

การศึกษาการเคลื่อนย้ายของนิวไคลด์รังสีในระบบนิเวศนาข้าว

The Study of Radionuclide Migration in Rice Field Ecosystems

ธวัชชัย อธิธิพูนธนกร¹⁾ สระเวาะ นียมเดชา¹⁾ พัชรวิวรรณ ปาไท้²⁾ กนกอร เยาว์ดำ³⁾

Thawatchai Itthipoonthanakorn¹⁾ Saroh Niyomdecha¹⁾ Patchareewan Pato²⁾ Kanokorn Yaodam³⁾

Abstract

This study is a pilot project for supporting regulations on nuclear and radiation safety of Thailand Office of Atoms for Peace. The objective of this study was to focus on the migration of radionuclides from farmers' activities in rice field ecosystems. It investigated the feasibility using stable isotopes of Cs (^{133}Cs) to be an analogue of radioisotopes (^{137}Cs) and impact of potassium in three cultivation periods of Pathum Thani 1 rice variety at Pathum Thani Rice Research Center. In addition, the other natural radioisotopes, such as ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th and ^{40}K were also measured including committed effective dose of ^{40}K from rice ingestion. The results show that the calculated transfer factors of ^{133}Cs could be as an analogue of ^{137}Cs in these studied fields. Rice tended to uptake ^{39}K from soil to accumulate in stalks and grains higher than ^{133}Cs and ^{85}Rb . It also found 0.080-0.672 mSv y^{-1} of ^{40}K from rice ingestion which had no impact on human health. Further studies are needed to carry out in other rice research centers to cover various soil conditions and rice varieties in Thailand.

Keywords: Pathumthani1, caesium, ^{40}K , transfer factors

¹⁾ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ 16 ถ.วิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 0-2596-7600

Office of Atoms for Peace 16 Vibhawadi Rangsit Rd., Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900 Tel. 0-2596-7600

²⁾ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

³⁾ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ตำบลรังสิต อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

Pathum Thani Rice Research Center, Rangsit, Thunayaburi, Pathum Thani 12110, Tel 02-5771688-9

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นโครงการศึกษานำร่องเพื่อสนับสนุนการกำกับดูแลความปลอดภัยทางนิวเคลียร์ และรังสีที่เป็นภารกิจของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของนิวไคลด์รังสีที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ในระบบนิเวศนาข้าว โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้นิวไคลด์เสถียรของซีเซียม (^{133}Cs) เพื่อเป็นตัวแทนของนิวไคลด์รังสีของซีเซียม (^{137}Cs) รวมถึงผลกระทบจากโพแทสเซียมในดินใน 3 ระยะของการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในแปลงวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี นอกจากนี้ยังมีการศึกษานิวไคลด์รังสีธรรมชาติอื่น ได้แก่ ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{228}Th และ ^{40}K รวมถึงปริมาณรังสีที่ได้รับจาก ^{40}K ในการบริโภคข้าวด้วย ผลการศึกษาสรุปได้ว่า Transfer factor ของ ^{133}Cs ที่คำนวณได้จากศึกษานี้สามารถใช้เป็นตัวแปรในการศึกษา ^{137}Cs ในแปลงวิจัยนี้ ต้นข้าวมีแนวโน้มที่จะดึง ^{39}K จากดินขึ้นไปสะสมในต้นและเมล็ดข้าวสูงกว่า ^{133}Cs และ ^{85}Rb ปริมาณรังสีจาก ^{40}K ที่ได้รับในการบริโภคข้าวของคนไทยมีค่าระหว่าง $0.080\text{--}0.672\text{ mSv y}^{-1}$ ซึ่งไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมพันธุ์ข้าวและสภาพดินที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติมีแผนที่จะดำเนินการศึกษาต่อเนื่องในพื้นที่ของศูนย์วิจัยข้าวอื่นทั่วประเทศ

คำสำคัญ: ข้าวปทุมธานี 1 ซีเซียม โพแทสเซียม 40 สัดส่วนการเคลื่อนย้าย

คำนำ

นิวไคลด์รังสี หมายถึง นิวไคลด์ไอโซโทปที่ไม่เสถียรและสลายตัวให้อนุภาคแอลฟาหรือบีตา พร้อมกับปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมาด้วย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) นิวไคลด์รังสีที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งประกอบไปด้วยนิวไคลด์รังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียมและทอเรียมเป็นส่วนใหญ่ เช่น Ra-226, Ra-228 เป็นต้น และนิวไคลด์รังสีที่เกิดขึ้นเดี่ยวๆ เช่น โพแทสเซียม 40 เป็นต้น 2) นิวไคลด์รังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ซีเซียม 137 และสทอนเนียม 90 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ที่ผ่านมา การแพร่กระจายที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนในวงกว้างและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนที่สำคัญ ได้แก่ อุบัติเหตุจากโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่เชอร์โนบีล อดีตประเทศสหภาพโซเวียต และฟูกูชิม่า ประเทศญี่ปุ่น (Smith and Beresford, 2005; Koo *et al.*, 2014) และการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ในชั้นบรรยากาศที่มีการทดลองครั้งแรกตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1945 โดยในปี ค.ศ. 1963 มีการแพร่กระจายของนิวไคลด์รังสีในชั้นบรรยากาศสูงสุด โดยเฉพาะในซีกโลกครึ่งบน ซึ่งเป็นส่วนที่ประเทศไทยตั้งอยู่ด้วย (IAEA, 2006; IAEA, 2013)

