แก่นเกษตร 41 (3) : 221-230 (2556). KHON KAEN AGR. J. 41 (3) : 221-230 (2013).

การใช้ปุ๋ยซัลเฟตเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์สกลนครและผลต่อคุณสมบัติดิน

Use of sulfate fertilizer for increasing rice yield cv. Sakol Nakhon and its effect on soil properties

พัชรี แสนจันทร์[1*], จำนงค์ ตระกูลรัมย์[1] และ นิภา ธรรมโสม[1]

Patcharee Saenjan[1*], Jamnong Tragoolram[1] and Nipa Thammasom[1]

บทคัดย่อ: ซัลเฟต (SO_4^{2-}) เป็นสารอาหารที่จำเป็นมากต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตข้าว งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราซัลเฟตต่อผลผลิตข้าวและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สกลนคร และต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน ตำรับทดลอง ได้แก่ อัตราซัลเฟต 4 อัตรา: 0, 100, 200 และ 300 กก. SO_4^{2-}/เฮกแตร์ ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตซัลเฟต (16-20-0, 42% SO_4^{2-}) เป็นปุ๋ยหลัก โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ดินนาทดลองเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง วางแผนการทดลองแบบ RCBD 3 ซ้ำ ผลการทดลองพบว่าการใส่ซัลเฟตทำให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวงและการเติมเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น ผลผลิตข้าวของตำรับที่ได้รับซัลเฟตไม่ต่างกันทางสถิติอยู่ในช่วง 7.71-8.41 ตัน/เฮกแตร์ ในขณะที่ตำรับที่ไม่ได้รับปุ๋ยให้ผลผลิตข้าวเพียง 1.9 ตัน/เฮกแตร์ ซัลเฟตให้น้ำหนักแห้งฟางข้าว และดัชนีเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น หลังขังน้ำในดินนา pH ของดินมีค่าเข้าใกล้ความเป็นกลาง ปริมาณไอออนต่างๆ ในปุ๋ยละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้น ส่งผลให้ค่า EC สูงขึ้น ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจนทั้งหมด แคลเซียมและแมกนีเซียมในดินลดลงหลังฤดูปลูก แอมโมเนียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟตมีปริมาณสูงที่สุดที่ระยะแตกกอ(หลังการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า) และลดลงตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว โพแทสเซียมมีปริมาณลดลงตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว ปริมาณเฟอร์รัสในดินลดลงตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว การเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุอาหารเหล่านี้ในดินแสดงให้เห็นว่าถูกพืชดูดใช้โดยตรง ถูกจุลินทรีย์ดินใช้สร้างมวลชีวภาพ แอมโมเนียมและซัลเฟตสูญเสียออกจากดินในรูปของก๊าซได้อีกทางหนึ่ง ฟอสฟอรัสและซัลเฟตถูกน้ำชะออกไปจากอนุภาคดินได้ง่ายเนื่องจากเป็นธาตุอาหารประจุลบ ส่วนเฟอร์รัสนอกจากพืชใช้แล้วยังถูก oxidized ในบริเวณรากข้าวทำให้ปริมาณลดลง

คำสำคัญ: ซัลเฟต, ผลผลิตข้าว, องค์ประกอบผลผลิต, ข้าวเหนียว

ABSTRACT: Sulfate (SO_4^{2-}) is essential for rice growth and grain production. This experiment focused on the influence of the rates of sulfate on rice yield and the components of glutinous rice of cv. Sakon Nakhon. Experimental treatments consisted of 4 rates of sulfate: 0, 100, 200 and 300 kg SO_4^{2-} ha^{-1}. Ammonium phosphate sulfate was employed (16-20-0, 42% SO_4^{2-}) as the source of sulfate with two split applications. A silty-clay paddy soil was tested with treatments laid out in RCBD with 3 replications. The results showed that sulfate improved not only the number of complete grain per panicle, but also the percentage of filled grain. Rice yields were not different among sulfate treatments with the range of 7.71-8.41 t ha^{-1} while those without sulfate gave only 1.9 t ha^{-1}. Sulfate gave more rice straw weight and higher harvest index. After paddy soil was submerged, the pH increased to near neutral. Various ions from the fertilizer dissociate in the soil solution, resulting in higher EC. The contents of organic carbon, total nitrogen, calcium and magnesium in the soil after rice harvest were lower than the values before rice planting. Ammonium, phosphorus and sulfate contents in the soil were highest during the tillering stage (after top dressing application) and decreased with the rice growth stages. The available phosphorus content in the soil decreased throughout the rice growth period. Changes to the mentioned plant nutrients manifested that they are subject to plant uptake; soil microbial assimilation; loss in form of gases from soil, especially for ammonium and sulfate; and leaching of anionic phosphorus and sulfate by water. Besides plant uptake of ferrous, this nutrient was also oxidized in the rice rhizosphere, rendering lower content.

