ผลของแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในดินนาและดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ

Effect of calcium and magnesium on Khao Dawk Mali 105 rice grown on normal and salt affected paddy soils

กนกพร มานันตพงศ์[1], ศุภิฌา ธนะจิตต์[1*], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1] และ เอิบ เขียวรื่นรมณ์[1]

Kanokporn Manantapong[1], Suphicha Thanachit[1*], Somchai Anusontpornperm[1] and Irb Kheoruenromne[1]

บทคัดย่อ: ทำการศึกษาผลของปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินกุลาร้องไห้ซึ่งเป็นดินเค็มโซดิกจำนวน 2 บริเวณ และในชุดดินร้อยเอ็ด 1 บริเวณซึ่งดินเหล่านี้มีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยแคลเซียมอัตรา 0- 24 กก./ไร่ หรือ ปุ๋ยแมกนีเซียมอัตรา 0-12 กก./ไร่ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในดินทั้งสามบริเวณ ยกเว้นน้ำหนัก 100 เมล็ดในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 ที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 6 กก.แคลเซียม/ไร่ให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 3.03 ก. แต่เมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นเป็น 12-24 กก. แคลเซียม/ไร่ ส่งผลให้มีค่าลดลงจนไม่มีความแตกต่างกับตำรับควบคุมโดยให้ค่าอยู่ในพิสัย 2.07-2.33 ก. อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยแคลเซียมหรือปุ๋ยแมกนีเซียมให้ผลผลิตเมล็ดและตอซังข้าวเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุมโดยที่อัตรา 18 กก.แคลเซียม/ไร่ หรือ 6 กก.แมกนีเซียม/ไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตเมล็ดข้าวสูงที่สุด การใส่ปุ๋ยแคลเซียมให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 ที่ให้ผลไปในทิศทางตรงกันข้าม ส่วนปุ๋ยแมกนีเซียมให้ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ของแมกนีเซียมในตอซังและเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใช้น้ำยา Mehlich III ในสกัดดินจะให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีสหสัมพันธ์เชิงเส้นแบบผกผันกับความเข้มข้นของแคลเซียมในตอซังข้าว (r = -0.98*) และผลผลิตตอซังสัมพันธ์ (r = -0.99*) ตามลำดับ น้ำกลั่นเป็นน้ำยาสกัดดินเดียวที่ให้แคลเซียมมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวทางสถิติ (r =0.99*) และไม่พบสหสัมพันธ์ทางสถิติกับผลผลิตข้าวในกรณีของแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน

คำสำคัญ: ธาตุอาหารรอง, ข้าวหอมมะลิ, ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือ, ดินเนื้อปานกลาง

ABSTRACT: The response of Khao Dok Mali 105 rice (KDML105) to different rates of Ca and Mg fertilizer on two areas of Kula Ronghai soil series (Ki 1, Ki 2) and one area of Roi-et soil series (Re) was carried out. All studied soils had very low level of available Ca and Mg. Calcium and Mg fertilizer applied at the rate of 0-24 and 0-12 kg/rai, respectively, had no effect on growth and yield components of KDML105 rice grown on three soils studied with the exception of the 100-grain weight in Ki 1 soils which the application of Ca fertilizer at 6 kg/rai significantly gave the highest value of 3.03 g. The increasing rate of Ca fertilizer to 12-24 kg/rai resulted in significantly a decreasing of grain weight until without statistically difference to that obtained from the control plot with values ranging between 2.07 to 2.33 g. However Ca and Mg fertilizers tended to increase rice grain yield grown on these soils which at rate of 18 and 6 kg/rai, respectively, tended to give the highest grain yield. Calcium concentration in rice grain significantly increased with increasing Ca fertilizer rate in all soils with the exception of Ki1 soil series that the result showed the opposite trend. Magnesium fertilizer significantly increased Mg concentration and uptake in rice stover

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

* Corresponding author: agrspc@ku.ac.th

and grain. The content of Ca and Mg in soils extracted by Mehlich III showed statically negative correlation with Ca concentration in rice stoven (r = -0.98*) and relative stoven yield (r = -0.99*), respectively. Only, distilled water extractant gave Ca content in soils that significantly correlated with rice grain yield (r = 0.99**) whereas the content of Mg extracted from three soil extractants showed no statistical correlation.
Keywords: secondary plant nutrient, jasmine rice, salt affected soil, medium textured soils

บทนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่า ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา ผลผลิตข้าวเฉลี่ยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีค่าอยู่ในพิสัย 330-380 กก./ไร่ และมีแนวโน้มลดลงทุกปีทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นข้าวหอมมะลิพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 คิดเป็นพื้นที่ถึงร้อยละ 75 ซึ่งเป็นข้าวพื้นเมืองที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ (กรมการข้าว, 2553) อีกทั้งดินในภูมิภาคนี้ใช้ปลูกพืชอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ลดลงก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนธาตุอาหารพืช นอกจากนี้พบปัญหาขาดแคลนน้ำในฤดูปลูกเนื่องจากดินส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบและมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ รวมทั้งปัญหาดินเค็มที่พบเป็นพื้นที่กว้างขวาง (Cha-um et al., 2009; 2011) แต่อย่างไรก็ตาม ข้าวที่ปลูกในภาคนี้เป็นที่ยอมรับว่ามีคุณภาพดีเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ

แคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรอง ซึ่งในอดีตธาตุทั้งสองนี้ไม่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยมากนักเนื่องจากปริมาณที่พบในดินมีเพียงพอต่อความต้องการของพืช อย่างไรก็ตาม ดินเขตร้อนที่มีพัฒนาการสูง ดินที่เป็นกรด และดินทราย มักมีธาตุทั้งสองไม่เพียงพอ (อรวรรณ, 2551; Fageria, 2007) นอกจากนี้เกษตรกรนิยมใช้ในรูปปุ๋ยเชิงเดี่ยว และมีความบริสุทธิ์มากขึ้น ทำให้ธาตุทั้งสองในดินมีปริมาณลดลงตามลำดับจนอาจไม่เพียงพอ จึงเป็นสาเหตุให้แคลเซียมและแมกนีเซียมได้รับความสนใจมากขึ้นในปัจจุบัน แคลเซียมมีความจำเป็นในการแบ่งเซลล์ และเป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ ช่วยพัฒนาระบบรากและยอด ทำให้พืชมีความแข็งแรง ส่วนแมกนีเซียมนั้นเป็นองค์ประกอบหลักในคลอโรไฟล์ที่อยู่ในคลอไรฟิลล์ที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสง (Cakmak and Marschner, 1992; Blatt, 2000) หากข้าวได้รับแคลเซียมไม่เพียงพอ จะมีระบบรากไม่สมบูรณ์ อ่อนแอต่อความเป็นพิษของเหล็ก และไม่ต้านทานต่อโรคใบจุดสีน้ำตาล ส่วนแมกนีเซียม หากได้รับไม่เพียงพอจะส่งผลให้จำนวนช่อดอกข้าว น้ำหนักเมล็ด รวมทั้งคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลง (Dobremann and Fairhurst, 2000) ข้าวสะสมแคลเซียมสูงกว่าแมกนีเซียมเล็กน้อยในทุกระยะการเจริญเติบโตซึ่งจะมีค่าสูงที่สุดที่ระยะแตกกอโดยความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อยู่ในระดับที่พอเพียงมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.1-0.5 และ 0.15-0.39 ตามลำดับ และมีค่าวิกฤติเท่ากับร้อยละ 0.15 และ 0.10-0.13 ตามลำดับ (Reuter et al., 1997; Fageria and Baligar, 2003) Suswanto et al. (2007) รายงานว่าผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน สอดคล้องกับ Feagley and Fenn (1999) ที่พบว่า ผลผลิตเมล็ดข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราของแคลเซียมที่ใส่โดยเฉพาะเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน เช่นเดียวกับ Hanumantharaju et al. (2010) ที่พบว่าการใช้แคลเซียมซิลิเกตเพื่อเป็นแหล่งของแคลเซียมเพิ่มผลผลิตข้าวได้ดีกว่าหินปูนบดโดยใส่การแคลเซียมซิลิเกตในอัตรา 4 ตัน/เฮกตาร์ ให้ผลผลิตเมล็ดสูงที่สุด จากการรวบรวมเอกสารพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีต่อข้าวหอมมะลิยังมีไม่มากนัก งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นข้าวทั่วๆ ไป ซึ่งมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์แตกต่างจากข้าวหอมมะลิ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่มีความชัดเจนเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถใช้ถ่ายทอดสู่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวหอมมะลิต่อไป

วิธีการศึกษา

จัดทำแปลงทดลองในเดือนสิงหาคม 2558 จำนวน 3 บริเวณ ได้แก่ แปลงนาของเกษตรกรในอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมาจำนวน 2 บริเวณอยู่ในชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki 1, Ki2) ซึ่งจัดเป็นดินเค็มโซดิก และ 1 บริเวณในชุดดินร้อยเอ็ด (Re) อำเภอนาเยีย จังหวัดอุบลราชธานี โดยดินทั้งสามบริเวณมีสมบัติคล้ายคลึงกันยกเว้นพีเอชดิน (Table 1) ในแต่ละบริเวณวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ 1) การใส่ปุ๋ยแคลเซียมคลอไรด์ในอัตราที่แตกต่างกัน 5 อัตรา คือ 0, 6, 12, 18 และ 24 กก.แคลเซียม/ไร่และ 2) การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตรา 0, 2, 4, 6 และ 8 กก./ไร่ ในรูปแมกนีเซียมคลอไรด์

การปลูกข้าวเริ่มต้นโดยจัดทำแปลงทดลองขนาด 2x2 ม. ยกคันนากว้าง 0.5 ม. สูง 0.3 ม. ปรับพื้นที่และย่อยดินในกระทงนาโดยใช้จอบ ปล่อยน้ำเข้ากระทงนาทิ้งไว้ 5 วัน ปักดำกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อายุ 35 วัน จำนวน 3 ต้น/กอ โดยมีระยะปลูก 25x25 ซม. ทำการแบ่งใส่ปุ๋ยจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 14-14-7 กก. N-P_2O_5-K_2O/ไร่ หลังปักดำ 7 วัน ซึ่งได้มาจากปุ๋ยยูเรีย ไดแอมโมเนียมฟอสฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมตามตำรับการทดลอง จากนั้นแต่งหน้าด้วยยูเรียในอัตรา 4.6 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ที่ระยะข้าวแตกกอและข้าวตั้งท้อง และกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน

การเก็บข้อมูล ประกอบด้วย 1) การประเมินความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินโดยนำตัวอย่างดินบนก่อนปลูกข้าวมาวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดโดยการย่อยด้วยกรด HNO_3-H_2SO_4-$HClO_4$ (Blair and Choguill, 1950) และวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้โดยใช้น้ำยาสกัดที่แตกต่างกันได้แก่ น้ำกลั่นซึ่งใช้ดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 เขย่านาน 60 นาที (Staugaitis and Rutkauskiene, 2010), MehlichIII ซึ่งใช้ดินต่อสารละลายเท่ากับ 1:10 เขย่านาน 5 นาที (Mehlich, 1984) และ 1N NH_4OAc ซึ่งใช้ดินต่อสารละลายเท่ากับ 1:5 เขย่านาน 30 นาที (Brown and Warncke, 1988) และจากนั้นวัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic adsorption spectrophotometer 2) บันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตข้าวที่อายุเก็บเกี่ยวหรือที่อายุ 100 วันโดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 2.25 ตร.ม. และ 3) เก็บตัวอย่างพืชที่ระยะเก็บเกี่ยวแบบแยกส่วน ได้แก่ เมล็ดข้าวขาวและตอซังข้าว (รวมแกลบ) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยการย่อยสลายด้วยกรดและวัดปริมาณโดยวิธีมาตรฐาน (Johnson and Ulrich, 1959; Murphy and Riley, 1962)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan multiple range test (DMRT) 2) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียม แมกนีเซียมในดิน ผลผลิตเมล็ด ตอซังข้าว และความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดและตอซังข้าวโดยใช้ Partial correlation analysis

Table 1 Property of Kula Ronghai (Ki1, Ki2) and Roi-et (Re) soil series prior to conducting the experiment

Soil property	Ki 1		Ki 2		Re	
	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)	Topsoil (0-30 cm)	Subsoil (30-60 cm)
Textural class[1]	LS	LS	S	LS	SiL	SiL
pH (1:1 H_2O)	9.25	10.12	9.67	10.14	3.91	3.93
ECe (dS/m)	1.04	3.69	0.77	3.66	0.29	0.10
SAR	33.9	198	54.3	63.4	1.30	14.6
Organic matter (g/kg)	2.57	1.41	2.35	1.17	9.74	3.78
CEC ($cmol_c$/kg)	2.00	10.75	1.25	5.00	6.25	6.25
Total N (g/kg)	0.07	0.01	0.03	0.03	0.15	0.11
Available P (mg/kg)	10.8	11.5	5.80	6.90	7.70	5.60
Available K (mg/kg)	28.5	63.8	11.6	14.1	19.6	12.6

[1]LS= loamy sand, S= sand, SiL= silt loam; ECe = electrical conductivity (saturated plate); SAR = sodium adsorption ratio; CEC = cation exchange capacity

ผลการศึกษา

ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดิน

แคลเซียมและแมกนีเซียมในชุดดินกุลาร้องไห้และชุดดินร้อยเอ็ดที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในรูปทั้งหมดซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 91-852 และ 107-486 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนในรูปที่สกัดได้นั้นมีค่าต่ำกว่าอย่างชัดเจน (**Table 2**) เนื่องจากแคลเซียมและแมกนีเซียมที่พบในดินส่วนใหญ่จะเป็นองค์ประกอบในหินหรือแร่ ส่วนรูปที่ถูกดูดยึดไว้ที่แร่ดินเหนียว หรือส่วนที่แลกเปลี่ยนได้รวมทั้งส่วนที่อยู่ในสารละลายในดินจะพบอยู่น้อยมากโดยเฉพาะในดินเขตร้อนที่มีพัฒนาการสูง (อรวรรณ, 2551; Fageria, 2007)

เมื่อพิจารณาถึงรูปที่สกัดได้ของแคลเซียมและแมกนีเซียมพบว่า การสกัดดินด้วยน้ำยา NH_4OAc จะให้ปริมาณแคลเซียมมีค่าอยู่ในพิสัย 31.2-243 มก./กก. ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้น้ำยาสกัดดินชนิดที่เหลือ (**Table 2**) ส่วนน้ำยา Mehlich III จะให้ปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุดอยู่ในพิสัย 3.60-108 มก./กก. (**Table 2**) โดยทั่วไปการใช้ Mehlich III ในดินที่เป็นกรดและเป็นกลางจะให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc แต่ในกรณีของดินด่างจะให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงกว่าความเป็นจริงโดยเฉพาะแคลเซียม (Sawyer and Mallarino, 1999; Schmisek et al., 1998) อย่างไรก็ตามน้ำเป็นน้ำยาสกัดที่ให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำที่สุดในทั้งสามชุดดินมีค่าอยู่ในพิสัย 0.59-7.65 และ 2.30-4.62 มก./กก. ตามลำดับ (**Table 2**) เนื่องจากการใช้น้ำจะสกัดเฉพาะแคตไอออนที่อยู่ในสารละลายดินซึ่งเป็นส่วนที่สูญหายออกไปจากดินได้ง่าย (Brady and Weil, 2010) จึงทำให้ปริมาณที่สกัดได้มีค่าต่ำไปด้วย

Table 2 Total and extractable Ca and Mg contents of Kula Ronghai (Ki1, Ki2) and Roi-et (Re) soil series

Soil series	Total Ca (mg/kg)	Extractable Ca (mg/kg)			Total Mg (mg/kg)	Extractable Mg (mg/kg)		
		NH_4OAc[1]	H_2O	Mehlich III		NH_4OAc[1]	H_2O	Mehlich III
Ki 1	852	243	0.59	235	393	19.3	4.62	80.7
Ki 2	659	31.2	0.74	95.6	486	4.92	2.30	27.7
Re	91	65.2	7.64	7.34	107	11.7	2.41	10.7

[1] Scoring is used for the assessment of Ca and Mg rating according to Land Classification and FAO Project (1973): Extractable Ca (mg/kg): very low= <400, low = 400-1000, medium = 1000-2000, high = 2000-4000, very high = >4000; Extractable Mg (mg/kg): very low= <36, low = 36-121, medium = 121-363, high = 363-968, very high = >968.

