ภาคผนวก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ก

ข้อมูลในการวิจัย

รูปที่ ผ.ก. 1 ข้อมูลสารมาตรฐานพืช IAEA-330

IAEA
International Atomic Energy Agency
Atoms For Peace

IAEA Environment Laboratories
Vienna International Centre, P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria

REFERENCE SHEET

CERTIFIED REFERENCE MATERIAL

IAEA-330

RADIONUCLIDES IN SPINACH

Date of issue: May 2009

Certified Quantity: Massic Activity
(Based on dry mass)

Prince of Songkla University Pattani Campus

Reference date for decay correction: 15 October 2007

Radionuclide	Certified Value Bq kg^{-1}	Uncertainty* Bq kg^{-1}
^{40}K	1188	30
^{90}Sr	20.1	2.1
^{137}Cs	1235	35
^{234}U	1.02	0.07
^{238}U	0.95	0.05

*Uncertainty is expressed as a Mexture model median based standard deviation S(MM-median) at 95 % confidence level [1, 2].

The certified values listed above were established on the basis of results reported by the IAEA Terrestrial Environment Laboratory in Seibersdorf, Austria. Five expert laboratories from Finland, Hungary, Republic of Korea and Portugal analysed the IAEA-330 spinach material. Each laboratory received three bottles, and was asked to determine the measurands of interest in each bottle. The obtained results from the expert laboratories were used to confirm the IAEA reference values. In total 30 and 15 bottles were analysed in the Terrestrial Environment Laboratory and expert laboratories respectively during the characterisation campaign of the spinach material. The IAEA derived reference values were in good agreement with the expert laboratories results.

Description of the material

The material was obtained from the "Vladimirovka" collective farm, Polesskoe, Kiev, Ukraine in summer 1990. The material was air dried and milled to less than 0.35 mm by the Brjansk Centre for Agricultural Radiology and Chemistry. 100 kg of the bulk material was recombined and homogenized at the IAEA Terrestrial Environment Laboratory by mixing the powder in a 300 liter drum for 72 hours. The material density was measured in 13 test portions and found to be

รูปที่ ผ.ก. 2 ข้อมูลสารมาตรฐานดิน IAEA-375

International Atomic Energy Agency
Analytical Quality Control Services
Wagramer Strasse 5, P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria

REFERENCE SHEET

REFERENCE MATERIAL

IAEA-375

RADIONUCLIDES AND TRACE ELEMENTS IN SOIL

Date of issue: January 2000*

Recommended Values
(Based on dry weight)

Reference Date for decay correction: 31st December 1991

Radionuclide	Recommended Value Bq/kg	95% Confidence Interval Bq/kg	N*
^{40}K	424	417 – 432	84
^{90}Sr	108	101 – 114	43
^{106}Ru	56	53 – 58	26
^{125}Sb	77	74 – 79	38
^{129}I	0.0017	0.0013 – 0.0021	10
^{134}Cs	463	454 – 472	87
^{137}Cs	5280	5200 – 5360	91
^{226}Ra	20	18 – 22	37
^{232}Th	20.5	19.2 – 21.9	11

Recommended Values
(Based on dry weight)

Element	Recommended Value mg/kg	95% Confidence Interval mg/kg	N*
Th	5.2	5.0 – 5.4	26
U	1.86	1.66 – 2.05	30

* *Number of accepted laboratory means which were used to calculate the recommended values and confidence intervals.*

● *Revision of the reference sheet dated December 1997; original report date: August 1994.*

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ข
รูปในการดำเนินวิจัย

ผ.ข. 1 ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีของ ^{226}Ra ในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$A = \frac{cps}{(a)(Eff)}$$

$$= \frac{(3560 / 10800)}{(0.46)(0.01)(314.50)}(1000)$$

$$= 241.87 Bq / kg$$

ผ.ข. 2 ตัวอย่างการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของ ^{226}Ra ในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$\sigma = [\frac{N_s}{T_s^2} + \frac{N_b}{T_b^2}]^{\frac{1}{2}}$$

$$= [\frac{2698}{10800^2} + \frac{146}{10800^2}]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 4.93(10^{-3})(1.96)$$

