สถานะของกำมะถันในดินที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิ และผลของปุ๋ยกำมะถันที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105

Status of Sulfur in Jasmine Rice Growing Soil and Effect of Sulfur Fertilizer on Khao Dawk Mali 105 Rice

ปภัชญา สนิทมัจโร[1], ศุภิณา ธนะจิตต์[1*], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1] และ เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Paphatchya Sanitmatcharo[1], Suphicha Thanachit[1*], Somchai Anusontpornperm[1] and Irb Kheoruenromne[1]

บทคัดย่อ ชุดดินตัวแทนที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิ ได้แก่ ชุดดินพิมาย โคราช กุลาร้องไห้ ท่าตูม และอุบล ถูกคัดเลือกเพื่อศึกษา 1) ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดได้แก่ น้ำกลั่น, $Ca(H_2PO_4)_2$, NH_4OAc และ Mehlich III ในการวิเคราะห์กำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินสำหรับสร้างสมการคาดคะเนผลผลิตข้าว และ 2) ผลของปุ๋ยกำมะถันที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพโรงเรือนประกอบด้วยอัตรา 0, 3, 6, 9 และ 12 มก.กำมะถัน/กก. ดินแห้ง พบว่า ชุดดินพิมาย กุลาร้องไห้ และโคราชมีกำมะถันอยู่ในระดับสูง ส่วนชุดดินที่เหลือมีปริมาณปานกลาง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตอบสนองต่อปุ๋ยกำมะถันที่ใส่ยกเว้นในชุดดินพิมายที่การใส่ปุ๋ยกำมะถันจะให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใส่แต่ละอัตราให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ กำมะถันที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดทั้ง 4 ชนิดมีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดและตอซังข้าวยกเว้นน้ำกลั่นโดย Mehlich III และ NH_4OAc ให้สหสัมพันธ์กับกำมะถันในตอซัง ($r = 0.91^{**}$) และในเมล็ดข้าว ($r = 0.97^{**}$) สูงที่สุด ตามลำดับ ส่วนกำมะถันที่สกัดโดย NH_4OAc มีสหสัมพันธ์ทางสถิติกับน้ำหนักแห้งตอซัง ($r = 0.98^{*}$) ปริมาณกำมะถันที่คาดว่าเพียงพอต่อข้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดน้ำยาสกัดดินอยู่ในพิสัย 5-26 มก./กก. ผลผลิตที่ได้จากสมการที่ใช้น้ำยาสกัดกำมะถันทั้ง 4 ชนิดมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติยิ่งกับผลผลิตที่ได้รับจริงใกล้เคียงกัน ($R^2 = 0.69^{**}$-0.80^{**}) โดยน้ำยา Mehlich III ให้สหสัมพันธ์สูงสุด สมการ $\log(100-y) = 2-0.2496b+1.498x$ และ $\log(100-y) = 2-0.0163b-0.185x$ เมื่อ y คือ ผลผลิตที่ได้คิดเป็นร้อยละของผลผลิตสูงสุด x คืออัตราปุ๋ยกำมะถันที่ใส่ (หน่วย มก./กก) และ b คือ ปริมาณกำมะถันที่สกัดโดย NH_4OAc และ น้ำกลั่น (หน่วย มก./กก) ตามลำดับ มีความเหมาะสมในการประเมินความเป็นประโยชน์ของกำมะถันสำหรับข้าวที่ปลูกในดินเหล่านี้มากกว่าน้ำยาสกัดดินที่เหลือ อย่างไรก็ตาม สมการที่ได้อาจต้องปรับเปลี่ยนเมื่อมีการทดสอบในสนามในหลายๆ ดิน

คำสำคัญ ดินนา, กำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดิน, น้ำยาสกัดดิน, สมการประเมินผลผลิต

ABSTRACT: Representative soil series for growing jasmine rice, namely Phimai, Korat, Kula Ronghai, Tha Tum and Ubon soil series were selected for the studies comprising two parts; 1) the efficiency of four soil extractants such as H_2O, $Ca(H_2PO_4)_2$, NH_4OAc and MehlichIII for the analysis of soil available S and subsequently used to make equation for rice yield prediction, and 2) the effect of S fertilizer on yield of Khao Dawk Mali 105 rice (KDML105) under greenhouse condition. Treatments consisted of 0, 3, 6, 9 and 12 mg S/kg dried soil. Results showed that Phimai Korat and Kula Ronghai had high level of available S while the others had medium level. KDML105 rice showed clear response to additional S fertilizer except for Phimai soil series. Sulfur fertilizer gave higher rice yield and

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

* Corresponding author: agrspc@ku.ac.th

components than did no application but with no statistical difference among different rates. Sulfur extracted from four soil extractants correlated with S concentrations in stover and grain except that extracted by H_2O. Mehlich III and NH_4OAc correlated highest with the concentration of S in stover (r = 0.91**) and in rice grain (r = 0.97**), respectively. Sulfur content extracted by NH_4OAc only statistically correlated with stover dry matter (r =0.98*). Critical level of S expectedly adequate was 5-26 mg/kg depending upon each extractant. Predicted yields retrieved from the equation using four S extractions were highly significantly correlated with actual rice yield (R^2 = 0.69**-0.80**) which Mehlich III was the most highly correlated. The equations of log(100-y)=2-0.2496b+1.498x and log (100-y)=2-0.0163b-0.185x, y was obtained grain yield in percent of maximum yield; x was rate of required S fertilizer in mg/kg; and b was S content extracted by NH_4OAc and H_2O, respectively, in mg/kg, were suitable for assessing S availability for growing rice on these soils. However, the equation may need to be adjusted, regarding field trials that cover more soils.
Keywords: paddy soils, availability index for soil S, extractant, predicted yield equation

