ผลของชนิดของดิน ระดับความชื้นและค่า pH ของดิน ต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ

Effects of soils, water regimes and pH on availability of phosphorus fractions

ณฐมณ กันธิยะ[1*] และ ศุภธิดา อ่ำทอง[1]

Natamol Kanthiya[1*] and Suphathida Aumtong[1]

บทคัดย่อ: ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากและมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช การปลูกข้าวโดยให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งนอกจากเป็นวิธีในการปลูกข้าวในพื้นที่ขาดแคลนน้ำแล้ว ยังลดการปลดปล่อยมีเทนสู่บรรยากาศ และส่งผลให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์มากขึ้นโดยเฉพาะ P ในสารละลายดิน อีกทั้งยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่เพิ่มสูงขึ้นหรือลดลง จะส่งผลต่อการดูดใช้ P ของข้าว วัตถุประสงค์ของการเสนองานวิจัยนี้เพื่อศึกษาผลของชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ (P-fractions) และความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ต่อ P โดยวางแผนการทดลองแบบ 3×3 factorial in RCBD ปัจจัยที่ 1 คือชนิดดิน ประกอบด้วย 3 ชนิดดิน ได้แก่ดินหางดง(Hd) น้ำพอง(Ng) และสรรพยา(Sa) และปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความชื้น 3 รูปแบบ ได้แก่ เปียกสลับแห้งรักษาความชื้นที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3) เปียกสลับแห้งรักษาระดับความชื้นของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat.) และขังน้ำเหนือดิน (WL) 5 ซม. ผลการศึกษาพบว่า ชนิดของดินหางดง (Hd) พบ P ในส่วนอะลูมินัมฟอสเฟต (Al-P), เหล็กฟอสเฟต (Fe-P), รีดักแตนท์ฟอสเฟต (P-Red) ปริมาณที่สูง ดินสรรพยา (Sa) พบ P ในส่วนสารละลายฟอสฟอรัสในดิน (P-solution), แคลเซียมฟอสเฟต (Ca-P) ปริมาณที่สูง สำหรับผลของความชื้นระดับต่างๆพบว่า การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งจะมีปริมาณ P-fractions ในส่วน P-solution, Fe-P และ Ca-P ปริมาณที่สูงกว่าการจัดการน้ำแบบน้ำขัง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปของเหล็กในดิน ปฏิสัมพันธ์ของ P-fractions กับค่า pH พบว่าเมื่อ pH สูงขึ้น P-solution และ Al-P ในดินจะปริมาณสูงด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อ pH ในดินลดลงพบว่าปริมาณ Fe-P, P-Red, Ca-P สูงขึ้น

คำสำคัญ: ฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ, เปียกสลับแห้ง, ดินนา

ABSTRACT: Phosphorus (P) is a nutrient that plants need large quantities and essential for the growth of plants. Alternate wet and dry is the contemporary rice growing in water- scarce areas , reduce the release of methane into the atmosphere. And result in a more than availability of plant nutrients, especially P in solution. the reducing of uptake P of rice would be affected by changes in the soil pH with high or low. This study aim to investigate: effects of soil types; water management for availability of phosphorus in various parts (P-fractions) and a relationship between pH and phosphorus. 3×3 factorial in RCBD is employed for the experimental plan.Factor 1 was soil types-Hangdong (Hd), Nampong (Ng) and Sapphaya (Sa). Factor 2 was 3 forms of moisture level-alternate wet and dry which maintained moisture at 0.3 bar (AWD0.3); alternate wet and dry which maintained moisture of saturated soil by water (AWDsat.); and waterlogging 5 cm. above soil (WL). Findings showed that Hd was highest aluminum phosphate (Al-P), iron phosphate (Fe-P) and reductant phosphate (P-Red). For Sapphaya soil (Sa), it was highest amount of P in soil solution (P-solution) and calcium phosphate (Ca-P). Regarding various moisture levels, it found that rice growing in the alternate wet and dry system was higher the amount of P-fractions in P-solution, Fe-P and Ca-P than that of the waterlogging system. This was due to change of iron form in the soil. For the interaction of P-fractions with pH, found that there was an increase in soil pH and the amount of P-solution and the Al-P increased also. However, when pH in the soil decreased found that an increase in an amount of Fe-P, P-Red and Ca-P.
Keywords: phosphorus fractions, alternate wetting and drying, paddy soil

