วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม): 100-107, 2567
Songklanakarin Journal of Plant Science, Vol. 11, No. 2 (July-December): 100-107, 2024
Research article-ISSN: 2351-0846

การประเมินคุณภาพดินและน้ำในนาข้าวสังข์หยดอินทรีย์

Assessment of Soil and Water Quality on Sangyod Organic Rice Fields

อุไรวรรณ ทองแกมแก้ว[1*] ยุทธนา เอียดน้อย[1] และ เบ็ญจวรรณ บัวขวัญ[2]
Uraiwan Tongkaemkaew[1*], Yudthana Eidnoi[1] and Benjawan Baukwan[2]

[1] คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93210
[1] Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, 93210
[2] สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตสงขลา จังหวัดสงขลา 90100
[2] Institute for Southern Thai Studies, Thaksin University, Songkhla Campus, 90100

** Corresponding author: uraiwan@tsu.ac.th*

Received 06 June 2023; Revised 09 December 2024; Accepted 27 December 2024

บทคัดย่อ

ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และหากยืนยันได้ว่าไม่มีสารตกค้างในผลผลิต คุณค่าของข้าวจะยิ่งเพิ่มขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวสังข์หยดแบบอินทรีย์ที่ดำเนินการต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ปี ในจังหวัดพัทลุง โดยดำเนินการระหว่างเดือนมีนาคม 2563 ถึงเมษายน 2564 เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกเพื่อวิเคราะห์คุณภาพดินและโลหะหนัก เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวเพื่อตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง และเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงข้าวแตกกอเพื่อตรวจหาสารโลหะหนัก จำนวน 12 แปลง ผลการศึกษา พบว่า เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง มีสภาพเป็นกรดปานกลาง และมีความเค็มปานกลาง ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ โลหะหนักในดินและน้ำมีปริมาณไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่พบสารตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืชและสารเคมีกำจัดวัชพืชในกลุ่มคาร์บาเมต ออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสเฟต และไพรีทรอยด์ ดังนั้น การปลูกข้าวสังข์หยดแบบอินทรีย์ต่อเนื่อง 3 ปี จึงช่วยให้ข้าวมีความปลอดภัยสูงและเหมาะสมต่อการบริโภค
คำสำคัญ: ธาตุโลหะหนัก สารเคมีกำจัดศัตรูพืช สารเคมีกำจัดวัชพืช ข้าวอินทรีย์

Abstract

Sangyod rice is a highly nutritious rice variety, and its value can be further enhanced if it is confirmed to be free of chemical residues. This study aimed to evaluate the soil and water quality in organic Sangyod rice fields that had been cultivated organically for three consecutive years in Phatthalung Province. The study was conducted between March 2020 and April 2021. Soil samples were collected before planting to analyze soil quality and heavy metal content, while post-harvest soil samples were examined for pesticide residues. Water samples were also collected during the tillering stage to analyze heavy metal content, covering a total of 12 plots. The results indicated that most soil was silty loam, moderately acidic, and moderately saline. The levels of key nutrients, including nitrogen, phosphorus, and potassium, were relatively low. Heavy metal concentrations in both soil and water were below critical limits. Additionally, no pesticide and herbicide residues from carbamates, organochlorines, organophosphates, or pyrethroids were detected in the soil. In conclusion, continuous organic cultivation of Sangyod rice for three years ensures its safety for consumption, highlighting its suitability as a healthy and sustainable food product.
Keywords: Heavy metals, Pesticide, Herbicide, Organic rice

Published by Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. All rights reserved.
For Permissions, please e-mail: sjps.psu@gmail.com

