

ผลของซัลเฟตและยูเรียต่อการผลิตก๊าซมีเทนในดินนาภายใต้ สภาพการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

Effect of sulfate and urea on methane production in paddy soil under incubated soil condition

พัชรีย์ แสนจันทร์^{1*}, โสภณฤทธิ โร¹ และ เทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์¹

Patcharee Senjaen^{1*}, Sophoanrith Ro¹ and Theparit Tulaphitak¹

บทคัดย่อ: ก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกหนึ่งที่เกิดในดินนาซึ่งในสภาพไร้ออกซิเจน การทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของซัลเฟตร่วมกับยูเรียต่อการผลิตก๊าซมีเทนจากดินนาที่บ่มในสภาพไร้ออกซิเจน โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0, ซัลเฟต 42 %) ในปริมาณของซัลเฟต 4 อัตรา คือ 0, 50, 100 และ 210 kg SO₄²⁻ ha⁻¹ และใส่ยูเรีย หินฟอสเฟตป่น และโปแตสเซียมคลอไรด์ ปรับแต่งให้ปริมาณ N, P₂O₅, และ K₂O เท่ากันทุกคำรับ และในขณะเดียวกันก็ได้ศึกษากลุ่มคำรับดินที่ไม่ได้รับยูเรียไปพร้อมกัน ซึ่งกลุ่มนี้ได้ไนโตรเจนจากปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตเท่านั้น ดินทดลองถูกบ่มในขวดในสภาพไร้ออกซิเจนภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนนาน 21 วัน ผลการทดลองพบว่า การผลิตก๊าซมีเทนกับปริมาณซัลเฟตในดินมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงเชิงลบ และ กลุ่มคำรับดินที่ไม่ได้ใส่ยูเรียมีการผลิตก๊าซมีเทนมากกว่ากลุ่มที่ใส่ยูเรีย การทดลองนี้นอกจากจะพบว่าซัลเฟตในดินมีอิทธิพลลดการผลิตก๊าซมีเทนลงตามปริมาณซัลเฟตที่มากขึ้นแล้ว การใส่ยูเรียยังลดปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนในดินลงเช่นกัน ทั้งซัลเฟตและยูเรียเสริมกันลดการผลิตก๊าซมีเทนในดินที่ขาดออกซิเจน การทดลองในภาคสนามกับหัวข้อนี้ควรดำเนินการต่อไป

คำสำคัญ: มีเทน, ดินนา, ซัลเฟต, ยูเรีย, บ่มดิน

ABSTRACT: Methane is one of important greenhouse gases emitted from submerged paddy soil under anaerobic condition. The objective of the present experiment was to study the influence of sulfate and urea on methane production in paddy soil. Four rates of sulfate (0, 50, 100 and 210 kg SO₄²⁻ ha⁻¹) were set up by using ammonium phosphate (16-20-0, 42 % sulfate) with the amount of N, P₂O₅ and K₂O for each treatment being balanced by using urea, rock phosphate and potassium chloride. In addition, soil without urea application was prepared. All soils were incubated in bottles for 21 days in oxygen-free nitrogen ambient. Result showed that there is a linear relationship with negative correlation between methane production in soil and sulfate contents.

The soil without urea applied produced more methane production than did those applied with this fertilizer with urea. The result also illustrated that methane production decreased with increasing rates of sulfate in soil. Moreover, urea alone decreased methane production in soils regardless of all quantities of sulfate. Further trial under field condition should be performed.

Key words: methane, paddy soil, sulfate, urea, incubation

¹ สาขาวิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Land Resources and Environment Section, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