[1] สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Soil Science Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University

* Corresponding author: natamol_mkarn@hotmail.com

บทนำ

ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากและมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต แต่ในดิน P ที่มีอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ต่ำ เมื่อเทียบกับปริมาณของไนโตรเจน และโพแทสเซียม โดยเฉลี่ยแล้วในดินมีปริมาณ P ทั้งหมดเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบและถูกดูดยึดเอาไว้ทำให้ละลายน้ำยาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทำให้เกิดการขาด P ได้ รูปของ P ที่พืชดูดใช้ คือโมโนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) จะดูดใช้ได้ดีกว่ารูปไดฟอสเฟตไอออน ($HPO_4^=$) P ในดินแบ่งเป็น 2 พวกใหญ่ๆ คือ สารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต (Organic P) และอนินทรีย์ฟอสเฟต (Inorganic P) ในดินปลูกข้าวส่วนใหญ่ อนินทรีย์ฟอสเฟตมีความสำคัญมากกว่าอินทรีย์ฟอสเฟต (ถวิล, 2527)

เนื้อดินเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเปลี่ยนแปลงของ P ในดิน โดยดินเนื้อละเอียด ปริมาณฟอสเฟตในดินมีค่าลดลงเพราะถูกดูดซับเข้าไปที่อนุภาคของดิน (ทัศนีย์, 2550) สำหรับดินเนื้อหยาบนั้นมีการแพร่กระจายของ P สูงกว่าดินเนื้อละเอียด เนื่องจากดินเนื้อละเอียดมีการตรึง P ในปริมาณที่สูง (Sanchez, 1976; Brady, 1990 อ้างโดย บุญเลิศ, 2537) ซึ่งเห็นได้จากในดินทรายที่นำมาปลูกข้าวมักพบว่าขาด P (Kirk et al., 1990)

การปลูกข้าวโดยให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งเป็นการปลูกข้าวแบบประหยัดน้ำ และเป็นแนวทางในการปลูกข้าวในพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ ลดการเกิดมีเทนซึ่งส่งผลต่อการเกิดภาวะโลกร้อน อีกทั้งยังส่งผลให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์มากขึ้น โดยเฉพาะทำให้ความเข้มข้นของ P เพิ่มสูงขึ้น (Hook et al., 1988) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในดิน (ทัศนีย์, 2550) และยังพบว่าการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงโดยช่วงที่มีการขังน้ำ Fe (III) เปลี่ยนเป็น Fe (II) แต่เมื่อระบายน้ำออกไป Fe (II) เกิดเป็นเหล็กออกไซด์ พบเป็นจุดประเกิดขึ้นในดิน การเปลี่ยนแปลงของเหล็กที่เกิดขึ้นส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของ P ในดิน Tanaka et al. (1969) ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH จะเกี่ยวข้องกับการลดลงของ Fe เนื่องจากมีความสำคัญต่อการปลดปล่อย P ในดิน โดยรูปของ P ในดินสามารถเปลี่ยนรูปไปมาจากการเปลี่ยนแปลงค่า pH คือเมื่อ pH ต่ำ P ในรูปของ Ca-P จะเปลี่ยนเป็น Al-P และ Fe-P เมื่อ pH สูงขึ้น Al-P, Fe-P เปลี่ยนรูปไปเป็น Ca-P นอกจากการทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชแล้ว ยังสามารถลดต้นทุนการผลิต, เมล็ดพันธุ์, การใช้น้ำ, การใช้ปุ๋ยใช้ยา และการใช้แรงงาน วัตถุประสงค์ของการเสนองานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาความเป็นประโยชน์ของ P ในรูป Inorganic P ในชุดดินที่มีความแตกต่างทางกายภาพและความสัมพันธ์ของค่า pH ของดินต่อความเป็นประโยชน์ของ P ในส่วนต่างๆ