การสะสมของนิวไคลด์รังสีในสิ่งแวดล้อมของระบบนิเวศมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของนิวไคลด์รังสีและสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศ (Absalom, 2001) นาข้าวเป็นระบบนิเวศที่มีความเฉพาะตัว เนื่องจากในแต่ละระยะของการปลูกข้าวมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน และเมื่อเกิดการถ่ายทอดนิวไคลด์รังสีตามห่วงโซ่อาหารของข้าว นิวไคลด์กัมมันตรังสีเหล่านั้นก็จะเข้าไปสะสมใน

ร่างกายของผู้บริโภคข้าวในท้ายที่สุด และการได้รับปริมาณรังสีที่เกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัยมีโอกาสที่จะได้รับผลกระทบทางรังสีในระยะยาวได้ เช่น การทำให้เซลล์ในร่างกายเสียหายและทำให้เกิดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งในอนาคต (IAEA 1996)

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติมีหน้าที่หลักในการกำกับดูแลความปลอดภัยทั้งทางด้านนิวเคลียร์และรังสีของประเทศ เห็นความสำคัญในการศึกษาการเคลื่อนที่ของนิวไคลด์รังสีในนาข้าวที่เป็นอาหารหลักของคนไทย จึงมีแผนดำเนินการวิจัยการศึกษานำร่องนิวไคลด์รังสีในระบบนิเวศนาข้าวของประเทศไทย โดยร่วมมือกับศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการดำเนินงานวิจัยในระยะยาวเพื่อให้มีการศึกษาวิจัยครอบคลุมปัจจัยด้านประเภทของพันธุ์ข้าวและดินที่แตกต่างกันตามแต่ละพื้นที่ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประเมินการเคลื่อนย้ายของนิวไคลด์รังสีในระบบนิเวศของนาข้าว และใช้วิเคราะห์การได้รับรังสีของประชาชนจากการบริโภคข้าว อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์เพื่อวางแผนงานในการจัดการกับปัญหาการปนเปื้อนของนิวไคลด์รังสีในนาข้าวที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตทั้งในระยะสั้นระยะกลาง และระยะยาว อีกด้วย

การศึกษานี้ดำเนินการใน 2 ส่วน ได้แก่ การศึกษานิวไคลด์รังสีธรรมชาติที่มีอยู่ในดิน และการศึกษานิวไคลด์เสถียรที่ใช้เป็นตัวแทนนิวไคลด์รังสีที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งตัวอย่างในนาข้าวมีปริมาณน้อยเกินกว่าที่จะสามารถตรวจวัดได้ ซึ่งที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ยืนยันการใช้ ^{133}Cs เป็นตัวแทนในการศึกษา ^{137}Cs (Okuda *et al.*, 2012; Srinuttrakul and Yoshida, 2017) แล้ว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ดำเนินการ

ดำเนินการภายในแปลงเพาะปลูกข้าวของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ซึ่งเป็นแปลงที่ใช้ปลูกข้าวแบบหว่านพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 ในฤดูนาปี 2562

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 ตัวอย่างดิน เก็บในชั้นดินลึก 0-40 เซนติเมตร เป็นตัวแทนชั้นดินที่รากต้นข้าวที่สามารถหยั่งลึกถึงและได้รับผลกระทบจากการไถพรวนในขั้นตอนการเตรียมดิน และ 40-80 เซนติเมตร เป็นตัวแทนชั้นดินที่ไม่ได้รับผลกระทบ ในวันที่ 15 กรกฎาคม 2562 เพื่อวิเคราะห์สภาพดินและปริมาณนิวไคลด์รังสีและนิวไคลด์เสถียรก่อนการปลูกข้าว เก็บตัวอย่างดินในชั้นดินลึก 0-40 เซนติเมตร ในระยะข้าวออกรวงวันที่ 12 กันยายน 2562 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์รังสีและนิวไคลด์เสถียรหลังการปลูกข้าว และเก็บตัวอย่างดินในชั้นดินลึก 0-40 เซนติเมตร ในระยะหลังการเก็บเกี่ยวข้าว วันที่ 12 พฤศจิกายน 2562 เพื่อวิเคราะห์ปริมาณนิวไคลด์รังสีและนิวไคลด์เสถียรหลังการเก็บเกี่ยวข้าว