บทนำ

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวหอมมะลิที่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ เนื่องจากเหนียวนุ่มและมีกลิ่นหอม ข้าวหอมมะลิประมาณร้อยละ 85 ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในดินนาที่มีเนื้อดินค่อนข้างหยาบถึงปานกลาง รวมถึงดินที่ได้รับอิทธิพลของเกลือ (สุขสันต์, 2531; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โดย Jones (1982) รายงานการขาดธาตุอาหารของข้าวในทวีปเอเชียโดยในประเทศไทยพบปัญหาการขาดธาตุกำมะถันทั้งนี้เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำประกอบกับขาดการปรับปรุงบำรุงดิน จึงให้กำมะถันที่มีอยู่ในดินลดลงจนไม่เพียงพอ กำมะถันองค์ประกอบของกรดอะมิโน วิตามิน B1, Coenzymes A และ glutathione ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเมทาบอลิซึมและการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ อีกทั้งมีบทบาทที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลผลิตโดยเฉพาะการสร้างสารหอมระเหย (Thompson et al.,1970) ข้าวที่ขาดกำมะถันจะมีใบอ่อนสีเขียวซีดหรือสีเหลือง แคระแกร็น การแตกกอลดลง การสุกแก่ของเมล็ดช้าลง รวงข้าวน้อยและสั้น และมีสัดส่วนเมล็ดลีบสูงขึ้น (Yoshida and Chaudry, 1979) Dobermann and Fairhurst (2000) รายงานว่าข้าวต้องการกำมะถันมากที่สุดในช่วงแตกกอและต่ำที่สุดในระยะโตเต็มที่โดยค่าวิกฤติที่อยู่ในระดับที่พอเพียงอยู่ในพิสัยร้อยละ 0-1-0.3 ของน้ำหนักแห้งและไม่พบรายงานถึงระดับที่เป็นพิษ มีรายงานที่แสดงว่า การใส่ปุ๋ยกำมะถันช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวได้ (Sudha and Chandini, 2002; Ali et al., 2008; Shailendra et al., 2011; Majid and Hamid, 2014) แต่ในกรณีของข้าวหอมมะลินั้นพบว่ามีข้อมูลอยู่อย่างจำกัดโดยเฉพาะในประเทศไทย

กำมะถันในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ และส่วนน้อยอยู่ในรูปสารประกอบอนินทรีย์ โดยกำมะถันอินทรีย์จะเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก เนื่องจากต้องเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ก่อน (Kuramarohita, 1973; Freney, 1986) ดังนั้นกำมะถันอนินทรีย์ในดินจึงมีความสัมพันธ์กับผลผลิตพืชมากกว่า และถูกนำมาใช้ประเมินปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ซึ่งจะอยู่ในรูปอนุมูลซัลเฟตที่ละลายอยู่ในสารละลายดินและที่ถูกดูดยึดอยู่กับคอลลอยด์ของดิน (Appiah and Ahenkorah, 1989; Anderson et al., 1992) โดยส่วนที่อยู่ละลายในสารละลายดินเกิดการสูญหายได้ง่ายโดยเฉพาะในดินดอน ดังนั้นจึงไม่พบสหสัมพันธ์กับผลผลิตพืช (Scott, 1981; Appiah and Ahenkorah, 1989) กำมะถันที่ถูกดูดยึดอยู่กับคอลลอยด์ของดินจึงมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตมากกว่าโดยการใช้สารละลายกรดอ่อน เกลือที่มีฤทธิ์อ่อน หรือที่มีฟอสเฟต ในการสกัดกำมะถันที่ถูกดูดซับจะทำให้ได้ปริมาณที่แตกต่างกันตามชนิดของสารละลายที่ใช้ในการสกัด (Huda et al., 2004; Bharathi and Sangeetha, 2008; Quirine et al., 2011) ดังนั้นการศึกษาความเป็นประโยชน์ของกำมะถันสำหรับการข้าวจึงขึ้นอยู่กับวิธีที่เหมาะสมสำหรับการวัดรูปของ

กำมะถันในดิน จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดในการประเมินกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินหลักที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิ และเปรียบเทียบผลของปุ๋ยกำมะถันต่อผลผลิตของข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในดินต่างชนิด เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการจัดการปุ๋ยกำมะถันต่อไป

วิธีการศึกษา

สำรวจพื้นที่ปลูกข้าวหอมมะลิในจังหวัดร้อยเอ็ด สุรินทร์ ศรีสะเกษ และนครราชสีมา และทำการเก็บตัวอย่างดินบน (ความลึก 30 ซม.) แบบ composite sample ให้ทั่วทั้งพื้นที่จำนวน 10-12 จุดจากนั้นนำมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันรวมเป็นหนึ่งตัวอย่าง ประกอบด้วยชุดดินกุลาร้องไห้ น้ำพอง พิมาย ร้อยเอ็ดที่เป็นดินเค็ม และท่าตูมชุดดินละ 2 พื้นที่ และชุดดินโคราช ราชบุรี อุบล ร้อยเอ็ด และร้อยเอ็ด ที่มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนชุดดินละ 1 พื้นที่ รวม 15 พื้นที่ จากนั้นนำไปวิเคราะห์กำมะถันที่เป็นประโยชน์โดยใช้น้ำยา $Ca(H_2PO_4)_2$ เพื่อคัดเลือกดินที่มีปริมาณกำมะถันที่แตกต่างกันซึ่งหากมีค่าต่ำกว่า 4, 4-8 และ มากกว่า 8 มก./กก. แสดงว่ากำมะถันในดินอยู่ในระดับต่ำ ปานกลาง และสูงตามลำดับ (Fox et al., 1964) โดยดินทั้ง 15 พื้นที่มีกำมะถันอยู่ในพิสัย 4-176 มก./กก. จึงคัดเลือกดินตัวแทนจำนวน 5 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินพิมาย (Pm) (48P 0223047E 1687561N) ชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) (48P 0354437E 1730517N) และชุดดินโคราช (Kt) (48P 0327684E 1623971N) ซึ่งมีกำมะถันอยู่ในระดับสูง ชุดดินท่าตูม (Tt) (48P 0349066E 1698446N) และชุดดินอุบล (Ub) (48P 0327823E 1623516N) ซึ่งมีกำมะถันอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ดินเหล่านี้มีสมบัติที่แตกต่างกันดังแสดงใน **Table 1** เพื่อให้ครอบคลุมลักษณะของดินที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิให้ได้มากที่สุด