$$= 9.67(10^{-3}) cps$$

$$= 9.52 Bq / kg$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผ.ข. 3 ตัวอย่างการคำนวณค่าค่ากัมมันตภาพสมมูลรังสีเรเดียมในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$Ra_{EQ} = A_{Ra-226} + 1.43A_{Th-232} + 0.077A_{K-40}$$

$$= 241.87 + 1.43(308.11) + 0.077(183.21)$$

$$= 696.57 Bq / kg$$

ผ.ข. 4 ตัวอย่างการคำนวณค่าความเสียงรังสีจากภายนอก และค่าความเสี่ยงรังสีจากภายใน ในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

ค่าความเสียงรังสีจากภายนอก

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra-226}}{370} + \frac{A_{Th-232}}{259} + \frac{A_{K-40}}{4810}$$

$$= \frac{241.87}{370} + \frac{308.11}{259} + \frac{183.21}{4810}$$

$$= 1.88$$

ค่าความเสี่ยงรังสีจากภายใน

$$H_{in} = \frac{A_{Ra-226}}{185} + \frac{A_{Th-232}}{259} + \frac{A_{K-40}}{4810}$$

$$= \frac{241.87}{185} + \frac{308.11}{259} + \frac{183.21}{4810}$$

$$= 2.54$$

ผ.ข. 5 ตัวอย่างการคำนวณค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$D = 0.461A_{Ra-226} + 0.604A_{Th-232} + 0.0417A_{K-40}$$

$$= 0.461(241.87) + 0.604(308.11) + 0.0417(183.21)$$

$$= 305.24 nGy / h$$

ผ.ข. 6 ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปีในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$E = (D)(8760)(0.2)(0.7)(10^{-6})$$

$$= (305.24)(8760)(0.2)(0.7)(10^{-6})$$

$$= 0.37 mSv / y$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

ผ.ข. 7 ตัวอย่างการคำนวณการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชของ ^{226}Ra ในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$TF = \frac{A_{plant}}{A_{soil}}$$

$$= \frac{14.63}{241.86}$$

$$= 0.06$$

Prince of Songkla University
Pattani Campus

ภาคผนวก ค
รูปในการดำเนินวิจัย

(a) (b)

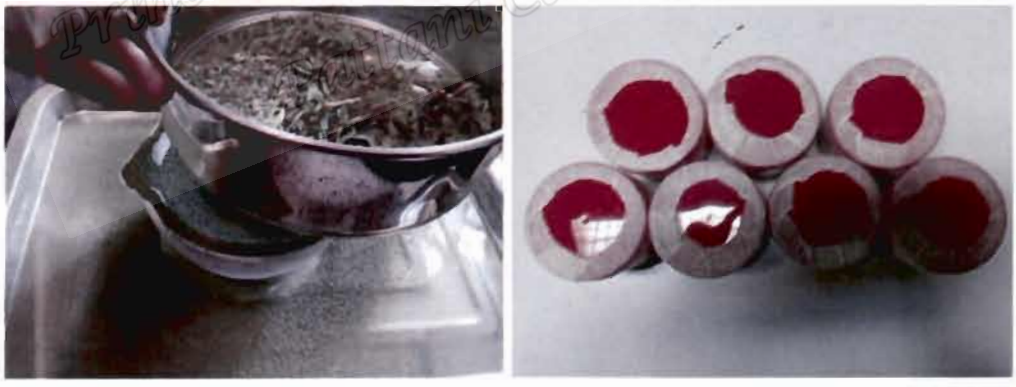
รูปที่ ผ.ค. 1 (a) ตัวอย่างพืชที่ทดลองในแปลง และ (b) ตัวอย่างพืชที่ทดลองในบ่อปูนซีเมนต์

(a) (b)

รูปที่ ผ.ค. 2 (a) ตัวอย่างพืช (b) ตัวอย่างดิน

Prince of Songkla University Pattani Campus

(a) (b)



(c) (d)