จากเกณฑ์ที่ใช้ในจำแนกระดับความเป็นโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินโดยใช้น้ำยา NH_4OAc ในการสกัดดิน (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ซึ่งเป็นน้ำยาสกัดดินที่นิยมใช้ในประเทศไทย พบว่า ดินทั้งสามบริเวณมีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (**Table 2**)

ผลของปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ชุดดินกุลาร้องไห้ 1, 2 และชุดดินร้อยเอ็ดที่ทำการทดลองทั้ง 3 ชุดดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากซึ่งคาดว่าไม่เพียงพอต่อความต้องการพืช อย่างไรก็ตาม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในดินเหล่านี้กลับตอบสนองต่อปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ใส่ไม่ชัดเจน กล่าวคือ ความสูงและจำนวนรวงของข้าวที่บันทึกในวันเก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำหนักเมล็ดที่ความชื้นร้อยละ 14 น้ำหนักแห้งตอซัง และร้อยละเมล็ดดีพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อได้รับปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมในอัตราที่แตกต่างกัน (**Figure 1**) ข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดมีแนวโน้มตอบสนองต่อปุ๋ยแคลเซียมมากกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้เนื่องจากผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยแคลเซียมซึ่งให้ค่าสูงกว่าตำรับควบคุมอยู่ในพิสัยร้อยละ 10-54 โดยการใส่ปุ๋ยแคลเซียมในอัตรา 18 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 641 กก./ไร่ เช่นเดียวกับในชุดดินกุลาร้องไห้ 2 ที่ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปุ๋ยแคลเซียม ส่วนข้าวในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 ไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยแคลเซียมเนื่องจากผลผลิตข้าวลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยแคลเซียม อีกทั้งให้ผลผลิตเมล็ดต่ำที่สุดทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโซเดียมที่มีอยู่มากในดินนี้ (**Table 1**) ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุมอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.3-17.5เมื่อมีการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมอัตรา 2-8 กก./ไร่ โดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6 กก.แมกนีเซียม/ไร่มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 และ 2 สูงที่สุดเท่ากับ 550 และ 388 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่กลับมีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดต่ำที่สุดเท่ากับ 438 กก./ไร่ แต่ที่อัตรา 8 กก./แมกนีเซียมไร่ มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุดเท่ากับ 578 กก./ไร่

