



วิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) ของพืชจาก ตำบลตาชี อำเภอยะหา  
จังหวัดยะลา

Analyze of Radionuclide ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) in Plants from Tache Sub District,  
Yaha District, Yala Province

มีซาน โต๊ะพง  
Mizan Tohpong

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Applied Physics

Prince of Songkla University

2562


ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ วิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) ของพีชจาก ตำบลตาชี  
อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

ผู้เขียน นางสาวมีชาน โตะพง

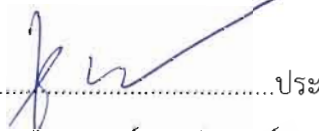
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก



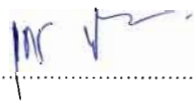
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

คณะกรรมการสอบ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ เกษราธิคุณ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม



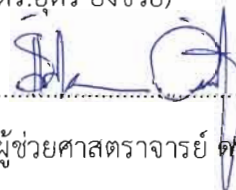
(ดร.อุตร ยิ่งช่วย)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)




(ดร.อุตร ยิ่งช่วย)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรัตน์ วิชัยดิษฐ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดำรงศักดิ์ ฟ้ารุ่งแสง)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....  
(นางสาวมีชาน โตะพง)  
นักศึกษา

Prince of Songkhla University  
Pattani Campus

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ  
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....*อ้วน*.....

(นางสาวมีชาน โตะพง)

นักศึกษา

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ชื่อวิทยานิพนธ์	วิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ) ของพืชจาก ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา
ผู้เขียน	นางสาวมีซาน โตะพง
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2561

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาศักยภาพของพืชที่สามารถบำบัดสารกัมมันตรังสีในดินบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา เนื่องจากพื้นที่แห่งนี้เป็นที่ราบสูง มีภูเขา และเคยเป็นเหมืองแร่ดีบุก ดังนั้นที่แห่งนี้จึงเต็มไปด้วยสารกัมมันตรังสี โดยเก็บพืชที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 16 ชนิด ตรวจสอบศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชพบว่า ชะอม มันสำปะหลังมะพร้าววนกลุ่ม ลำโพง กาสลัก ปีนนงไส้ และสาบเสือ มีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชได้ดี ( $TF > 1$ ) จึงนำพืชทั้ง 6 ชนิดมาศึกษาต่ออย่างละเอียด โดยแยกพืชแต่ละชนิดเป็น ราก ต้น และใบ เพื่อให้ทราบ ว่าส่วนไหนของพืชมีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีได้ดีที่สุด ทำการทดลองโดยแบ่งเป็นปลูกในบ่อซีเมนต์ และปลูกในแปลง ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือน จากการทดลองทั้งในบ่อปูนซีเมนต์ และในแปลงพบว่า ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ของพืชทุกชนิดมีค่าน้อยกว่า 1 ( $TF < 1$ ) ยกเว้นปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีของ  $^{40}\text{K}$  ของพืชทุกชนิดมีค่ามากกว่า 1 ( $TF > 1$ ) และพบมากที่สุดในส่วนรากของมะพร้าววนกลุ่ม มีค่าเป็น  $7.45 \pm 0.45$  และ  $9.13 \pm 0.33$  ตามลำดับ รองลงมาคือ ส่วนต้นของมะพร้าววนกลุ่ม มีค่าเป็น  $5.38 \pm 0.31$  และ  $5.49 \pm 0.20$  ตามลำดับ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามะพร้าววนกลุ่มมีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชได้ดี ( $TF > 1$ ) สามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งเพื่อใช้ในการบำบัดสารกัมมันตรังสีในดิน ในพื้นที่อื่นๆ ที่มีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสี

Thesis Title	Analyze of Radionuclide ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ , $^{40}\text{K}$ ) in Plants from Tache Sub District, Yaha District, Yala Province
Author	Miss Mizan Tophong
Major Program	Applied Physics
Academic Year	2018

## ABSTRACT

Radionuclides were obtained from sources such as natural processes and human activities. The objective of this research activity is to evaluate the phytoremediation potential of various plants grown in soils contaminated with radionuclides in Tache Sub District, Yaha District, Yala Province. This area is a mountainous plateau and was once a mining site. So it is filled with radioactive materials. The most densely populated plants in this area are 16 types. Examine the potential for the transfer factor radionuclide from soil to plants. is Climbing Wattle, Cassava, Phraao Nok Khum, Thorn Apple, Spanish needle and Bitter bush. The potential to transfer factor of radionuclide was well ( $TF > 1$ ). Therefore bring all 6 plants to study thoroughly by separating each plant into root, stem, and leaves. Experiment by dividing into the cement pond and planted in plots. The duration of the experiment is 6 months. Collected is a date every 3 months. Both experiments were radionuclide of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$ , and  $^{232}\text{Th}$  all of the plants less than 1 ( $TF < 1$ ). Except for the amount of transfer factor radionuclide of  $^{40}\text{K}$  all of the plants is greater than 1 ( $TF > 1$ ). and most commonly in the roots of Phraao Nok Khum was  $7.45 \pm 0.45$  and  $9.13 \pm 0.33$  respectively. The beginning of the shoot of Phraao Nok Khum was  $5.38 \pm 0.31$  and  $5.49 \pm 0.20$  respectively. This study showed that Phraao Nok Khum has the potential to transfer factor can be an option for the treatment of radionuclides in soil In the other areas.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จากความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.อุตร ยังช่วย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการค้นคว้า และติดตามมาโดยตลอด อีกทั้งยังช่วยตรวจทาน แก้ไขในการเขียนรายงาน ทำให้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ทางผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบงานวิจัยทุกท่าน ตลอดจนอาจารย์ในแผนกวิชาฟิสิกส์ทุกท่าน ที่คอยให้คำชี้แนะรวมทั้งแนวทางในการดำเนินวิจัย และแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนให้ความรู้ในการทำวิจัยอย่างถี่ถ้วนมา พร้อมทั้งให้กำลังใจในการทำงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบคุณ คุณภาราดิ โคชริน คุณนพฤทธิ ช่างคิด คุณอุทัยวรรณ อินทร์เจริญ คุณโชติกา ดารานูตานา และคุณฤทัยรัตน์ บุญครองชีพจากสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ใช้เครื่องมือในการตรวจวัดรังสี ให้คำปรึกษา อำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณกุสิทธิ์ เติร์สุวรรณ และคุณทิพวรรณ คงภักดี ที่คอยช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและให้ใช้สถานที่ในการวางแผนตัวอย่างที่ใช้ทดลอง ตลอดถึง พี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ นักศึกษา สาขาวิชาฟิสิกส์ทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะ และให้กำลังใจตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนด้านการศึกษา รวมทั้งพี่ๆ น้องๆ และญาติทุกท่านที่คอยเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์

มีชาน โตะพง

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	5
ABSTRACT	6
กิตติกรรมประกาศ	7
สารบัญ	8
สารบัญตาราง	11
สารบัญภาพประกอบ	13
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี	5
2.1.1 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติ	5
2.1.2 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น	5
2.2 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	5
2.3 การตรวจวัดสารกัมมันตรังสี	8
2.3.1 ระบบหัววัดรังสีแกมมา	8
2.3.2 หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง	9
2.3.3 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี	10
2.4 สมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสี	11
2.4.1 วิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสี ในตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช	11
2.4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม	11
2.4.3 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน	11
2.4.4 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน	12
2.4.5 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี	12



## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.6 ปัจจัยการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสี	12
2.4.7 สถิติที่ใช้ในการคำนวณ	13
2.5 กระบวนการบำบัดด้วยฟิช	13
2.5.1 การสกัดด้วยฟิช	13
2.5.2 การกรองด้วยรากของฟิช หรือ การดูดซับทางชีวภาพ	13
2.5.3 การตรึงด้วยฟิช	13
2.5.4 การทำให้ระเหยด้วยฟิช	13
2.5.5 การย่อยสลายด้วยฟิช	14
2.6 พื้นที่ที่ใช้ศึกษา	14
2.6.1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดยะลา	14
2.6.2 ลักษณะธรณีวิทยาจังหวัดยะลา	14
2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฟิช	16
2.7.1 ชะอม	16
2.7.2 มันสำปะหลัง	17
2.7.3 มะพร้าววนกุ่ม	18
2.7.4 ลำโพงกาสลัก	19
2.7.5 ปีนนงไต้	20
2.7.6 สาบเสือ	21
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	22
3.1 สถานที่ศึกษา	22
3.2 วัสดุ และอุปกรณ์	24
3.3 วิธีการวิเคราะห์ผล	24
3.3.1. การเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่องกับพลังงาน	24
3.3.2 ตรวจวัดรังสีกัมมันตภาพรังสี	26
3.3.3 ตรวจวัดสารมาตรฐาน IAEA-375 สำหรับตัวอย่างดิน	26
3.3.4. ตรวจวัดสารมาตรฐาน IAEA-330 สำหรับตัวอย่างฟิช	26

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.5 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสี	26
3.3.6 หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้	29
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย	31
3.4.1 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช ในบริเวณ ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	32
3.4.2 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในบ่อปูนซีเมนต์	33
3.4.3 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในแปลง	33
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์	35
4.1 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	35
4.2 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในบ่อปูนซีเมนต์	55
4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในแปลง	73
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุป	91
5.2 ข้อเสนอแนะ	92
บรรณานุกรม	93
ภาคผนวก	96

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่าง	22
3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขช่องกับพลังงานของรังสีแกมมา (keV)	25
3.3 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีจากสารมาตรฐาน IAEA-375	27
3.4 ประสิทธิภาพการนับวัดของพลังงานรังสี ในตัวอย่างดิน	28
3.5 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีจากสารมาตรฐาน IAEA-330	29
3.6 ประสิทธิภาพการนับวัดของพลังงานรังสี ในตัวอย่างพืช	29
3.7 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (MDC)	30
4.1 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน ที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	37
4.2 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน จากสำนักงานปรมานูเพื่อสันติในภาคใต้ และประเทศไทย ค่าเฉลี่ยทั่วโลก และงานวิจัยอื่นๆ	39
4.3 ปริมาณ $\text{Ra}_{\text{eq}}$ , $\text{H}_{\text{ex}}$ , $\text{H}_{\text{in}}$ , $\text{D}$ , และ $\text{E}$ ในตัวอย่างดินที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	40
4.4 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช ที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	44
4.5 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช จากงานวิจัยต่างๆ ทั่วโลก	46
4.6 ปริมาณ $\text{Ra}_{\text{eq}}$ , $\text{H}_{\text{ex}}$ , $\text{H}_{\text{in}}$ , $\text{D}$ , และ $\text{E}$ ในตัวอย่างพืชที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	47
4.7 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	51
4.8 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	56

## สารบัญตาราง (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.9 ปริมาณ $Ra_{eq}$ , $H_{ex}$ , $H_{in}$ , $D$ , และ $E$ ในตัวอย่างดิน ที่ปลุกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	58
4.10 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช ที่ปลุกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	61
4.11 ปริมาณ $Ra_{eq}$ , $H_{ex}$ , $H_{in}$ , $D$ , และ $E$ ในตัวอย่างพืช ที่ปลุกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	65
4.12 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลุกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	70
4.13 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน ที่ปลุกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	74
4.14 ปริมาณ $Ra_{eq}$ , $H_{ex}$ , $H_{in}$ , $D$ , และ $E$ ในตัวอย่างดิน ที่ปลุกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	76
4.15 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{40}\text{K}$ , $^{238}\text{U}$ และ $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช ที่ปลุกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	79
4.16 ปริมาณ $Ra_{eq}$ , $H_{ex}$ , $H_{in}$ , $D$ , และ $E$ ในตัวอย่างพืช ที่ปลุกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	83
4.17 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลุกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา	88

## สารบัญภาพประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1	6
2.2	7
2.3	8
2.4	8
2.5	10
2.6	15
2.7	16
2.8	17
2.9	18
2.10	19
2.11	20
2.12	21
3.1	23
3.2	25
3.3	27
3.4	28
3.5	31
4.1	42
4.2	49
4.3	49
4.4	49

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหา

สารกัมมันตรังสีเป็นสารที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ทั้งทางตรง และทางอ้อม (กรรติกา, 2550) ผลกระทบต่อร่างกายของมนุษย์เริ่มจากระดับโมเลกุล นำไปสู่ผลกระทบในระดับเซลล์ จากเซลล์จะกระทบไปถึงอวัยวะ และจากอวัยวะจะกระทบถึงร่างกาย โดยเมื่อรังสีวิ่งผ่านโมเลกุลน้ำจะไปทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรเกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ธวัช, 2541) การลดปริมาณสารกัมมันตรังสีมีหลายวิธี เช่น การปล่อยให้สารกัมมันตรังสีสลายเองตามธรรมชาติ การตกตะกอนเคมี การเผา และกระบวนการบำบัดด้วยพืช เป็นต้น สำหรับกระบวนการบำบัดด้วยพืชเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อนสามารถดกผลผลิตพืชในสิ่งแวดล้อมโดยไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในปริมาณมาก จึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งสำหรับการบำบัดสารกัมมันตรังสี โดยพืชที่ใช้ในกระบวนการบำบัดกัมมันตรังสีเป็นพืชที่สามารถสะสมสารกัมมันตรังสีในส่วนต่าง ๆ ได้สูง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี มีวงจรชีวิตสั้น และสามารถขยายพันธุ์ได้ดี และมีข้อจำกัดที่สำคัญที่สุดในการใช้พืชเพื่อบำบัดคือ พืชที่นำมาใช้ต้องมีความทนทาน และเหมาะสมต่อพื้นที่กระบวนการบำบัดสารกัมมันตรังสีด้วยพืช (Phytoremediation) มีการศึกษามากมายแล้ว เช่น ผักเบี้ยทะเล ถอบแถบน้ำ และธูปฤาษี พบว่ามีศักยภาพในการดูดซับสารกัมมันตรังสีได้ดี (Kaewtubtim et al., 2017) พืชสายพันธุ์ *Quercus pyrenaica* และ *Quercus ilex rotundifolia* มีปัจจัยการถ่ายโอนในดินไม้ได้สูง (Charro and Moyano, 2017) แต่จากการศึกษาที่ผ่านมา ยังมีพืชบางชนิดเท่านั้นที่มีความสามารถในการดูดซับสารกัมมันตรังสี และมีข้อจำกัดของพืชในการดูดซับในแต่ละบริเวณไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะภาคใต้ที่มีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีในดินตะกอนสูง แต่ยังไม่มีการศึกษาพืชที่มีศักยภาพในการดูดซับสารกัมมันตรังสี

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ได้ใช้ตัวอย่างพืชบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง มีภูเขาล้อมรอบ ลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิต และมีการทำเหมืองแร่ มีการสำรวจปริมาณยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียมในตัวอย่างหินแกรนิต หินชั้น และหินแปร บริเวณจังหวัดยะลา ด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาพบว่าหินแกรนิตมีค่ายูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียมสูงกว่าหินชั้น และหินแปร (พวงทิพย์ และสมหมาย, 2544) โดยปริมาณยูเรเนียมในดิน

พื้นผิวสูงกว่าเกณฑ์ ดังนั้นจึงเลือกพื้นที่แห่งนี้โดยเลือกพืชที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ปืนนกไส้ ลำโพงกลัก มะพร้าววนกุ่ม สาบเสือ มันสำปะหลัง และชะอม จากการทดสอบดังกล่าว ทำให้ทราบถึงศักยภาพของพืชบำบัด ซึ่งอาจจะใช้เพื่อการแก้ปัญหามลพิษในพื้นที่ย่อยลดาซี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา และพื้นที่อื่นๆต่อไป

## 1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธาตุกัมมันตรังสีมีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ และการกระทำของมนุษย์ แต่ส่วนใหญ่ธาตุกัมมันตรังสีเกิดจากธรรมชาติ ซึ่งสามารถตรวจพบได้ในทุก ๆ พื้นที่บนโลก เช่นงานวิจัยฉบับนี้ที่ทำการตรวจสอบปริมาณกัมมันตรังสีจากดินเนื่องจากการใช้ปุ๋ย โดยปุ๋ยมีปริมาณยูเรเนียม และทอเรียมที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการใช้ปุ๋ยในการเกษตรเป็นอย่างมาก ในงานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างดินที่มีการเพาะปลูก และตัวอย่างดินที่ไม่มีการเพาะปลูก โดยเก็บตัวอย่างดินในระดับความลึกที่แตกต่างกัน ในภูมิภาค Mila ประเทศแอลจีเรีย โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี วัดค่าค่าความเข้มข้นของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  สำหรับตัวอย่างดินที่มีการเพาะปลูก และตัวอย่างดินที่ไม่มีการเพาะปลูก พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามความลึก ดังนั้นเมื่อคำนวณค่าการประเมินอันตรายจากรังสี ระดับความแรงรังสี และอัตราการดูดซึมที่เกิดจากสารกัมมันตรังสีสำหรับตัวอย่างตะกอนดิน พบว่าค่าที่วัดได้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ดีพิมพ์ในประเทศต่าง ๆ ปลอดภัยสำหรับประชาชน และสิ่งแวดล้อม (Bramki et al., 2017) นอกจากนี้มีการศึกษาปริมาณรังสีในตัวอย่างทราย และตะกอนจากแหล่งต่าง ๆ ตามแนวชายหาดไปยังโรงงานแปรรูปสารตะกั่ว ซึ่งเป็นโรงงานผลิตเครื่องกรองออสโมซิสย้อนยุคที่เก่าแก่ที่สุด และใหญ่ที่สุดในประเทศซาอุดีอาระเบีย ซึ่งโรงงานแปรรูปสารตะกั่วปล่อยของเสียออกมาในรูปของเหลว วัดค่าความเข้มข้นของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{137}\text{Cs}$  โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี และทำการคำนวณดัชนีความเสี่ยงรังสี พบว่าค่าเฉลี่ยของเรเดียมสำหรับตัวอย่างทรายมีค่าเท่ากับ 78.80 Bq/kg และค่าเฉลี่ยของเรเดียมสำหรับตัวอย่างตะกอนมีค่าเท่ากับ 78.10 Bq/kg จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยของอัตราการดูดซึมรังสีแกมมาในอากาศ และปริมาณรังสีที่มีประสิทธิผลประจำปี จากการวิเคราะห์พบว่ามีค่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ (Alshahri, 2017)

จากงานวิจัยที่ผ่านมาทำให้ทราบว่ามีการตรวจพบธาตุกัมมันตรังสีในดิน แต่ธาตุกัมมันตรังสีสามารถตรวจพบในพืชด้วย เช่นงานวิจัยฉบับนี้ทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{40}\text{K}$  ในเห็ดจากป่า Bohemian สาธารณรัฐเช็ก ที่มีการปนเปื้อนมากจากอุบัติเหตุเชอร์โนบิลในปี พ.ศ. 2529 ทำการเก็บตัวอย่างเห็ดระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2557 วัดค่าความเข้มข้นของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{40}\text{K}$  โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี พบว่า  $^{137}\text{Cs}$  มีค่าเท่ากับ  $910 \pm 80$  Bq/kg และ  $^{40}\text{K}$  มีค่าเท่ากับ  $4300 \pm 230$  Bq/kg เมื่อนำค่าที่วัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่า พบว่าค่าที่วัดได้ค่อนข้างต่ำ และไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากร (Cadoval et al., 2017) นอกจากนี้มีการศึกษาเกี่ยวกับ



ปริมาณกัมมันตรังสีในพืชโดยการตรวจสอบการดูดกลืนรังสีนิวตรอนของพืชจากดินที่ได้รับผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ยูเรเนียม ในภาคตะวันตกตอนกลางของสเปน วัดค่าความเข้มข้นของ  $^{238}\text{U}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{224}\text{Ra}$  จากตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี และคำนวณปัจจัยการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช จากอิทธิพลของเหมืองแร่ องค์ประกอบทางเคมีของดิน และชนิดของพืช ถูกวิเคราะห์เพื่ออธิบายการสะสมของสารกัมมันตรังสีในพืช จากการวิเคราะห์ พบว่าค่าความเข้มข้นของ  $^{210}\text{Pb}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  ของพืชสายพันธุ์ *Quercus pyrenaica* และ *Quercus ilex rotundifolia* มีค่าสูงกว่าพืชชนิดอื่น (Charro and Moyano, 2017) และมีการศึกษาปริมาณกัมมันตรังสีในปาล์ม เก็บตัวอย่างปาล์ม 9 ตัวอย่าง จากฟาร์มปาล์มใน 3 ฤดูที่แตกต่างกัน ของประเทศซาอุดีอาระเบีย โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{40}\text{K}$  ในตัวอย่างดินเท่ากับ  $12.8 \pm 2.2$ ,  $10.2 \pm 2.1$ ,  $0.28 \pm 0.10$  และ  $329 \pm 87$  Bq/kg ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  ในตัวอย่างปาล์มเท่ากับ  $5.6 \pm 1.2$ ,  $2.8 \pm 0.4$  และ  $181 \pm 17$  Bq/kg ตามลำดับ ขณะที่  $^{137}\text{Cs}$  ไม่สามารถตรวจพบได้ และค่าเฉลี่ยปริมาณการถ่ายโอนจากดินสู่พืช (TF) ของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  เท่ากับ 0.33, 0.22 และ 0.51 ตามลำดับ (Shayeb et al., 2017) จากงานวิจัยทำให้ทราบว่าพืชมีความสามารถในการดูดซับกัมมันตภาพรังสี จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะศึกษาต่อในกระบวนการบำบัดด้วยพืช โดยมีงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการบำบัดด้วยพืช คือการวิจัยฉบับนี้สนใจกระบวนการบำบัดด้วยพืช โดยทำการเก็บตัวอย่างพืชที่อ่าวปัตตานี ทั้งหมด 17 ชนิด เพื่อตรวจสอบศักยภาพในการถ่ายโอนกัมมันตภาพรังสีจากดินสู่พืช จากการศึกษาพบว่าพืชที่มีความสามารถในการถ่ายโอนกัมมันตภาพรังสีคือ ต้นธูปฤาษี (*Typha angustifolia*) พบว่าค่าความเข้มข้นของ  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  มีค่าเป็น 85.2, 363.5 และ 16.6 Bq/kg ตามลำดับ และมีปริมาณการถ่ายโอนจากตะกอนดินสู่พืช (TF) ของ  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{226}\text{Ra}$  มีค่าเป็น 3.0, 2.0 และ 5.9 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าต้นธูปฤาษีสามารถนำไปใช้ในกระบวนการบำบัดด้วยพืช (Kaewtubtim et al., 2017) ดังนั้นในการศึกษารังสีสนใจศึกษาพืชที่มีศักยภาพในการถ่ายโอนกัมมันตภาพรังสีจากดินสู่พืชชนิดอื่น ๆ ที่ยังมีมีการศึกษา เพื่อลดปริมาณกัมมันตรังสีในพื้นที่ที่มีรังสีสูง



### 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ในตัวอย่างดิน และพืช โดยใช้เทคนิคแกมมาสเปกโตรเมตรี

1.3.2 เพื่อศึกษาศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆ ของพืช

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี

แหล่งกำเนิดรังสีมี 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

##### 2.1.1 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติ

ธาตุกัมมันตรังสีที่มาจากพื้นโลก และแร่ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของโลก และมีมาพร้อมกับการกำเนิดของโลก และจักรวาล โดยธาตุกัมมันตรังสีมีมากกว่า 6 ชนิด ส่วนมากเป็นธาตุที่มีค่าครึ่งชีวิตยาวประมาณร้อยล้านปีขึ้นไป เช่น  $^{40}\text{K}$ ,  $^{87}\text{Rb}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  เป็นต้น สำหรับยูเรเนียม และทอเรียมจะมีการสลายตัวเป็นอนุกรม คือ จะสลายตัวให้ธาตุกัมมันตรังสีตัวอื่นไปเรื่อย ๆ จนกลายเป็นนิวไคลด์ที่เสถียรซึ่งอนุกรมของการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ มีอยู่ 3 อนุกรม ได้แก่ อนุกรมยูเรเนียม จะมี  $^{238}\text{U}$  เป็นธาตุตั้งต้น อนุกรมทอเรียม จะมี  $^{232}\text{Th}$  เป็นธาตุตั้งต้น และอนุกรมแอกติเนียม จะมี  $^{235}\text{U}$  เป็นธาตุตั้งต้น

