

ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

Effects of Phosphorus Fertilizer on Grain Qualities of Khaw Dauk Mali-105 Rice

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์¹ สมชาย กรีฑาภิรมย์¹ สุภาพ บุรณากาญจน์¹
วารุณี วารัญญานนท์² พัชรี ตั้งตระกูล² ทรงศักดิ์ รัฐปัดย์⁴ ทรงชัย วัฒนพ่ายพกุล⁵
กรรณิกา นากกลาง⁵ สว่าง โรจนกุลศล⁵ และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท⁵

Amnat Suwanarit, Somchai Kreetapirom, Suparb Buranakarn,
Warunee Varanyanond, Patcharee Tungtrakul, Songsak Rattapat,
Songchai Wattanapayapakul, Kunnika Naklang,
Sawang Rotjanakusol, and Pituk Pornurisnit

ABSTRACT

Six pot and field experiments were conducted to examine the effects of P fertilizer on cooking and eating qualities of Khaw Dauk Mali-105 aromatic rice. The cooking qualities were measured by sensory methods. The results led to the following conclusions and recommendations: 1) The aroma of cooked milled rice was not related to the applied rates of P fertilizer, paddy yields, total dry matter and percent P in plants but related to percent P in paddy. The aroma was highest when percent P in paddy was 0.28%. 2) The softness was related to paddy yields, total dry matter, percent P in paddy and the applied rates of P fertilizer. The softness was highest at the rate that started to produce maximum paddy yield. 3) The whiteness, stickiness and glassiness were related to paddy yields, total dry matter, percent P in paddy, percent P in rice plants and

1 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

2 สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Institute of Food Research and Development, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

3 สถานีทดลองข้าวพิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา

Pimai Rice Experimental Station, Amphoe Pimai, Nokornratchasima Province, Thailand.

4 สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์

Rice Experimental Station, Amphoe Muang, Surin Province, Thailand

the applied rates of P fertilizer. These qualities were highest at the rate that started to produce the maximum paddy yield. 4) The soils that produce high quality rice are those having available P not exceeding the level that starts to produce the maximum paddy yield. 5) To produce high quality rice, P fertilizer should be applied at the rate that starts to produce the maximum paddy yield and care must be taken to avoid excess P fertilizer. 6) Soils with available P higher than the level that starts to produce the maximum paddy yield are not suitable for producing aromatic rice, for low quality of rice will be obtained.

Key words: aromatic rice, Khaw Dauk Mali-105 rice, P fertilizer, qualities.

บทคัดย่อ

ได้ทำการทดลองในกระถางและในนารวม 6 การทดลอง เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ที่หุงสุกแล้ว วัดคุณภาพโดยวิธีประสาทสัมผัส จากผลการทดลองได้ข้อสรุปและคำแนะนำดังนี้ คือ 1) ความหอมของข้าวหุงสุกไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวมของข้าว และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าว แต่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก โดยความหอมของข้าวหุงสุกสูงสุดเมื่อข้าวเปลือกมีฟอสฟอรัส 0.28% 2) ความนุ่มของข้าวหุงสุกมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก และอัตราการใส่ปุ๋ย แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าว โดยความนุ่มสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด 3) ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าว และอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยสมบัติเหล่านี้จะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด 4) ดินที่จะปลูกข้าวชาวดอกมะลิให้ได้คุณภาพสูง คือ ดินที่มีฟอสฟอรัสไม่เกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

5) หากต้องการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพสูง จะต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดและต้องระวังไม่ให้ปุ๋ยเกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด และ 6) ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวชาวดอกมะลิ 105 เพราะจะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพต่ำ

คำนำ

ข้าวชาวดอกมะลิเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นข้าวที่ทางรัฐบาลส่งเสริมเพื่อเป็นสินค้าออก พันธุ์ข้าวหอมที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยและทางรัฐบาลส่งเสริมได้แก่พันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม ผลผลิตต่อไร่ของข้าวชาวดอกมะลิ 105 ต่ำกว่าข้าวเจ้าพันธุ์อื่น ๆ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของข้าวชาวดอกมะลิเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณส่งออกของข้าว และอาจจะช่วยเพิ่มกำไรต่อไร่อีกด้วย การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ แต่อย่างไรก็ตาม มีการกล่าวกันทั่วไปโดยขาดข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมและความนุ่มน้อยลง จนทำให้เชื่อกันว่า จะต้องปลูกข้าวหอมดอกมะลิโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมี เพราะหากข้าวชนิดนี้มีความหอมและความนุ่มต่ำก็จะได้รับความสนใจจากตลาดน้อยลง ไม่สามารถแข่งขันกับ

ตลาดต่างประเทศได้

ในด้านเกี่ยวกับคุณภาพของข้าวชาวดอกมะลิ 105 อำนาจ และคณะ (2539) ได้รวบรวมข้อมูลและข้อคิดเห็นของนักวิจัยซึ่งชี้แนะว่า สภาพที่ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งรวมถึงความเป็นกรดของดิน ความเค็มของดิน และการที่ดินมีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสต่ำจะช่วยส่งเสริมให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมสูง ส่วนโพแทสเซียม โซเดียม และกำมะถันช่วยส่งเสริมความหอมของข้าวชนิดนี้ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการให้คำแนะนำการเพิ่มผลผลิตของข้าวหอม จำเป็นจะต้องทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนเพื่อยืนยันหรือโต้แย้งข้อชี้แนะดังกล่าว แม้ว่าจะได้มีการศึกษาและรายงานบ้างแล้ว กล่าวคือ ประเทศ และคณะ (2529, 2530) รายงานว่าการใส่ปุ๋ย NPK ในอัตรา 8.8, 6.0, 3.0 กก. N, P_2O_5 , K_2O ต่อไร่ ให้แก่ข้าวชาวดอกมะลิ 105 ไม่ทำให้ความหอมเปลี่ยนแปลงจนตรวจสอบได้ งามชื่นและคณะ (2531) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อความหอม ปริมาณอะมิโนส ความคงตัวของแป้งสุก และการสลายตัวในค้างของเมล็ดข้าวชาวดอกมะลิ 105 แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงทำให้ข้าวมีสีคล้ำลงและมีความนุ่มน้อยลง ถึงแม้ อำนาจ และคณะ (2539) จะได้รายงานผลการศึกษาที่ได้ข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวชาวดอกมะลิ 105 แต่ก็ยังขาดข้อมูลที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลของปุ๋ยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน โซเดียม และความเค็มของดินต่อคุณภาพของข้าวชาวดอกมะลิ 105 จึงได้ศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัส ที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวชาวดอกมะลิ 105 เพื่อให้ข้อมูลที่ใช้ประกอบการพิจารณาหาวิธีเพิ่มผลผลิตของข้าวหอมดอกมะลิด้วยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยยังคงได้ข้าวที่มีคุณภาพดีหรือช่วยปรับปรุงคุณภาพอีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองรวมทั้งหมด 6 การทดลอง เป็นการทดลองในกระถาง 4 การทดลอง (การทดลองที่ 1-3 และ 6) และการทดลองในนา 2 การทดลอง (การทดลองที่ 4 และ 5)