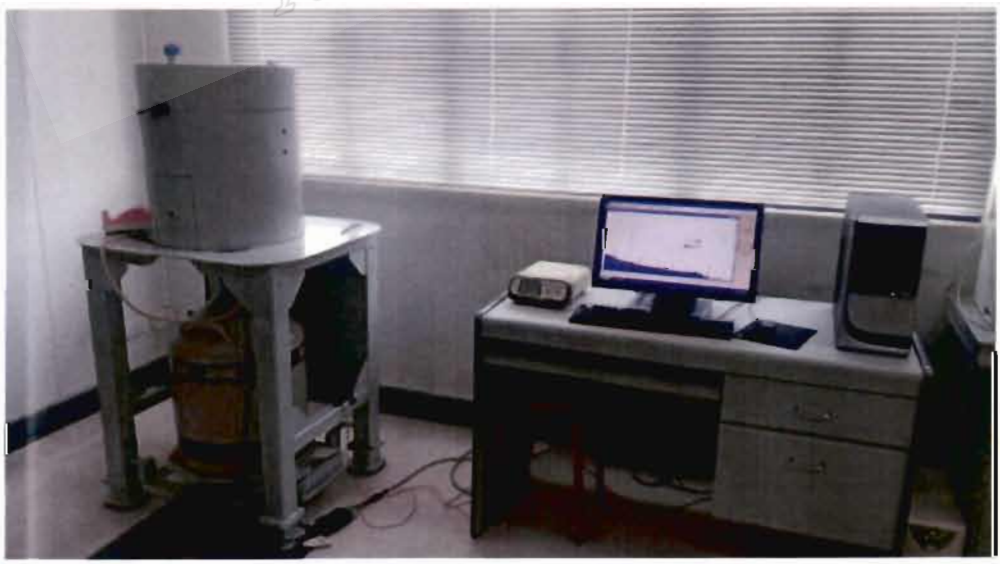
รูปที่ ผ.ค. 3 (a) - (d) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

Prince of Songkla University Pattani Campus

(a) (b)

รูปที่ ผ.ค. 4 (a) - (b) ขั้นตอนการวัดตัวอย่าง

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ ผ.ค. 5 หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium Detector: HPGe)

(a)

(b)

รูปที่ ผ.ค. 6 (a) - (b) ทีมงานในงานวิจัย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ภาคผนวก ง

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณรังสีของนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) ของพืชชนิดต่างๆ ที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Analysis of Radionuclide (^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K) in Plants at Tache Sub-district Yaha District, Yala Province

มีซาน โตะหง[1] พวงทิพย์ แก้วทับทิม[1*] ปิยะ ผ่านศึก[1] สุนารี บดีพงศ์[1] สมหมาย ช่างเชียน[2] และอุดร ยังช่วย[3]

Mizan Tophong[1], Pungtip Keawtaptim[1*], Piya Phansuke[1], Sunaree Bordeepong[1] Sommai Changkian[2] and Udon Yangchui[3]

[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ปัตตานี 94000

[2]98/168 หมู่ 1 หมู่บ้านเดอะวัลเลย์ ตำบลกะหรู่ อำเภอกะหรู่ ภูเก็ต 31120

[3]ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) นครนายก 26120

[1]Applied Physics, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University Pattani, Thailand 94000

[2]98/168 Moo 1, The Valley Village, Kathu Sub-district, Kathu District, Phuket, Thailand 31200

[3]Nuclear Laboratory, Thailand Institute of Nuclear Technology (TINT), Nakhon Nayok, Thailand 26120

*Corresponding author: pungtip.k@psu.ac.th

บทคัดย่อ

วิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในพืช ประกอบด้วย ไม้ล้มลุก พืชคลุมดิน และไม้พุ่ม ที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา โดยใช้ระบบการวิเคราะห์รังสีแกมมา ด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง พบว่าพืชคลุมดิน มีปริมาณสารกัมมันตรังสี ^{226}Ra สูงสุด คือ 27.26±5.22 Bq/kg ไม้ล้มลุกมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสี ^{232}Th และ ^{40}K สูงสุด คือ 42.83±6.19 และ 788.38±27.68 Bq/kg ตามลำดับ สำหรับค่ากัมมันตรังสีมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน (H_{in}) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) พบว่า ในพืชทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก (H_{ex}) และค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ของไม้ล้มลุกมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานส่วนพืชคลุม และไม้พุ่มมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานถูกกำหนดโดย UNSCEAR, 2000