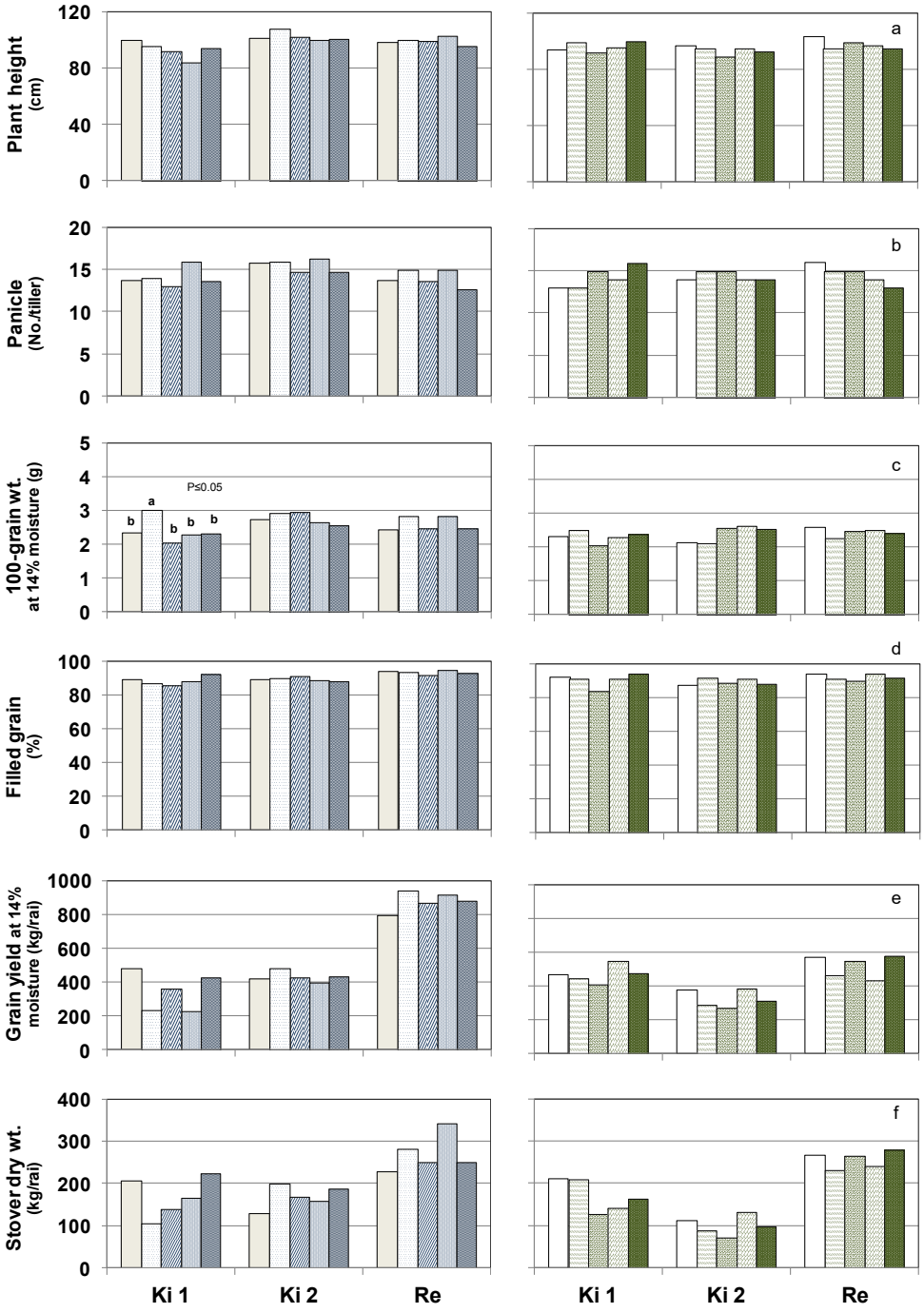


Figure 1 Response of KDML 105 grown on Kula Ronghai (Ki1, Ki2) and Roi-et (Re) soil series to Ca and Mg fertilizer rate: plant height (a), panicle density (b), grain yield (c) and 100-grain weight (d) at 14% moisture, %filled grain (e), stover dry weight (f).

แคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นธาตุที่ส่งเสริมเรื่องความแข็งแรงของผนังเซลล์ และการสังเคราะห์แสงในพืชเพื่อสร้างส่วนเหนือดิน (Blatt, 2000; Cakmak and Marschner, 1992) แต่การใส่ปุ๋ยในอัตรา 0-24 กก.แคลเซียม/ไร่ หรือ 0-12 กก.แมกนีเซียม/ไร่ ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งตอซังข้าว อย่างไรก็ตามตอซังข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของแคลเซียมและแมกนีเซียม ปุ๋ยแคลเซียมส่งเสริมการสร้างเมล็ดโดยการใส่ปุ๋ยในอัตรา 6 กก.แคลเซียม/ไร่.ให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 3.03 ก. แต่เมื่อใส่ในอัตราที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดลดลงจนไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยแคลเซียมซึ่งให้ค่าอยู่ในพิสัย 2.07-2.33 ก. (Figure 1)

ผลของปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปริมาณธาตุอาหารหลักในเมล็ดและตอซังข้าว พบว่า การใส่ปุ๋ยแคลเซียมในอัตรา 0-24 กก./ไร่ส่งผลให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในตอซังข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้ 2 และชุดดินร้อยเอ็ดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 2) นอกจากนี้ มีเพียงการดูดใช้ไนโตรเจนโดยเมล็ดข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดเท่านั้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การใส่ปุ๋ยแคลเซียมไม่มีผลต่อความเข้มข้นของแคลเซียมในตอซังข้าวรวมทั้งการดูดใช้แคลเซียมโดยเมล็ดและตอซังข้าวแต่มีผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติยกเว้นในชุดดินกุลาร้องไห้ 2 โดยความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าวในชุดดินร้อยเอ็ดจะเพิ่มขึ้นแต่ในกรณีของชุดดินกุลาร้องไห้ 1 กลับมีค่าลดลงตามอัตราของปุ๋ยแคลเซียมที่ใส่ (Figure 2) โดยการใส่ปุ๋ยแคลเซียมในอัตรา 18 และอัตรา 0-6 กก./ไร่ ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในเมล็ดข้าวสูงที่สุดตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่มีผลต่อความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในตอซังและเมล็ดข้าวที่ปลูกในดินทั้ง 3 บริเวณยกเว้นความเข้มข้นของไนโตรเจนในตอซังข้าวที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 และการดูดใช้โพแทสเซียมโดยเมล็ดข้าวที่ปลูกชุดดินกุลาร้องไห้ 1 (Figure 3) การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตรา 0-8 กก./ไร่ ไม่มีผลต่อความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในชุดดินกุลาร้องไห้ 2 ทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตรา 4 กก./ไร่ให้ความเข้มข้นและการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดข้าวในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.83 ก./กก. และ 0.39 กก./ไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่เหลือให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (Figure 3) นอกจากนี้ความเข้มข้นและปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในตอซังข้าวในชุดดินร้อยเอ็ดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยแมกนีเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตราสูงสุดที่ 8 กก./ไร่ จะให้ค่าสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 2 กก.แมกนีเซียม/ไร่ ให้ผลไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม (Figure 3)

