การสะสมของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในดินตัวอย่างจากสวนส้มโอทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

Accumulation of Radionuclides in Soil Samples from *Citrus maxima* (Burm.f.) Merr cultivation farm at Pak Phanang District, Nakhon Si Thammarat Province

วุฒิชัย จันทร์แจ่มใส[1] พวงทิพย์ แก้วทับทิม[1*]
Wuttichai Janjamsai[1] and Pungtip Kaewtubtim[1*]

[1]สาขาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี
[1]Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani Province

Corresponding author: 0819594215 Email: pungtip.k@psu.ac.th

Received: 21-10-2024 Revised: 26-06--2025 Accepted: 30-12-2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติในตัวอย่างดินจากสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช และเพื่อประเมินดัชนีอันตรายจากกัมมันตภาพรังสี ทำการเก็บตัวอย่างดินตามระดับความลึกช่วงละ 5 cm จากระดับผิวดินจนถึงระดับ 30 cm รวมจำนวน 10 ตำแหน่ง ๆ ละ 6 ตัวอย่าง รวม 60 ตัวอย่าง โดยใช้ระบบการวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรเมตรี หัววัดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 มีค่าเฉลี่ย 93.50 ± 6.16, 17.51 ± 2.70 และ 610.49 ± 59.05 Bq/kg ตามลำดับ ซึ่งค่านิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226 และ K-40 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทยและค่าเฉลี่ยทั่วโลก ส่วนนิวไคลด์กัมมันตรังสี Th-232 มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทยและค่าเฉลี่ยทั่วโลก นอกจากนี้ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดย UNSCEAR ส่วนปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) และค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดย UNSCEAR ผลการศึกษาสรุปได้ว่าดินในสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชมีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีต่ำ และประชาชนผู้อยู่อาศัยอยู่บริเวณนั้นปลอดภัยจากการได้รับปริมาณสารกัมมันตรังสีธรรมชาติ

คำสำคัญ: กัมมันตภาพรังสี, ค่าดัชนีความเป็นอันตรายทางรังสี, สวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม, หัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง

Abstract

The objective of this research was to study the specific activity of natural radionuclides in soil samples from *Citrus maxima* (Burm.f.) Merr cultivation farm, Pak Phanang District, Nakhon Si Thammarat Province and assess the radioactive hazard index. The soil samples were collected at a depth of 5 cm per layer from the surface to 30 cm, a total of 10 locations, 6 samples each, for a total of 60 samples by using the gamma spectrometry analysis system with a High-Purity germanium detector (HPGe). The result show that the specific activity of Ra-226, Th-232 and K-40 were 93.50 ± 6.16, 17.51 ± 2.70 and 610.49 ± 59.05 Bq/kg respectively. The radionuclides of Ra-226 and K-40 were higher than the Thai average and world standard, while the radionuclide of Th-232 was lower than. In addition, the gamma radiation absorption rate (D) was above the threshold set by UNSCEAR. The annual external effective dose rate (E), the radium equivalent (Ra_{eq}) and the external hazard index (H_{ex}) were below the thresholds set by UNSCEAR. The results of the study concluded that the soil samples from *Citrus maxima* (Burm.f.) Merr cultivation farm, Pak Phanang District, Nakhon Si Thammarat Province is low radioactive contamination and that people living in the area are naturally safe from exposure to radioactive substances.

Keywords: Radioactive, Radiological Hazard Index, *Citrus maxima* (Burm.f.) Merr cultivation Farm, High-Purity Germanium Detectors (HPGe)

1. บทนำ

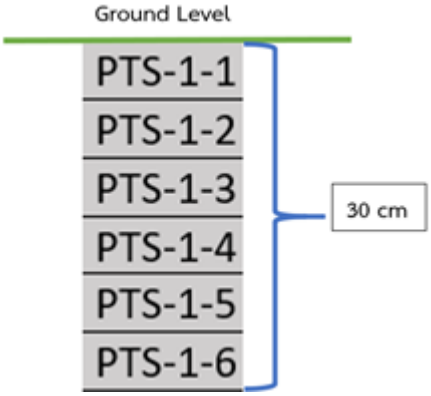
ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยม และมีการปลูกอย่างแพร่หลายในอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่มีพื้นที่ เพาะปลูก 3,465 ไร่ ให้ผล 1,680 ไร่ พื้นที่ปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามส่วนใหญ่อยู่ในตำบลคลองน้อย ตำบลเกาะทวด และตำบลคลองกระเบือ อำเภอปากพนัง สภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม เดิมมีสภาพเป็น นาข้าว เกษตรกรจึงได้ขุดร่องเพื่อปลูกส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ซึ่งตำบลที่มีการปลูกมากที่สุดคือ ตำบลคลองน้อย คิดเป็นสัดส่วนต่อพื้นที่ทั้งหมด 80 % [1] โดยส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีราคาผลละ 80-180 บาท (ขึ้นอยู่กับขนาดของผล) สำหรับตลาดของส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามมีทั้งตลาดภายใน เช่น จังหวัดภูเก็ต สุราษฎร์ธานี หรือกรุงเทพมหานคร และส่งออกต่างประเทศ ได้แก่ ฮ่องกง ไต้หวัน เป็นต้น ส้มโอพันธุ์ทับทิมสยามเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่ทำรายได้มหาศาลให้กับประเทศไทยโดยมีรายได้สูงสุด 25,000 บาทต่อเดือนต่อครอบครัว [2] ซึ่งการส่งพืชผลทางเศรษฐกิจไปขายต่างประเทศควรได้รับการตรวจสอบคุณภาพในหลาย ๆ ด้าน รวมทั้งการตรวจสอบการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีด้วย พืชผลทางเศรษฐกิจจะมีการปนเปื้อนของสารกัมมันตรังสีสูงถ้าดินที่ใช้เพาะปลูกมีความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีสูง เนื่องจากพืชจะดูดซับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ลำต้น และส่งไปยังส่วนต่างๆ รวมทั้งส่วนของผล การบริโภคผลไม้ที่มี สารกัมมันตรังสีปนเปื้อน จะทำให้ร่างกายได้รับสารกัมมันตรังสีไปด้วย สารกัมมันตรังสีมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภค การได้รับสารกัมมันตรังสีส่งผลต่อการเกิด โรคมะเร็ง เนื้องอก และเกิดความเสียหาย ทางพันธุกรรมได้ [3]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อตรวจสอบระดับการสะสมของสารกัมมันตรังสีในตัวอย่างดินที่เก็บมาจากสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้บริโภค