การศึกษาประกอบด้วย 2 การทดลอง 1) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดกำมะถันที่เป็นประโยชน์ โดยนำตัวอย่างดินก่อนทำการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทำการสกัดดินที่แตกต่างกัน 4 วิธี ได้แก่ น้ำกลั่นโดยใช้ดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 เขย่านาน 60 นาที (Bardsley andLancaster, 1965), MehlichIII โดยใช้ดินต่อสารละลายเท่ากับ 1:10 เขย่านาน 5 นาที (Mehlich, 1984), 0.5M NH_4OAc โดยใช้ดินต่อสารละลายเท่ากับ 1:2.5 เขย่านาน 30 นาที (Rehm and Caidwell, 1968) และ $Ca(H_2PO_4)_2$ ที่ความเข้มข้น 500 mg/L โดยใช้ดินต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 เขย่านาน 60 นาที (Schulte and Elk, 1988) และกำมะถันทั้งหมดโดยการย่อยด้วยกรด HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ (Bardsley and Lancaster, 1960) จากนั้นวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันโดยการวัดความขุ่นด้วยเครื่อง spectrophometer ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร (Bardsley and Lancaster, 1965) และ 2) การศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยกำมะถันโดยทำการปลูกขาวดอกมะลิ 105 ในโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบรูณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยการใส่โพแทสเซียมซัลเฟตในอัตรา 0, 3, 6, 9 และ 12 มก. กำมะถัน/กก.ดินแห้ง ในทุกตำรับการทดลองจะมีการเติมธาตุอาหารอื่นๆ ในอัตราที่มากเกินพอ ยกเว้นโพแทสเซียมเนื่องจากปุ๋ยกำมะถันที่ใช้มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ (**Table 2**) การปลูกข้าว ชั่งดินหนัก 5 กก. ในกระถางพลาสติก ใส่น้ำกลั่น ตีดินให้แตกละเอียด ปักดำกล้าข้าวอายุ 14 วัน จำนวน 3 ต้น/กระถาง รักษาระดับน้ำให้สูง 5 ซม. จากผิวดินตลอดระยะเวลาการทดลองโดยใช้น้ำกลั่น การเก็บข้อมูลพืช ได้แก่ 1) บันทึกวันที่ออกดอก 50% 2) องค์ประกอบผลผลิตข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวหรือ 28-30 วันหลังออกดอก และ 3) เก็บตัวอย่างพืชที่ระยะเก็บเกี่ยวแบบแยกส่วนได้แก่ เมล็ดข้าวขาว และตอซังข้าว (รวมแกลบ) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยการย่อยสลายด้วยกรดและวัดปริมาณโดยวิธีมาตรฐาน (Johnson and Ulrich, 1959; Murphy and Riley, 1962)

Table 1 Properties of soils used in the experiment

Soil properties	Soil series				
	Pm	Ki	Kt	Ub	Tt
Textural class	Clay	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam	Clay
Sand (%)	5	77	76	79	22
Silt (%)	21	4	4	3	32
Clay (%)	74	19	20	18	46
pH (1:1 H_2O)	5.1	6.3	4.7	5.1	4.7
Ece (dS/m)	0.92	0.08	0.03	0.08	0.12
SAR	13.42	6.09	2.03	0.85	1.12
Organic matter (g/kg)	7.0	2.5	2.5	2.9	2.4
CEC ($cmol_c$/kg)	33.25	0.50	1.00	1.25	8.00
Available P (mg/kg)	2.41	4.26	3.76	2.20	3.90
Available K (mg/kg)	98.57	4.76	4.81	3.40	22.65
Extractable Ca ($cmol_c$/kg)	18.90	0.59	0.22	0.37	1.47
Extractable Mg ($cmol_c$/kg)	4.67	0.07	0.05	0.05	0.14
Available Zn (mg/kg)	0.39	0.41	0.07	0.10	0.12
Available Fe (mg/kg)	93.67	51.62	71.00	47.87	163.69

Table 2 Fertilizer type and application rates for KDML105 in greenhouse

Element	Fertilizer	Application rate (mg element/kg)				
		T1 (0 mg S/pot)	T2 (3 mg S/pot)	T3 (6 mg S/pot)	T4 (9 mg S/pot)	T5 (12 mg S/pot)
N	NH_4Cl	18	18	18	18	18
N	$CO(NH_4)_2$	22	22	22	22	22
P	$(NH_4)_2HPO_4$	41	41	41	41	41
K	KCl	29	22	15	7	0
Ca	$CaCl_2.2H_2O$	10	10	10	10	10
Mg	$MgCl_2.6H_2O$	10	10	10	10	10
S	KSO_4	0	3	6	9	12
Fe	$FeCl_3.6H_2O$	15	15	15	15	15
Mn	$MnCl_2.4H_2O$	4	4	4	4	4
Zn	$ZnCl_2$	2	2	2	2	2
Cu	$CuCl_2.2H_2O$	1	1	1	1	1
B	H_3BO_3	1	1	1	1	1
Mo	$(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$	1	1	1	1	1

Note: All fertilizers were applied as basal application except for $CO(NH_4)_2$ which was applied at tillering stage

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan multiple range test (DMRT) 2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างกำมะถันในดิน ผลผลิตเมล็ด ตอซังข้าว และความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดและตอซังข้าวโดยใช้ Partial correlation analysis 3)

การประเมินค่าวิกฤติของกำมะถันโดย graphical method โดยวิธี Cate-Nelson analysis (Cate and Nelson, 1965) ด้วย R program และ 4) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินและกำมะถันจากปุ๋ยโดยใช้สมการ Mitscherlich-Bray ซึ่งเป็นกราฟเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยการเจริญเติบโต โดยอัตราส่วนการเพิ่มขึ้นจะลดลงเมื่อพืชได้รับปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มเติม และพืชจะไม่มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นเมื่อถึงจุดที่พืชให้ผลผลิตสูงสุด โดยมีสมการ คือ $\log (A - y) = \log A - Cb - C_1 x$ เมื่อ A คือ ผลผลิตสูงสุดเมื่อ x เพิ่มไปแบบไม่มีที่สิ้นสุด (กำหนดให้เป็นร้อยละ 100) ค่า y คือ ผลผลิตเมล็ดข้าวเมื่อใส่ธาตุอาหารในอัตรา x (คิดเป็นร้อยละของผลผลิตสูงสุด) ค่า C_1 เป็นค่าคงที่สำหรับประสิทธิภาพของกำมะถันที่มีอยู่ในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยกำมะถันซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้จากตำรับควบคุมในทุกดินที่ทำการศึกษา ค่า C เป็นค่าคงที่สำหรับประสิทธิภาพของกำมะถันจากปุ๋ยซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของค่า C_1 ของดินที่มีการใส่ปุ๋ยกำมะถัน ค่า x คือ อัตราปุ๋ยกำมะถันที่ใส่ (หน่วยเป็น มก./กก.) และค่า b คือ ปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น (หน่วยเป็น มก./กก.) (Tisdale and Nelson, 1975)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ของดิน