สมบัติของดิน และสถานที่ทดลอง

สมบัติของดินที่ใช้ในแต่ละการทดลองแสดงใน Table 1 ดินที่ใช้ทดลองในกระถางเป็นดินที่เก็บมาจากชั้นดินที่ความลึก 0-15 ซม. สถานที่ทำการทดลองมีดังนี้

การทดลองที่ 1-3 และ 6 ทำการทดลองที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

การทดลองที่ 4 ทำการทดลองในนาที่สถานีทดลองข้าวพิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา

การทดลองที่ 5 ทำการทดลองในนาที่สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์

แผนการทดลองและดำรับทดลอง

ทุกการทดลองใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ มีดำรับทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การทดลองนี้โดยแท้จริงเป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน โซเดียม และความเค็ม ประกอบด้วยดำรับทดลองรวมทั้งสิ้น 11 ดำรับ สำหรับดำรับที่เกี่ยวกับการศึกษาที่รายงานนี้ประกอบด้วย การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราเทียบเท่ากับ 0, 57.3 และ 114.5 กก. P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ต่อไร่ แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 5 กระถางเพื่อให้ได้ข้าวปริมาณพอที่จะตรวจสอบคุณภาพการหุงต้มแต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 2 ดำรับทดลอง

Table 1 Properties of the soils used.

Experiment no.	Soil series	Texture ¹	pH ²	EC ³ mS/cm	%OM ⁴	CEC ⁵ cmol/kg	P ⁶ mg/kg	K ⁷ mg/kg
1	Hin Kong	SL	4.6	0.71	0.6	1.8	25	28
2	Hin Kong	S	7.7	3.60	0.3	1.3	13	125
3	Stuk	SL	6.0	0.50	0.3	1.4	3	30
4	Pimai	CL	5.4	1.50	1.2	-	6	97
5	Pimai-	L	4.8	0.10	0.5	-	18	25
6	(medium textured sand was used)							

1: CL, clay loam; L, loam; SL, sandy loam; S, Sand. 2: soil:water, 1:1. 3: of saturation extract. 4: by Walkley and Black's rapid titration method. 5: by saturating with NH_4OAc (pH 7.0). 6: by Bray-II method. 7: extracted with neutral N NH_4OAc .

ซึ่งได้แก่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราเทียบเท่า 0 และ 91.6 กก. P_2O_5 ต่อไร่ แต่ละตำรับทดลองในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 3 ประกอบด้วย 12 ตำรับทดลอง ซึ่งเป็น factorial combinations ของปุ๋ย ฟอสฟอรัส 4 อัตราและปุ๋ยโพแทสเซียม 3 อัตรา อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส คือ 4.6, 18.3, 36.6 และ 55.5 กก. P_2O_5 ต่อไร่ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม คือ 2.4, 9.6 และ 19.2 กก. K_2O ต่อไร่ แต่ละตำรับทดลองในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 3 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 4 และ 5 โดยแท้จริงมีตำรับทดลองรวมทั้งสิ้น 16 ตำรับทดลอง เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อคุณภาพของข้าว สำหรับส่วนที่เกี่ยวข้องกับรายงานนี้ ประกอบด้วย factorial combinations ของปุ๋ยฟอสฟอรัส 3 อัตรา และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 4 แบบ อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส คือ 0.0, 9.2 และ 22.9 กก. P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมประกอบด้วย K_0 , K_1 , K_2 , K_2F เมื่อ K_0 และ K_1 แทนปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ทางดินอัตรา 0.0 และ 7.9 กก. K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ K_2 แทนปุ๋ยโพแทสเซียมทางดิน 16.0 และ

24.0 กก. K_2O ต่อไร่ สำหรับการทดลองที่ 4 และ 5 ตามลำดับ และ F แทนการพ่นสารละลาย 1.5% KCl ทางใบในวันที่สามหลังวันดอกบานครบ 50% แต่ละตำรับทดลองใช้แปลงขนาด 3 ม. $\times$ 5 ม. แต่เก็บเกี่ยวและเก็บข้อมูลต่าง ๆ เฉพาะในพื้นที่ 2 ม. $\times$ 4 ม. โดยเว้นรอบแปลงด้านละ 0.5 ม.

การทดลองที่ 6 ประกอบด้วย 5 ตำรับทดลอง คือ ใส่สารละลาย $\text{Ca}(\text{HPO}_4)_2$ ที่มีความเข้มข้น 15, 30, 100, 200 และ 400 ppm P ให้ท่วมทรายซึ่งใช้เป็นวัสดุปลูก เปลี่ยนสารละลายทุก ๆ 7 วัน แต่ละตำรับทดลองในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 6 กระถาง ยกเว้นตำรับที่ใช้ความเข้มข้น 15 ppm P มี 12 กระถาง เพื่อให้ได้ข้าวมากพอสำหรับตรวจสอบคุณภาพแต่ละกระถางบรรจุทราย 23 กก.