Keywords: SO_4^{2-} , rice yield, yield components, glutinous rice

[1] สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น Land Resources and Environment, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author: patsae1@kku.ac.th

บทนำ

ซัลเฟต (sulfate, SO_4^{2-}) คือรูปของธาตุกำมะถัน (sulfur, S) ที่พืชใช้และจำเป็นมากต่อการเจริญเติบโต และการสร้างผลผลิตข้าว ปริมาณ S ทั้งหมดในดินอาจมีค่า 3-1,000 มก.S/กก. (Geneshmurthy et al., 1989) และในพืชจะอยู่ในช่วง 2,000-5,000 มม.S/กก. (Ali et al., 2008) พืชต้องการ S ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับฟอสฟอรัส S มีความจำเป็นต่อการสร้างกรดอะมิโน เช่น ซีสตีน (cystine) ซีสเตอีน (cysteine) และเมทไทโอนีน (methionine) ถ้าพืชขาด S จะทำให้พืชแคระแกร็น จำนวนต้นที่แข็งแรงลดลง รวงสั้น จำนวนช่อดอกต่อรวงน้อยลง ร่วมถึงการเจริญเติบโตช้าลงประมาณ 1-2 สัปดาห์ (Ali et al., 2008) ซึ่งการขาด S มักจะพบในพื้นที่ที่ปลูกข้าวของประเทศบังกลาเทศ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย พม่า ปากีสถาน ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา และไทย (Dobermann and Fairhurst, 2000) พืชมักแสดงอาการขาด S ในนาข้าวน้ำขัง เนื่องจากในสภาพน้ำขังซัลเฟตจะถูกรีดิวซ์ให้เป็น H_2S ซึ่งเป็นรูปที่เป็นพิษต่อข้าว (Rahman et al., 2007) และส่งผลโดยตรงต่อปริมาณผลผลิต

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกข้าวเป็นหลัก ซึ่งมีกำลังการผลิตข้าวมากเป็นอันดับ 6 (ประมาณ 19 ล้านตัน/ปี) มีการใช้ปุ๋ยที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบอย่างแพร่หลาย Ro et al. (2011) ได้รายงานการทดลองในกระถางเกี่ยวกับการใช้ซัลเฟตในอัตราต่างๆ โดยใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 (ซัลเฟต 42%) เพื่อศึกษาผลผลิตข้าวพันธุ์ชัยนาท1 แต่ในปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลการใช้อัตราซัลเฟตต่อผลผลิตข้าวเหนียวพันธุ์สกลนครและผลของการใส่ปุ๋ยซัลเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของอัตราซัลเฟตต่อผลผลิตข้าวเหนียวพันธุ์สกลนคร และต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในฤดูนาปรัง ระหว่างเดือนมกราคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2554 ในนาข้าวเกษตรกรในเขตชลประทานหนองหวาย บ้านหนองค้า ตำบลโนนท่อน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น (16° 32’ 50” N, 102° 51’ 17” E) อนุกรมวิธานดินเป็น Isohyperthermic Ustic Endoaquerts (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ดินทดลองมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) คุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินได้แสดงไว้ใน (**Table 1**)

Table 1 Chemical and physical properties of soil

Parameters	Value	Unit
Soil Texture	Silty Clay	-
Bulk density	1.40	g/cm
pH (1:1 H_2O)	5.14	-
EC (1:5)	0.04	dS/m
Total Nitrogen	0.83	g/kg
Organic carbon	10.08	g/kg
NH_4^+	15.40	mg/kg
Available P	3.27	mg/kg
Exchangeable Ca	1239	mg/kg
Exchangeable K	80	mg/kg
Exchangeable Mg	203	mg/kg
SO_4^{2-}	46	mg/kg
Fe^{2+} (28 days after submergence)	1018	mg/kg
Mn^{2+} (28 days after submergence)	123	mg/kg
Cation Exchange Capacity	14	cmol/kg

ในการทดลองได้ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตซัลเฟตสูตร 16-20-0 (ซัลเฟต 42%) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 4 ตำรับๆ ละ 3 ซ้ำ อัตราซัลเฟตที่ทดลองอยู่ในช่วง 0-300 กก./เฮกแตร์ โดยแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่วันหว่าน ครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวอายุ 51 วัน **(Table 2)** ในทุกตำรับปรับให้มีปริมาณ N, P_2O_5 และ K_2O เท่ากัน ยกเว้นอัตราซัลเฟต โดยปรับด้วยปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟตสูตร 18-46-0, ยูเรีย (N 46%), หินฟอสเฟต (P_2O_5 3%) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (K_2O 60%) สุดท้ายทุกตำรับได้รับ N, P_2O_5 และ K_2O เท่ากับ 123, 188 และ 75 กก./เฮกแตร์ ตามลำดับ