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยต่อสุขภาพเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุทั่วโลก ซึ่งมีความต้องการอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้กระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นอาหารหลักของหลายประเทศที่มีกำลังซื้อ ถูกปรับเปลี่ยนจากการผลิตแบบดั้งเดิมสู่การผลิตที่ปลอดภัยและเป็นอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น การผลิตข้าวตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) และมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) เช่น IFOAM, USDA Organic หรือ EU Organic Regulation ได้ระบุถึงคุณสมบัติที่สำคัญของดินและน้ำในการเพาะปลูกข้าว ดังนี้ ด้านคุณสมบัติของดิน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ควรอยู่ระหว่าง 5.5-6.5 เพื่อให้ธาตุอาหารในดินมีความเหมาะสม ปริมาณอินทรียวัตถุขั้นต่ำควรอยู่ที่ 3-5 เปอร์เซ็นต์ ดินต้องปราศจากสารปนเปื้อน เช่น สารหนู แคดเมียม และตะกั่ว มีการตรวจสอบสภาพดินอย่างสม่ำเสมอ และรักษาสมดุลธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยการใช้พืชตระกูลถั่วหมุนเวียน การใช้หินฟอสเฟต และการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยหมักอินทรีย์ ด้านคุณสมบัติของน้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ควรอยู่ระหว่าง 6.0-7.5 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) อยู่ในช่วง 0.2-1.5 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) ต้องมีค่าสูงกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อส่งเสริมระบบรากที่แข็งแรงและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (Kristianes *et al*., 2006) การทำเกษตรอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ อีกทั้งยังช่วยสร้างรายได้ที่สูงขึ้นให้กับเกษตรกร เนื่องจากราคาผลผลิตอินทรีย์มีความแตกต่างจากผลผลิตที่ไม่มีมาตรฐานรองรับ ตัวอย่างเช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา ความต้องการข้าวอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตภายในประเทศไม่เพียงพอต่อการบริโภค ส่งผลให้การส่งออกข้าวอินทรีย์ลดลง ประเทศสหรัฐอเมริกาจึงมองหาแหล่งผลิตข้าวอินทรีย์ที่สำคัญ เช่น ไทยและเวียดนาม เพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศ (Ferreira and Skorbiansky, 2018) อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวอินทรีย์อาจประสบปัญหาในบางพื้นที่ เช่น ในประเทศจีน Zhao และคณะ (2010) ระบุว่าการผลิตข้าวอินทรีย์ใช้ระยะเวลานานกว่าจะได้รับการรับรองมาตรฐาน อีกทั้งยังมีความเสี่ยงจากการปนเปื้อนสารเคมีจากกิจกรรมการเกษตรอื่น โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมของมนุษย์ แม้ว่าเกษตรกรจะปฏิบัติตามวิธีการผลิตแบบอินทรีย์ก็ตาม ในประเทศไทย พบว่าการผลิตข้าวอินทรีย์ยังประสบปัญหาการปนเปื้อนเช่นเดียวกัน จากการศึกษาของ Cheun-im และคณะ (2009) พบว่าในแปลงข้าวอินทรีย์จังหวัดปทุมธานี มีการสะสมของแคดเมียม ตะกั่ว และนิกเกิล ในส่วนของต้นและเมล็ดข้าว แม้จะอยู่ในระดับต่ำกว่าค่าวิกฤต ขณะที่ Chinoim และ Sinbuathong (2010) พบสารโลหะหนักในดิน เช่น แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี แต่มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าวิกฤตเช่นกัน จังหวัดพัทลุงเป็นพื้นที่สำคัญในภาคใต้ของประเทศไทยที่มีการปลูกข้าว โดยเฉพาะข้าวสังข์หยด ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication: GI) ชื่อ "ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง" นอกจากนี้ ข้าวสังข์หยดยังได้รับการส่งเสริมให้ผลิตในรูปแบบเกษตรอินทรีย์ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานที่ชัดเจนเกี่ยวกับคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่เพาะปลูกข้าวสังข์หยดที่ผลิตแบบอินทรีย์ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคหรือไม่ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งประเมินคุณภาพดินและน้ำในแปลงปลูกข้าวสังข์หยดที่ดำเนินการตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในด้านความปลอดภัยและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวอินทรีย์จากจังหวัดพัทลุง

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จังหวัดพัทลุง โดยเลือกพื้นที่แปลงนาข้าวสังข์หยดอินทรีย์ที่ปลูกติดต่อกันเป็นเวลา 3 ปี ในปีการผลิต 2561/2562 จำนวน 12 แปลง (Table 1) คิดเป็นพื้นที่รวม 86.25 ไร่ เกษตรกรส่วนใหญ่มีการจัดการปุ๋ยคือ ระยะเตรียมดิน ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 300-500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีส่วนผสมของมูลวัว แกลบดำ รำข้าว และกากน้ำตาล ระยะข้าวแตกกอ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 70-100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 30-50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ระยะข้าวตั้งท้อง ฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร นอกจากนี้ เกษตรกรบางรายยังมีการปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อบำรุงดินหลังการเก็บเกี่ยว