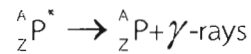
##### 2.1.2 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น

ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้ในเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ และอื่น ๆ มาผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อใช้ประโยชน์ในทางสันติ ซึ่งอุปกรณ์หรือเครื่องมือดังกล่าวถือว่าเป็นต้นกำเนิด แหล่งผลิต หรือแผ่รังสี และในบางกรณีก็ใช้รังสีที่แผ่ออกมาจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่ผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือสารกัมมันตรังสีที่ถือว่าเป็นต้นกำเนิดรังสีเช่นกัน และนำไปใช้ประโยชน์อีกทอดหนึ่ง ตัวอย่างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เครื่องเอกซเรย์ในทางการแพทย์ และต้นกำเนิดรังสีอื่น ๆ

#### 2.2 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

นิวไคลด์ที่มีการสลายตัวเรียกว่า นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radioactive nuclide) และสารที่มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีเรียกว่า สารกัมมันตรังสี ซึ่งปรากฏการณ์ที่นิวไคลด์กัมมันตรังสีสลายตัวให้อนุภาคหรือรังสี เช่น แอลฟา บีตา หรือแกมมาออกมาเรียกว่า กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity)

การสลายให้รังสีแกมมา (Gamma Decay) เป็นการปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน (Photon) จากนิวไคลด์ที่อยู่ในสถานะกระตุ้นลงสู่สถานะพื้น (Ground state) มักจะเกิดขึ้นหลังจากการสลายให้รังสีแอลฟาหรือรังสีบีตาแล้ว การสลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแกมมาคือ



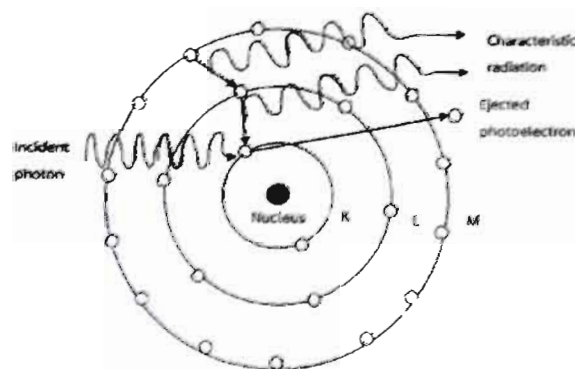
รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ไม่มีมวล ไม่มีประจุ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง รังสีแกมมาเกิดขึ้นจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความถี่ของคลื่นเป็นไปตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$E = h\nu \quad \text{หรือ} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

รังสีแกมมาหรืออาจเรียกรวมว่า โฟตอน (Photon) หมายถึง กลุ่มของพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อันตรกิริยาของโฟตอนจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น พลังงานของโฟตอน เลขมวลของสสาร โฟตอนอาจเกิดอันตรกิริยากับอิเล็กตรอน นิวเคลียส หรือสนามไฟฟ้าของนิวเคลียส ซึ่งอาจเป็นทั้งการชนแบบยืดหยุ่น และการชนแบบไม่ยืดหยุ่น ส่วนอันตรกิริยาที่จะเกิดกับนิวเคลียสของสสารนั้น โฟตอนจะต้องมีพลังงานสูงมากซึ่งรังสีแกมมาจากนิวเคลียสกัมมันตรังสีมีพลังงานไม่สูงพอจึงไม่เกิดอันตรกิริยานี้ อันตรกิริยาโฟตอนที่สำคัญ ได้แก่

### 2.2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect)

ไฮน์ริช แอทซ์ (Heinrich Hertz) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน เป็นผู้พบปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกในปี ค.ศ. 1887 ซึ่งปรากฏการณ์เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนกระทบสสารแล้วถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน หากพลังงานที่ถ่ายเทให้กับอิเล็กตรอนสูงกว่าพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในวงนั้น อิเล็กตรอนจะหลุดออกจะอะตอมเรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) โดยมีพลังงานจลน์เท่ากับผลต่างของพลังงานโฟตอนกับพลังงานยึดเหนี่ยว เนื่องจากการเกิดโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับพลังงานของโฟตอนที่ต้องมีไม่น้อยกว่าเว็ร็กฟังก์ชันของสสารนั้น

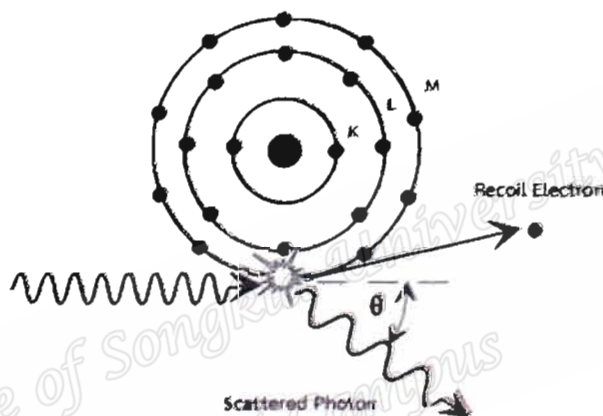


รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

(ที่มา: นवलฉวี, 2545)

### 2.2.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton effect)

อาร์เทอร์ ฮอลลี คอมป์ตัน (Arthur Holly Compton) พบปรากฏการณ์คอมป์ตันครั้งแรกในปี ค.ศ. 1922 ปรากฏการณ์นี้โฟตอนจะเข้าชนกับอิเล็กตรอนในอะตอมของสสารแบบยึดหยุ่น โฟตอนก็จะสูญเสียพลังงานให้กับอิเล็กตรอนทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมไปในทิศทางทำมุมกับทิศทางเคลื่อนที่เดิมของโฟตอน เรียกอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปนี้ว่า คอมป์ตันอิเล็กตรอน (Compton electron) ส่วนโฟตอนที่มิพลังงานลดลงจะกระเจิงออกจากอะตอม ปรากฏการณ์นี้จะเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การกระเจิงคอมป์ตัน (Compton scattering) ความยาวคลื่นของโฟตอนที่กระเจิงออกไปเพิ่มขึ้นตามค่ามุมกระเจิง

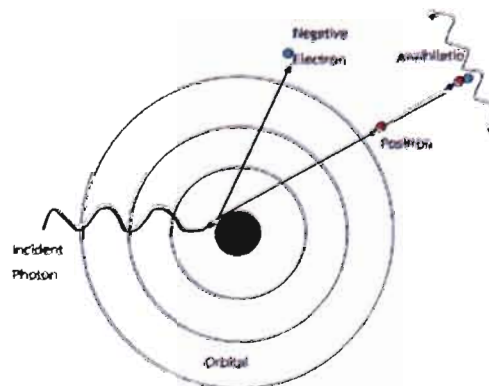


รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

(ที่มา: นवलวี, 2545)

### 2.2.3 แพร่โปรดักชัน (Pair production)

แพร่โปรดักชัน ค้นพบครั้งแรกโดย แพททริก แบล็กเกต (Patrick Blackett) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ อันตรกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโฟตอนพลังงานสูงผ่านเข้าใกล้นิวเคลียส พลังงานของโฟตอนจะเปลี่ยนเป็นอนุภาคอิเล็กตรอน และโพสิตรอน เนื่องจากมวลของอิเล็กตรอนรวมกับมวลของโพสิตรอนแล้วเทียบเท่าพลังงาน 1.02 MeV ดังนั้น โฟตอนจะต้องมีพลังงานอย่างน้อย 1.02 MeV หากพลังงานมากกว่า 1.02 MeV พลังงานส่วนที่เกินนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และโพสิตรอน (นवलวี, 2545)



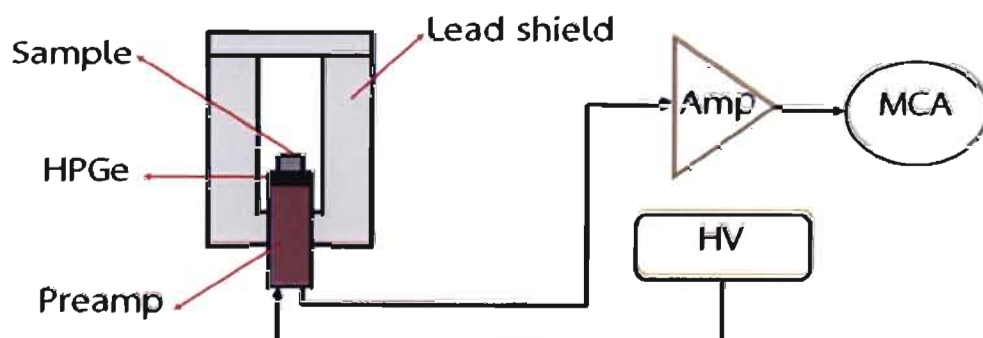
รูปที่ 2.3 แพร่โปรตักชัน  
(ที่มา: นवलลวี, 2545)

### 2.3 การตรวจวัดสารกัมมันตรังสี

งานวิจัยทั่วไปที่ใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์จะต้องเกี่ยวข้องกับการวัดรังสี ซึ่งจะให้ข้อมูลต่างๆ ของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เช่น กัมมันตภาพ ประเภทของรังสี ครึ่งชีวิต และพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถระบุได้ว่าเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธาตุอะไร และมีปริมาณมากน้อยเพียงใดเป็นหลักการของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณโดยเทคนิคทางนิวเคลียร์ เครื่องวัดรังสีมีหลายประเภทโดยมีหลักการการทำงานที่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการวัดรังสีแตกต่างกันด้วย ความรู้ด้านการวัดรังสีจะช่วยให้สามารถเลือกใช้เครื่องวัดรังสีได้อย่างเหมาะสมดำเนินการวัด และวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้อง นอกจากนี้การตรวจวัดรังสีจะช่วยให้เกิดความมั่นใจว่ามีความปลอดภัยจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับกัมมันตภาพรังสี (รวช, 2541)

#### 2.3.1 ระบบหัววัดรังสีแกมมา

ระบบวัดรังสีโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 2.4 ระบบวัดรังสีแกมมา

### 2.3.1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักย์สูง (High Voltage Power Supplies: HVS)

ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ให้เป็นกระแสตรงซึ่งสามารถปรับค่าได้ และจะต้องมีเสถียรภาพในการรักษาไฟฟ้า Out put ให้คงที่ โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิแวดล้อม

### 2.3.1.2 ภาคขยายส่วนหน้า (Preamplifier)

ทำหน้าที่รวบรวมประจุไฟฟ้าที่เกิดจากหัววัดรังสี แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์ (Pulse) ที่มีขนาดเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประจุ

### 2.3.1.3 ภาคขยายส่วนหลัก (Amplifier)

เป็นส่วนที่รับสัญญาณพัลส์มาจากภาคขยายส่วนหน้าแล้วมาปรับแต่งรูปสัญญาณพร้อมทั้งขยายขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมกับการนำไปวิเคราะห์ความสูง ขนาดของการขยายสัญญาณสามารถปรับค่าได้ในช่วงกว้างด้วยการปรับละเอียดเพื่อให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และความสูงของสัญญาณให้เป็น Unipolar และ Bipolar รูปร่างของสัญญาณทั้งสองนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการปรับค่า Shopping time constant

### 2.3.1.4 วงจรวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichannel Analyzer: MCA)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลจำนวนนับของรังสีที่ระดับพลังงานต่างๆ ซึ่งตกกระทบหัววัดได้อย่างอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณเข้ามา ความสูงของสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งจะป้อนตัวระบุตำแหน่งการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ สัญญาณจะถูกส่งไปยังส่วยบันทึกข้อมูลเพื่อทำการบันทึกจำนวนครั้งสัญญาณที่เกิดขึ้นครั้งละ 1 หน่วยนับโดยบวกเข้ากับข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำ และจะถูกส่งไปแสดงผลบนจอภาพ

### 2.3.1.5 สเปกตรัมของรังสีแกมมา

โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องจะแสดงผลของการวัดในรูปแบบของสเปกตรัมของรังสีแกมมาซึ่งจะมีลักษณะสเปกตรัมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และกัมมันตภาพของสารรังสีที่ตรวจวัด ลักษณะสเปกตรัมยังแสดงถึงความสามารถของหัววัดรังสีในการวัดรังสีที่ถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือ

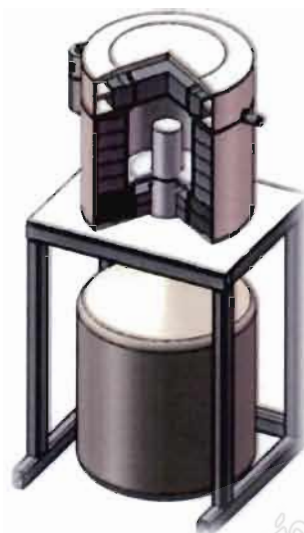
### 2.3.1.6 พลังงานของรังสี

พลังงานของรังสีที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสีจะเข้าทำปฏิกิริยากันภายในผลึกเรืองแสงส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กตรอน ทำให้สเปกตรัมปรากฏโฟโตพีค

## 2.3.2 หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium Detector: HPGe)

เป็นหัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ หลักการทำงานคือเมื่อรังสีแกมมาเข้าไปในผลึกหัววัดจะส่งผลให้เกิดไอออนที่มีประจุ และมีประจุ ได้แก่ อิเล็กตรอนกับโฮลที่มีจำนวนเท่าๆ กัน และเมื่อนำขั้วไฟฟ้าทั้งสองขั้วมาต่อกับผลึกคนละด้านจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าผ่านทำให้ผลึกนั้นมีสนามไฟฟ้าเกิดขึ้น ไอออนที่เกิดขึ้นเป็นปฏิภาคกับพลังงานที่สูญเสียไปในผลึก และเมื่อต่อหัววัดเข้ากับระบบขยาย

สัญญาณ และอุปกรณ์วิเคราะห์หลายช่อง ก็สามารถตรวจวัด และวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตรังสีได้ ข้อมูลตรวจวัดออกมาจะอยู่ในรูปของสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมา (ธวัช, 2541)



รูปที่ 2.5 หัววัดรังสีเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์ (High-Purity Germanium Detector: HPGe)

(ที่มา: ธวัช, 2541)

### 2.3.3 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (Efficiency)

ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีเป็นส่วนหนึ่งของค่านับรังสีแกมมาบนพื้นที่ของโฟโตพีคต่อกัมมันตรังสี ที่ทำการวัด ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีมีค่าแตกต่างกันสำหรับรังสีแต่ละพลังงาน เมื่อหัววัดรังสีที่มีพลังงานสูงขึ้นพบว่าประสิทธิภาพของหัววัดจะมีค่าลดลงเช่นเดียวกับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดยังมีระยะห่างกันมากจะทำให้ประสิทธิภาพของหัววัดมีค่าลดลง

$$\text{Eff} = \frac{\text{cps}}{a(A)} \quad (2)$$

เมื่อ	Eff	คือ	ค่าประสิทธิภาพของหัววัด
	cps	คือ	อัตรานับวัดต่อวินาทีหลังจากหักลบค่ารังสีภูมิหลัง [Bq/kg]
	a	คือ	โอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา
	A	คือ	ค่ากัมมันตรังสีปัจจุบันของสารกัมมันตรังสี [Bq/kg]



## 2.4 สมการที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสี

2.4.1 วิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสี ในตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช

ค่ากัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) ของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  ดังสมการ

$$A = \frac{\text{cps}}{(a)(\text{Eff})} \quad (3)$$

เมื่อ	Eff	คือ	ประสิทธิภาพการนับวัด
	cps	คือ	อัตราการนับวัดต่อวินาทีหลังจากหักลบค่ารังสีภูมิหลัง [Bq/kg]
	a	คือ	โอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา
	A	คือ	ค่ากัมมันตภาพรังสีปัจจุบันของสารกัมมันตรังสี [Bq/kg]

### 2.4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม

ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Radium equivalent activity:  $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) [Bq/kg] เป็นค่าดัชนี แสดงความเป็นดัชนีชี้วัดอันตรายทางรังสี (Radiation hazard index) ชนิดหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นมา เพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{238}\text{U}$  ซึ่งสามารถคำนวณให้เป็นค่า เพียงค่าเดียว โดย  $\text{Ra}_{\text{eq}}$  มีค่าไม่ควรเกิน 370 Bq/kg กำหนดโดย (UNSCEAR, 2000) ที่มีการศึกษา พบว่า  $^{226}\text{Ra}$  มีกัมมันตภาพรังสีที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของ กัมมันตภาพรังสีของ  $^{232}\text{Th}$  ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ  $^{40}\text{K}$  ที่ 0.077 Bq/kg ซึ่ง คำนวณได้จาก

$$\text{Ra}_{\text{eq}} = A_{\text{Ra-226}} + 1.43A_{\text{Th-232}} + 0.077A_{\text{K-40}} \quad (4)$$

เมื่อ	$A_{\text{Ra-226}}$	คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ $^{226}\text{Ra}$ [Bq/kg]
	$A_{\text{Th-232}}$	คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ $^{232}\text{Th}$ [Bq/kg]
	$A_{\text{K-40}}$	คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ $^{40}\text{K}$ [Bq/kg]

### 2.4.3 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน

ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก (External hazard index:  $H_{\text{ex}}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจาก ภายใน (Internal hazard index:  $H_{\text{in}}$ ) คือค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสี ที่อยู่ในธรรมชาติ โดยกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตรังสีแกมมา เพราะรังสี แกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีอื่น ๆ ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และภายใน เป็นค่า



บงบอกถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราเมื่อค่า  $H_{ex} < 1$  และ  $H_{in} < 1$  แสดงว่าปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ ถ้าค่า  $H_{ex} = H_{in} = 1$  แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเท่ากับ  $1.5 \text{ mGy/y}$  และถ้า ค่า  $H_{ex} > 1$  และ  $H_{in} > 1$  แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก หมายความว่าสิ่งต่างๆที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง

คำนวณหาค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอก (External hazard index:  $H_{ex}$ )

$$H_{ex} = \frac{A_{\text{Ra-226}}}{370} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \quad (5)$$

คำนวณหาค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายใน (Internal hazard index:  $H_{in}$ )

$$H_{in} = \frac{A_{\text{Ra-226}}}{185} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \quad (6)$$

#### 2.4.4 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน

อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (Absorbed dose rates in air: D) คำนวณเพื่อประเมินการบริโภคสารกัมมันตรังสีของมนุษย์จากพืชที่กินได้ ซึ่งไม่ควรเกิน  $55 \text{ nGy/h}$

$$D = 0.461A_{\text{Ra-226}} + 0.604A_{\text{Th-232}} + 0.0417A_{\text{K-40}} \quad (7)$$

#### 2.4.5 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี

อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual external effective dose rate: E) สามารถคำนวณได้จากการแปลงค่าความสัมพันธ์จากค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี เป็นค่าปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลาออกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน  $0.48 \text{ mSv/y}$  (Freites et al., 2004; Jibiri et al., 2008) คำนวณได้จากสมการ

$$E = D \times 8760 \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6} \quad (8)$$

#### 2.4.6 ปัจจัยการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสี

ปัจจัยการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสี (Transfer Factors: TF) เป็นอัตราส่วนที่ระบุปริมาณสารกัมมันตรังสีในส่วนต่าง ๆ ของพืช ต่อตะกอนดิน  $TF > 1$  สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงการสะสม (Accumulation) สารกัมมันตรังสีในพืช หรือการถ่ายโอน (Transfer) สารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช โดยการผ่านราก ซึ่งมีผลมากหรือน้อยขึ้นกับความแตกต่างของปริมาณสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในตะกอนดิน และพืช ซึ่งคำนวณได้จาก

$$TF = \frac{A_{\text{plant}}}{A_{\text{soil}}} \quad (9)$$

#### 2.4.7 สถิติที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อผิดพลาดในการวัดถูกแสดงในรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ ) โดยที่  $\sigma$  แสดงเป็น (UNSCEAR, 2000)

$$\sigma = \left[ \frac{N_s}{T_s^2} + \frac{N_b}{T_b^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

เมื่อเราทราบว่าสารกัมมันตรังสีมีอันตราย ดังนั้นเราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงหรือไม่ยุ่งเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี แต่ถ้าจำเป็นต้องทำงานกับสารกัมมันตรังสีเราควรปฏิบัติตามระเบียบวิธีที่มีให้ถูกต้องและเคร่งครัด

### 2.5 กระบวนการบำบัดด้วยพืช

กระบวนการบำบัดด้วยพืช (Phytoremediation) เป็นกระบวนการที่พืชกำจัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม หรือใช้ในการดูดซับสารกัมมันตรังสี โดยกระบวนการนี้จะใช้เทคนิคโดยการดูดสะสมและเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช กลไกของการฟื้นฟูที่สำคัญได้แก่

#### 2.5.1 การสกัดด้วยพืช (Phytoextraction)

พืชดูดซึมสารมลพิษขึ้นจากดินสู่รากของพืชแล้วนำไปสะสมที่ยอดหรือราก พบในกรณีการสะสมโลหะหนัก สารประกอบของโลหะหนัก และกัมมันตรังสี

#### 2.5.2 การกรองด้วยรากของพืช (Rhizofiltration) หรือ การดูดซับทางชีวภาพ (Biosorption)

พืชดูดซับหรือตกตะกอนสารมลพิษด้วยราก หรือดูดซับไว้ในเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นพืชน้ำ

#### 2.5.3 การตรึงด้วยพืช (Phytostabilization)

พืชดูดซับสารพิษไว้อยู่ในรูปที่เคลื่อนที่ได้น้อยลงหรืออยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ไม่ได้ วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะการควบคุมให้โลหะทุกชนิดอยู่ในรูปที่ไม่เคลื่อนที่ และไม่เป็นพิษนั้นทำได้ยาก

#### 2.5.4 การทำให้ระเหยด้วยพืช (Phytovolatilization)

เป็นการทำให้ธาตุหรือสารประกอบของโลหะที่ระเหยได้ขึ้นมาจากดินโดยแรงดึงจากการคายน้ำ แล้วปล่อยออกทางใบ เหมาะกับธาตุที่เมื่ออยู่ในรูปที่เป็นไอแล้วมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

### 2.5.5 การย่อยสลายด้วยพืช (Phytodegradation)

พืชดูดซับสารมลพิษเข้าไปในพืชแล้วย่อยสลายหรือเปลี่ยนแปลงด้วยเมตาบอลิซึมของพืชเอง หรือเปลี่ยนเป็นสารที่แบคทีเรียสามารถย่อยสลายต่อไปได้ (Prabha and Loretta, 2007)

ในงานวิจัยสนใจการบำบัดสารกัมมันตรังสีด้วยกระบวนการบำบัดด้วยพืช โดยทำการเก็บตัวอย่างพืชที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

## 2.6 พื้นที่ที่ใช้ศึกษา

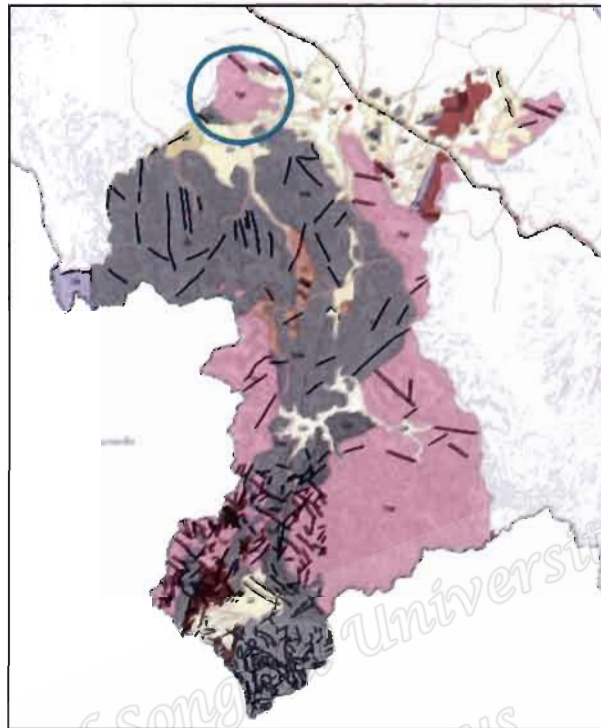
การศึกษาครั้งนี้เป็นการตรวจสอบศักยภาพในการดูดซับสารกัมมันตรังสีของพืช ซึ่งเลือกพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา คือ ที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา เนื่องจากลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