วิธีวิจัยและการดำเนินงาน

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in RCBD มี 9 Treatment และ 3 ซ้ำ ทั้งหมด 27 กระถาง ปัจจัยที่ 1 คือชนิดดิน 3 ชนิดได้แก่ ชุดดินหางดง(Hd), น้ำพอง(Ng) และสรรพยา(Sa) ปัจจัยที่ 2 คือระดับความชื้น 3 ระดับ ได้แก่ เปียกสลับแห้งรักษาความชื้นของดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3), เปียกสลับแห้งที่ระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat.) และขังน้ำเหนือดิน (WL) 5 ซม. ระดับความชื้นที่ AWD0.3 และ AWDsat. นั้นเป็นการให้น้ำในรูปแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำเหนือดิน 5 ซม. จากนั้นปล่อยให้ความชื้นแต่ละชนิดดินลดลงไม่ให้ต่ำกว่า 0.3 บาร์ (ความชื้นที่ระดับความเครียด 0.3 บาร์ของดิน Ng, Hd, Sa เท่ากับ 12.9,16.2 และ 22.3% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับการทดลองดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยให้น้ำเหนือระดับดิน 5 ซม.จากนั้นให้ความชื้นลดลงในลักษณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งการควบคุมระดับความชื้นดังกล่าวเป็นการชั่งน้ำหนักกระถางดิน สำหรับการให้น้ำแบบ WL นั้นให้ขังน้ำเมื่อต้นข้าวอายุ 20 วัน เริ่มให้น้ำตามตำรับการ

ทดลอง **การเตรียมตัวอย่างดิน** : เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ที่ไม่มีการทำการเกษตร ที่ความลึก 0-15 ซม. นำมาผึ่งลมให้แห้ง แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 4 มม. ชั่งดิน 3 กก. ใส่กระถางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 ซม. สูง 15 ซม. จากนั้นผสมดินกับน้ำเพื่อเลียนแบบการทำเทือกแล้วทิ้งไว้ 24 ชม. สำหรับการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้น นำเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านคัดเลือกเมล็ดคุณภาพดี (โดยแช่น้ำ) แช่น้ำไว้ประมาณ 1 วัน แล้วนำเมล็ดมาเก็บไว้ในห่อผ้ารอให้เมล็ดข้าวมีรากยาวประมาณ 0.5 ซม. จึงนำมาหยอดลงในดินที่เตรียมไว้กระถางละ 3-5 เมล็ด และเมื่อต้นข้าวอายุ 20 วัน ทำการถอนให้เหลือเพียงกระถางละ 1 ต้น **การวิเคราะห์ดิน**: เก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อข้าวอายุครบ 80 วัน แล้วนำดินมาวิเคราะห์ค่า pH โดยใช้น้ำเป็นสารสกัด ใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Thomas, 1996) จากนั้นนำดินมาวิเคราะห์ P-fractions (Chang and Jackson, 1957 อ้างโดย บุญเลิศ, 2537) โดยนำดินมาสกัดครั้งแรกเพื่อหา P-solutions โดยใช้ 1M NH_4Cl เป็นตัวสกัด จากนั้นสกัดส่วน Al-P โดยใช้ 0.5 M NH_4F (pH 8.2) เป็นตัวสกัด ส่วนต่อมา Fe-P ใช้ 0.1M

NaOH เป็นตัวสกัด ในส่วน P-reductant จะใช้ 0.3 M $Na_3C_6H_5O_7$ และ 1M $NaHCO_3$ เป็นตัวสกัด ในส่วนสุดท้ายจะสกัดหา Ca-P โดยใช้ 0.25 M H_2SO_4 เมื่อทำการสกัดจนครบจึงนำมาทำให้เกิดสีโดยวิธีโมลิบดินัมบลู (Molybdenum blue method) โดยใช้กรดแอสคอร์บิคเป็นตัวรีดิวซ์ (Murphy and Riley, 1962) วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวิสิสเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Visible spectrophotometer) **การวิเคราะห์ข้อมูล**: วิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Design (RCBD) ในประเด็นรูปแบบการจัดการน้ำชนิดของดินต่อความเป็นประโยชน์ของ P ในส่วน Inorganic P ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์หอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของชนิดดินและระดับความชื้นต่อความเป็นประโยชน์ของ P-fraction