* corresponding author: patsae1@kku.ac.th

บทนำ

ก๊าซมีเทน (CH_4) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญอันดับสองรองจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แหล่งปลดปล่อยก๊าซมีเทนสู่บรรยากาศที่สำคัญแหล่งหนึ่งคือนาข้าว (Cao et al., 1996) ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของก๊าซมีเทนในบรรยากาศมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Wuebbles and Hayhoe, 2002) Minami and Yagi (1998) รายงานว่าการจัดการนาข้าวสามารถลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินทั่วโลกได้ประมาณ 40% การใช้ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมเป็นหนึ่งในวิธีการเหล่านั้น ปุ๋ยซัลเฟตที่ใส่ลงในดินนาสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากดินนาได้ การใส่ซัลเฟตในดินจะทำให้จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogens) ลดลงเนื่องจากถูกจุลินทรีย์ที่ใช้ซัลเฟตแย่งสารอาหาร (Minami, 1994) ในส่วนของผลของการใส่ปุ๋ยยูเรียต่อการผลิตก๊าซมีเทนในดินนานั้นมีผลการทดลองที่ตรงข้ามกัน โดยพบว่าปุ๋ยยูเรียสามารถกระตุ้น (Lindau, 1994) หรือไม่ก็สามารถลด (Schutz et al., 1989) การปลดปล่อยก๊าซมีเทน ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (ซัลเฟต 42 %) นอกจากให้ N และ P_2O_5 แล้วยังเป็นแหล่งของธาตุกำมะถัน ซึ่งอยู่ในรูปของซัลเฟต (Rossette et al., 2008) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าซัลเฟตช่วยลดก๊าซมีเทนในดินได้ ในอดีตนักวิทยาศาสตร์สนใจแต่การทดลองกับปุ๋ยผสมที่มีซัลเฟตเป็นเพียงองค์ประกอบรองและให้ความสำคัญกับการทดสอบผลของปริมาณซัลเฟตในปุ๋ยต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ทำให้เกิดความแปรปรวนของปริมาณธาตุอาหารอื่น เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดิน ความแปรปรวนเหล่านี้มีผลต่อการศึกษาอิทธิพลที่แท้จริงของซัลเฟตต่อการลดปริมาณการผลิตก๊าซมีเทน การทดลองนี้จึงได้ดำเนินการเพื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยยูเรียต่อปริมาณในการผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (ซัลเฟต 42 %) ซึ่งเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้กันบนนาข้าวเป็นปุ๋ยหลักในการศึกษา

วิธีการศึกษา

ดินนาที่ใช้ทดลองจัดอยู่ในชุดดินร้อยเอ็ด (Re) มีเนื้อดินเป็นดินร่วน เกือบมาจากบ้านนางาม ต.สำราญ อ.เมือง จ.ขอนแก่น ในเดือนมกราคม ฤดูแล้งปี พ.ศ. 2552 โดยเก็บที่ระดับความลึก 0-15 ซม. นำมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง บด และร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. ซึ่งดินตัวอย่าง 10 กรัม เทลงขวดปากกว้างความจุ 80 มล. เติมน้ำฟางข้าวแห้งขนาด 0.5 มม. น้ำหนัก 0.05 กรัม (ฟางข้าว 0.5%) ลงในขวด ส่วนปุ๋ยซัลเฟตอัตราต่าง ๆ (Table 1) ถูกเตรียมในรูปของสารละลาย โดยใช้ในปริมาณ 20 มล.ต่อขวด ผสมตัวอย่างดิน ฟางข้าว และสารละลายปุ๋ยคนให้เข้ากันและเขย่าด้วยเครื่อง Vortex mixer นาน 1 นาที ใส่ภาชนะในขวดด้วยก๊าซไนโตรเจนที่ปราศจากออกซิเจน (oxygen-free nitrogen) เพื่อให้ช่องว่างในขวดอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic condition) รีบปิดฝา (ได้ฝาบุด้วยยาง) ให้แน่นที่ฝาขวดได้เสียบซิลิโคนซีปตัม (silicone septum) (สำหรับปักเข็มฉีดยา) ไว้อย่างแน่น (Yang and Chang, 1998) พันฝาขวดด้วยเทปพันสายไฟให้แน่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แต่ละดำรับทำ 3 ซ้ำ บ่มดินทดลองในห้องปฏิบัติการภายใต้อุณหภูมิเฉลี่ย 28 °C นาน 21 วัน

ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (16-20-0) มีซัลเฟต (SO_4^{2-}) เป็นองค์ประกอบ 42% ถูกใช้เป็นแหล่งของซัลเฟต โดยใช้ซัลเฟตในอัตรา 0, 50, 100 และ 210 กก.ต่อเฮกตาร์ ซึ่งทั้ง 4 ดำรับได้รับปริมาณ N, P_2O_5 และ K_2O ในอัตรา 80, 100 และ 80 กก.ต่อเฮกตาร์ เท่ากันยกเว้นปริมาณซัลเฟต โดยปรับน้ำหนักด้วยปุ๋ยยูเรีย (46 % N) หินฟอสเฟตปน (3 % P_2O_5) และโปแตสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O) (โดยที่ความหนาแน่นดินเท่ากับ 1.5 ก./ cm^3 มีน้ำหนักดิน 2.25 ตันต่อเฮกตาร์) กำหนดให้ดินกลุ่มนี้มีสัญลักษณ์ T0+urea, T1+urea, T2+urea และ T3 และเพื่อทดสอบอิทธิพลของปุ๋ยยูเรียต่อการผลิตก๊าซมีเทนในดิน ดำรับดินที่ไม่ใส่ยูเรียจึงถูกเตรียมขึ้น กลุ่มดำรับดินนี้มีสัญลักษณ์ T0-urea, T1-urea และ T2-urea ตัวอย่างก๊าซถูกดูด