Table 2 Rates of sulfate used in this experiment

Treatment (kg SO_4^{2-}/ha)	Rates of SO_4^{2-} [1/] (kg/ha)		Ammonium phosphate sulfate[1/] (kg/ha)
	Basal (0 DAS[2/])	Top dressing (52 DAS[2/])	
Control[3/]	0	0	0
100	25	75	238
200	50	150	476
300	75	225	714

[1/] Ammonium phosphate sulfate, 16-20-0 (42% SO_4^{2-}); [2/] Days after sowing; [3/] ทุกตำรับได้รับ N, P_2O_5 และ K_2O เท่ากัน

ก่อนทดลองในพื้นที่มีตอซังเหลือ 3.28 ตัน/เฮกแตร์ และได้ไถกลบตอซังทิ้งไว้ในดิน 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจึงไถ คราด และทำเทือก ขึ้นรูปแปลงย่อยขนาด 4 x 4 m จำนวน 12 แปลง หว่านข้าวเหนียวพันธุ์สกลนครในอัตรา 125 ตัน/เฮกแตร์ เมื่อข้าวอายุ 9 วัน หลังหว่าน (DAS) จึงขังน้ำและรักษาระดับน้ำที่ความสูง 5-10 ซม. จากผิวดิน จนกระทั่ง 1 สัปดาห์ ก่อนการเก็บเกี่ยว ปล่อยให้น้ำแห้งโดยการคายระเหย

เก็บตัวอย่างดิน 5 ระยะของการทดลอง คือ ก่อนทดลอง ระยะต้นกล้า (ข้าวอายุ 38 DAS), ระยะแตกกอ (58 DAS), ระยะออกดอก (86 DAS) และระยะเก็บเกี่ยว (109 DAS) โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 ซม. ตากดินในร่ม (air dried) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เพื่อวิเคราะห์ pH, การนำไฟฟ้า (EC), ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total nitrogen), คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon), แคลเซียม (Ca), โพแทสเซียม (K), และแมกนีเซียม (Mg) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available) ส่วนความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)ได้วิเคราะห์เฉพาะในดินหลังเก็บเกี่ยว ในขณะเดียวกันเก็บตัวอย่างดินสดเพื่อวิเคราะห์ซัลเฟต (SO_4^{2-}), เฟอร์รัส (Fe^{2+}) และแอมโมเนียม (NH_4^+) และขณะเดียวกันได้เก็บตัวอย่างดินด้วย soil core เพื่อหาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว (Jeng et al. 2006) เก็บข้าวในพื้นที่ 1x1 ม. สุ่มต้นข้าว 25 ต้น เพื่อหาจำนวนเมล็ดดีต่อรวง ชั่งน้ำหนักข้าว 1,000 เมล็ด หาเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็ม ชั่งน้ำหนักฟางข้าว หาดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) โดยใช้แผนการทดลองแบบ RCBD เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตำรับการทดลองโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ด้วยโปรแกรม Statistix

Table 3 Effect of sulfate rates on grain yields and yield components (n=30)

SO_4^{2-} [1/] (kg/ha)	Filled grain /panicle	1000 grain weight (g)	Rice yield (t/ha)	Filled grain (%)	Straw (t/ha)	Harvest index (HI)
0	17 b[2/]	27.79	1.92 b	71.57 c	3.08 b	0.38 b
100	54 a	28.92	8.25 a	91.67 a	9.44 a	0.47 a
200	58 a	29.20	8.41 a	91.47 ab	8.92 a	0.48 a
300	70 a	29.75	7.71 a	86.55 b	9.29 a	0.45 a
F-test	**	ns	**	**	**	*
CV (%)	19	3	20	3	5	6

[1/] Ammonium phosphate sulfate (16-20-0, 42% SO_4^{2-}), [2/] the same letters are not significantly different, * significantly different at $p \leq 0.05$, ** significantly different at $p \leq 0.01$, ns: not significant.

ผลการศึกษา

ดินนาที่ใช้ทดลองมีเนื้อดินแบบเหนียวปนทรายแป้ง (Table 1) อยู่ในที่ลุ่ม มีค่า pH ต่ำ ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีปริมาณปานกลาง ส่วน CEC มีค่าสูง ค่าการนำไฟฟ้าต่ำ อาจกล่าวได้ว่า ดินนี้มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แต่ขาดธาตุฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามควรมีการจัดการดินให้เหมาะสมเพื่อให้ได้มาเพื่อผลผลิตที่สูงขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2537)

