



17 אוקטובר, 2013
מנ – 38711A

היבטים סביבתיים ובריאותיים של יישום במס"א בחקלאות

מסמך עמדה מקצועי בעריכת חברים¹ בצוות המקצועי-מדעי (חקלאות) לסיכום הדיונים בצוות²

מבוא

מטרת המסמך היא הערכת הקליטה בצמח של יסודות המוגדרים כרעילים, מקרקע המועשרת במס"א (המורכבת מאפר פחם, סיד ובוצה) תוך שימת דגש על תרומת אפר הפחם. המסמך נערך על בסיס דיון בצוות המקצועי-מדעי (חקלאות) והוא כולל התייחסות והמלצות באשר לתנאים שקבע משרד הבריאות ליישום מסחרי של במס"א בשדות³. הדיון נערך בעקבות חליפת מכתבים בין ראש שירותי בריאות הציבור ומנהלת אפר הפחם בה לובנה הערכת סיכון קליטת יסודות מזהמים שמקורם באפר הפחם שבמס"א בגידולים חקלאיים. הדיון התקיים לאור ממצאי המחקרים שנערכו במהלך השנים 2004 – 2013 במכון למדעי הקרקע, המים והסביבה במרכז וולקני. בדיקות שנערכו ביבול שנאסף מחלקות מסחריות בהן הוספה במס"א תוצרת מתקן דן-וירו בשפד"ן החלו משנת 2012. הסוגיות שנדונו בחליפת המכתבים דלעיל נסקרות במסמך מסכם המצורף בנספח⁴.

נתוני רקע⁵

יסודות רעילים באפר פחם – כל האפר בישראל הינו מסוג F (סיליקטי) המתקבל משריפת פחם ביטומני או סב-ביטומני המתאים לשריפה בדוודים של תחנות הכח בטכנולוגיה הקיימת, בכפוף למפרט הנדסי מחמיר. בתנאים אלה, תחום ההשתנות של ריכוזי יסודות הקורט באפר ובתשטיפיו הוא צר למדי. תחום ההשתנות של היסודות במקורות האפר השונים נבחן בהקשר לקריטריונים הסביבתיים-בריאותיים: ממוצעי כל היסודות בתוספת סטיית התקן בתשטיפי האפר נמוכים מהקריטריון האירופאי "לא מסוכן" (EN: Non Hazardous) בערך פי 4, 33, 320, 1670 לארסן, קדמיום, כספית ועופרת בהתאמה. הערכים לרדיום ותוריום נמוכים מרמת הפטור על פי סבא"א (IAEA: Exempted) בערך פי 5 ו-6 בהתאמה. יצוין שגם הערכים המרביים של כל אחד מהיסודות נמוכים באופן ניכר מהקריטריונים דלעיל.

יסודות רעילים במס"א – במס"א הינה בוצה סוג א' עפ"י תקנות המים (מניעת זיהום מים) (שימוש בבוצה וסילוקה) התשס"ה 2004, העומדת בכל דרישות התקנות ומדדיהן ומפוזרת בשדה בהתאם לתנאים המפורטים בהן. ריכוזי היסודות המנוטרים ע"י שירות המזון הארצי (קדמיום, כספית ועופרת), נמוכים באופן משמעותי הן באפר הפחם והן במס"א מערך הסף העליון המותר על פי התקנות לשימוש בבוצה. לדוגמה, הריכוזים באפר נמוכים פי 10, 33, 3 בהתאמה בהשוואה לערך המרבי המותר (לארסן לא נקבע ערך כזה בתקנות שימוש הבוצה).

הערכות סיכונים לקליטת יסודות מזהמים בצמחים

סכום ממצאי ניסויים⁶ – נבדק מכלול רחב של גידולים (תירס, חיטה, בקיה-תלתן, חמצה, תפוז"א, חסה, גזר), בקרקעות שונות (חרסית, לס, חול), בעומסי יישום שונים ובפיזורים חוזרים. בניסויי פיזורים חוזרים בליזימטרים נבדקה השפעת העמסת במס"א, בשיעור שנתי השקול ל-10 ול-30 טונה לדונם לאחר 2 יישומים שנתיים, על הצטברות היסודות בגידולים. בניסויי ליזימטרים אלו נבדקה השפעת הבמס"א על תכולת יסודות בחסה (קליטת היסודות על ידי החסה לאחר יישום במס"א עוקב שלישי נמצאת בשלב האנליזה הכימית). חסה הנו צמח בוחרן רגיש לנוכחות מתכות