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วิธีการเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

วางแผนกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินในบริเวณสวนส้มพันธุ์โอทับทิมสยาม ตำบลคลองน้อย และตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราชจำนวน 10 สถานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกส้มโอพันธ์ทับทิมสยามมากที่สุดในอำเภอปากพนังการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ท่อเจาะดิน เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 cm ยาว 50 cm ซึ่งเจาะลึกจากผิวดิน ประมาณ 30 cm จากนั้นเก็บดินตามระดับความลึกช่วงละ 5 cm จากระดับผิวดินจนถึงระดับ 30 cm คือ ระดับ 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, และ 25-30 cm ตัวอย่างสถานีที่ 1 ตั้งรหัสเป็น PTS-1-1, PTS-1-2, PTS-1-3, PTS-1-4, PTS-1-5, PTS-1-6 เรียงลำดับจากบนลงล่าง ทั้งหมด 10 สถานี ๆ ละ 6 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 60 ตัวอย่าง ภาพที่ 1 นำตัวอย่างดินแต่ละชั้นมากำจัดสิ่งปนเปื้อน นำไปตากจนแห้ง จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นและอบตัวอย่างซ้ำจนกระทั่งความชื้นคงที่ จากนั้นบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง แล้วร่อนด้วยตะแกรงร่อน ขนาด 120 μm เพื่อให้ตัวอย่างมีขนาดเท่ากัน แล้วนำตัวอย่างดินผงบรรจุในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 cm สูง 10.2 cm ซึ่งมีขนาดเท่ากับภาชนะบรรจุสารมาตรฐานดิน IAEA-375 และความสูงของตัวอย่างในภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอกเท่ากับความสูงของสารมาตรฐาน ปิดฝาภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอกให้สนิทโดยใช้เทปพันสายไฟพันรอบรอยต่อระหว่างฝากับตัวภาชนะพลาสติกรูปทรงกระบอกวางทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วันเพื่อให้เข้าสู่สภาวะสมดุลทางรังสีอย่างถาวร [4]



ภาพที่ 1 การเก็บตัวอย่างดินสถานีที่ 1

2.2 ตรวจวัดและวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีธรรมชาติ (Ra-226, Th-232, K-40) ในดินจากสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

วัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ ในข้อ 2.1 ด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) ทำการปรับเทียบเครื่องมือวัดโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐาน Cs-137 และ Co-60 เป็นระยะเวลา 18,000 วินาที และคำนวณค่า กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันมันตรังสีในธรรมชาติ โดยใช้สารมาตรฐานดิน IAEA-375 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ บางเขน กทม. ในการคำนวณค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี วิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 ที่พลังงาน 609.31 keV ซึ่งเป็นพลังงานของ Bi-214 สำหรับ Th-232 วิเคราะห์ที่พลังงาน 911.21 keV ซึ่งเป็นพลังงานของ Ac-228 เนื่องจากนิวไคลด์ดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวให้รังสีแกมมา ในธรรมชาติสูง และ K-40 วิเคราะห์ที่พลังงาน 1460.75 keV ประเมินผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป GenieTM 2000 Basic Spectroscopy Software ในการบันทึกจำนวนนับใต้สเปกตรัมรังสีแกมมา เพื่อ

หากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ดังสมการที่ (1)

$$A_x = \frac{N_s}{E_{ff} \times P_\gamma \times T \times M_s} \quad (1)$$

เมื่อ A_x คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน (Bq/kg) N_s คือ อัตรานับสุทธิ (พื้นที่ใต้พีค/เวลาที่ใช้วัด) E_{ff} คือประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (อัตรานับวัด/ เบ็กเคอเรล) P_γ คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ที่มีรังสีแกมมาออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสี (%yield) T คือ เวลาที่นับวัด (วินาที) M_s คือมวลของตัวอย่างดินที่ทำการวัดรังสี (กิโลกรัม)

2.3 วิเคราะห์ค่าดัชนีอันตรายจากกัมมันตภาพรังสีในตัวอย่างดิน

วิเคราะห์ค่าดัชนีอันตรายจากกัมมันตภาพ รังสีที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดินจากบริเวณสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม ตำบลคลองน้อย และตำบลเกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อเป็นตัวชี้วัดระดับความเป็นอันตรายจากการได้รับสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติต่อการใช้ชีวิตประจำวัน โดยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู [5] ได้กำหนดเกณฑ์ไว้ดังนี้