### 2.6.1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดยะลา

ภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดยะลามีลักษณะเป็นภูเขา เนินเขา และหุบเขา ตั้งแต่ตอนกลางจนถึงใต้สุดของจังหวัด มีที่ราบบางส่วนทางตอนเหนือของจังหวัด พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าดงดิบ และสวนยางพารา มีเทือกเขาที่สำคัญอยู่ 2 เทือกเขา คือ เทือกเขาสันกาลาคีรี และเทือกเขาปิไล มีแม่น้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำปัตตานี และแม่น้ำสายบุรี ตำบลตาชี ตั้งอยู่ในจังหวัดยะลา พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีการทำเหมืองแร่ ดังนั้นลักษณะภูมิประเทศของตำบลตาชี จึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าพื้นที่แห่งนี้มีปริมาณรังสีสูง (อำนาจ และคณะ, 2559)

### 2.6.2 ลักษณะธรณีวิทยาจังหวัดยะลา

ธรณีวิทยาจังหวัดยะลา ประกอบด้วยหินตะกอน (Sedimentary rock) หินแปร (Metamorphic rock) และมีหินอัคนีแทรกซอน ชนิดหินแกรนิต (Intrusive igneous rock) จากรูปที่ 2.6 จะเห็นได้ว่าลักษณะทางธรณีวิทยาที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา เป็นหินแกรนิต และมีการทำเหมืองแร่ดีบุก ทำให้พื้นที่แห่งนี้มีปริมาณรังสีสูง (พวงทิพย์ และสมหมาย, 2544) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะศึกษาพืชที่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่แห่งนี้ เพื่อใช้ในกระบวนการบำบัดสารกัมมันตรังสีด้วยพืชต่อไป



รูปที่ 2.6 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดยะลา จุดที่วงคือ ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา  
(ที่มา: อำนวย และคณะ, 2559)

## 2.7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพืช

ตัวอย่างพืชที่ใช้ในงานวิจัยเก็บจากตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลามีดังนี้

### 2.7.1 ชะอม



รูปที่ 2.7 ชะอม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Acacia Insuavis, Lace*

ชื่อวงศ์ MIMOSEAE

ชื่อสามัญ Impala Lily, Pink Bignonia, Mock Azalea, Desert Rose

ชื่ออื่นๆ ผักทะเล (เหนือ), ฝ้าเซ้งตุ้, พุซุเต๊ะ (กระเหรียง, แม่ฮ่องสอน), อม (ใต้)

ชะอม เป็นพืชจำพวกอะเคเซียนิยมรับประทานในทุกภาคของไทย เป็นพืชยืนต้น ใ้ใบแก่และอ่อน เป็นสมุนไพรของไทย ลำต้นของชะอมมีหนาม ใบมีขนาดเล็กและมีกลิ่นฉุน ใบอ่อนของชะอมหรือส่วนยอดของใบสามารถนำมารับประทานได้ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปแต่ละภาค โดยมากมักปลูกตามรั้วบ้านเนื่องจากมีหนามแล้วยังเป็นผักที่ทานได้ตลอดทั้งปี พืชอีกชนิดหนึ่งที่พบในประเทศ ซึ่งเป็นคนละสปีชีส์ย่อยกับชะอมคือผักคา (อัญชลี, 2554)



### 2.7.2 มันสำปะหลัง



รูปที่ 2.8 มันสำปะหลัง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* (L.) Crantz

ชื่อวงศ์ Euphorbiaceae

ชื่อสามัญ Cassava Root , Tapioca

ชื่ออื่นๆ มันสำโรง (กลาง) ต้วน้อย ต้วบ้าน (ภาคเหนือ) มันตัน มันไม้ (ภาคใต้)

มันสำปะหลัง เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง เป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด มันสำปะหลังมีแหล่งกำเนิดแถบที่ลุ่มเขตร้อน มีหลักฐานแสดงว่าปลูกกันในโคลัมเบีย และเวเนซุเอลา มานานกว่า 3,000-7,000 ปีมาแล้ว นิยมใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ สามารถปลูกได้ง่ายในพื้นที่ร้อน และร้อนชื้น จึงได้มีการสนับสนุนแก่ประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีสภาพภูมิอากาศดังกล่าวปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจ (อัญชลี, 2554)

## 2.7.3 มะพร้าววนกลุ่ม



รูปที่ 2.9 มะพร้าววนกลุ่ม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Molineria latifolia* Herb. Ex Kurz

ชื่อวงศ์ HYPOXIDACEAE

ชื่ออื่นๆ ว่านสากเหล็ก จ้าลาน พรวานก

มะพร้าววนกลุ่มเป็นไม้ล้มลุก ลักษณะคล้ายพืชพวกปาล์ม ใบ เรียงสลับติดกันที่โคนต้น แผ่นใบรูปขอบขนานแกมรูปหอก พับเป็นร่อง ๆ ตามยาว คล้ายใบปาล์ม กว้างประมาณ 4-6 cm ยาวประมาณ 30-40 cm ปลายใบเรียวแหลมโคนใบสอบแคบ ก้านใบยาว 25-30 cm โคนแผ่นกว้างหุ้มลำต้น ดอกมี 6 กลีบ สีเหลือง โคนเชื่อมติดกัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-2.5 cm ดอกออกรวมกันแน่น เป็นช่อรูปทรงกระบอกปลายแหลม ยาว 5-7 cm กว้าง ประมาณ 4-5 cm ผล ผลแก่สีขาวถึงแดง ขนาดยาวประมาณ 4-5 cm ส่วนที่ด้านข้างป่อง ออกเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 cm และค้อย ๆ เรียวไปทางปลายผล ขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด (วิทย์, 2557)

## 2.7.4 ลำโพงกาสลัก



รูปที่ 2.10 ลำโพงกาสลัก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Datura fastuosa* L.

ชื่อวงศ์ Solanaceae

ชื่ออื่นๆ มะเขือบ้าอินเดีย ลำโพงดอกชมพู มะเขือบ้าดอกดำ

ลำโพงกาสลัก เป็นพืชล้มลุก ประเภทเดียวกับมะเขือบ้า เมื่อโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 1-1.5 m ลำต้น กิ่ง และก้านใบมีสีม่วงเข้มดำมัน ใบเดี่ยว รูปไข่ สีเขียวเข้ม เรียงสลับกัน กว้าง 8-15 cm ยาว 10-20 cm ขอบใบหยักเป็นซี่ฟันหยาบๆ ฐานหรือโคนใบมักไม่เสมอกัน ดอกมีสีม่วง ขนาดของดอกยาวประมาณ 12-16 cm ก้านดอกสั้น เมื่อดอกโตเต็มที่ปากดอกจะบานออกดูคล้ายรูปแตร ขนาดของดอกยาวประมาณ 12-16 cm ก้านดอกสั้น ดอกมักจะซ้อนกัน 3 ชั้น เป็นส่วนใหญ่ ถ้าเป็นพันธุ์ผสม ดอกจะซ้อนกัน 2 และ 4 ชั้นขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด ลำโพงจัดอยู่ในประเภทเป็นพืชที่มีพิษ มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย และชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีฤทธิ์หลอนประสาท (ไมตรี และ วิชัย, 2541)



## 2.7.5 ปีนนกไล่



รูปที่ 2.11 ปีนนกไล่

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Bidens pilosa*

ชื่อวงศ์ Asteraceae

ชื่ออื่นๆ กื่นกไล่หรือหญ้ากั้นจำขาว

ป็นนกไล่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเป็นไม้ล้มลุกอายุปีเดียว สูงได้ถึง 1 m ลำต้นเป็นสัน ใบเป็นใบประกอบขนนกชั้นเดียว มี 3 ใบย่อย แผ่นใบรูปไข่ ปลายใบแหลม ขอบใบหยัก ดอกออกเป็นช่อกระจุกแน่นที่ปลายยอดและซอกใบ ก้านช่อดอกยาว วงใบประดับมี 2 ชั้นแยกกัน ดอกวงนอกมีกลีบดอกรูปเส้นสีขาวไม่สมบูรณ์เพศ ดอกวงในเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอก 5 กลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดสี่เหลี่ยม เกสรเพศผู้สีน้ำตาล เกสรเพศเมียสีเหลืองปลายแยกเป็น 2 แฉก ผลเป็นแบบผลแห้งเมล็ดล่อนสีน้ำตาลเข้ม มีแพปพิส เป็นหนามสั้น 2 อัน ป็นนกไล่มีสรรพคุณด้านเชื้อจุลินทรีย์ แก้อักเสบ ขับปัสสาวะ ห้ามเลือดและรักษาไข้มาลาเรียได้ (นิรัตน์ และคณะ, 2551)

2.7.6 สาบเสือ



รูปที่ 2.12 สาบเสือ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eupatorium odoratum* L

ชื่อวงศ์ Compositae หรือ Asteraceae

ชื่ออื่นๆ สาบเสือ

سابเสือเป็นสมุนไพรอย่างหนึ่งที่หาง่ายมากมีอยู่ทั่วไป จัดว่าเป็นวัชพืชที่มีสรรพคุณทางยาที่ใช้ประโยชน์ได้ดีทีเดียว เราใช้ต้นسابเสือเป็นครรชี่ขี้วัวดื่มน้ำความแห้งแล้งของอากาศ เพราะหากอากาศไม่แล้งต้นسابเสือก็จะไม่ออกดอก สาเหตุที่ได้ชื่อว่า สาบเสือ ก็เพราะว่าดอกของมันไม่มีกลิ่นหอมเลยแต่กลับมีกลิ่นสาบ คนโบราณเวลาหนีสัตว์ร้ายอื่นเข้าตงسابเสือจะปลอดภัย เพราะสัตว์อื่นนั้นจะไม่ได้กลิ่นคน (ไมตรี และ วิชัย, 2541)

๑  
1683  
2562

## บทที่ 3

### วิธีการวิจัย

#### 3.1 สถานที่ศึกษา

ในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาศักยภาพของพืช โดยเก็บมาจากบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการบำบัดสารกัมมันตรังสีบริเวณที่มีการปนเปื้อนในดิน

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

Samples	Name	Latitude	Longitude
1	<i>Senegalia pennata</i> (ชะอม)	6°33'	101°6'
2	<i>Manihot esculenta</i> (มันสำปะหลัง)	6°33'	101°6'
3	<i>Molineria</i> (มะพร้าววนกลุ่ม)	6°33'	101°6'
4	<i>Datura</i> (ลำโพงกาสลัก)	6°33'	101°6'
5	<i>Bidens</i> (ปิ่นนกลี)	6°33'	101°6'
6	<i>Eupatorium</i> (สาบเสือ)	6°33'	101°6'



รูปที่ 3.1 พื้นที่เก็บตัวอย่างพืช ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

(ที่มา: Google maps, 2019)

### 3.2 วัสดุ และอุปกรณ์

3.2.1 ถาดอบตัวอย่าง

3.2.2 เทปกาวพันสายไฟสีดำ

3.2.3 กรรไกร

3.2.4 ภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 cm สูง 7.5 cm และ เส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm สูง 10.2 cm สำหรับบรรจุตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช

3.2.5 ตะแกรงร่อน ขนาด 120  $\mu\text{m}$

3.2.6 บ่อปูนซีเมนต์สำหรับปลูกต้นไม้เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 cm สูง 50 cm

3.2.7 ตู้อบลมร้อน

3.2.8 โกร่งบดดิน

3.2.9 เครื่องบดสมุนไพรม

3.2.10 เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด 0.01 g E-Scale รุ่น HG-6001N

3.2.11 หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe) ขนาด 2 in x 2 in ของบริษัท ORTEC

3.2.12 ระบบวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multi Chanel Analyser ; MCA)

3.2.13 ระบบการวัดวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรี (Gamma Vision-MCB129)

3.2.14 หน่วยจ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง Ortec รุ่น Dspec jr 2.0<sup>TM</sup>

3.2.15 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานในรูปของแข็ง (Point source)  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{60}\text{Co}$

3.2.16 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานพืช IAEA-330 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพมหานคร

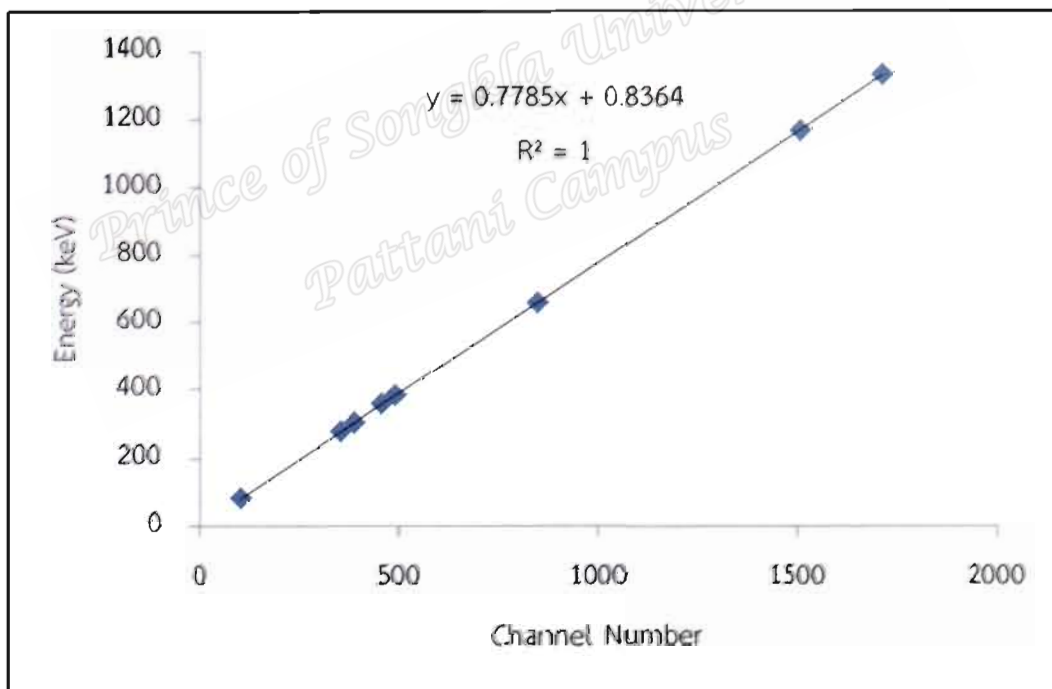
3.2.17 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานดิน IAEA-375 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพมหานคร

### 3.3 วิธีการวิเคราะห์ผล

3.3.1. การปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง (Channel number) กับพลังงานของรังสีแกมมาโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมา  $^{113}\text{Ba}$  ที่พลังงาน 81, 276, 303, 356 และ 384 keV,  $^{137}\text{Cs}$  ที่พลังงาน 662 keV  $^{60}\text{Co}$  ที่พลังงาน 1173 และ 1333 keV โดยใช้เวลาในการนับวัด 5,000 s

ตารางที่ 3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างเลขช่องกับพลังงานของรังสีแกมมา (keV)

Nuclide	Channel Number	Energy (keV)
Ba-133	103	81
	354	276
	388	303
	456	356
	492	384
Cs-137	849	662
Co-60	1506	1173
	1711	1333



รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบพลังงานของหัววัดรังสี (Energy calibration Curve)



3.3.2 ตรวจวัดรังสีภูมิหลัง (Background Radiation) โดยใช้เวลาตรวจวัด 3 ชั่วโมงสำหรับตัวอย่างดิน และใช้เวลาตรวจวัด 5 ชั่วโมงสำหรับตัวอย่างพืช

3.3.3 ตรวจวัดสารมาตรฐาน IAEA-375 สำหรับตัวอย่างดิน โดยใช้เวลาตรวจวัด 3 ชั่วโมงบันทึกจำนวนนับได้สเปกตรัมของ  $^{226}\text{Ra}$  ที่พลังงาน 295.09 keV  $^{137}\text{Cs}$  ที่พลังงาน 661.65 keV  $^{40}\text{K}$  ที่พลังงาน 1460.26 keV และ  $^{232}\text{Th}$  ที่พลังงาน 911.21 และ 2614.53 KeV

3.3.4. ตรวจวัดสารมาตรฐาน IAEA-330 สำหรับตัวอย่างพืช โดยใช้เวลาตรวจวัด 5 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลจำนวนนับได้สเปกตรัมของ  $^{90}\text{Sr}$  ที่พลังงาน 252.00 keV  $^{137}\text{Cs}$  ที่พลังงาน 661.65 keV และ  $^{40}\text{K}$  ที่พลังงาน 1460.26 keV

3.3.5 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบ HPGe และระบบการวัดวิเคราะห์แบบกรมมาสเปกโตรเมตรี

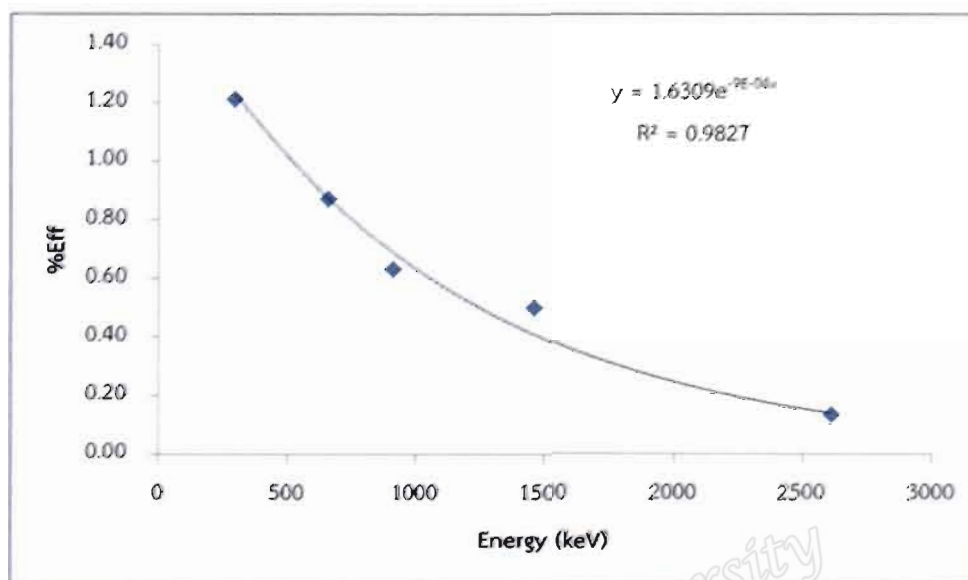
3.3.5.1 ประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างดิน

จากการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องกรมมาสเปกโตรมิเตอร์โดยหัววัด HPGe จะแสดงผลในรูปสเปกตรัมของสารรังสีมาตรฐาน IAEA-375 สำหรับตัวอย่างดิน

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมากับกัมมันตภาพรังสีของสารมาตรฐาน IAEA-375 จากกราฟแสดงสมการได้ดังนี้

$$y = 1.6309e^{-0.0009x} \quad (3.1)$$

เมื่อ X คือพลังงานของรังสีแกมมา



รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมาของสารมาตรฐาน IAEA-375

ตารางที่ 3.3 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีจากสารมาตรฐาน IAEA-375

Radionuclide	Energy (keV)	Net count	$A_0$ (Bq/kg)	$A_t$ (Bq/kg)	%a	%Eff
Ra-226 (Pb-214)	295.09	188	20.00	19.78	19.20	1.21
Cs-137	661.65	74667	5280.00	2962.30	85.21	0.87
Th-232 (Ac-228)	911.21	116	20.50	20.50	26.60	0.64
K-40	1460.26	766	424.00	424.00	10.67	0.50
Th-232 (Tl-208)	2614.53	89	20.50	20.50	99.16	0.13



ตารางที่ 3.4 ประสิทธิภาพการนับวัดของพลังงานรังสี ในตัวอย่างดิน

Nuclide	Energy (keV)	%Eff
Ra-226	609.31	0.94
Cs-137	661.66	0.90
K-40	1460.26	0.50
U-238	1764.49	0.33
Th-232	2614.53	0.72

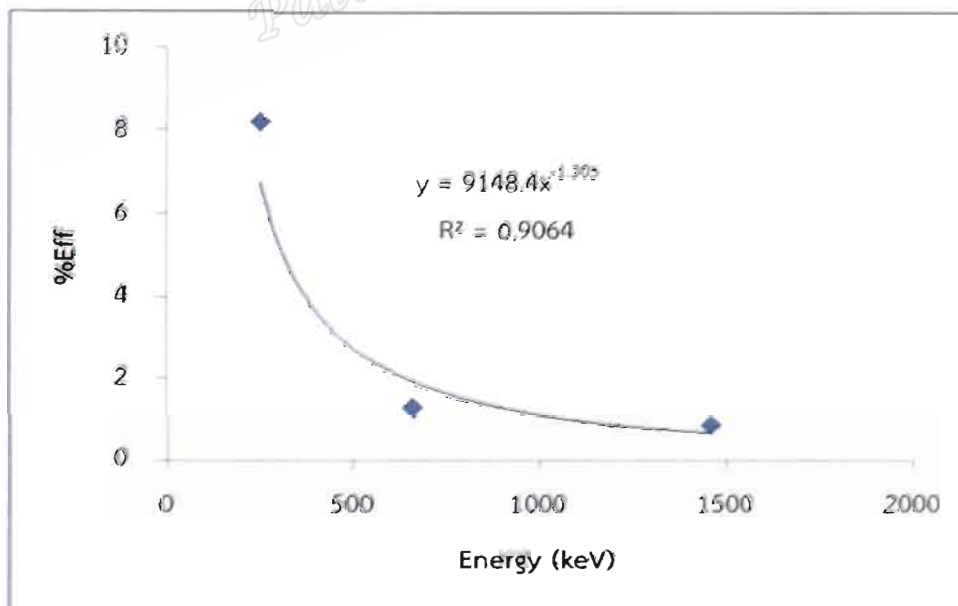
### 3.3.5.2 ประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างพืช

จากการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์โดยหีวัด HPGe จะแสดงผลในรูปสเปกตรัมของสารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 สำหรับตัวอย่างพืช

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมากับกัมมันตภาพรังสีของสารมาตรฐาน IAEA-330 จากกราฟแสดงสมการได้ดังนี้

$$y = 9148.4x^{-1.305} \quad (3.2)$$

เมื่อ X คือพลังงานของรังสีแกมมา



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมาของสารมาตรฐาน IAEA-330

ตารางที่ 3.5 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีจากสารมาตรฐาน IAEA-330

Radionuclide	Energy (keV)	Net count	$A_0$ (Bq/kg)	$A_t$ (Bq/kg)	%a	%Eff
Sr-90	252.00	13	20.10	15.399	4.510	8.16
Cs-137	661.66	18496	1235	963.61	85.21	1.25
K-40	1460.26	2086	1188	1188.00	10.67	0.86

ตารางที่ 3.6 ประสิทธิภาพการนับวัดของพลังงานรังสี ในตัวอย่างพืช

Nuclide	Energy (keV)	%Eff
Ra-226	609.31	2.12
Cs-137	661.66	1.91
K-40	1460.26	0.86
U-238	1764.49	0.53
Th-232	2614.53	1.12

3.3.6 หาค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (The Minimum Detectable Concentration, MDC) ด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ โดยหัววัดแบบ HPGe

ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (The Minimum Detectable Concentration, MDC) เป็นค่าที่คำนวณได้ก่อนทำการวัด ว่ามีสารตัวอย่างอย่างน้อยเท่าไรจึงจะตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือที่จะใช้ภายในเวลาที่กำหนดไว้ ค่า MDC นี้ขึ้นกับเวลาที่ใช้วัด ถ้าเวลาที่ใช้วัดนาน MAC จะมีค่าต่ำ MDC คำนวณได้ดังนี้ (Pasternack et al., 1971)

$$MDC = \frac{4.66\sqrt{BG}}{(\epsilon)(a)(T)(M)} \quad (3.3)$$

เมื่อ MDC ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (Bq/kg)

BG คือปริมาณรังสีภูมิหลัง (cps)

$\epsilon$  คือค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีที่พลังงานต่างๆ

a คือโอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา

T คือเวลาที่ใช้ในการนับวัด (s)

