פ דרום). בוצע אילוח בספונגוספורה (גורם לגרב אבקי בתפוז"א). לשדה היסטוריה של אילוח כבד בסטרפטומיצטים פתוגניים (גורמי גרב רגיל בתפוז"א ויבללת באגוזי אדמה). הנחות העבודה הן כי (א) לבמס"א תהיה השפעה ביוצידיית ישירה על גורמי מחלה בקרקע, (ב) באגרוטכניקה מתאימה, ההזנה והיבולים יהיו תקינים (או אף מוגדלים). במסגרת המחקר נבחנת הפעילות הביוצידיית של במס"א מהשפד"ן בהדברה של גורמי מחלה חיידקיים (Streptomyces spp, הגורמים למחלות גרב השקעים העמוקים בתפוזי אדמה ויבללת התרמילים באגוזי אדמה) ופטרייתיים (Spongospora subterranea f. sp. subterranea, הגורמת לגרב קמחי בתפוזי אדמה) בתנאי שדה.