Table 1 Coordinates of the Sangyod rice fields studied

Farm code	X,Y	Farm code	X,Y	Farm code	X,Y
P101	7.761435429 100.0252391	P108	7.768769975 100.0376279	P301	7.6941667 99.95965773
P102	7.76292424 100.038023	P111	7.76322184 100.0321212	P302	7.68771662 99.97685724
P106	7.7568075 100.0237185	P202	7.74490082 100.1122493	P304	7.68761648 99.96481848
P107	7.75938852 100.0419252	P205	7.734825543 100.0973596	P305	7.65501668 99.97592366

การศึกษาได้ดำเนินการระหว่าง เดือนกุมภาพันธ์ 2563 ถึงเดือนมีนาคม 2564 โดยมีการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อน เช่น ขอบเขตแปลง พื้นที่ลุ่มรับน้ำ และพื้นที่ติดกับแปลงข้างเคียง โดยเก็บตัวอย่างจาก 10 จุด ในช่วงเตรียมดินก่อนเพาะปลูก (เดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2563) เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ ลักษณะกายภาพของดิน: เนื้อดิน, ความเป็นกรด-ด่าง (pH 1:1), ค่าการนำไฟฟ้า (EC 1:1), และปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ปริมาณธาตุอาหารหลัก: ไนโตรเจนทั้งหมด (N), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P), และโพแทสเซียมทั้งหมด (K) ปริมาณโลหะหนัก: ปรอท (Hg), โครเมียม (Cr), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), แคดเมียม (Cd), สารหนู (As), และนิกเกิล (Ni) การเก็บตัวอย่างน้ำดำเนินการในช่วงข้าวแตกกอ (เดือนกันยายน-ตุลาคม 2563) เพื่อนำไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ทั้งตัวอย่างดินและน้ำถูกส่งตรวจวิเคราะห์ที่ ศูนย์ปฏิบัติการตรวจวัดสารพิษตกค้างในดินและผลผลิตพืช คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด: ใช้วิธี Kjeldahl method (Bremner, 1960) การวิเคราะห์ธาตุอาหารและโลหะหนักอื่น ๆ: ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma (ICP) method (Soltanpour *et al*., 1996) หลังการเก็บเกี่ยว ได้มีการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนอีกครั้งในช่วง เดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2564 เพื่อนำไปตรวจหาสารเคมีตกค้างในกลุ่ม Carbamate, Organochlorine, Organophosphate และ Pyrethroid โดยส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ด้วยวิธี In-house method TE-CH-328 ตามมาตรฐาน QuEChERS method (EN 15662:2018) โดยใช้เครื่อง LC-MS ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง

ผลการทดลอง

1. สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

จากการประเมินสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในแปลงปลูกข้าวอินทรีย์ พบว่าเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้งจำนวน 6 แปลง รองลงมาคือดินเหนียวปนทราย 3 แปลง และอีก 3 แปลงเป็นดินร่วนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินทรายแป้ง ตามลำดับ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 4.05-5.69 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.18 ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในช่วง 2.11-6.00 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร โดยมีค่าเฉลี่ย 3.71 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุ ในดินอยู่ระหว่าง 0.64-3.41 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางตามค่ามาตรฐาน (Sae-Lim, 2016) (Table 2)

Table 2 The soil physical and chemical characteristics in Sangyod paddy fields receive organic agriculture standards

Farm code	Soil texture	pH	EC (mS/cm)	% OM	Standard %OM[1/]
P101	Sandy clay	4.98	5.03	0.98	Low
P102	Sandy clay	5.84	3.51	0.64	Low
P106	Sandy clay	4.95	3.75	1.09	Medium low
P107	Silt	5.94	2.22	0.84	Low
P108	Sandy loam	5.31	2.11	2.35	Medium
P111	Sandy clay loam	5.18	4.11	0.98	Low
P202	Silt loam	4.05	2.34	1.38	Medium low
P205	Silt loam	4.82	4.06	3.41	Medium high
P301	Silt loam	5.03	4.77	1.3	Moderate
P302	Silt loam	5.69	3.74	1.11	Medium low
P304	Silt loam	5.76	2.83	1.20	Medium low
P305	Silt loam	4.58	6.00	1.12	Medium low
Mean		5.18	3.71	1.37	Medium low
SD		0.56	1.20	0.77	