2.2 ตัวอย่างน้ำ เก็บในระยะก่อนข้าวออกรวง (12 กันยายน 2562) ซึ่งเป็นระยะที่ยังมีการกักน้ำในพื้นที่นาข้าว

2.3 ตัวอย่างต้นข้าว เก็บในระยะเวลาก่อนออกรวง (12 กันยายน 2562) และระยะหลังเก็บเกี่ยว (15 พฤศจิกายน 2562) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในการนำธาตุจากดินไปใช้ประโยชน์เพื่อการเติบโตของต้นข้าวก่อนและหลังการออกรวง

2.4 ตัวอย่างเมล็ดข้าวในระยะหลังเก็บเกี่ยว (15 พฤศจิกายน 2562) เพื่อวิเคราะห์การนำธาตุไปใช้ในการออกรวง

3. การเตรียมตัวอย่างขั้นต้น

3.1 ตัวอย่างดินส่วนหนึ่งนำไปเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณนิวไคลด์ที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

3.2 ตัวอย่างดินที่เหลือ รวมทั้งข้าวเปลือก ข้าวสาร แกลบ และต้นข้าว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังการอบ จากนั้นบดให้ละเอียดกว่า 1 มิลลิเมตร

3.3 ตัวอย่างน้ำเก็บรักษาสภาพโดยการใส่กรดไนตริก

4. การวิเคราะห์สมบัติของดิน โดยวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ใช้วิธี the loss on ignition โดยใช้ดินบดแห้ง 5 กรัม นำไปอบที่ 550 องศาเซลเซียส เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ ซึ่งน้ำหนักก่อนและหลังอบตามวิธีการของ Dinnis (1994) และวัดความเป็นกรดต่างของดิน โดยผสมตัวอย่างดินสดประมาณ 5 กรัม และน้ำปราศจากไอออน 12.5 มิลลิลิตร วัดด้วยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (Extech, ExStik II)

5. การวัดนิวไคลด์เสถียรของซีเซียม (^{133}Cs) และนิวไคลด์เสถียรอื่น ตามวิธีการของ Rowell (1994) วัดด้วยระบบวัด ICP-MS หรือ Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (Thermo Scientific, icapQ) โดยตัวอย่างที่นำมาวัดต้องมีการเตรียมดังนี้

5.1 ตัวอย่างน้ำในนาข้าวที่สามารถนำไปวิเคราะห์หานิวไคลด์เสถียรได้โดยตรง

5.2 ตัวอย่างข้าวและต้นข้าวประมาณ 1 กรัม บดละเอียดและย่อยโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น 20 มิลลิลิตร

5.3 ตัวอย่างดินประมาณ 2 กรัม บดละเอียดและย่อยโดยใช้ส่วนผสมของกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และไฮโดรคลอริกเข้มข้น 15 มิลลิลิตร

6. การวัดนิวไคลด์เสถียรที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ในดิน ปรับใช้จากวิธีการของ Rowell (1994) ดินสดประมาณ 2 กรัม ย่อยโดยแอมโมเนียมไนเตรต 1 โมลาร์ 10 มิลลิลิตร วัดโดยใช้ระบบวัด ICP-MS

7. การวัดนิวไคลด์รังสี ใช้ดินบดแห้งบรรจุลงในกระป๋องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร วัดปริมาณกัมมันตรังสีของนิวไคลด์รังสีในดินวิเคราะห์โดยระบบวัดแกมมาสเปกโตรเมตรี และหัววัดรังสีแกมมาแบบเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (Gamma Spectrometry with HP-Ge detector) คำนวณปริมาณกัมมันตรังสีของนิวไคลด์รังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม ได้แก่ ^{226}Ra (609.31 keV)

นิวไคลด์รังสีในอนุกรมการสลายตัวของทอเรียม ได้แก่ ^{228}Ra (911.20 keV) และ ^{228}Th (583.79 keV) และ ^{40}K (1,460.82 keV) ที่เป็นนิวไคลด์รังสีที่เกิดขึ้นเดี่ยวๆ

8. การคำนวณ transfer factor ในการเคลื่อนย้ายนิวไคลด์เสถียรและนิวไคลด์รังสีจากดินสู่ส่วนต่างๆ ของต้นข้าว โดยใช้ปริมาณนิวไคลด์เสถียรและนิวไคลด์รังสีในส่วนต่างๆ ของต้นข้าวและในดินชั้นบนที่รากของต้นข้าวหยั่งถึง