ออกจากช่องว่างส่วนบนของขวดบ่มที่ระยะเวลา 4, 7, 14 และ 21 วันของการบ่ม นำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นก๊าซมีเทนโดยใช้เครื่อง GC (gas chromatograph, FID) สมการของ Setyanto et al. (2002) ถูกใช้คำนวณอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ส่วนการตรวจสอบค่า redox potential (Eh) และพีเอชในดินกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 นั้น ดินน้ำหนัก 500 กรัมใส่ลงในขวดพลาสติกทรงเหลี่ยม (ขนาด 11 x 5.6 x 5.6 ซม.) เติมฟางข้าวขนาด 1 ซม. ปริมาณ 0.2% พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยและขังน้ำกลั่นให้ท่วมผิวดิน 5 ซม. วางไว้ด้วยกับดินทดลองกลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 นอกจากนั้นยังได้ทำการทดลองบ่มตัวอย่างดินเปล่า (ที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ฟางข้าว 0.5% เท่านั้น โดยให้สัญลักษณ์ Blank) และติดตามวัดลักษณะสมบัติทางเคมีต่างๆไปพร้อมกันทั้งการทดลอง ดินที่ใช้ทดลองมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้ ค่าพีเอชเท่ากับ 4.9, ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน 6 cmol/kg soil, โดยมีปริมาณอนุภาคนาขนาดทราย 49% ทรายแป้ง 37% และดินเหนียว 14% ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.5%, ไนโตรเจน 0.06%, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5 มก./กก.และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 21 มก./กก.

ผลการศึกษา

การผลิตก๊าซมีเทน

การผลิตก๊าซมีเทนในดินมีปริมาณต่ำลงตามปริมาณซัลเฟตที่เพิ่มขึ้นจาก 0 – 210 กก./เฮกตาร์ (Figure 1) ซัลเฟตมีผลทำให้การผลิตก๊าซมีเทนลดลงตลอดการทดลอง โดยทั่วไปการผลิตก๊าซมีเทนในดินที่ไม่ใส่ยูเรียจะทำให้การผลิตก๊าซมีเทนได้สูงกว่าในดินที่ใส่ยูเรีย นั่นคือยูเรียยับยั้งและชะลอการผลิตก๊าซมีเทน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซัลเฟตร่วมกับยูเรียและการผลิตก๊าซมีเทน

ปริมาณซัลเฟตในดินและการผลิตก๊าซมีเทนทั้งหมดมีความสัมพันธ์กันเป็นเส้นตรงเชิงลบ (Figure 2) โดยทั่วไปเมื่อดินมีปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้การผลิตก๊าซมีเทนลดลง การผลิตก๊าซมีเทนทั้งหมด (Y) และปริมาณซัลเฟตในดิน (X) ที่ใส่ยูเรีย และที่ไม่ใส่ยูเรีย จะมีสหสัมพันธ์ดังสมการ $Y = -1.289 X + 579.2$ ($r = -0.94$) และ $Y = -2.558 X + 856.9$ ($r = -0.99$) ตามลำดับ ดินที่ไม่ใส่ยูเรียมีค่าตัดแกน Y (Y intercept) สูงกว่าดินที่ไม่ใส่ยูเรีย นั่นคือยูเรียสามารถลดการสร้างก๊าซมีเทนในดิน

Table 1 Fertilizers used for a group of soil treatments with urea, while another group excluding urea from each treatment (not shown here).

Symbol	Treatment, kg SO ₄ ²⁻ ha ⁻¹	Ammonium phosphate (16-20-0), mg bottle ⁻¹	Urea mg bottle ⁻¹	Rock phosphate mg bottle ⁻¹	KCl mg bottle ⁻¹
T0+urea	0	0	0.77	14.80	0.6
T1+urea	50	0.53	0.60	11.30	0.6
T2+urea	100	1.06	0.40	7.76	0.6
T0-urea	0	0	-	14.80	0.6
T1-urea	50	0.53	-	11.30	0.6
T2-urea	100	1.06	-	7.76	0.6
T3	210	2.22	-	-	0.6
Blank	-	-	-	-	-

Note: Soils received the same rate of rice straw but different amounts of ammonium phosphate (16-20-0, 42% SO₄) according to the above sulfate content in soil and corrected with urea (46% N), rock phosphate (3% P₂O₅) and KCl (60% K₂O) to attain the same rate of 80-100-80 for all soils (+urea). A set of treatments without urea (-urea) was also included to study the real effect of sulfate on methane production.