การใส่ปุ๋ยและปุ๋ยรองพื้น

การทดลองที่ 1 และ 2 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูป $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ โดยใส่คลุกเคล้ากับดินทั้งกระถางก่อนปลูก สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกตำรับทดลองใส่ ยูเรียในอัตรา 25 กก. N ต่อไร่ โดยใส่ครั้งละเท่า ๆ กันรวม 3 ครั้ง ในระยะ 1-3 วันก่อนปลูก ระยะ 4 และระยะ 6

สัปดาห์หลังปลูก ใส่ KCl อัตรา 60 K_2O ต่อไร่ โดยใส่คลุกเคล้ากับดินทั้งกระถางก่อนปลูก และใส่ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอื่น ๆ ใน อัตราที่คาดว่าจะเพียงพอ

การทดลองที่ 3 รูปของปุ๋ยฟอสฟอรัสและการใส่เหมือนกับการทดลองที่ 1 และ 2 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl โดยคลุกเคล้าเข้ากับดินทั้งกระถางตอนปลูก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้นเหมือนกับการทดลองที่ 1 และ 2 และใส่ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอื่น ๆ ในอัตราที่คาดว่าจะเพียงพอ

การทดลองที่ 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในรูปทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ ทั้งหมดก่อนปลูก 1-3 วัน โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากับดินหลังทำเทือก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้นทุกตำรับ ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 15 และ 18 กก.N ต่อไร่ สำหรับการทดลองที่ 4 และ 5 ตามลำดับ โดยแบ่งใส่ครั้งหนึ่งในระยะเตรียมดินโดยวิธีเดียวกันกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อีกครั้งหนึ่งใส่ในระยะที่ต้นข้าวเริ่มเกิดตาดอก (panicle initiation) โดยลดระดับน้ำในแปลงลงแล้วหว่านให้ทั่วแปลง

การทดลองที่ 6 ทุกตำรับทดลองให้ธาตุอาหารอื่นๆที่จำเป็นสำหรับพืชนอกเหนือจากฟอสฟอรัสในปริมาณที่คาดว่าจะเพียงพอสำหรับข้าวในน้ำยาที่ใช้ปลูกข้าว

พันธุ์ข้าว การปลูก และการดูแลรักษา

ในทุกการทดลองใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการทดลองในกระถางใช้เมล็ดพันธุ์คัด (breeder seed) จากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ส่วนการทดลองในนาใช้พันธุ์เมล็ดพันธุ์หลักจากสถานีทดลองข้าวที่ทำการทดลอง

ในกรณีปลูกทดลองในกระถาง ใช้กระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง 30-35 ซม. ปลูกโดยคลุกดินกับน้ำ

จนเป็นโคลนแล้วหว่านเมล็ดข้าวออกเมื่อต้นข้าวมีอายุ 10-14 วัน ถอนแยกให้เหลือต้นข้าวกระถางละ 65 ต้น หว่านสารป้องกันแมลง ฟุราแทร์ (2-3 dihydro-2, dimethyl-7-benzofuranyl methyl carbamate) บนผิวดินเมื่อข้าวอายุ 2-3 สัปดาห์

ในกรณีปลูกทดลองในนา ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำกล้าอายุประมาณ 1 เดือนกละ 3-5 ต้น โดยใช้ระยะปลูก 25 ซม. × 25 ซม. หว่านสารป้องกันแมลง ฟุราแทร์ เมื่อมีแนวโน้มว่าจะมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาด

การเก็บเกี่ยว การตาก การนวด และการเก็บรักษาข้าวเปลือก

เพื่อหลีกเลี่ยงผลของความแก่ของเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวที่อาจมีต่อคุณภาพของข้าว ได้บันทึกวันดอกบาน 50% สำหรับแต่ละกระถางและแต่ละแปลง แล้วเก็บเกี่ยวข้าวหลังจากข้าวออกดอก 30 วัน โดยแยกเก็บเกี่ยวตามวันออกดอกของแต่ละกระถางและแต่ละแปลง เก็บรวลงในถุงกระดาษหรือในถุงผ้าดิบ เปิดปากถุงไว้กลางแดดในลักษณะที่แสงแดดไม่กระทบรวงข้าวโดยตรงเป็นเวลา 2 วันเต็มแล้วจึงนวด ในระหว่างรอกสีเป็นข้าวสารเก็บเมล็ดข้าวไว้ในห้องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนเก็บที่อุณหภูมิปกติทำการสีข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวไม่เกิน 20 วัน

การสีข้าวและการเก็บรักษาข้าวสาร

สีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยขัดข้าวสารให้ขาวเท่ากับข้าวสารที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ในระหว่างรอกการวัดคุณภาพของข้าวเก็บข้าวสารไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดปากมิให้อากาศผ่านเข้าออกได้ ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10°C วัดคุณภาพของข้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนหลังจากสีแล้ว

การวัดคุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม และปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างข้าว

การวัดคุณภาพของข้าวสุกทำโดยหุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติขนาดเล็ก โดยใช้อัตราส่วนของข้าวสาร:น้ำ เท่ากับ 1:1.6 โดยน้ำหนัก แล้ววัดคุณภาพโดยประสาทสัมผัสตามวิธีของ Amerine et al. (1965) ซึ่ง อำนาง และคณะ(2539) ใช้ศึกษาผลของปุ๋ยในโตรเจนต่อคุณภาพของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ผลดี ให้คะแนนสูงสุดเป็น 5 หรือ 10 คะแนน (คะแนนสูงสุดหมายถึงมีสมบัติที่ทดสอบสูงสุด) ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาอย่างดีแล้ว จำนวน 8-12 คน คุณสมบัติที่ทำการวัด คือ กลิ่นหอม (aroma) ความนุ่ม (softness) ความเหนียว (stickiness) ความขาว (whiteness) และความเลื่อมมัน (glassiness) นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ analysis of variance โดยใช้แผนการทดลอง randomized complete block ใช้คะแนนจากผู้ทดสอบแต่ละคนเป็นซ้ำ (replication)

วัดปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างข้าวโดยย่อยตัวอย่างพืชด้วย digestion mixture ซึ่งประกอบด้วย H_2SO_4 , Na_2SO_4 และ Se ตามที่บรรยายไว้โดย Bremner (1965) และวัดความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสิ่งที่ได้จากการย่อยโดย Spectrophotometry ด้วยเครื่อง Spectronic 20

ผล

ผลผลิตข้าวเปลือกและฟาง

ผลผลิตข้าวเปลือก (paddy) และฟาง (straw) แสดงใน Table 2 ในด้านผลผลิตข้าวเปลือก อัตราปุ๋ยสูงสุดที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่สูงกว่าอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด การใส่ปุ๋ยอัตราที่ 2 และอัตราที่สูงขึ้นไปแสดงเพียงแนวโน้มที่จะเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือกไม่ทำให้ผลผลิตเปลี่ยนแปลง หรือแสดงแนวโน้มที่จะทำให้ผลผลิตลดลง ซึ่งแสดงว่าดินมีฟอสฟอรัส