[1/] Sae-Lim (2016)

2. ปริมาณธาตุอาหารในดิน

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดินแปลงปลูกข้าวอินทรีย์ พบว่า ไนโตรเจน มีปริมาณอยู่ในช่วง 361.37-1,481.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 831.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (NSTDA, 2016) ฟอสฟอรัส อยู่ในช่วง 60.04-171.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 121.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูง และโพแทสเซียม มีปริมาณอยู่

ในช่วง 975.04-4,146.44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,267.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงเช่นกัน (Bureau of Science for Land Development, 2004) (Table 3)

Table 3 Nitrogen, phosphorus and potassium analysis in the soil of Sangyod rice organic fields

Farm code	Total N (mg/kg)	Total P (mg/kg)	Total K (mg/kg)
P101	549.12	60.04	1,166.20
P102	361.37	171.65	2,381.18
P106	553.65	112.68	1,574.85
P107	598.19	98.74	2,384.34
P108	1,128.04	107.86	1,314.09
P111	641.89	112.97	1,536.80
P202	945.12	75.20	975.04
P205	1,481.22	166.45	2,326.66
P301	932.13	170.10	4,146.44
P302	922.82	162.60	3,971.94
P304	966.69	143.15	4,047.88
P305	883.48	74.40	1,388.16
Mean	830.31 (0.083%)	121.32	2267.80
SD	306.11	40.51	1176.07
Rice	< 0.125% (Low)[1/]	> 45 (high)[2/]	> 120 (high)[2/]

[1/]NSTDA (2016), [2/]Bureau of Science for Land Development (2004)

3. ธาตุโลหะหนักในดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุโลหะหนักในดินแปลงปลูกข้าวอินทรีย์ พบค่า สังกะสี เฉลี่ย 16.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดง เฉลี่ย 6.55 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่ว เฉลี่ย 15.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สารหนู เฉลี่ย 4.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปรอท เฉลี่ย 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โครเมียม เฉลี่ย 16.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และนิกเกิล เฉลี่ย 3.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินทางการเกษตร พบว่า ค่าธาตุโลหะหนักดังกล่าวไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด (Announcement of the National Environment Board Re: Determination of Soil Quality Standards B.E., 2021) โดยในกรณีของแคดเมียมไม่พบการปนเปื้อนในดินแต่อย่างใด (Table 4)

4. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชในดิน

ผลจากการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชตกค้างในดิน จำนวน 4 กลุ่มหลัก ได้แก่ Carbamate group, Organochlorine group, Organophosphate group, Pyrethroid group รวมทั้งหมด 39 รายการ พบว่าไม่มีการตกค้างของสารเคมีดังกล่าวในดินแปลงปลูกข้าวอินทรีย์แต่อย่างใด (Table 5)

5. ธาตุโลหะหนักในน้ำ

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณธาตุโลหะหนักในน้ำที่ใช้ในแปลงปลูกข้าวอินทรีย์ พบค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำมีค่าเฉลี่ย 7.04 ซึ่งจัดอยู่ในระดับความเป็นกลาง ธาตุโลหะหนักที่ตรวจพบ ได้แก่ อะลูมิเนียม มีปริมาณ 0.553 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โครเมียม มีปริมาณ 0.692 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับธาตุโลหะหนักชนิดอื่น เช่น ตะกั่ว สารหนู ปรอท แคดเมียม และนิกเกิล ไม่พบการปนเปื้อนในน้ำ (National Environmental Quality Promotion and Conservation Act, B.E. 1992) (Table 6)

วิจารณ์

1. ลักษณะทางฟิสิกส์และเคมีของดินนาอินทรีย์

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินที่ใช้ปลูกข้าวอินทรีย์ พบว่า ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ซึ่งดิน