คำสำคัญ: นิวไคลด์กัมมันตรังสี ไม้ล้มลุก พืชคลุมดิน ไม้พุ่ม ตำบลตาชี อำเภอยะหา

Abstract

Analysis of plants radionuclides were including 3 groups; herbaceous plant, mulching and shrub at Tache sub-district, Yaha district, Yala province by using gamma specmatry system with High Purity Germanium detector (HPGe). The result showed that the highest ^{226}Ra of mulching was 27.26±5.22 Bq/kg. Both the ^{232}Th and ^{40}K of herbicides were highest, 42.83±6.19 and 788.38±27.68 Bq/kg, respectively. For radium equivalent activity (Ra_{eq}), internal hazard index (H_{in}) and annual external effective dose rate (E) of all 3 group plants were below the limited but mulching and shrubs were below than limited. The limited values were set by UNSCEAR, 2000

Keywords: radioactive, Herbaceous plants, mulch, shrubs, Tache sub-district, Yaha district

คำนำ

สารกัมมันตรังสีมีแหล่งกำเนิดมาจากธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ จึงสามารถตรวจพบได้ในสิ่งแวดล้อม โดยปริมาณของสารกัมมันตรังสีเหล่านี้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณนั้น สำหรับพื้นที่ใช้เก็บตัวอย่างพืช คือ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นเทือกเขาหินแกรนิต ซึ่งเป็นหินที่ให้สารกัมมันตรังสีสูงกว่าหินชนิดอื่นๆ (พวงทิพย์ และสมหมาย, 2545) ดังนั้นเมื่อหินเหล่านี้ผุพังกลายเป็นดิน จึงทำให้ดินเหล่านั้นมีสารกัมมันตรังสีปนเปื้อน และพืชที่เจริญเติบโตในดินดังกล่าวก็จะดูดสารกัมมันตรังสีเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของลำต้น และเมื่อ คน หรือ สัตว์ บริโภคพืชดังกล่าว สารกัมมันตรังสีก็จะเข้ามาสะสมในร่างกายของคนหรือสัตว์ กลายเป็นห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารรังสีและจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากสารกัมมันตรังสีเป็นอันตรายต่อมนุษย์ไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม เมื่อได้รับรังสีจะทำให้ดีเอ็นเอหรือโครโมโซมเกิดความเสียหาย บางกรณีสามารถซ่อมแซมได้ แต่บางกรณีซ่อมแซมไม่ได้ ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ (ภรรศิกา, 2550) นอกจากนี้พืชที่มีคุณสมบัติในการดึงดูดสารกัมมันตรังสีได้ดี สามารถนำไปใช้ในการลดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีได้ การลดปริมาณสารกัมมันตรังสีมีหลากหลายวิธีหนึ่งในนั้น คือ กระบวนการบำบัดด้วยพืช เป็นวิธีการลดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีที่ไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน สามารถลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมโดยไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในปริมาณมาก จึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งสำหรับการบำบัดสารกัมมันตรังสี จากการศึกษาจะทำให้ทราบถึงระดับสารกัมมันตรังสีในพืชว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่ และจะทำให้ทราบศักยภาพของพืชเพื่อใช้บำบัดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีในดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์ และสารรังสี

1.1 สารมาตรฐาน E ZIP Ref. No 1692-6 ที่บรรจุในมาริเนลลีบีกเกอร์ขนาด 1 L มีความหนาแน่นเท่ากับ 1 g/L ของบริษัท Eckert & Ziegler Isotope Product

1.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่างมาริเนลลีบีกเกอร์ (Marinelli beaker)

1.3 หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (High purity germanium detection; HPGe)

1.4 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichanel Analyser; MCA)

1.5 ระบบการวัดวิเคราะห์แบบแกรมมาสเปกโตรเมตรี (Gamma Vission - MCB 129)