¹ פרופ' אורי מינגלרין, דר' פנחס פיין, פרופ' רמי קרן

² חברי הצוות המקצועי-מדעי (חקלאות):

פרופ' אורי מינגלרין (יו"ר), דר' פנחס פיין, פרופ' רמי קרן – מכון וולקני

דר' נדיה טויטש, אולגה ברלין, יועץ דויטש – מכון גיאולוגי

גוסטבו חקין, דר' ז'אן קוד – ממ"ג-שורק

דר' אילן צדיקוב – משרד הגנת הסביבה

גיא רשף – רשות המים

דוד וינברג – משרד הבריאות

אברהם זילברמן (גיון) – משרד החקלאות

דר' אריאל מצגר – חברת החשמל

אריה בוסק – איגוד מגדלי דרום יהודה

³ תנאי גרוטו לבמס"א בחקלאות 17508713 מיום 3.4.13

⁴ התייחסות פרטנית לתנאי משרד הבריאות ליישום במס"א בשדות, 9.9.13

⁵ ריכוזי יסודות באפר ותשטיפיו בהשוואה לקריטריונים: תקנות הבוצה, IAEA, TCLP, EN

⁶ ריכוז ממצאי ניסויים מדו"חות דר' פנחס פיין, 2005 - 2013



זמינות במצע הגידול. הממצאים בחסה, מלמדים על מידת קליטת היסודות על ידי מרבית הגידולים האחרים שעליהם נאכלים (גידולי עלים ידועים כבעלי יכולת קליטה גבוהה של מתכות יחסית לגידולים אחרים).

ריכוזי המתכות המנטרות ע"י שירות המזון הארצי שהתקבלו בניסויים אלה היו נמוכים, ללא הבדל מובהק סטטיסטית בין טיפולי הבמס"א לבין טיפולי הביקורת. בד"כ נמדדו ריכוזים על סף גרישות שיטת הבדיקה ותמיד נמוך באופן משמעותי מתחת לערך המרבי המותר לפי תקנות "שירות המזון הארצי".

בנוסף, בניסויי הליזוטריים הרב שנתיים לא נמצא במי הנקז, גם לאחר הוספה שלישית של במס"א ברמה שוות ערך ל - 30 טון לדונם לשנה (ס"ה 90 טון לדונם), ריכוז משמעותי של אף לא אחד מהיסודות הרעילים. הקרקעות שנבחנו כללו מגוון רחב של מרקמי קרקעות, מחול דיונה ועד לקרקע חרסיתית. ריכוזי היסודות הללו במי-הנקז היו נמוכים מהריכוזים בתקן מי שתיה (בד"כ ברמות של תת חלקי ביליון) במשך כל התקופה (3 שנים).

בניסוי טיוב קרקע בעזרת אפר פחם יושמו 15, 20, ו-30 טונות אפר פחם לדונם. אלה שיעורי יישום גבוהים מאד בהשוואה לשיעור היישום הרגיל של אפר בקרקע בתערובת במס"א (2 טונות לדונם כאשר מיישמים 5 טונות במס"א לדונם). כל העומסים האלו נבדקו בכמה חזרות ובמשך שנתיים לפחות. גם בניסויים אלה נמצא שאפר הפחם לא הגדיל את ריכוזי היסודות בצמחים בהשוואה לביקורת ללא תוספת אפר או שהעלייה בריכוזי היסודות לא הייתה מובהקת סטטיסטית. גם במקרה האחד (יישום 30 טון אפר לדונם בקרקע חול באזור צומת אשדוד; ריכוזי עופרת בצמחי חיטה למספוא), שבו נמצאו ריכוזי עופרת גבוהים יחסית (ככל הנראה בהשפעת פליטות מכלי רכב), היו ריכוזי עופרת דומים בכל הטיפולים, כולל לביקורת. אפילו במקרה זה, ריכוזי העופרת בצמחים היה נמוך ממגבלת שרות המזון.

היחס הנמוך (עד ל - 1/40) בין כמות האפר המוספת לקרקע ב - 5 טון במס"א לדונם ביישום מעשי (2 טונה לדונם) לבין כמות האפר הנקי שהוספה לקרקע בניסוי (עד 80 טונה לדונם), מבטיח שגם אם הייתה נוכחות של ליגנדים אורגניים בבמס"א שמקורם בבוצה ושעשויים להעלות את זמינות היסודות באפר, זמינות היסודות הרעילים בקרקע לה הוספו 5 טון לדונם במס"א לא תתקרב לזמינותם בקרקע לה הוספו עשרות טונות של אפר פחם לדונם.