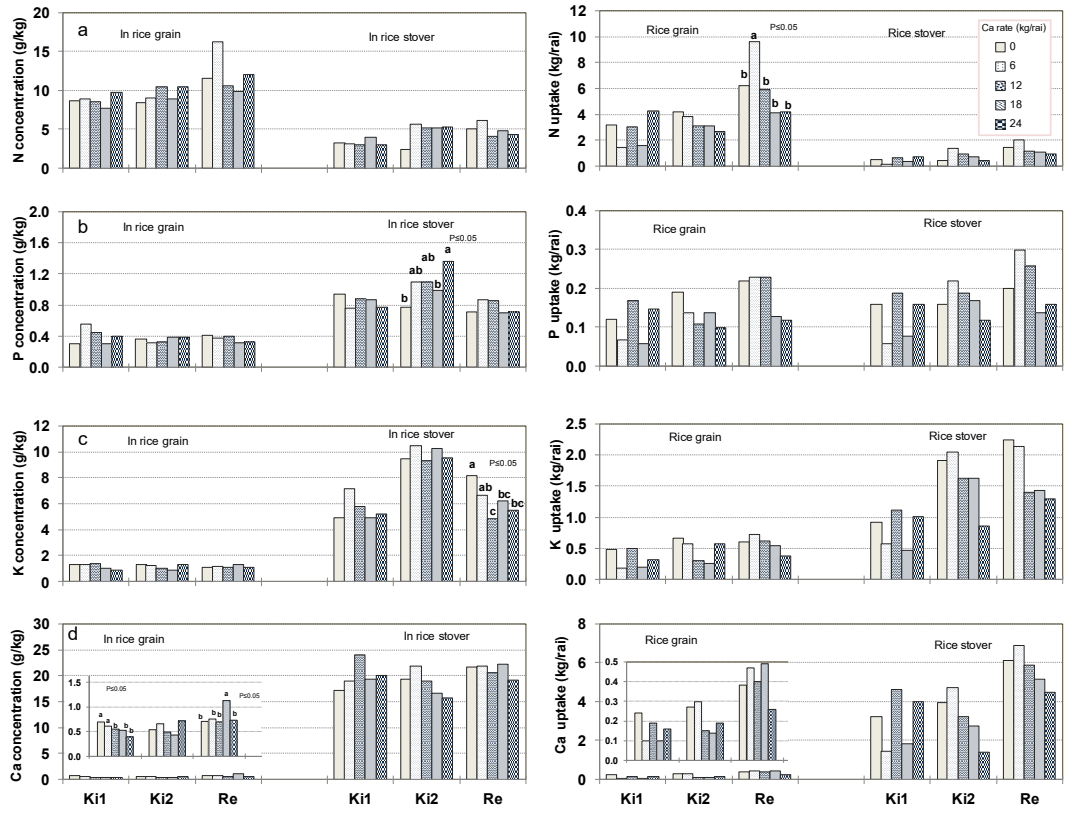


Figure 2 Effect of Ca fertilizer rate on plant nutrient concentration and uptake in different plant parts of KDML105 grown on Kula Ronghai (Ki1, Ki2) and Roi-et (Re) soil series; nitrogen (a), phosphorus (b), potassium (c) and calcium (d)

นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยแคลเซียมในอัตรา 0-24 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมในอัตรา 0-8 กก./ไร่ ให้ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในตอซังข้าวอยู่ในระดับที่สูงกว่าเกณฑ์ที่เพียงพอและที่ระดับวิกฤติของแคลเซียมและแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืชค่อนข้างมาก ที่รายงานโดย Reuter et al. (1997) ซึ่งระดับที่เพียงพอของแคลเซียมและแมกนีเซียมควรมีค่าอยู่ในพิสัย 3-5 และ 2-3 ก./กก. ตามลำดับ ความเข้มข้นของแคลเซียมในตอซังข้าวมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตข้าว (r = 0.23*) ขณะที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเมล็ดข้าวและในตอซังข้าวมีสหสัมพันธ์แบบผกผันกับผลผลิตข้าว (r = -0.18* และ -0.26**) (**Figure 4**) แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีแนวโน้มไม่ส่งเสริมการสร้างผลผลิตข้าว หากพบในปริมาณที่สูง