เพียงพอหรือเกือบเพียงพอสำหรับการผลิตเมล็ดข้าว มีเพียงการทดลองที่ 6 เท่านั้นที่ปุ๋ยอัตราที่ 2 เพิ่มผลผลิตข้าวเปลือก ซึ่งแสดงว่าฟอสฟอรัสอัตราต่ำสุดในการทดลองนี้ยังไม่เพียงพอสำหรับการให้ผลผลิตข้าวเปลือก ในด้านผลผลิตฟาง อัตราปุ๋ยสูงสุดในการทดลองส่วนใหญ่สูงกว่าอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตฟางสูงสุดและผลการทดลองส่วนใหญ่แสดงว่าฟอสฟอรัสอัตราที่ 2 ให้ผลผลิตฟางเพิ่มขึ้น ซึ่งชี้ให้เห็นว่าฟอสฟอรัสระดับต่ำสุดของการทดลองส่วนใหญ่ไม่เพียงพอแก่การผลิตฟางข้าว

คะแนนคุณภาพของข้าว

จำนวนคะแนนสำหรับความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และ ความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกแสดงใน Table 2

ความหอม ผลการทดลองส่วนใหญ่แสดงว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อความหอมของข้าว ส่วนน้อยของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลต่อความหอม ในกรณีที่แสดงผลต่อความหอม ผลการทดลองที่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ 1) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่ำทำให้ความหอมลดลงแต่ปุ๋ยอัตราสูงทำให้ความหอมเท่ากับไม่ใส่ปุ๋ย 2) การใส่ปุ๋ยอัตราต่ำหรือค่อนข้างต่ำให้ความหอมสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยและอัตราที่สูงกว่า 3) ปุ๋ยให้ความหอมเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ย ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลของการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อความหอมมีไม่มีทิศทางที่แน่นอน

ความนุ่มและความเหนียว ผลการทดลอง (Table 2) ส่วนใหญ่แสดงว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่มีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความนุ่มและความเหนียว ส่วนน้อยแสดงว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลต่อความนุ่มและความเหนียว ในกรณีที่ปุ๋ยมีผลส่วนใหญ่แสดงว่าความนุ่มและความเหนียวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยไม่ทำให้ความนุ่มและความเหนียว

Table 2 Paddy and straw yields and sensory scores for qualities of cooked milled rice as affected by rate of P fertilizer¹.

Fertilizer rate	Paddy	Straw	Scores for qualities				
kg P ₂ O ₅ /rai	kg/rai ⁵	kg/rai ⁵	Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
Experiment 1							
0	383 a	579 a	7.21 a	7.54 a	7.96 a	6.67 a	7.25 a
57.3	393 a	594 a	6.00 b	7.00 a	7.96 a	6.21 a	7.17 a
114.5	420 a	619 a	6.77 ab	7.63 a	7.33 a	7.04 a	7.42 a
% CV	11.3	11.2	9.5	15.3	6.6	14.2	8.1
Experiment 2							
0	535 a	700 b	3.08 a	3.17 a	3.73 b	3.48 a	3.60 a
91.6	496 a	802 a	3.25 a	2.98 a	4.04 a	3.40 a	3.77 a
% CV	10.1	6.3	17.0	25.4	10.0	19.4	12.0
Experiment 3²							
4.6 K ₁	194 a	253 b	3.30 a	2.53 a	3.62 a	2.85 a	3.07 a
18.3 K ₁	182 ab	295 a	2.50 b	2.08 b	3.62 a	2.65 a	3.00 a
36.6 K ₁	164 b	299 a	2.50 b	2.35 ab	3.58 a	2.77 a	2.69 a
55.5 K ₁	171 ab	298 a	3.10 a	2.46 a	3.42 a	2.77 a	3.15 a
% CV	-	-	20.6	20.7	12.3	16.8	20.7
4.6 K ₂	206 a	277 b	3.30 a	3.29 a	3.58 a	2.83 a	3.17 a
18.3 K ₂	220 a	304 a	3.00 a	3.25 a	3.63 a	2.96 a	3.21 a
36.6 K ₂	211 a	309 a	2.90 a	3.38 a	3.58 a	3.13 a	3.25 a
55.5 K ₂	208 a	285 b	3.00 a	3.33 a	3.67 a	3.17 a	3.25 a
% CV	-	-	18.8	10.5	7.0	12.8	16.6
4.6 K ₃	186 a	263 b	3.10 a	3.33 a	3.42 a	3.08 a	3.00 a
18.3 K ₃	197 a	296 a	2.30 a	3.33 a	3.42 a	2.92 a	3.00 a
36.6 K ₃	205 a	296 a	2.90 a	3.13 a	3.50 a	3.25 a	3.50 a
55.5 K ₃	183 a	289 a	3.10 a	3.25 a	3.50 a	3.08 a	3.42 a
% CV	8.2	3.9	19.7	19.7	12.2	15.3	12.3
Experiment 4³							
0 K ₀	592 a	618 b	3.33 a	3.00 a	3.58 a	3.08 a	3.21 a
9.2 K ₀	606 a	699 a	3.08 a	3.29 a	3.71 a	3.38 a	3.29 a
22.9 K ₀	576 a	700 a	3.42 a	3.30 a	3.83 a	3.25 a	3.50 a
% CV	-	-	20.7	18.4	11.4	16.8	14.7
0 K ₁	626 a	648 b	2.89 b	3.23 b	3.54 b	3.08 b	2.77 b
9.2 K ₁	554 a	708 a	3.39 a	3.31 ab	3.83 a	3.42 ab	3.46 a
22.9 K ₁	604 a	741 a	3.04 ab	3.65 a	3.65 ab	3.65 a	3.50 a
% CV	-	-	15.3	14.3	9.4	14.3	12.2
0 K ₂	596 a	616 b	3.25 b	3.00 b	3.75 a	2.96 b	3.33 b
9.2 K ₂	574 a	706 a	3.58 ab	3.21 ab	3.83 a	3.08 ab	3.33 b

Table 2 (continued)