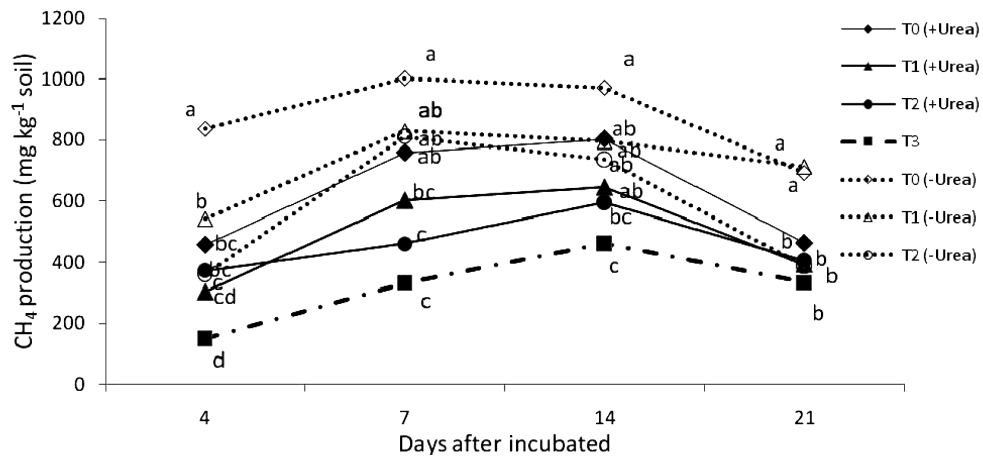


Figure 1 Methane production in incubated flooded soil with different rates of sulfate (0, 50, 100, 210 kg ha⁻¹), each soil received the same amount of N, P₂O₅ and K₂O at 100, 80 and 100 kg ha⁻¹, respectively by using fertilizers: ammonium phosphate (16-20-0, 42% SO₄), urea (46% N), rock phosphate (3% P₂O₅) and KCl (60% K₂O), and same amount of rice straw represented by solid line. Soil excluding urea was represented by dotted lines. Means (n = 3) shared the same letter are not significantly different (p < 0.05) by using Duncan's multiple range test (DMRT); soil treatment including urea and excluding urea are significantly different (p < 0.05) by using t-test.

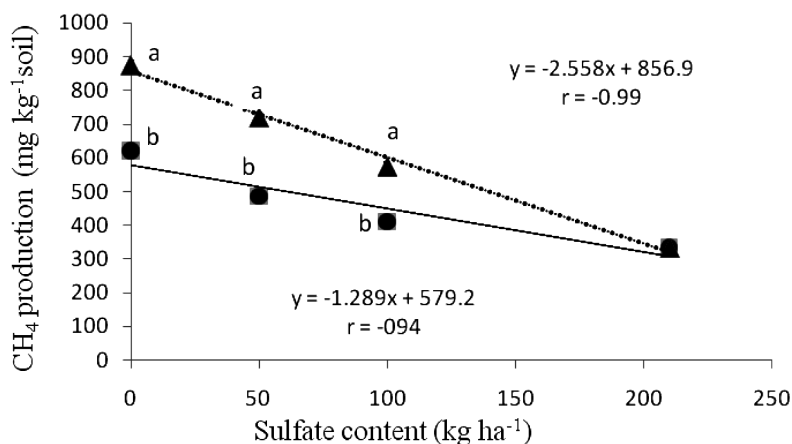


Figure 2 Linear regressions between the average methane production and sulfate content of the incubated soil with urea (solid line) and without urea (dotted line). The value is the average of four measurements during three weeks after incubation. Means (n=4) sharing the same letter are not significantly different (p < 0.05) by using t-test.

การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในสภาพน้ำขัง

พีเอชเริ่มต้นในดินที่ไม่ใส่ซัลเฟต (TO) ของทั้งชุดที่ใส่ยูเรียและที่ไม่ใส่ยูเรียจะสูงประมาณ 8.3 (Figure 3) พีเอชในสภาพน้ำขังซึ่งได้จากการวัดทันทีหลังการเตรียมดำรับดินถูกกำหนดโดยปริมาณซัลเฟต นั่นคือปริมาณซัลเฟตมากขึ้น 0-210 กก./เฮกตาร์ พีเอชเริ่มต้นของดินจะต่ำลงอยู่ในช่วง 8.3-6.2 จากนั้นในดินที่ได้รับซัลเฟต 0-100 กก./เฮกตาร์ค่าพีเอชจะค่อยๆ ปรับเข้าสู่ความเป็นกลางภายใน 1 วัน ส่วนในดินที่ใส่ในอัตรา 210 กก./เฮกตาร์ พีเอชจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจาก 6.2 เข้าสู่ความเป็นกลางอย่างช้าๆ ภายในระยะเวลา 5 วัน สำหรับในดินเปล่า (ใส่เพียงฟางข้าว) จะมีค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 6.7 ในช่วง 6 ชั่วโมงหลังการขังน้ำและค่าพีเอชจะลดลงอย่างชัดเจนภายใน 1 วัน และรักษาระดับถึง 3 วันหลังขังน้ำและปรับเข้าสู่พีเอชเท่ากับ 7 ในเวลา 6 วัน โดยทั่วไปทุกดำรับจะพบว่าแนวโน้มของค่าพีเอชในตอนท้ายจะได้ค่าประมาณ 7.4 ที่ 12 วันหลังการขังน้ำ

Redox potential (Eh) ในดิน

ค่า Eh ในดินเริ่มต้นคล้ายคลึงกัน ซึ่งหลังการขังน้ำมีค่า 480 ถึง 500 มิลลิโวลต์ ค่า Eh ของทุกดำรับ

จะลดลงอย่างรวดเร็วจาก 0 ถึง -100 มิลลิโวลต์ภายในระยะเวลา 2 วันหลังการขังน้ำ (Figure 4) โดยที่ 2 วันหลังการขังน้ำในดำรับดินเปล่า (ใส่เพียงฟางข้าว) ค่า Eh จะลดลงช้ามากและรักษาระดับระหว่าง -100 ถึง -300 มิลลิโวลต์ เป็นเวลาถึง 7 วันหลังขังน้ำ จากนั้นจึงลดต่ำลงอีกถึง -450 มิลลิโวลต์ที่ 11 วันหลังการขังน้ำ ส่วนในดินที่ใส่ซัลเฟตในอัตราสูงการลดลงของ Eh ในดินจะช้าและมีค่าสูงกว่าในดินที่ใส่ซัลเฟตในปริมาณต่ำ ซึ่งจะสามารถสังเกตได้ชัดเจนหลังจาก 2.5 วันจนถึง 7 วัน นั่นคือกลุ่มดินที่มีค่า Eh สูงกว่าซึ่งได้แก่ดำรับที่ใส่ซัลเฟตอัตรา 100 กก./เฮกตาร์ที่มียูเรียเสริมดำรับที่ได้ซัลเฟต 50 และ 100 กก./เฮกตาร์ที่ไม่มียูเรียและกลุ่มดินที่มีค่า Eh ต่ำกว่าได้แก่ดำรับที่ใส่ซัลเฟต 0 และ 50 กก./ต่อเฮกตาร์ที่มียูเรียเสริม และดำรับที่ไม่ใส่ซัลเฟตและยูเรีย ซึ่งดำรับนี้มีค่า Eh ต่ำที่สุดทั้งการทดลองสังเกตเห็นชัดเจนตั้งแต่ 4 วันไปจนถึง 10 วันหลังการขังน้ำ ส่วนดำรับที่ใส่ซัลเฟตสูงที่สุดเท่ากับ 210 กก./เฮกตารินั้นโดยทั่วไปค่า Eh จะคล้ายคลึงกับกลุ่มดินที่มีค่า Eh สูง แต่มีข้อแตกต่างคือหลังจากขังน้ำได้ 4 วัน ค่า Eh ในดินนี้จะลดลงเร็วกว่าและต่ำที่สุดเท่ากับ -450 มิลลิโวลต์ หลังจากที่ได้ขังน้ำได้ 10 วัน