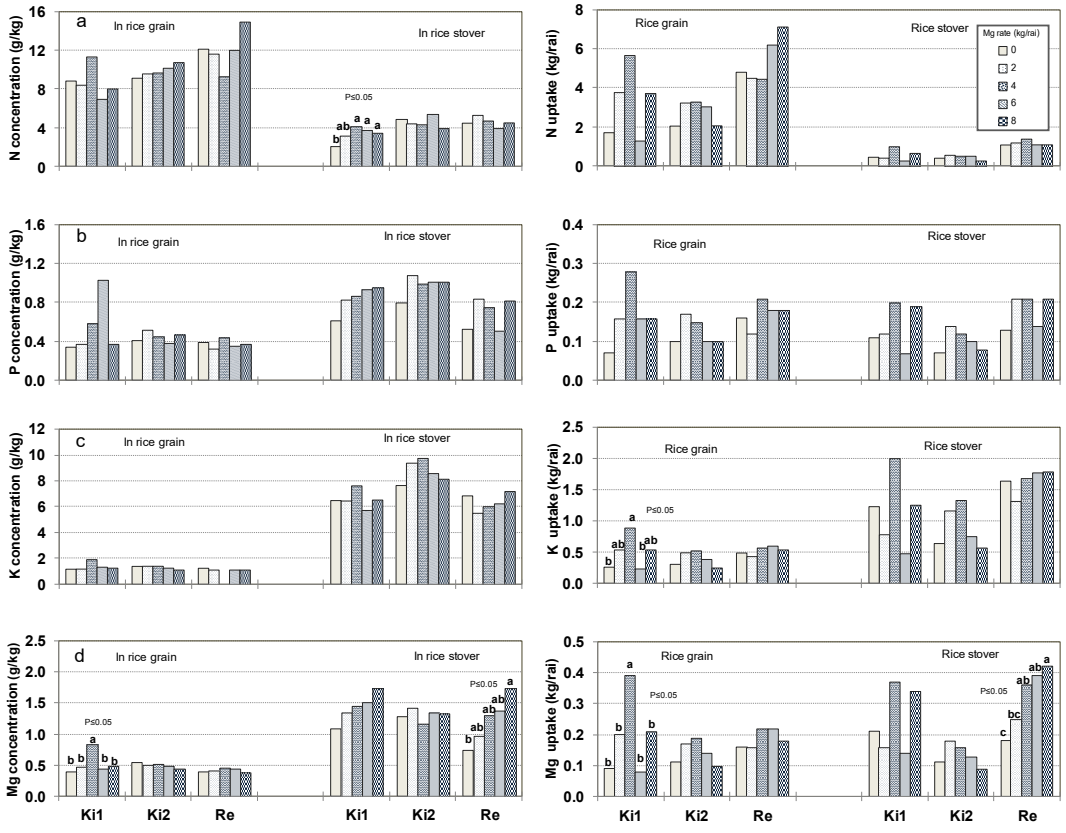


Figure 3 Effect of Mg fertilizer rate on plant nutrient concentration and uptake in different plant parts of KDML105 grown on Kula Ronghai (Ki1, Ki2) and Roi-et (Re) soil series; nitrogen (a), phosphorus (b), potassium (c) and magnesium (d)

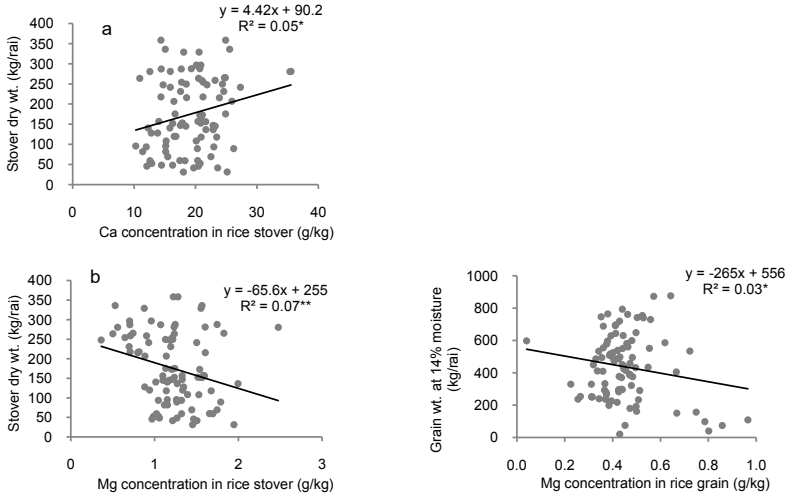


Figure 4 Linear relationships between yield components of KDML105 and Ca (a) and Mg (b) concentration in plant parts

สหสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินกับผลผลิตข้าว และความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในข้าวขาวดอกมะลิ 105

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินก่อนทำการปลูกข้าวกับผลผลิตเมล็ดและตอซังข้าวในแปลงทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารรองนั้นๆ โดยคิดเป็นผลผลิตเมล็ดและตอซังสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดและตอซังข้าวพบว่า ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินที่สกัดด้วยน้ำยาสกัดดินทั้ง 3 ชนิดส่วนใหญ่ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดตอซังสัมพัทธ์ และความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืช (Table 3)

การสกัดดินด้วย H_2O ให้ปริมาณแคลเซียมในดินที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r= 0.99*) ส่วนการใช้ Mehlich III ในการสกัดดินจะให้ปริมาณแมกเซียมในดินมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นแบบผกผันกับผลผลิตตอซังสัมพัทธ์ (r= -0.99*) นอกจากนี้ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในดินมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นกับน้ำหนักตอซังข้าวสัมพัทธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.99*) เมื่อพิจารณาถึงสหสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินที่มีต่อความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในเมล็ดและตอซังข้าวพบว่า มีเพียงการใช้น้ำยา Mehlich III ในการสกัดดินที่ให้ปริมาณแคลเซียมในดินมีสหสัมพันธ์เชิงเส้นแบบผกผันกับความเข้มข้นของแคลเซียมในตอซังข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r= -0.99*) ส่วนในกรณีของปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้และแมกนีเซียมทั้งหมดในดินพบว่า ไม่มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในเมล็ดและในตอซังข้าวทางสถิติ

จากผลการศึกษาข้างต้น ถึงแม้ว่าการใช้น้ำยาสกัดดิน Mehlich III ในการสกัดดินจะให้ปริมาณแคลเซียมที่มีสหสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแคลเซียมในตอซังข้าว รวมทั้งให้ปริมาณแมกเซียมที่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตตอซังสัมพัทธ์ แต่พบว่าน้ำยาสกัดดิน Mehlich III ไม่เหมาะสมที่จะนำมาประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมต่อการปลูกข้าวในดินเหล่านี้ ทั้งนี้เนื่องจากสหสัมพันธ์ที่ได้เป็นสหสัมพันธ์เชิงลบ โดยแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า มีเพียงการใช้ H_2O ในการสกัดดินเท่านั้นที่มีความเหมาะสมในการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมในดินต่อการปลูกข้าวมากที่สุด ส่วนในกรณีของปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้จากน้ำยาสกัดทั้ง 3 ชนิด พบว่าไม่มีความเหมาะสมในการประเมินความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดิน ส่วนปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในดินสามารถใช้ประเมินความเข้มข้นของแมกนีเซียมในตอซังข้าวได้ จึงอาจใช้เพื่อประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดินเหล่านี้

Table 3 Correlation coefficients (r) for linear relationships between extractable Ca and relative grain yield, and stoven dry weight of jasmine rice, KDML 105

	Relative (%)		Ca concentration (g/kg)	
	Grain yield	Stover dry weight	Grain	Stover
Total Ca	-0.99	-0.52	-0.78	-0.72
Extractable Ca				
NH_4OAc	-0.27	0.79	0.54	-0.77
H_2O	0.99*	0.26	0.58	0.89
Mehlich III	-0.74	0.36	0.02	-0.99*
			Mg concentration (g/kg)	
Total Mg	0.72	-0.61	0.73	0.99*
Extractable Mg				
NH_4OAc	-0.83	-0.65	-0.82	-0.32
H_2O	-0.50	-0.92	-0.49	0.13
Mehlich III	-0.24	-0.99*	-0.28	0.39

* = correlation are significant at at ≤ 0.05.

