ผลของการจัดการดินร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อสมบัติบางประการของดินและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1

Effects of Soil Management and Alternate Wetting and Drying Water Management on Some Soil Properties and Yield of Pathum Thani 1 Rice Variety

สุกัญญา กำมา[1] Yutaka Suzuki[2] ทิวา พาโคกทม[2] และนงภัทร ไชยชนะ[1*]

Sukanya Kamma[1],Yutaka Suzuki[2], Tiwa Pakoktom[2] and Nongpat Chaichana[1*]

Received: October 12, 2022
Revised: November 4, 2022
Accepted: November 8, 2022

Abstract: The objectives of this trial were to evaluate the change of some soil properties and to compare growth and yield of Pathum Thani 1 rice variety under different soil management and alternate wetting and drying water management (AWD). The experimental design was Randomize Complete Block Design (RCBD) with 4 replications consisting of 3 treatments. The results indicated that the combination of manure (MN) and rice straw (RS) incorporated during soil preparation together with two types of fertilizer rates (half and full chemical fertilizer rates) and AWD (AWD+MN+half RS and chem and AWD+MN+full RS and chem) resulted in lower soil bulk density than that before transplanting. Moreover, Soil pH and available phosphorus were higher than before transplanting and higher than continuous flooding + chemical fertilizer (CF+chem). On the other hand, exchangeable potassium where lower than those before transplanting. Plant height, tiller number and leaf greenness of rice under CF+chem were higher than AWD treatments. However, rice yield obtained from the three treatments wrer as follows: AWD+MN+full RS and chem (863.39 kg rai^{-1}), AWD+MN+half RS and chem (798.17kg rai^{-1}) and CF+chem (527.55 kg rai^{-1}), respectively. Therefore, AWD+MN+full RS and chem was most suitable for Pathum Thani 1 rice production.

Keywords: some soil properties, soil management, alternate wetting and drying water management, rice yield

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินและเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ภายใต้การจัดการดินที่แตกต่างกันร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง (AWD) วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง พบว่าตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอก (MN) และฟางข้าว (RS) พร้อมกับการเตรียมดิน ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตรา (half chem) และเต็มอัตรา (full chem) ร่วมกับการจัดการน้ำแบบ AWD (AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem) ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับก่อนปลูก ส่วนค่าพีเอชของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: fagrnpch@ku.ac.th

ค่ามากกว่าในดินก่อนปลูกและมากกว่าการจัดการน้ำแบบท่วมขังตลอดและใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (CF+chem) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกทั้ง 3 ตำรับการทดลองมีค่าน้อยกว่าดินก่อนปลูก ข้าวที่ปลูกภายใต้การจัดการแบบ CF+chem มีความสูง จำนวนหน่อต่อกอ และค่าความเขียวใบมากกว่าการจัดการแบบ AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem แต่ปริมาณผลผลิตข้าวที่ได้จากการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem สูงที่สุด รองลงมา AWD+MN+half RS and chem และ CF+chem มีค่าเท่ากับ 863.4, 798.9 และ 527.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังนั้นการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem เหมาะสมต่อการผลิตข้าวปทุมธานี 1 มากที่สุด

คำสำคัญ: สมบัติบางประการของดิน การจัดการดิน การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ผลผลิตข้าว

คำนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่ทำเกษตรกรรมตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นนาข้าวประมาณร้อยละ 46 (ศศิวิมล และคณะ, 2562) ข้าวเป็นสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศไทยปีละหลายแสนล้านบาทและยังมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยปี 2563 ปริมาณการส่งออกข้าวไทยเท่ากับ 5.72 ล้านตัน มูลค่า 1.16 แสนล้านบาท (ไชยวัฒน์ และอุ่นเรือน, 2563; กรมการค้าต่างประเทศ, 2563) ในการเพาะปลูกข้าวทั้งนาปีและนาปรังต้องการน้ำในปริมาณมาก เนื่องจากการทำนาต้องขังน้ำตลอดฤดู แต่ทรัพยากรน้ำมีอยู่อย่างจำกัดส่งผลต่อเกษตรกรที่ต้องการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอ นอกจากนี้การทำเกษตรกรรมยังคงต้องอาศัยปัจจัยทางสภาพอากาศอีกด้วย (อนินท์ และคณะ, 2556) โดยเฉพาะปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการผลิตข้าวของไทย (พรชัย และอรุน, 2559)