อิทธิพลของอัตราซัลเฟตต่อผลผลิตข้าวพันธุ์สกลนครและองค์ประกอบผลผลิต

จาก Table 3 พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตซัลเฟต ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 7.71 - 8.41 ตัน/เฮกแตร์ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ซึ่งให้ผลผลิตข้าวเพียง 1.9 ตัน/เฮกแตร์ ซึ่งจะเห็นว่าผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่า การใส่ปุ๋ยซัลเฟตให้จำนวนเมล็ดดีต่อรวง 54-70 เมล็ด เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีเพียง 17 เมล็ด ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ การไม่ใส่ปุ๋ยซัลเฟตและใส่ปุ๋ยซัลเฟตทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่ต่างกันอยู่ในช่วง 27.79-29.75 กรัม การใส่ปุ๋ยซัลเฟตทำให้เปอร์เซ็นต์การเติมเต็มเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 86.55 - 91.67% ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยซัลเฟตซึ่งมีเพียง 71.57% จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และการเติมเต็มเมล็ดทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยซัลเฟตยังมีผลทำให้น้ำหนักแห้งฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งด้วย ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 8.92 - 9.44 ตัน/เฮกแตร์ ในขณะที่ตำรับที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีน้ำหนักแห้งฟางข้าวเพียง 3.08 ตัน/เฮกแตร์ เช่นเดียวกับดัชนีเก็บเกี่ยวซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยซัลเฟตให้ธาตุ S เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน ที่มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างและการทำหน้าที่ของโปรตีนและเอนไซม์ในเนื้อเยื่อเจริญของพืช (vegetative plant tissue) ส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และจำนวนช่อดอกต่อรวงเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันขนาดของใบข้าวเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งขนาดของใบมีความสำคัญในการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้แป้งสำหรับลำเลียงไปยังเมล็ดข้าว (Haneklaus et al., 2007) การใส่ปุ๋ยซัลเฟตจึงทำให้ได้ผลผลิตข้าวสูงขึ้น (Ro et al., 2011)

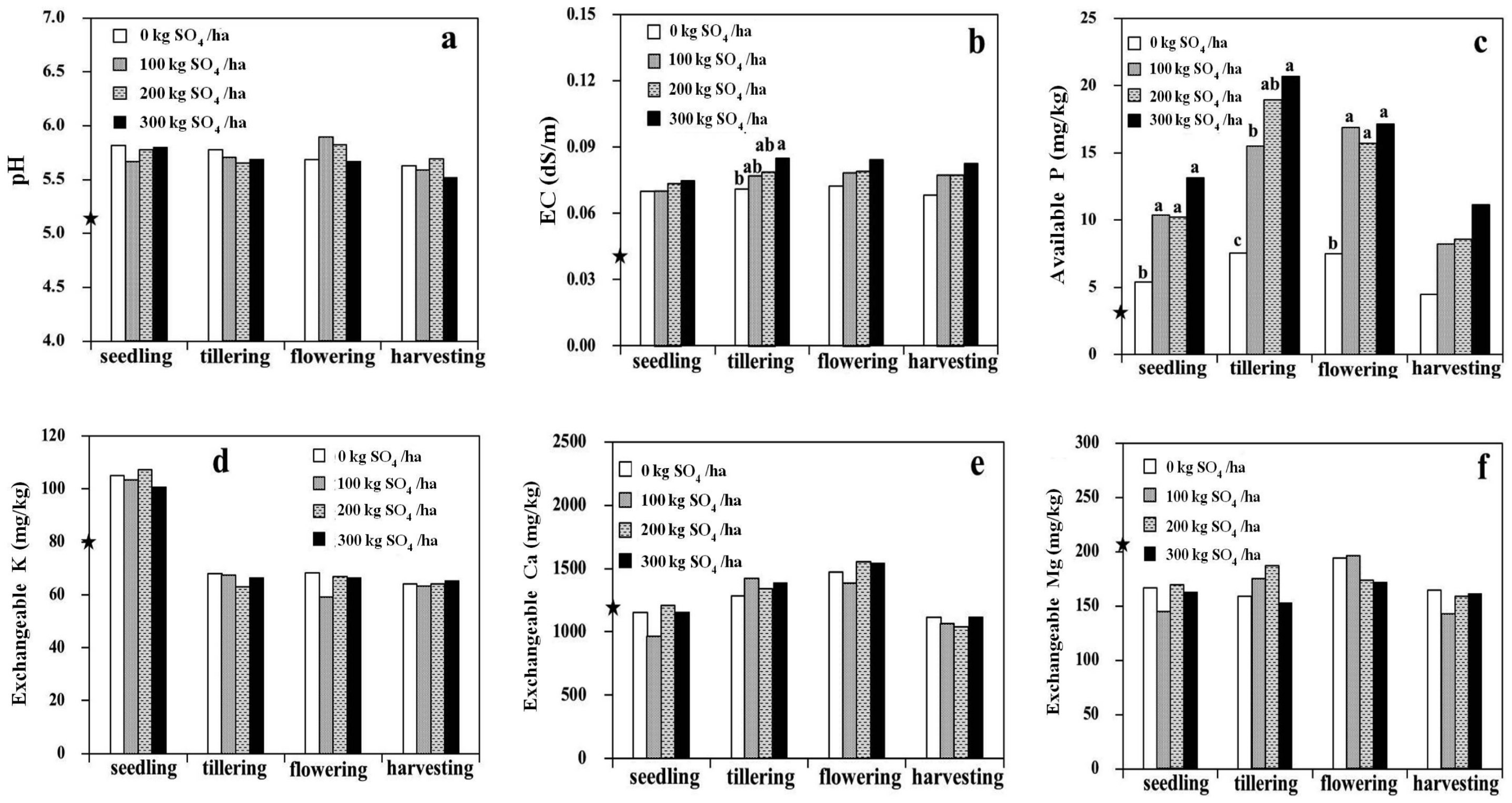

Figure 1 Change in chemical properties in rice-planted soil with various rates of sulfate, pH (a), EC (b), available P (c), exch. K (d), exch. Ca (e), exch. Mg (f);
★ represents soil properties before rice planting