สรุป

ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในชุดดินกุลาร้องไห้และชุดดินร้อยเอ็ดซึ่งมีแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยแคลเซียมหรือแมกนีเซียมในอัตรา 6-24 และ 2-8 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ปุ๋ยแคลเซียมส่งเสริมการสร้างเมล็ดข้าวในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 โดยเฉพาะการใส่ในอัตรา 6 กก./ไร่ เช่นเดียวกับความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารหลักในตอซังและเมล็ดข้าวส่วนใหญ่ที่ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อได้รับปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมในอัตราที่แตกต่างกัน แต่ความเข้มข้นของธาตุอาหารรองทั้งสองในเนื้อเยื่อพืชจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ยกเว้นในชุดดินกุลาร้องไห้ 1 ผลผลิตข้าวมีสหสัมพันธ์ผกผันกับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในตอซังและเมล็ด แต่มีสหสัมพันธ์เชิงเส้นกับแคลเซียมในเมล็ด น้ำกลั่นเป็นน้ำยาสกัดดินที่ใช้ประเมินความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมในดินได้แม่นยำมากที่สุดสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดินเหล่านี้เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำยา Mehlich III และ NH_4OAc แต่น้ำยาสกัดดินทั้ง 3 ชนิดนี้ ไม่สามารถประเมินความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมในดินเหล่านี้สำหรับข้าวได้ ขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในดินใช้ประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมของดินได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากให้สหสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแมกนีเซียมในตอซังข้าวทางสถิติ

คำขอบคุณ

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

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2553. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2557. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษาศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Blair, B.O., and H.S. Choguill. 1950. Comparison of methods for determination of soil calcium. Transansas Academic of Science. 53: 23-27.

Blatt, M.R. 2000. Ca^{2+}signaling and control of guard-cell volume in stomata movements. Current Opinion in Plant Biology. 3: 196-204.

Brady, N.C., and R.R. Weil. 2010. The Nature and Properties of Soils. 13th Person, Prentice Hall, New York.

Brown, J.R., and D.D. Warncke. 1988.Recommended cation tests and measures of cation exchange capacity, pp.15-16. In: W.C. Dahnke, ed. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region. NCR Publ. No. 221 (Revised). MO: Missouri Agricultural Experiment Station, Columbia.

Cakmak, I., and H. Marschner. 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxides and glutathione reductase in bean leaves. Plant Physiology. 98: 1222-1227.

Cha-um, S., K. Supaibulwattana, and C. Kirdmanee. 2009. Comparative effects of salt stress and extreme pH stress combined on Glycinebetaine accumulation, photosynthetic and growth characters of two rice genotypes. Rice Sci. 16: 274-182

Cha-um, S., and C. Kirdmanee. 2011. Remediation of salt-affected soil by the addition of organic matter an investigation into improving glutinous rice productivity. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.). 68: 406-410

Dobermann, A., and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute, Canada.

Fageria, N.K. 2007. Yield physiology of rice. Journal of Plant Nutrition. 30: 843-879.

Fageria, N.K., and V.C. Baligar. 2003. Fertility management of tropical acid soils for sustainable crop production, pp. 359-385. In: Z. Rengel, ed. Handbook of Soil Acidity. Marcel Dekker, New York.

Feagley, S.E., and L.B. Fenn. 1999. Using Soluble Calcium to Stimulate Plant Growth. Agricultural Communications, The Texas A&M University System.

Hanumantharaju, T.H., N.B. Prakash, and C. Narayanaswamy. 2010. Effect of Calcium Silicate as a Silicon Source on Growth and Yield of Rice in Different Acid Soils of Karnataka, Southern India. International Rice Research Notes.

Johnson, C.M., and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. Calif. Agri. Exp. Stat. Bull. 767: 25-78

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Department of Land Development, Min. Agri. And Coop., Bangkok.

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

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

Reuter, D.J., D.G. Edwards, and N.S. Wilhelm. 1997. Temperate and tropical crops. In: D.J. Reuter and J.B. Robinson, eds. Plant Analysis: an Interpretation Manual. CSIRO Publishing, Australia.

Sawyer, J.E., and A.P. Mallarino.1999. Differentiating and understanding the Mehlich 3, Bray and Olsen soil phosphorus tests, pp. 75-80. In: Proceedings of the University of Minnesota Crop Pest Management Short Course Program. 1999 Nov. 22-23, St. Paul, MN.

Schmisek, M.E., L.J. Cihacek, and L.J. Swenson.1998. Relationships between the Mehlich-III soil test extraction procedure and standard soil test methods in North Dakota. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 1719-1729.

Suswanto, T., J. Shamshuddin, S.R. Syed Omar, P. Mat, and C.B.S. Teh. 2007. Alleviating an acid sulfate soil cultivated to (*Oryza sativa*) using ground magnesium limestone and organic fertilizer. Tanah Dan Lingkungan. 9: 1-9

Staugaitis, G., and R. Rutkauskiene. 2010. Comparison of magnesium determination methods as influenced by soil properties. Agriculture. 97: 105-116.