2.3.1 ปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D) เป็นค่าความเข้มรังสีแกมมาในอากาศ ซึ่งเป็นรังสีจากวัสดุกัมมันตรังสีที่มาจากพื้นโลก ที่ความสูง 1 เมตรจากพื้นดิน โดยค่า 0.462, 0.604 และ 0.0417 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการแปลง ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ เป็นอัตราปริมาณรังสีที่ดูดกลืนอากาศ ของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ [6,7] สำหรับค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนที่เฉลี่ยจากทั่วโลกมีค่าเท่ากับ 57 nGy/h [5] คำนวณได้จากสมการที่ (2)

$$D(nGy/h) = 0.462A_{Ra\text{-}226} + 0.604A_{Th\text{-}232} + 0.0417A_{K\text{-}40} \quad (2)$$

2.3.2 ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) เป็นปริมาณรังสีที่ได้รับต่อปีสามารถคำนวณได้จากการแปลงค่าความสัมพันธ์จากค่าปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) เป็นปริมาณรังสียังผลที่บุคคลทั่วไปได้รับหรือใช้เวลานอกอาคารบ้านเรือนประมาณ 20 % ของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ซึ่งไม่ควรเกิน 0.48 mSv/y [5] คำนวณได้จากสมการ (3)

$$E(mSv/y) = D \times 8760 \times 0.2 \times 0.7 \times 10^{-6} \quad (3)$$

เมื่อ D คือ ปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (nGy/h), 8760 คือ ค่าปริมาณที่ได้รับรังสีรายปี(ชั่วโมงต่อปี), 0.2 คือ เวลาที่ประชาชนอยู่นอกอาคารบ้านเรือนใน 1 ปี และ 0.7 คือ ค่าปริมาณรังสียังผล ที่บุคคลทั่วไปได้รับภายนอกอาคารมีหน่วยเป็น (Sv/Gy)

2.3.3 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq})เป็นผลรวมของค่าถ่วงน้ำหนักของค่ากัมมันตภาพรังสีของทั้ง 3 ไอโซโทป ที่มีการศึกษาพบว่า Ra-226 มีกัมมันตภาพรังสีที่ 1 Bq/kg จะให้ปริมาณค่ากัมมันตภาพรังสีเทียบเท่าของกัมมันตภาพรังสีของ Th-232 ที่ 1.43 Bq/kg และค่ากัมมันตภาพรังสีของ K-40 ที่ 0.077 Ba/kg [8,9,7] ดังนั้นสามารถคำนวณค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม และ Ra_{eq} มีค่าไม่ควรเกิน 370 Bq/kg (UNSCEAR, 2000)[5] คำนวณได้จากสมการ (4)

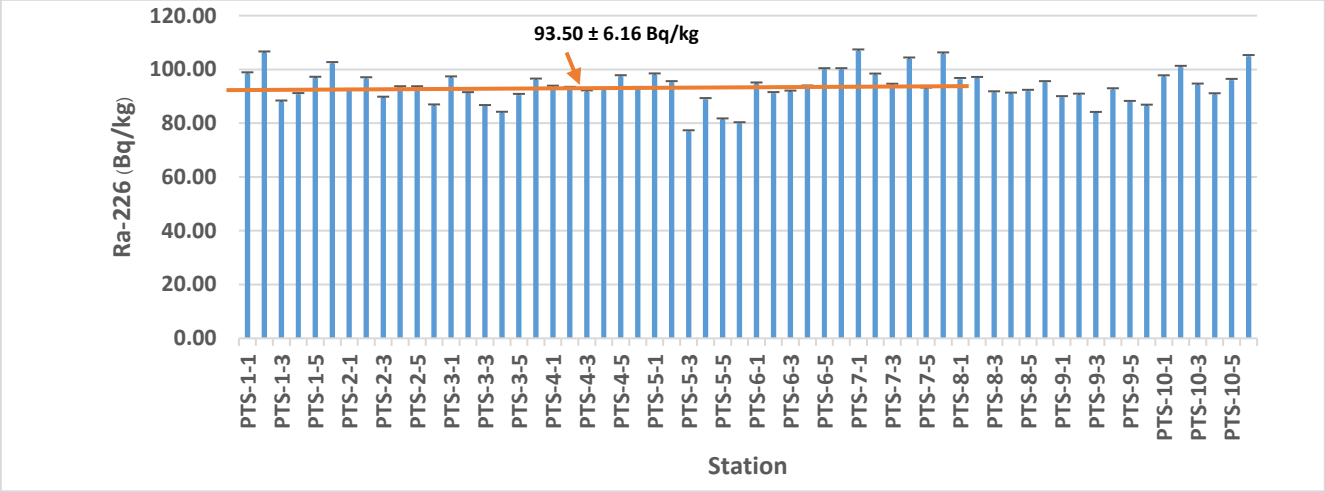
$$Raeq(Bq/kg) = A_{Ra\text{-}226} + 1.43A_{Th\text{-}232} + 0.077A_{K\text{-}40} \quad (4)$$

เมื่อ $A_{Ra\text{-}226}$, $A_{Th\text{-}232}$ และ $A_{K\text{-}40}$ คือ ค่า กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดิน ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