9. การประเมินการได้รับรังสีจาก ^{40}K ที่ได้จากการบริโภคข้าว ปริมาณ ^{40}K ในข้าวนำมาคำนวณเพื่อหาค่าการได้รับรังสีจากการบริโภคข้าวของคนไทย โดยใช้ข้อมูลการบริโภคข้าวของคนไทยในกลุ่มอายุต่างๆ ที่สำรวจและจัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ACFS, 2016) และค่า committed effective dose สำหรับการได้รับ ^{40}K จากการบริโภค (UNSCEAR, 2000)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของดิน

ดินในนาข้าวแปลงที่ดำเนินการเป็นดินเหนียวที่มีสมบัติเป็นกรดอ่อน ดินชั้นบนมีค่า pH เฉลี่ย 5.83 (n=15, พิสัย 1.80) ส่วนดินชั้นล่างมีความเป็นกรดสูงกว่าเล็กน้อย มีค่า pH เฉลี่ย 5.06 (n=5, พิสัย 1.69) ปริมาณอินทรีย์สารของดินชั้นบนเฉลี่ย 11.22 % (n=5, พิสัย 1.38) ใกล้เคียงกับดินชั้นล่างที่มีปริมาณอินทรีย์สารเฉลี่ย 11.19 % (n=5, พิสัย 1.94)

2. นิวไคลด์รังสีและการประเมินการได้รับรังสีจากการบริโภคข้าวปทุมธานี 1

ผลการศึกษา (Figure 1) พบว่า นิวไคลด์รังสีที่พบเป็นนิวไคลด์รังสีในธรรมชาติที่เป็นส่วนประกอบของดินทั่วไป ได้แก่ นิวไคลด์รังสีในอนุกรมของยูเรเนียม (^{226}Ra) และทอเรียม (^{228}Ra , ^{228}Th) และ ^{40}K โดยในดิน ^{40}K มีค่า 255–269 Bq kg^{-1} ซึ่งสูงกว่า ^{226}Ra , ^{228}Ra และ ^{228}Th ที่มีค่าระหว่าง 35–46, 54–64 และ 61–83 Bq kg^{-1} ตามลำดับ ในส่วนของต้นข้าวและเมล็ดข้าวมีเพียง ^{40}K ที่มีปริมาณมากกว่าค่าต่ำสุดที่ระบบวัดสามารถวัดได้ โดยวัดได้ 949–1,196 และ 107 Bq kg^{-1} ตามลำดับ ขณะที่น้ำที่ขังในนาข้าวไม่มีนิวไคลด์รังสีใดที่มีปริมาณมากกว่าค่าที่ระบบสามารถวัดได้ ค่ากัมมันตภาพรังสีจากนิวไคลด์รังสีในตัวอย่างทั้งหมดอยู่ในระบบปกติ

การประเมินการได้รับรังสีจาก ^{40}K ในการบริโภคข้าวของคนไทย มีค่าต่ำสุดที่ 0.080 mSv y^{-1} สำหรับกลุ่มของเด็กอายุ 3–5.9 ปี และสูงสุดที่ 0.672 mSv y^{-1} สำหรับกลุ่มของผู้ใหญ่อายุ 18–34.9 ปี ค่าที่ได้มีค่าต่ำเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยการได้รับรังสีจากธรรมชาติของมนุษย์ที่ 2.0 mSv y^{-1} ดังนั้นปริมาณรังสีของ ^{40}K รวมถึงนิวไคลด์รังสีอื่นที่ผู้บริโภคริโภคข้าวปทุมธานี 1 ได้รับจึงไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพแต่อย่างใด

3. นิวไคลด์เสถียรของซีเซียม (^{133}Cs) และความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนในดิน

ผลการศึกษา (Figure 2) พบว่า ปริมาณนิวไคลด์เสถียรที่เป็นคู่แข่งของ ^{133}Cs ได้แก่ ^{39}K ^{85}Rb มีสูงกว่า ^{133}Cs ทั้งในดินและส่วนประกอบของต้นข้าว โดย ^{39}K ที่มีค่าสูงกว่า ^{133}Cs 700–1,000 เท่าในดินชั้นบน 470,000–1,600,000 เท่าในต้นข้าว 490,000 ในเมล็ดข้าว 85,000 เท่าในแกลบ และ 4,900 เท่าในน้ำขัง ^{85}Rb มีค่าสูงกว่า ^{133}Cs 13–17 เท่าในดิน 390–1,500 เท่าในต้นข้าว 1,100 ในเมล็ดข้าว 13 เท่าในแกลบ และ 6 เท่าในน้ำขัง นอกจากนี้ผลการศึกษา (Figure 3) ยังพบว่าปริมาณไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินชั้นบนของ ^{39}K มีสูงกว่า ^{133}Cs 2,200–2,700 เท่า โดยความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนในดินชั้นบนของ ^{39}K และ ^{133}Cs เท่ากับ 22–33 % และ 6–13 % ตามลำดับ