Fertilizer rate kg P ₂ O ₅ /rai	Paddy kg/rai ⁵	Straw kg/rai ⁵	Scores for qualities				
			Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
22.9 K ₂	514 a	731 a	3.67 a	3.50 a	3.83 a	3.38 a	3.71 a
% CV	-	-	11.4	12.6	8.5	13.4	11.9
0 K ₂ F	534 a	551 b	2.88 a	2.92 a	2.92 a	3.54 a	3.42 a
9.2 K ₂ F	552 a	682 a	2.83 a	3.00 a	3.13 a	3.71 a	3.08 a
22.9 K ₂ F	492 a	700 a	3.29 a	2.42 b	2.67 a	3.50 a	3.08 a
% CV	11.7	14.0	24.9	27.3	21.3	7.8	11.1
Experiment 5⁴							
0 K ₀	440 a	1,134 a	3.70 a	3.13 a	3.75 a	3.42 a	3.29 a
9.2 K ₀	509 a	1,130 a	3.08 b	3.21 a	3.75 a	3.54 a	3.46 a
22.9 K ₀	494 a	1,091 a	3.25 b	2.96 a	3.71 a	3.29 a	3.29 a
% CV	-	-	13.7	13.1	5.2	11.2	9.7
0 K ₁	470 a	1,101 a	3.30 a	3.44 a	3.70 a	3.25 a	3.35 a
9.2 K ₁	404 a	1,107 a	3.50 a	3.56 a	3.65 a	3.10 a	3.30 a
22.9 K ₁	472 a	1,082 a	3.60 a	3.39 a	3.60 a	3.15 a	3.35 a
% CV	-	-	12.2	13.9	6.3	10.2	12.5
0 K ₂	482 a	1,169 a	3.36 a	3.45 a	3.50 a	3.32 a	3.59 a
9.2 K ₂	424 a	1,122 a	3.36 a	3.41 a	3.55 a	3.45 a	3.59 a
22.9 K ₂	460 a	1,075 a	3.45 a	3.41 a	3.50 a	3.32 a	3.36 a
% CV	-	-	11.3	14.6	4.4	10.9	8.1
0 K ₂ F	450 a	1,072 a	3.29 a	3.04 b	3.42 a	3.04 b	3.38 b
9.2 K ₂ F	406 a	1,061 a	3.21 a	3.50 a	3.63 a	3.38 ab	3.71 a
22.9 K ₂ F	426 a	1,291 a	3.30 a	3.67 a	3.58 a	3.63 a	3.54 ab
% CV	10.8	10.9	13.6	12.5	6.6	12.0	8.2
Experiment 6							
15	0.8 b	32.7 c	-	-	-	-	-
30	14.7 a	72.4 b	4.75 a	2.75 b	3.63 c	3.38 c	3.25 b
100	16.8 a	97.1 a	5.75 a	4.13 a	4.88 b	5.13 ab	5.38 a
200	19.1 a	95.1 a	5.50 a	4.13 a	5.50 a	5.63 a	5.75 a
400	14.7 a	94.6 a	4.75 a	3.75 ab	4.63 b	4.75 b	5.00 a
% CV	23.6	12.6	20.2	32.9	12.1	15.6	21.6

1: figures with a common letter were not different by DMRT_{0.05}. 2: K₁, K₂, and K₃ represents 2.4, 9.6, and 19.2 kg K₂O/rai, respectively. 3: K₀, 0 kg K₂O/rai; K₁, 7.9 kg K₂O/rai; K₂, 16.0 kg K₂O/rai; F, foliar application of 1.5% KCl solution at 50% flowering stage. 4: K₀, 0 kg K₂O/rai; K₁, 7.9 kg K₂O/rai; K₂, 24.0 kg K₂O/rai; F, foliar application of 1.5% KCl solution at 50% flowering stage. 5: except those for Experiments 1, 2 and 3 which were g/5 pots, g/5 pots and g/3 pots, respectively.

เปลี่ยนแปลง สำหรับกรณีที่ไม่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติผลการทดลองส่วนใหญ่หากไม่แสดงแนวโน้มเช่นเดียวกับกรณีที่แสดงผลอย่างมีนัยสำคัญที่กล่าวแล้วก็แสดงว่าความนุ่มและความเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงระดับหนึ่งแล้วลดลงเมื่อเพิ่มปุ๋ยต่อไปอีก

ความขาวและความเลื่อมมัน ผลการทดลอง (Table 2) ส่วนใหญ่แสดงว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่มีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความขาวและความเลื่อมมัน ส่วนน้อยแสดงว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสมีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรณีที่ปุ๋ยมีผลส่วนใหญ่แสดงว่าคุณสมบัติทั้งสองเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยอีกต่อไปทำให้สมบัติทั้งสองลดลง อย่างไรก็ตามในกรณีที่ปุ๋ยไม่แสดงผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการทดลองส่วนใหญ่ก็แสดงแนวโน้มในทางเดียวกับผลที่กล่าวแล้ว

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสัมพัทธ์และปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสกับคุณภาพสัมพัทธ์

เนื่องจากได้ทำการทดลองกับดินหลายแห่งซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านในปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่แล้วในดินก่อนการทดลอง มีสถานะแวดล้อมการทดลองแตกต่างกัน และการวัดคุณภาพของข้าวจากการทดลองต่าง ๆ ทำแยกแต่ละการทดลอง จึงไม่เหมาะสมที่จะนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟโดยตรง จึงได้คำนวณผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม และคะแนนคุณภาพด้านต่าง ๆ เป็นค่าสัมพัทธ์ โดยกำหนดให้ค่าสูงสุดที่ได้จากแต่ละการทดลองมีค่าเป็น 100% แล้วคำนวณว่าค่าอื่น ๆ ในการทดลองเดียวกันคิดเป็นร้อยละเท่าใดของค่าสูงสุด การหาค่าสูงสุดทำโดยอ่านจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยกับสมบัติที่เกี่ยวข้อง ในการเขียนกราฟใน Figures 1 และ 2 นั้นได้แปลงผลผลิตสัมพัทธ์สำหรับอัตราปุ๋ยที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด

ด้วยสูตรต่อไปนี้ คือ

$$Y_g = 200 - Y_a$$

เมื่อกำหนดให้ Y_a เป็นผลผลิตที่ได้รับจริงจากการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุดและ Y_g เป็นผลผลิตที่ใช้ในการเขียนกราฟสำหรับอัตราปุ๋ยนั้น

ผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์กับคุณภาพสัมพัทธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ (% paddy yield) และปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสกับความหอมสัมพัทธ์ (relative aroma) ความนุ่มสัมพัทธ์ (relative softness) ความขาวสัมพัทธ์ (relative whiteness) ความเหนียวสัมพัทธ์ (relative stickiness) และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ (relative glassiness) แสดงใน Figure 1.