ภาวะโลกร้อนทำให้สภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลทั้งในเรื่องของวิกฤตภัยแล้ง น้ำท่วม ปัญหาโรคและแมลง ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ (พรชัย และอรุน, 2559) รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (นิโรจน์, 2560) หนึ่งในกิจกรรมทางการเกษตรที่มีการกล่าวอ้างว่าเป็นสาเหตุให้เกิดภาวะโลกร้อนคือการทำนา เนื่องจากการขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกและการไถกลบฟางข้าวเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุ ฟื้นฟูบำรุงดิน เพิ่มธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เพิ่มความร่วนซุยของดิน ในระยะยาวจึงส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (อรรถชัย, 2547) นอกจากนี้ฟางข้าวที่ย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) ส่งเสริมให้เกิดการปล่อยมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศ (พัชรี และคณะ, 2557) ซึ่งในบรรยากาศมีเทนมีความสำคัญมากเป็นอันดับสองรองจากคาร์บอนไดออกไซด์ แต่มีศักยภาพทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนมากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 23 เท่า (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001) จากงานวิจัยของพัชรี และคณะ (2557) พบว่าการใส่ฟางข้าวในนาส่งผลให้อัตราและปริมาณมีเทนสูงขึ้นตามอัตราฟางข้าวที่มากขึ้น เนื่องจากค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) มีความสัมพันธ์กับปริมาณของมีเทน โดยที่ค่า Eh เกี่ยวข้องกับกระบวนการเกิด oxidation และ reduction ในดินนา จากรายงานของ ดวงนภา และบัญชา (2557) พบว่าในนาข้าวจะมีค่า Eh อยู่ในช่วง -67 ถึง -347 มิลลิโวลต์ เป็นสภาพที่เหมาะต่อการปล่อยมีเทน ดังนั้นควรเปลี่ยนวิธีการจัดการน้ำจากขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูกเป็นแบบเปียกสลับแห้งในการทำนา (alternate wetting and drying หรือ AWD) เนื่องจากการจัดการน้ำแบบ AWD ช่วยลดการเกิดมีเทน (พนิดา และอุ่นเรือน, 2564) และช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 30-50 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลดีต่อเกษตรกรที่เพาะปลูกข้าวในสภาวะที่ฝนทิ้งช่วงหรือในพื้นที่ที่มีน้ำอยู่อย่างจำกัด นอกจากนี้ในสภาพดินแห้งทำให้รากข้าวได้รับออกซิเจนส่งผลให้รากเจริญเติบโตได้ดีต้นข้าว

แข็งแรงทนต่อโรคและแมลงศัตรูข้าว เพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวและที่สำคัญเป็นวิธีที่สามารถปรับตัวกับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี ทั้งในปัจจุบันและอนาคต (กรมการข้าว, 2562) นอกจากนี้การเผาฟางข้าวหรือตอซังหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน เนื่องจากการเผาฟางข้าวมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงถึง 1,118.47 $g_{emission}/kg_{dm\ biomass}$ และมีค่าฝุ่นละอองรวมเท่ากับ 6.69 $g_{emission}/kg_{dm\ biomass}$ (กิตติยาภรณ์ และคณะ, 2559) การเผาฟางข้าวไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ แต่ยังส่งผลต่อสมบัติดิน เช่น อนุภาคดินเกิดการจับตัวแน่นและแข็งขึ้นส่งผลต่อการชอนไชของรากพืช ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์ดินลดลง สูญเสียอินทรียวัตถุและธาตุอาหารเป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมดจึงศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายใต้จัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งร่วมกับการจัดการดินโดยใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับฟางข้าว เพื่อหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ของเกษตรกรต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมพื้นที่และวางแผนการทดลอง

ศึกษาผลของการจัดการดินร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปลูกข้าวโดยวิธีดำนา ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ในแปลงย่อยขนาด 542 ตารางเมตร แต่ละแปลงย่อยห่างกัน 1.70 เมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 3 ตำรับการทดลอง ดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Details of treatments

Treatment	Water management	Soil preparation		15 DAT	45 DAT
		MN ($mg\ kg^{-1}$)	RS ($mg\ kg^{-1}$)	Chem 18-8-8 ($kg\ rai^{-1}$)	Chem 46-0-0 ($kg\ rai^{-1}$)
1 CF+chem	CF	-	-	30	15
2 AWD+MN+half RS and chem	AWD	300	400	15	7.5
3 AWD+MN+full RS and chem	AWD	300	800	30	15

Note: Continuously flooded; CF, Alternate wetting and drying; AWD, Manure; MN, Rice straw; RS, Chemical fertilizer; Chem, Days after transplanting; DAT

การจัดการน้ำ

จัดการน้ำแบบ CF สำหรับตำรับการทดลองที่ 1 โดยปล่อยให้มีน้ำขังที่ระดับ 10 เซนติเมตร เหนือผิวดินตลอดฤดูปลูกและปล่อยให้แห้งก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 14 วัน จัดการน้ำแบบ AWD สำหรับตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 โดยปล่อยให้มีน้ำขังที่ระดับ 10 เซนติเมตร (+10) เหนือผิวดินและปล่อยให้น้ำลดลงถึงระดับ 15 เซนติเมตร (-15) ใต้ผิวดิน (ฝังท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ความสูง 35 เซนติเมตร เจาะรูจำนวน 5 รูต่อด้าน เจาะทั้งหมด 4 ด้าน แต่ระรูห่าง 5 เซนติเมตร บริเวณกลางแปลงในทุกแปลงย่อยเพื่อใช้วัดระดับน้ำในแปลงข้าว) ก่อนเติมน้ำเข้าแปลงให้มีระดับ 10 เซนติเมตร เหนือผิวดินอีกครั้ง สลับกันเช่นนี้จนถึงระยะกำเนิดช่อดอกหรือข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนจะรักษาระดับน้ำ 10 เซนติเมตร เหนือผิวดินเป็นเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะปล่อยให้น้ำแห้งเพื่อรอเก็บเกี่ยว (Rice Knowledge Bank, 2014)