ข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ก่อนการปลูกข้าว ^{39}K ในดินชั้นบนที่รากต้นข้าวหยั่งถึง มีปริมาณและความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนได้มากกว่า ^{133}Cs และ ^{85}Rb ผนวกกับความต้องการ ^{39}K ที่เป็นนิวไคลด์ธาตุอาหารหลักของพืช ดังนั้น ^{39}K จึงถูกต้นข้าวดึงขึ้นไปสะสมในต้นและเมล็ดข้าวสูงกว่า ^{133}Cs และ ^{85}Rb ตามลำดับ ในอีกแง่หนึ่ง ^{133}Cs และ ^{85}Rb มีแนวโน้มที่จะสะสมภายในดินมากกว่าในส่วนประกอบต่างๆ ของต้นข้าว

4. การเคลื่อนย้ายของซีเซียม (^{133}Cs) จากดินสู่ต้นข้าว

ผลการศึกษา (Figure 4) พบว่า สัดส่วนการเคลื่อนย้าย (Transfer factor, TF) ที่คำนวณระหว่างส่วนประกอบของต้นข้าวกับดินชั้นบนทั้งในส่วนที่เป็นความเข้มข้นทั้งหมดและเฉพาะส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ของ ^{133}Cs และ ^{39}K มีค่าต่ำและสูงที่สุดตามลำดับ โดย TF ของ ^{39}K มีค่าสูงกว่า ^{133}Cs ถึง 3–4 order of magnitude ยกเว้นในเปลือกข้าวที่มากกว่าเพียง 2 order of magnitude ข้อมูลนี้ยืนยันได้ดีถึงความไม่สำคัญของ ^{133}Cs ต่อต้นข้าว ซึ่งไม่สามารถแข่งขันกับ ^{39}K ในการถูกต้นข้าวดึงขึ้นไปใช้และสะสมในส่วนประกอบต่างๆ ของต้นข้าวได้ อย่างไรก็ตาม translocation factor จากต้นข้าวสู่เมล็ดและเปลือกข้าวบ่งบอกว่าการเคลื่อนย้ายระหว่างต้นข้าวสู่เมล็ดและเปลือกข้าว ^{133}Cs ทำได้ดีกว่า

TF ของ ^{133}Cs ^{39}K และ ^{85}Rb ในระยะก่อนการออกรวงและระยะเก็บเกี่ยวไม่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่าการออกรวงข้าวไม่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายของนิวไคลด์เสถียรทั้งสาม TF ของ ^{39}K มีค่าสูงกว่า ^{40}K ประมาณ 1 order of magnitude อาจะบ่งบอกได้ว่านิวไคลด์เสถียรของโพแทสเซียมมีความดึงดูดต่อระบบรากของต้นข้าวมากกว่านิวไคลด์รังสี

TF ของ ^{133}Cs ที่คำนวณในเมล็ดข้าวในการศึกษานี้มีค่าอยู่ในขอบเขตค่า TF ของ ^{137}Cs ที่มีการรวบรวมไว้โดยทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ แสดงให้เห็นว่า TF ที่ได้จากการศึกษานี้สามารถใช้เป็นตัวแทน ^{137}Cs ในการศึกษาพฤติกรรมของ ^{137}Cs ที่สะสมในระบบนิเวศนาข้าวเป็นในระยะยาวได้ (IAEA, 2010)

สรุปผลการทดลอง

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ^{133}Cs สามารถใช้เป็นตัวแทน ^{137}Cs ในระยะยาวภายหลังการสะสมของ ^{137}Cs จากกิจกรรมของมนุษย์ในระบบนิเวศนาข้าวของพื้นที่ข้าวปทุมธานี 1 ในพื้นที่แปลงวิจัยของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีได้ ทั้งนี้สามารถคาดการณ์ได้ว่า ^{39}K จะเป็นตัวแปรสำคัญในการแข่งขันกับ ^{137}Cs ทำให้ ^{137}Cs เคลื่อนย้ายเข้าสู่ส่วนต่างๆ ของต้นข้าว รวมถึงเมล็ดข้าวที่คนใช้บริโภคได้น้อยลง อย่างไรก็ตาม ในระยะสั้นหลังการสะสมของ ^{137}Cs ที่ ^{137}Cs จะอยู่สะสมในดินในรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยน อีออนได้ดีมีแนวโน้มที่จะถูกต้นข้าวดึงไปสะสมในส่วนต่างๆ ได้สูงยังไม่ได้มีการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม และเพื่อให้การกำกับดูแลความปลอดภัยจากพลังงานนิวเคลียร์และรังสีที่เกี่ยวข้องกับระบบนิเวศนาข้าวสามารถทำได้อย่างครอบคลุมและรอบด้าน การศึกษานี้จำเป็นต้องมีการปรับใช้ในพื้นที่และพันธุ์ข้าวที่หลากหลาย ซึ่งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติในฐานะหน่วยงานที่รับผิดชอบมีแผนที่จะดำเนินการต่อไป