ผลการศึกษาพบว่าในส่วน P-solution ชุดดิน Sa มีค่าสูงสุดที่ 16.72 mg kg^{-1} ดิน Ng มีค่า 11.72 mg kg^{-1} ดิน Hd มีค่าต่ำสุดที่ 7.74 mg kg^{-1} Carreira et al. (2006) และ Shaheen et al. (2007) พบว่าดินเนื้อละเอียดมีบทบาทในการดูดยึดและคาย P ปริมาณสูง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าในชุดดิน Hd มีปริมาณ P ที่ละลายออกมาในสารละลายดินมีค่าต่ำสุด ระดับความชื้นต่างๆที่ AWD0.3 พบ P-solution มีค่าสูงสุดที่ 15.69 mg kg^{-1} ในส่วน AWDsat.,WL มีค่าไม่แตกต่างกัน ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินต่อระดับความชื้นพบว่า ดิน Sa0.3 มีผลต่อ P-solution สูงสุดที่ 21.80 mg kg^{-1} รองลงมา Sasat., Ng0.3 มีค่า 18.13, 17.11 mg kg^{-1} และพบว่า Ngsat., Hdsat. มีค่าต่ำสุดที่ 5.96, 8.17 mg kg^{-1} พบได้ว่าเมื่อดินเมื่อการทำให้เปียกสลับแห้งปริมาณ P จะละลายออกมาอยู่ในสารละลายที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงและมักพบในดินเนื้อหยาบ หากพื้นที่ที่ทำการเกษตรมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเนื้อหยาบ ควรทำนาแบบเปียกสลับแห้งแต่ถ้าพื้นที่นั้นเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียดการทำนาแบบน้ำขังจะมีผลต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของ P ในปริมาณที่สูง (**Table 1**) ในส่วน Al-P พบว่าดิน Hd มีปริมาณ Al-P สูงสุดที่ 33.59 mg kg^{-1} ดิน Ng มีค่า 26.42 mg kg^{-1} ดิน Sa มีค่าต่ำสุดที่ 16.92 mg kg^{-1} เนื่องจากในดินเนื้อละเอียดการตรึงฟอสเฟตมีปริมาณที่สูง การแลกเปลี่ยนฟอสเฟตในสารละลายดินในอะลูมินัมจะเกิดขึ้นคล้ายๆ กับที่เกิดขึ้นในเหล็กเพราะ P ถูกดูดซับที่ผิวอนุภาคดินปริมาณสูง (Haseman et al., 1950) ที่ระดับความชื้นต่างๆ พบว่า WL มีค่าสูงสุด 32.67 mg kg^{-1} และ AWDsat. มีค่าต่ำสุดที่ 20.14 mg kg^{-1} ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินต่อระดับความชื้นพบว่า ดิน HdWL มีค่าสูงสุดที่ 40.36 mg kg^{-1} ดิน Sasat. มีค่าต่ำสุด 10.16 mg kg^{-1} (**Table 1**) ในส่วน Fe-P พบว่าดิน Hd มีปริมาณ Fe-P