ปริมาณธาตุอาหารของฟางข้าวและปุ๋ยคอก

ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าวและปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้ใช้อ้างอิงจากการรายงานที่พบว่าฟางข้าวมีปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ได้แก่ ไนโตรเจน 0.8% ฟอสฟอรัส 0.2% และโพแทสเซียม 1.1% และปุ๋ยคอกมีไนโตรเจน 2.4% ฟอสฟอรัส 0.7% และโพแทสเซียม 2.1% เมื่อย่อยสลายฟางข้าวและปุ๋ยคอกจะปลดปล่อยธาตุอาหารดังกล่าวออกมาในสารละลายดินเพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (ทิพยากร และฉวีวรรณ, 2541; สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 2548; Brady and Weil, 2000)

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติของดิน

ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของดินโดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแบบรบกวนโครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์เนื้อดิน (texture) โดยวิธี pipette method และเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูกแบบไม่รบกวนโครงสร้าง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธี core method (National Soil Survey Center, 1996) ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของดินโดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูกแบบรบกวนโครงสร้างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาวัดค่าพีเอชของดิน (pH) ด้วย pH meter (ดิน:น้ำ = 1:1) วัดค่าการนำไฟฟ้าสภาพดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (eectric conductivity; EC_e) ด้วย EC meter วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter; OM) โดยวิธี Walkly and Black Titration ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus; Avail. P) โดยวิธี Bray II แล้วนำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K; Exch. K) โดยสกัดด้วย 1 นอร์มอล NH_4OAc pH 7.0 แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity; CEC) โดยการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย 1 นอร์มอล NH_4OAc pH 7.0 (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว โดยวัดการเจริญเติบโตของข้าวทุก 10 วันหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว สุ่มข้าวจำนวน 5 กอต่อซ้ำ ข้อมูลประกอบด้วย ความสูง วัดจากระดับผิวดินจนถึงปลายยอด (อรรถพล, 2554) ค่าความเขียวของใบ (leaf greenness) วัดด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., JAPAN: SPAD-502 model) วัดค่าความเขียวใบจากใบอ่อนที่คลี่เต็มที่แล้ว (ณิญา และคณะ, 2556) จำนวน 2 ใบต่อกอ แต่ละใบวัด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ปลายใบ กลางใบและโคนใบ แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย (เวธนี, 2561) จำนวนหน่อนับจำนวนหน่อต่อกอทั้งหมด และวัดผลผลิตต่อไร่จากน้ำหนักสดเมล็ดดีต่อพื้นที่ 1 ไร่

การติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

ติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ WatchDog 2000 Series Station บริเวณแปลงทดลอง สถานีตรวจวัดสภาพอากาศประกอบด้วยหัววัดความเข้มแสง (quantum sensor) เครื่องวัดอุณหภูมิ (thermometer) เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity sensor) เครื่องวัดความเร็วและทิศทางลม (anemometer) และเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน (rain gauge) เชื่อมต่ออุปกรณ์ตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับกล่องบันทึกข้อมูล (data logger) โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์บนเสาให้สูงจากทรงพุ่มข้าวประมาณ 2 เมตร กำหนดให้บันทึกข้อมูลทุก 30 นาที ถ่ายโอนข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Specware 9 ทุก 10 วัน เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม R version 4.2.0

ผลการทดลองและวิจารณ์

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ระหว่างช่วงการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน พ.ศ. 2565 มีความเข้มแสงสูงสุด

1,036 วัตต์ต่อตารางเมตร อุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 79 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดเท่ากับ 45 มิลลิเมตร ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการ โดยปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการมีค่าเท่ากับ 720-1,200 มิลลิเมตร (บุญดิษฐ์และยงยุทธ, 2558)

สมบัติบางประการของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพบางประการของดินก่อนปลูกพบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ความหนาแน่นรวม (bulk density) เท่ากับ 1.48 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และสมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนปลูกพบว่าค่าพีเอชของดินเท่ากับ 6.64 แสดงว่าดินมีความเป็นกรดเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เท่ากับ 0.37 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แสดงว่าดินไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) เท่ากับ 1.26% แสดงว่าดินมีอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) เท่ากับ 31.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) เท่ากับ 133.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) เท่ากับ 9.66 เซนติโมลของประจุต่อกิโลกรัม แสดงว่าดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนค่อนข้างต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) (Table 2)

หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวและเก็บตัวอย่างดินหลังปลูก วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินหลังปลูกในแต่ละตำรับการทดลอง พบว่าทุกตำรับการทดลองค่าการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าของความหนาแน่นรวม ค่าพีเอชของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการเปรียบเทียบความหนาแน่นรวมพบว่าตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก มีค่าเท่ากับ 1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร การใส่ฟางข้าวจะมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินจนกลายเป็นอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งอินทรียวัตถุในดินจะช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความร่วนซุยมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานโดยมัจฉา และคณะ (2556) ที่พบว่าการไถกลบฟางข้าวในอัตราใดก็ตามจะส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ เครือมาศ (2554) ที่รายงานว่าการใส่ฟางข้าวในอัตรา 1-4 ตันต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเทียบกับตำรับควบคุม

อินทรียวัตถุของดินหลังปลูก ตำรับการทดลองที่ 1 มีค่าอินทรียวัตถุสูงที่สุด เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุจะต้องอาศัยกิจกรรมของจุลินทรียในดิน ซึ่งจุลินทรีย์มีทั้งแบบที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศ (aerobic condition) และไม่มีอากาศ (anaerobic condition) ดังนั้นการถ่ายเทอากาศจึงมีส่วนควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้ง 2 แบบอย่างมาก โดยทั่วไปแล้วอินทรียวัตถุในดินจะถูกย่อยสลายได้เร็วโดยจุลินทรีย์แบบที่เจริญเติบโตได้ในสภาพที่มีอากาศ รวมทั้งในสภาพที่มีน้ำและมีอากาศถ่ายเทที่เพียงพอในการหมักฟางข้าวจะมีการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบอินทรีย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัปดาห์ที่ 5-8 ของการหมักฟางข้าว total N ค่อยๆ ทำให้ C/N ratio ค่อยๆ ลดลง การย่อยสลายฟางข้าวเกิดได้เร็วขึ้น ซึ่งตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง มีการถ่ายเทอากาศในดิน จึงเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินได้มากและเป็นตำรับการทดลองที่มีการใส่ฟางข้าวในดิน ซึ่งการใส่ฟางข้าวจะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์นำไนโตรเจนในดินมาใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมอยู่ในดินอยู่น้อยกว่าตำรับการทดลองที่ 1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; โสพัส, 2559; Inoko, 1984) นอกจากนี้ดินที่มีการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์สูงหรือดินที่มีปริมาณคาร์บอนในดินสูงจะส่งผลให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงด้วย

ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินหลังปลูกตำรับการทดลองที่ 1 มีสูงที่สุด (ไอลดา และคณะ, 2561)

ค่าพีเอชของดินหลังปลูก ตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 มีค่าพีเอชของดินสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.45 และ 7.26 ตามลำดับ สอดคล้องกับปรัชญา และคณะ (2534) ที่พบว่าการการไถกลบตอซังข้าวในอัตราต่างๆ จะส่งผลให้ค่าพีเอชของดินสูงขึ้น เนื่องจากการไถกลบตอซัง เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินจึงส่งผลให้ค่าค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้น และอินทรียวัตถุยังช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดินจึงทำให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้นหรือเป็นกลาง (วัลลภา, 2561)

ก่อนการปลูกพืชปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 31.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อวิเคราะห์ดินหลังปลูกพบว่าตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 82.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นตำรับการทดลองที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและใส่ฟางข้าวเพิ่มในดิน ซึ่งการทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เนื่องจากในดินนาที่มีการทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของเหล็กในช่วงที่มีการขังน้ำเหล็กจะเปลี่ยนรูปจาก Fe^{3+} ไปเป็น Fe^{2+} แต่ในช่วงที่ดินแห้ง Fe^{2+} จะเกิดเป็นเหล็กออกไซด์จึงเกิดการตรึงกับฟอสฟอรัสกับเหล็กออกไซด์ในดิน ดังนั้นความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในส่วนของ Fe-P เพิ่มสูงขึ้น เมื่อมีการย่อยสลายฟางข้าวโดยจุลินทรีย์ดินจะกลายเป็นอินทรียวัตถุในดิน จากนั้นอินทรียวัตถุจะไปจับกับแร่เหล็กออกไซด์ที่ตรึงอยู่กับฟอสฟอรัสทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงนั้นถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายดินมากขึ้นเพื่อให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่วัสดุอินทรีย์ในดินเขตร้อนส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (Hook *et al*., 1998; Schmieder *et al*., 2018; Sukitprapanon *et al*., 2021)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนปลูกมีค่าเท่ากับ 133.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินหลังปลูกพบว่าตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด มีค่าเท่ากับ 46.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็นเป็นตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าวในอัตรา 800 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อฟางข้าวเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมออกมาในสารละลายดินเพื่อให้พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ สอดคล้องกับเครือมาศ (2554) ที่พบว่าดินที่ผสมฟางข้าวเผาและดินที่ผสมฟางข้าวแห้งมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินสูงกว่าดินธรรมดา นอกจากนี้การจัดการน้ำยังมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่อการนำไปใช้ของพืช ในดินนาน้ำขังตลอดเวลาทำให้โพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (soluble K) เพิ่มมากขึ้น สภาพน้ำขังเกิดกระบวนการรีดิวซ์ธาตุเหล็กและแมงกานีส (Fe^{2+} และ Mn^{2+}) ไปแทนที่ K^{+} ที่ถูกยึดไว้ในอนุภาคดินเหนียว ทำให้การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมเข้าสู่รากพืชได้มากกว่าสภาพดินแห้งหรือดินที่ไม่ขังน้ำ ข้าวที่ปลูกในสภาพไม่ขังน้ำมีการดูดใช้โพแทสเซียมต่ำกว่าสภาพน้ำขัง ดังนั้นดินที่ไม่ขังน้ำจึงมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากกว่าดินที่ขังน้ำ เนื่องจากพืชดูดไปใช้ได้น้อย (เอกพันธุ์ และคณะ, 2564; Ponnamperuma, 1965; Gething, 2000)

เมื่อพิจารณาระหว่างฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน ทุกตำรับการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก แต่ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกลดลง เนื่องจากข้าวต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งข้าวต้องการโพแทสเซียมในการเจริญเติบโตมากกว่าฟอสฟอรัส สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่กล่าวว่าข้าวต้องการไนโตรเจน 15-24 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 3-6 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 15-50 กิโลกรัม ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต 1,000 กิโลกรัม (Yoshida, 1981; Dobemann and Fairhurst, 2000) จากการรายงานของมณีรัตน์ และคณะ (2551) พบว่าในนาข้าวทั้งที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่าฟอสฟอรัส