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีที่ให้พื้นที่ในการดำเนินการศึกษาโครงการนี้ และ คุณสำเริง สกุลสม ที่ช่วยประสานงานให้การศึกษานี้ประสบความสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- Absalom, J. P., S. D. Young, N. M. J. Crout, , A. Sanchez, S. M. Wright, E. Smolders, A. F. Nisbet and A. G. Gillett. 2001. Predicting the transfer of radiocaesium from organic soils to plants using soil characteristics. *J. Environ. Radioact.* 52: 31-43.
- ACFS. 2016. Food consumption data of Thailand. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Bangkok.
- Dinnis, E.R. 1994. *Soil science: Methods & applications*. Longman Scientific & Technical, Longman Group UK Ltd, Harlow, Essex, UK. 350 pp.
- IAEA. 1996. *Methods for Estimating the Probability of Cancer from Occupational Radiation Exposure*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 2006. *Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and their Remediation: Twenty Years of Experience*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 2010. *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments*. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA. 2013. *The International Nuclear and Radioecology Event Scale: Incident and Emergency Center*. International Atomic Energy Agency, Vienna.

- Koo, Y.H., Y.S. Yang and K.W. Song. 2014. Radioactivity release from the Fukushima accident and its consequences: A review. *Progress in Nuclear Energy*. 74: 61-70.
<https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.02.013>, November 10, 2020.
- Okuda, M., M. Joyo, M. Tokuoka, T. Hashiguchi, Y.N. Goto, H., Yamaoka, H., Shimoi. 2012. The transfer of stable Cs-133 from rice to Japanese sake. *J. Biosci Bioeng*.
<https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2012.07.003>, November 15, 2020.
- Smith, J.T. and N.A., Beresford. 2005. *Chernobyl—catastrophe and consequences*. Springer, New York, pp 81–137
- Srinuttrakul, W. and S., Yoshida. 2017. Determination of stable cesium and strontium in rice samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. *J. Phys. Conf. Ser*.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/860/1/012013>, October 30, 2020.
- UNSCEAR. 2000. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2000 Report, Volume I: Report to the General Assembly, with Scientific Annexes - Sources*, UN, New York,
<https://doi.org/10.18356/49c437f9-en>, June 10, 2020.
- World Nuclear Organization. 2020. *Naturally-Occurring Radioactive Materials (NORM)*.
<https://www.world-nuclear.org>, January 16, 2021.