2.3.4 ค่าดัชนีวัดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีภายนอกร่างกาย (H_{ex}) เป็นปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับอันตรายจากแหล่งกำเนิดรังสีที่อยู่ในธรรมชาติโดยกัมมันตภาพรังสีที่ร่างกายได้รับส่วนใหญ่จะเป็นกัมมันตภาพรังสีแกมมา เพราะรังสีแกมมามีอำนาจในการทะลุทะลวงสูงกว่ารังสีอื่น ๆ โดย H_{ex} จะประเมินผลกระทบที่มนุษย์ได้รับรังสีเนื่องจากรังสีแกมมาภายนอก หากค่า $H_{ex} < 1$ แสดงว่าปริมาณ ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ ถ้า $H_{ex} = 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืน เท่ากับ 1.5 mGy/y และถ้า $H_{ex} > 1$ แสดงว่าร่างกายจะได้รับอันตรายจากภายนอก หมายความว่าสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราไม่ควรนำมาใช้ในการดำเนินชีวิตหรือควรหลีกเลี่ยง [5-7,9] คำนวณได้จากสมการ (5)

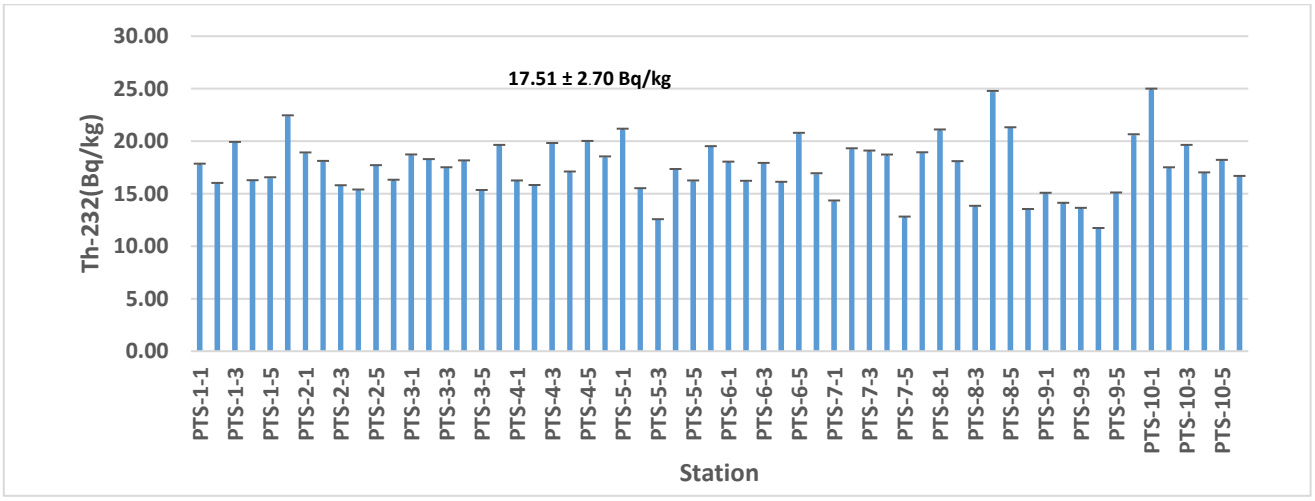
$$H_{ex} = \frac{A_{Ra\text{-}226}}{370} + \frac{A_{Th\text{-}232}}{259} + \frac{A_{K\text{-}40}}{4810} \quad (5)$$

3. ผลการวิจัยและอภิปราย



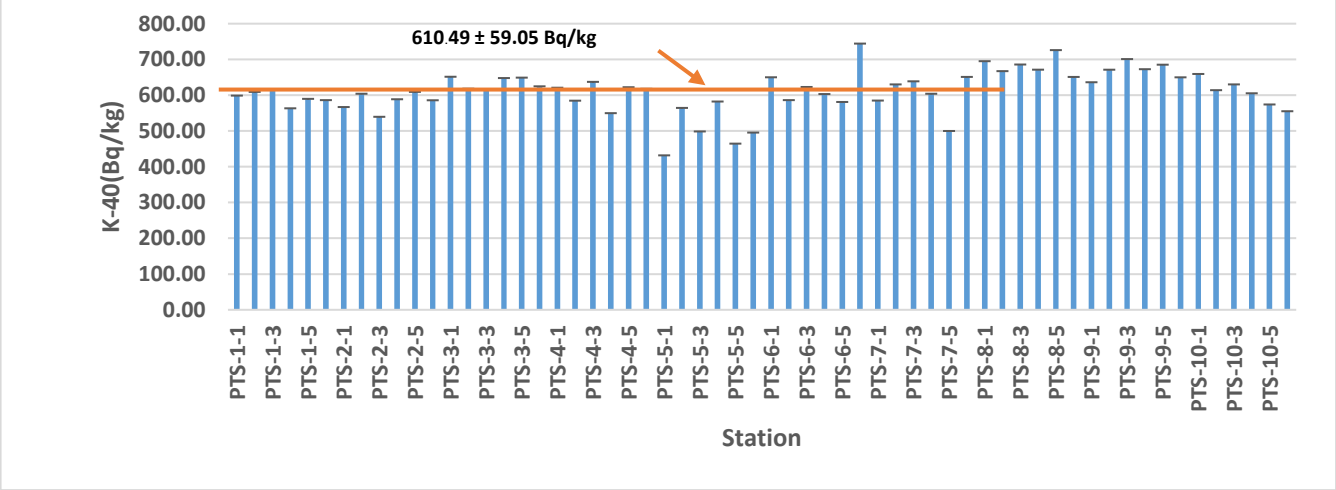
ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226 ในตัวอย่างดิน