ประเภทนี้มักมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีความสามารถในการเก็บธาตุอาหารน้อย เนื่องจากมีการชะละลาย (leaching) ของธาตุอาหารได้ง่าย (Gilley, 2005) โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีความเป็นกรดจัดที่ 5.18 ซึ่งส่งผลกระทบต่อการสะสมของโลหะหนักในข้าวและคุณสมบัติทางสรีรวิทยาของต้นข้าว ในสภาวะที่ดินมีความเป็นกรดสูง จะเกิดการสะสมของเหล็กและสังกะสีในดิน ซึ่งอาจส่งผลต่อการสะสมของธาตุเหล่านี้ในเมล็ดข้าวด้วย (Zeng *et al*., 2011) การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินโดยการเพิ่มปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยหมักสามารถช่วยให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น (เฉลี่ย 6.25) ซึ่งจะช่วยให้ต้นข้าวมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงและใช้น้ำได้ดีขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Halim *et al*., 2018) ค่าความเค็มของดิน พบว่ามีค่าอยู่ที่ 3.71 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ถือว่าอยู่ในระดับปานกลางและอาจมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้ โดยเฉพาะในดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงและค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ ซึ่งจะส่งผลให้การดูดซึมธาตุไนโตรเจนดีขึ้น แต่ก็อาจทำให้เกิดดินเค็ม-โซดิกได้ (Huang *et al*., 2017) นอกจากนี้ การวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนในดินพบว่ามีปริมาณต่ำ ซึ่งอาจเป็นผลจากการที่ดินมีอินทรียวัตถุต่ำ โดยบางแปลงที่มีอินทรียวัตถุสูงอาจเกิดจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมาก การขาดไนโตรเจนในดินสามารถส่งผลต่อการพัฒนาช่อดอกและการออกผลผลิตของข้าว (Hasegawa and Horie, 1997) อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างต่อเนื่องในระยะเวลา 3 ปี หรือการปลูกพืชตระกูลถั่วในช่วงฤดูปลูกถัดไปสามารถช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดิน แม้ว่าปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ (830.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะค่อนข้างต่ำ แต่ก็ใกล้เคียงกับผลการวิจัยของ Tripathi และคณะ (2014) ที่พบว่าในดินที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 41 ปี ปริมาณไนโตรเจนที่ความลึก 1-15 เซนติเมตรมีค่าอยู่ที่ 960 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินพบว่ามีสูงกว่าไนโตรเจน ถึงแม้ปริมาณเหล่านี้จะไม่มากนัก แต่ก็มีผลต่อการปฏิสนธิของข้าว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการออกดอกและการผลิตข้าว (Ye *et al*., 2019) ดังนั้น การใช้ธาตุอาหารหลักอย่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในสัดส่วนที่เหมาะสมในระยะการพัฒนาของข้าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตข้าวได้อย่างมีประสิทธิผล

Table 4 Heavy metal analysis in the soil of Sangyod rice organic fields

Farm code	Total Zn (mg/kg)	Total Cu (mg/kg)	Total Pb (mg/kg)	Total As (mg/kg)	Total Hg (mg/kg)	Total Cr (mg/kg)	Total Ni (mg/kg)
P101	10.66	3.77	13.32	2.52	ND	9.25	1.14
P102	10.66	3.77	13.32	2.52	ND	9.25	1.14
P106	11.69	4.40	14.29	4.76	ND	7.62	0.60
P107	22.90	7.12	29.52	5.01	0.11	19.23	4.71
P108	15.68	5.80	10.98	4.12	0.28	10.83	1.26
P111	8.18	3.40	12.87	2.37	ND	7.07	0.40
P202	7.60	5.46	20.46	2.25	ND	18.34	5.80
P205	17.07	7.78	18.39	2.60	ND	24.57	4.67
P301	25.97	11.41	13.77	7.74	ND	28.50	7.71
P302	29.27	11.38	13.63	7.59	ND	26.84	7.89
P304	23.73	9.61	13.36	6.43	ND	25.05	7.03
P305	11.75	4.64	6.73	2.53	ND	12.23	1.82
Mean	16.26	6.55	15.05	4.20	0.20	16.57	3.68
SD	7.44	2.92	5.67	2.09	0.12	8.11	2.93
1/Soil quality for agriculture (mg/kg)	-	<35,040	<800	<25	<263	<212	<5,205

1/Announcement of the National Environment Board Re: Determination of Soil Quality Standards B.E. (2021), ND=Not Detected