ความหอม ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ กับความหอมสัมพัทธ์ (Figure 1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าเมื่อผลผลิตเพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยนั้นความหอมไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยเสมอ

ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่างๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในกรณีความนุ่ม และ 99% ในกรณีอื่น ๆ (Figure 1) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า coefficient of correlation (R) สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา (parabola) โดยความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่ให้ผลผลิต 99.5, 102.8, 104.4, และ 103.5% ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า คุณภาพเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและถึงจุดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด การเพิ่มปุ๋ยต่อไปอีกจะทำให้คุณภาพลดลงตามการเพิ่มปุ๋ย

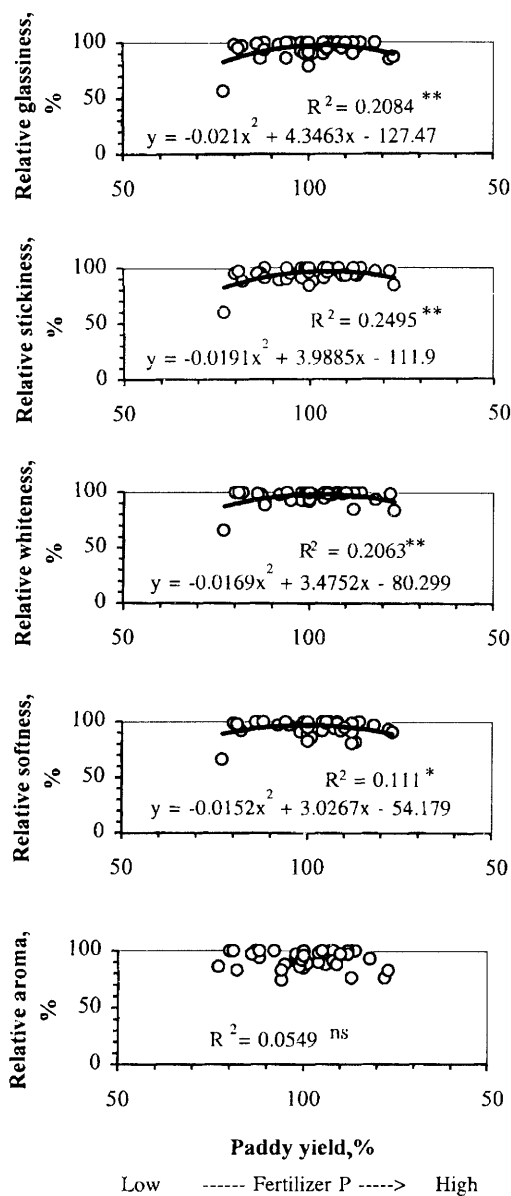


Figure 1 Relationships of relative paddy yields and rates of P fertilizer to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n=45). ns, non-significant at the 95% probability; *, significant at the 95% probability; **: significant at the 99% probability level.

น้ำหนักแห้งรวมสัมพันธ์กับคุณภาพสัมพัทธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ (relative DM) และปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสกับความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมัน สัมพัทธ์แสดงใน Figure 2 น้ำหนักแห้งรวมได้จาก ผลรวมระหว่างน้ำหนักแห้งของข้าวเปลือกกับฟาง

ความหอม ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่าง ๆ กับความหอมสัมพัทธ์ (Figure 1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าเมื่อน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยนั้นความหอมไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยเสมอ

ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตราต่าง ๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 2) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า coefficient of correlation (R) สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา โดยความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่ให้ผลผลิต 99.8, 99.2, 100.3, และ 100.4% ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า คุณภาพเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและถึงจุดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด การเพิ่มปุ๋ยต่อไปอีกจะทำให้คุณภาพลดลงตามการเพิ่มปุ๋ย

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกกับคุณภาพสัมพัทธ์

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก (P in paddy, %) มีความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กับค่าสัมพัทธ์ของความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมัน โดยรูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา (Figure 3) ความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความ

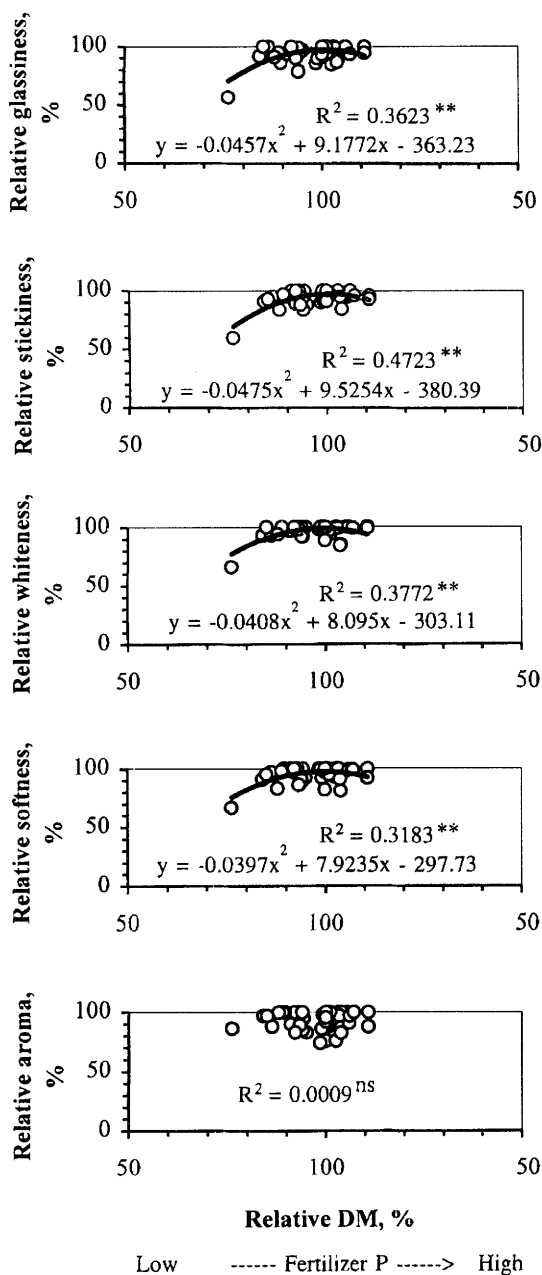


Figure 2 Relationships of relative total dry matter (relative DM) and rates of P fertilizer to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 45). Refer to Figure 1 for captions.