สูงสุดที่ 155.99 mg kg^{-1} ดิน Ng มีค่าต่ำสุดที่ 46.86 mg kg^{-1} เนื่องจากในดินเนื้อละเอียด P จะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคสูง โดยจะยึดอยู่กับ Fe ดังนั้นจึงพบว่าดิน Hd จึงมีปริมาณ Fe-P สูงกว่าดินชนิดอื่น ที่ระดับความชื้นต่างๆพบว่า AWD0.3 มีปริมาณ Fe-P สูงสุดที่ 107.34 mg kg^{-1} ในส่วน AWDsat., WL มีค่าไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการขังน้ำทำให้ Fe เปลี่ยนรูปเป็น Fe(II) ทำให้ปริมาณ P ในดินอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินต่อระดับความชื้นพบว่า ดิน HdWL มี Fe-P สูงที่สุด 174.72 mg kg^{-1} ดิน Ngsat., NgWL มีค่าต่ำสุดที่ 12.82, 18.44 mg kg^{-1} ตามลำดับ (**Table 1**) ในส่วน P-Red พบว่าดิน Hd มีค่าสูงสุด 43.04 mg kg^{-1} ดิน Ng มีค่า 34.12 mg kg^{-1} ดิน Sa มีค่าต่ำสุดที่ 23.74 mg kg^{-1} ที่ระดับความชื้นต่างๆพบว่า WL มี P-Red สูงสุดที่ 35.55 mg kg^{-1} AWDsat. มีค่า 33.70 mg kg^{-1} และ AWD0.3 มีค่าต่ำสุดที่ 31.65 mg kg^{-1} ปริมาณของ P ในส่วนนี้พบในดินน้ำขังในปริมาณที่สูง เนื่องจากปริมาณ P-Red ส่วนใหญ่จะละลายออกมาในปริมาณที่สูงในขณะที่ออกซิเจนในดินกำลังเริ่มลดลง (Sanchez, 1976) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินต่อระดับความชื้นพบว่า ดิน Hd0.3, Hdsat. มี P-Red สูงสุดที่ 52.17, 51.16 mg kg^{-1} ตามลำดับ และพบว่า Sa0.3, Sasat มี P-Red ต่ำสุดที่ 15.37, 17.36 mg kg^{-1} (**Table 1**) ในส่วน Ca-P พบว่าดิน Sa มีค่าสูงสุด 22.20 mg kg^{-1} ดิน Ng มีค่า 21.42 mg kg^{-1} ดิน Hd มีค่าต่ำสุด 19.45 mg kg^{-1} ระดับความชื้นต่างๆพบว่า AWD0.3, WL มี Ca-P สูงสุด 21.15, 21.65 mg kg^{-1} ตามลำดับ AWDsat. มีค่าต่ำสุด 20.27 mg kg^{-1} ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดินต่อระดับความชื้นพบว่า Ng0.3 มี Ca-P สูงสุดที่ 24.42 mg kg^{-1} Ngsat. มีค่าต่ำสุด 16.78 mg kg^{-1} ดินที่มีการทำเปียกสลับแห้งทำให้ค่า pH ในดินมีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณ P ในดินจะเกิดการเปลี่ยนรูปจาก Al-P, Fe-P เป็น Ca-P จึงทำให้พบปริมาณ Ca-P ในดินสูง (**Table 1**) Cholitkul and Tyner (1971) ได้ศึกษาถึงความเป็นประโยชน์ของ P ในดินนาของไทย พบว่ามีปริมาณ Inorganic P ในรูป Fe-P สูงสุด รองลงมาคือ P-Red, Al-P, Ca-P ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Phongphan (1977) ที่ศึกษารูปของ Inorganic P ในดินนาบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง พบว่า Fe-P มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมา คือ Red-P ส่วน Ca-P และ Al-P มีปริมาณรองลงมาตามลำดับ การทำนาแบบเปียกสลับแห้งจะได้ผลดีขึ้นอยู่กับว่าชาวนามีความรู้เรื่องการจัดการน้ำมากเพียงใด ในดินนาที่มีอินทรียวัตถุสูง ใส่ปุ๋ยอัตราสูง การปล่อยน้ำออกหลังการแตกกอจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (ศุภธิดา, 2555)

Table 1 Effect of soils and water regimes on P-fractions

soil	P-solution (mg kg^{-1})	Al-P (mg kg^{-1})	Fe-P (mg kg^{-1})	P-Red (mg kg^{-1})	Ca-P (mg kg^{-1})
Sa	16.72A	16.92C	66.63B	23.74C	22.20A
Ng	11.72B	26.42B	46.86C	34.12B	21.42B
Hd	7.74C	33.59A	155.99A	43.04A	19.45C
Water					
AWD0.3	15.69**a**	24.12**b**	107.34**a**	31.65**c**	21.15**a**
AWDsat	10.26**b**	20.14**c**	79.43**b**	33.70**b**	20.27**b**
WL	10.23**b**	32.67**a**	82.72**b**	35.55**a**	21.65**a**
Interaction					
Sa0.3	21.80a	20.52ef	71.19d	15.37f	20.85c
SaSat	18.13b	10.16g	68.10d	17.36f	23.24b
SaWL	10.23d	20.08f	60.61d	38.47c	22.52b
Ng0.3	17.11b	20.00f	109.31c	27.42e	24.42a
NgSat	5.96f	21.71e	12.82e	32.57d	16.78f
NgWL	12.10c	37.56b	18.44e	42.37b	23.05b
Hd0.3	8.17e	31.85c	141.51b	52.17a	18.17e
HdSat	6.70f	28.55d	151.73b	51.16a	20.80c
HdWL	8.36e	40.36a	174.72a	25.80e	19.37d