Table 5 Carbamate group, organochlorine group, organophosphate group and pyrethroid group analysis in soil of Sangyod rice organic fields

Item	Result	Item	Result	Item	Result
Carbamate group		**Organochlorine group**		**Pyrethroid group**	
Carbaryl	ND	Heptachlor & Heptachlor-epoxide	ND	Deltamethrin	ND
Isoprocarb	ND			Bifenthrin	ND
Fenobucarb	ND	Aldrin (HHDN) & Dieldrin (HEOD)	ND	Permethrin	ND
Promecarb	ND			lambda-Cyhalothrin	ND
BHC (HCH	ND	Dicofol	ND	Cypermethrin	ND
Carbofuran	ND	DDT	ND	Cyfluthrin	ND
Methiocarb	ND	Chlordane	ND	Fenvalerate	ND
Methomyl	ND	Endosulfan	ND		
Aldicarb	ND	Endrin	ND		
Oxamyl	ND				
Metolcarb	ND				
Organophosphate group					
Dichlorvos (DDVP)	ND	Pirimiphos-methyl	ND	Methidathion	ND
Methamidophos	ND	Chlorpyrifos	ND	Profenofos	ND
Mevinphos	ND	Parathion-methyl	ND	Ethion	ND
Omethoate	ND	Pirimiphos	ND	Triazophos	ND
Diazinon	ND	Malathion	ND	EPN	ND
Dicrotophos	ND	Fenitrothion	ND	Phosalone	ND
Monocrotophos	ND	Parathion	ND	Azinphos-ethyl	ND
Dimethoate	ND	Prothiofos	ND		

Note: *mg/kg (as dry basis), LOD=0.01, ND: Not Detected

2. สารปนเปื้อนในนาข้าวอินทรีย์

จากการวิเคราะห์สารเคมีในดินนาอินทรีย์ในกลุ่ม Carbamate, Organochlorine, Organophosphate และ Pyrethroid ซึ่งเป็นสารกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชที่อาจมีผลกระทบต่อระบบประสาท ฮอร์โมน และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของสารเหล่านี้ในดินนาอินทรีย์ แต่พบว่ามีธาตุโลหะหนักบางชนิดตกค้างในดินและน้ำ โดยปริมาณของโลหะหนักแตกต่างกันไปในแต่ละแปลง ซึ่งอาจเกิดจากตำแหน่งที่ตั้งของแปลงนาอยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากการเกษตรหรือกิจกรรมมนุษย์ในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งสารโลหะหนักเหล่านี้อาจมาจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น การใช้สารเคมีในพื้นที่การเกษตรที่สูง และการพัดพาของน้ำจากพื้นที่อื่นลงสู่แปลงนา การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินนาอินทรีย์สามารถเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น การใช้สารเคมีในการเกษตรในพื้นที่ใกล้เคียงหรือพื้นที่สูง ซึ่งการใช้สารเคมีอาจส่งผลให้โลหะหนักสะสมในดินได้ Zhao และคณะ (2010) รายงานว่าในพื้นที่นาข้าวอินทรีย์ในประเทศจีน พบการปนเปื้อนของโลหะหนักมากจากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้สารเคมีในการเกษตร ส่วน Gustave และคณะ (2019) พบว่าการสะสมของธาตุเหล็กและสารหนูในดินนาเกิดจากการละลายของสารอินทรียวัตถุในดินที่จำกัด ซึ่งเป็นผลจากปัจจัยทางกายภาพและเคมีของดิน นอกจากนี้ Yuan และคณะ (2021) พบว่าในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ การสะสมของแคดเมียมในผลผลิตข้าวจะสูงขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินช่วยลดการดูดซึมแคดเมียมเข้าสู่ต้นข้าว ขณะที่ Zhao และคณะ (2010) รายงานว่าโลหะหนักที่พบในดินนาที่ปลูกข้าว ได้แก่ แคดเมียม, นิกเกิล, ทองแดง และสังกะสี ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรด-ด่างและอินทรียวัตถุในดิน เมื่อดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างและอินทรียวัตถุต่ำ โลหะหนักเหล่านี้จะสะสมในดินในปริมาณสูง ซึ่งทำให้ต้นข้าวดูดซึมธาตุโลหะหนักเข้าสู่ลำต้นได้ ในการศึกษานี้ พบว่าโครเมียมในน้ำมีปริมาณสูง ซึ่งอาจเกิดจากการใช้ธาตุอาหารที่มีโครเมียมรวมอยู่ในรูปเกลือละลายน้ำที่ใช้มากเกินไปจนเกิดการสะสมในดิน และหากมีการใช้ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสีย จะทำให้การสะสมของโครเมียมในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลต่อการดูดซึมโครเมียมในต้นข้าวและผลผลิตข้าว ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ปุ๋ยหมักจากกากตะกอนน้ำเสียในนาข้าว เนื่องจากโลหะหนักในปุ๋ยประเภทนี้มีพันธะอินทรีย์น้อยและพร้อมที่จะถูกดูดซึมจากพืช (Bhattacharyya *et al*., 2005)