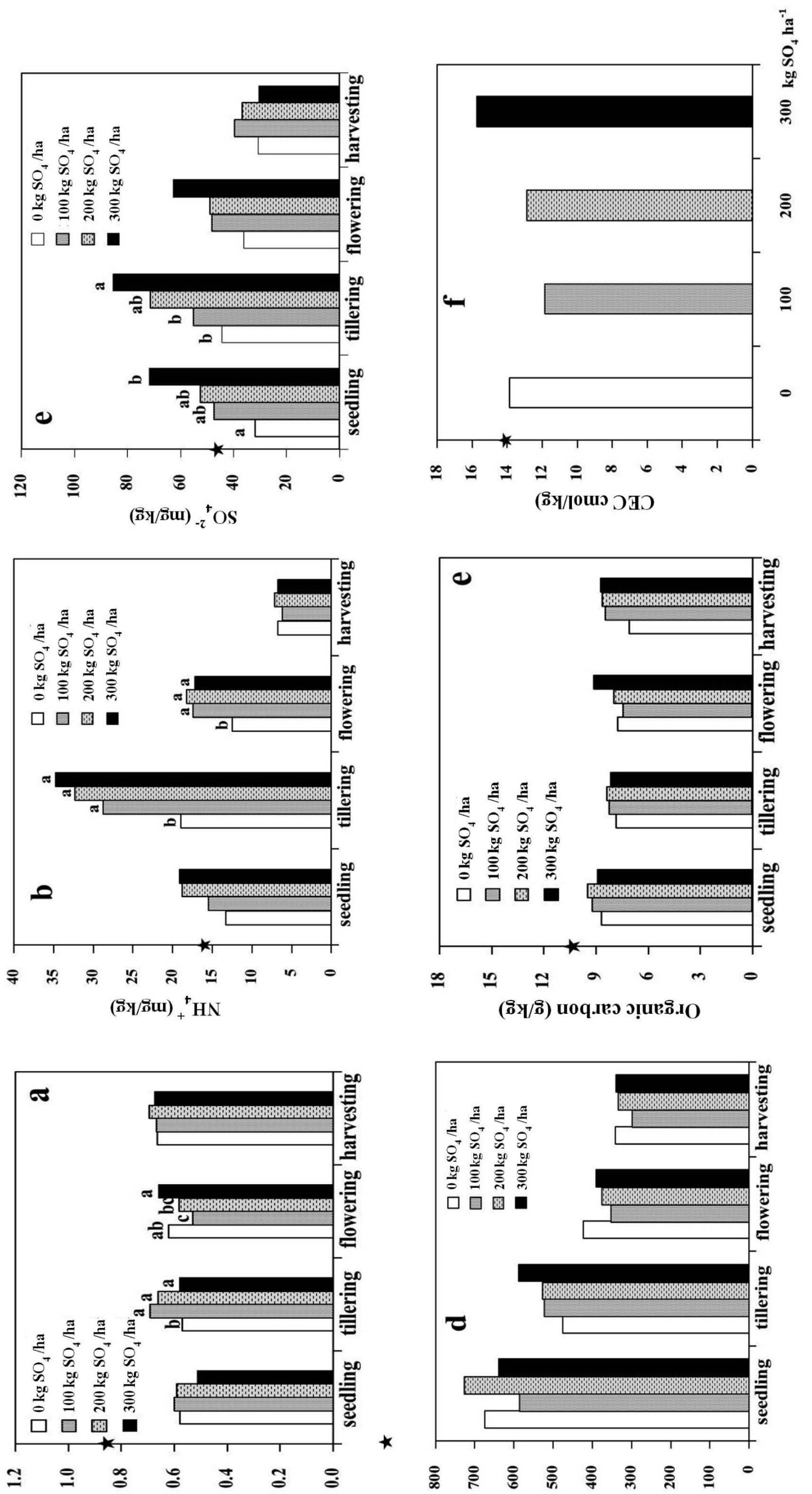

Figure 2 Change in chemical properties in rice-planted soil with various rates of sulfate, total nitrogen (a), ammonium (b), sulfate (c), ferrous iron (d), organic carbon (e), CEC (f); ★ represents soil properties before rice planting

อัตราซัลเฟตต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดินนา pH และ EC ในสารละลายดิน