2. ขั้นตอนเก็บตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ทำการเก็บตัวอย่างพืชรวม 12 ชนิด ทั้งต้น ราก และใบ ทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง หั่นให้มีขนาด 3-5 ซม. แล้วบรรจุใส่ภาชนะชั่งน้ำหนัก ปิดผนึก และเก็บไว้ให้ครบ 1 เดือน เพื่อให้เกิดสมดุลทางรังสี ก่อนนำไปวัดรังสีแกมมา

2.2 ทำการปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง (Channel number) กับพลังงานของรังสีแกมมา

2.3 วัดสารกัมมันตรังสีภูมิหลัง และตัวอย่าง ใช้เวลา 50,000 s

2.4 วัดสารกัมมันตรังสีมาตรฐาน E ZIP Ref. No 1692 โดยใช้เวลา 50,000 s

2.5 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบ HPGe จากสมการ

$$\%Eff = \frac{cps}{(\%a)(A)}$$

เมื่อ cps คือ อัตรานับวัดต่อวินาทีหลังจากหักลบค่ารังสีภูมิหลัง [Bq / kg], %a คือ โอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา และ A คือ ปริมาณกัมมันตภาพรังสีปัจจุบันของสารกัมมันตรังสี [Bq / kg]

2.6 คำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างพืช

2.7 วิเคราะห์ยอดพลังงานของรังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Gamma Acquisition & Analysis ในรูปสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาในตัวอย่างพืช ใช้เวลาในตรวจวัด 50000 s บันทึกค่าได้พีคของสเปกตรัมรังสีแกมมาของธาตุ ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K และคำนวณหาปริมาณสารกัมมันตรังสี จากสมการ

$$A = \frac{cps}{(\%a)(\%Eff)}$$

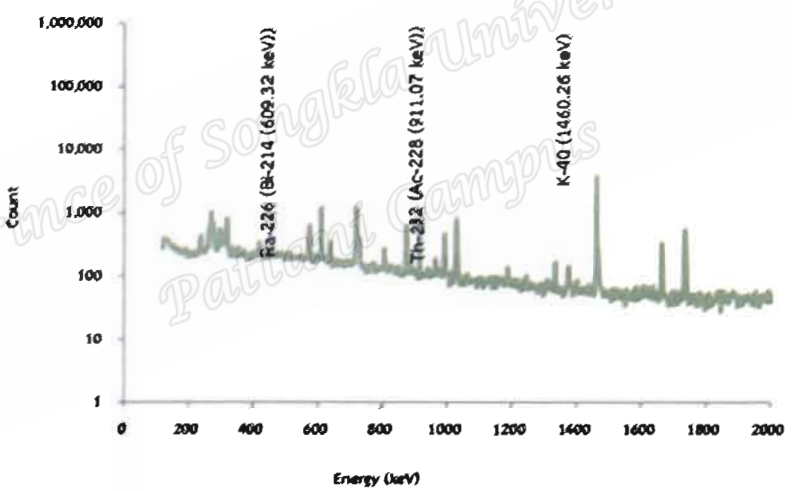


Figure 1 Sample spectrum in plant

2.8 ค่ากัมมันตรังสีมูลเรเดียม (Ra_{eq}) หาได้จากสมการ

$$Ra_{eq} = A_{Ra\ 226} + 1.43A_{Th\ 232} + 0.077A_{K\ 40}$$

เป็นค่าดัชนีแสดงความเป็นดัชนีชี้วัดอันตรายทางรังสีชนิดหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra, ^{40}K และ U-238 ซึ่งสามารถคำนวณให้เป็นค่าเพียงค่าเดียว โดย Ra_{eq} มีค่าไม่ควรเกิน 370 Bq/kg กำหนดโดย (UNSCEAR, 2000) ที่มีการศึกษา พบว่า ^{226}Ra มีกัมมันตภาพรังสีที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่า

กัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของ กัมมันตภาพรังสีของ ^{232}Th ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ ^{40}Kที่ 0.077 Bq/kg