Table 6 Heavy metal contents analysis in irrigation on rice organic fields

Farm code	pH	Total As (mg/kg)	Total Al (mg/kg)	Total Cr (mg/kg)	Total Ni (mg/kg)
P101	8.46	0.003	0.672	ND	0.001
P102	6.57	0.01	ND	0.690	0.003
P106	8.86	0.003	ND	0.667	ND
P107	6.67	0.004	ND	0.720	0.001
P108	6.53	0.005	0.790	ND	ND
P111	8.83	ND	0.521	ND	ND
P202	5.66	0.001	0.573	ND	ND
P205	6.66	ND	0.476	ND	ND
P301	6.63	ND	0.503	ND	ND
P302	6.77	ND	0.435	ND	ND
P304	6.6	0.004	0.547	ND	0.002
P305	6.29	ND	0.466	ND	ND
Mean	7.04	0.00	0.553	0.692	0.00
SD	1.05	0.00	0.11	0.03	0.00
[1/]Agricultural surface water quality (mg/L)	5.0 - 9.0	<0.01	-	-	<0.1

[1/]National Environmental Quality Promotion and Conservation Act, B.E. (1992), ND=Not Detected

สรุป

การประเมินคุณภาพดินและน้ำในแปลงนาปลูกข้าวที่ดำเนินการปลูกแบบอินทรีย์ติดต่อกันอย่างน้อย 3 ปี พบว่า ดินมีความเป็นกรดจัดและความเค็มปานกลาง อินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ขณะที่ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินมีค่าต่ำ แต่มีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในระดับสูง ส่วนการตรวจสอบธาตุโลหะหนักในดินและน้ำ พบว่าไม่มีค่าตกค้างเกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินและน้ำสำหรับการเกษตร นอกจากนี้ยังไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและวัชพืชตกค้างในดินแต่อย่างใด จากผลการวิจัยนี้ ผู้บริโภคสามารถมั่นใจได้ว่าข้าวที่ปลูกด้วยวิธีอินทรีย์ติดต่อกันอย่างน้อย 3 ปี มีความปลอดภัยจากสารเคมีและภัยต่างๆ อย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง "การยกระดับคุณภาพและเพิ่มมูลค่าข้าวสังข์หยดด้วยนวัตกรรม" ปีงบประมาณ 2563 ขอบคุณเกษตรกรเจ้าของแปลงนาที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการผลิตข้าวอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

Announcement of the National Environment Board Re: Determination of Soil Quality Standards B.E. 2021. Government Gazette Volume 138 Part 54 d. March 11, 2021. (in Thai)

Bhattacharyya, P., A. Chakraborty, K. Chakrabarti, S. Tripathy and M.A. Powell. 2005. Chromium uptake by rice and accumulation in soil amended with municipal solid waste compost. Chemosphere 60(10): 1481-1486.

Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. The Journal of Agricultural Science 55(1): 11-33.

Bureau of Science for Land Development. 2004. Soil Sample Analysis Guide, Water, Fertilizer, Plant, Soil Amendment and analysis to certify product standards. Volume 1. Bureau of Science for Land Development Department of Land Development. Bangkok. 184 p. (in Thai)

Cheun-im, N., N. Sinbuathong, W. Ingkapradit, V. Inklang and V. Hom-ngarm. 2009. Contamination of heavy metals in rice from organic paddy field. Proceedings of the 47th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok,17–20 March 2009, pp. 276-280. (in Thai)

Chinoim, N and N. Sinbuathong. 2010. Heavy metal contamination of soils from organic paddy fields in Thailand. Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World Brisbane, Australia, 1 – 6 August 2010, pp. 119-121.