จากภาพที่ 2 แสดงปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226 มีค่าเฉลี่ยที่ 93.50 ± 6.16 Bq/kg ค่าสูงสุด 106.93 ± 0.50 Bq/kg ที่ตัวอย่างPTS-7-1 รองลงมาที่ 106.17 ± 0.50 Bq/kg ตัวอย่าง PTS-1-2 และค่าน้อยที่สุด 76.98 ± 0.39 Bq/kg ที่ตัวอย่าง PTS-5-3 จะเห็นว่าที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกัน และในแต่สถานีมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกเกษตรกรมีการขุด ยกร่อง จึงทำให้ดินที่ระดับความลึก 30 cm มีการ ผสมกัน



ภาพที่ 3 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Th-232 ในตัวอย่างดิน

จากภาพที่ 3 แสดงปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Th-232 มีค่าเฉลี่ยที่ 17.51 ± 2.70 Bq/kg มีค่าสูงสุด 24.90 ± 0.10 Bq/kg ที่ตัวอย่างPTS-10-1 รองลงมาที่ 24.69 ± 0.10 ตัวอย่าง PTS-8-4 และค่าน้อยที่สุด 11.66 ± 0.07 Bq/kg ที่ตัวอย่าง PTS-9-4 ที่ระดับความลึก ต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งนี้อาจจะมีสาเหตุมาจากในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกเกษตรกรมีการขุดยกร่อง จึงทำให้ดินที่ระดับความลึก 30 cm มีการผสมกัน เช่นเดียวกับความเข้มข้นของนิวไคลด์กันมันตรังสี Ra-226



ภาพที่ 4 ความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K-40 ในตัวอย่างดิน

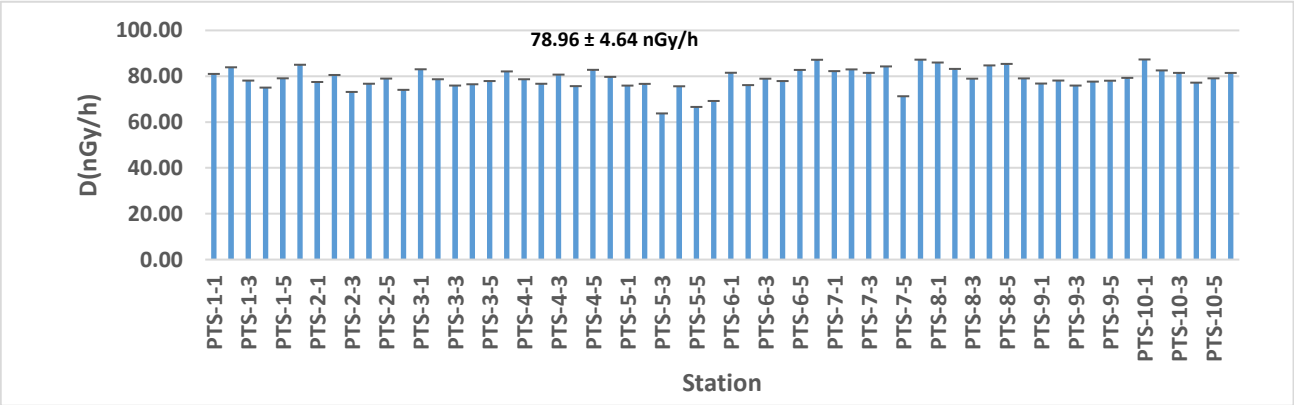
จากภาพที่ 4 แสดงปริมาณความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K-40 มีค่าเฉลี่ย 610.49 ± 59.05 Bq/kg มีค่าสูงสุด 743.2 ± 1.06 Bq/kg ที่ตัวอย่าง PTS-6-6 รองลงมาที่ 722.12 ± 0.95 Bq/kg ตัวอย่าง PTS-8-5 และค่าน้อยที่สุด 431.03 ± 0.48 Bq/kg ที่ตัวอย่าง PTS-5-1 จะเห็นได้ว่าค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K-40 มีค่าที่สูงกว่านิวไคลด์อื่นๆ เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 7 ในเปลือกโลก คิดเป็น 2.6% ของน้ำหนักของเปลือกโลก [10] ขึ้นอยู่กับสภาพลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ และการใช้ปุ๋ยในพื้นที่เพาะปลูกนั้นๆ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน จากผลการศึกษาทั้งใน และต่างประเทศ

Locations	Specific Activity (Bq/kg)			Reference
	Ra-226	Th-232	K-40	
Pak Phanang Dictrict	**93.50 ± 6.16**	**17.51 ± 2.70**	**610.49 ± 59.05**	**Present Study**
Satun (2011)	98.75 ± 6.76	63.63 ± 2.34	4,020.90±246.55	[11]
Narathiwat (2016)	421.89 ± 10.11	221.57 ± 26.09	1436.35±144.92	[12]
Malaysia (2015)	51.06 ± 5.83	78.44 ± 6.42	125.66 ± 7.26	[13]
Laos (2020)	44.4 ± 3.2	63.2 ± 5.2	523 ± 18	[14]
Turkey (2021)	8 ± 3	7 ± 3	136 ± 15	[15]
Southern Thailand Data	171.55 ± 3.13	211.19 ± 1.98	511.04 ± 7.04	[16]
Thailand Data	48	40	400	[16]
Worldwide	35	30	400	[5]