2.9 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก (H_{ex}) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน (H_{in}) หาได้จากสมการ

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra\ 226}}{370} + \frac{A_{Th\ 232}}{259} + \frac{A_{K\ 40}}{4810}$$

$$H_{in} = \frac{A_{Ra\ 226}}{185} + \frac{A_{Th\ 232}}{259} + \frac{A_{K\ 40}}{4810}$$

คือ ค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติ โดยกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตรังสีแกมมา เมื่อค่า $H_{ex} = H_{in} < 1$ แสดงว่าปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากและทึ้งได้ ถ้าค่า $H_{ex} = H_{in} = 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเท่ากับ 1.5 mGy/y และถ้า ค่า $H_{ex} = H_{in} > 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก หมายความว่าสิ่งต่างๆที่อยู่รอบๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง

2.10 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) หาได้จากสมการ

$$D = 0.461A_{Ra\ 226} + 0.604A_{Th\ 232} + 0.0417A_{K\ 40}$$

อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน คำนวณเพื่อประเมินการปริโภคสารกัมมันตรังสีของมนุษย์จากพืชที่กินได้ ซึ่งไม่ควรเกิน 55 nGy/h

2.11 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) หาได้จากสมการ

$$E(mSv/y) = D \times 8760h \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6}$$

ปริมาณรังสีแกมมาในอากาศเป็นค่าปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลานอกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน 0.48 mSv/y

ผลการวิจัย

4.1 เพิ่มผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสี ^{226}Ra, ^{232}Th, และ ^{40}Kในตัวอย่างพืช

ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งพืชทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ไม้ล้มลุก ประกอบด้วย ดาวเรือง (*Tagetes* spp.) บีกแฝกไส้ (*Bidens pilosa*) ลำโพงกาสลัก (*Datura fastuosa* L.) มะพร้าวนกคุ่ม (*Molineria latifolia* Herb. Ex Kurz) หญ้าการไผ่ (*Setaria Palmifolia Stapf*) หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) มันเทศ (*Ipomoea batatas*) ผักกูด (*Diplazium esculentum*) หญ้าแฝกดอน (*Chrysopogon zizanioides*) และสาบเสือ (*Eupatorium odoratum* L.)

พืชคลุมดิน ประกอบด้วย เพอราเรีย (*Calopogonium coeruleum* Suav) และไม้พุ่ม ประกอบด้วย เฮลิโคเนีย (*Heliconia* spp.) ซึ่งผลจากการศึกษามีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

Table 1 Amount of radioactive material in the plant sample

Sample	^{226}Ra (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)
Herbaceous Plants	26.78±5.03	42.82±6.19	788.38±27.68
Mulch	27.26±5.22	19.66±4.43	574.60±23.97
Shrubs	10.10±3.18	13.50±3.67	391.51±19.79

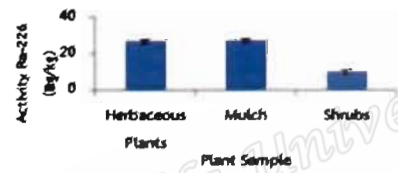


Figure 2 Amount of radioactive ^{226}Ra

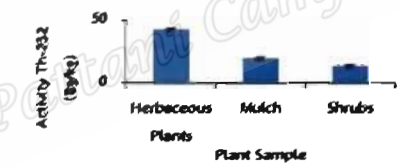


Figure 3 Amount of radioactive ^{232}Th

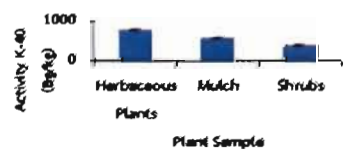


Figure 4 Amount of radioactive ^{40}K

จากการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืชทั้ง 12 ชนิด พบว่าพืชคลุมมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra สูงสุด คือ 27.26 ± 5.22 Bq/kg ไม้ล้มลุกมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{232}Th และ ^{40}K สูงสุด คือ 42.82 ± 6.19 และ 788.38 ± 27.68 Bq/kg ตามลำดับ

4.2 ค่ากัมมันตรังสีมูลเรเดียม (Ra_{eq}), ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก (H_{ex}) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน (H_{in}), ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E)