ปริมาณกำมะถันทั้งหมดของดินที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 49-711 มก./กก. โดยชุดดินกุลาร้องไห้มีค่าต่ำที่สุด กำมะถันที่เป็นประโยชน์ที่ใช้น้ำยาสกัดที่แตกต่างกันพบว่า มีปริมาณแปรปรวนและมีค่าต่ำกว่าปริมาณกำมะถันทั้งหมดของดินประมาณ 10 เท่า ยกเว้นในชุดกุลาร้องไห้ที่การใช้น้ำและ $Ca(H_2PO_4)_2$ ให้ค่าใกล้เคียงกัน (Table 3) โดยภาพรวม การใช้น้ำกลั่นในการสกัดดินให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดในเกือบทุกชุดดิน (30-48 มก./กก.) ยกเว้นในกรณีของชุดดินพิมายและชุดดินท่าตูมที่การใช้ $Ca(H_2PO_4)_2$, และ Mehlich III ให้ค่าสูงที่สุด (Table 3) ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ไม่สอดคล้องรายงานที่สืบค้น ซึ่งโดยทั่วไปการใช้ $Ca(H_2PO_4)_2$ จะให้ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้สูงสุดเนื่องจากฟอสเฟตในสารละลายจะเข้าไปแทนที่อนุมูลซัลเฟตที่ถูกดูดซับที่ผิวคอลลอยด์ (Anderson et al., 1992; Appiah and Ahenkorah, 1989; Bharathi and Sangeetha, 2008; Quirine et al., 2011) ขณะที่การใช้น้ำกลั่นจะให้ค่าต่ำที่สุด เนื่องจากซัลเฟตในสารละลายดินเกิดการสูญหายได้ง่าย จึงทำให้ปริมาณที่คงอยู่ต่ำ (Appiah and Ahenkorah, 1989) อย่างไรก็ตาม ดินที่ทำการศึกษาครั้งนี้เป็นดินนา กระบวนการชะละลายจึงถูกจำกัด จึงเป็นสาเหตุให้กำมะถันคงอยู่ในสารละลายดินได้นาน

Table 3 Total S and extractable S of selected jasmine rice growing soils.

Soil series	Total S	Extractable S (mg S/kg)			
	(mg S/kg)	$Ca(H_2PO_4)_2$	NH_4OAc	H_2O	Mehlich III
Phimai (Pm)	706	176	158	118	103
Korat (Kt)	711	18	2	43	33
Kula Ronghai (Ki)	49	44	1	48	9
Ubon (Ub)	232	8	3	30	3
Tha Tum (Tt)	206	4	27	25	46

การใช้ NH_4OAc ในการสกัดดินให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดในเกือบทุกชุดดิน (1-3 มก./กก.) ยกเว้นชุดดินพิมายและชุดดินท่าตูมที่ Mehlich III และ $Ca(H_2PO_4)_2$ ให้ค่าต่ำที่สุดตามลำดับ **(Table 3)** ซึ่งน้ำยา NH_4OAc นั้นจะสกัดกำมะถันอินทรีย์บางส่วนร่วมด้วย (Graeme et al., 1993) ดังนั้นปริมาณกำมะถันที่ได้จะมีค่าสูงในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง นอกจากนี้ปริมาณกำมะถันที่ในแต่ละชุดดินมีค่าแปรปรวนเมื่อใช้น้ำยาสกัดที่แตกต่างกันยกเว้นชุดดินพิมายที่มีกำมะถันที่เป็นประโยชน์สูงสุดในทุกวิธีการสกัดซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 176-103 มก./กก. กำมะถันที่สกัดโดยน้ำยาสกัดส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ทางสถิติซึ่งกันและกัน ยกเว้นน้ำยาสกัด Mehlich III ที่ไม่มีสหสัมพันธ์กับน้ำยาสกัด $Ca(H_2PO_4)_2$ และ น้ำกลั่น **(Table 4)**

การตอบสนองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อปุ๋ยกำมะถันทางด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในชุดดินพิมายไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยกำมะถัน แต่การใส่ปุ๋ยกำมะถันให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวในชุดดินกุลาร้องไห้ โคราช ท่าตูมและอุบลสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 1**) โดยการไม่ใส่ปุ๋ยกำมะถันให้ความสูงของข้าว (ที่ทำการบันทึกในวันที่เก็บเกี่ยว) ที่ปลูกในชุดดินอุบลต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 102 ซม. ซึ่งไม่มีความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยกำมะถันในอัตรา 12 มก./กก. ส่วนการใส่ปุ๋ยกำมะถันในอัตราที่เหลือให้ความสูงของข้าวเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (104-112 ซม.) โดยอัตรา 6 มก./กก. (**Figure 1a**) มีแนวโน้มให้ข้าวสูงที่สุด ทั้งนี้พัฒนาการด้านความสูงของพืชเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งธาตุกำมะถันเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างคลอโรฟิลล์ (Fageria, 2009) นอกจากนี้ตำรับควบคุมส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในดินโคราชและอุบลออกรวงช้าที่สุดเท่ากับ 126 และ 122 วัน ตามลำดับ แต่เมื่อการใส่ปุ๋ยกำมะถันในอัตรา 3-12 มก./กก. ส่งผลให้ข้าวออกรวงเร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 115-117 และ 119-120 วัน ตามลำดับ (**Figure 1b**) ทั้งนี้เนื่องจากหากพืชได้รับกำมะถันไม่เพียงพอจะมีการเจริญเติบโตที่ช้าลงประมาณ 1-2 สัปดาห์ดังแสดงในรายงานของ Ali et al. (2008) แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างอัตราปุ๋ยกำมะถันที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยกำมะถันมีแนวโน้มให้ข้าวที่ปลูกในชุดดินที่เหลือออกดอกเร็วขึ้น ถึงแม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติโดยข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายจะออกรวงเร็วกว่าชุดดินอื่นๆ เล็กน้อย

Table 4 Correlation coefficients (r) for linear relationship between extractable S by different extractants

Extractable S	NH_4OAc	H_2O	Mehlich III
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.94*	0.99**	0.84
NH_4OAc		0.93*	0.94*
H_2O			0.83

Note: *,** = correlations are significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability level respectively.

