

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> (มะพร้าววนกุ่ม)	6°33'	101°6'
4	<i>Datura</i> (ลำโพงกาสลัก)	6°33'	101°6'
5	<i>Bidens</i> (ปิ่นนกไส้)	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 เทปกาวยันสายไฟสีดำ

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 μm

3.2.6 บ่อปูนซีเมนต์สำหรับปลูกต้นไม้เส้นผ่านศูนย์กลาง 80 cm สูง 50 cm

3.2.7 ตู้บลมร้อน

3.2.8 โกร่งบดดิน

3.2.9 เครื่องบดสมุนไพร

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 2.0TM

3.2.15 สารกัมมันตรังสีรังสีมาตรฐานในรูปของแข็ง (Point source) ^{137}Cs และ ^{60}Co

3.2.16 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานพืช IAEA-330 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพมหานคร

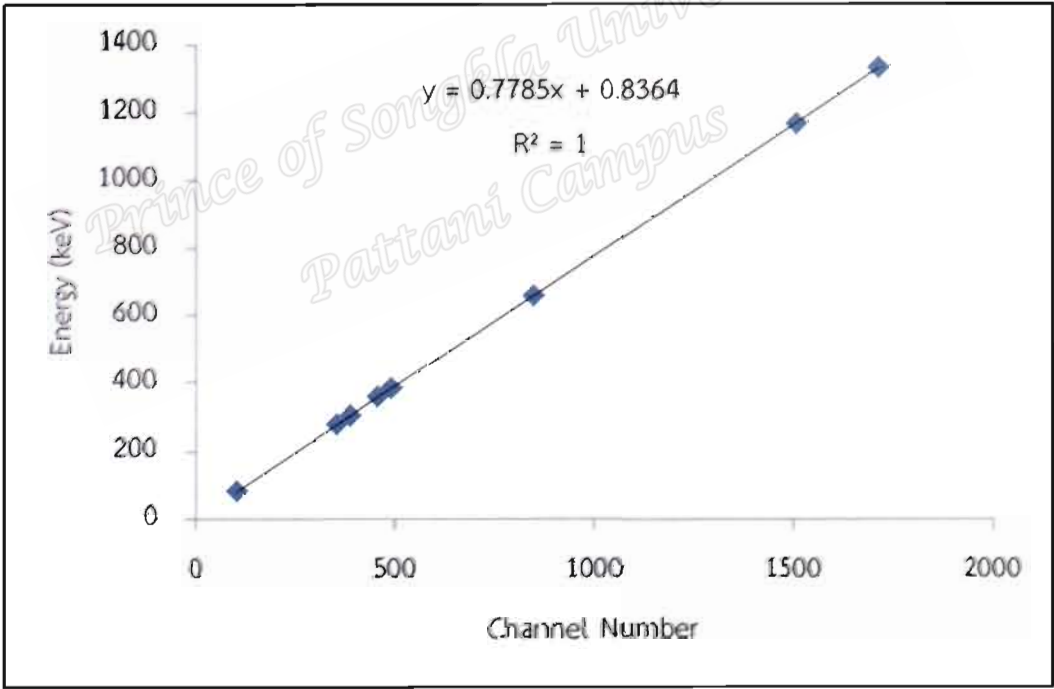
3.2.17 สารกัมมันตรังสีมาตรฐานดิน IAEA-375 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กรุงเทพมหานคร

3.3 วิธีการวิเคราะห์ผล

3.3.1. การปรับเทียบความสัมพันธ์ระหว่างหมายเลขช่อง (Channel number) กับพลังงานของรังสีแกมมาโดยใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ^{113}Ba ที่พลังงาน 81, 276, 303, 356 และ 384 keV, ^{137}Cs ที่พลังงาน 662 keV ^{60}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 ปรับเทียบพลังงานของหัววัดรังสี (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}Ra ที่พลังงาน 295.09 keV ^{137}Cs ที่พลังงาน 661.65 keV ^{40}K ที่พลังงาน 1460.26 keV และ ^{232}Th ที่พลังงาน 911.21 และ 2614.53 KeV

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

3.3.5 คำนวณหาค่าประสิทธิภาพของหัววัดรังสีแบบ HPGe และระบบการวัดวิเคราะห์แบบกรมมาสเปกโตรเมตรี

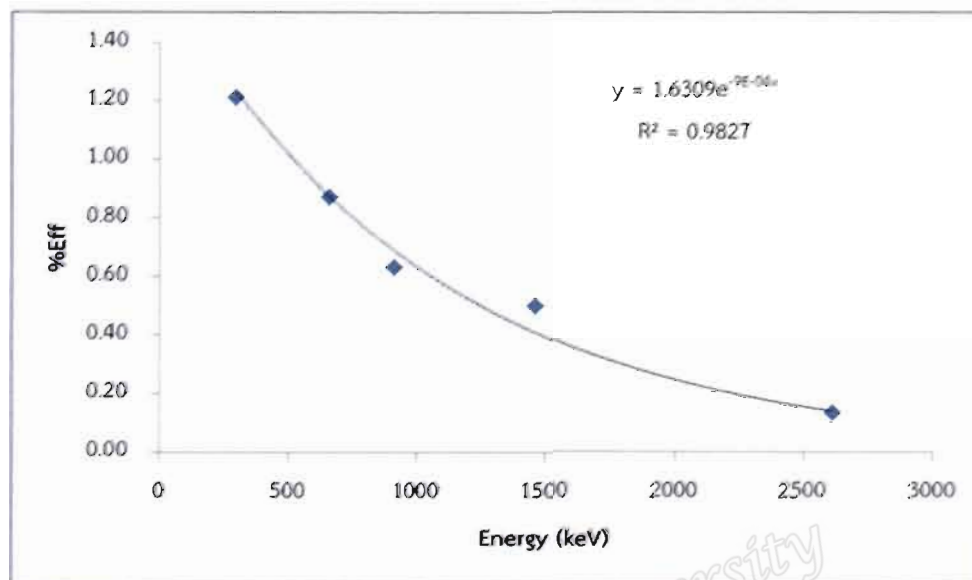
3.3.5.1 ประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างดิน

จากการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์โดยหัววัด 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 กับระดับพลังงานของรังสี
แกมมาของสารมาตรฐาน 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

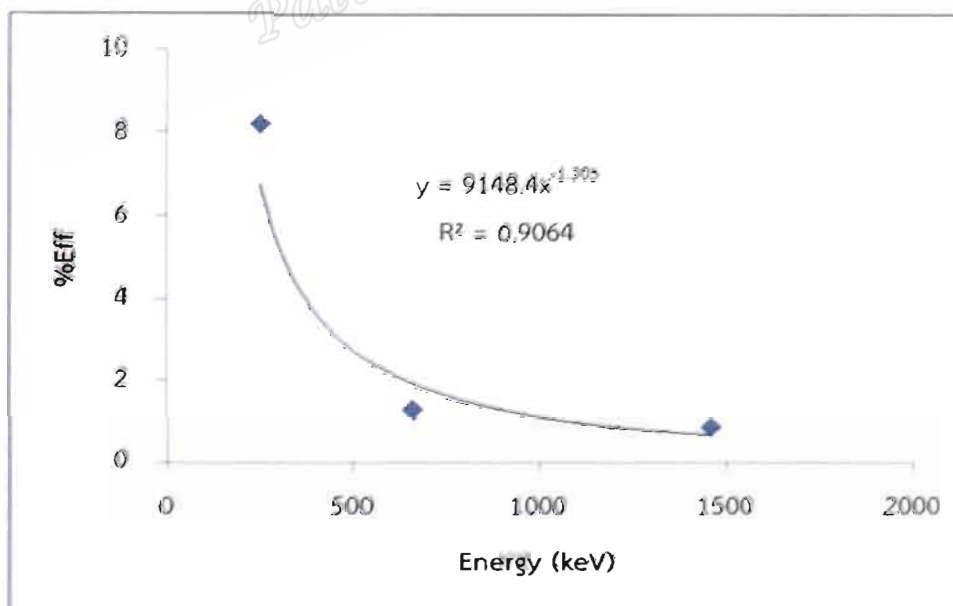
3.3.5.2 ประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสีของตัวอย่างพืช

จากการตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์โดยหีวัด HPGe จะแสดงผลในรูปสเปกตรัมของสารรังสีมาตรฐาน IAEA-330 สำหรับตัวอย่างพืช

สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมากับกัมมันตภาพรังสีของสารมาตรฐาน IAEA-330 จากกราฟแสดงสมการได้ดังนี้

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

เมื่อ X คือพลังงานของรังสีแกมมา



รูปที่ 3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการนับวัดกัมมันตภาพรังสี กับระดับพลังงานของรังสีแกมมาของสารมาตรฐาน IAEA-330

ตารางที่ 3.5 ประสิทธิภาพของห้ววัดรังสีจากสารมาตรฐาน 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 โดยห้ววัดแบบ 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)

ϵ คือค่าประสิทธิภาพของห้ววัดรังสีที่พลังงานต่างๆ

a คือโอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา

T คือเวลาที่ใช้ในการนับวัด (s)

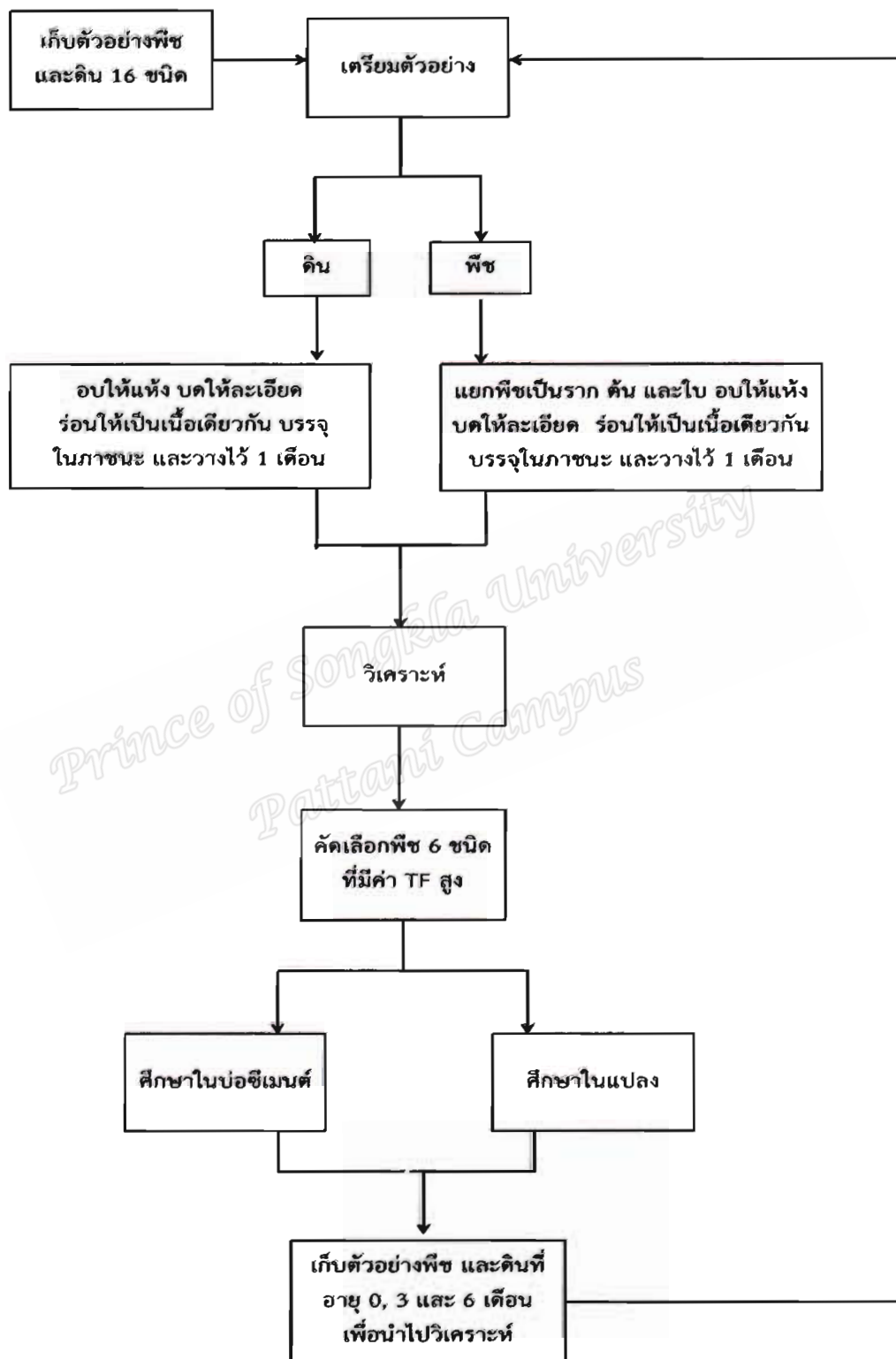
M คือน้ำหนักของตัวอย่าง (kg)

ตารางที่ 3.7 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของเครื่องมือที่สามารถตรวจวัดได้ (MDC) ของตัวอย่างดิน และ ตัวอย่างพืช

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 °C เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างดินด้วยโกร่งบดดิน นำมาร้อนด้วยตะแกรงขนาด 120 μm

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

3.4.1.3 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างดิน 16 ตัวอย่าง เก็บทุกส่วนของพืชเท่าๆ กัน โดยไม่เป็นเป็นราก ต้น และใบ

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างพืชให้ปราศจากดิน และฝุ่น อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างพืชด้วยเครื่องบดสมุนไพร นำมาร้อนด้วยตะแกรงขนาด 120 μm

(3) บรรจุตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.2 cm สูง 10.2 cm มีขนาดและปริมาตรใกล้เคียงกับสารมาตรฐานพืช IAEA 330 ปิดผนึกภาชนะด้วยเทพพันสายไฟ เก็บตัวอย่างดินเป็นเวลา 1 เดือน เพื่อให้เกิดความสมดุลทางรังสี และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ (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) เก็บตัวอย่างดินจากบ่อปูนซีเมนต์ที่มีความลึก 3-5 cm

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

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

3.4.2.4 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างพืชและแต่ละตัวอย่าง โดยแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดเป็น ราก ต้น และใบ

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

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

3.4.3 ศึกษาปริมาณสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน และในตัวอย่างพืช และศึกษาการถ่ายโอนสารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชในแปลง

3.4.3.1 จัดทำแปลงทดลอง โดยแต่ละแปลงทดลองปลูกพืชที่มีชนิด และขนาดเดียวกันกับที่ปลูกในบ่อปูนซีเมนต์ แต่ละแปลงปลูกพืชเพียงชนิดเดียว 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°C เป็นเวลา 24 h หรือจนแห้งสนิท และบดตัวอย่างดินด้วยโม่บดดิน นำมาร่อนด้วยตะแกรงขนาด $120\ \mu\text{m}$

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

3.4.3.4 การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

(1) เก็บตัวอย่างพืชและแต่ละตัวอย่าง โดยแยกตัวอย่างพืชแต่ละชนิดเป็น ราก ต้น และใบ

(2) ทำความสะอาดตัวอย่างพืชให้ปราศจากดิน และฝุ่น อบตัวอย่างในตู้อบที่อุณหภูมิ 105°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 และทำการนับวัดด้วยหัววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์ (HPGe)