Table 2 Amount of Raeq (Bq/kg), H_{ex}, H_{in}, D (nGy/h) and E (mSv/y)

กลุ่มพืช	Raeq ± σ (Bq/kg)	H_{ex} ± σ	H_{in} ± σ	D ± σ (nGy/h)	E ± σ (mSv/y)
Herbaceous Plants	148.72±11.09	1.03±0.99	0.47±0.67	70.91±8.23	0.09±0.29
Mulch	99.62±9.98	0.71±0.84	0.34±0.59	48.32±6.95	0.06±0.24
Shrubs	59.55±7.72	0.67±0.82	0.19±0.43	29.08±5.39	0.04±0.19

Figure 5 Amount of Radium equivalent activity

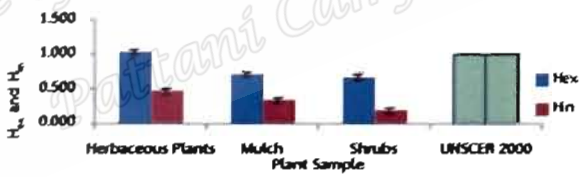


Figure 6 Amount of External hazard index and Internal hazard index

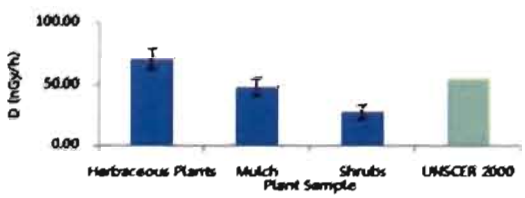


Figure 7 Amount of Absorbed dose rates in air

Prince of Songkla University Pattani Campus

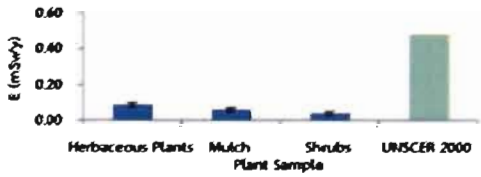


Figure 8 Amount of Annual external effective dose rate

จากการศึกษาปริมาณ Ra_{eq} (Bq/kg), H_{ex}, H_{in}, D (nGy/h) และ E (mSv/y) ในตัวอย่างพืช พบว่าค่า Ra_{eq} (Bq/kg), H_{in} และ E (mSv/y) มีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ค่า H_{ex} และค่า D (nGy/h) ของไม้ล้มลุกมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 1.03±0.99 และ 70.91±8.23 nGy/h ตามลำดับ พืชคลุมดินและไม้พุ่มมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานถูกกำหนดโดย UNSCEAR, 2000

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืช เมื่อเทียบกับการทดลองของนักวิจัยอื่นๆ พบพืชประเภทไม้ล้มลุก ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K มีค่าสูงกว่า ผักที่ทานได้ ประเทศ Malysia (Mayeen *et al.*, 2016) พืชประเภทพืชคลุมดิน ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K มีค่าสูงกว่าพืชป่าชายเลน อำเภอปัตตานี (Kaewtubtim *et al.*, 2017) แต่มีค่าต่ำกว่าอล ประเทศ Serbia (Dragovic *et al.*, 2010). และพืชประเภทไม้พุ่ม ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K มีค่าสูงกว่าพืช ประเทศ Serbia (Gorica *et al.*, 2016) แต่มีค่าต่ำกว่าพืชป่าชายเลน อำเภอปัตตานี (Kaewtubtim *et al.*, 2017) และเกณฑ์ของคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ของสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบของรังสี (Nejed *et al.*, 2003)

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืช พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K พบว่า ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra มีค่าสูงสุดในพืชคลุมดิน ไม้ล้มลุก และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 27.78±5.03, 26.26±5.22 และ 10.10±3.18 Bq/kg ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{232}Th มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 42.82±6.19, 19.66±4.43 และ 13.50±3.67 Bq/kg และปริมาณสารกัมมันตรังสีของ ^{40}K มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 788.38±27.68, 574.60±23.97 และ 319.51±19.79 Bq/kg