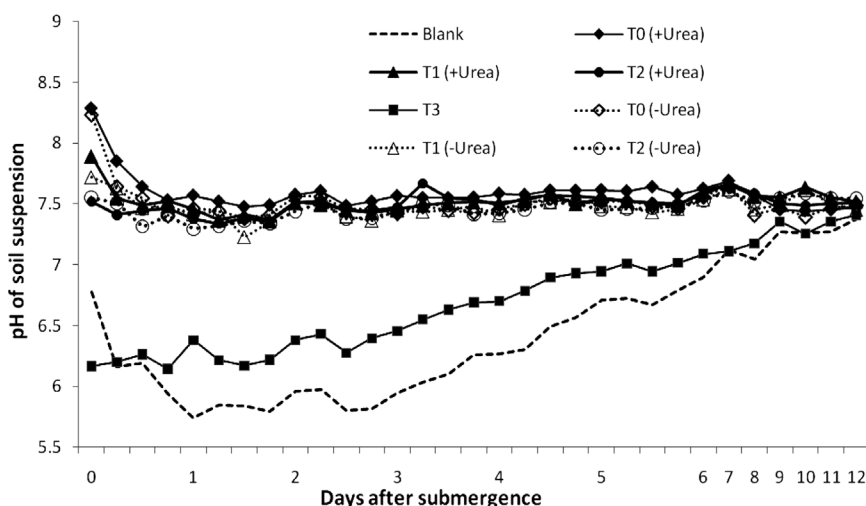


Figure 3 Changes in pH, straight line represents the soil with urea while the one excluding urea was symbolized by dotted line; from 0-6 days with each tick of the axis representing every 6 hours.

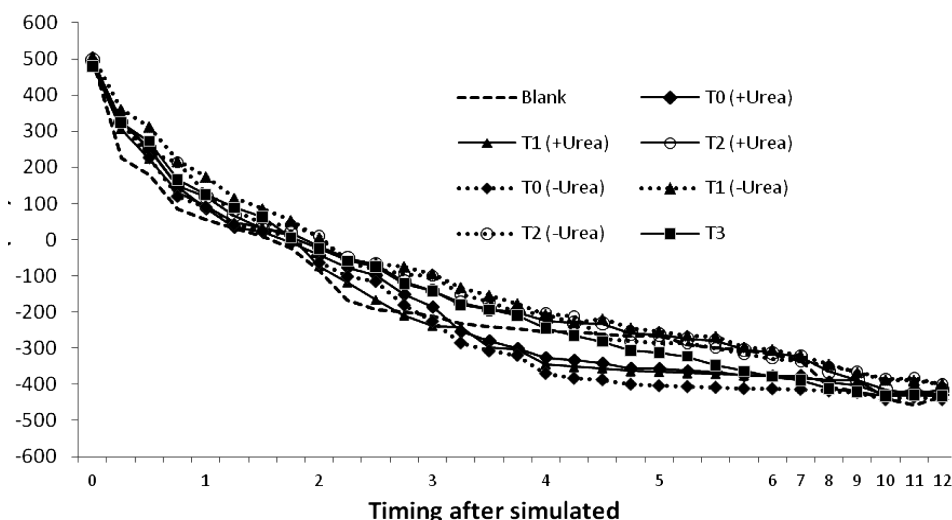


Figure 4 Changes in Eh, straight line represents the soil with urea while the one without urea was symbolized by dotted line; from 0 to 6 days with each tick of the axis representing every 6 hours.

วิจารณ์ผลการศึกษา

การบ่มดินในสภาพไร้ออกซิเจนพบว่า การให้ซัลเฟตแก่ดินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะลดการผลิตก๊าซมีเทนลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้เพราะในดินมีจุลินทรีย์ที่ใช้ซัลเฟต (sulfate-reducing microorganisms) ที่มีความสามารถใช้สารอาหารในดินได้ดีกว่าจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogens) (Achtnich et al., 1995; Hori et al., 1993) และในขณะเดียวกันกระบวนการรีดักชันที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์ ซึ่งอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน (Minami, 1994) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการใส่ซัลเฟตในอัตรา 210 กก./เฮกตาร์ให้แก่ดิน ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตก๊าซมีเทนและความเข้มข้นของซัลเฟตเป็นไปในทางลบ โดยทั่วไปทั้งการทดลองในดินที่ได้รับยูเรียจะลดการผลิตก๊าซมีเทนลงเมื่อเทียบกับดาร์บที่ไม่ใส่ยูเรีย (Figure 2) ผู้เขียนคาดคะเนว่าในดินที่ได้รับยูเรียนั้นไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในดินถูกใช้ในกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนในระบบดินน้อยลง จึงส่งผลทำให้กระบวนการคาร์บอนไดออกไซด์รีดักชันลดลง ผลลัพธ์คือการผลิต