นอกจากนี้อาจเกิดการชะละลาย (leaching) ของโพแทสเซียมพร้อมกับน้ำที่ระบายลงสู่ดินชั้นล่าง (drainage water) ซึ่งการชะละลายของโพแทสเซียมจะมากกว่าฟอสฟอรัสโดยเฉพาะในดินเนื้อหยาบ ในบางกรณีพบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกชะละลายอาจเท่ากับที่พืชดูดโพแทสเซียมไปใช้ในการเจริญเติบโต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

Table 2 Some soil properties of before and after transplanting

Treatment	pH (1:1)	ECe (dS m^{-1})	OM (%)	Avail.P (mg kg^{-1})	Exch.K (mg kg^{-1})	CEC (cmolc kg^{-1})	Bulk density (g cm^{-3})	Texture
Before transplanting	6.64	0.37	1.26	31.91	133.73	9.66	1.48	Sandy loam
After transplanting								
1 CF+chem	5.88^{c}	0.23	1.17^{a}	63.63^{b}	45.03^{a}	7.45^{a}	1.49^{a}	
2 AWD+MN+half RS and chem	6.45^{b}	0.21	1.03^{c}	66.92^{b}	37.10^{b}	6.93^{b}	1.47^{b}	
3 AWD+MN+full RS and chem	7.26^{a}	0.22	1.13^{b}	82.23^{a}	46.40^{a}	6.64^{c}	1.47^{b}	
F-test	*	ns	*	*	*	*	*	
C.V. (%)	9.11	6.45	5.56	12.17	10.38	5.03	1.38	

Note: ns = not-significantly different at P-value< 0.05, * = significantly different at P-value< 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

การเจริญเติบโต

1. ความสูง

ความสูงข้าวตั้งแต่ปลูกมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยตำรับการทดลองที่ 1 และ 2 ความสูงของข้าวจะสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 90 DAT และตำรับการทดลองที่ 3 ความสูงของข้าวจะสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 70 DAT นอกจากนั้นตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวความสูงข้าวทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่ข้าวอายุ 30-60 และ 80 DAT ตำรับการทดลองที่ 1 มีค่าความสูงมากที่สุด (Table 3) สอดคล้องกับกัณฑสิณี (2560) ที่กล่าวว่าความสูงของต้นข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งน้อยกว่าความสูงของต้นข้าวที่มีการขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก รวมทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ความสูงของต้นข้าวเพิ่มขึ้นด้วย (จำเนียร และคณะ, 2564)

Table 3 Plant height (cm) of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	36.7	45.2	54.8	68.1	83.2	92.7	105.8	110.6	111.5
2 AWD+MN+half RS and chem	36.1	45.3	52.2	62.7	78.3	92.2	105.2	108.9	111.7
3 AWD+MN+full RS and chem	38.6	46.0	53.9	62.6	76.1	90.5	108.9	108.0	107.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.7	6.7	4.9	6.4	5.8	3.6	3.5	3.6	4.3

Note: ns = not-significantly different at P-value< 0.05, * = significantly different at P-value< 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

2. ความเขียวใบ

ค่าความเขียวใบมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ ซึ่งจะแปรผันตามสภาพแวดล้อม ปริมาณธาตุอาหารที่ได้รับ อายุใบ ความหนาใบ และช่วงเวลาที่ทำการวัด (Altland *et al*., 2003; Jifon *et al*., 2005) จากการศึกษาพบว่า ค่าความเขียวใบมีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อข้าวมีอายุเพิ่มมากขึ้น โดยทุกตำรับการทดลองค่าความเขียวใบจะมีค่าสูงที่สุดเมื่อข้าวอายุ 70 DAT จากนั้นค่าความเขียวใบจะลดลง เมื่อข้าวอายุ 10-40 วันหลังปลูกค่าความเขียวใบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อข้าวอายุ 50-90 วันหลังปลูกค่าความเขียวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ค่าความเขียวใบที่ข้าวอายุ 90 วันหลังปลูกตำรับการทดลองที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างกัน โดยตำรับการทดลองที่ 1 และ 3 มีค่าความเขียวใบสูงกว่าตำรับการทดลองที่ 2 เนื่องจากเป็นตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงกว่า เมื่อข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความเขียวใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในใบจะสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ (สิริพร และคณะ, 2560; Slocum *et al*., 1984) เมื่อเปรียบเทียบค่าความเขียวใบของตำรับการทดลองที่ 1 และ 3 พบว่าตำรับการทดลองที่ 1 มีแนวโน้มค่าความเขียวใบมากกว่าตำรับการทดลองที่ 3 เนื่องจากตำรับการทดลองที่ 3 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งเป็นสภาวะที่มีทั้งจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนและไม่ใช้ออกซิเจนอาศัยอยู่ จึงทำให้ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่าในสภาพน้ำขังและการใส่ฟางข้าวในดินจะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์นำไนโตรเจนในดินมาใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ ทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินลดลง ค่าความเขียวใบในตำรับการทดลองที่ 3 จึงน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ 1 (โสพัส, 2559) (Table 4)

Table 4 Leaf greenness (SPAD unit) of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	28.7	38.8	42.9	44.3	44.0^{a}	44.7^{a}	45.6^{a}	44.3^{a}	38.7^{a}
2 AWD+MN+half RS and chem	29.0	37.5	41.0	41.9	38.3^{c}	38.7^{c}	41.2^{b}	39.3^{c}	35.0^{b}
3 AWD+MN+full RS and chem	27.6	40.2	41.9	43.5	41.2^{b}	42.5^{b}	43.1^{ab}	42.3^{b}	35.6^{b}
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*
C.V. (%)	4.9	5.9	3.0	3.5	6.3	6.4	5.9	5.5	5.2