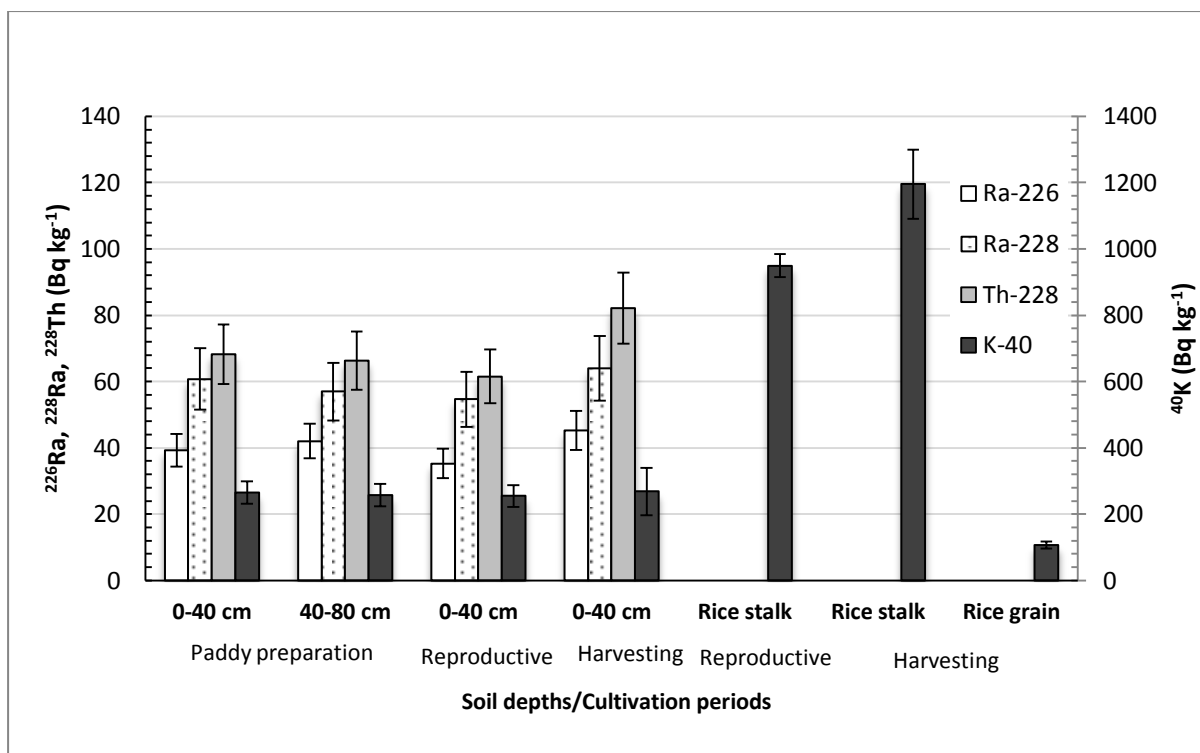


Figure 1 Average radioactivity concentrations of ²²⁶Ra, ²²⁸Ra, ²²⁸Th and ⁴⁰K in Pathum Thani 1 rice samples (n=5) from three cultivation periods at different stages measured by using Gamma Spectroscopy with HP-Ge detector; The uncertainty is combined uncertainty of measurement

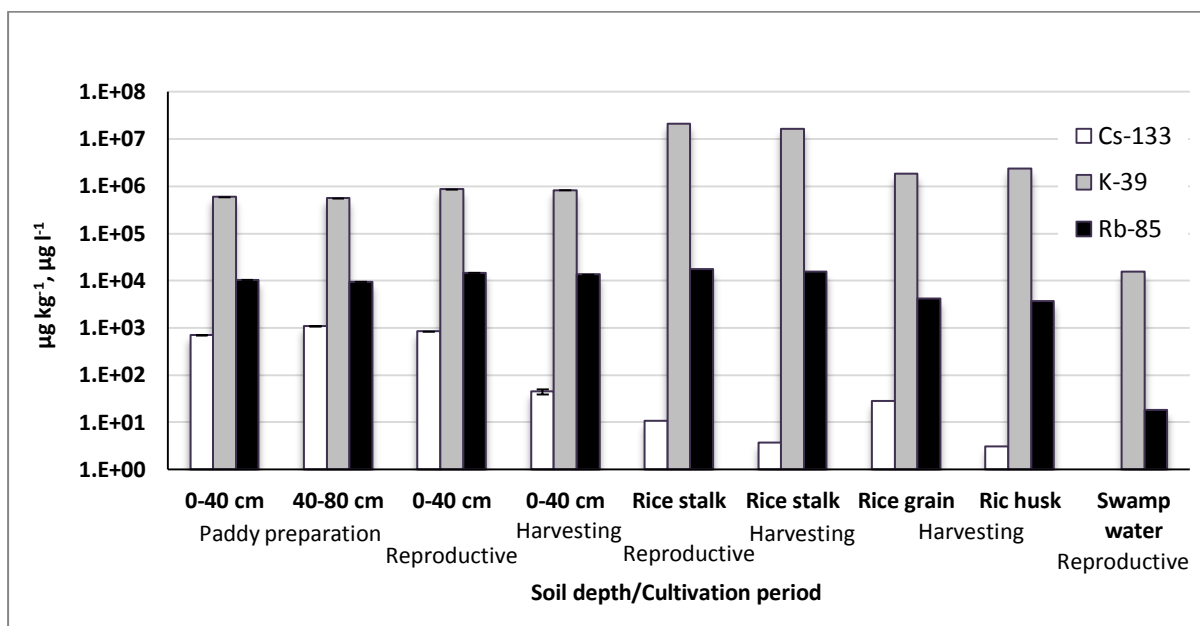


Figure 2 Average concentrations of stable Cs, K, and Rb calculated from a dry weight basis ⁴⁰K in Pathum Thani 1 rice samples (n=5) from three cultivation periods at different stages measured using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS, n=5, 3 replications); The uncertainty is standard deviation