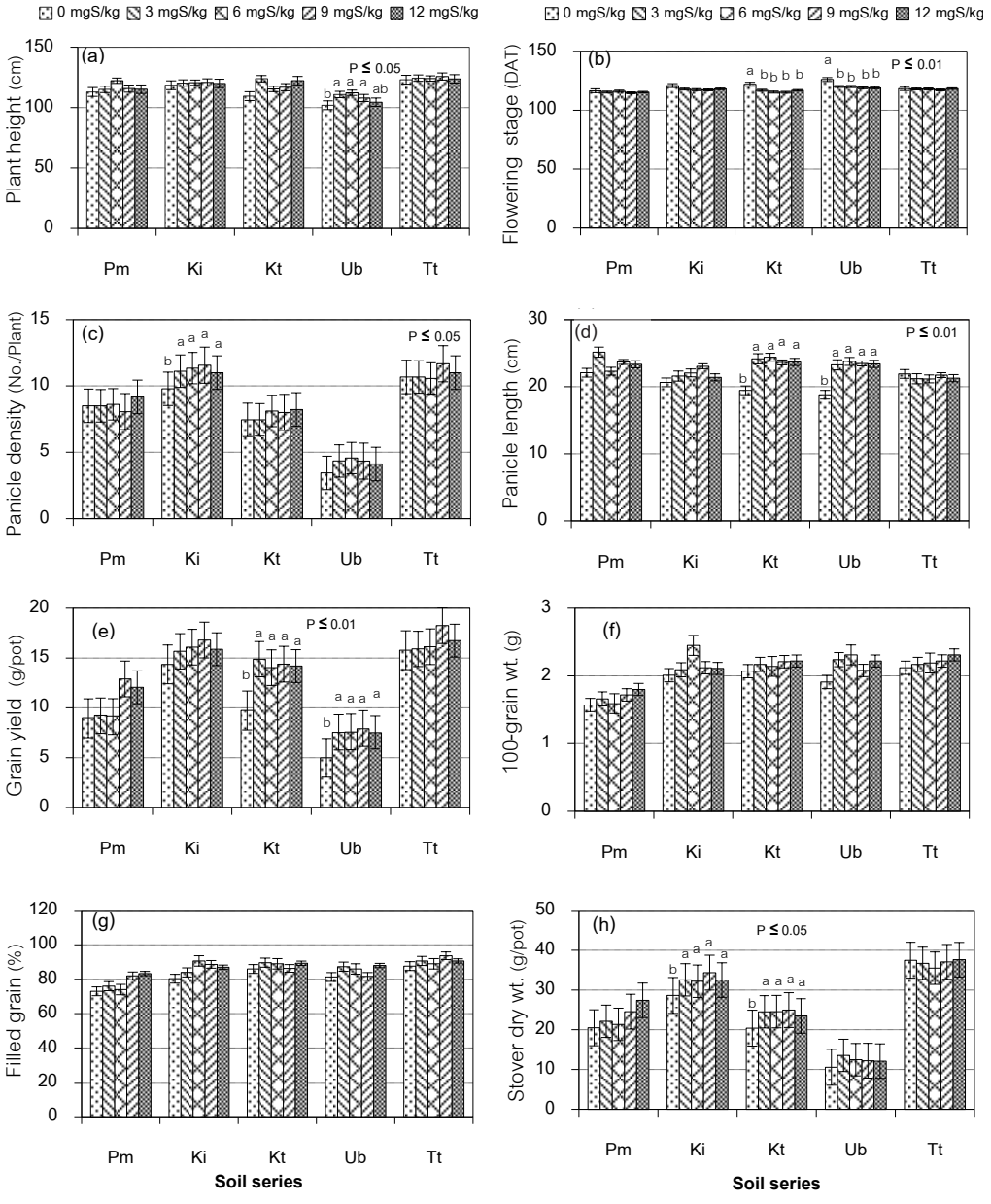


Figure 1 Response of KDML 105 to S fertilizer rate: plant height (a), flowering stage (b), panicle density (c) and length (d), grain yield (e) and 100-grain weight (f) at 14% moisture, %filled grain (g), stover dry weight (h)

การใส่ปุ๋ยกำมะถันส่งผลต่อจำนวนรวงของข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้ (**Figure 1c**) โดยตำรับควบคุมให้จำนวนรวงเฉลี่ยน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 9.78 รวง/กระถาง ส่วนการใส่ปุ๋ยกำมะถันให้จำนวนรวงเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติอยู่ในพิสัย 11.00-11.56 รวง/กระถาง นอกจากนี้ ตำรับควบคุมให้ความยาวรวงข้าวในชุดดินโคราช และอุบลสั้นที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 19.45 และ18.79 ซม.ตามลำดับ (**Figure 1d**) และการใส่ปุ๋ยกำมะถันให้ความยาวรวงไม่แตกต่างกันโดยอัตรา 6 มก./กก มีแนวโน้มให้ความยาวรวงมากที่สุดในทั้งสองชุดดิน

น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14 พบว่าอัตราปุ๋ยกำมะถันส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดข้าวที่ปลูกในชุดดินโคราช และอุบลมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Figure 1e) โดยตำรับควบคุมให้น้ำหนักเมล็ดต่ำที่สุดเท่ากับ 9.74 และ 4.99 ก./กระถาง ส่วนการใส่ปุ๋ยกำมะถันในอัตรา 3-12 มก./กก. ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 14.03-14.88 และ 7.52-7.92 ก./กระถาง ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ali et al. (2008) Majid and Hamid (2014) Shailendra et al. (2011) และ Sudha and Chandini (2002) แต่การใส่ปุ๋ยแต่ละอัตราให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติซึ่งอัตรา 3 และ 9 มก./กก. มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกในชุดดินโคราชและอุบลสูงที่สุด การใส่กำมะถันอัตรา 3-12 มก./กก. ให้น้ำหนักตอซังแห้งของข้าวที่ปลูกในชุดดินโคราชและกุลาร้องไห้มีค่าอยู่ในพิสัย 32.2-34.4 และ 23.5-24.5 ก./กระถาง ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะการใส่ในอัตรา 9 มก./กก. อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยกำมะถันส่งผลให้ผลผลิตข้าว และตอซังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยกำมะถันในทุกชุดดิน

สหสัมพันธ์ระหว่างระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

ผลผลิตเมล็ดมีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในตอซังหรือในเมล็ดข้าวยกเว้นกำมะถัน (Table 5) โดยความเข้มข้นของทองแดงในเมล็ดมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตมากกว่าธาตุอาหารพืชอื่นๆ เนื่องจากให้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุดเท่ากับ 0.69** (Table 5) จึงอาจส่งเสริมการสร้างผลผลิตเมล็ดข้าวมากกว่าธาตุอาหารพืชตัวอื่น ทั้งนี้ทองแดงมีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างคลอโรฟิลส์ รวมทั้งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเอนไซม์หลายชนิด ซึ่งการขาดทองแดงจะมีผลให้เมล็ดข้าวฝ่อ (Dobermann and Fairhurst, 2000)

สหสัมพันธ์ปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินกับผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณกำมะถันที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดดินทั้ง 4 ชนิดไม่มีสหสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตเมล็ดสัมพัทธ์ (Table 6) แต่ปริมาณกำมะถันในดินที่สกัดด้วย NH4OAc มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักแห้งตอซังสัมพัทธ์ (r =0.98*) (Table 6) เนื่องจากน้ำยา NH_4OAc จะสกัดกำมะถันอินทรีย์บางส่วนร่วมด้วย (Graeme et al., 1993) แสดงให้เห็นว่ามีการปลดปล่อยกำมะถันจากอินทรียวัตถุออกมาอย่างต่อเนื่อง (Kuramarohita, 1973) จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งสอดคล้องกับ Bharathi and Sanggtha (2008) ที่พบว่า น้ำยา NH_4OAc มีความเหมาะสมในการประเมินกำมะถันที่เป็นประโยชน์ของดินมากกว่าการใช้น้ำยาสกัด HCl, $NaHCO_3$, Morgan's reagent และน้ำกลั่น

Table 5 Correlation coefficients (r) for linear relationship between plant nutrient concentration and grain yield

Plant nutrient concentration	Grain yield at 14% moisture (g/pot)	
	Stover	Grain
N (g/kg)	-0.45	-0.56**
P (g/kg)	-0.18	-0.28*
K (g/kg)	-0.28	-0.35**
Ca (g/kg)	-0.37**	-0.23
Mg (g/kg)	-0.59**	-0.21
S (g/kg)	-0.15	-0.01
Zn (mg/kg)	-0.18	0.29*
Fe (mg/kg)	0.44**	0.24*
Cu (mg/kg)	-0.03	0.69**
Mn (mg/kg)	-0.54**	0.09

Note: *,** = correlations are significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability level respectively.

Table 6 Correlation coefficients (r) for linear relationship between the availability indices for sulfur in soils and relative grain yield, relative stover, sulfur concentrations in grain and in stover

Extractable S (mg/kg)	Correlation coefficient (r)			
	Relative grain yield (%)	Relative stover dry wt.(%)	S in grain (mg/kg)	S in stover (mg/kg)
$Ca(H_2PO_4)_2$	0.50	0.60	0.81*	0.77
NH_4OAc	0.62	0.98*	0.94**	0.87*
H_2O	0.23	0.70	0.78	0.72
MehlichIII	0.39	0.91	0.97**	0.91*

Note: *,** = correlations are significant at $p \leq 0.05$ and 0.01 probability level respectively.

กำมะถันที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดดินทั้ง 4 ชนิดส่วนใหญ่มีสหสัมพันธ์ทางสถิติกับความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดและในตอซังข้าวยกเว้นการใช้น้ำกลั่น (Table 6) ปริมาณกำมะถันในดินที่สกัดด้วย NH_4OAc และ Mehlich III มีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของกำมะถันทั้งในส่วนเมล็ดและตอซังข้าว ส่วนน้ำยา $Ca(H_2PO_4)_2$ ที่ใช้สกัดกำมะถันมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ด ($r = 0.81^*$) เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า น้ำยา Mehlich III และ NH_4OAc มีความเหมาะสมมากที่สุดในการประเมินความเข้มข้นของกำมะถันในตอซังและเมล็ดข้าวตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด เท่ากับ 0.91* และ 0.97** เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำยาสกัด $Ca(H_2PO_4)_2$, และ น้ำกลั่น (Table 6)

ค่าวิกฤติของกำมะถัน

ค่าวิกฤตของกำมะถันจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์โดยใช้น้ำยาสกัดต่างๆ กับผลผลิตสัมพัทธ์ของข้าวที่ปลูกในทั้ง 5 ชุดดินโดยวิธี graphical method แสดงใน Table 7 พบว่า ปริมาณกำมะถันที่คาดว่าเพียงพอต่อข้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดน้ำยาสกัดดินอยู่ในพิสัย 5-26 มก./กก.โดยมีค่าสูงสุดเมื่อใช้การใช้น้ำกลั่นในการสกัดดิน ส่วนน้ำยาสกัด $Ca(H_2PO_4)_2$ และ Mehlich III ให้ค่าใกล้เคียงกัน (5.88 และ 5.00 มก./กก.) ซึ่งสอดคล้อง Huda et al. (2004) รายงานค่าวิกฤติของกำมะถันในดินสำหรับข้าวมีค่าอยู่ในพิสัย 9.3-17.8 มก./กก. ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของน้ำยาสกัดดินที่ใช้ได้แก่ $Ca(H_2PO_4)_2$, $CaCl_2$, NH_4OAc และ $NaHCO_3$ โดย NH_4OAc ให้สูงที่สุด

สมการคำนวณอัตราปุ๋ยกำมะถันจากค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้วิธี Mitscherlich-Bray Equation

การคาดคะเนผลผลิตจากสมการ Mitscherlich-Bray Equation จะทำให้ได้สมการที่ใช้ประเมินผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เฉพาะเจาะจงกับน้ำยาสกัดแต่ละชนิด โดยนำผลผลิตสัมพัทธ์ของเมล็ดข้าวที่ได้จากตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยทั้ง 5 ชุดดินมาแทนค่าลงในสมการ $\log (A - y) = \log A - C_1 b$ เมื่อ A คือผลผลิตเมล็ดข้าวสูงสุด (คิดเป็นร้อยละ 100) b คือปริมาณกำมะถันในดินเริ่มต้นที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดดินชนิดต่างๆ (หน่วยเป็น มก./กก.) และ y = ผลผลิตเมล็ดข้าวสัมพัทธ์ที่ได้จากตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยกำมะถัน จะทำให้ได้ค่า C_1 แล้วนำค่าเหล่านี้สำหรับแต่ละวิธีการสกัดกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินพร้อมกับผลผลิตสัมพัทธ์จากทั้ง 5 ตำรับการทดลองไปแทนค่าในสมการอีกครั้งครั้งเพื่อคำนวนค่า C จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งหมดไปแทนค่าในสมการ Mitscherlich-Bray [$\log (A - y) = \log A - Cb - C_1 x$] จะทำให้ได้สมการประเมินผลผลิตข้าวที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดของน้ำยาสกัดกำมะถันในดินดังแสดงใน Table 8