Note: ns = not-significantly different at P-value< 0.05, * = significantly different at P-value< 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

3. จำนวนหน่อ

จำนวนหน่อต่อกอของข้าวที่อายุ 10 DAT มีจำนวนน้อยที่สุด จากนั้นข้าวจะมีจำนวนหน่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งระยะการแตกกอของข้าวจะอยู่ในช่วงข้าวอายุ 10 DAT และข้าวจะแตกกอสูงสุดเมื่ออายุ 30 DAT (ธานี และสราวุธ, 2559) ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าข้าวแตกกอสูงสุดที่อายุ 50 DAT โดยตำรับการทดลองที่ 1 มีจำนวนหน่อมากที่สุด รองลงมาเป็นตำรับการทดลองที่ 3 และ 2 มีค่าเท่ากับ 31 27 และ 25 ตามลำดับ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากจะทำให้พืชนำไปใช้ในการสร้างส่วนเจริญทางลำต้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การแตกกอของข้าวเพิ่มขึ้นด้วย (จำเนียร และคณะ, 2564; Dobermann and Fairhurst, 2000) สอดคล้องกับมณีรัตน์ และคณะ (2551) ที่รายงานว่าในตำรับการทดลองที่ใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ย NPK และตำรับการทดลองที่ใส่แกลบร่วมกับปุ๋ย NPK พบจำนวนกอของข้าวน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย NPK เพียงอย่างเดียว (Table 5)

Table 5 Tiller number of rice at different plant ages (DAT)

Treatment	Days after transplanting (DAT)								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1 CF+chem	2	9[a]	23	28	31	28	20[a]	20[a]	17[ab]
2 AWD+MN+half RS and chem	2	9[a]	21	23	25	21	16[b]	15[b]	15[b]
3 AWD+MN+full RS and chem	2	8[b]	20	25	27	25	20[a]	20[a]	18[a]
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	10.2	12.9	9.8	12.7	14.9	18.0	17.2	17.4	15.7

Note: ns = not-significantly different at P-value< 0.05, * = significantly different at P-value< 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

4. ผลผลิต

ผลผลิตได้จากน้ำหนักสดเมล็ดดีในพื้นที่ 1 ไร่ โดยตำรับการทดลองที่ 3 มีปริมาณผลผลิตมากที่สุด (863.4กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาเป็นตำรับการทดลองที่ 2 (798.9 กิโลกรัมต่อไร่) และ 1 (527.6 กิโลกรัมต่อไร่) ตามลำดับ ตำรับการทดลองที่ 3 และ 2 มีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสารละลายดินเพิ่มขึ้นและใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวลงในดินเมื่อเกิดการย่อยสลายจะเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน พืชจะดูดฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไปใช้ในการเจริญเติบโตด้านการสืบพันธุ์และช่วยเสริมสร้างเมล็ดของธัญพืช จึงทำให้ข้าวที่ปลูกในดินที่มีการใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ปลูกในดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (ยงยุทธ, 2552; เครือมาศ, 2554; Schmieder *et al*., 2018; Sukitprapanon *et al*., 2021) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่าการใส่ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (มณีรัตน์ และคณะ, 2551; ณัฐพล และเครือมาศ, 2556; มัจฉา และคณะ, 2556) (Table 6)

Table 6 Effects of soil management and alternate wetting and drying water management on yield

Treatment	Yield (kg rai^{-1})
1 CF+chem	527.6[b]
2 AWD+MN+half RS and chem	798.9[a]
3 AWD+MN+full RS and chem	863.4[a]
F-test	*
C.V. (%)	27.25

Note: ns = not-significantly different at P-value< 0.05, * = significantly different at P-value< 0.05, Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT.

สรุป

ในระยะ 30-60 DAT ข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบ CF+chem จะมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและความเขียวใบมากกว่าข้าวที่มีการจัดการน้ำแบบ AWD+MN+half RS and chem และ AWD+MN+full RS and chem แต่ผลผลิตของข้าวที่ปลูกใน AWD+MN+full RS and chem จะมีค่าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับ AWD+MN+half RS and chem

และ CF+chem นอกจากนี้การจัดการแบบ AWD ร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกและฟางข้าวพร้อมกับการเตรียมดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีจะช่วยให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ดินมีค่าพีเอชใกล้ 7 มากขึ้น ช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ซึ่งข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ ดังนั้นการจัดการแบบ AWD+MN+full RS and chem เหมาะสมต่อการผลิตข้าวปทุมธานี 1 มากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2562. กรมการข้าวและชาวนารับมือฝนทิ้งช่วงทำนาแบบเปียกสลับแห้ง. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://webold.ricethailand.go.th/web/index.php/mactivities/6292-2019-07-08-14-27-58 (20 พฤศจิกายน 2564).

กรมการค้าต่างประเทศ. 2563. การส่งออกข้าวไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.dft.go.th/th-th/NewsList/News-DFT/Description-News-DFT/ArticleId/17393/17393 (1 พฤศจิกายน 2565).

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. ดินเพื่อประชาชน. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://e-library.ldd.go.th/library/Ebook/bib481.pdf (4 กันยายน 2565).