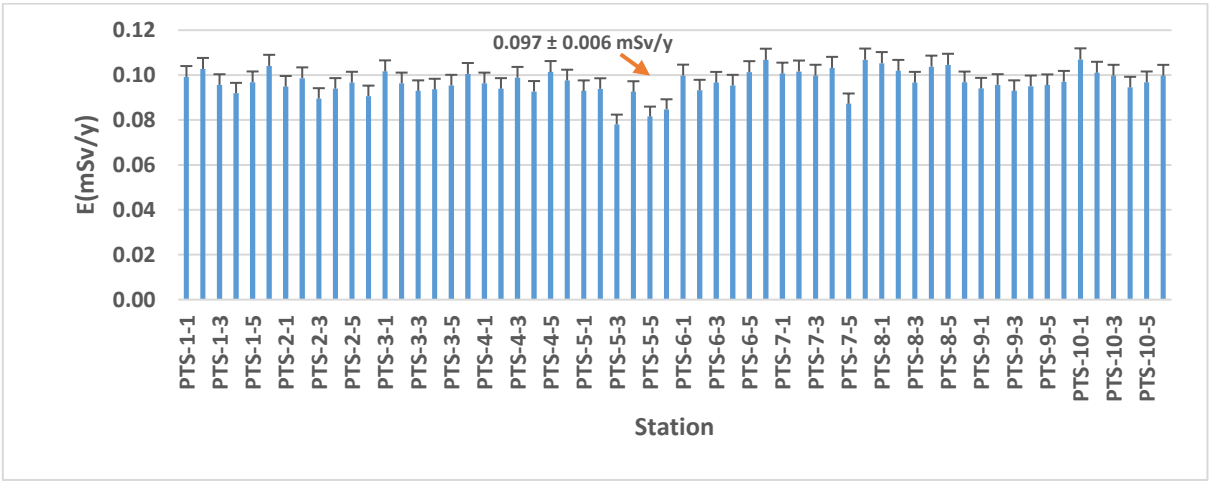
จากตารางที่ 1 ค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226 มีค่าเฉลี่ย 93.50 ± 6.16 Bq/kg ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างดินของจังหวัดสตูล [11] มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของประเทศ มาเลเซีย ลาว ตุรกี ไทย และของโลก [5,13-16] และมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของจังหวัดนราธิวาส และภาคใต้ของประเทศไทย [12,16] สำหรับค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กันมันตรังสี Th-232 มีค่าเฉลี่ย 17.51 ± 2.70 Bq/kg ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างดินของโลก [5] มีค่า สูงกว่าเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างดินของประเทศตุรกี [15] และมีค่าต่ำกว่า

เมื่อเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของจังหวัดสตูล นราธิวาส ประเทศมาเลเซีย ลาว ภาคใต้ของประเทศไทย และของประเทศไทย [11-14,16] และค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี K-40 610.49 ± 59.05 Bq/kg ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างดินของประเทศลาว ภาคใต้ของประเทศไทย ประเทศไทย และของโลก [5,14,16] มีค่าสูงกว่าเมื่อเทียบกับผลการวิเคราะห์ผลการวิเคราะห์ในตัวอย่างดินของประเทศมาเลเซีย และประเทศตุรกี [13,15] และมีค่าต่ำกว่าเมื่อเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของจังหวัดสตูล และจังหวัดนราธิวาส [11,12]



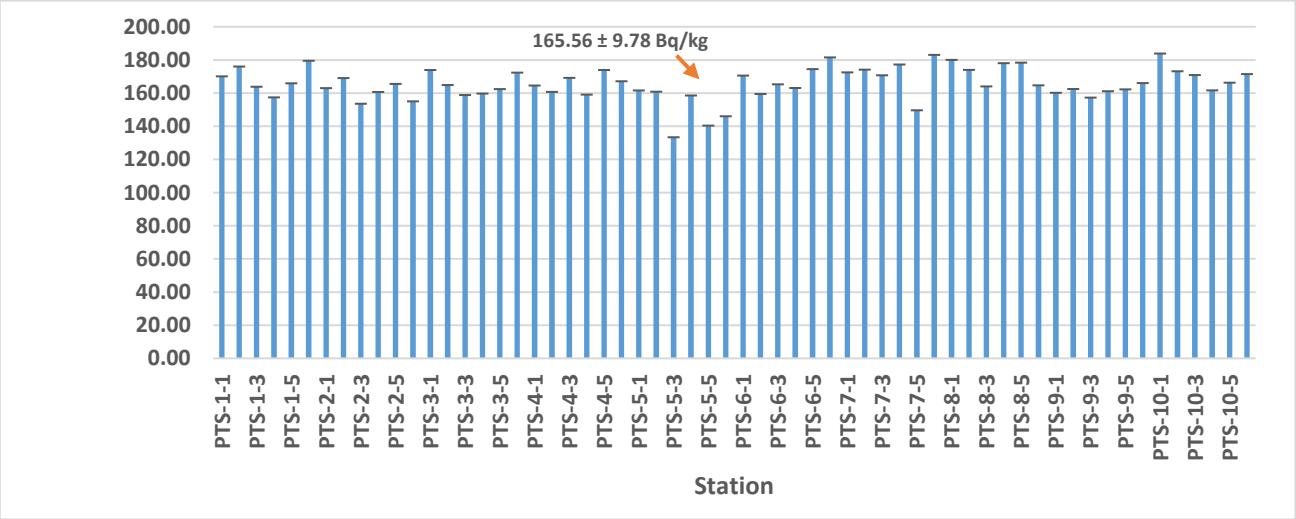
ภาพที่ 5 ค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D)