Table 7 Critical level of soil available S for jasmine rice, KDML 105 by using graphical method

Extractant	Range of extractable S (mg/kg)	Critical value of extractable S (mg/kg)
$Ca(H_2PO_4)_2$	4-176	5.88
NH_4OAc	1-158	13.16
H_2O	25-118	26.15
MehlichIII	3-103	5.00

Table 8 Equations relating expected relative grain yields to availability indices for soil S and rates of S fertilizer required for different chemical extractant solution by using Mitscherlich-Bray Equation method

Extractants	Equation
$Ca(H_2PO_4)_2$	log(100-y)=2-0.0637b+0.254x
NH_4OAc	log(100-y)=2-0.2496b+1.498x
H_2O	log(100-y)=2-0.0163b-0.185x
Mehlich III	log(100-y)=2-0.055b+0.039x

Remark: y = the obtained grain yield (% of maximum yield), b = availability index for soil S (mg/kg), x = rate of fertilizer S required (mg S/kg)

ผลผลิตที่คำนวณได้จากสมการที่ใช้น้ำยาสกัดกำมะถันทั้ง 4 ชนิด (**Table 8**) ให้สหสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตที่ได้รับจริงใกล้เคียงกันมากและต่างก็ให้สหสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยน้ำยา Mehlich III ให้สหสัมพันธ์สูงที่สุด (**Figure 2**) ซึ่งสอดคล้องกับ Rao and Sharma (1997) ที่พบว่าน้ำยา Mehlich III ให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์มีสหสัมพันธ์กับดูดใช้กำมะถันของต้นซาแสดงให้เห็นว่า Mehlich III มีความเหมาะสมใช้ความต้องการกำมะถันสำหรับซาได้ดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณากราฟที่แสดงใน **Figure 2** พบว่า การใช้น้ำกลั่นเป็นน้ำยาสกัดดินให้การแจกกระจายของตัวอย่างอยู่ด้านบนและด้านล่างของเส้นสหสัมพันธ์ และพบว่าผลผลิตที่คำนวนได้จะใกล้เคียงกับผลผลิตจริง ก็ต่อเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยในอัตราสูง (ที่ผลผลิตประมาณ 15 ก/กระถางขึ้นไป) และจะมีค่าต่ำกว่าผลผลิตจริงอย่างชัดเจนเมื่อได้รับปุ๋ยอัตราต่ำ ขณะที่น้ำยาสกัดดินที่เหลืออีก 3 ชนิด ให้ข้อมูลกระจายอยู่ใกล้เส้นสหสัมพันธ์โดยเฉพาะน้ำยา NH_4OAc ซึ่งมีแนวโน้มให้ผลผลิตที่คำนวนได้ใกล้เคียงกับผลผลิตจริงในทุกอัตราปุ๋ยกำมะถันที่ใส่เพิ่มเติมมากกว่าการใช้น้ำยาสกัด Mehlich III และ $Ca(H_2PO_4)_2$ ถึงแม้จะให้ค่าสหสัมพันธ์กำหนดต่ำกว่าน้ำยาสกัด Mehlich III ก็ตาม นอกจากนี้การประเมินผลผลิตที่ได้พบว่า ในชุดดินพิมายมีความแม่นยำต่ำที่สุดเนื่องจากผลผลิตที่คำนวนได้มีค่าสูงกว่าผลผลิตจริงในทุกชนิดของน้ำยาสกัดดิน (**Figure 2**) อาจเนื่องจากชุดดินพิมายมีสมบัติที่แตกต่างจากชุดดินอื่นๆ อย่างชัดเจน กล่าวคือเป็นดินโซดิก มีปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะโพแทสเซียมและความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (**Table 1**)

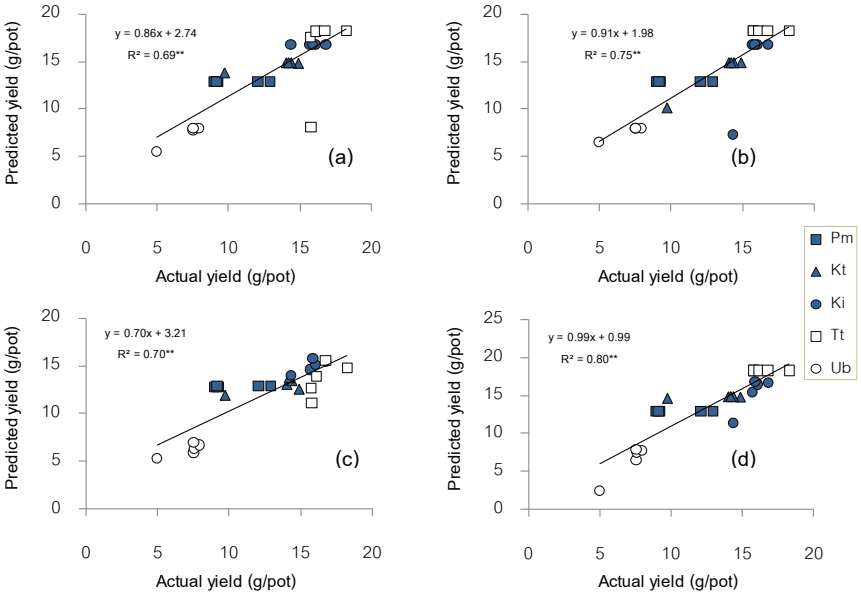


Figure 2 Linear relationship between the actual grain yields and the grain yields calculated by the Mitscherlich-Bray equation for $Ca(H_2PO_4)_2$ (a), NH_4OAc (b), H_2O (c) and Mehlich III (d)