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ม.ป.ป. ไถกลบตอซังสร้างดินยั่งยืนฟื้นสิ่งแวดล้อม. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://www.ldd.go.th/WEB_Bio/PDF/Plow.pdf (10 ธันวาคม 2564).

กัณฑสิณี แจ้งปุย. 2560. ผลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวนาปรัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. 107 หน้า.

กิตติยาภรณ์ รองเมือง, วีรชัย อาจหาญ, พรรษา ลิบลับ และทิพย์สุภินทร์ หินซุย. 2559. การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ฟางข้าวในที่โล่งแจ้ง. น. 31-41. *ใน*: การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 3. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 547 หน้า.

เครือมาศ สมัครการ. 2554. แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. Veridian E-Journal Silpakorn University (กลุ่มวิทยาศาสตร์) 4(1): 931-941.

จำเนียร มีสำลี, นันทินา ดำรงวัฒนากูล และจักรชัยวัฒน์ กาวีวงศ์. 2564. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 6 ภายใต้วิธีการปลูกแบบปักดำและหว่าน. วารสารแก่นเกษตร 49(4): 830-841.

ไชยวัฒน์ สมสอางค์ และอุ่นเรือน เล็กน้อย. 2563. ปัจจัยที่มีผลต่อการเป็นเกษตรปราดเปรื่องของชาวนาในจังหวัดสระแก้ว. วารสารการเกษตรราชภัฏ 19(1): 28-35.

ณัฐพล บัวจันทร์ และเครือมาศ สมัครการ. 2556. อิทธิพลของการจัดการดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. Veridian E-Journal Silpakorn University (กลุ่มวิทยาศาสตร์) 6(3): 924-934.

ณิญา ปันดอนไฟ, ศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา และอรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2556. การประเมินไนโตรเจนในใบยอดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายสีด้วยกล้องดิจิตอล

เปรียบเทียบกับการใช้คลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD-502). น. 570-576. *ใน*: ประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ดวงนภา วานิชสรรพ์ และบัญชา ขวัญยืน. 2557. การพัฒนาการบริหารจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 25(1): 59-69.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสาตร์, กรุงเทพมหานคร. 108 น.

ทิพยากร ลิ่มทอง และฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์. 2541. การวิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำระบบการจัดเก็บข้อมูลด้านวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมทางการเกษตรของประเทศไทย. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร. 131 หน้า.

ธานี ศรีวงษ์ชัย และสราวุธ รุ่งเมฆารัตน์. 2559. การปลูกข้าว. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: https://ebook.lib.ku.ac.th/ebook27/ebook/20160045/ (19 สิงหาคม 2565).

นิโรจน์ สินณรงค์. 2560. เศรษฐศาสตร์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: จากแนวคิดเครื่องมือการวิเคราะห์สู่นโยบายสาธารณะด้านการเกษตร. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 37(3): 143-161.

บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ประวัติการปลูกข้าวและข้าวกับสภาพแวดล้อม. น. 28-60. *ใน*: ยงยุทธ โอสถสภา (บก.). ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. สมาคมดินและปุ๋ย, กรุงเทพมหานคร.

ปรัชญา ธัญญาดี, ประชา นาคะประเวศ, ปรีดี ดีรักษา, พิทยากร ลิ่มทอง และแววตา วาสนานุกูล. 2534. ผลของการไถกลบตอซังข้าวเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินนา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 21 หน้า.

พนิดา พุทธรัตน์รักษา และอุ่นเรือน เล็กน้อย. 2564. ผลกระทบและการยอมรับการทำนาแบบเปียกสลับแห้งเพื่อการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของชาวนาอำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารมหาจุฬานา-ครทรรศน์ 8(1): 134-144.

พรชัย หาระโคตร และอรุน ทองอุ่น. 2559. ผลของการจัดการน้ำและระยะปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ไรซ์เบอร์รี่ภายใต้ระบบการผลิตแบบปประณีต (SRI). วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(6) (พิเศษ): 986-997.

พัชรี แสนจันทร์, มัจฉา แก้วพิลา, นิภา ธรรมโสม, พฤกษา หล้าวงษา และดวงสมร ตุลาพิทักษ์. 2557. ผลของฟางข้าวต่อสภาพรีดักชั่นในดินนาและปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทน (การทดลองในกระถางปลูกข้าว). วารสารแก่นเกษตร42(1): 235-240.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เคมีดิน. ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวย, เชียงใหม่.

มณีรัตน์ ม่วงศรี, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และเอ็จ สโรบล. 2551. ผลการใส่ฟางข้าวและแกลบร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมาย, น. 82-89. *ใน*: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สาขาพืช ครั้งที่ 46. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

มัจฉา แก้วพิลา, นิภา รรมโสม, พฤกษา หล้าวงษา และพัชรี แสนจันทร์. 2556. ผลของฟางข้าวต่อผลผลิตข้าว คุณสมบัติความเป็นกรดด่าง การนำไฟฟ้า และความหนาแน่นรวมของดินนา. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 13(2): 1-8.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 529 หน้า.

วัลภา ชัยมาต. 2561. การไถกลบตอซังเพื่อลดต้นทุนการผลผลิตข้าว ตำบลคลองควาย อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี. (ระบบออนไลน์).

แหล่งข้อมูล: http://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib10227f/bib10227f.html (20 มกราคม 2565).