จากภาพที่ 5 แสดงค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D) มีค่าอยู่ในช่วง 63.65 ± 0.12 ถึง 87.18 ± 0.14 nGy/h เฉลี่ย 78.96 ± 4.64 nGy/h มีค่าสูงสุดที่ตัวอย่าง PTS-10-1 และมีค่าต่ำที่สุดที่ตัวอย่าง PTS-5-3 โดยที่สถานีต่าง ๆ มีค่า ใกล้เคียงกัน และที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันก็มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศทุกตัวอย่างมีค่าสูงกว่าค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนที่เฉลี่ยจากทั่วโลกมีค่าเท่ากับ 57 nGy/h [5]



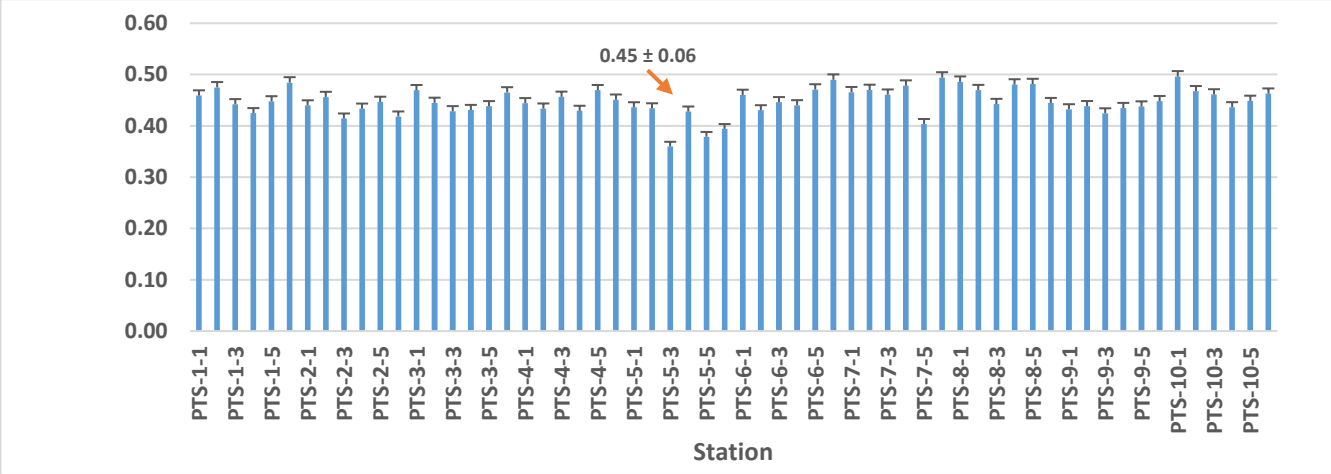
ภาพที่ 6 ปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E)

จากภาพที่ 6 แสดงค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าอยู่ในช่วง 0.078 ± 0.004 ถึง 0.107 ± 0.005 mSv/y เฉลี่ย 0.097 ± 0.006 mSv/y มีค่าสูงสุดที่ตัวอย่างPTS-7-6, PTS-10-1 และมาค่าต่ำที่สุดที่ตัวอย่าง PTS-5-3 โดยที่สถานีต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันก็มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) ทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ซึ่งไม่ควรเกิน 0.48 mSv/y [5]



ภาพที่ 7 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq})

จากภาพที่ 7 แสดงค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) มีค่าอยู่ในช่วง 133.19 ± 0.18 ถึง 183.66 ± 0.20 Bq/kg เฉลี่ย165.56 ± 9.78 Bq/kg มีค่าสูงสุดที่ตัวอย่าง PTS-10-1 และมาค่าต่ำที่สุดที่ตัวอย่าง PTS-5-3 โดยที่สถานีต่าง ๆ มี ค่าใกล้เคียงกัน และที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันก็มีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นว่ามีค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ทุกตัวอย่าง มีค่าต่ำกว่าค่าความเสี่ยง ซึ่งไม่ควรเกิน 370 Bq/kg [5



ภาพที่ 8 ดัชนีวัดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีภายนอกร่างกาย $(H)_{ex}$

และจากภาพที่ 8 แสดงค่าดัชนีวัดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีภายนอกร่างกาย (H_{ex}) มีค่า อยู่ในช่วง 0.36 ± 0.01 ถึง 0.50 ± 0.01 เฉลี่ย 0.45 ± 0.06 มีค่าสูงสุดที่ตัวอย่าง PTS-10-1 และมีค่าต่ำที่สุดที่ตัวอย่าง PTS-5-3 โดยที่สถานีต่าง ๆ มีค่าใกล้เคียงกัน และที่ระดับความลึกต่าง ๆ ในสถานีเดียวกันก็มีค่า ใกล้เคียงกัน ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าดัชนี วัดความเสี่ยงจากการได้รับรังสีภายนอกร่างกายทุกตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 1 ซึ่ง หากค่า $H_{ex} < 1$ แสดงว่าปริมาณ ดัชนีความเสี่ยงรังสีจากภายนอกมีค่าน้อยมากจนละทิ้งได้ [5-7,9]