המחקרים שבוצעו הוכיחו כי זמינות היסודות שמקורם באפר לצמחים פוחתת במהירות עם הזמן ולכן להצטברותם בקרקע בפיזורים חוזרים אין משמעות בטווח הארוך עבור גידולים חד שנתיים. הסבה לכך היא שבעת פיזור נוסף, האפר שהוסף בפיזור הקודם אינו משחרר עוד יסודות ואילו היסודות שהשתחררו בעבר אינם זמינים עוד ברובם לגידול הנוכחי שכן הם נספחו למרכיבי הקרקע, שקעו כמלחים קשי תמס או נשטפו מחוץ לבית השורשים. יתרה מזו, המחקר מצביע כי אפר הפחם גם תורם לקיבוע של יסודות מזהמים המצויים בבוצה ומפחית את זמינותם לצמח.

חיזוי ארוך טווח על פי מודלים חישוביים⁷ – נערכו חישובים באמצעות מודל ארוך טווח בהנחה של מצב היפותטי שבו כל תכולת היסודות הרלוונטיים (ארסן, קדמיום, עופרת וכספית) הניתנת למיצוי מהאפר תתמוסס בבת-אחת ותיוותר בתמיסת הקרקע שבשכבת הקרקע העליונה (בעומק 20 ס"מ) ובהנחה שלא מתקיימת ספיחה או שקיעה של היסודות הרלוונטיים, כאשר במס"א מפוזרת במנה של 5 טון לדונם. גם במצב היפותטי זה, הריכוז המחושב של כל אחד מהיסודות הרעילים בתמיסת הקרקע יהיה עדיין נמוך באופן משמעותי מהריכוז המותר במי-השתייה לפי התקן הישראלי. זאת ועוד, גם כשאומצו הנחות חישוביות שמשמעותן היא זמינות יסודות רעילים לאחר הוספת חוזרות של במס"א הרבה מעבר למצב הקיים בפועל בקרקע (ראה לעיל), לא הגיע ריכוז היסודות המחושב בתמיסת הקרקע לרמה המותרת במי שתיה, אפילו כאשר הנחת המודל הייתה שהכמות הזמינה לגידול של היסודות הרעילים הייתה שוות ערך לזו המצויה ב - 7 מנות במס"א הניתנות בפיזור אחד בקרקע לס ואף 13 מנות בקרקע חרסיתית. ברור מכאן שהוספת חוזרות של במס"א אינן מהוות סיכון בכל הנוגע לקליטת היסודות הרעילים על ידי צמחים.

קליטת רדיונוקלידים בצמח⁸ – רמת השחרור של הרדיונוקלידים מאפר פחם למים נמוכה ביותר. ריכוזי הרדיונוקלידים במי השטיפה נמוכים מהמגבלה בתקנות איכות מי השתייה. ריכוזים אלה הם הריכוזים הזמינים לצמח בתמיסת הקרקע. הרדיואקטיביות הזמינה לגידול כתוצאה ממיצוי מימי של האפר נמוכה ביותר מסדר גודל מהמגבלה הרשומה בתקנות איכות מי השתייה. בהינתן הנתונים האלה, ריכוזי הרדיונוקלידים הטבעיים בתוצרת החקלאית צפויים להיות נמוכים בהרבה מהמגבלה שקבע משרד הבריאות (10 Bq/kg).

⁷ סיכוני קליטה בצמחים וזיהום מי תהום ביסודות מזהמים שמקורם באפר פחם, פרופ' רמי קרן, 9.9.13

⁸ קליטת רדיונוקלידים טבעיים מאפר פחם בתוצרת חקלאית, גוסטבו חקין, 17.3.13



זיהום מי תהום⁷ – גם חישוב תוך אימוץ הנחות מחמירות ביותר מראה כי ריכוזי היסודות אשר יוספו למי תהום כתוצאה מפזור במס"א בשדה בשיעור של 5 טון לדונם זניחים ונמוכים באופן משמעותי מהתקן הישראלי למי שתיה.