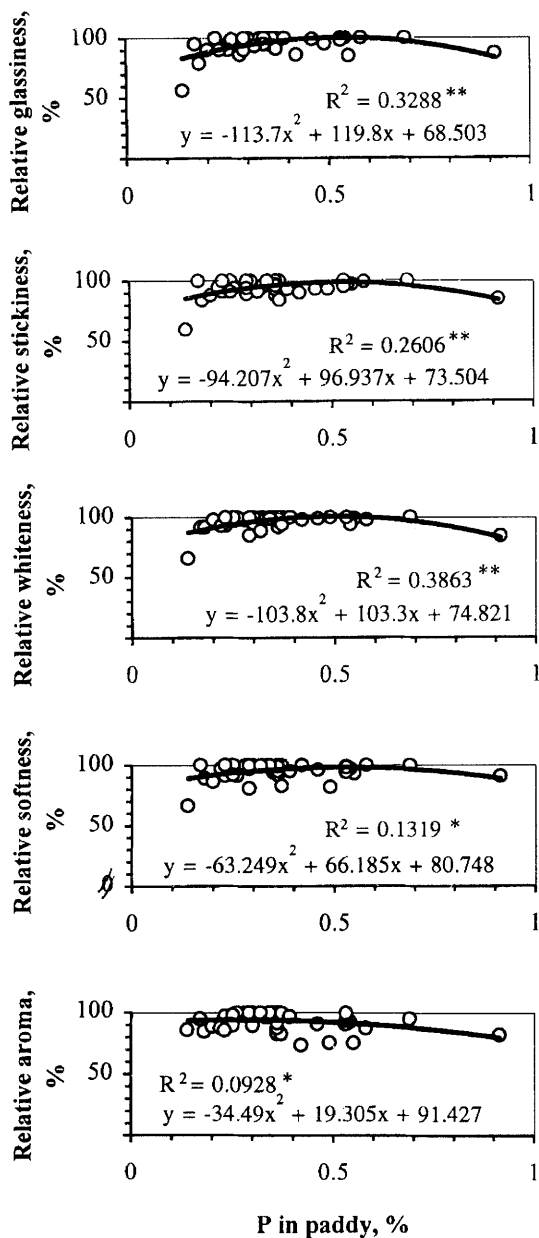


Figure 3 Relationships of percent P in paddy to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 45). Refer to Figure 1 for captions.

เลื่อมมันสูงสุดเมื่อมีฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก 0.28, 0.52, 0.50, 0.51 และ 0.52% ตามลำดับ

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวกับคุณภาพสัมพัทธ์

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าว (P in plant, %) ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเฉลี่ยในข้าวเปลือก และฟางที่คำนวณโดยการถ่วงน้ำหนักแสดงใน Figure 4 เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทั้งห้าประการต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก

ความหอมและความนุ่ม ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวกับความหอมและความนุ่มสัมพัทธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แสดงว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวเปลี่ยนแปลงความหอมไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยเสมอ

ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวกับค่าสัมพัทธ์ของความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในกรณีความเหนียว และ 99% ในกรณีความขาวและความเลื่อมมัน รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา โดยความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสูงสุดเมื่อมีฟอสฟอรัสในต้นข้าว 0.28, 0.32 และ 0.29% ตามลำดับ

วิจารณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและผลผลิตข้าวกับคุณภาพของข้าว

ความหอม ความหอมไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ น้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าว แต่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก (Figures

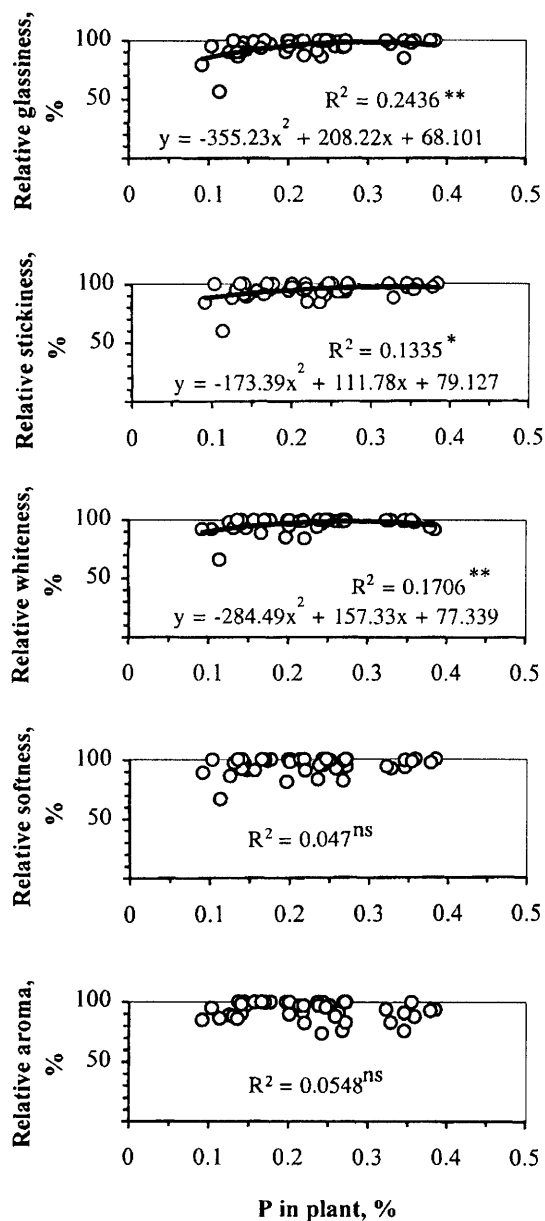


Figure 4 Relationships of percent P in plant to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 45). Refer to Figure 1 for captions.

1-4) โดยความหอมเพิ่มขึ้นตามเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกจนถึงจุดสูงสุดเมื่อข้าวเปลือกมีฟอสฟอรัส 0.28% หากเพิ่มเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกขึ้นไปอีกจะทำให้ความหอมลดลงตามการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส การที่ความหอมมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวเปลือกมีสาเหตุมาจากการที่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือก ขึ้นอยู่กับระดับของผลผลิตเดิม ดังแสดงใน Figure 5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากเริ่มจากฟอสฟอรัสในดินระดับต่ำ ๆ การเพิ่มผลผลิตของข้าวเปลือกโดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสลดลงจนถึงจุดต่ำสุด (0.29%) แล้วการเพิ่มปุ๋ยอีกต่อไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ย ที่จุดต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกนี้ข้าวให้ผลผลิตข้าวเปลือก 90% ของผลผลิตสูงสุด จึงอาจสรุปได้ว่าความหอมของข้าวจะสูงสุดเมื่อให้ฟอสฟอรัสจนได้ผลผลิต 90% อย่างไรก็ตาม จะเห็นจาก Figure 5 ได้ว่าในช่วงที่ข้าวให้ผลผลิต 75-100% การเพิ่มผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากซึ่งแสดงว่าในช่วงนี้ความหอมจะเปลี่ยนไปน้อยมาก ทำให้มักจะตรวจพบความแตกต่างได้ยาก

ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมัน เมื่อเปรียบเทียบกันในระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพันธ์ น้ำหนักแห้งรวมสัมพันธ์ เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในดินข้าว น้ำหนักแห้งรวมสัมพันธ์ของข้าวให้ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดที่สุดกับความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมัน (Figures 1-4) อย่างไรก็ตาม ทั้งผลผลิตข้าวเปลือกสัมพันธ์และน้ำหนักแห้งรวมสัมพันธ์แสดงว่าคุณภาพทั้งสี่ประการนี้เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและถึงจุดสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยในอัตรา

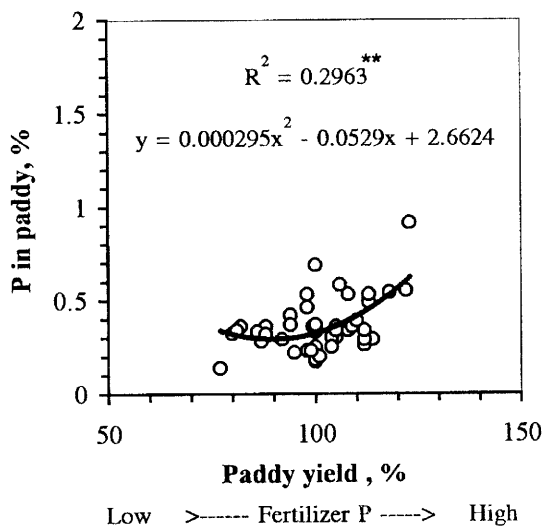


Figure 5 Relationship between relative paddy yield and percent P in paddy (n = 45). Refer to Figure 1 for captions.

ที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสัมพันธ์และน้ำหนักแห้งสัมพันธ์สูงสุด การใส่ปุ๋ย ในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดจะทำให้คุณภาพเหล่านี้ต่ำลง

อัตราปุ๋ยที่ควรแนะนำ และดินที่เหมาะสมกับการผลิตข้าว

จากผลการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า หากต้องการผลิตข้าวที่มีความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันสัมพันธ์สูงสุดจะต้องใส่ปุ๋ยในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด แต่อัตราปุ๋ยที่ทำให้ความหอมสูงสุดคืออัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือก 90% ของผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาการผันแปรของเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกเมื่อเพิ่มผลผลิตโดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Figure 5) จะเห็นว่า การเพิ่มผลผลิตจาก 90 เป็น 100% ทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นน้อยมาก ซึ่งชี้ให้เห็นว่าความหอมจะลดลงน้อยมาก ดังนั้น จึง

อาจสรุปได้ว่าอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ควรแนะนำสำหรับการผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูง คือ อัตราปุ๋ยที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด ดินที่จะผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงสุดได้คือดินที่มีฟอสฟอรัสไม่เกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด และดินที่มีฟอสฟอรัสสูงกว่าระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดไม่สามารถที่จะใช้ผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงสุดได้ ทั้งนี้เพราะสามารถใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำจนทำให้ถึงระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดได้ แต่เป็นการยากที่จะปรับดินที่มีฟอสฟอรัสสูงเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดให้มีฟอสฟอรัสต่ำลงตามที่ต้องการ

สรุปและคำแนะนำ

1) ความหอมของข้าวหุงสุกไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส ผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวมของข้าว และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในดินข้าว แต่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก โดยความหอมของข้าวหุงสุกจะสูงสุดเมื่อข้าวเปลือกมีฟอสฟอรัส 0.28%

2) ความนุ่มของข้าวหุงสุกมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก และอัตราปุ๋ย แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในดินข้าว โดยความนุ่มจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

3) ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในข้าวเปลือก เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในดินข้าวและอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยสมบัติเหล่านี้จะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

4) ดินที่จะปลูกข้าวขาวดอกมะลิให้ได้คุณภาพ

ภาพสูงคือดินที่มีฟอสฟอรัสไม่เกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

5) หากต้องการผลิตข้าวให้ได้คุณภาพสูง จะต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดและต้องระวังไม่ให้ปุ๋ยเกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด

6) ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพราะจะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพต่ำ

คำขอบคุณ

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ (การทดลองที่ 1-5) ได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในระหว่างปี 2530-2533 และส่วนที่เหลือ (การทดลองที่ 6) จากงบประมาณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เพื่องานวิจัยเร่งด่วนประจำปี 2537 คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีที่ให้ความอนุเคราะห์สีข้าวเพื่อการตรวจสอบคุณภาพ ดร. ประสูตร สิทธิสรวง คุณงามชื่น คงเสรี และคุณเครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทดสอบคุณภาพของสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในความอนุเคราะห์ทำการทดสอบคุณภาพของข้าว

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยะชน, พูลศรี สว่างจิต, อัญชลี คุ้มศรี, ประนอม มงคลบรรจง, นิพพนศรี โคมทอง, นิกุล รังสิขล, จันทนา สรสิริ, เครือวัลย์

- อัคระวิริยะสุข, และกัมปนาท มุขดี. 2531. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, น. 177 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2531. สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.
- ประเทศ สิทธิยศ, งามชื่น คงเสรี, ชีรพร บุญยอังกูร, สิริ สุวรรณเขตนิกม, และแพรวพรรณ กลุณทิทิพย์. 2529. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนความหอมของข้าวในเขตศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 1. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105, น. 35 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2529. สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.
- ประเทศ สิทธิยศ, งามชื่น คงเสรี, เดชา ตูนา, สิริ สุวรรณเขตนิกม, และแพรวพรรณ กลุณทิทิพย์. 2530. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105, น. 35 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2530. สถาบันวิจัยข้าว, กรมวิชาการเกษตร.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กรีกาภิรมย์, สุภาพ บวรณากาญจน์, วาภูมิ วารัญญานนท์, พัชรี ตั้งตระกูล, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, ทรงศักดิ์ รัฐปัดย์, สัมพันธ์ รัตนสุภา, ปัญญา ร่มเย็น, ทรงชัย วัฒนพาศักดิ์, กรรณิกา นากลางสว่าง, โรจนกุล, และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2539. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพของข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105 ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 30 : 458-474.
- Amerine, M.A., R.M. Panghon, and E.B. Roessler. 1965. Principle of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York. 602 p.
- Bremner, J.M. 1965. Total nitrogen, pp. 1,149-1,178. In C.A.Black (ed.-in-chief). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Eds. Agronomy 9, Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin.