บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี

แหล่งกำเนิดรังสีมี 2 แหล่งใหญ่ ๆ คือ

2.1.1 แหล่งกำเนิดสารมันตรังสีจากธรรมชาติ

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

2.1.2 แหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น

ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้นำความรู้ในเรื่องปฏิกิริยานิวเคลียร์ และอื่น ๆ มาผลิตอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อใช้ประโยชน์ในทางสันติ ซึ่งอุปกรณ์หรือเครื่องมือดังกล่าวถือว่าเป็นต้นกำเนิด แหล่งผลิตหรือแผ่รังสี และในบางกรณีก็ใช้รังสีที่แผ่ออกมาจากอุปกรณ์หรือเครื่องมือนั้นผลิตไอโซโทปกัมมันตรังสีหรือสารกัมมันตรังสีที่ถือว่าเป็นต้นกำเนิดรังสีเช่นกัน และนำไปใช้ประโยชน์อีกทอดหนึ่ง ตัวอย่างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ดังกล่าว ได้แก่ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เครื่องเอกซเรย์ในทางการแพทย์ และต้นกำเนิดรังสีอื่น ๆ

2.2 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี

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

การสลายให้รังสีแกมมา (Gamma Decay) เป็นการปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโฟตอน (Photon) จากนิวไคลด์ที่อยู่ในสถานะกระตุ้นลงมาสู่สถานะพื้น (Ground state) มักจะเกิดขึ้นหลังจากการสลายให้รังสีแอลฟาหรือรังสีบีตาแล้ว การสลายตัวของสารกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแกมมา คือ

Prince of Songkla University Pattani Campus

$$ {}^{A}_{Z}P^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}P + \gamma\text{-rays} $$

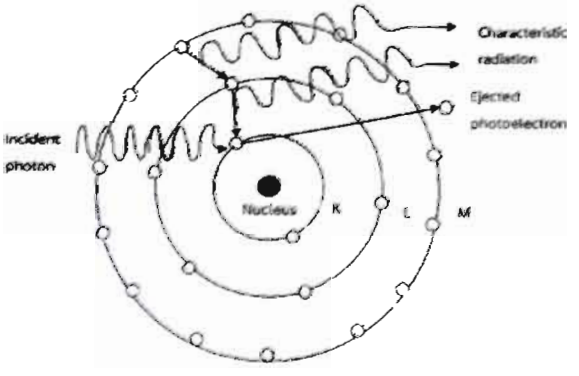
รังสีแกมมาเป็นรังสีชนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ไม่มีมวล ไม่มีประจุ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง รังสีแกมมาเกิดขึ้นจากนิวเคลียสของธาตุกัมมันตรังสี ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับความถี่ของคลื่นเป็นไปตามความสัมพันธ์ต่อไปนี้

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

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

2.2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect)

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

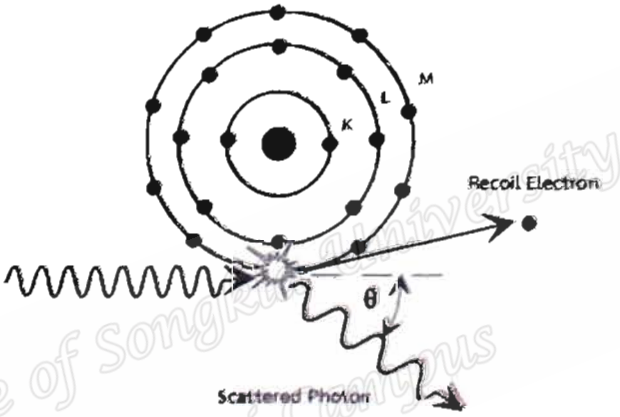


รูปที่ 2.1 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

(ที่มา: นวลฉวี, 2545)

2.2.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton effect)

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



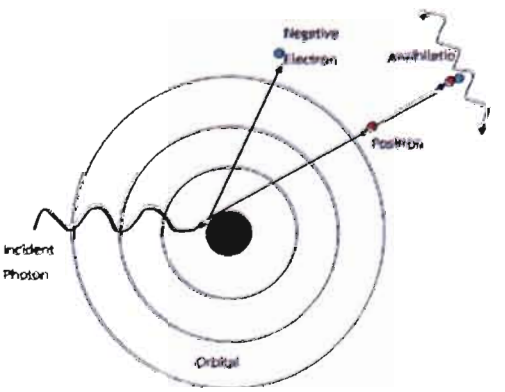
Prince of Songkla University Pattani Campus

รูปที่ 2.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

(ที่มา: นวลฉวี, 2545)

2.2.3 แพร์โพรดักชัน (Pair production)

แพร์โพรดักชัน ค้นพบครั้งแรกโดย แพททริก แบล็กเกต (Patrick Blackett) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ อันตรกิริยานี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อโฟตอนพลังงานสูงผ่านเข้าใกล้นิวเคลียส พลังงานของโฟตอนจะเปลี่ยนเป็นอนุภาคอิเล็กตรอน และโพซิตรอน เนื่องจากมวลของอิเล็กตรอนรวมกับมวลของโพซิตรอนแล้วเทียบเท่าพลังงาน 1.02 MeV ดังนั้น โฟตอนจะต้องมีพลังงานอย่างน้อย 1.02 MeV หากพลังงานมากกว่า 1.02 MeV พลังงานส่วนที่เกินนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และโพซิตรอน (นวลฉวี, 2545)



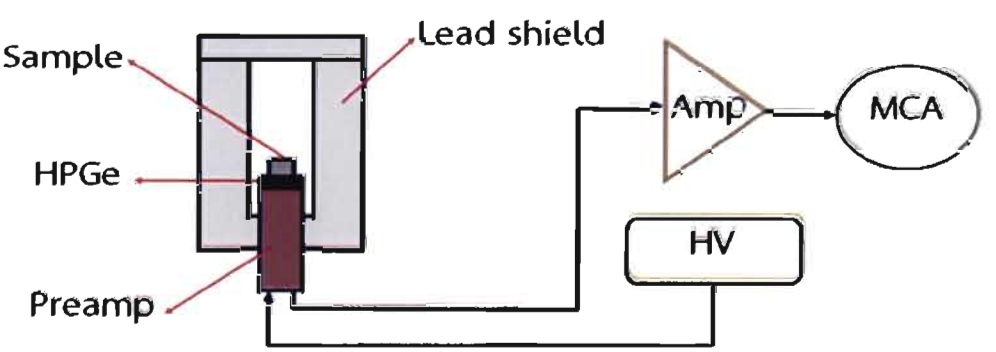
รูปที่ 2.3 แพร์โพรดักชัน
(ที่มา: นวลฉวี, 2545)

2.3 การตรวจวัดสารกัมมันตรังสี

งานวิจัยทั่วไปที่ใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์จะต้องเกี่ยวข้องกับการวัดรังสี ซึ่งจะให้ข้อมูลต่างๆ ของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เช่น กัมมันตภาพ ประเภทของรังสี ครึ่งชีวิต และพลังงาน นอกจากนี้ยังสามารถระบุได้ว่าเป็นนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธาตุอะไร และมีปริมาณมากน้อยเพียงใดเป็นหลักการของการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณโดยเทคนิคทางนิวเคลียร์ เครื่องวัดรังสีมีหลายประเภทโดยมีหลักการทำงานที่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการวัดรังสีแตกต่างต่างกันด้วย ความรู้ด้านการวัดรังสีจะช่วยให้สามารถเลือกใช้เครื่องวัดรังสีได้อย่างเหมาะสมดำเนินการวัด และวิเคราะห์ข้อมูลได้ถูกต้อง นอกจากนี้การตรวจวัดรังสีจะช่วยให้เกิดความมั่นใจว่ามีความปลอดภัยจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับกัมมันตภาพรังสี (ธวัช, 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 Shoping time constant

2.3.1.4 วงจรวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (Multichannel Analyzer: MCA)

เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลจำนวนนับของรังสีที่ระดับพลังงานต่างๆ ซึ่งตกกระทบหัววัดได้อย่างอัตโนมัติเมื่อมีสัญญาณเข้ามา ความสูงของสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งจะเป็นตัวระบุตำแหน่งการเก็บข้อมูลในหน่วยความจำ สัญญาณจะถูกส่งไปยังส่วยบันทึกข้อมูลเพื่อทำการบันทึกจำนวนครั้งสัญญาณที่เกิดขึ้นครั้งละ 1 หน่วยนับโดยบวกเข้ากับข้อมูลที่มีอยู่ในหน่วยความจำ และจะถูกส่งไปแสดงผลบนจอภาพ

2.3.1.5 สเปกตรัมของรังสีแกมมา

โปรแกรมวิเคราะห์สัญญาณหลายช่องจะแสดงผลของการวัดในรูปแบบของสเปกตรัมของรังสีแกมมาซึ่งจะมีลักษณะสเปกตรัมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และกัมมันตภาพของสารรังสีที่ตรวจวัด ลักษณะสเปกตรัมยังแสดงถึงความสามารถของหัววัดรังสีในการวัดรังสีที่ถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือ

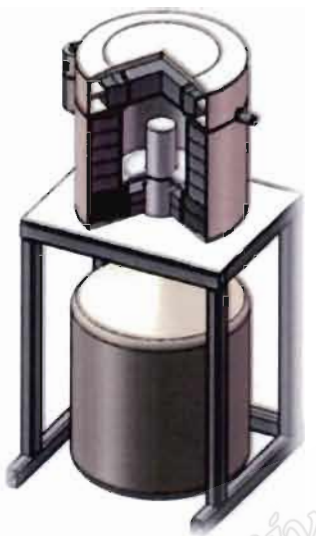
2.3.1.6 พลังงานของรังสี

พลังงานของรังสีปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสีจะเข้าทำปฏิกิริยากันภายในผลึกเรืองแสง ส่วนใหญ่เป็นปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กตรอน ทำให้สเปกตรัมปรากฏโฟโตพีค

2.3.2 หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (High Purity Germanium Detector: HPGe)

เป็นหัววัดรังสีชนิดสารกึ่งตัวนำ หลักการทำงานคือเมื่อรังสีแกมมาเข้าไปในผลึกหัววัดจะส่งผลให้เกิดไอออนที่มีประจุ และไม่มีประจุ 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)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.3.3 ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (Efficiency)

ประสิทธิภาพของหัววัดรังสีเป็นสัดส่วนของค่านับรังสีแกมมาบนพื้นที่ของโพโตพีคต่อกัมมันตรังสี ที่ทำการวัดประสิทธิภาพของหัววัดรังสีมีค่าแตกต่างกันสำหรับรังสีแต่ละพลังงาน เมื่อวัดรังสีที่มีพลังงานสูงขึ้นพบว่าประสิทธิภาพของหัววัดจะมีค่าลดลงเช่นเดียวกับระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับหัววัดยิ่งมีระยะห่างกันมากจะทำให้ประสิทธิภาพของหัววัดมีค่าลดลง

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

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}Ra, ^{232}Th และ ^{40}K ดังสมการ

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

เมื่อ Eff คือ ประสิทธิภาพการนับวัด

cps คือ อัตรานับวัดต่อวินาทีหลังจากหักลบค่ารังสีภูมิหลัง [Bq/kg]

a คือ โอกาสการสลายตัวของรังสีแกมมา

A คือ ค่ากัมมันตภาพรังสีปัจจุบันของสารกัมมันตรังสี [Bq/kg]

2.4.2 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม

ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Radium equivalent activity: Ra_{eq}) [Bq/kg] เป็นค่าดัชนีแสดงความเป็นดัชนีชี้วัดอันตรายทางรังสี (Radiation hazard index) ชนิดหนึ่งที่ได้ถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra, ^{40}K และ ^{238}U ซึ่งสามารถคำนวณให้เป็นค่าเพียงค่าเดียว โดย Ra_{eq} มีค่าไม่ควรเกิน 370 Bq/kg กำหนดโดย (UNSCEAR, 2000) ที่มีการศึกษาพบว่า ^{226}Ra มีกัมมันตภาพรังสีที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของกัมมันตภาพรังสีของ ^{232}Th ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ ^{40}K ที่ 0.077 Bq/kg ซึ่งคำนวณได้จาก

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

เมื่อ A_{Ra-226} คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ ^{222}Ra [Bq/kg]

A_{Th-232} คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ ^{232}Th [Bq/kg]

A_{K-40} คือปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของ ^{40}K [Bq/kg]

2.4.3 ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน

ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก (External hazard index: H_{ex}) และดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายใน (Internal hazard index: H_{in}) คือค่าปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติ โดยกัมมันตรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตรังสีแกมมา เพราะรังสีแกมมามีอำนาจทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีอื่น ๆ ค่าดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอก และภายใน เป็นค่า

Prince of Songkla University Pattani Campus

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

คำนวณหาค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายนอก (External hazard index: H_{ex})

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

คำนวณหาค่าดัชนีวัดความเสี่ยงรังสีที่ได้รับจากภายใน (Internal hazard index: H_{ex})

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

2.4.4 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน

อัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (Absorbed dose rates in air: D) คำนวณเพื่อประเมินการบริโภคสารกัมมันตรังสีของมนุษย์จากพืชที่กินได้ ซึ่งไม่ควรเกิน 55 nGy/h

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

2.4.5 ค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี

อัตราปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปี (Annual external effective dose rate: E) สามารถคำนวณได้จากการแปลงค่าความสัมพันธ์จากค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี เป็นค่าปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลานอกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20% ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน 0.48 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) สารกัมมันตรังสีจากดินสู่พืชโดยการผ่านราก ซึ่งมีผลมากหรือน้อยขึ้นกับความแตกต่างของปริมาณสารกัมมันตรังสีที่อยู่ในตะกอนดิน และพืช ซึ่งคำนวณได้จาก

Prince of Songkla University Pattani Campus

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

2.4.7 สถิติที่ใช้ในการคำนวณ

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

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

เมื่อเราทราบว่าสารกัมมันตรังสีมีอันตราย ดังนั้นเราจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงหรือไม่ยุ่งเกี่ยวกับสารกัมมันตรังสี แต่ถ้าจำเป็นที่ต้องทำงานกับสารกัมมันตรังสีเราควรปฏิบัติตามระเบียบวิธีที่มีให้ถูกต้องและเคร่งครัด

2.5 กระบวนการบำบัดด้วยพืช

กระบวนการบำบัดด้วยพืช (Phytoremediation) เป็นกระบวนการที่พืชกำจัดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม หรือใช้ในการดูดซับสารกัมมันตรังสี โดยกระบวนการนี้จะใช้เทคนิคโดยการดูดสะสมและเคลื่อนย้ายเพื่อนำไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช กลไกของการฟื้นฟูที่สำคัญได้แก่

2.5.1 การสกัดด้วยพืช (Phytoextration)

พืชดูดซึมสารมลพิษขึ้นจากดินสู่รากของพืชแล้วนำไปสะสมที่ยอดหรือราก พบในกรณีการสะสมโลหะหนัก สารประกอบของโลหะหนัก และกัมมันตรังสี

2.5.2 การกรองด้วยรากของพืช (Rhizofiltration) หรือ การดูดซับทางชีวภาพ (Biosorbtion)

พืชดูดซับหรือตกตะกอนสารมลพิษด้วยราก หรือดูดซับไว้ในเซลล์ ส่วนใหญ่เป็นพืชน้ำ

2.5.3 การตรึงด้วยพืช (Phytostabilization)

พืชดูดซับสารพิษไว้อยู่ในรูปที่เคลื่อนที่ได้น้อยลงหรืออยู่ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ไม่ได้ วิธีนี้สามารถใช้ได้ผลเพียงชั่วคราวเท่านั้น เพราะการควบคุมให้โลหะทุกชนิดอยู่ในรูปที่ไม่เคลื่อนที่ และไม่เป็นพิษนั้นทำได้ยาก

2.5.4 การทำให้ระเหยด้วยพืช (Phytovolatilization)

เป็นการทำให้ธาตุหรือสารประกอบของโลหะที่ระเหยได้ขึ้นมาจากดินโดยแรงดึงจากการคายน้ำแล้วปล่อยออกทางใบ เหมาะกับธาตุที่เมื่ออยู่ในรูปที่เป็นไอแล้วมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง

Prince of Songkla University Pattani Campus

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

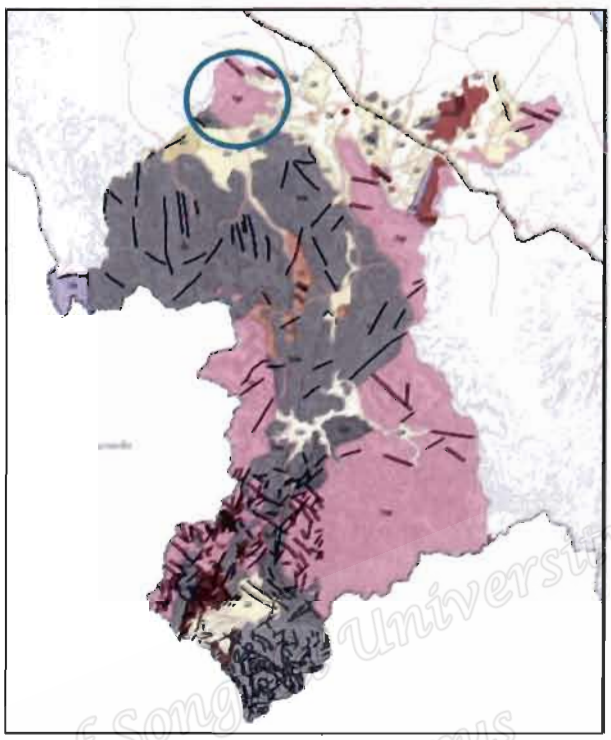
2.6.1 ลักษณะภูมิประเทศจังหวัดยะลา

ภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดยะลามีลักษณะเป็นภูเขา เนินเขา และหุบเขา ตั้งแต่ตอนกลางจนถึงใต้สุดของจังหวัด มีที่ราบบางส่วนทางตอนเหนือของจังหวัด พื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าดงดิบและสวนยางพารา มีเทือกเขาที่สำคัญอยู่ 2 เทือกเขา คือเทือกเขาสันกาลาคีรี และเทือกเขาปิโล มีแม่น้ำที่สำคัญ คือ แม่น้ำปัตตานี และแม่น้ำสายบุรี ตำบลตาชี ตั้งอยู่ในจังหวัดยะลา พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา มีการทำเหมืองแร่ ดังนั้นลักษณะภูมิประเทศของตำบลตาชี จึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าพื้นที่แห่งนี้มีปริมาณรังสีสูง (อำนวย 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

Prince of Songkla University Pattani Campus



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

Prince of Songkla University Pattani Campus

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 ผักหละ (เหนือ), ฝ่าเช้งดู่, พูชูเด๊าะ (กระเหรี่ยง, แม่ฮ่องสอน), อม (ใต้)

ชะอม เป็นพืชจำพวกอาเคเซียนิยมรับประทานในทุกภาคของไทย เป็นพืชยืนต้น ใช้ใบแก่และอ่อน เป็นสมุนไพร ของไทย ลำต้นของชะอมมีหนาม ใบมีขนาดเล็กและมีกลิ่นฉุน ใบอ่อนของชะอมหรือส่วนยอดของใบสามารถนำมารับประทานได้ มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปแต่ละภาค โดยมากมักปลูกตามรั้วบ้านเนื่องจากมีหนามแล้วยังเป็นผักที่ทานได้ตลอดทั้งปี พืชอีกชนิดหนึ่งที่พบในประเทศ ซึ่งเป็นคนละสปีชีส์ย่อยกับชะอมคือผักคา (อัญชลี, 2554)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.7.2 มันสำปะหลัง

รูปที่ 2.8 มันสำปะหลัง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta (L.) Crantz*

ชื่อวงศ์ Euphorbiaceae

ชื่อสามัญ Cassava Root , Tapioca

ชื่ออื่นๆ มันสำโรง (กลาง) ต้าวน้อย ต้าวบ้าน (ภาคเหนือ) มันต้น มันไม้ (ภาคใต้)

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

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.7.3 มะพร้าวนกคุ่ม

รูปที่ 2.9 มะพร้าวนกคุ่ม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Molineria latifolia Herb. Ex Kurz*

ชื่อวงศ์ HYPOXIDACEAE

ชื่ออื่นๆ ว่านสากเหล็ก จ๊าลาน พร้าวนก

มะพร้าวนกคุ่มเป็นไม้ล้มลุก ลักษณะคล้ายพืชพวกปาล์ม ใบ เรียงสลับติดกันที่โคนต้น แผ่นใบรูปขอบขนานแกมรูปหอก พับเป็นร่อง ๆ ตามยาว คล้ายใบปาล์ม กว้างประมาณ 4–6 cm ยาวประมาณ 30–40 cm ปลายใบเรียวแหลมโคนใบสอบแคบ ก้านใบยาว 25–30 cm โคนแผ่กว้างหุ้มลำต้น 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 ส่วนที่ด้านขั้วป่อง ออกเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 cm และค่อย ๆ เรียวไปทางปลายผล ขยายพันธุ์โดยการใช้เมล็ด (วิทย์, 2557)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.7.4 ลำโพงกาสลัก

รูปที่ 2.10 ลำโพงกาสลัก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Datura fastuosaL*

ชื่อวงศ์ Solanaceae

ชื่ออื่นๆ มะเขือบ้าอินเดีย ลำโพงดอกชมพู มะเขือบ้าดอกดำ

ลำโพงกาสลัก เป็นพืชล้มลุก ประเภทเดียวกับมะเขือ 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 และวิชัย, 2541)

Prince of Songkla University Pattani Campus

2.7.5 ปืนนกไส้

รูปที่ 2.11 ปืนนกไส้

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Bidens pilosa*

ชื่อวงศ์ Asteraceae

ชื่ออื่นๆ กี่นกไส้หรือหญ้าก้นจ้ำขาว

ปืนนกไส้มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเป็นไม้ล้มลุกอายุปีเดียว สูงได้ถึง 1 m ลำต้นเป็นสัน ใบเป็นใบประกอบขนนกชั้นเดียว มี 3 ใบย่อย แผ่นใบรูปไข่ ปลายใบแหลม ขอบใบหยัก ดอกออกเป็นช่อกระจุกแน่นที่ปลายยอดและซอกใบ ก้านช่อดอกยาว วงใบประดับมี 2 ชั้นแยกกัน ดอกวงนอกมีกลีบดอกรูปลิ้นสีขาวไม่สมบูรณ์เพศ ดอกวงในเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอก 5 กลีบเชื่อมติดกันเป็นหลอดสีเหลือง เกสรเพศผู้สีน้ำตาล เกสรเพศเมียสีเหลืองปลายแยกเป็น 2 แฉก ผลเป็นแบบผลแห้งเมล็ดล่อนสีน้ำตาลเข้ม มีแพปพัส เป็นหนามสั้น 2 อัน ปืนนกไส้มีสรรพคุณต้านเชื้อจุลินทรีย์ แก้อักเสบ ขับปัสสาวะ ห้ามเลือดและรักษาไข้มาลาเรียได้ (นิรัตน์ และคณะ, 2551)

Prince of Songkla University Pattani Campus

JOHN F.KENNEDY LIBRARY
PRINCE OF SONGKLA UNIVERSITY
PATTANI THAILAND

2.7.6 สาบเสือ

รูปที่ 2.12 สาบเสือ

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Eupatorium odoratum L*

ชื่อวงศ์ Compositae หรือ Asteraceae

ชื่ออื่นๆ สาบเสือ

สาบเสือเป็นสมุนไพรอย่างหนึ่งที่หาง่ายมากมีอยู่ทั่วไป จัดว่าเป็นวัชพืชที่มีสรรพคุณทางยาที่ใช้ประโยชน์ได้ดีที่เดียว เราใช้ต้นสาบเสือเป็นดรรชีชี้วัดอุณหภูมิความแห้งแล้งของอากาศ เพราะหากอากาศไม่แล้งต้นสาบเสือก็จะไม่ออกดอก สาเหตุที่ได้ชื่อว่า สาบเสือ ก็เพราะว่าดอกของมันไม่มีกลิ่นหอมเลยแต่กลับมีกลิ่นสาบ คนโบราณเวลาหนีสัตว์ร้ายอื่นเข้าดงสาบเสือจะปลอดภัย เพราะสัตว์อื่นนั้นจะไม่ได้กลิ่นคน (ไมตรี และ วิชัย, 2541)

ว
1683
2562