התייחסות להנחיות משרד הבריאות

מן הממצאים והערכות הסיכונים שסוכמו לעיל והמפורטים בנספחים אין ספק שחלק מדרישות משרד הבריאות כתנאי לשיווק תוצרת חקלאית שגודלה על קרקע שהוספה לה במס"א מחמירות הרבה מעבר לנדרש. בפרט:

- הגבלת ההיתר לקבוצת הגידולים שנבדקו בשדות המסחריים בלבד: הממצאים המחקריים במגוון גידולים רחב, בכללם חסה המשמשת כצמח בוחן לקליטת יסודות בעלים, משקפים את הצפוי גם בגידולים שעדיין לא נבדקו ומייתרים את הדרישה לבדיקה פרטנית של יבול מסחרי של כל גידול וגידול בנפרד כתנאי לאישור שיווק. דרישה זו תמנע מחקלאים להרחיב את השימוש במס"א (למרות יתרונותיה האגרונומיים המוכחים) לכלל הגידולים המקובלים, מחשש ששיווק יבולס יאסר על בסיס בדיקות שיבוצעו בתום עונת הגידול. חשש זה (למרות שאינו מוצדק) יגרום לכך שחקלאים ימנעו מלהשתמש במס"א.
- הגבלת ההיתר לגידולים על קרקעות שהועשרו במס"א באופן חד פעמי בלבד: הממצאים המחקריים וחישובי המודל כאחד מוכיחים כי אין צורך בדרישה לבדיקה נוספת של יסודות בגידולים מסחריים לאחר פיזור חוזר של מס"א. רמת הסיכון מהוספה חוזרת פעמים אחדות הוכחה כזניחה.
- הגבלת תדירות הוספת הבמס"א: ההגבלה אינה נחוצה מאותן סיבות שנסקרו לעיל בהקשר להתניית פיזור חוזר. המעקב השיטתי המתבצע בפועל, יוכל לעצור במועד תהליך של עליה בתכולת יסודות רעילים ביבולים כתוצאה מפזור חוזר, במקרה הלא סביר שכך יקרה.
- ממצאי מחקר מדעי ובדיקות תוצרת מסחרית: משרד הבריאות מעדיף, כבסיס למתן היתרים, בדיקות שתתבצענה בשדות מסחריים (שהבקרה השיטתית על הנעשה בהם מוגבלת מטבעה) על ממצאי מחקרים מבוקרים. היתרים, כמו גם איסורים, מן הראוי שיעשו על בסיס תוצאות מחקרים מבוקרים כמו אלו שכבר בוצעו או כאלה שיתגלה צורך בביצועם. בדיקות בשדות מסחריים מתאימות לפעילות פקוח. דהיינו, לאחר שניתן היתר על בסיס תוצאות מחקר מבוקר, אפשר, ככל שהדבר נדרש, לוודא באופן פרטני עמידה בדרישות ההיתר על ידי ביצוע דגימות מייצגות.

סיכום

הבדיקות הרבות שנערכו והמכסות טווח רחב ביותר של גידולים (בכלל זה גידולים המקובלים כגידולי בוחן), של קרקעות ושל תנאי גידול, מיייתרות את הצורך בבדיקת גידולי שדה נוספים כתנאי מקדים לאישור יישום מסחרי של מס"א. חישובי מודל המניח הנחות מחמירות מגבים גם הם מסקנה זו.

העומסים הגדולים והפיזורים החוזרים שנבחנו והערכים שהתקבלו מחישובי המודל מיייתרים את הצורך בבדיקת התוצרת החקלאית שגודלה בשדות בהם בוצע פיזור חוזר של מס"א וכן את הגבלת תדירות הפיזורים כתנאי לאישור שיווק התוצרת החקלאית.

לפיכך מומלץ להסתפק בדרישה לעמוד בתנאי תקנות הבוצה ולהסתייע במעקב השגרתי המתבצע ממילא ע"י מנהלת אפר הפחם בהיגוי הצוות המקצועי-מדעי (חקלאות), לבקרה על השפעת הוספת הבמס"א לשדות, כדי להבטיח ניהול מונע נזקים, ככל שאלה יתגלו אף שההסתברות לכך נמוכה ביותר, בטווח ארוך.

נספחים (לפי סדר אזכורם במסמך):

- 3.4.13 תנאי משרד הבריאות ליישום במס"א בחקלאות 17508713 מיום 3.4.13
- 9.9.13 דיון בתנאי משרד הבריאות ליישום במס"א בחקלאות, 9.9.13
- IAEA, TCLP, EN, תקנות הבוצה, 2013 – 2005 ריכוז ממצאי ניסויים מדו"חות דר' פנחס פיין,
- 9.9.13 סיכויי קליטה בצמחים וזיהום מי תהום ביסודות מזהמים מאפר פחם, פרופ' רמי קרן,
- 17.3.13 קליטת רדיונוקלידים טבעיים מאפר פחם בתוצרת חקלאית, גוסטבו חקין,