สรุป

ปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ของชุดดินตัวแทนที่ใช้ปลูกข้าวหอมมะลิจำนวน 5 ชุดดินได้แก่ ชุดดินพิมาย โคราช กุลาร้องไห้ อุบลและท่าตูมอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงซึ่งมีค่าแปรปรวนตามชนิดของน้ำยาสกัด ปริมาณกำมะถันที่คาดว่าจะเพียงพอต่อข้าวมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดน้ำยาสกัดดิน มีเพียงในกรณีของชุดดินพิมายเท่านั้นที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยกำมะถันที่ใส่เพิ่มเติม ในดินที่เหลือพบว่าการใส่ปุ๋ยกำมะถันจะให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างชัดเจนแต่การใส่ปุ๋ยกำมะถันในอัตรา 3-12 มก./กก. ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความเข้มข้นของกำมะถันในตอซังข้าวและในเมล็ดไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ด ในขณะที่ความเข้มข้นของทองแดงในเมล็ดมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตเมล็ดข้าวมากกว่าธาตุอาหารพืชอื่นๆ กำมะถันที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดดินทั้ง 4 ชนิดมีสหสัมพันธ์ทางสถิติกับความเข้มข้นของกำมะถันในเมล็ดและในตอซังข้าวยกเว้นการใช้น้ำกลั่น โดยน้ำยา Mehlich III และ NH_4OAc มีความเหมาะสมมากที่สุดในการประเมินความเข้มข้นของกำมะถันในตอซังและในเมล็ดข้าวตามลำดับ นอกจากนี้มีเพียงน้ำยา NH_4OAc เท่านั้นที่มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับน้ำหนักแห้งตอซังสัมพัทธ์

สมการประเมินผลผลิตข้าวที่เฉพาะเจาะจงกับชนิดของน้ำยาสกัดกำมะถันในดินทั้ง 4 ชนิดให้ความแม่นยำสูงใกล้เคียงกันสำหรับทำนายผลผลิตจากค่าวิเคราะห์กำมะถันในดินและอัตราปุ๋ยกำมะถันที่ใส่เพิ่มเติม และเมื่อพิจารณาถึงความแม่นยำในการคำนวนผลผลิตควรใช้น้ำยาสกัด 0.5M NH_4OAc แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่าย ความยาก ง่ายในการเตรียมสารละลาย วิธีการใช้น้ำกลั่นเป็นน้ำยาสกัดจะมีความเหมาะสมมากกว่า ในการประเมินความเป็นประโยชน์ของกำมะถันในดินประกอบการให้คำแนะนำปุ๋ยกำมะถันสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดินเหล่านี้ อย่างไรก็ตาม จำนวนชุดดินที่ใช้ศึกษามีจำนวนน้อย รวมทั้งเป็นการศึกษาในสภาพโรงเรือนทดลองซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างจากสภาพไร่นา ดังนั้นสมการที่ได้อาจจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนเมื่อมีการทดสอบในสนาม

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.)

เอกสารอ้างอิง

สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. 2531. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. ข่าวสารเกษตร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 17: 1-5.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2555. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

Anderson, G., R. Lefroy, N. Chinoim and G. Blair. 1992. Soil sulphur testing. Sulphur Agric. 16: 6-14.

Appiah, M.R. and Y. Ahenkorah. 1989. Determination of available sulphate in some soils of Ghana using five extraction methods. Biol. Fertil. Soils. 8: 80-86.

Bardsley, C.E., and J.D. Lancaster. 1960. Determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24: 265-268.

Bardsley, C.E., and J.D. Lancaster. 1965. Sulfur, pp. 1102-1166. In: C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Bharathi, C., and M. Sangeetha. 2008. Performance evaluation of different extractants for the estimation of available sulphur in major soils of Tamil Nadu. Asian J. Soil Sci. 3: 209-210.

Cate, R.B., and L.A. Nelson. 1965. Graphical procedure for critical limits of nutrients. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 89: 658.

Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. Los Banos, Laguna.

Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. Boca Raton, FL: CRC Press.

Fox, R.L., R.A. Olson, and H.F. Rhoades. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plant and soil tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28: 243-246.

Freney, J. R. 1986 Forma and reactions of organic sulfur compounds in soils, pp 207-217. In: M.A. Tabatabai, ed. Sulfur in Agriculture. Agronomy Monograph No 27. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Graeme, J.B., R.D.B. Lefroy, N. Chinoim, and G.C. Anderson. 1993. Sulfur soil testing. Plant and Soil 155: 383-386.

Huda, M.N., M.R. Islam, and M. Jahiruddin. 2004. Evaluation of extractants and critical limits of sulphur in rice soils of Bangladesh. Asian J. Plant Sci. 3: 480-483.

Jones, U.S., H.P. Samonte, and D.M. Jariel. 1982. Response of corn and inoculated legumes to urea lime phosphorus and sulfur on Guadalupe clay. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 328-331.

Kuramarohita, A.A. 1973. The distribution, Nature and Availability of Sulfur in Soils of Thailand. Ph.D. Thesis, University of Illinois, USA

Majid, Q.A., and R.M. Hamid. 2014. The effect of macro and micro-nutrient fertilizers on yield and yield attributes of rice in a Calcareous Soil. Amer. J. Exper. Agric. 4: 1604-1615.

Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15: 1407-1416.

Quirine, K., M. Chie, R.M.Renuka, D. Kevin, and G .Sanjay. 2011. A comparison of soil sulfur extraction methods. Soil Sci. Soc. Am. J. 75: 1578-1583.

Rao, T.N., and P.K. Sharma 1997. Evaluation of Mehlich III as an extractant for available sulphur. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28: 1033-1046.

Rehm, B.W., and A.C. Caldwell. 1968. Sulphur supplying capacity of soils and the relationship to soil type. Soil Sci. 105: 355-361.

Schulte, E.E., and K. Elk. 1988. Recommended sulfate-S test, pp. I7-20. In: W.C. Dahnke, ed. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.

Scott, N.M. 1981 Evaluation of sulphate status of soils by plant and soil tests. J. Sci. Food Agric. 32: 193-199.

Shailendra, K.G., S.K. Gali, and S. Ravi. 2011. Effect of sulphur fertilization on growth and yield parameters of rice (*Oryza sativa L.*). Asian J. Soil Sci. 6:227-229.

Sudha, B., and S. Chandini. 2002. Nutrient management in rice (*Oryza sativa* L.). J. Trop. Agric. 40: 63-64.

Tisdale, S.L., and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3rd ed., Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Thompson, J.F., I.K. Smith, and D.P. Moore. 1970. Sulphur in plant nutrition, pp. 80-92. In: O.H. Muth and J.E. Oldfield, eds. Symposium: Sulphur in Nutrition. Avi Publishing Company, Inc., Oregon. USA.

Yoshida, S., and M.R. Chaudry. 1979. Sulfur nutrition of rice. Soil Sci. Plant Nutr. 25: 121-134.