Note: Sa=Sap-pa-ya, Ng=Nam-pong , Hd=Hang-dong, Alternate wetting and drying at saturated soil 0.3 = 0.3 bar, AWD sat. = Alternate wetting and drying at saturated soil, WL = Waterlogging, Sa0.3=Sap-pa-ya with Alternate wetting and drying at saturated soil 0.3, Sasat.=Sap-pa-ya with Alternate wetting and drying at saturated soil, SaWL=Sap-pa-ya with Waterlogging, Ng0.3= Nam-pong with Alternate wetting and drying at saturated soil 0.3, NgSat.= Nam-pong with Alternate wetting and drying at saturated soil, NgWL= Nam-pong with Waterlogging, Hd0.3= Hang-dong with Alternate wetting and drying at saturated soil 0.3, Hdsat.= Hang-dong with Alternate wetting and drying at saturated soil, HdWL= Hang-dong with Waterlogging, P-Solution = Phosphorus in solution, Al-P = Aluminum phosphate, Fe-P = Ferric phosphate, P-Red = Reductant soluble phosphate, Ca-P = Calcium phosphate (P =0.05, CV=2.005)

ผลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่มีผลต่อปริมาณ P-fractions ในส่วนต่าง ๆ

จาก Table 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อ P-fractions ในส่วนต่างๆ เมื่อดินมีการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง Ca-P มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P ที่ P <0.93 โดยมีค่า r เท่ากับ -0.01 ในส่วนของ Fe-P มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับ Al-P และ Ca-P ที่ P <0.00, P <0.46 โดยมีค่า r เท่ากับ 0.96, 0.14 ตามลำดับ ในส่วนของ pH มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P, Ca-P, Fe-P ที่ P <0.77, P <0.00, P <0.37 โดยมีค่า r เท่ากับ -0.05, -0.88,-0.17 ตามลำดับ ในส่วนของ P-solution มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับ Al-P, Fe-P, pH ที่ P <0.00, P <0.03, P <0.00 โดยมีค่า r เท่ากับ 0.52, 0.40,0.72 ตามลำดับ และมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Ca-P ที่ P <0.00 โดยมีค่า r เท่ากับ -0.80 ในส่วนของ P-Red มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P, Fe-P, pH, P-solution ที่ P <0.00 โดยมีค่า r เท่ากับ -0.61, -0.52, -0.63, -0.85 ตามลำดับ และพบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับ Ca-P ที่ P <0.00 โดยมีค่า r เท่ากับ 0.68 ดินนาที่มีการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนตลอดเวลาจากอิทธิพลของการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้ง ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง แต่ปริมาณ P ในส่วน Al-P, Fe-P จะเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากในระหว่างที่ดินถูกทำให้เปียกสลับแห้ง เกิดการเปลี่ยนรูปของ Fe (III) เปลี่ยนเป็น Fe (II) (Khalid et al., 1977) Yuan et al. (1960) พบว่าการให้น้ำแบบเปียกสลับแห้งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนรูปของสารประกอบ P ในดิน โดยอะลูมินัมจะมีการตรึงฟอสฟอรัสปริมาณที่สูงกว่าเหล็ก ซึ่ง P ที่ถูกตรึงโดยอะลูมินัมนั้นจะค่อยๆ เปลี่ยนไปเป็น Fe-P

Table 2 Correlation coefficients of phosphorus fractions with alternate wetting and drying