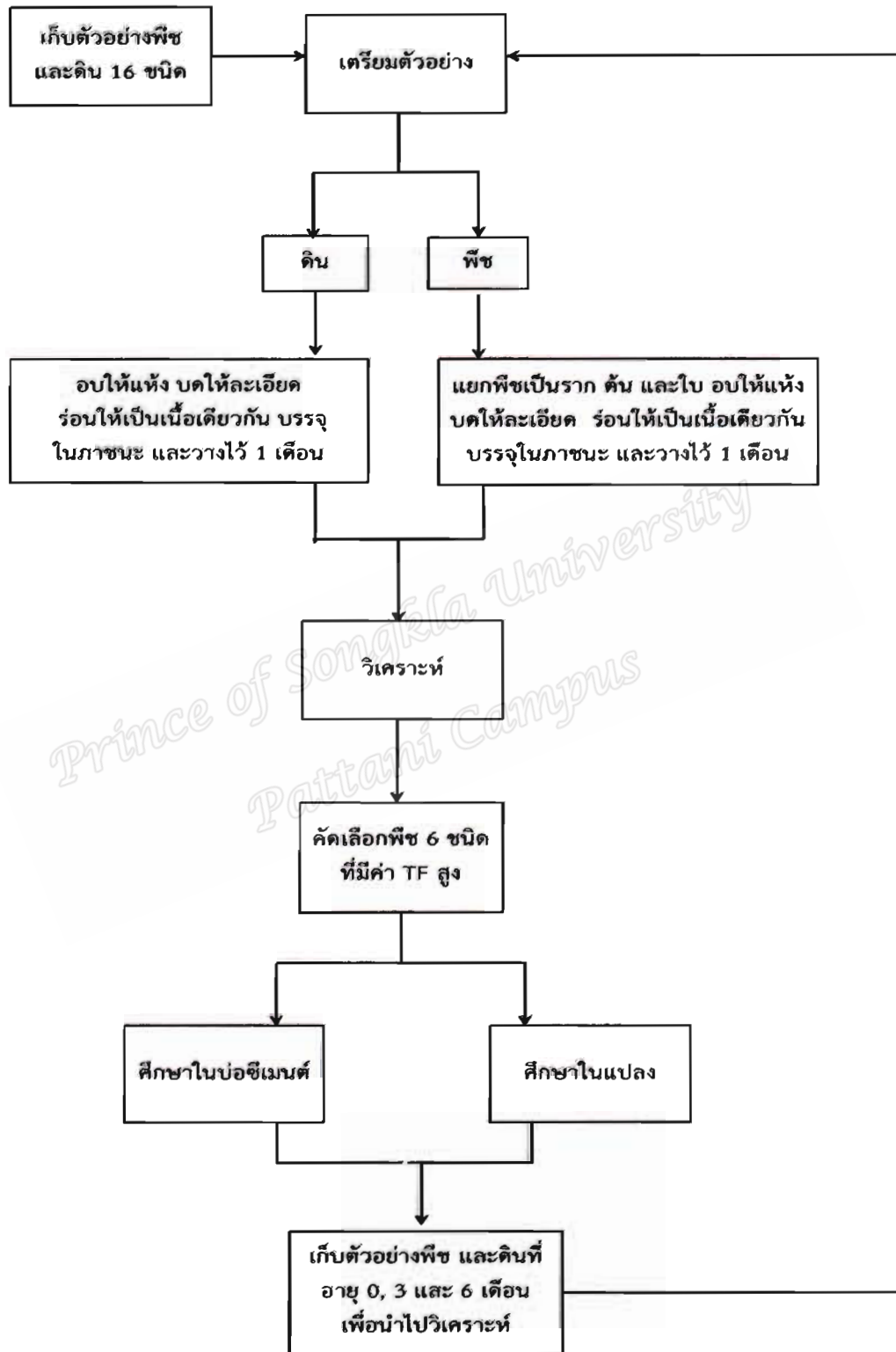
M คือน้ำหนักของตัวอย่าง (kg)

ตารางที่ 3.7 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (MDC) ของตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช

Parameter	Radionuclide	Soil samples	Plant samples
BG (cps)	Ra-226	71	56
	Cs-137	13	9
	K-40	57	49
	U-238	41	10
	Th-232	29	19
MDC (Bq/kg)	Ra-226	2.67	1.98
	Cs-137	0.64	0.48
	K-40	22.19	25.03
	U-238	16.49	9.71
	Th-232	0.89	0.59

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

## 3.4 วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 3.5 วิธีการทดลอง

3.4.1 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช ในบริเวณ ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

3.4.1.1 สํารวจการเจริญเติบโตของพืชที่ตำบล ตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา เพื่อคัดเลือกพืชที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 16 ชนิด เพื่อศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในพืช ปริมาณสารกัมมันตรังสีในดิน และปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช

3.4.1.2 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

(1) เก็บตัวอย่างดิน 16 ตัวอย่าง ที่ความลึก 3-5 cm

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างดินให้ปราศจากกิ่งไม้ รากไม้ ที่ปนเปื้อน อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างดินด้วยโกร่งบดดิน นำมาร้อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 cm สูง 7.5 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานดิน IAEA 375 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)

3.4.1.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างดิน 16 ตัวอย่าง เก็บทุกส่วนของพืชเท่าๆ กัน โดยไม่เป็นเป็นราก ต้น และใบ

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างพืชให้ปราศจากดิน และฝุ่น อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างพืชด้วยเครื่องบดสมุนไพร นำมาร้อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.2 cm สูง 10.2 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานพืช IAEA 330 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)

3.4.1.4 เลือกตัวอย่างดินและตัวอย่างพืช อย่างละ 6 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชมากที่สุด เพื่อศึกษาอย่างละเอียดในบ่อปูนซีเมนต์ และในแปลงทดลอง

3.4.2 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในบ่อปูนซีเมนต์

3.4.2.1 เตรียมบ่อปูนซีเมนต์สำหรับปลูกพืชที่มีชนิด และขนาดเดียวกันกับที่ปลูกในแปลงทดลอง นำดินใส่ในบ่อปูนซีเมนต์ และปลูกพืชมาลงในบ่อปูนซีเมนต์ โดยปลูกพืชชนิดละ 2

3.4.2.2 ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืชทุกๆ 3 เดือน

3.4.2.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

(1) เก็บตัวอย่างดินจากบ่อปูนซีเมนต์ที่ความลึก 3-5 cm

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างดินให้ปราศจากกิ่งไม้ รากไม้ ที่ปนเปื้อน อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างดินด้วยโกร่งบดดิน นำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 cm สูง 7.5 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานดิน IAEA 375 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)

3.4.2.4 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างพืชและแต่ละตัวอย่าง โดยแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดเป็น ราก ต้น และใบ

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างพืชให้ปราศจากดิน และฝุ่น อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างพืชด้วยเครื่องบดสมุนไพร นำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.2 cm สูง 10.2 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานพืช IAEA 330 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)

3.4.3 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในแปลง

3.4.3.1 จัดทำแปลงทดลอง โดยแต่ละแปลงทดลองปลูกพืชที่มีชนิด และขนาดเดียวกันกับที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ แต่ละแปลงปลูกเพียงชนิดเดียว จำนวน 6 แถว ๆ ละ 10 ต้นรวม 60 ต้น โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD)

3.4.3.2 ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืชทุกๆ 3 เดือน

3.4.3.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

(1) เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองที่ความลึก 3-5 cm

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างดินให้ปราศจากกิ่งไม้ รากไม้ ที่ปนเปื้อน อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างดินด้วยโกร่งบดดิน นำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.2 cm สูง 7.5 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานดิน IAEA 375 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)

3.4.3.4 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างพืชและแต่ละตัวอย่าง โดยแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดเป็น ราก ต้น และใบ

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างพืชให้ปราศจากดิน และฝุ่น อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ  $105^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างพืชด้วยเครื่องบดสมุนไพร นำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด  $120\ \mu\text{m}$

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.2 cm สูง 10.2 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานพืช IAEA 330 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทปพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)



## บทที่ 4

### ผลการวิจัย และวิจารณ์

ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{\text{ex}}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{\text{in}}$ ) ปริมาณรังสีแกมมาตกถล่ม (D) ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) และปริมาณการถ่ายโอนกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ในตัวอย่างดิน และพืช บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา ทำการทดลองโดยใช้ระบบการวิเคราะห์รังสีแกมมาสเปกโตรเมตรี หัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium Detector: HPGe) ซึ่งผลจากการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่าย

โอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

ทำการสำรวจปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{\text{ex}}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{\text{in}}$ ) ปริมาณรังสีแกมมาตกถล่ม (D) ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) และปริมาณการถ่ายโอนกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ในตัวอย่างดิน และพืช โดยเลือกพืชที่ใช้ในการสำรวจทั้งหมด 16 ชนิด ซึ่งเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา โดยข้อมูลที่ได้จากการสำรวจดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ,  $H_{\text{in}}$ , D, และ E ในตัวอย่างดินที่ทำการศึกษา บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในดินทั้ง 16 ชนิด ที่ทำการสำรวจบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 10800 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ได้พิคเพื่อหาปริมาณความเข้มของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{238}\text{U}$  มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานทั่วโลก (UNSCEAR, 2000) แต่ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานทั่วโลก



(UNSCEAR, 2000) สنج.ปส. (ภาคใต้) และสنج.ปส. ประเทศไทย (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2554) สาเหตุเกิดจากบริเวณดังกล่าวมีลักษณะธรณีวิทยาที่ประกอบไปด้วยหินแกรนิต และมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตรกรรม ดังนั้นพืชที่สามารถเจริญเติบโตในบริเวณนี้มีความน่าสนใจในการศึกษาปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน พบว่าในตัวอย่างดินมีปริมาณสารกัมมันตรังสีค่อนข้างสูงจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณอันตรายทางรังสี ได้แก่ ปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $Ra_{eq}$ ) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{ex}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{in}$ ) ปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $Ra_{eq}$ ) มีค่าเฉลี่ยคือ  $802.39 \pm 26.00$  Bq/kg ซึ่งแต่ละพื้นที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (370 Bq/kg) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{ex}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{in}$ ) มีค่าเฉลี่ยคือ  $2.78 \pm 0.07$  และ  $2.17 \pm 0.10$  ตามลำดับ ซึ่งแต่ละพื้นที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (1.00) ปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) มีค่าเฉลี่ยคือ  $358.42 \pm 11.53$  nGy/h ซึ่งแต่ละพื้นที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (55 nGy/h) และปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าเฉลี่ยคือ  $0.44 \pm 0.14$  mSv/y ซึ่งแต่ละพื้นที่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (0.48 mSv/y)

ตารางที่ 4.1 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดินที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Activity of soil (Bq/kg)					
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232	
ดินชะอม	275.70±11.65	<MDC	441.48±8.43	20.37±1.10	342.83±8.43	
ดินมันสำปะหลัง	293.50±12.02	0.73±0.43	430.44±5.20	18.52±1.13	378.37±8.86	
ดินมะพร้าววนกลุ่ม	270.06±11.56	0.77±0.43	442.58±5.33	19.75±1.10	380.49±8.90	
ดินลำโพงกาลลัก	276.38±11.68	<MDC	363.12±4.86	<MDC	394.83±9.06	
ดินป็นนกลี้	242.78±12.95	0.88±0.39	592.69±6.10	<MDC	327.34±9.99	
ดินสาบเสือ	187.45±9.66	<MDC	533.09±8.17	19.75±1.13	320.17±8.18	
ดินดาวเรือง	210.34±11.63	<MDC	496.67±9.15	18.52±1.09	359.78±8.81	
ดินหญ้าากาไป่	156.87±14.65	0.73±0.38	485.63±10.92	<MDC	375.92±10.26	
ดินหญ้าเนเปียร์	224.41±10.61	0.81±0.47	503.29±9.35	<MDC	229.53±6.93	
ดินเฮลิโคเนีย	170.60±15.79	<MDC	506.60±10.68	<MDC	377.39±12.00	
ดินมันเทศ	177.12±19.68	<MDC	548.54±10.49	<MDC	377.88±14.48	
ดินเพอราเรีย	204.36±12.66	0.73±0.44	551.30±10.02	18.52±1.09	344.62±8.44	
ดินผักกูด	292.82±12.01	<MDC	531.43±9.44	<MDC	266.21±7.46	
ดินหญ้าแฝกดอน	199.06±9.94	<MDC	475.75±9.78	17.90±1.10	290.34±7.77	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Samples	Activity of soil (Bq/kg)				
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232
ดินฝักบัว	202.46±10.00	0.77±0.46	550.75±8.19	<MDC	305.01±7.96
ดินกวางตั้ง	224.68±10.51	<MDC	490.59±7.79	<MDC	355.38±8.56

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

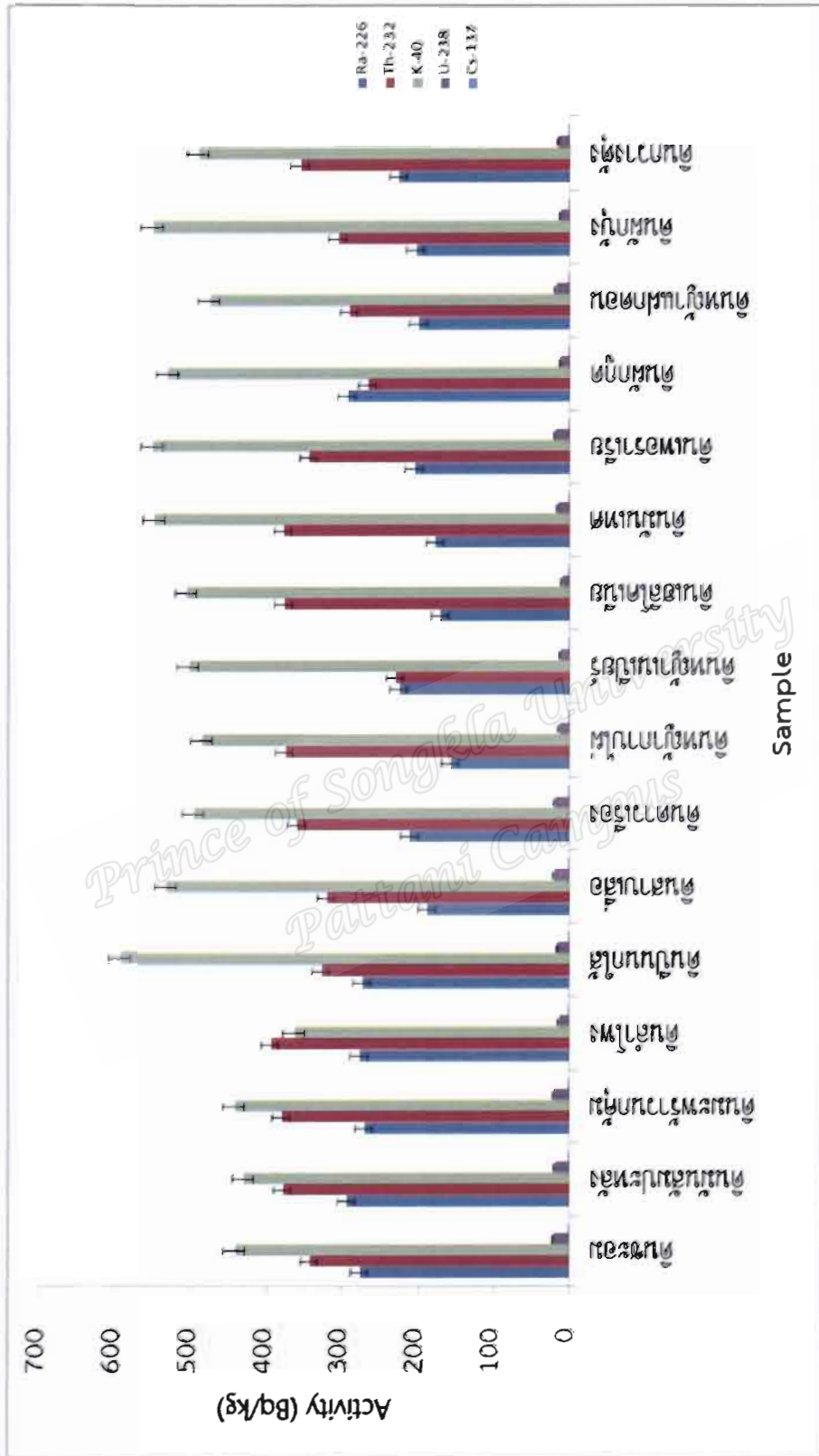
ตารางที่ตารางที่ 4.2 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดินจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในภาคใต้ และประเทศไทย ค่าเฉลี่ยทั่วโลก และงานวิจัยอื่นๆ

Samples	Activity of soil (Bq/kg)					
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232	
สนง.ปส. (ภาคใต้) (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2554)	171.55±3.13	1.13±0.49	511.04±7.04	-	211.19±1.98	
สนง.ปส. (ประเทศไทย) (สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, 2554)	48.00	-	400.00	-	40.00	
ค่ามาตรฐานทั่วโลก (UNSEAR, 2000)	33	-	420	33.00	45	
อย่างดินที่บริเวณเหมืองแร่จังหวัดยะลา (พงษ์ทิพย์ และสมหมาย, 2544)	161.49 ± 12.50	-	552.51 ± 22.76	-	201.72 ± 13.97	
จังหวัดยะลา (ไมมูน, 2012)	128.94 ± 7.42	-	3607.70 ± 235.90	-	85.93 ± 6.13	
ตะกอนดินจากอ่าวปัตตานี (นุรีฮัน, 2556)	175.46 ± 19.56	-	252.55 ± 36.11	-	58.04 ± 9.68	
ตัวอย่างดินจังหวัดสตูล (มารีนา, 2554)	93.75 ± 6.72	-	4020.90 ± 246.55	-	63.63 ± 2.34	
ค่าเฉลี่ยงานวิจัย	227.41	0.65	469.49	15.05	339.13	

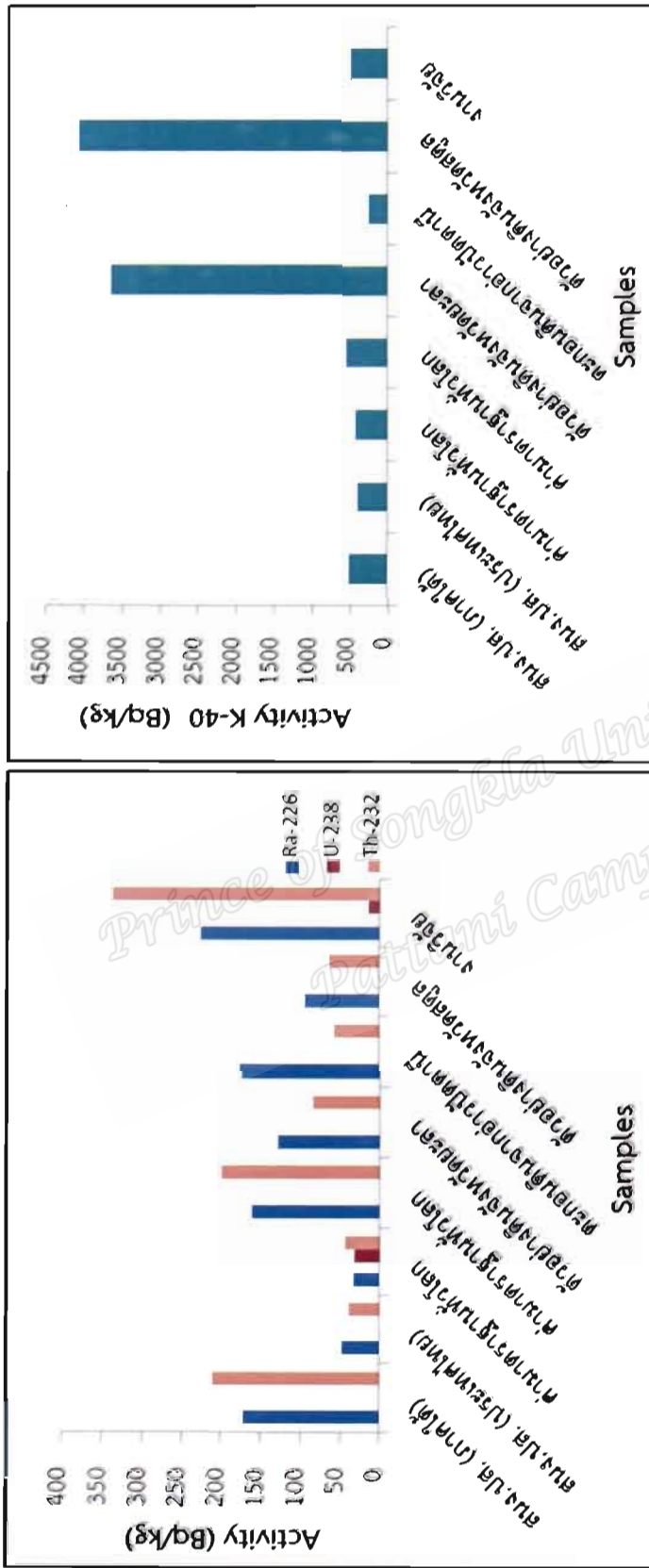
ตารางที่ 4.3 ปริมาณ  $Ra_{eq}$ ,  $H_{ex}$ ,  $H_{in}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างดินที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอชะหา จังหวัดยะลา

Sample	$Ra_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	$D$ (nGy/h)	$E$ (mSv/y)
ดินชะอม	799.94±24.12	2.16±0.07	3.14±0.10	381.79±10.68	0.43±0.13
ดินมันสำปะหลัง	867.71±25.08	2.34±0.07	3.02±0.10	372.77±11.10	0.47±0.14
ดินมะพร้าววนคุ่ม	848.24±24.70	2.29±0.07	3.09±0.10	381.03±10.93	0.46±0.13
ดินลำโพงงาสลัก	868.95±25.00	2.35±0.07	3.83±0.10	474.03±11.06	0.47±0.14
ดินป็นนงไต้	786.52±27.70	2.91±0.07	2.47±0.11	325.04±12.26	0.43±0.15
ดินสาบเสือ	728.83±21.99	1.97±0.06	3.22±0.09	411.41±9.74	0.40±0.12
ดินดาวเรือง	831.06±24.93	2.48±0.07	4.76±0.10	594.45±11.06	0.46±0.14
ดินหญ้ากากใบ	846.56±30.16	3.58±0.08	2.42±0.12	304.07±13.40	0.47±0.16
ดินหญ้าเนเปียร์	663.63±21.23	1.80±0.06	5.87±0.09	738.77±9.46	0.37±0.12
ดินเฮลิโคเนีย	855.50±33.78	4.49±0.09	8.65±0.13	1064.25±14.98	0.47±0.18
ดินมันเทศ	857.46±41.19	6.50±0.11	3.44±0.16	427.75±18.26	0.47±0.22
ดินเพอราเรีย	824.61±25.50	2.56±0.07	2.92±0.10	357.06±11.35	0.46±0.14
ดินผักกูด	786.66±23.41	2.12±0.06	2.53±0.10	332.99±10.44	0.44±0.13
ดินหญ้าแฝกดอน	735.86±21.79	1.99±0.06	2.50±0.09	323.54±9.68	0.41±0.12
ดินผักบุ้ง	723.52±21.01	1.95±0.06	2.80±0.09	361.70±9.76	0.40±0.12
ดินกวาดตุง	813.14±23.36	2.20±0.06	3.14±0.09	381.79±10.35	0.44±0.13

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน



รูปที่ 4. 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสีในตัวอย่างดินกับงานวิจัยต่างๆ



4.1.2 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ,  $H_{\text{in}}$ , D, และ E ในตัวอย่างพืชที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในพืช 16 ชนิด ที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 18000 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ใต้พีคเพื่อหาปริมาณความเข้มของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$  มีค่าเฉลี่ยคือ  $47.12 \pm 2.16$  มีค่าสูงกว่าเกณฑ์คณะกรรมการวิทยาศาสตร์ (Najed et al., 2003) แต่มีค่าต่ำกว่าพืชป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtibtim et al., 2017). ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าเฉลี่ยคือ  $1620.62 \pm 3.15$  และ  $90.68 \pm 2.03$  Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าพืชป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtibtim et al., 2017). ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถวัดได้

