



שורק

הועדה לאנרגיה אטומית

המרכז למחקר גרעיני נחל - שורק
יבנה 81800

שטח בטיחות קרינה

המדורר למדידות גרעיניות
טל' 08-9434550 פקסי 08-9434696

גי סיון, תשס"ד
23 מאי, 2004
שב"ק - 2.2 - 254

לכבוד
מר עמרי לולב
מנהלת אפר הפחם
החברה הלאומית לאספקת פחם בע"מ
לינקולן 20
תל אביב 67134

הנדון: בדיקת תכולת רדיונוקלידים בתוצרת חקלאית

מבוא

התבקשנו לבדוק את תכולת הרדיונוקלידים טבעיים ^{232}Th ו- ^{226}Ra , ^{40}K בתוצרת חקלאית שגודלה על מצעי טוף ואפר פחם. מטרת הבדיקה היא לקבוע האם כתוצאה מגידול סוגים שונים של ירקות ופירות על מצעי אפר הפחם, הרדיונוקלידים הטבעיים הנייל נקלטים בתוצרת החקלאית ולהשוותה לעומת קליטתם בתוצרת חקלאית הגדלה על מצעי טוף. הגידולים, כפי שנבחרו ע"י צוות המחלקה לקרקע ומים בפקולטה לחקלאות ברחובות, הם משני סוגים: ירקות - חסה ובזיל ופירות - מלפפון ותות שדה. נבדקו שתי דוגמאות מכל סוג גידול, האחת שגודלה על מצע טוף והשנייה על אפר פחם (חלק מהמצעים הכילו תערובת של אפר פחם/טוף וקומפוסט), שתי דגימות מהמצעים וכן שתי דוגמאות רקע (blank).

שיטה מדידה

ריכוז הרדיונוקלידים הטבעיים הנייל נבדקו בשיטת ספקטרומטרית קרינת גאמא לאחר הכנת הדוגמא למנייה. הכנת הדוגמאות למנייה בפקולטה לחקלאות ברחובות ע"י הגב' צילה אביעד בוצעה לפי השיטה המפורטת: יבוש קר וחישוב אחוז חומר יבש של הגידול, איכול בחומצה (9 מ"ל HNO_3 + 2 מ"ל HCl מרוכזת + 1 מ"ל H_2O_2) בתנור מיקרוגל, השלמת הנפח ל-50 מ"ל עם מים מזוקקים. תמיסה זו נאטמה במיכל מדידה למשך חודש לפחות להשגת שווי משקל בין ה- ^{226}Ra ובנותיו.

המדידות בוצעו לפי הוראת עבודה ממ"ג מס' 0400-3016-00/01.

מידע זה המובא לעיל מוגן באמצעות חוקי זכויות יוצרים של מדינת ישראל, אמנות בינלאומיות לענין זכויות קניין רוחני וכל דין רלוונטי אחר, וכל זכויות היוצרים בו שמורים למרכז למחקר גרעיני - נחל שורק (להלן "שורק"). כל העתקה, שכפול, העברה או שינוי אשר ייעשו בהתייחס למידע המפורט לעיל, שלא בהתאם להרשאה מראש ובכתב מאת שורק, בין באופן חלקי ובין באופן מלא, בין בתמורה ובין שלא בתמורה, מפירים זכויות. למען הסר ספק אין להעביר לכל צד שלישי שהוא מסמך זה ואו כל חלק ממנו ללא אישור מראש ובכתב של שורק, למעט העברה לרשויות מוסמכות ע"פ דין.

תוצאות

תוצאות בדיקות התוצרת החקלאית מובאות בטבלה מס' 1 והן מבוססות ביחידות בקרל לק"ג חומר יבש תוך ציון אחוז החומר היבש של התוצרת.

טבלה מס' 1: תוצאות ריכוז רדיונוקלידים בתוצרת חקלאית.

מס' מעבדה	סימון לקוח	גידול	מצע	²²⁶ Ra (בקרל/ק"ג)	²³² Th (בקרל/ק"ג)	⁴⁰ K (בקרל/ק"ג)	% חומר יבש
L2140	N-1	חסה	טוף+קומפוסט	<0.22	<0.13	3.05±1.04	3.8
L2137	N-2	חסה	א.פ. +קומפוסט	<0.21	<0.13	1.03±0.40	3.8
L2141	N-3	מלפפון	טוף	<0.17	<0.17	2.87±0.86	3.9
L2143	N-4	מלפפון	אפר פחם	<0.09	<0.10	1.64±0.60	3.9
L2142	N-5	תות שדה	טוף	<0.12	<0.13	0.59±0.30	9.3
L2146	N-6	תות שדה	אפר פחם	<0.17	<0.15	0.23±0.25	9.3
L2144	N-7	בזיל	טוף+קומפוסט	<0.23	<0.11	1.87±0.50	9.8
L2145	N-8	בזיל	א.פ. +קומפוסט	<0.21	<0.21	0.42±0.23	9.8
S2453		מצע	טוף O-8M	28.1±2.6	31.2±2.5	362.0±50.2	0.5
S2452		מצע	אפר פחם	107.3±9.5	107.0±10.6	146.7±25.0	7.6

אי-הוודאות של כל התוצאות הם תוך שימוש ב- coverage factor של k=2 (רמת סמך של 95%).