การเปลี่ยนแปลง pH อยู่ในช่วง 5.5-5.9 (Figure 1 (a)) และไม่ต่างกันในแต่ละตำรับ ค่า pH เพิ่มขึ้นประมาณ 1 หน่วย จากค่าก่อนทดลอง (5.1) เช่นเดียวกับ EC (Figure 1(b)) เมื่อมีการขังน้ำค่า EC เพิ่มขึ้นจาก 0.04 ดิซิซีเมน/ม. มีค่าอยู่ในช่วง 0.068 - 0.085 ดิซิซีเมน/ม.เนื่องจากในดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำปริมาณแคตไอออนและแอนไอออนได้ออกมาอยู่ในสารละลายมากขึ้น ค่า EC ที่ระยะแตกกอได้แสดงให้เห็นว่าดินที่ได้รับซัลเฟตในอัตรา 300 กก.SO_4^{2-}/เฮกแตร์ มีค่า EC สูงกว่าที่ไม่ได้ใส่ซัลเฟตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า pH ในการทดลองนี้อยู่ในระดับปกติและ EC อยู่ในระดับต่ำ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากก่อนทดลองมีค่า 3.27 มก./เฮกแตร์ เพิ่มขึ้นหลังจากขังน้ำอยู่ในช่วง 4.46-20.69 มก./เฮกแตร์ (Figure 1 (c)) ในทุกระยะการเจริญเติบโตปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นตามอัตรา SO_4^{2-} ที่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากดินเมื่ออยู่ในสภาพน้ำขังฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์มากขึ้น ฟอสฟอรัสบางส่วนที่ถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียวและออกไซด์ของเหล็ก เมื่อมีการขังน้ำฟอสฟอรัสจะละลายออกมาอยู่ในสารละลายดิน (Chiang, 1963) และตำรับที่ใส่ 300 กก. SO_4^{2-}/เฮกแตร์ มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุดในทุกระยะ จะสังเกตเห็นว่าในระยะแตกกอ (tillering) ปริมาณฟอสฟอรัสในตำรับที่ได้รับปุ๋ยซัลเฟต (ammonium phosphate sulfate) จะมีปริมาณมากขึ้นจากระยะต้นกล้ามาก เนื่องจากได้รับปุ๋ยแต่งหน้าก่อนเก็บตัวอย่างดิน 6 วัน หลังจากนั้นฟอสฟอรัสมีปริมาณลดลงในระยะออกดอกเนื่องจากพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต และจะลดลงมากในระยะเก็บเกี่ยวเพราะว่าน้ำดินนาแห้งลง ทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงอยู่ในอนุภาคดินเหนียว

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน

โดยทั่วไปปริมาณธาตุอาหารที่วัดได้จะเป็นปริมาณที่เหลือจากที่พืชดูดใช้แล้วยังคงเหลืออยู่ในดิน โพแทสเซียมจะมีปริมาณสูงที่ระยะกล้า (Figure1 (d)) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 59-107 มก.K/กก. เนื่องจากการขังน้ำทำให้โพแทสเซียมในปุ๋ย (KCl) แตกตัวอยู่ในสารละลายดิน หลังจากนั้นโพแทสเซียมจะลดลงตลอดระยะการเจริญเติบโตเนื่องจากพืชดูดใช้ ปกติมักจะพบโพแทสเซียมในปริมาณต่ำในดินชั้นบนและจะพบมากในดินชั้นล่างของดินนา ชี้ให้เห็นว่าโพแทสเซียมสามารถสูญเสียไปโดยการซึมชะ (leaching) ได้ (Thenabadu, 1967: Kyuma, 2004) ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมตลอดฤดูปลูกจะมีปริมาณใกล้เคียงกับก่อนทดลอง โดยก่อนทดลองแคลเซียมมีค่า 1,209 มก.Ca/กก. ในฤดูปลูกมีค่าอยู่ในช่วง 965-1,558 มก.Ca/กก. (Figure1 (e)) และส่วนแมกนีเซียมก่อนทดลองมีค่าอยู่ที่ 203 มก.Mg/กก. ในฤดูปลูกมีค่าอยู่ในช่วง 142-196 มก.Mg/กก. (Figure1 (f)) ตามลำดับ ทั้งนี้ไม่ได้มีการเติมธาตุอาหารเหล่านี้เลย แต่ต้นข้าวได้ดูดใช้ตลอดฤดู

ไนโตรเจนทั้งหมดและแอมโมเนียมในดิน

ไนโตรเจนทั้งหมดในดินตลอดฤดู (Figure 2 (a)) มีค่าอยู่ในช่วง 0.51-0.70 ก./กก. ลดลงจากก่อนทดลองซึ่งมีปริมาณ 0.83 มก./กก. แต่ตลอดฤดูมีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนแอมโมเนียมในดิน (Figure 2 (b)) จะพบว่า หลังจากขังน้ำจะพบว่าปริมาณแอมโมเนียมของตำรับ 100, 200 และ 300 กก.SO_4^{2-}/เฮกแตร์ ในระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ และระยะออกดอกมีค่าสูงกว่าที่มีได้ปุ๋ยใดๆ และเพิ่มขึ้นจากก่อนทดลอง (15.40 มก./กก.) ซึ่งเพิ่มขึ้นอยู่ช่วง 15.50-34.73 มก./กก. เนื่องจากได้รับแอมโมเนียมที่ใส่ลงไปในดิน