ก๊าซมีเทนในดินลดลง อย่างไรก็ตามในสภาพธรรมชาติการใส่ยูเรียในนาข้าวจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว เพิ่มการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์และส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น ยูเรียเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่ใช้สำหรับจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนซึ่งฟิเอชปกติของสารละลายดินเปล่าที่ได้รับฟางข้าวคือ 6.7 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์ที่สร้างมีเทน (Yang and Chang, 1998) เมื่อใส่ยูเรียในสภาพน้ำขังจะมีผลทำให้ดินมีฟิเอชเพิ่มขึ้น เนื่องจากยูเรียไปทำปฏิกิริยากับน้ำ (hydrolysis) (Rath et al., 2002) ในการทดลองนี้ ผลของฟิเอชที่เพิ่มสูงขึ้นในดินที่ได้รับแอมโมเนียมฟอสเฟตและหรือยูเรียจะมีการรักษาระดับของฟิเอชที่ 7.3 - 7.5 ตลอดการบ่ม ซึ่งฟิเอชดังกล่าวไม่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทน โดยปกติฟิเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6.4-6.6 (Rajagopal et al. 1988)

การลดลงของค่าฟิเอชของทุกดาร์บภายใน 6 ชั่วโมงอาจเป็นสาเหตุจากการสะสมกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (Nakasaki and Nag, 2005) การใส่ซัลเฟตในปริมาณที่สูงถึง 210 กก./เฮกตาร์ส่งผลให้ฟิเอชของสารละลายดินต่ำลงทันที

ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปซัลเฟตไปเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) (Kupka et al., 2009) อย่างไรก็ตามในดินดังกล่าวหลังขังน้ำ 3 วัน ค่าพีเอชจะสูงขึ้นและเข้าใกล้ความเป็นกลางมากขึ้น เนื่องจาก H^+ (protons) ถูกใช้ในกระบวนการรีดักชัน (Narteh and Sahrawat, 1998) ในดินดังกล่าวนี้พีเอชจะสูงกว่าดินเปล่าที่ใส่แต่ฟางข้าว ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในขณะที่เกิดกรดซัลฟิวริกไฮโดรเจนไอออนจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์ที่เป็น sulfate reducers (Achtnich et al., 1995) ส่งผลให้ค่าพีเอชสูงกว่าในดินเปล่า ดำรับที่ใส่ฟางข้าวอย่างเดียว (ไม่ใส่ปุ๋ยใดๆ) มีค่าพีเอชต่ำกว่าทุกดำรับเนื่องจากเกิดมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนสู่ดินและสะสมในสารละลายดินมากขึ้น เนื่องจากการสลายตัวของฟางข้าว ในขณะที่ค่าพีเอชของดินดำรับอื่นๆจะคงที่และใกล้ความเป็นกลาง

โดยทั่วไปภายในระยะเวลา 3-6 วันหลังการขังน้ำในดินที่มีซัลเฟต (SO_4^{2-}) 50 และ 100 กก./เฮกตาร์ จะมีค่า Eh สูงกว่าดินที่ได้ใส่ซัลเฟตในปริมาณต่ำ (ดำรับ T0 และ T1, 0 และ 50 กก./เฮกตาร์) แต่ไม่เกิดกับดินเปล่าที่มีแต่ฟางข้าว (blank soil) ปริมาณของซัลเฟตที่สูงในดินชี้ให้เห็นว่าค่า Eh จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับดินที่ใส่ซัลเฟตในปริมาณต่ำและดินที่ไม่ใส่ซัลเฟต ในดินที่มีซัลเฟตมากจุลินทรีย์ดินจะใช้ซัลเฟตเป็นสารรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจ ทำให้อิเล็กตรอนในระบบดินลดน้อยลงส่งผลให้การลดลงของค่า Eh ช้าลง ส่วนในดินเปล่าที่มีแต่ฟางข้าวพบว่าค่า Eh ในดินจะต่ำกว่าทุกดำรับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งวันที่ 3 หลังการขังน้ำ แสดงให้เห็นว่าในเวลานั้นมีการเกิดกระบวนการหมัก (fermentation) และปลดปล่อยอิเล็กตรอนสู่ดิน อย่างไรก็ตามหลังจากช่วงนั้นค่า Eh ในดินจะคงที่จนถึงวันที่ 7 หลังการขังน้ำ ทั้งนี้เพราะอิเล็กตรอนถูกใช้ในกระบวนการรีดักชันที่เกิดขึ้นในดินจึงมีอิเล็กตรอนในระบบดินน้อยลง ปริมาณคงที่ และที่ 8 วันหลังการขังน้ำ Eh ในดินนี้ลดลงถึง -450 มิลลิโวลต์ เพราะสารรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ในดินถูกใช้หมดทำให้เกิดการสะสมอิเล็กตรอนในดิน