P-fraction		Al-P	Ca-P	Fe-P	pH
P-solution					
Ca-P	r	-0.01			
	p-value	0.93			
Fe-P	r	0.96	0.14		
	p-value	0.00	0.46		
pH	r	-0.05	-0.88	-0.17	
	p-value	0.77	0.00	0.37	
P-solution	r	0.52	-0.80	0.40	0.72
	p-value	0.00	0.00	0.03	0.00
P-Red	r	-0.61	0.68	-0.52	-0.63	-0.85
	p-value	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Note: P-Solution = Phosphorus in solution, Al-P = Aluminum phosphate, Fe-P = Ferric phosphate, P-Red = Reductant soluble phosphate, Ca-P = Calcium phosphate

ผลของชนิดของดินและค่า pH ต่อปริมาณ P-fractions ในส่วนต่างๆ

จาก **Table 3** ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ต่อ P-fractions พบว่าในส่วน P-solution เมื่อค่า pH สูงขึ้น ปริมาณ P ในส่วนของ P-solution จะมีสหสัมพันธ์ทางตรงทางสถิติ คือ เมื่อ pH เพิ่มปริมาณ P-solution ก็จะเพิ่มตาม มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกที่ $P < 0.00$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.39 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ต่อ Al-P พบว่าเมื่อ pH เพิ่ม ปริมาณ Al-P ในดินจะมีค่าสูงขึ้น มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกที่ $P < 0.57$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.06 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ต่อ Fe-P พบว่า เมื่อ pH เพิ่มสูงขึ้น Fe-P จะลดลง มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบที่ $P < 0.03$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.23 สารละลาย Al-P, Fe-P จะถูกควบคุมโดย pH ของดินและพบว่าปริมาณสารละลายฟอสเฟตของ Al-P, Fe-P จะละลายออกมาในปริมาณที่สูงเมื่อ pH มีค่าใกล้เคียง 6 (Stumm and Morgan, 1970) ในส่วน P-Red เช่นเดียวกับ Fe-P พบว่าเมื่อ pH เพิ่มสูง ปริมาณ P-Red จะค่อยๆลดลง มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบที่ $P < 0.01$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.27 ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า pH ต่อ Ca-P พบว่า เมื่อ pH เพิ่มสูงขึ้น ปริมาณ Ca-P จะลดลง มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบที่ $P < 0.00$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.48 (**Table 2**) การที่ดินกรดมีค่า pH ที่สูงขึ้นและดินด่างมี pH ที่ลดลง มีผลให้ข้าวดูดอาหารได้ดีขึ้น รวมทั้งเพิ่มความเป็นประโยชน์ของ P ทัศนีย์ (2550) กล่าวว่า P ในรูปของ Al-P ในดินที่มี pH ต่ำ และ P ในรูปของ Ca-P ในดินที่มี pH ที่สูง การที่ค่า pH ในดินเริ่มสูงขึ้น Al-P จะละลายออกมาได้ดีขึ้น และการลดลงของ pH ทำให้ Ca-P ละลายออกมาได้ดีขึ้น ทำให้ได้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น

Table 3 Correlation coefficients of phosphorus fractions with pH.

P-fraction	pH	
	r	*p*-value
P-solution	0.39	0.00
Al-P	0.06	0.57
Fe-P	-0.23	0.03
P-Red	-0.27	0.01
Ca-P	-0.48	0.00

Note: P-Solution = Phosphorus in solution, Al-P = Aluminum phosphate, Fe-P = Ferric phosphate, P-Red = Reductant soluble phosphate, Ca-P = Calcium phosphate

สรุป

รูปแบบการจัดการน้ำและชนิดของดิน ที่มีผลต่อปริมาณ P-fractions ในส่วนต่างๆ พบว่า ชนิดของดิน Hd จะมีผลต่อการเพิ่ม P ในส่วน Al-P, Fe-P และ P-Red แต่ใน P-solution และ Ca-P พบในดิน Sa ปริมาณสูงที่สุด ในส่วนรูปแบบการจัดการน้ำพบว่า AWD0.3 พบ P ในส่วน P-solution, Fe-P และ Ca-P ในปริมาณที่สูง และพบว่าที่ WL พบ P ในส่วน Al-P, P-Red และ Ca-P ในปริมาณที่สูงด้วย ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำต่อชนิดของดินพบว่า ดิน Sa รูปแบบการจัดการน้ำ AWD0.3 มีปริมาณ P-solution ในระดับที่สูง ส่วน HdWL มีปริมาณ Al-P, Fe-P สูงที่สุด ในส่วน P-Red จะพบใน Hd0.3 และ Hdsat มากที่สุด และพบว่า Ca-P จะพบใน Ng0.3 สูงที่สุด ผลจากความสัมพันธ์ระหว่างการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อ P-fractions พบว่า Ca-P มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P, P-solution, P-Red และ pH แต่มี