Ferreira, G and S.R. Skorbiansky. 2018. Commodity focus: overview of the U.S. organic rice market. *In* Rice Outlook, pp. 16-19. RCS-18G, Economic Research Service, USDA.

Gilley, J.E. 2005. Erosion | Water-Induced. Encyclopedia of Soils in the Environment. p. 570. Academic Press, New York, NY, USA. ISBN 9780123485304, https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00262-9.

Gustave, W., Z.F. Yuan, R. Sekar and Y.X. Ren, J.Y. Liu, J. Zhang and Z. Chen. 2019. Soil organic matter amount determines the behavior of iron and arsenic in paddy soil with microbial fuel cells. Chemosphere 237: 124459, doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.124459.

Halim, N.S.A., R. Abdullah, S.A. Karsani, N. Osman, Q.A. Panhwar and C.F. Ishak. 2018. Influence of Soil Amendments on the Growth and Yield of Rice in Acidic Soil. Agronomy 8: 165, https://doi.org/10.3390/agronomy8090165.

Hasegawa, T. and T. Horie. 1997. Modelling the effect of nitrogen on rice growth and development. Applications of Systems Approaches at the Field Level 6: 243-257.

Huang, L., X. Liu, Z. Wang, Z. Liang, M. Wang, M. Liu and D.L. Suarez. 2017. Interactive effects of pH, EC and nitrogen on yields and nutrient absorption of rice (*Oryza sativa* L.). Agricultural Water Management 194: 48-57.

Kristiansen, P., A. Taji and J. Reganold. 2006. Organic agriculture: A Global Perspective. p 164. CABI Publishing, Wallingford Oxon OX10 8DE United Kingdom.

National Environmental Quality Promotion and Conservation Act, B.E. 1992. Government Gazette Volume 109 Part 37. 4 April 1992. (Online). (July 8, 2022). (in Thai)

NSTDA. 2016. Soil analysis and improvement plant disease control and collecting indigenous plant seeds to increase agricultural productivity and reduce production costs. *In* Training documents "Soil analysis and improvement to increase agricultural productivity.", Wat Sri Boon Rueang Phra Klang Thung Subdistrict, That Phanom District, Nakhon Phanom Province. (in Thai)

Sae-Lim, S. 2016. Organic Fertilizer and Utilization in Thailand. Academic Document. Organic matter management research and development group Soil Biotechnology Division Department of Land Development, Bangkok. 199 p. (in Thai)

Soltanpour, P.N., G.W. Johnson, S.M. Workman, J.B. Jones Jr., R.O. Miller. 1996. Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry and Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry. *In* Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. Print ISBN:9780891188254, ISBN:9780891188667, doi:10.2136/sssabookser5.3.

Tripathi, R., A.K. Nayak, P. Bhattacharyya, A.K. Shukla, M. Shahid, R. Rajaa, B.B. Panda, S. Mohanty, A Kumar and V.K. Thilagam. 2014. Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions after 41 years long-term fertilizer experiment in tropical rice–rice system. Geoderma 213: 280-286.

Ye, T., Y. Li, J. Zhang, W. Hou, W. Zhou, J. Lu, Y. Xing and X. Li. 2019. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization affects the flowering time of rice (*Oryza sativa* L.). Global Ecology and Conservation 20: e00753, doi: 10.1016/j.gecco.2019.e00753.

Yuan, C., Q. Li, Z. Sun and H. Sun. 2021. Effects of natural organic matter on cadmium mobility in paddy soil: A review. Journal of Environmental Sciences 104: 204-21.

Zeng, F. S. Ali, H. Zhang, Y. Ouyang, B. Qiu, F. Wu and G. Zhang. 2011. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. Environmental Pollution 159(1): 84-91.

Zhao, K., X. Liu, J. Xu and H.M. Selim. 2010. Heavy metal contaminations in a soil–rice system: Identification of spatial dependence in relation to soil properties of paddy fields. Journal of Hazardous Materials 181(1-3): 778-787.

SJPS-11-02-M08-O78-002