สรุป

การทดลองนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของปริมาณซัลเฟตร่วมกับปุ๋ยเรียดอค์กภาพในการผลิตก๊าซมีเทน โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (ซัลเฟต 42 %) ซึ่งเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้กันในนาข้าว

การบ่มดินในสภาพไร้ออกซิเจนพบว่าค่าการให้ซัลเฟตแก่ดินในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจะลดการผลิตก๊าซมีเทนลงอย่างชัดเจน ขณะที่ปุ๋ยเรียดอค์กการยับยั้งและชะลอการผลิตก๊าซมีเทน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โครงการกลุ่มวิจัยดินปัญหานาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กองทุนวิจัย 40 ปี มหาวิทยาลัยขอนแก่น และโครงการวิจัยประเภทอุดหนุนทั่วไปปีงบประมาณ 2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

- Achtnich, C., F. Bak, and R. Conrad. 1995. Competition for electron donors among nitrate reducers, ferric iron reducers, sulfate reducers, and methanogens in anoxic paddy soil. *Biol. Fert. Soils*. 19:65-72.
- Cao, M., K. Gregson, S. Marshall, J.B. Dent and O.W. Heal. 1996. Global Methane Emissions from rice paddies. *Chemosphere*. 33:879-897.
- Hori, K., K. Inubushi, S. Matsumoto and H. Wada. 1993. Competition for hydrogen between methane formation and sulfate reduction in a paddy soil. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutri.* 64:363-367.
- Kupka, D., M. Lilljeqvist, P. Nurmi, J. A. Puhakka, O. H. Tuovinen and M. Dopson. 2009. Oxidation of elemental sulfur, tetrathionate and ferrous iron by the psychrotolerant *Acidithiobacillus* strain SS3. *Res Microbiol.* 160:767-774.

- Lindau, C.W. 1994. Methane emissions from Louisiana rice fields amended with nitrogen fertilizers. *Soil Biol. Biochem.* 26:353-359.
- Minami, K. 1994. Methane from rice production. *Fert. Res.* 37:167-179.
- Minami K. and K. Yagi. 1998. Mitigation of methane emissions from rice cultivation. *Global Environ. Res.* 2:15-19.
- Nakasaki, K. and K. Nag. 2005. Microbial succession associated with organic matter decomposition during thermophilic. *Waste Manage. Res.* 23:48-56.
- Narteh, L.T. and K.L. Sahrawat. 1998. Influence of flooding on electrochemical and chemical properties of West African soils. *Geoderma.* 87:179-207.
- Rajagopal, B.S., N. Belay and L. Daniels. 1988. Isolation and characterization of methanogenic bacteria from rice paddies. *FEMS Microbial. Ecol.* 53:153-158.
- Rath, A. K., B. Ramakrishnan and N. Sethunathan. 2002. Effect of application of ammonium thiosulphate on production and emission of methane in a tropical rice soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 90: 319-325.
- Rossete, A. L. R. M., J. A. Bendassolli and P.C.O. Trivelin. 2008. Organic sulfur oxidation to sulfate in soil samples for total sulfur determination by turbidimetry. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.* 32:2547-2553.
- Schutz, H., A. Holzapfel-Pschorn, R. Conrad, H. Rennenberg and W. Seiler. 1989. A 3-year continuous record on the influence of daytime, season and fertilizer treatment on methane emission rates from an Italian rice paddy. *J Geophys. Res.* 94:16405-16416.
- Setyanto, P., A.B. Rosenani, A.K. Makarim, I. Che Fauziah, A. Bidin and Suharsih. 2002. Soil controlling factors of methane gas production from flooded rice fields in Pati District, Central Java. *I.J. A. S.* 3:1-11.
- Wang, Z., R.D. Delaune, C. W. Lindau and W.H.Jr. Patrick. 1992. Methane production from anaerobic soil amended with rice straw and nitrogen fertilizers. *Fert. Res.* 33:115-121.
- Wuebbles, D. J., and K. Hayhoe. 2002. Atmospheric methane and global change. *Elsevier: Earth-Science Reviews.* 57:177-210.
- Yang, S. S. and H.L. Chang. 1998. Effect of environmental conditions on methane production and emission from paddy soil. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 69:69-80.