מהתוצאות בטבלה מס' 1 נחשב את מקדם מעבר הרדיואקטיביות מהקרקע לגידול לפי הנוסחה:

$$T[\%] = \frac{A_v [Bq / kg] \cdot P [kg / dunam] \cdot RH[\%]}{A_s [Bq / kg] \cdot S [m^2 / dunam] \cdot h [m] \cdot \rho [kg / m^3]}$$

כאשר A_v ריכוז האקטיביות בתוצרת החקלאית (חומר יבש), P תפוקת התוצרת החקלאית לדונם, RH אחוז חומר יבש בגידול, S שטח גידול, גובה המצע, ρ צפיפות המצע ו- A_s ריכוז האקטיביות במצע (חומר רטוב). לצורך חישוב חסם עליון של מקדם המעבר לכל סוג גידול עבור ²²⁶Ra ו- ²³²Th נשתמש בנתונים הבאים:

א. שטח גידול של דונם אחד.

ב. תפוקה ממוצעת לדונם של הגידול (הסיכונים הרדיולוגיים לאוכלוסיית ישראל עקב חדירת נפולת ר"א לדרכי המזון, זיאן קוך, 1983).

ג. עומק מצע של 30 ס"מ.

ד. צפיפות מצע של 1.6 טון/מ"ק ו- 1.2 טון/מ"ק עבור טוף ואפר פחם בהתאמה.

תוצאות חישוב זה מובאים בטבלה מס' 2.

מידע זה המובא לעיל מוגן באמצעות חוקי זכויות יוצרים של מדינת ישראל, אמנות בינלאומיות לענין זכויות קניין רוחני וכל דין רלוונטי אחר, וכל זכויות היוצרים בו שמורים למרכז למחקר גרעיני - נחל שורק (להלן "שורק"). כל העתקה, שכפול, העברה או שינוי אשר ייעשו בהתייחס למידע המפורט לעיל, שלא בהתאם להרשאה מראש ובכתב מאת שורק, בין באופן חלקי ובין באופן מלא, בין בתמורה ובין שלא בתמורה, מפירים זכויות. למען הסר ספק אין להעביר לכל צד שלישי שהוא מסמך זה ואו כל חלק ממנו ללא אישור מראש ובכתב של שורק, למעט העברה לרשויות מוסמכות ע"פ דין.

טבלה מס' 2: תוצאות חסם מקדם המעבר מהקרקע לגידול עבור הגידולים שנבדקו.

סוג הגידול	תפוקה (טון/דונם)	מצע	^{226}Ra	^{232}Th
חסה	2	טוף+קומפוסט	$<1e^{-3}$	$<6e^{-4}$
חסה	2	אפר פחם+קומפוסט	$<4e^{-4}$	$<3e^{-4}$
מלפפון	2	טוף	$<2e^{-3}$	$<2e^{-3}$
מלפפון	2	אפר פחם	$<2e^{-4}$	$<2e^{-4}$
תות שדה	3	טוף	$<2e^{-3}$	$<2e^{-3}$
תות שדה	3	אפר פחם	$<1e^{-3}$	$<1e^{-3}$
בזיל	*1	טוף+קומפוסט	$<1e^{-3}$	$<7e^{-4}$
בזיל	*1	אפר פחם+קומפוסט	$<5e^{-4}$	$<5e^{-4}$

* ערך מוערך.

דיון

בדוגמאות התוצרת החקלאית שנבדקו נמצאו, כצפוי, ריכוזים מזיזים של ^{40}K בלבד. ריכוז ה- ^{40}K בגידולים על טוף גבוה מזה שבגידולים על אפר פחם בפקטור התואם את יחס ריכוז ה- ^{40}K בטוף לעומת באפר פחם.

הריכוזים של ^{226}Ra ו- ^{232}Th שנמדדו בכל הדוגמאות נמוכים מגבול הגילוי של מערכת המדידה. גבול הגילוי נקבע בהתאם לשיטת Curie לקביעת האקטיביות המינימאלית הניתנת לגילוי בצורה מהימנה (Minimum Detectable Activity) MDA ברמת סמך של 95%.