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืช พบว่าในตัวอย่างพืชมีปริมาณสารกัมมันตรังสีจึงจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ปริมาณอันตรายทางรังสี ได้แก่ ปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{\text{ex}}$ ) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{\text{in}}$ ) ปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าปริมาณกัมมันตรังสีสมมูลเรเดียม ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) ปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{\text{ex}}$  และ  $H_{\text{in}}$ ) และปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าเฉลี่ยคือ  $301.58 \pm 5.31$  Bq/kg,  $0.81 \pm 0.01$ ,  $0.94 \pm 0.02$  และ  $0.180.03 \pm$  mSv/y มีค่าสูงต่ำกว่ามาตรฐาน (370 Bq/kg, 1, 1, และ 0.48 mSv/y) ตามลำดับ แต่ปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) มีค่าเฉลี่ยคือ  $144.07 \pm 2.35$  nGy/h ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน (55 nGy/h)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืชที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Activity in plant (Bq/kg)					
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232	
ชะอม	51.07±1.84	<MDC	2312.93±2.58	<MDC	147.42±1.69	
มันสำปะหลัง	59.22±1.92	<MDC	2499.22±2.61	<MDC	165.31±1.82	
มะพร้าวตากคั่ว	84.70±2.12	<MDC	2887.99±2.78	<MDC	320.02±1.86	
ลำโพงกลัด	51.70±1.89	<MDC	1770.86±2.61	<MDC	89.61±1.57	
ปืนนกไฉ้	50.16±2.82	<MDC	2392.19±3.99	<MDC	105.51±3.75	
สาบเสือ	42.12±2.71	<MDC	2279.38±3.47	<MDC	133.51±2.66	
ดาวเรือง	40.00±2.41	<MDC	1347.96±2.88	<MDC	38.76±2.24	
หญ้ากบไฟ	41.49±2.39	<MDC	1501.85±3.09	<MDC	32.80±2.13	
หญ้าเนเปียร์	40.17±2.10	<MDC	1422.59±4.43	<MDC	42.90±2.04	
เฮลิโคเนีย	38.05±2.00	<MDC	1512.26±3.73	<MDC	53.83±1.78	
มันเทศ	92.45±2.68	<MDC	1388.45±3.12	<MDC	130.36±2.26	
เพอราเรีย	44.82±2.03	<MDC	1073.74±3.62	<MDC	38.26±1.81	
ผักกูด	24.79±2.00	<MDC	1145.48±3.04	<MDC	37.93±1.67	

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

Samples	Activity in plant (Bq/kg)				
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232
หญ้าแฝกตอน	26.80±1.99	<MDC	937.79±2.54	<MDC	42.07±1.82
ผักบุ้ง	36.44±1.80	<MDC	746.29±2.59	<MDC	37.43±1.58
กวางตุ้ง	30.01±1.90	<MDC	711.00±3.25	<MDC	35.12±1.80

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

Princess Somjitra University  
Pattani Campus

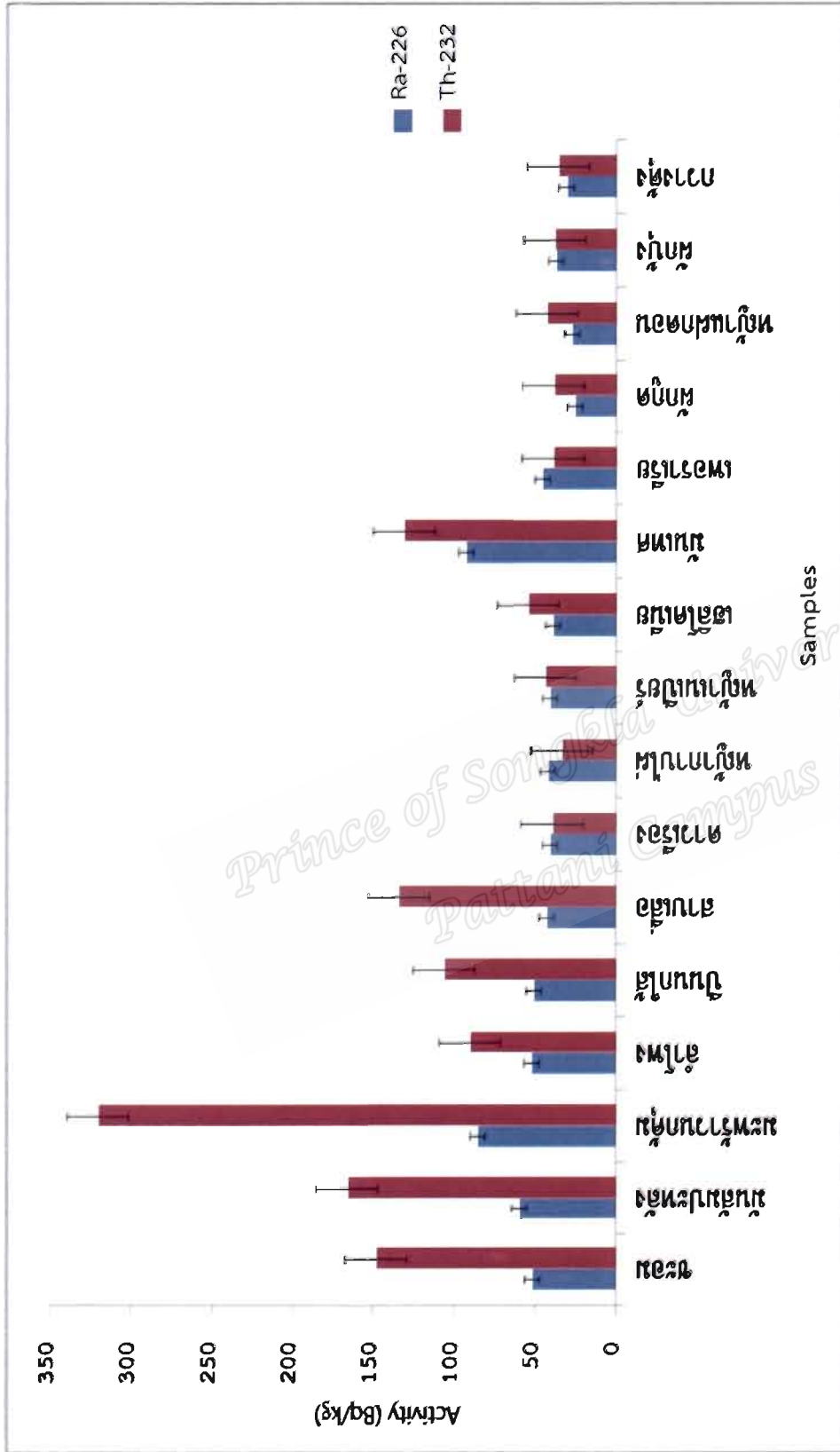
ตารางที่ 4.5 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืชจากงานวิจัยต่างๆ ทั่วโลก

Samples	Activity in plant (Bq/kg)					
	Ra-226	Cs-137	K-40	U-238	Th-232	
ผักที่ทานได้ ประเทศ Malaysia (Cabbage) (Mayeen et al., 2016)	3.80 ± 0.42	-	463.80 ± 21.90	-	6.91 ± 0.54	
พืชป่าชายเลน อ่าวปัตตานี						
-P. nodiflora	57	-	369	-	19	
-I. pes-caprae	346	-	871	-	276	
-D. trifoliolate	326	-	1389	-	300	
-S. portulacasturm	350	-	1400	-	250	
(Kaewtubtim et al., 2017)						
มอส ประเทศ Serbia						
-H.splendens	0.14 ± 1.99	1.80 ± 1.73	0.46 ± 1.78	-	0.17 ± 1.90	
-H.cupressiforme	1.19 ± 1.70	3.62 ± 3.05	0.58 ± 1.46	-	0.26 ± 1.33	
(Dragovic et al., 2010)						
เกณฑ์ของคณะกรรมการการวิทยาศาสตร์ของ สหประชาชาติ ว่าด้วยผลกระทบของรังสี						
(Nejed et al., 2003)	22.00	-	-	-	-	

ตารางที่ 4.6 ปริมาณ  $R_{eq}$ ,  $H_{ex}$ ,  $H_{in}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างพืชที่ทำการสำรวจ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

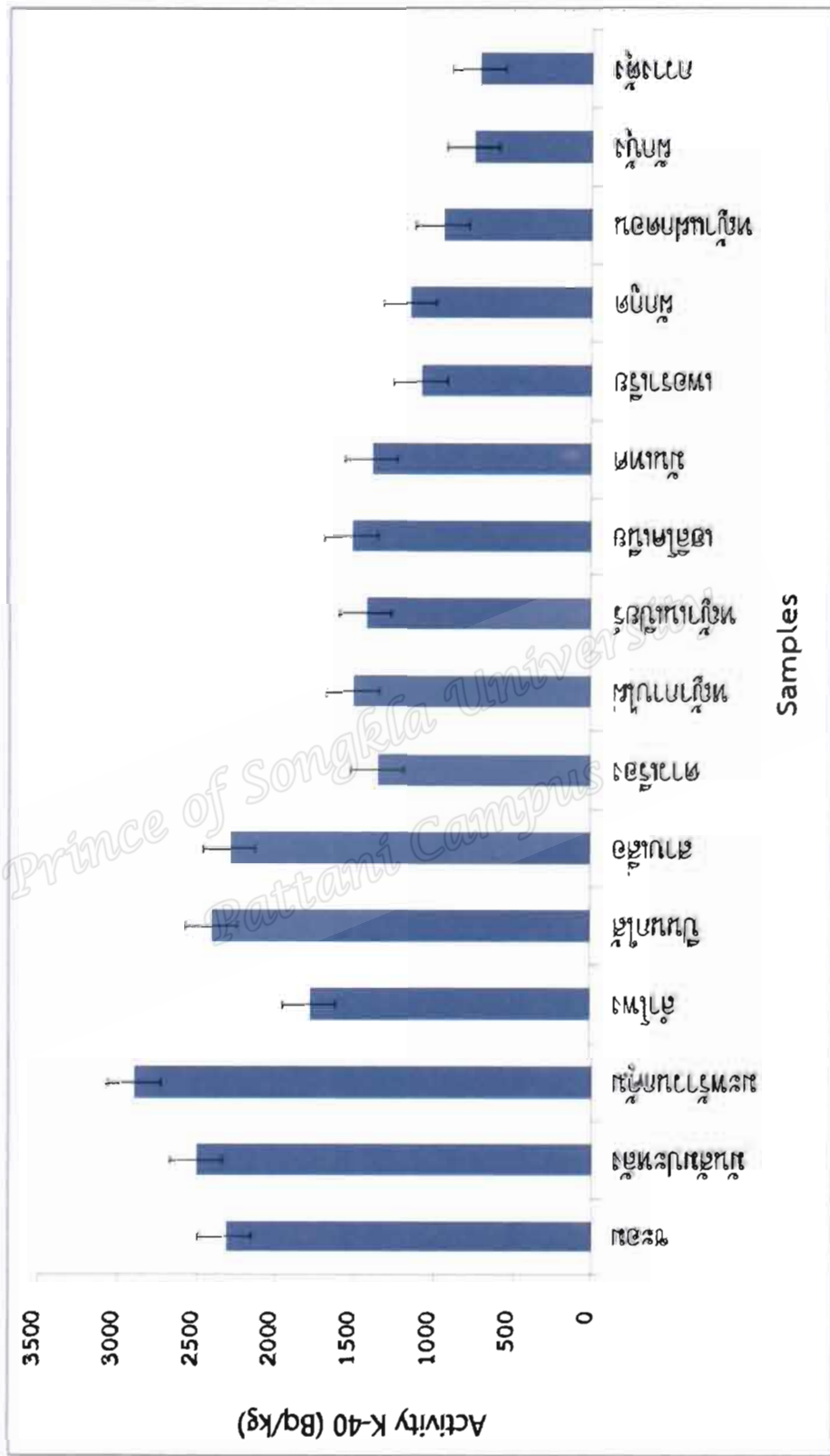
Samples	$R_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	$D$ (nGy/h)	$E$ (mSv/y)
ขะอม	439.98±4.46	1.19±0.01	1.33±0.02	209.04±1.98	0.26±0.02
มันสำปะหลัง	488.05±4.72	1.32±0.01	1.48±0.02	231.37±2.09	0.28±0.03
มะพร้าวคั่ว	764.70±4.99	2.06±0.01	2.29±0.02	352.77±2.22	0.43±0.03
ลำโพงกาสลัก	316.20±4.33	0.85±0.01	0.99±0.02	151.81±1.93	0.19±0.02
ปืนนกไล่	385.24±8.49	1.04±0.02	1.18±0.03	186.61±3.73	0.23±0.05
สาบเสือ	408.55±6.78	1.10±0.02	1.22±0.02	195.11±3.00	0.24±0.04
ดาวเรือง	199.22±5.83	0.54±0.02	0.65±0.02	98.06±2.58	0.12±0.03
หญ้ากาบไผ่	204.03±5.67	0.55±0.02	0.66±0.02	101.56±2.52	0.12±0.03
หญ้าเนเปียร์	211.06±5.36	0.57±0.01	0.68±0.02	103.75±2.39	0.13±0.03
เฮลิโคเนีย	231.47±4.83	0.63±0.01	0.73±0.02	113.12±2.15	0.14±0.03
มันเทศ	385.77±6.16	1.04±0.02	1.29±0.02	179.25±2.73	0.22±0.03
เพอราเรีย	182.21±4.90	0.49±0.01	0.61±0.02	88.55±2.18	0.11±0.03
ผักกูด	167.23±4.63	0.45±0.01	0.52±0.02	82.11±2.06	0.10±0.03
หญ้าแฝกตอน	159.17±4.79	0.43±0.01	0.50±0.02	76.87±2.12	0.09±0.03
ผักบุ้ง	147.44±4.26	0.40±0.01	0.50±0.02	70.53±1.89	0.09±0.02
กวาดตุง	134.98±4.73	0.36±0.01	0.45±0.02	64.69±2.10	0.08±0.03

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสี  $^{232}\text{Th}$  กับตัวอย่างพืช

Prince of Songkhla University  
Pattani Campus



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสี <sup>40</sup>K กับตัวอย่างพืช



#### 4.1.3 ผลการศึกษาปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในดิน และในพืชทั้ง 16 ชนิด ที่ทำการสำรวจจากบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ใต้พิภพเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) เพื่อศึกษาศักยภาพในการดูดซึมสารกัมมันตรังสีของพืชชนิด ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการถ่ายไอออนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th232)
ชะอม	0.19±0.01	-	5.24±0.07	-	0.43±0.02
มันสำปะหลัง	0.20±0.01	-	5.81±0.08	-	0.44±0.02
มะพร้าวangkุ่ม	0.31±0.02	-	6.53±0.08	-	0.84±0.02
ลำโพงกลสั๊ก	0.19±0.01	-	4.88±0.08	-	0.23±0.01
ปืนนกไล่	0.15±0.01	-	4.04±0.05	-	0.22±0.01
สาบเสือ	0.22±0.03	-	4.28±0.02	-	0.42±0.02
ดาวเรือง	0.15±0.01	-	2.71±0.01	-	0.10±0.01
หญ้ากาบไผ่	0.09±0.01	-	3.09±0.01	-	0.06±0.01
หญ้าเนเปียร์	0.18±0.02	-	2.83±0.01	-	0.19±0.01
เฮลิโคเนีย	0.07±0.01	-	2.99±0.01	-	0.08±0.00
มันเทศ	0.12±0.01	-	2.53±0.01	-	0.13±0.00
เพอราเรีย	0.14±0.01	-	1.95±0.01	-	0.11±0.01
ผักกูด	0.08±0.01	-	2.16±0.01	-	0.14±0.01
หญ้าแฝกดอน	0.13±0.02	-	1.97±0.01	-	0.14±0.01

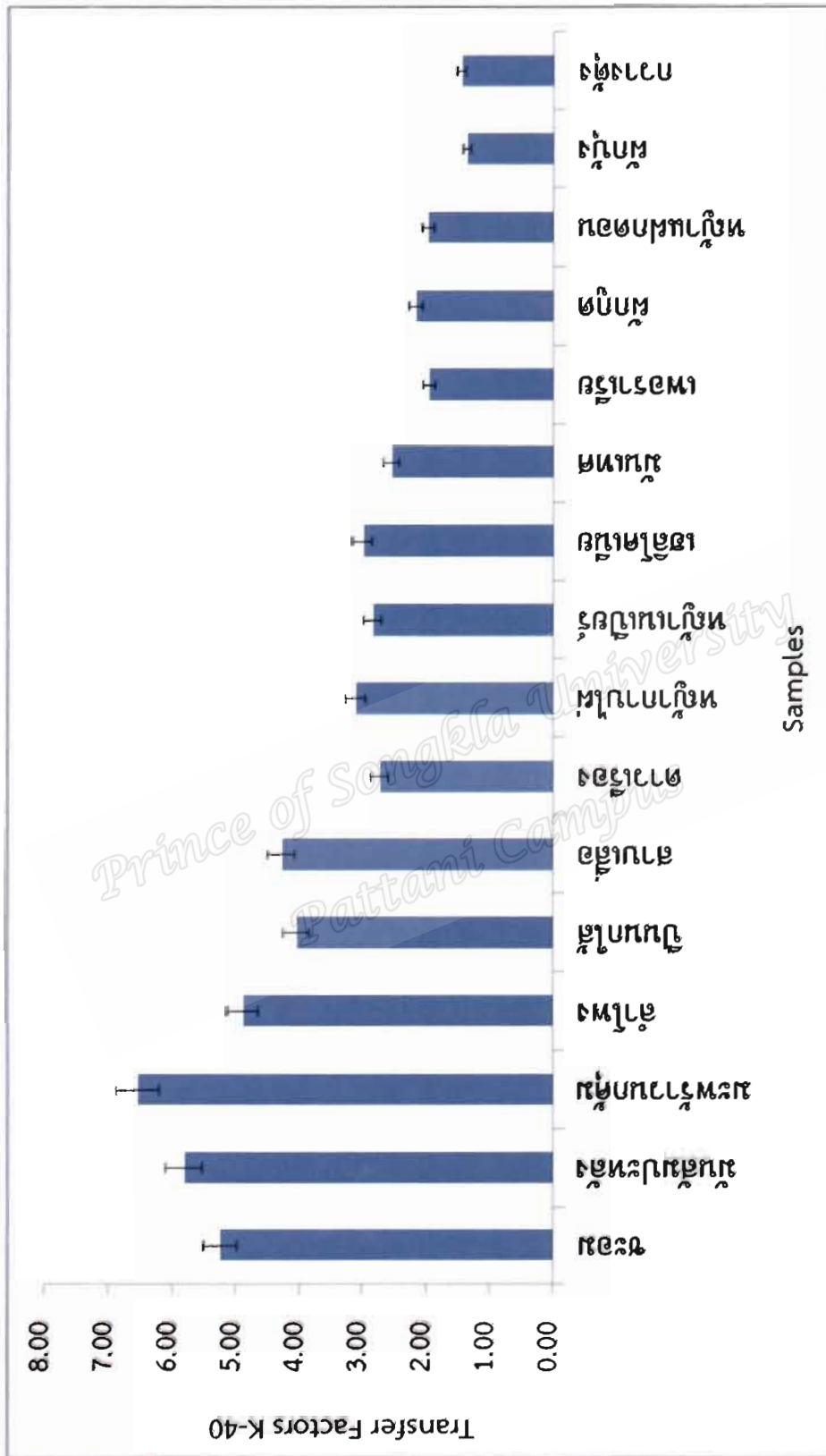
ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

Samples	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th232)
ผักบุ้ง	0.18±0.02	-	1.37±0.01	-	0.12±0.01
กวาดุ้ง	0.13±0.01	-	1.45±0.01	-	0.10±0.01

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

Prince of Songkla University  
Pattani Campus





รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายโอนกัมมันตรังสีของ <sup>40</sup>K กับตัวอย่างพืช

การถ่ายโอนปริมาณสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) มีค่ามากกว่า 1 บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซึมสารกัมมันตรังสีของพืชชนิดนั้นได้ดี ผลการวิเคราะห์ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) แสดงในตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ของ  $^{40}\text{K}$  มีค่ามากกว่า 1 ในตัวอย่างที่ประกอบด้วยชะอม มันสำปะหลัง มะพร้าววนกุ่ม ลำโพงกลาสลัก ปันนงไส้ และสาบเสือ ตามลำดับ จากปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชที่มีค่ามากกว่า 1 ได้นำมาศึกษาต่ออย่างละเอียด โดยแยกพืชออกเป็น ราก ต้น และใบ เพื่อทราบว่าส่วนไหนของพืชมีศักยภาพในการถ่ายโอนได้ดี ทำการทดลองโดยแบ่งเป็นปลูกในบ่อซีเมนต์ และปลูกในแปลง ดังหัวข้อต่อไปนี้

#### 4.2 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในบ่อปูนซีเมนต์

จากผลการศึกษาในข้อ 4.1 ได้คัดเลือกพืชมา 6 ชนิด ซึ่งมีการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีสูงสุด มาทำการศึกษาต่อโดยนำมาปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ ประกอบด้วยชะอม มันสำปะหลัง มะพร้าววนกุ่ม ลำโพงกลาสลัก ปันนงไส้ และสาบเสือ เพื่อวิเคราะห์ ปริมาณสารกัมมันตรังสี และศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆของพืช (ราก, ต้น, ใบ) เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือน (เก็บข้อมูลเดือนที่ 0, 3 และ 6) ดังนี้

4.2.1 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $R_{\text{eq}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ,  $H_{\text{in}}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในดินทั้ง 6 ชนิด ที่ทำการปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 10800 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ใต้พีคเพื่อหาปริมาณความเข้มของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ของทุกตัวอย่างมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (เก็บข้อมูลเดือนที่ 0, 3 และ 6) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Keawtibtim et al., 2017) มีปริมาณสารกัมมันตรังสีในตะกอนดินลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ตารางที่ 4.8 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอชะหา จังหวัดยะลา

Samples	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
ดินชะอม	0	241.87±9.52	<MDC	183.21±3.85	20.37±1.05	308.11±7.91
	3	222.10±10.91	<MDC	183.21±3.85	19.75±1.03	307.29±7.92
	6	183.30±10.46	<MDC	174.38±3.79	19.13±1.02	277.46±7.52
ดินมันสำปะหลัง	0	194.78±9.51	0.73±0.40	232.88±3.85	18.52±1.05	340.38±7.91
	3	182.83±9.81	0.69±0.39	169.97±3.85	18.52±1.03	326.69±7.92
	6	177.05±9.36	0.73±0.40	155.62±3.79	18.52±1.02	316.09±7.52
ดินมะพร้าวตากคั่ว	0	192.47±9.51	0.77±0.41	139.62±3.85	19.75±1.05	306.31±7.91
	3	189.49±9.81	0.77±0.41	118.10±3.85	19.13±1.03	297.84±7.92
	6	178.18±9.36	0.77±0.41	83.88±3.79	19.13±1.02	295.88±7.52
ดินลำโพงกลัด	0	187.85±9.51	<MDC	188.73±3.85	<MDC	432.16±7.91
	3	184.59±9.81	<MDC	173.28±3.85	<MDC	326.53±7.92
	6	178.18±9.36	<MDC	163.90±3.79	<MDC	298.98±7.52
ดินปืนนกไต้	0	199.06±9.51	0.88±0.44	266.81±3.85	<MDC	324.08±7.91
	3	193.97±9.81	0.88±0.44	208.05±3.85	<MDC	321.96±7.92
	6	179.91±9.36	0.88±0.44	140.72±3.79	<MDC	283.00±7.52



## ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

Samples	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
ดินสาบเสือ	0	193.97±9.51	<MDC	153.97±3.85	19.75±1.05	298.32±7.91
	3	179.97±9.81	<MDC	150.66±3.85	19.75±1.03	280.23±7.92
	6	176.67±9.36	<MDC	149.55±3.79	19.75±1.02	256.75±7.52