สำหรับผลการศึกษาปริมาณ Ra_{eq} (Bq/kg), H_{ex}, H_{in}, D (nGy/h) และ E (mSv/y) ในตัวอย่างพืช พบว่าค่า Ra_{eq} (Bq/kg) มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุมดิน และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 148.72±11.90, 99.62±9.98 และ 59.55±7.72 Bq/kg ตามลำดับ ค่า H_{ex} มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 1.03±0.99, 0.71±0.84 และ 0.67±0.82 ตามลำดับ ค่า H_{in} มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 0.47±0.67, 0.34±0.59 และ 0.19±0.43 ตามลำดับ ค่า D (nGy/h) มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น 70.91±8.23, 48.32±6.95 และ 29.08±5.39 nGy/h ตามลำดับ และค่า E (mSv/y) มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น

0.09±0.29, 0.06±0.24 และ 0.04±0.19 mSv/y ตามลำดับ พบว่าค่า Ra_{eq} (Bq/kg), H_{in} และ E (mSv/y) มีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ค่า H_{ex} และค่า D (nGy/h) ของไม้ล้มลุกมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ 1.03±0.99 และ 70.91±8.23 nGy/h ตามลำดับ พืชคลุมดินและไม้พุ่มมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานถูกกำหนดโดย UNSCEAR, 2000 ดังนั้นสรุปได้ว่า พืชชนิดไม้ล้มลุกมีศักยภาพใช้บำบัดการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์กรมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับตรวจวัดรังสี ขอขอบคุณ ดร.อุดร ยังช่วย ที่แนะนำการใช้เครื่องมือ ขอขอบคุณ ผอ. กุสิทธิ์ เศียรสุวรรณ์ และครอบครัว ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำแปลงทดลอง ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรรติกา ศรีเสนา. 2550. **พลังงานนิวเคลียร์ มนุษย์สิ่งแวดล้อม และสังคม.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 130 น.

พวงทิพย์ แก้วทับทิม และสมหมาย ช่างเจียน. 2544. **การสำรวจปริมาณ ยูเรเนียม พอเรียมและโพแทสเซียมระดับพื้นผิว ในจังหวัดยะลา ด้วยแกมมาสเปกโตรเมตร์.** ปัตตานี:มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Dragovic, S., N. Mihailovic and B. Gajic. 2010. Quantification of transfer of U-238, Ra-226, Th-232, K-40 and Cs-137 in mosses of a semi-natural ecosystem. **Journal of Environmental Radioactivity** 101(2): 159-164.

Gorica, D., K. Dragana, M.S. Jelena, M. Biljana, T. Marina, N. Dragoslav, V. Dusica, Z. Tijana, S. Milan and K. Dragana. 2016. Transfer factors of natural radionuclide and Cs-137 from soil to plants used in traditional medicine in central Serbia. **Journal of Environmental Radioactivity** 158(2): 81-88.

Kaew tubtim, P., W. Meeradej, S. Seepom and J. Pichtel. 2017. Radionuclide (Ra-226 Th-232, K-40) accumulation among plant species in mangrove ecosystems of Pattani Bay, Thailand. **Marine Pollution Bulletin** 115(4): 391-400.

Mayeen, U.K., L.M. Nasir, Kh. Asaduzzaman, M.A. Olatunji, Y.M. Amin, H.A. Kassim, D.A. Bradley, P.J. Jojo and T. Alrefaed. 2016. Evaluation of radionuclides transfer from soil-to-edible flora and estimation of radiological dose to the Malaysian populace. **Chemosphere** 154(5): 528-536.

Nejad, M. G., M.M. Beitollahi, M. Asefi and F. Rezanejad. 2003. Exposure to Ra-226 from consumption of vegetables along the high level natural radiation area of Ramsar-Iran. **Journal of Environmental Radioactivity** 66(2): 215-225.

UNSCEAR. 2000. Sources, effects and risk of ionizing radiation. Unitions Scientific Committee on the Effets of Atomic Radiation New York. **United Nations** 46(2): 84-141s

Prince of Songkla University
Pattani Campus