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับ Fe-P ในส่วน pH มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P, Ca-P, Fe-P ในส่วน P-solution มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับ Al-P, Fe-P และ pH ในส่วน P-Red มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางลบกับ Al-P, Fe-P, pH, P-solution ผลจากความสัมพันธ์ระหว่าง P-fractions ต่อ pH ของดิน พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นพบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับ P-solution ที่ $P < 0.00$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.39 และ Al-P ที่ $P < 0.57$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.06 แต่เมื่อ pH ในดินลดลงส่งผลให้มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงลบกับ Fe-P ที่ $P < 0.03$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.23, P-Red ที่ $P < 0.01$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.27, Ca-P ที่ $P < 0.00$ โดยมีค่า r เท่ากับ -0.48

คำขอบคุณ

บทความเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการพัฒนารูปแบบจัดการดินและน้ำในระบบการปลูกข้าวเพื่อการประหยัดน้ำขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ในการสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์วิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภธิดา อ่ำทอง. 2555. ดินนาและการจัดการ. คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2550. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถวิล ครุฑกุล. 2547. ธรรมชาติและคุณสมบัติของฟอสฟอรัสในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Brady, N.C. 1990. The Nature and Properties of Soils. 10th edition. New York: MacMillan, Inc. 351-368 p. อ้างโดย บุญเลิศ คุ้มนก. 2537. อิทธิพลของความเป็นกรดด่าง ต่อการดูดยึดอนุมูลฟอสเฟตในดินบนที่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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. J. Arid Environ. 64: 460-473.

Cholitkul, W., and E.H. Tyner. 1971. Inorganic phosphate fractions and their relation some chemical indices of phosphate availability for some low land rice soils of Thailand. Pro. Int. Symp. Soil Fert. Evaluation., New Delhi.

Chang, S.C. and Jackson, M.L. 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. Soil Sci. 84: 133-144. อ้างโดย บุญเลิศ คุ้มนก. 2537. อิทธิพลของความเป็นกรดด่าง ต่อการดูดยึดอนุมูลฟอสเฟตในดินบนที่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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. 1988. The Ecology and Managemant of Wetlands, vol.1: Ecology of Wetlands. Timber Press, U.S.A.

Khalid, R. A., Jr. W. H. Patrickand, and R. D. Delaune. 1977. Phosphorus sorption characteristics of flooded soils. Soil Science. Soc. Amer. J. 41: 305-10.

Kirk, G.J.D., T.R. Yu, and F.A. Choudhury. 1990. Phosphorus chemistry in relation to water regime. pp. 211-223. In: Phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania. IRRI, Manila, Philippines.

Murphy, J., and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in Natural waters. Anal. Chim Acta. 27: 31-36.

Phongphan, S. 1977. Influence of Submergence on Inorganic Phosphorus Transformation and the Relation Between Inorganic Phosphorus and Phosphorus Availability by Chemical Test of Rice Soils in the Central Plain. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok.

Sanchez. P.A. 1976. Properties and management of soil in the tropics. John Wiley and Sons. Inc, New York.

Shaheen, S.M., C.D. Tsadilas, and S. Stamatiadis. 2007. Inorganic phosphorus forms in some entisols and aridiso ls of Egypt. Geoderma. 142: 217-225.

Stumm, W. and J.J. Morgan. 1970. Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural water. Wiley-Interscience, New York.

Tanaka, A., N. Watanabe, and Y. Ishizuka. 1969. Acritical study of the phosphorus concentration in the soil solution of submerged soils. Journal of Soil Science and Manure of Japan. 40: 406-414.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. pp. 475-490. In: Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical methods (ed. D.L.Sparks), Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, USA.