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.9 ปริมาณ  $R_{eq}$ ,  $H_{ex}$ ,  $H_{in}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Age (month)	$R_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	$D$ (nGy/h)	$E$ (mSv/y)
ดินชะอม	0	696.57±21.13	1.89±0.06	2.54±0.08	305.24±9.33	0.37±0.11
	3	675.6±21.54	1.82±0.06	2.43±0.09	295.63±9.98	0.36±0.12
	6	595.43±21.04	1.60±0.06	2.10±0.09	259.36±9.52	0.32±0.12
ดินมันสำปะหลัง	0	699.46±21.70	1.89±0.06	2.42±0.08	305.10±9.57	0.37±0.12
	3	663.08±21.75	1.79±0.06	2.28±0.09	288.69±9.60	0.35±0.12
	6	641.05±21.16	1.73±0.06	2.21±0.08	279.21±9.34	0.34±0.11
ดินมะพร้าวกลุ่ม	0	641.25±20.97	1.73±0.06	2.25±0.08	279.57±9.26	0.34±0.11
	3	624.48±21.32	1.69±0.06	2.20±0.08	272.17±9.41	0.33±0.12
	6	616.13±21.04	1.66±0.06	2.17±0.08	268.21±9.29	0.33±0.11
ดินลำโพงกลัก	0	820.38±23.32	2.22±0.06	2.72±0.09	355.50±10.26	0.44±0.13
	3	664.87±20.85	1.80±0.06	2.29±0.08	289.55±9.21	0.36±0.11
	6	618.43±21.50	1.67±0.06	2.09±0.08	269.60±9.49	0.33±0.12
ดินปืบนกใต้	0	679.97±21.84	1.84±0.06	2.37±0.09	296.97±9.65	0.36±0.12
	3	655.58±20.57	1.77±0.06	2.02±0.08	285.73±9.08	0.35±0.11
	6	595.43±21.69	1.61±0.06	2.09±0.09	259.74±9.58	0.32±0.12

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

Samples	Age (month)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ดินสาบเสือ	0	623.43±20.50	1.71±0.06	2.25±0.08	276.03±9.05	0.34±0.11
	3	580.32±20.87	1.57±0.05	2.02±0.08	253.00±9.21	0.31±0.11
	6	540.80±19.75	1.46±0.05	1.94±0.08	236.45±8.73	0.29±0.11

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±2σ)

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

4.2.2 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ,  $\text{H}_{\text{ex}}$ ,  $\text{H}_{\text{in}}$ ,  $\text{D}$ , และ  $\text{E}$  ในตัวอย่างพืช ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในพืชทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วยขอม มั่นสำปะหลัง มะพร้าวขี้เหล็ก ลำโพงกาสลัก ปีนนกลี และสาบเสือที่ทำการปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ การทดลองครั้งนี้ แยกพืชเป็นราก ต้น และใบ ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 18000 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ได้ฟิคเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงสุดในส่วนรากของมะพร้าวขี้เหล็ก (PP3) ซึ่งเป็นผลการทดลองของเดือนสุดท้ายของการเก็บเกี่ยว มีค่าคือ  $68.81 \pm 3.99$ ,  $842.33 \pm 4.48$  และ  $197.11 \pm 2.97$  Bq/kg ตามลำดับ ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ในรากของมะพร้าวขี้เหล็กมีค่าสูงกว่ามอสในประเทศ Seabia (Dragovic et al., 2010). แต่มีค่าต่ำกว่าพืชป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtibtim et al., 2017)

Prince of Songkla  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.10 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
ช่อม	Shoot	0	14.63±2.18	<MDC	288.68±3.14	<MDC	34.78±1.74
		3	16.64±2.27	<MDC	306.62±2.76	<MDC	34.95±1.73
		6	16.76±2.28	<MDC	308.93±2.90	<MDC	36.44±1.78
	Leave	0	15.72±2.23	<MDC	297.94±3.17	<MDC	39.92±1.84
		3	17.85±2.33	<MDC	360.42±3.36	<MDC	48.53±2.00
		6	24.79±2.62	<MDC	367.36±3.33	<MDC	63.11±2.25
มันสำปะหลัง	Shoot	0	14.29±2.39	<MDC	334.39±3.28	<MDC	40.08±1.85
		3	16.76±2.16	<MDC	350.01±3.33	<MDC	41.41±1.80
		6	19.17±2.28	<MDC	402.07±3.49	<MDC	42.90±1.59
	Leave	0	15.21±2.21	<MDC	298.52±3.17	<MDC	29.82±1.64
		3	16.18±2.25	<MDC	368.52±3.53	<MDC	42.57±1.90
		6	16.64±2.18	<MDC	415.96±4.49	<MDC	43.07±1.59
มะพร้าวกลุ่ม	Root	0	36.38±3.04	<MDC	740.51±4.37	<MDC	191.65±3.78
		3	65.25±3.90	<MDC	766.54±4.43	<MDC	192.14±2.81
		6	68.81±3.99	<MDC	842.33±4.48	<MDC	197.11±2.97
	Shoot	0	33.63±2.95	<MDC	549.60±3.90	<MDC	93.26±2.69

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
		3	34.78±2.99	<MDC	554.22±3.91	<MDC	96.40±2.73
		6	37.30±2.64	<MDC	565.80±3.27	<MDC	97.56±2.30
	Leave	0	25.82±2.66	<MDC	369.10±3.39	<MDC	64.43±2.27
		3	38.97±3.13	<MDC	424.14±3.83	<MDC	101.87±2.80
		6	39.90±2.82	<MDC	433.89±3.20	<MDC	102.86±2.43
ลำโพงกลัก	Root	0	25.71±2.65	<MDC	435.05±3.58	<MDC	60.13±2.20
		3	33.63±2.95	<MDC	445.46±3.47	<MDC	70.73±2.37
		6	47.52±3.40	<MDC	542.65±3.88	<MDC	102.53±2.81
	Shoot	0	19.40±2.40	<MDC	918.69±4.77	<MDC	54.33±2.11
		3	23.99±2.59	<MDC	919.27±4.33	<MDC	61.29±2.22
		6	24.68±2.32	<MDC	919.85±3.86	<MDC	62.94±1.78
	Leave	0	17.50±2.31	<MDC	647.37±4.15	<MDC	40.25±1.85
		3	25.94±2.66	<MDC	746.29±4.40	<MDC	58.47±2.18
		6	28.81±2.77	<MDC	752.66±4.33	<MDC	66.59±2.30
ปืนนกไต้	Root	0	32.25±2.90	<MDC	429.62±3.57	<MDC	65.76±2.29
		3	52.62±3.55	<MDC	734.72±4.36	<MDC	66.92±3.11

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
		6	52.80±2.78	<MDC	746.29±3.41	<MDC	66.75±2.07
	Shoot	0	18.02±2.34	<MDC	614.97±4.07	<MDC	42.40±1.89
		3	18.36±2.19	<MDC	616.13±3.41	<MDC	42.74±1.63
		6	18.42±2.33	<MDC	161.17±3.59	<MDC	43.07±1.75
	Leave	0	16.99±2.29	<MDC	420.59±3.54	<MDC	34.45±1.74
		3	17.96±2.33	<MDC	450.67±3.63	<MDC	40.42±1.85
		6	17.96±2.30	<MDC	451.25±3.53	<MDC	41.41±1.73
สามเสื่อ	Root	0	17.56±2.32	<MDC	219.00±3.14	<MDC	42.90±1.90
		3	22.09±2.51	<MDC	275.96±3.10	<MDC	45.55±1.95
		6	31.18±2.88	<MDC	399.76±3.48	<MDC	62.45±2.24
	Shoot	0	14.40±2.17	<MDC	310.09±3.21	<MDC	31.64±1.68
		3	15.49±2.22	<MDC	348.27±3.33	<MDC	33.96±1.73
		6	19.22±2.39	<MDC	399.76±3.48	<MDC	40.25±1.85



ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
	Leaf	0	16.24±2.26	<MDC	492.32±3.74	<MDC	41.74±1.88
		3	19.40±2.40	<MDC	492.32±3.30	<MDC	44.89±1.94
		6	20.09±2.34	<MDC	492.90±3.48	<MDC	44.89±1.75

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 4.11 ปริมาณ  $R_{eq}$ ,  $H_{ex}$ ,  $H_{in}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างพืช ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอชะงาย จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	$R_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	$D$ (nGy/h)	$E$ (mSv/y)
ช่อม	Shoot	0	86.60±4.91	0.23±0.01	0.27±0.02	39.65±2.19	0.05±0.03
		3	86.88±4.95	0.23±0.01	0.27±0.02	39.92±2.21	0.05±0.03
		6	91.59±5.04	0.25±0.01	0.29±0.02	41.89±2.24	0.05±0.03
	Leave	0	95.75±5.11	0.26±0.01	0.30±0.02	43.62±2.28	0.05±0.03
		3	122.69±5.45	0.33±0.01	0.38±0.02	55.33±2.42	0.07±0.03
		6	142.03±6.09	0.38±0.02	0.45±0.02	63.91±2.70	0.08±0.03
มันสำปะหลัง	Shoot	0	102.24±5.28	0.28±0.01	0.33±0.02	46.83±2.35	0.06±0.03
		3	101.89±5.00	0.28±0.01	0.33±0.02	46.55±2.23	0.06±0.03
		6	112.26±4.83	0.30±0.01	0.36±0.02	51.73±2.16	0.06±0.03
	Leave	0	80.83±4.79	0.22±0.01	0.26±0.02	37.35±2.14	0.05±0.03
		3	96.50±5.23	0.26±0.01	0.31±0.02	44.21±2.33	0.05±0.03
		6	102.44±4.71	0.28±0.01	0.32±0.02	47.16±2.10	0.06±0.03
มะพร้าวคุด	Root	0	367.45±8.78	0.99±0.02	1.09±0.03	162.64±3.87	0.20±0.05
		3	408.76 ±8.26	1.10±0.02	1.29±0.03	128.51±3.68	0.22±0.05
		6	427.79±8.61	1.16±0.02	1.35±0.03	191.44±3.83	0.23±0.05

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ลำโพงทาสลัก	Shoot	0	209.30±7.09	0.57±0.02	0.66±0.03	94.37±3.14	0.12±0.04
		3	224.63±7.19	0.61±0.02	0.71±0.03	101.50±3.19	0.12±0.04
		6	225.89±6.18	0.61±0.02	0.71±0.02	101.70±2.74	0.12±0.03
	Leave	0	146.38±6.17	0.40±0.02	0.47±0.02	65.96±2.74	0.08±0.03
		3	147.20±7.43	0.40±0.02	0.47±0.03	101.50±3.29	0.08±0.04
		6	167.40±6.53	0.45±0.02	0.53±0.03	75.23±2.90	0.09±0.04
ลำโพงทาสลัก	Root	0	145.19±6.08	0.39±0.02	0.46±0.02	66.07±2.70	0.08±0.03
		3	204.09±6.60	0.55±0.02	0.62±0.03	91.28±2.93	0.11±0.04
		6	235.92±7.71	0.64±0.02	0.77±0.03	106.05±3.42	0.13±0.04
	Shoot	0	167.83±5.77	0.45±0.02	0.51±0.02	79.85±2.58	0.10±0.03
		3	173.82±6.10	0.47±0.02	0.52±0.02	82.63±2.71	0.10±0.03
		6	144.10±5.16	0.39±0.01	0.44±0.02	66.31±2.30	0.08±0.03
Leave	0	124.91±5.28	0.34±0.01	0.38±0.02	59.21±2.36	0.07±0.03	
	3	178.25±6.11	0.48±0.02	0.56±0.02	87.77±2.72	0.10±0.03	
	6	179.58±6.40	0.48±0.02	0.56±0.02	83.32±2.85	0.10±0.03	

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	R <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ปืบนกไต้	Root	0	159.34±6.45	0.43±0.02	0.52±0.03	72.22±2.87	0.09±0.04
		3	271.30 ±8.33	0.73±0.02	0.89±0.03	124.47±2.70	0.11±0.05
		6	106.15±6.00	0.74±0.02	0.90±0.02	125.09±2.67	0.15±0.03
	Shoot	0	126.01±5.35	0.34±0.01	0.39±0.02	59.39±2.39	0.07±0.03
		3	173.82±4.79	0.35±0.02	0.89±0.02	124.47±2.14	0.15±0.03
		6	132.17±5.10	0.36±0.01	0.41±0.02	62.16±2.28	0.08±0.03
สาบเสื่อ	Leave	0	98.64±5.04	0.27±0.01	0.31±0.02	46.04±2.25	0.06±0.03
		3	130.31±5.26	0.27±0.01	0.32±0.02	47.01±2.35	0.06±0.03
		6	106.15±5.04	0.29±0.01	0.35±0.02	49.57±2.25	0.06±0.03
	Root	0	101.31±5.28	0.27±0.01	0.32±0.02	45.97±2.35	0.06±0.03
		3	119.91±5.54	0.32±0.01	0.37±0.02	53.53±2.46	0.07±0.03
		6	151.76±6.35	0.41±0.02	0.50±0.02	68.74±2.82	0.08±0.03
Shoot	0	83.52±4.81	0.23±0.01	0.26±0.02	38.55±2.15	0.05±0.03	
	3	100.65±4.94	0.32±0.01	0.37±0.02	46.19±2.20	0.06±0.03	
	6	108.51±5.30	0.29±0.01	0.34±0.02	50.08±2.36	0.06±0.03	

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	R <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
	Leave	0	113.84±5.23	0.31±0.01	0.35±0.02	53.06±2.33	0.07±0.03
		3	132.08±5.42	0.36±0.01	0.41±0.02	61.03±2.41	0.07±0.03
		6	132.83±5.13	0.36±0.01	0.41±0.02	41.14±2.29	0.07±0.03

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±2σ)

Pattani Campus  
Prinice of Songkla University

4.2.3 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบล ตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

การเคลื่อนย้ายปริมาณสารกัมมันตรังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆ ของพืช (TF) มีค่ามากกว่า 1 บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซึมสารกัมมันตรังสีของพืชชนิดนั้นได้ดี ผลการวิเคราะห์ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) แสดงในตารางที่ 4.10 จากการทดลองพบว่าค่า TF ของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงสุดในรากของมะพร้าววนกุ่ม มีค่าคือ  $0.29 \pm 0.04$ ,  $7.45 \pm 0.45$  และ  $0.23 \pm 0.03$  ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าต่ำกว่ารูปฤาษี ป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtubtim et al., 2017) แต่มีค่าสูงกว่าพืชที่เจริญเติบโตบนเหมืองแร่ในประเทศสเปน (Charro and Moyana, 2017) ค่า TF ของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากมีค่ากัมมันตภาพรังสีในพืชต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามะพร้าววนกุ่มมีศักยภาพในการบำบัดสารกัมมันตรังสีได้ดี (TF > 1) และสามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งในการบำบัดสารกัมมันตรังสีต่อไป

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการถ่ายไอออนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
ช่อม	Shoot	0	0.06±0.01	-	1.58±0.05	-	0.11±0.01
		3	0.08±0.01	-	1.97±0.05	-	0.14±0.01
		6	0.09±0.02	-	1.77±0.06	-	0.13±0.01
	Leave	0	0.06±0.01	-	1.63±0.05	-	0.13±0.01
		3	0.07±0.01	-	1.67±0.06	-	0.16±0.01
		6	0.13±0.02	-	2.10±0.06	-	0.23±0.01
มันสำปะหลัง	Shoot	0	0.07±0.02	-	1.44±0.04	-	0.12±0.01
		3	0.09±0.01	-	2.06±0.06	-	0.13±0.01
		6	0.11±0.02	-	2.58±0.09	-	0.14±0.01
	Leave	0	0.08±0.02	-	1.28±0.03	-	0.09±0.01
		3	0.08±0.02	-	2.17±0.07	-	0.13±0.01
		6	0.09±0.02	-	2.67±0.09	-	0.14±0.01
มะพร้าวค่อม	Root	0	0.18±0.03	-	5.30±0.14	-	0.63±0.03
		3	0.19±0.02	-	5.30±0.22	-	0.63±0.03
		6	0.36±0.04	-	7.45±0.45	-	0.74±0.03
	Shoot	0	0.17±0.02	-	3.94±0.11	-	0.30±0.02



ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
		3	0.17±0.04	-	3.94±0.18	-	0.30±0.02
		6	0.19±0.02	-	5.38±0.31	-	0.38±0.02
	Leave	0	0.13±0.02	-	2.64±0.08	-	0.21±0.01
		3	0.13±0.03	-	2.64±0.16	-	0.21±0.02
		6	0.13±0.03	-	3.57±0.24	-	0.25±0.02
ลำโพงกาสลัก	Root	0	0.14±0.03	-	2.31±0.06	-	0.14±0.01
		3	0.18±0.02	-	2.57±0.08	-	0.22±0.01
		6	0.18±0.02	-	2.65±0.15	-	0.46±0.02
	Shoot	0	0.10±0.02	-	4.87±0.12	-	0.13±0.01
		3	0.13±0.03	-	5.31±0.14	-	0.19±0.01
		6	0.14±0.02	-	5.48±0.15	-	0.26±0.01
	Leave	0	0.09±0.02	-	3.43±0.09	-	0.09±0.01
		3	0.14±0.02	-	4.34±0.12	-	0.18±0.01
		6	0.19±0.02	-	4.81±0.04	-	0.28±0.01
ปิ่นกใส่	Root	0	0.16±0.02	-	1.89±0.05	-	0.20±0.01
		3	0.29±0.02	-	3.53±0.08	-	0.21±0.01

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
		6	0.29±0.03	-	5.30±0.18	-	0.24±0.01
	Shoot	0	0.09±0.02	-	2.71±0.07	-	0.13±0.01
		3	0.10±0.04	-	2.96±0.07	-	0.13±0.01
		6	0.10±0.02	-	4.38±0.16	-	0.15±0.01
	Leave	0	0.09±0.02	-	1.85±0.05	-	0.11±0.01
		3	0.10±0.02	-	2.17±0.05	-	0.13±0.01
		6	0.10±0.02	-	3.21±0.12	-	0.15±0.01
สาบเสือ	Root	0	0.09±0.02	-	1.89±0.06	-	0.14±0.01
		3	0.13±0.02	-	1.83±0.07	-	0.16±0.01
		6	0.18±0.03	-	2.67±0.09	-	0.24±0.02
	Shoot	0	0.07±0.01	-	2.01±0.07	-	0.11±0.01
		3	0.09±0.02	-	2.31±0.08	-	0.12±0.01
		6	0.11±0.02	-	2.67±0.09	-	0.16±0.01
	Leave	0	0.08±0.02	-	3.20±0.10	-	0.14±0.01
		3	0.12±0.02	-	3.27±0.10	-	0.16±0.01
		6	0.11±0.02	-	3.30±0.1-	-	0.17±0.01

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

#### 4.3 ผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่าย

##### โอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในแปลง

จากผลการศึกษาในข้อ 4.1 ได้ใช้พืชชนิดเดียวกับในข้อ 4.2 (ประกอบด้วยชะอม มันสำปะหลัง มะพร้าวคนคุ่ม ลำโพงกาสลัก ปั่นนงไส้ และสาบเสือ) แต่นำมาศึกษาโดยการนำพืชมาปลูกในแปลงให้เติบโตตามธรรมชาติ เพื่อการเจริญเติบโต วิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสี และศึกษาภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆของพืช (ราก, ต้น และ ใบ) เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือน (เก็บข้อมูลเดือนที่ 0, 3 และ 6) ดังนี้

4.3.1 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ,  $\text{H}_{\text{ex}}$ ,  $\text{H}_{\text{in}}$ ,  $\text{D}$ , และ  $\text{E}$  ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในดินทั้ง 6 ชนิด ที่ทำการปลูกในแปลง ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 10800 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ได้พีคเพื่อหาปริมาณความเข้มของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ของทุกตัวอย่างมีค่าลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (เก็บข้อมูลเดือนที่ 0, 3 และ 6) แต่ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ของทุกตัวอย่างมีค่าคงที่เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Keawtibtim et al., 2017) มีปริมาณสารกัมมันตรังสีในตะกอนดินลดลงเมื่อเวลาผ่านไป

ตารางที่ 4.13 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
ดินชะอม	0	214.87±9.52	<MDC	183.21±3.85	20.37±1.05	308.11±7.91
	3	153.41±8.48	<MDC	125.82±3.38	20.37±1.05	268.82±7.13
	6	144.71±8.72	<MDC	215.86±4.04	20.37±1.05	248.60±7.41
ดินมันสำปะหลัง	0	194.78±9.51	0.73±0.40	232.88±3.75	18.52 ±1.00	340.38±8.33
	3	161.29±8.94	0.73±0.39	133.00±3.36	18.52 ±1.00	274.03±7.39
	6	153.41±8.72	0.73±0.40	123.61±3.44	18.52 ±0.98	267.35±7.48
ดินมะพร้าวหน่อกุ่ม	0	192.47±9.60	0.77±0.41	139.62±2.99	19.75±1.03	306.31±7.79
	3	192.34±9.75	0.77±0.41	105.40±3.20	19.75±1.02	262.95±7.32
	6	178.89±9.40	0.77±0.41	104.30±3.19	19.75±1.03	262.79±7.33
ดินลำโพงกาลัก	0	187.85±9.63	<MDC	188.73±3.70	<MDC	432.16±9.37
	3	143.22±8.44	<MDC	167.76±3.73	<MDC	220.40±6.71
	6	141.11±8.37	<MDC	157.83±7.49	<MDC	217.96±6.68
ดินปืบนกไส้	0	187.85±9.91	0.88±0.44	226.81±4.04	<MDC	324.08±8.13
	3	183.57±9.52	0.88±0.44	183.77±3.62	<MDC	283.49±7.24
	6	182.90±9.51	0.88±0.44	153.41±3.86	<MDC	256.59±7.60

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

Samples	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/kg)
ดินสาบเสือ	0	199.97±9.41	<MDC	153.97±3.58	19.75±1.03	298.32±7.56
	3	156.94±7.54	<MDC	168.87±3.41	19.75±1.03	248.93±6.06
	6	113.73±8.82	<MDC	128.58±3.74	19.75±1.03	178.99±7.13

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.14 ปริมาณ  $Ra_{eq}$ ,  $H_{ex}$ ,  $H_{in}$ , D, และ E ในตัวอย่างดิน ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Age (month)	$Ra_{eq}$ (Bq/kg)	$H_{ex}$	$H_{in}$	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ดินชะอม	0	696.57±21.13	1.88±0.06	2.54±0.08	305.24±9.33	0.37±0.11
	3	547.51±18.93	1.48±0.05	1.89±0.07	238.33±8.35	0.29±0.10
	6	511.99±19.63	1.38±0.05	1.77±0.08	223.24±8.66	0.27±0.11
ดินมันสำปะหลัง	0	699.46±21.70	1.89±0.06	2.42±0.08	305.10±9.57	0.37±0.12
	3	563.40±19.76	1.52±0.05	1.96±0.08	245.42±8.72	0.30±0.11
	6	545.24±19.68	1.47±0.05	1.89±0.08	237.36±8.68	0.29±0.11
ดินมะพร้าวگانคึม	0	641.25±20.97	1.73±0.06	2.25±0.08	279.57±9.26	0.34±0.11
	3	576.47±20.46	1.56±0.06	2.08±0.08	251.88±9.05	0.31±0.11
	6	562.70±20.13	1.52±0.05	2.00±0.08	254.54±8.89	0.30±0.11
ดินลำโพงกาลัก	0	820.38±23.32	2.22±0.06	2.72±0.09	355.50±10.26	0.44±0.13
	3	471.31±18.32	1.27±0.05	1.66±0.07	206.14±8.10	0.25±0.10
	6	464.94±18.50	1.26±0.05	1.64±0.07	203.28±8.21	0.25±0.10
ดินป็นนงไต้	0	679.97±21.84	1.84±0.06	2.37±0.09	296.97±9.65	0.36±0.12
	3	603.11±20.15	1.63±0.05	2.13±0.08	263.52±8.91	0.32±0.11
	6	561.63±20.68	1.52±0.06	2.10±0.08	245.69±9.14	0.30±0.11

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

Samples	Age (month)	R <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ดินสาบเสือ	0	632.43±20.50	1.71±0.06	2.23±0.08	276.03±9.05	0.34±0.11
	3	525.91±16.47	1.42±0.04	1.84±0.06	263.52±7.28	0.28±0.09
	6	379.60±19.31	1.03±0.05	1.33±0.08	165.91±8.53	0.20±0.10