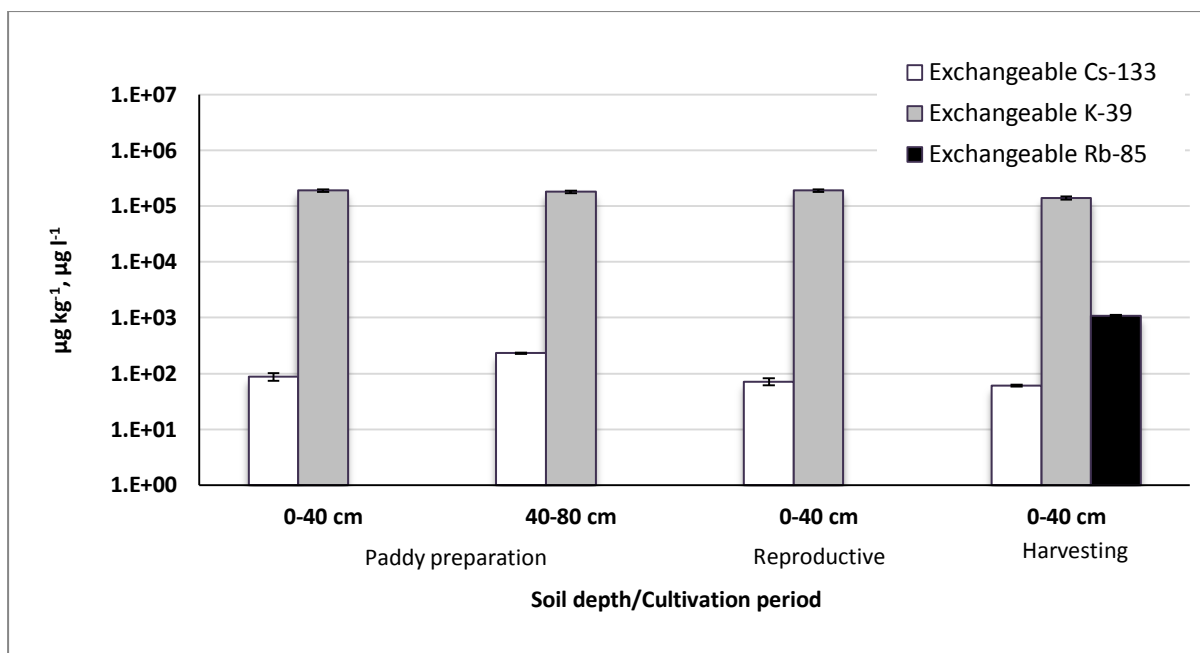


Figure 3 Average exchangeable concentrations of stable Cs, K, and Rb calculated from dry weight basis in soil samples from three cultivation periods at different stages using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS, n=5, 3 replications). The uncertainty is standard deviation

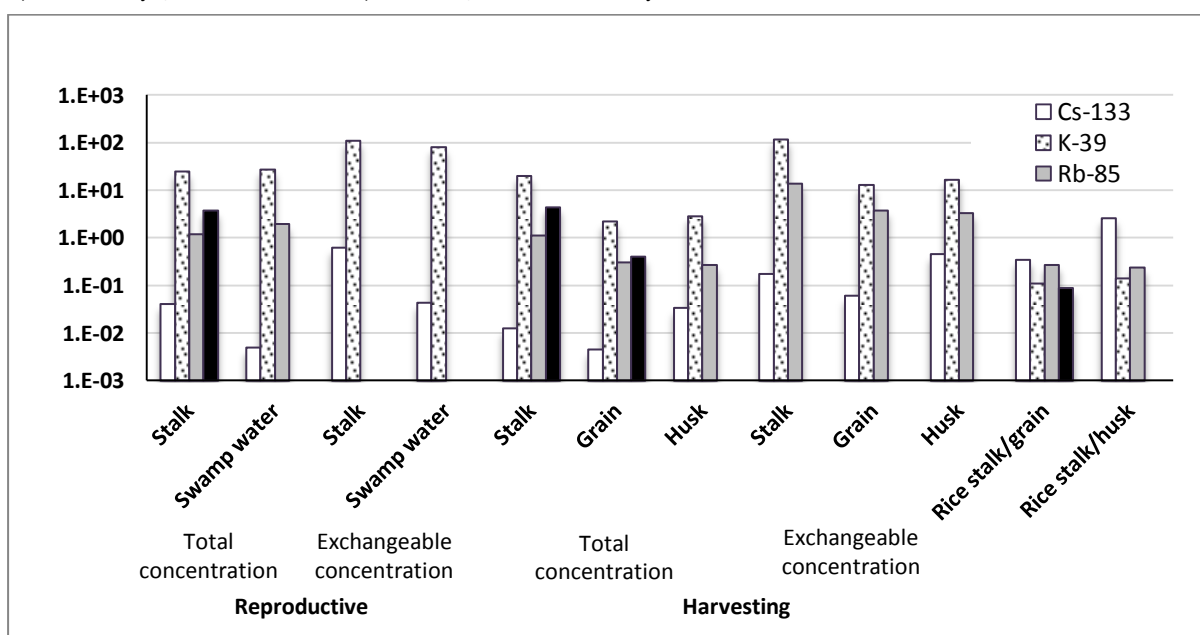


Figure 4 Transfer factors (CRs) of ^{133}Cs , ^{39}K , ^{85}Rb , and ^{40}K in rice stalks (n=5), rice grains (n=5) and concentration ratios of rice grain and husk to stalk of ^{133}Cs , ^{39}K , and ^{85}Rb in Pathum Thani 1 rice samples calculated from dry weight basis using total and available concentrations at the upper 40 cm of the soil