เวธนี วัฒนเดชเสรี. 2561. ผลของการจัดการอุตสาหกรรมซีเมนต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ภายใต้ระดับการให้น้ำที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร. 93 หน้า.

ศศิวิมล ภู่พวง, โรจน์ สินณรงค์, กฤตวิทย์ อัจฉริยพาณิชย์กุล และชนิษฐา เสถียรพีระกุล. 2562. ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการผลิตข้าวในเขตภาคเหนือ. บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 9(2): 119-132.

สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2548. ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร. 82 หน้า.

สิริพร พูลเต็ม, สุมิตตา แสนจำหน่าย, คะนึงนิจ เจียวพ่วง, นงภัทร ไชยชนะ และทิวา พาโคกทม. 2560. ผลของอัตราและชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวจาปอนิกา. วารสารแก่นเกษตร 45(1) (พิเศษ): 176-181.

โสพัส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib9827f/bib9827f.html (17 ตุลาคม 2565).

อนินท์ จิรพัทธ์พงศกร, วลีรัตน์ สุพรรณชาติ และสุวรรณา ประณีตวตกุล. 2556. ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อผลิตภาพการผลิตโดยรวมภาคการเกษตรในภาคตะวันออกของไทย. วารสารเกษตรศาสตร์ (สังคม) 34: 399-412.

อรรถชัย จินตะเวช. 2547. การสะสมคาร์บอน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 63 หน้า.

อรรถพล โสภาพงศ์. 2554. ผลของการไถกลบหญ้าแฝกและระดับน้ำในนาข้าวต่อสมบัติของดินและการปลดปล่อยก๊าซมีเทน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 140 หน้า.

เอกพันธ์ แซ่ย่าง, สุภาภรณ์ ญะเมืองมอญ และชนากานต์ พรมอุทัย. 2564. ผลของชนิดปุ๋ยโพแทสเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกในสภาพน้ำขังและน้ำไม่ขัง. วารสารแก่นเกษตร 49(1): 1-11.

ไอลดา จำปาทอง, ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ และกุมุท สังขศิลา. 2561. อิทธิพลระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจายขนาดของเม็ดดินและอินทรียวัตถุในดินที่ปลูกอ้อย. วารสารดินและปุ๋ย 40(1): 6-16.

Altland, J.E., Gilliam, G.J. Keever, J.H. Edwards, J.L. Sibley and D.C. Fare. 2003. Rapid determination of nitrogen status in pansy. Horticulture Science 38: 537-541.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Edition, Prentice Hall, New Jersey. 960 p.

Carreira, J.A., B. Vinegla and K. Lajtha. 2006. Secondary $CaCO_3$ and precipitation of P-Ca compounds control the retention of soil P in arid ecosystem. Journal of Arid Environments 64: 460-473.

Dobermann, A. and T.H. Fairhurst. 2000. Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. Oxford Graphic Printers Pte Ltd, Philippines. 193 p.

Gething, P.A. 2000. Potash facts. (Online). Available Source: https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/potash_facts.pdf (March 17,2022).

Hook, D.D., W.H. McKee, Jr., H.K. Smith, J. Gregory, V.G. Burrel, Jr., M.R. De Voe, R.E. Sojka, S. Gilbert, R. Banks, L.H. Stollzy, C. Brooks, T.D. Matthews and T.H. Shear. 1998. The Ecology and Management of Wetland. Vol 1. Timber Press, United States of America. 592 p.

Inoko, A. 1984. Compost as a source of plant nutrients. (online). Available Source: https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XB8411353 (October 17, 2022).

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. 982 p.

Jifon, J.L., J.P. Syvertsen and E. Whaley. 2005. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in Citrus sp. leaves. Horticulture Science 130: 152-158.

Kemmler, G. 1980. Potassium deficiency in soils of the tropics as a constraint to food production in Priorities for Alleviating, pp. 253-275. In: Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. International Rice Research Institute. 1099 Manila, Philippines.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Department of Land Development Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. 135 p.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Method Manual. Retrieved from United States Department of Agriculture, United States of America.

Ponnamperuma, F.N. 1965. Dynamic Aspects of Flooded Soil and the Nutrition of the Rice Plant, pp. 295-328. *In*: Proceedings of a Symposium at the IRRI. February 1964, Johns Hopkins university, Maryland.

Rice Knowledge Bank. 2014. Saving water. Alternate Wetting Drying (AWD). (Online). Available Source: http://www.knowledgebank.irri.org/training/fact-sheets/water-management/saving-water-alternate-wetting-drying-awd (January 18, 2022).

Schmieder, F., L. Bergström, M. Riddle, J.P. Gustafsson, W. Klysubun, F. Zehetner, L. Condron and H. Kirchmann. 2018. Phosphorus speciation in a long-term manure-amended soil profile-Evidence from wet chemical extraction, 31P-NMR and P K-edge XANES spectroscopy. Geoderma 322: 19-27.

Slocum, R.D., R. Kaur-Sawhney and A.W. Galson. 1984. The physiology and biochemistry of polyamines in plants. Archives of Biochemistry and Biophysics 235(2): 283-303.

Sukitprapanon, T., M. Jantamenchai, D. Tulaphitak, N. Prakongkep, R.J. Gilkes and P. Vitykon. 2021. Influence of application of organic residues of different biochemical quality on phosphorus fractions in a tropical sandy soil. Agronomy 11(248): 1-14.

Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Philippines. 269 p.