4. บทสรุป

ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ในตัวอย่างดินจากสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช รวมทั้งหมด 10 ตำแหน่ง ๆ ละ 6 ตัวอย่าง รวม 60 ตัวอย่าง พบว่ากัมมันตภาพจำเพาะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 93.50 ± 6.16, 17.51 ± 2.70 และ 610.49 ± 59.05 Bq/kg ตามลำดับ และผลการประเมินค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืนในอากาศ (D) มีค่าเฉลี่ย 78.96 ± 4.64 nGy/h พบว่ามีค่าสูงกว่าขีดจำกัดที่แนะนำโดยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู [5] เพียง 1.39 เท่า สำหรับปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกร่างกายประจำปี (E) มีค่าเฉลี่ย 0.097 ± 0.006 mSv/y กัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) มีค่าเฉลี่ย 165.56 ±

9.78 Bq/kg และค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอก (H_{ex}) มีค่าเฉลี่ย 0.45 ± 0.06 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดที่แนะนำโดยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับผลของรังสีปรมาณู [5] จะเห็นว่าดินบริเวณสวนส้มโอพันธ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่า กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี Ra-226, Th-232 และ K-40 ต่ำ และค่าดัชนีความเสี่ยงต่ำกว่าขีดจำกัดที่แนะนำโดยคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ขององค์กรสหประชาชาติเกี่ยวกับ ผลของรังสีปรมาณู [5] จึงสรุปได้ว่าดินในสวนส้มโอพันธุ์ทับทิมสยาม อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการปนเปื้อนสารกัมมันตรังสีต่ำ และค่าดัชนีความเสี่ยงต่ำเช่นกัน

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2567 ขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือใน การอบตัวอย่าง และเครื่องวัดรังสีแกมมา ชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธ์สูง (HPGe) ขอขอบคุณนายธนาพันธ์ นาควารี ที่ช่วยทำเครื่องมือในการเก็บตัวอย่างดิน ขอขอบคุณนายสมชาย ราหมาด นายอุดม แท่นเนี่ยว นายศรัณย์ ศักร์ คงเจาะ และนางสาวพชรกมล ตุดเกื้อ ที่ช่วยเก็บตัวอย่างดิน และขอขอบคุณเจ้าของสวน ส้มโอทับทิมสยาม ตำบลคลองน้อย และตำบล เกาะทวด อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้พื้นที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

6. เอกสารเอกสารอ้างอิง

[1] ฐิติวินท์ เกียรดิ์เมธา, ชัชวาล แสงท้องล้วน,กาญจนา พันธุ์เอี่ยว. กลยุทธ์การจัดการการตลาดส้มโอทับทิมสยามตามสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏ มหาสารคาม. 2567;11(1):549-564.

[2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้ากรุงเทพมหานคร: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร; 2557.

[3] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรังสี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร:กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรม; 2566.

[4] Taskin H, Karavus M, Ay P, et al.Radionuclide concentrations in soil and Lifetime cancer risk due to gamma Radioactivity in Kirklareli, Turkey. Journal of Environmental Radioactivity. 2009;100(1):49–53.

[5] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. New York: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation; 2000.

[6] Lolila F, Mazunga MS. Measurements of Natural radioactivity and evaluation of Radiation hazard indices in soils around The Manyoni uranium deposit in Tanzania. Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 2023;16(1):100- 524.

[7] Singh S, Rani A, Mahajan RK. ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K analysis in soil samples from some areas of Punjab and Himachal Pradesh, India using gamma ray spectrometry. Radiation Measurements. 2005;39:431-439.

[8] Júnior JA, Araújo EE, Fernández ZH, et al. Measurement of natural radioactivity and radium equivalent activity for pottery making clay samples in Paraíba and Rio Grande do Norte – Brazil. Environmental Advances.2021;6:100-121.

[9] Agbalagba EO, Onoja RA. Evaluation of natural radioactivity in soil, sediment and water samples of Niger Delta (Biseni) flood plain lakes, Nigeria. Journal of Environmental Radioactivity.2011;102(7) 667–671.

[10] Absar N, Abedin J, Rahman MM, et al. Radionuclides Transfer from Soil to Tea Leaves and Estimationo Committed Effective Dose to the angladesh Populace. Life. 2021;11(282):1-15.

[11] มารีนา มีนา, ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล, ประสงค์ เกษราธิคุณ. การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสี ธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้นในตัวอย่างดิน บริเวณจังหวัดสตูล ประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 2554;14(3):160-167.

[12] ณัฐชยา จันทร์วิไชย, อดินันท์ เจ๊ะซู, และฮัมดัม แลหะ. ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสี ในดินบริเวณเหมืองแร่ทองคำเก่า ตำบล ภูเขาทอง อำเภอสุคิริน จังหวัดนราธิวาส. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 2559;8(3):121-128.

[13] Nisar A, Suhaimi JM, Alsaffar MS. Natural radioactivity in virgin and agricultural soil and its environmental implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia. Pollution. 2015;1(3):305-313.

[14] Leuangtakoun S, T.Phan GT, Duong TD, et al. Natural radioactivity measurement and radiological hazard evaluation in surface soils in a goldmining area and surrounding regions in Bolikhamxay province, Laos. Journal ofRadioanalytical and Nuclear Chemistry.2020;326:997-1007.

[15] Oge TO, Ozdemir FB, Oge M. Assessment of environmental Radioactivity in soil samples from

Bartin Province, Turkey. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2021;328:149-162.

[16] Office of Atoms for Peace (OAP). Annual Report in Thailand. Ministry of Science and Technology, Thailand. 200