ความแตกต่างของปริมาณแอมโมเนียมในแต่ละตำรับที่ใส่ปุ๋ยจะไม่ต่างกันในทุกระยะการเจริญเติบโต ตำรับที่ได้รับปุ๋ยจะมีปริมาณแอมโมเนียมสูงกว่าตำรับที่ไม่ได้รับปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญในระยะแตกกอและออกดอก ปริมาณแอมโมเนียมในดินจะลดลงในระยะออกดอกและระยะเก็บเกี่ยว แอมโมเนียมลดลงและมีปริมาณต่ำเนื่องจากพืชนำไปใช้ (Cai et al., 1997) อาจจะเกิดการสูญเสียแอมโมเนียมไปโดยการในรูปก๊าซ N_2O และสูญเสียไปกับการชะล้าง และเมื่อปล่อยให้น้ำในนาแห้งโดยการคายระเหยในระยะเก็บเกี่ยว จะพบว่าปริมาณแอมโมเนียมลดลงจากระยะออกดอกมาก เนื่องจากแอมโมเนียมเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรตในดินสภาพออกซิไดซ์ (Zhang and Scherer, 2002)

ซัลเฟตในดิน

ซัลเฟตของตำรับที่ใส่ปุ๋ยในระยะต้นกล้า ระยะแตกกอ และระยะออกดอก เพิ่มขึ้นจากก่อนทดลอง (45.88 มก./กก.) **(Figure 2 (c))** ทั้งการทดลองเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 47.30-85.44 มก./กก. ในระยะต้นกล้าและแตกกอจะพบความแตกต่างของปริมาณซัลเฟตในดินแต่ละตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งจะเห็นว่าปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นตามอัตราซัลเฟตที่ใส่ในระยะแตกกอจะมีปริมาณ ซัลเฟตสูงกว่าระยะต้นกล้า เนื่องจากใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนเก็บตัวอย่างดินจึงพบปริมาณซัลเฟตสูง หลังจากนั้นซัลเฟตจะลดลงในระยะออกดอกและระยะเก็บเกี่ยว ในระยะเก็บเกี่ยวจะมีปริมาณซัลเฟตเหลืออยู่เพียง 30.49-39.69 มก./กก. ซัลเฟตลดลงจนมีปริมาณต่ำเช่นนี้เนื่องจากต้นข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียในรูปของก๊าซ H_2S (Engle and Patrick, 1975) นอกจากนั้นซัลเฟตยังถูกชะออกจากดิน จนพ้นเขตรากพืชเนื่องจากซัลเฟตเป็นธาตุอาหารที่มีประจุลบซึ่งสามารถถูกชะออกไปจากดินได้ง่าย

เฟอร์รัสในดิน

ปริมาณศักยภาพสูงที่สุดของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ในดินนี้มีค่า 1,018 มก./กก. ในฤดูปลูกข้าวปริมาณเฟอร์รัส (Fe^{2+}) มีค่าต่ำอยู่ในช่วง 299-726 มก./กก. ตลอดการเจริญเติบโตของข้าว **(Figure 2 (d))** เนื่องจากพืชดูดใช้ในการเจริญเติบโตจึงพบปริมาณเฟอร์รัสลดลงตามอายุข้าว และ เฟอร์รัสอาจถูกออกซิไดส์ที่บริเวณ oxidized layers ในดิน (Ponnamperuma, 1972; พัชรี, 2547)

อินทรีย์คาร์บอนในดินและ CEC ในดิน

เมื่อมีการขังน้ำปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลงจากก่อนทดลอง (10.08 ก./กก.) **(Figure 2 (e))** เพราะดินผ่านการไถตรียมดิน ซึ่งเร่งการสลายอินทรีย์คาร์บอนในดิน และมีค่าอยู่ในช่วง 7.10 - 9.43 ก./กก. ก่อนทดลองความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินมีค่า 14 เซ็นติโมล/กก. หลังฤดูปลูกอยู่ในช่วง 12-16 เซ็นติโมล/กก. ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต อัตราซัลเฟตไม่มีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและ CEC ของดิน