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

Prince of Songkla University  
Pattani Campus



4.3.2 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ปริมาณ  $Ra_{\text{eq}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ,  $H_{\text{in}}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างพืชที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในพืชทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วยชะอม มันสำปะหลัง มะพร้าวคนค่อม ลำโพงกลาลัก ปันนงไส้ และสาบเสือที่ทำการปลูกในแปลง การทดลองครั้งนี้แยกพืชเป็นราก ต้น และใบ ทำการวัดรังสีแกมมาโดยใช้หัววัดชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ใช้เวลาในการวัด 18000 s ต่อหนึ่งตัวอย่าง จากนั้นนำไปวิเคราะห์พื้นที่ได้พิคเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์ที่สนใจ ได้แก่  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.13 พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงสุดในส่วนรากของมะพร้าวคนค่อม (PF3) ซึ่งเป็นผลการทดลองของเดือนสุดท้ายของการเก็บเกี่ยว มีค่าคือ  $72.59 \pm 3.99$ ,  $952.25 \pm 4.48$  และ  $197.11 \pm 2.97$  Bq/kg ตามลำดับ ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ จากการศึกษาพบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ในรากของมะพร้าวคนค่อมมีค่าสูงกว่ามอสในประเทศ Seabia (Dragovic et al., 2010). แต่มีค่าต่ำกว่าพืชป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtibtim et al., 2017)

ตารางที่ 4.15 ปริมาณสารกัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$ ) ในตัวอย่างพืช ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/2kg)
ชะอม	Shoot	0	14.63±2.18	<MDC	288.68±3.14	<MDC	34.78±1.74
		3	14.86±2.11	<MDC	289.26±3.12	<MDC	34.78±1.56
		6	16.76±2.28	<MDC	295.05±2.90	<MDC	36.44±1.78
	Leave	0	15.72±2.23	<MDC	297.94±3.17	<MDC	39.92±1.84
		3	16.36±2.26	<MDC	313.56±3.22	<MDC	57.48±2.16
		6	24.79±2.62	<MDC	350.58±3.33	<MDC	63.11±2.25
มันสำปะหลัง	Shoot	0	19.17±2.39	<MDC	334.39±3.28	<MDC	40.08±1.85
		3	19.51±2.31	<MDC	300.83±3.18	<MDC	41.41±1.87
		6	20.66±2.28	<MDC	402.07±3.49	<MDC	42.40±1.59
	Leave	0	15.21±2.21	<MDC	298.52±3.17	<MDC	29.82±1.64
		3	17.22±2.30	<MDC	303.72±3.14	<MDC	39.09±1.83
		6	17.22±2.18	<MDC	368.52±3.39	<MDC	39.75±1.59
มะพร้าววนกุ่ม	Root	0	36.38±3.04	<MDC	740.51±4.37	<MDC	191.65±3.78
		3	68.81±4.09	<MDC	785.06±4.98	<MDC	195.45±2.69
		6	72.59±3.99	<MDC	952.25±4.48	<MDC	197.11±2.97
Shoot	0	33.63±2.95	<MDC	549.60±3.90	<MDC	93.26±2.69	

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/2kg)
		6	58.71±2.78	<MDC	832.49±3.41	<MDC	105.51±2.07
	Shoot	0	18.02±2.34	<MDC	614.97±4.07	<MDC	42.40±2.34
		3	14.52±2.18	<MDC	623.51±3.60	<MDC	44.39±1.74
		6	17.90±2.33	<MDC	623.65±3.59	<MDC	44.56±1.75
	Leave	0	16.99±2.29	<MDC	420.59±3.54	<MDC	34.45±2.29
		3	17.16±2.54	<MDC	433.89±4.71	<MDC	34.78±2.26
		6	22.95±2.30	<MDC	434.47±3.53	<MDC	34.78±1.73
สาบเสือ	Root	0	17.56±2.32	<MDC	219.00±3.14	<MDC	42.90±2.32
		3	17.62±2.32	<MDC	239.51±2.97	<MDC	58.64±2.18
		6	31.68±2.88	<MDC	399.76±3.48	<MDC	62.45±2.24
	Shoot	0	14.40±2.17	<MDC	310.09±3.21	<MDC	31.64±2.17
		3	16.76±2.28	<MDC	329.76±3.11	<MDC	40.91±1.86
		6	19.22±2.39	<MDC	399.76±3.48	<MDC	40.91±1.85

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra-226 (Bq/kg)	Cs-137 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	U-238 (Bq/kg)	Th-232 (Bq/2kg)
	Leave	0	16.24±2.26	<MDC	492.32±3.74	<MDC	41.74±2.26
		3	18.19±2.34	<MDC	494.64±3.28	<MDC	53.00±2.08
		6	18.19±2.34	<MDC	495.22±3.69	<MDC	53.50±1.75

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

<MDC คือค่าที่ต่ำกว่าค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้

ตารางที่ 4.16 ปริมาณ  $R_{\text{eq}}$ ,  $H_{\text{ex}}$ ,  $H_{\text{in}}$ ,  $D$ , และ  $E$  ในตัวอย่างพืช ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	$R_{\text{eq}}$ (Bq/kg)	$H_{\text{ex}}$	$H_{\text{in}}$	$D$ (nGy/h)	$E$ (mSv/y)
ชะอม	Shoot	0	86.60±4.91	0.23±0.01	0.27±0.02	39.65±2.19	0.05±0.03
		3	86.60±4.58	0.23±0.01	0.27±0.02	39.65±2.04	0.05±0.03
		6	91.59±5.04	0.25±0.01	0.29±0.02	41.89±2.24	0.05±0.03
	Leave	0	95.75±5.11	0.26±0.01	0.30±0.02	43.62±2.28	0.05±0.03
		3	122.69±5.60	0.33±0.012	0.38±0.02	55.33±2.48	0.07±0.03
		6	142.03±6.09	0.38±0.01	0.45±0.02	63.91±2.70	0.08±0.03
มันสำปะหลัง	Shoot	0	102.24±5.28	0.28±0.01	0.33±0.02	46.83±2.35	0.06±0.03
		3	101.89±5.23	0.28±0.01	0.33±0.02	45.55±2.33	0.06±0.03
		6	112.44±4.83	0.28±0.01	0.32±0.02	51.73±2.16	0.06±0.03
	Leave	0	80.83±4.79	0.22±0.01	0.26±0.02	37.35±2.14	0.05±0.03
		3	96.50±5.16	0.26±0.01	0.31±0.02	44.21±2.30	0.05±0.03
		6	102.44±4.71	0.28±0.01	0.32±0.02	47.16±2.10	0.06±0.03
มะพร้าวคุดม	Root	0	367.45±8.78	0.99±0.02	1.09±0.03	162.64±3.87	0.20±0.05
		3	224.63±8.32	0.61±0.02	0.71±0.03	182.51±3.72	0.22±0.05
		6	427.79±8.61	1.16±0.02	1.35±0.03	191.44±3.83	0.23±0.05

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
	Shoot	0	209.30±7.09	0.57±0.02	0.66±0.03	94.37±3.14	0.12±0.04
		3	224.63±5.81	0.61±0.02	0.71±0.02	101.50±2.58	0.22±0.03
		6	225.89±6.18	0.61±0.02	0.71±0.02	101.70±2.74	0.112±0.03
	Leave	0	146.38±6.17	0.40±0.02	0.47±0.02	65.96±2.74	0.08±0.03
		3	147.20±5.83	0.40±0.02	0.47±0.02	66.63±2.59	0.08±0.03
		6	167.40±6.53	0.45±0.02	0.53±0.03	75.23±2.90	0.09±0.04
ลำโพงกาสลัก	Root	0	145.19±6.08	0.39±0.02	0.46±0.02	66.07±2.70	0.08±0.03
		3	204.09±5.64	0.55±0.02	0.62±0.02	91.28±2.51	0.11±0.03
		6	235.92±7.71	0.64±0.02	0.77±0.03	106.05±3.42	0.13±0.04
	Shoot	0	167.83±5.77	0.45±0.02	0.51±0.02	79.85±2.58	0.10±0.03
		3	178.25±5.22	0.47±0.01	0.52±0.02	82.63±2.33	0.10±0.03
		6	144.10±5.16	0.39±0.01	0.44±0.02	66.31±2.30	0.08±0.03
	Leave	0	124.91±5.28	0.34±0.01	0.38±0.02	59.21±2.36	0.07±0.03
		3	178.25±6.27	0.48±0.02	0.56±0.02	83.77±2.79	0.10±0.03
		6	179.58±6.40	0.48±0.02	0.56±0.02	83.32±2.85	0.10±0.03

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
ปืบนกไต้	Root	0	159.34±6.45	0.43±0.02	0.52±0.03	72.22±2.87	0.09±0.04
		3	271.30±8.10	0.73±0.02	0.89±0.03	124.47±3.61	0.15±0.04
		6	132.17±6.00	0.74±0.02	0.90±0.02	125.09±2.67	0.15±0.03
	Shoot	0	126.01±5.35	0.34±0.01	0.39±0.02	59.39±2.39	0.07±0.03
		3	130.44±4.93	0.35±0.01	0.40±0.02	61.55±2.20	0.08±0.03
		6	132.17±5.10	0.36±0.01	0.41±0.02	62.61±2.28	0.08±0.03
	Leave	0	98.64±5.04	0.27±0.01	0.31±0.02	46.04±2.25	0.06±0.03
		3	100.31±6.14	0.27±0.02	0.32±0.02	47.01±2.73	0.06±0.03
		6	106.15±5.04	0.29±0.01	0.35±0.02	49.57±2.25	0.06±0.03
สํบถือ	Root	0	101.31±5.28	0.27±0.01	0.32±0.02	45.97±2.35	0.06±0.03
		3	119.91±5.66	0.32±0.02	0.37±0.02	53.53±2.51	0.07±0.03
		6	151.76±6.35	0.41±0.02	0.50±0.02	68.74±2.82	0.08±0.03
	Shoot	0	83.52±4.81	0.23±0.01	0.26±0.02	38.55±2.15	0.05±0.03
		3	100.65±5.18	0.27±0.01	0.32±0.02	46.19±2.31	0.06±0.03
		6	108.51±5.30	0.29±0.01	0.34±0.02	50.08±2.36	0.06±0.03



ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	Ra <sub>eq</sub> (Bq/kg)	H <sub>ex</sub>	H <sub>in</sub>	D (nGy/h)	E (mSv/y)
	Leave	0	113.84±5.23	0.31±0.01	0.35±0.02	53.06±2.33	0.07±0.03
		3	132.08±5.57	0.36±0.02	0.41±0.02	61.03±2.47	0.07±0.03
		6	132.83±5.13	0.36±0.01	0.41±0.02	41.14±2.29	0.07±0.03

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ( $\pm 2\sigma$ )

Songkla University  
Pattani Campus

#### 4.3.3 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

การเคลื่อนย้ายปริมาณสารกัมมันตรังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆ ของพืช (TF) มีค่ามากกว่า 1 บ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซึมสารกัมมันตรังสีของพืชชนิดนั้นได้ดี ผลการวิเคราะห์ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) แสดงในตารางที่ 4.15 จากการทดลองพบว่าค่า TF ของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงสุดในรากของมะพร้าววนกุ่ม มีค่าคือ  $0.41 \pm 0.04$ ,  $9.13 \pm 0.33$  และ  $0.75 \pm 0.03$  ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  และ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าต่ำกว่าธูปฤาษี ป่าชายเลนอ่าวปัตตานี (Keawtubtim et al., 2017) แต่มีค่าสูงกว่าพืชที่เจริญเติบโตบนเหมืองแร่ในประเทศสเปน (Chaaro and Moyana, 2017) ค่า TF ของ  $^{137}\text{Cs}$  และ  $^{238}\text{U}$  ไม่สามารถอ่านค่าได้เนื่องจากมีค่ากัมมันตภาพรังสีในพืชต่ำกว่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามะพร้าววนกุ่มมีศักยภาพในการบำบัดสารกัมมันตรังสีได้ดี (TF > 1) และสามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งในการบำบัดสารกัมมันตรังสีต่อไป

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ตารางที่ 4.17 ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ที่ปลูกในแปลง บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
ช่อม	Shoot	0	0.06±0.01	-	1.58±0.05	-	0.11±0.01
		3	0.10±0.02	-	2.49±0.09	-	0.13±0.01
		6	0.12±0.02	-	1.93±0.07	-	0.15±0.01
	Leave	0	0.07±0.01	-	1.63±0.05	-	0.13±0.01
		3	0.11±0.02	-	2.30±0.09	-	0.21±0.01
		6	0.17±0.03	-	2.29±0.08	-	0.25±0.02
มันสำปะหลัง	Shoot	0	0.10±0.02	-	1.44±0.04	-	0.12±0.01
		3	0.12±0.02	-	2.26±0.08	-	0.15±0.01
		6	0.13±0.02	-	3.25±0.12	-	0.16±0.01
	Leave	0	0.08±0.02	-	1.28±0.03	-	0.09±0.01
		3	0.11±0.02	-	2.28±0.08	-	0.14±0.01
		6	0.11±0.02	-	2.98±0.11	-	0.15±0.01
มะพร้าวค่อม	Root	0	0.19±0.03	-	5.30±0.14	-	0.63±0.03
		3	0.36±0.04	-	7.45±0.27	-	0.74±0.03
		6	0.41±0.04	-	9.13±0.33	-	0.75±0.03
	Shoot	0	0.17±0.02	-	3.94±0.11	-	0.30±0.02

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
		3	0.19±0.02	-	5.38±0.20	-	0.38±0.02
		6	0.21±0.04	-	5.49±0.20	-	0.38±0.02
	Leave	0	0.13±0.02	-	2.64±0.08	-	0.21±0.01
		3	0.13±0.02	-	3.57±0.14	-	0.25±0.02
		6	0.17±0.03	-	3.83±0.015	-	0.28±0.02
ลำโพงกาสลัก	Root	0	0.14±0.02	-	2.31±0.06	-	0.14±0.01
		3	0.18±0.03	-	2.65±0.08	-	0.46±0.02
		6	0.34±0.02	-	3.44±0.19	-	0.47±0.03
	Shoot	0	0.10±0.02	-	4.87±0.12	-	0.13±0.01
		3	0.14±0.02	-	5.48±0.14	-	0.26±0.02
		6	0.14±0.04	-	3.38±0.24	-	0.27±0.02
	Leave	0	0.09±0.02	-	3.43±0.09	-	0.09±0.01
		3	0.19±0.03	-	4.81±0.13	-	0.28±0.02
		6	0.20±0.02	-	4.57±0.16	-	0.31±0.02
ปิ่นนกลี	Root	0	0.16±0.02	-	1.89±0.05	-	0.20±0.01
		3	0.32±0.04	-	4.53±0.11	-	0.37±0.02

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

Samples	Tissues	Age (month)	TF (Ra-226)	TF (Cs-137)	TF (K-40)	TF (U-238)	TF (Th-232)
		6	0.32±0.03	-	5.43±0.13	-	0.41±0.02
	Shoot	0	0.09±0.02	-	2.71±0.07	-	0.13±0.01
		3	0.10±0.02	-	3.39±0.09	-	0.16±0.01
		6	0.11±0.03	-	4.07±0.09	-	0.17±0.01
	Leave	0	0.09±0.02	-	1.85±0.05	-	0.11±0.01
		3	0.09±0.02	-	2.36±0.07	-	0.12±0.01
		6	0.13±0.02	-	2.83±0.12	-	0.14±0.01
สาบเสือ	Root	0	0.09±0.02	-	1.89±0.06	-	0.14±0.01
		3	0.11±0.02	-	1.42±0.05	-	0.24±0.01
		6	0.28±0.02	-	3.11±0.12	-	0.35±0.03
	Shoot	0	0.07±0.01	-	2.01±0.07	-	0.11±0.01
		3	0.11±0.02	-	1.95±0.06	-	0.16±0.01
		6	0.17±0.05	-	3.11±0.14	-	0.23±0.02
	Leave	0	0.08±0.02	-	3.20±0.10	-	0.14±0.01
		3	0.12±0.02	-	2.93±0.08	-	0.21±0.01
		6	0.16±0.03	-	3.84±0.14	-	0.30±0.02

หมายเหตุ ± คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±2σ)

## บทที่ 5

### สรุป และข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

การศึกษาการบำบัดปริมาณสารกัมมันตรังสีในดินบริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา โดยใช้ระบบการวิเคราะห์รังสีแกมมาสเปกโตรเมตรี หัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium Detector: HPGe) โดยการตรวจสอบปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ขั้นตอนแรกทำการสำรวจปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) ทำการทดลองจากพืชทั้งหมด 16 ชนิด ที่มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นในบริเวณแห่งนี้ จากการสำรวจพบว่าพืช 6 ชนิด ประกอบด้วยชอม มั่นสำปะหลังมะพร้าววนกลุ่ม ลำโพงกาสลัก ปีนนงไต้ และสาบเสือ มีค่า TF ของ  $^{40}\text{K}$  คือ  $5.24 \pm 0.07$ ,  $5.81 \pm 0.08$ ,  $6.53 \pm 0.08$ ,  $4.88 \pm 0.08$ ,  $4.04 \pm 0.05$  และ  $2.10 \pm 0.02$  ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพืชทั้ง 6 ชนิด มีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชได้ดี

ผลจากการสำรวจปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช (TF) พบว่าพืชทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วยชอม มั่นสำปะหลังมะพร้าววนกลุ่ม ลำโพงกาสลัก ปีนนงไต้ และสาบเสือ มีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชได้ดี จึงนำมาศึกษาต่ออย่างละเอียดโดยทำการทดลอง 2 รูปแบบ คือ ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ กับปลูกในแปลง ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 6 เดือน เก็บข้อมูลทุกๆ 3 เดือน แยกส่วนประกอบของพืชเป็นราก ต้น และใบ จากการทดลองทั้งในบ่อปูนซีเมนต์ และในแปลงพบว่า ปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238}\text{U}$  และ  $^{232}\text{Th}$  ของพืชทุกชนิดมีค่าน้อยกว่า 1 ( $\text{TF} < 1$ ) ยกเว้นปริมาณการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีของ  $^{40}\text{K}$  ของพืชทุกชนิดมีค่ามากกว่า 1 ( $\text{TF} > 1$ ) และพบมากที่สุดในส่วนรากของมะพร้าววนกลุ่ม มีค่าเป็น  $7.45 \pm 0.45$  และ  $9.13 \pm 0.33$  ตามลำดับ รองลงมาคือ ส่วนต้นของมะพร้าววนกลุ่ม มีค่าเป็น  $5.38 \pm 0.31$  และ  $5.49 \pm 0.20$  ตามลำดับ

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ามะพร้าววนกลุ่มมีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชได้ดี ( $\text{TF} > 1$ ) สามารถเป็นตัวเลือกหนึ่งเพื่อใช้ในการบำบัดสารกัมมันตรังสีในดิน ในพื้นที่อื่นๆ ที่มีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าพื้นที่บริเวณตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา มีปัญหาในการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสี เนื่องจากลักษณะทางภูมิประเทศเป็นภูเขาที่ประกอบด้วยหินแกรนิต และมีการทำเหมืองแร่ดีบุก ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าพืชที่มีการเจริญเติบโตในบริเวณนี้มีศักยภาพในการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืช ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบำบัดสารกัมมันตรังสีในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนได้ นอกจากนี้การปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีมีความสัมพันธ์กับห่วงโซ่อาหาร จะส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บริเวณดังกล่าว จึงควรมีการตรวจวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีอย่างต่อเนื่องเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะในกลุ่มที่สิ่งมีชีวิตรับประทานได้ หากพบในปริมาณที่เกินเกณฑ์มาตรฐานก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรประกาศเตือนให้แก่ประชาชนในบริเวณดังกล่าว

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

## บรรณานุกรม

- กรรติกา ศรีเสนา. 2550. พลังงานนิวเคลียร์มนุษย์สิ่งแวดล้อมและสังคม. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธวัช ชิตตระการ. 2541. การตรวจและการวัดรังสี. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. 2545. วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิรัตน์ จินตนา, ดาราพร ไชยรัตน์, ธนู หอระตะ และ นิลุบล กัณหา. 2551. สถานการณ์พืชต่างถิ่นรุกรานในอุทยานแห่งชาติเขาสามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. กลุ่มงานการอนุรักษ์ พันธุ์สัตว์ป่าและพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพมหานคร หน้า 4
- นุริฮัน ดาลอ. 2556. การวิเคราะห์นิวไคลด์กัมมันตรังสีในตะกอนหน้าดินบริเวณอ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี กรณีศึกษา ฤดูแล้ง. วิทยาศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 34-35.
- พวงทิพย์ แก้วทับทิม และสมหมาย ช่างเขียน. 2544. การสำรวจปริมาณยูเรเนียมโทเรียมและโทแทสเซียม ระดับพื้นผิวในจังหวัดยะลาด้วยแกมมาสเปกโตรเมตร. ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไมตรี แก้วทับทิม และวิชัย หวังโรดม. 2541. การสำรวจและรวบรวมพันธุ์พืชสมุนไพรในเขตพื้นที่อำเภอเมืองและหนองจิกจังหวัดปัตตานี, ปัตตานี: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ไมมุน เจ๊ะลี สุทธิณี ช่วยมณี และ ประสงค์ เกษราธิคุณ. 2012. กัมมันตภาพจําเพาะและแผนภาพทางรังสีของ K-40, R-226 และ Th-232 ในตัวอย่างดิน บริเวณจังหวัดยะลา ประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. ครั้งที่ 9, 1-8.
- มารีนา มีนา สุภวุฒิ เบ็ญจกุล และประสงค์ เกษราธิคุณ. 2554. การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดินบริเวณ จังหวัดสตูล ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ. 165-166.
- วิทย์ เทียงบุรณธรรม. 2557. หนังสือพจนานุกรมสมุนไพรไทย, ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 5. วานสากเหล็ก หน้า 730-731
- สำนักปรมาณูเพื่อสันติ. 2554. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับหนึ่ง. กรุงเทพมหานคร
- อัญชลี สุวจิตตานนท์. 2554. การป้องกันและกำจัดวัชพืชในสวนผลไม้ไม้ยืนต้นโดยการปลูกพืชคลุมดิน. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.



### บรรณานุกรม (ต่อ)

- อำนาจ ส่องไธสง, พิชัย โอตรวรรณ, สมภพ วงศ์สมศักดิ์ และปรีชา สายทอง. 2559. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดยะลา. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- Alshahri, F. 2017. Radioactivity of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in beach sand and sediment near to desalination plant in eastern Saudi Arabia. *Journal of King Saud University – Science*, 29(3), 174–181.
- Bramki, A., Ramdhane, M. and Benrachi, F. 2017. Natural radioelement concentrations in fertilizers and the soil of the Mila region of Algeria. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. 32(4), 1-7.
- Chadoval, M., Havranek, H.J. and Zolzer, F. 2017. Radioactivity in mushrooms from selected locations in the Bohemian Forest. *Radiat Environ Biophys*, 56(5), 167–175.
- Charro, E. and Moyana, A. 2017. Soil and vegetation influence in plants natural radionuclides uptake at uranium mining site. *Radiation Physics and Chemistry*, 43(2), 200–206.
- Dragovic, S., Mihailovic, N. and Gajic, B. 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, 159-164.
- Freitas, A.C. and Alencar, A.S. 2004. Gamma dose rates and distribution of natural radionuclides in sand beaches-ilha grande southeastern Brazil. *Journal of Environ. Radiact*, 75(5), 211-223.
- Jibiri, N.N. and Emelue, H. U. 2008. Soil radionuclide concentrations and radiological assessment and around a refining and petrochemical company in warri niger delta nigeria. *Journal of Radiological Protection*, 28(3), 361-368
- Kaewtubtim, P., Meeradej, W., Seepom, S. and Pichtel, J. 2017. Radionuclide ( $^{226}\text{Ra}$ - $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) accumulation among plant species in mangrove ecosystems of Pattani Bay Thailand. *Marine pollution bulletin*, 115(9), 391–400.

### บรรณานุกรม (ต่อ)

- Mayeen U.K., Nasir, L.M., Asaduzzaman, Kh., Olatunji, M.A., Amin, Y.M., Kassim, H.A., Bradley, D.A., Jojo, P.J. and Alrefaed, T. 2016. Evaluation of radionuclides transfer from soil-to-edible flora and estimation of radiological dose to the Malaysian populace. *Chemosphere*. 154, 528-536.
- Nejad, M. G., Beitollahi, M. M., Asefi, M. and Rezanejad, F. 2003. Exposure to Ra-226 from consumption of vegetables along the high level natural radiation area of Ramsar-Iran. *Journal of Environmental Radioactivity*. 66, 215-225.
- Prabha, K. and Loretta Y. 2007. Phytoremediation technolgr hyper-accumulation metals in plants. *Wates ari soil pollut*, 184(2), 105-126.
- Shayeb, M.A., Alharbi, Thamer., Baloch, M.A. and Alsamhan, O.A.R. 2017. Transfer factors for natural radioactivity into date palm pits. *Journal of environmental radioactivity*, 167(2), 75-79.
- UNSCEAR, S. 2000. *Sources effects and risk of ionizing radiation*. United nations: Unitions Scientific Committee on the Effets of Atomic Radiation.
- UNSCEAR, S. 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Sources, Effects and risks of ionizing radiation.

ภาคผนวก

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

ภาคผนวก ก

ข้อมูลในการวิจัย

รูปที่ ผ.ก. 1 ข้อมูลสารมาตรฐานพีช IAEA-330



**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)

Reference date for decay correction: 15 October 2007

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

<sup>\*</sup>Uncertainty is expressed as a Monte Carlo median based standard deviation (MCMC-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<sup>o</sup>

#### Recommended Values (Based on dry weight)

Reference Date for decay correction: 31<sup>st</sup> December 1991

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

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

ภาคผนวก ข  
รูปในการดำเนินวิจัย

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

$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{cps}}{(a)(\text{Eff})} \\ &= \frac{(3560 / 10800)}{(0.46)(0.01)(314.50)} (1000) \\ &= 241.87\text{Bq} / \text{kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \sigma &= \left[ \frac{N_s}{T_s^2} + \frac{N_b}{T_b^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \left[ \frac{2698}{10800^2} + \frac{146}{10800^2} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= 4.93(10^{-3})(1.96) \\ &= 9.67(10^{-3})\text{cps} \\ &= 9.52\text{Bq} / \text{kg} \end{aligned}$$

ผ.ข. 3 ตัวอย่างการคำนวณค่ากัมมันตภาพสมมูลรังสีเรเดียมในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$\begin{aligned} \text{Ra}_{\text{eq}} &= A_{\text{Ra-226}} + 1.43A_{\text{Th-232}} + 0.077A_{\text{K-40}} \\ &= 241.87 + 1.43(308.11) + 0.077(183.21) \\ &= 696.57\text{Bq} / \text{kg} \end{aligned}$$

ผ.ข. 4 ตัวอย่างการคำนวณค่าความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และค่าความเสี่ยงรังสีจากภายใน ในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

ค่าความเสี่ยงรังสีจากภายนอก

$$\begin{aligned} H_{\text{ex}} &= \frac{A_{\text{Ra-226}}}{370} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \\ &= \frac{241.87}{370} + \frac{308.11}{259} + \frac{183.21}{4810} \\ &= 1.88 \end{aligned}$$

ค่าความเสี่ยงรังสีจากภายใน

$$\begin{aligned} H_{\text{in}} &= \frac{A_{\text{Ra-226}}}{185} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \\ &= \frac{241.87}{185} + \frac{308.11}{259} + \frac{183.21}{4810} \\ &= 2.54 \end{aligned}$$

ผ.ข. 5 ตัวอย่างการคำนวณค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$\begin{aligned} D &= 0.461A_{\text{Ra-226}} + 0.604A_{\text{Th-232}} + 0.0417A_{\text{K-40}} \\ &= 0.461(241.87) + 0.604(308.11) + 0.0417(183.21) \\ &= 305.24 \text{ nGy / h} \end{aligned}$$

ผ.ข. 6 ตัวอย่างการคำนวณค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปีในดินที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$\begin{aligned} E &= (D \times 8760 \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6}) \\ &= (305.24 \times 8760 \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6}) \\ &= 0.37 \text{ mSv / y} \end{aligned}$$

ผ.ข. 7 ตัวอย่างการคำนวณการถ่ายโอนของสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชของ  $^{226}\text{Ra}$  ในดินที่ปลูกใน บ่อปูนซีเมนต์เดือนที่ 0

$$\begin{aligned} \text{TF} &= \frac{A_{\text{plant}}}{A_{\text{soil}}} \\ &= \frac{14.63}{241.86} \\ &= 0.06 \end{aligned}$$

Prince of Songkla University  
Pattani Campus



ภาคผนวก ค  
รูปในการดำเนินวิจัย



(a)

(b)

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



(a)

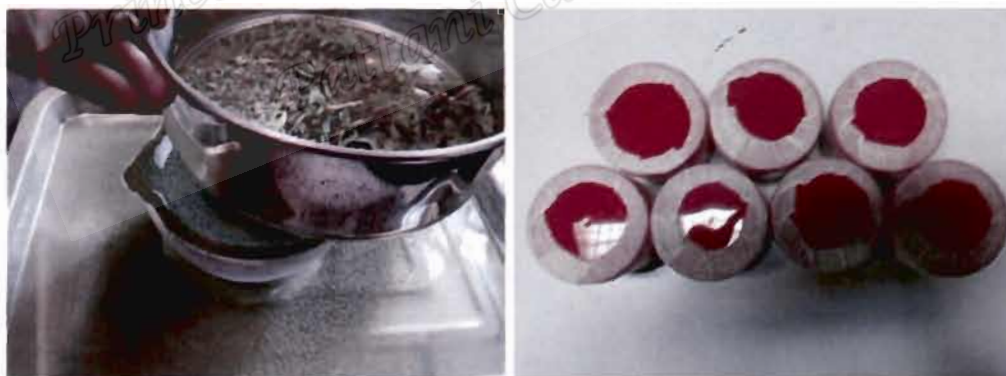
(b)

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



(a)

(b)



(c)

(d)

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



(a)

(b)

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



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





(a)



(b)

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

## ภาคผนวก ง

## การเผยแพร่ผลงานวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณรังสีของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) ของพืชชนิดต่างๆ  
ที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา  
Analysis of Radionuclide ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) in Plants at Tache Sub-district  
Yaha District, Yala Province

มิชาน โตพงษ์<sup>1</sup> พงทิพย์ แก้วทับทิม<sup>1</sup> ปิยะ ผ่านศึก<sup>1</sup> สุนารี บศิงห์<sup>1</sup> สมหมาย ช่างเขื่อน<sup>2</sup> และอุธร ยังข้าว<sup>3</sup>  
Mizan Tophong<sup>1</sup>, Pungtip Keawtaptim<sup>1</sup>, Piya Phansuke<sup>1</sup>, Sunaree Bordeepong<sup>1</sup>  
Sommaichangkean<sup>2</sup> and Udon Yangchui<sup>3</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ปัตตานี 94000

<sup>2</sup>98/168 หมู่ 1 หมู่บ้านเดอะวัลเลย์ ตำบลกะลุวอ อำเภอเมืองปัตตานี ปัตตานี 94000

<sup>3</sup>ห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) นครเกษม 26120

<sup>1</sup>Applied Physics, Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University  
Pattani, Thailand 94000

<sup>2</sup>98/168 Moo 1, The Valley Village, Kathu Sub-district, Kathu District, Phuket, Thailand 31200

<sup>3</sup>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 ด้วยหัววัดเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง พบว่าพืชคลุมดิน มีปริมาณสารกัมมันตรังสี  $^{226}\text{Ra}$  สูงสุด คือ  $27.26 \pm 5.22$  Bq/kg ไม้ล้มลุกมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสี  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  สูงสุด คือ  $42.83 \pm 6.19$  และ  $788.38 \pm 27.68$  Bq/kg ตามลำดับ สำหรับค่ากัมมันตรังสีมูลเรเดียม ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ) ค่าดัชนีความเสียหายรังสีจากภายใน ( $\text{H}_{\text{in}}$ ) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอก่างกายประจำปี (E) พบว่า ในพืชทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่าดัชนีความเสียหายรังสีจากภายนอก ( $\text{H}_{\text{ex}}$ ) 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 spectrometry system with High Purity Germanium detector (HPGe). The result showed that the highest  $^{226}\text{Ra}$  of mulching was  $27.26 \pm 5.22$  Bq/kg. Both the  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  of herbicides were highest,  $42.83 \pm 6.19$  and  $788.38 \pm 27.68$  Bq/kg, respectively. For radium equivalent activity ( $\text{Ra}_{\text{eq}}$ ), internal hazard index ( $\text{H}_{\text{in}}$ ) 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 สำหรับพื้นที่ใช้กับตัวอย่างพืช คือ บริเวณตำบลคางคาง อำเภอยะหา จังหวัดยะลา มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นที่ราบเขาหินแกรนิต ซึ่งเป็นหินที่ให้สารกัมมันตรังสีสูงกว่าหินชนิดอื่นๆ (พวงทิพย์ และสมหมาย, 2545) ดังนั้นเมื่อหินเหล่านี้ผุพังกลายเป็นดิน จึงทำให้ดินเหล่านี้มีสารกัมมันตรังสีปนเปื้อน และพืชที่เจริญเติบโตในดินดังกล่าวก็จะดูดสารกัมมันตรังสีเข้าไปสะสมในส่วนต่างๆ ของลำต้น และเมื่อ คน หรือ สัตว์ บริโภคพืชดังกล่าว สารกัมมันตรังสีก็จะเข้ามาสะสมในร่างกายของคนหรือสัตว์ กลายเป็นห่วงโซ่อาหาร ซึ่งจะทำให้ประชาชนมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารรังสีและจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เนื่องจากสารกัมมันตรังสีเป็นอันตรายต่อมนุษย์ไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม เมื่อได้รับรังสีจะทำให้ดีเอ็นเอหรือโครโมโซมเกิดความเสียหาย บางกรณีสามารถซ่อมแซมได้ แต่บางกรณีซ่อมแซมไม่ได้ ทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ (กรรติกา, 2550) นอกจากนี้พืชที่มีคุณสมบัติในการดูดซับสารกัมมันตรังสีได้ดี สามารถนำไปใช้ในการลดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีได้ การลดปริมาณสารกัมมันตรังสีมีหลากหลายวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ คือ กระบวนการบำบัดด้วยพืช เป็นวิธีการลดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีที่ไม่ยุ่งยาก ไม่ซับซ้อน สามารถลดมลพิษในสิ่งแวดล้อมโดยไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในปริมาณมาก จึงเป็นเทคโนโลยีทางเลือกหนึ่งสำหรับการบำบัดสารกัมมันตรังสี จากการศึกษาจะทำให้ทราบถึงระดับสารกัมมันตรังสีในพืชที่อยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่ และจะทำให้ทราบศักยภาพของพืชเพื่อใช้บำบัดการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีในดิน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. วัสดุ อุปกรณ์ และสารรังสี

- 1.1 สารมาตรฐาน E ZIP Ref. No 1692-6 ที่บรรจุในมารีเนลลิบีกเกอร์ขนาด 1 L มีความหนาแน่นเท่ากับ 1 g/L ของบริษัท Eckert & Ziegler Isotope Product
- 1.2 ภาชนะบรรจุตัวอย่างมารีเนลลิบีกเกอร์ (Marinelli beaker)
- 1.3 หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์ (High purity germanium detector; HPGe)
- 1.4 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichannel Analyser; MCA)
- 1.5 ระบบการวิเคราะห์แบบแกรมมาสเปกโตรเมตรี (Gamma Vission - MCB 129)

### 2. ขั้นตอนเก็บตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

- 2.1 ทำการเก็บตัวอย่างพืชรวม 12 ชนิด ทั้งต้น ราก และใบ ทำความสะอาด ตากแดดให้แห้ง หั่นให้มีขนาด 3-5 ซม. แล้วบรรจุใส่ภาชนะ ชั่งน้ำหนัก ปิดผนึก และเก็บไว้ให้ครบ 1 เดือน เพื่อให้เกิดสมดุลทางรังสี ก่อนนำไปวัดรังสีแกมมา
- 2.2 ทำการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง (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

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

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

2.6 คำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างพืช

2.7 วิเคราะห์ยอดพลังงานของรังสีแกมมาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Gamma Acquisition & Analysis ในรูปแบบสเปกตรัมพลังงานของรังสีแกมมาในตัวอย่างพืช ใช้เวลาในการวัด 50000 s บันทึกค่าได้พีคของสเปกตรัมรังสีแกมมาของธาตุ <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th และ <sup>40</sup>K และคำนวณหาปริมาณสารกัมมันตรังสี จากสมการ

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

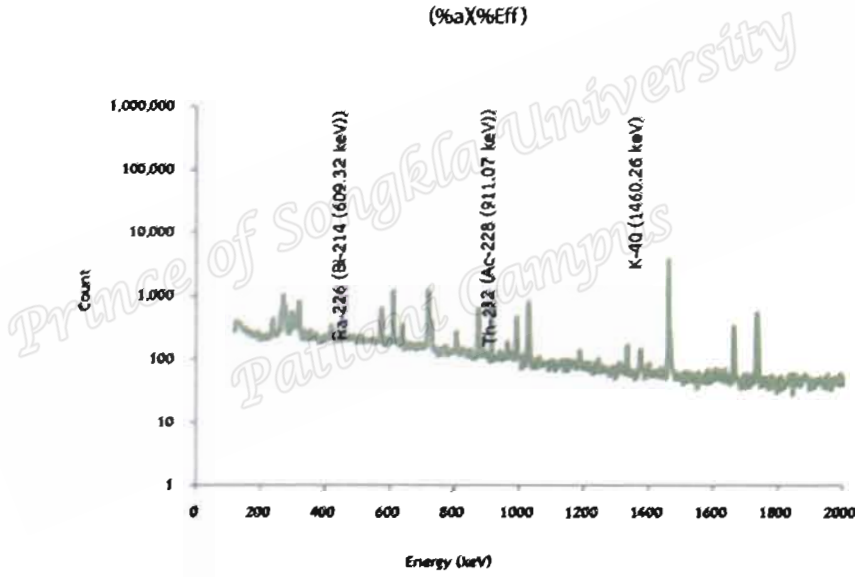


Figure 1 Sample spectrum in plant

2.8 ค่ากัมมันตรังสีรวมเทียบ (Ra<sub>eq</sub>) หาได้จากสมการ

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

เป็นค่าดัชนีแสดงความเป็นพิษนิวเคลียร์อันตรายทางรังสีชนิดหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ <sup>226</sup>Ra, <sup>40</sup>K และ U-238 ซึ่งสามารถคำนวณให้เป็นค่าเพียงค่าเดียว โดย Ra<sub>eq</sub> มีค่าไม่ควรเกิน 370 Bq/kg กำหนดโดย (UNSCEAR, 2000) ที่มีการศึกษา พบว่า <sup>226</sup>Ra มีกัมมันตภาพรังสีที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่า



กัมมันตภาพรังสีที่พบในหัวของ กัมมันตภาพรังสีของ  $^{232}\text{Th}$  ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ  $^{40}\text{K}$  ที่ 0.077 Bq/kg

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

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

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

คือ ค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติ โดยกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตรังสีแกมมา เมื่อค่า  $H_{ex} = H_{in} < 1$  แสดงว่าปริมาณดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากและที่งัด ถ้าค่า  $H_{ex} = H_{in} = 1$  แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีที่คิดกันเท่ากับ 15 mGy/y และถ้า ค่า  $H_{ex} = H_{in} > 1$  แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก หมายความว่าสิ่งต่างๆที่อยู่รอบๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง

2.10 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) หาได้จากสมการ

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

อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน คำนวณเพื่อประเมินการบริโภคสารกัมมันตรังสีของมนุษย์จากพืชที่กินได้ ซึ่งไม่ควรเกิน 55 nGy/h

2.11 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากร่างกายประจำปี (E) หาได้จากสมการ

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

ปริมาณรังสีแกมมาในอากาศเป็นค่าปริมาณรังสีซึ่งผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลาอยู่อาศัยในบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน 0.48 mSv/y

## ผลการวิจัย

4.1 เพิ่มผลการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสี  $^{238}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ , และ  $^{40}\text{K}$  ในตัวอย่างพืช

ในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งพืชทั้งหมดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ไม้ล้มลุก ประกอบด้วย ดาวเรือง (*Tagetes spp.*) บักบกไล่ (*Bidens pilosa*) ลำโพงทาสลัก (*Datura fastuosa* L.) มะพร้าวทึนทึก (*Molinera latifolia* Herb. Ex Kurz) หญ้ากรามไม้ (*Setaria Palmifolia* Stapf) หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) มันเทศ (*Ipomoea batatas*) ผักกูด (*Diplazium esculentum*) หญ้าแฝกตอน (*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	$^{226}\text{Ra}$ (Bq/kg)	$^{232}\text{Th}$ (Bq/kg)	$^{40}\text{K}$ (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

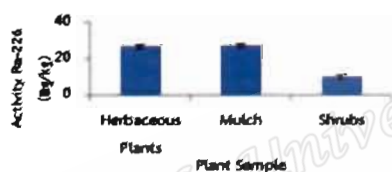


Figure 2 Amount of radioactive  $^{226}\text{Ra}$

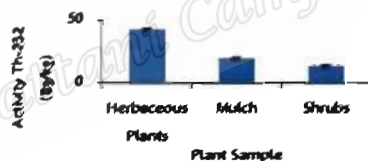


Figure 3 Amount of radioactive  $^{232}\text{Th}$



Figure 4 Amount of radioactive  $^{40}\text{K}$

จากการศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืชทั้ง 12 ชนิด พบว่าพืชคลุมมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$  สูงสุด คือ  $27.26 \pm 5.22$  Bq/kg ไม้พุ่มมีค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  สูงสุด คือ  $42.82 \pm 6.19$  และ  $788.38 \pm 27.68$  Bq/kg ตามลำดับ

4.2 ค่ากัมมันตรังสียูเรเนียม ( $R_{eq}$ ), ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก ( $H_{ex}$ ) และค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน ( $H_{in}$ ), ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาตกกลืน ( $D$ ) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี ( $E$ )

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

กลุ่มพืช	$R_{eq} \pm \sigma$ (Bq/kg)	$H_{ex}$ $\pm \sigma$	$H_{in}$ $\pm \sigma$	$D \pm \sigma$ (nGy/h)	$E \pm \sigma$ (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

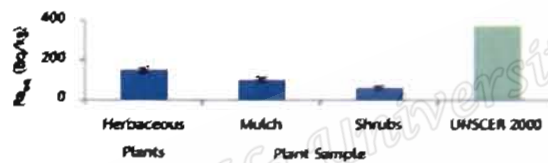


Figure 5 Amount of Radium equivalent activity

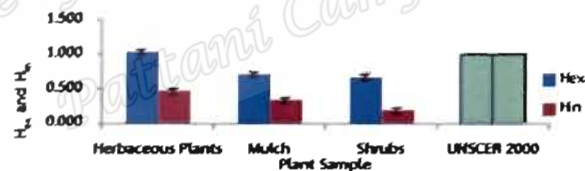


Figure 6 Amount of External hazard index and Internal hazard index

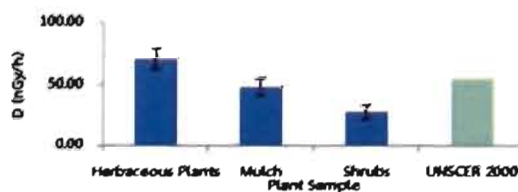


Figure 7 Amount of Absorbed dose rates in air

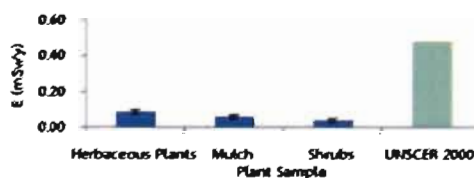


Figure 8 Amount of Annual external effective dose rate

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) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ค่า  $H_{ex}$  และค่า  $D$  (nGy/h) ของไม้ล้มลุกมีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน คือ  $1.03 \pm 0.99$  และ  $70.91 \pm 8.23$  nGy/h ตามลำดับ พืชคลุมดินและไม้พุ่มมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานถูกกำหนดโดย UNSCEAR, 2000

### วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืช เมื่อเทียบกับการทดลองของนักวิจัยอื่นๆ พบพืชประเภทไม้ล้มลุก ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  มีค่าสูงกว่า ผักที่ทานได้ ประเทศ Malaysia (Mayeen et al., 2016) พืชประเภทพืชคลุมดิน ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  มีค่าสูงกว่าพืชป่าชายเลน อ่าวปัตตานี (Kaewtubtim et al., 2017) แต่มีค่าต่ำกว่ามอส ประเทศ Serbia (Dragovic et al., 2010) และพืชประเภทไม้พุ่ม ค่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  มีค่าสูงกว่าพืชประเทศ Serbia (Gorica et al., 2016) แต่มีค่าต่ำกว่าพืชป่าชายเลน อ่าวปัตตานี (Kaewtubtim et al., 2017) และเกณฑ์ของคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ของสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบของรังสี (Nejed et al., 2003)

### สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างพืช พบว่าปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  และ  $^{40}\text{K}$  พบว่า ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{226}\text{Ra}$  มีค่าสูงสุดในพืชคลุมดิน ไม้ล้มลุก และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $27.78 \pm 5.03$ ,  $26.26 \pm 5.22$  และ  $10.10 \pm 3.18$  Bq/kg ปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{232}\text{Th}$  มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $42.82 \pm 6.19$ ,  $19.66 \pm 4.43$  และ  $13.50 \pm 3.67$  Bq/kg และปริมาณสารกัมมันตรังสีของ  $^{40}\text{K}$  มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $788.38 \pm 27.68$ ,  $574.60 \pm 23.97$  และ  $319.51 \pm 19.79$  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  $148.72 \pm 11.90$ ,  $99.62 \pm 9.98$  และ  $59.55 \pm 7.72$  Bq/kg ตามลำดับ ค่า  $H_{ex}$  มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $1.03 \pm 0.99$ ,  $0.71 \pm 0.84$  และ  $0.67 \pm 0.82$  ตามลำดับ ค่า  $H_{in}$  มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $0.47 \pm 0.67$ ,  $0.34 \pm 0.59$  และ  $0.19 \pm 0.43$  ตามลำดับ ค่า  $D$  (nGy/h) มีค่าสูงสุดในไม้ล้มลุก พืชคลุม และไม้พุ่ม มีค่าเป็น  $70.91 \pm 8.23$ ,  $48.32 \pm 6.95$  และ  $29.08 \pm 5.39$  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),  $H_n$  และ E (mSv/y) มีค่ากว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 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

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาอย่างดียิ่ง จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือสำหรับตรวจวัดรังสี ขอขอบคุณ ดร.อุคร ยังช่วย ที่แนะนำการใช้เครื่องมือ ขอขอบคุณ ผอ. กุสสิทธิ์ เตียรสุวรรณ และครอบครัว ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และเอื้อเฟื้อสถานที่ทำแปลงทดลอง ผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

### เอกสารอ้างอิง

- กรรติกา ศรีเสนา. 2550. ผลงานนิวเคลียร์ มนุษย์สิ่งแวดล้อม และสังคม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 130 น.
- พวงทิพย์ แก้วทับทิม และสมชาย ช่างเขียน. 2544. การสำรวจปริมาณ ยูเรเนียม โพลonium และโทแลเนียมระดับพื้นผิว ในจังหวัดยะลา ด้วยแกมมาสเปกโตรเมตริก. บัณฑิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- 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. Unions Scientific Committee on the Effets of Atomic Radiation New York. United Nations 46(2): 84-141s

Prince of Songkla University  
Pattani Campus

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล           นางสาวมีชาน โตะพง

รหัสนักศึกษา   6120320802

## วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต วท.บ.(ฟิสิกส์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2562

## ทุนการศึกษา

ทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมการศึกษา จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

## การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

มีชาน โตะพง พวงทิพย์ แก้วทับทิม ปิยะ ผ่านศึก สุณารี บดีพงศ์ สมหมาย ช่างเขียน และ  
 อุดร ยังช่วย. 2561. การวิเคราะห์ปริมาณรังสีของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$ ) ของ  
 พีชชนิดต่างๆ ที่ตำบลตาชี อำเภอยะหา จังหวัดยะลา. การประชุมวิชาการระดับชาติ  
 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ครั้งที่ 11. อาคารเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา มหาวิทยาลัย  
 แม่โจ้, เชียงใหม่, 11 ธันวาคม 2561, 104-112.