העובדה שלא הצלחנו לגלות את הרדיונוקלידים הנ"ל בתוצרת החקלאית אינה מעידה בהכרח שאין קליטה של רדיונוקלידים אלה בגידולים. אולם חישובנו חסם עליון למקדמי המעבר של הרדיונוקלידים הנ"ל לכל סוג של גידול.

נחשב את תוספת המנה המרבית הצפויה מאכילת התוצרת החקלאית הנ"ל בהנחות המחמירות הבאות:

א. בגידולים על מצע טוף ריכוז הרדיונוקלידים הנ"ל הוא אפס ואילו בגידולים על מצע אפר פחם ריכוז ה- ^{226}Ra , ^{232}Th וה- ^{228}Ra הוא לכל היותר כ- 0.2 Bq/kg (גבול הגילוי) חומר יבש לכל אחד. הרדיונוקליד ^{228}Ra שייך לשרשרת ה- ^{232}Th והגבלתו חמורה יותר. ה- ^{228}Ra נמצא בשווי משקל עם ה- ^{232}Th באפר הפחם אך איננו יודעים האם כך הדבר בתוצרת החקלאית. לכן אנו מניחים כי בתוצרת החקלאית "ישנם" כ- 0.2 Bq/kg של כל אחד מהרדיונוקלידים הנ"ל.

ב. אחוז חומר יבש של 4%.

ג. אוכלוסיה בוגרת מעל גיל 17, שצריכת הירקות והפירות עומדת על 300 ק"ג ו-150 ק"ג בשנה בהתאמה [מתוך השנתון הסטטיסטי 2003] שכולה בעלת ריכוז רדיונוקלידים הנ"ל.

ד. I_{ing} מקדם המעבר מאקטיביות נבלעת למנה [מתוך BSS 115].

בתנאים אלה תוספת המנה מאכילת פירות וירקות תעמוד על כ- $4 \mu\text{Sv/y}$.

מידע זה המובא לעיל מוגן באמצעות חוקי זכויות יוצרים של מדינת ישראל, אמנות בינלאומיות לעניין זכויות קניין רוחני וכל דין רלוונטי אחר, וכל זכויות היוצרים בו שמורים למרכז למחקר גרעיני - נחל שורק (להלן "שורק"). כל העתקה, שכפול, העברה או שינוי אשר ייעשו בהתייחס למידע המפורט לעיל, שלא בהתאם להרשאה מראש ובכתב מאת שורק, בין באופן חלקי ובין באופן מלא, בין בתמורה ובין שלא בתמורה, מפירים זכויות. למען הסר ספק אין להעביר לכל צד שלישי שהוא מסמך זה ואו כל חלק ממנו ללא אישור מראש ובכתב של שורק, למעט העברה לרשויות מוסמכות ע"פ דין.

- מהתוצאות שהתקבלו והדין הנ"ל אנו יכולים להסיק כי:
- א. לא נמצאה תוספת מובהקת לריכוז הרדיונוקלידים הטבעיים בתוצרת חקלאית שגודלה על מצע של אפר פחם לעומת תוצרת חקלאית מאותו סוג שגודלה על מצע טוף.
 - ב. גבול הגילוי של המזידה מבטיח כי תוספת המנה האקוויוולנטית לאוכלוסיה קטנה בלפחות פקטור 2 מהמנה הטריויאלית לפי BSS 115, אשר פותרת את השימוש מכל בקרה ופיקוח.
 - ג. ריכוז ה-⁴⁰K בתוצרת החקלאית אינה מהווה בעיה מבחינה בטיחות קרינה.
 - ד. חושב חסם עליון למקדמי המעבר של הרדיונוקלידים מהקרקע לתוצרת החקלאית.
 - ה. הוערכה תוספת מנת הקרינה לאדם הניזון מגידולים הגדלים בשיטה זו באופן בלעדי, בהנחות קיצוניות מחמירות ונמצאה נמוכה.
 - ו. לדעתנו, אין מניעה, מהיבט של בטיחות קרינה, להשתמש במצע של אפר פחם לגידול תוצרת חקלאית מהסוג הנ"ל.


בב"כה
גוסטבו חקין
ר' מדור מדידות גרעיניות

העתק: ד"ר יאיר שמאי, ר' שטח בטיחות קרינה.
ד"ר מנחם מרגליות, ר' תחום בכיר למדידות קרינה ודו"מטריה.
ד"ר זיאן קוך, ר' תחום הגנה מקרינה.
גבי צילה אביעד, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
נורית קניון, ר' מדור רדיוטוקסיקולוגיה.
זהר יונגרייס, טכנאי מדור מדידות גרעיניות.