สรุป

อัตราซัลเฟต 100 กก.SO_4^{2-}/เฮกแตร์ ให้ผลผลิตข้าวข้าวพันธุ์สกลนครสูง 8.25 ตัน/เฮกแตร์ มากกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยถึง 4 เท่า ปุ๋ยซัลเฟตให้จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์การเติมเต็มเมล็ด น้ำหนักแห้งฟางข้าว และ ดัชนีเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น หลังการเตรียมดินดินอยู่ในสภาพขังน้ำทำให้ pH ของดินมีค่าเข้าใกล้ความเป็นกลาง และปริมาณไอออนต่างๆ ในปุ๋ยละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้น โดยที่แอมโมเนียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟตมีค่าสูงกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย และปริมาณลดลงตามระยะการเจริญเติบโตของข้าว

ที่ทุกระยะการเจริญเติบโต อัตราซัลเฟตไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดิน แต่ปริมาณที่ระยะเก็บเกี่ยวจะต่ำกว่าก่อนทดลอง ปริมาณเฟอร์รัสในดินลดลงตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว ธาตุอาหารเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่าถูกพืชดูดใช้โดยตรง หรือถูกจุลินทรีย์ดินใช้สร้างมวลชีวภาพ แอมโมเนียมและซัลเฟตสูญเสียออกจากดินในรูปของก๊าซได้อีกทางหนึ่ง ฟอสฟอรัสและซัลเฟตจะถูกน้ำชะออกไปจากอนุภาคดินได้ง่ายเนื่องจากเป็นธาตุอาหารประจุลบ ส่วนเฟอร์รัสยังถูก oxidized ในบริเวณรากข้าวปริมาณจึงลดลง อัตราซัลเฟตไม่มีผลต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินและ CEC ของดิน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ สำเร็จได้ด้วยทุนอุดหนุนวิจัยงบประมาณปี 2555 และทุนมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ปี 2555 ใต้ร่มคลัสเตอร์การบริหารจัดการลุ่มน้ำแบบองค์รวม มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมาในโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 55/03/48. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2537. คู่มือการแปลผลวิเคราะห์ดิน และคำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ย สถาบันพัฒนาและส่งเสริมปัจจัยการผลิตกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พัชรี แสนจันทร์, วุฒิชัย จันทรสมบัติ และชนะ ศรีสมภาร. 2547. การเพิ่มผลผลิตข้าวนาหว่านน้ำตมภายใต้การจัดการน้ำและปุ๋ยเคมีเพื่อลดก๊าซมีเทน และเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ. วารสารสงขลานครินทร์ วทท. 26: 795-806.

Ali, R., M.J. Khan, and R.A. Khattak. 2008. Response of rice to different sources of sulfur (S) at a various levelsand its residual effect on wheat in rice-wheat cropping system. Soil & Environment. 27: 131-137.

Cai, Z., G. Xing, X. Yan, H. Xu, H. Tsuruta, K. Yagi, and K. Minami. 1997. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields affected by nitrogen fertilizers and water management. Plant and Soil. 196: 7-14.

Chaing, C.T. 1963. A study of availability and forms of phosphorus in paddy soil. p. 123–124. In: Principal and Practices of rice Production. International Rice Research Institute, Los Banos Languna, Philippines.

Doberman, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management. International Rice Research Institute: Manila.

Engler, R.M. and W.H. Patrick, Jr. 1975. Stability of sulfides of manganese, iron, zinc, copper and mercury in flooded and nonflooded soil. Soil Science. 199: 217-221.

Geneshmurthy, A.N., A.D. Mongia, and N.T. Singh. 1989. Forms of S in soil profiles of Andaman and Nicobar Islands. Journal of the Indian Society of Soil Science. 37:825–829.

Haneklaus, S., E. Bloem, E. Schnug. 2007. Sulfur and plant disease. p. 101-118. In: L. Datnoff, W. Elmer, D. Huber (eds) Mineral nutrition and plant diseases. APS Press, St. Paul.

Jeng, T.L., T.H. Tseng, C.S. Wang, C.L. Chen, J.M. Sung. 2006. Yield and grain uniformity in contrasting rice genotypes suitable for different growth environements. Field Crops Research. 99: 59-66.

Kyuma, K. 2004. Paddy soil science. Kyoto university press, Kyoto.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The Chemistry of Submerged Soils. Advance Agronomy. 24: 29-96.

Ro, S. 2011. Effect of Sulfate-Containing Fertilizer on Rice Yield and Methane Emission from Irrigated Paddy Soil. M. S. Thesis: Khon Kaen University, Khon Kaen. Thailand.

Ro, S., P. Seanjan, T. Tulaphitak, and K. Inubushi. 2011. Sulfate content influencing methane production and emission from incubated soil and rice-planted soil in Northeast Thailand, Soil Sci. Plant Nutr. 57: 833-842.

Thenabadu, M.W. 1967. Chemistry of rice soils and principles of fertilizer use. Division of Agricultural Chemistry, Central Agricultural Research Institute, Peradeniya, Sri Lanka.

Zhang, Y. S., and H. W. Scherer. 2002. Mechanisms of fixation and release of ammonium in paddy soils after flooding. III. Effect of the oxidation state of octahedral Fe on ammonium fixation in paddy soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 165: 185-189.