

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

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

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์¹ สมชาย กรีทาภิรมย์¹ สุภาพ บุรณากาญจน์¹ พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย¹
วารุณี วารัญญานนท์² พชรี ตั้งตระกูล² ทรงศักดิ์ รัฐปัติย์³ ทรงชัย วัฒนพชัยกุล⁴ กรรณิกา นากกลาง⁴
สว่าง โรจนกุลศล⁴ และ พิทักษ์ พรอุไรสนิท⁴

A. Suwanarit, S. Kreetapirom, S. Buranakarn, P. Suriyapromchai, W. Varanyanond,
P. Tungtrakul, S. Rattapat, S. Wattanapayapakul, K. Naklang
S. Rotjanakusol, and P. Pornurisnit

ABSTRACT

Eight pot and field experiments were conducted to examine the effects of K fertilizer on grain qualities of Khaw Dauk Mali-105 aromatic rice. The qualities of cooked rice were evaluated by sensory methods. The results led to the following conclusions and recommendations. 1) The aroma and glassiness of cooked milled rice were related to paddy yields, shoot dry matter (DM) and rates of K fertilizer but not to percent K in paddy and in shoot. 2) The softness of cooked rice was related to percent K in paddy and in shoot but not to paddy yields, shoot DM and rates of K fertilizer. 3) The whiteness was related to paddy yields, shoot DM, rates of K fertilizer and percent K in shoot but not to percent K in paddy. 4) The stickiness was not related to paddy yields, shoot DM, rates of K fertilizer, percent K in paddy and percent K in shoot. 5) The strongest aroma was obtained from K fertilizer at the rate that was so much higher than the rate that produced maximum paddy yield that the paddy yield was reduced to 82% of the maximum. 6) The softest cooked rice was obtained

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

Surin Rice Experimental Station, Amphoe Muang, Surin Province, Thailand.

when percent K in paddy and in shoot were 0.23 and 1.18, respectively, which was obtained from the K-fertilizer rate that began to produce maximum paddy yield. 7) The whitest appearance was obtained in the rice with K fertilizer at the rate that was so much higher than the rate that began to produce maximum paddy yield that the paddy yield was reduced to 98% of the maximum or that gave 1.98% K in the shoot. 8) The glassiest cooked rice was obtained with K fertilizer at the rate that was so much higher than the rate that produced maximum paddy yield that paddy yield was reduced to 55% of the maximum. 9) To produce high yield with high qualities, K fertilizer should be applied at the rate that begins to produce maximum paddy yield. 10) Rice grown on soils with K higher than the level that begins to produce maximum paddy yield would produce grains with stronger aroma, more whiteness and better glassiness but lower softness than that grown on soils with K at the level that begins to produce maximum paddy yield.

Key words: aromatic rice, Khaw Dauk Mali-105 rice, K fertilizer, grain qualities

บทคัดย่อ

ได้ทำการทดลองในกระถางและในนารวม 8 การทดลอง เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 วัดคุณภาพของข้าวสารหุงสุกโดยวิธีประสาทสัมผัส จากผลการทดลองได้ข้อสรุปและคำแนะนำดังนี้ คือ 1) ความหอมและความเลื่อมมันมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดินของต้นข้าว 2) ความนุ่มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดิน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวมส่วนเหนือดินและอัตราปุ๋ย 3) ความเหนียวไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก และเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของต้นข้าว 4) ความขาวมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในส่วน

เหนือดิน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก 5) ความหอมสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดจนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงเหลือเพียง 82% ของผลผลิตสูงสุด 6) ความนุ่มสูงสุดเมื่อมีโพแทสเซียมในข้าวเปลือก 0.23% หรือในส่วนเหนือดิน 1.18% ซึ่งเป็นระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด 7) ความขาวสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุด จนทำให้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงเหลือ 98% ของผลผลิตสูงสุด หรืออัตราที่ให้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน 1.98% 8) ความเลื่อมมันสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุดจนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงเหลือเพียง 55% ของผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด 9) หากต้องการผลผลิตสูงพร้อมกับคุณภาพสูงควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด และ 10) การปลูกข้าวบนดินที่มีโพแทสเซียมเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดจะได้ข้าวที่มีความหอม ความขาว และความเลื่อมมันสูงกว่า แต่มีความนุ่มต่ำกว่าข้าวที่ปลูกบนดินที่มีโพแทสเซียมระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าว

เปลือกสูงสุด

คำนำ

ข้าวหอมดอกมะลิเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ และรัฐบาลส่งเสริมให้ผลิตเพื่อเป็นสินค้าออก พันธุ์ข้าวหอมดอกมะลิที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยและทางรัฐบาลส่งเสริมได้แก่พันธุ์ข้าวหอมดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม ผลผลิตต่อไร่ของข้าวหอมดอกมะลิ 105 ต่ำกว่าข้าวเจ้าอื่นๆ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของข้าวหอมดอกมะลิเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณส่งออกของข้าว และอาจจะช่วยลดราคาต้นทุนในการผลิตข้าวอีกด้วย การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของข้าว อย่างไรก็ตาม มีการกล่าวกันทั่วไปโดยขาดข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนว่า การใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมและความนุ่มน้อยลง จนทำให้เชื่อกันว่าจะต้องปลูกข้าวหอมดอกมะลิโดยไม่ใช้ปุ๋ยเคมี เพราะหากข้าวชนิดนี้มีความหอมและความนุ่มต่ำก็จะได้รับความสนใจจากตลาดน้อยลง ไม่สามารถแข่งขันกับตลาดต่างประเทศได้ ในเรื่องคุณภาพของข้าวหอมดอกมะลินี้ อานาจ และคณะ (2539ก) ได้รวบรวมข้อมูลและข้อคิดเห็นของนักวิจัยซึ่งชี้แนะว่า สภาพที่ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งรวมถึงความเป็นกรดของดิน ความเค็มของดิน และ การที่ดินมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำ จะช่วยส่งเสริมให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมสูง ส่วนโพแทสเซียมโซเดียม และกำมะถันช่วยส่งเสริมความหอมของข้าวชนิดนี้ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการให้คำแนะนำการเพิ่มผลผลิตของข้าวหอม จำเป็นจะต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติมให้ได้ข้อสรุปที่ชัดเจน แม้ว่าจะได้มีการศึกษาและรายงานบ้างแล้ว กล่าวคือ ประเทศ และคณะ (2529, 2530) รายงานว่าการใส่ปุ๋ย NPK ในอัตรา 8, 8, 6.3 กก. N, P₂O₅, K₂O ต่อไร่ ให้แก่ข้าวหอมดอกมะลิ 105

ไม่ทำให้ความหอมเปลี่ยนแปลง งานชิ้นและคณะ (2531) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อความหอม ปริมาณอะมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก และการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวหอมดอกมะลิ 105 แต่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง ทำให้ข้าวมีสีคล้ำลงและมีความนุ่มน้อยลง และ อานาจ และคณะ (2539ก, 2539ข) ได้รายงานผลการศึกษาที่ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการหุงต้มและการรับประทานของข้าวหอมดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพของข้าวหอมดอกมะลิ 105 จึงได้ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวหอมดอกมะลิ 105

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้มี 8 การทดลอง เป็นการทดลองในกระถาง 4 การทดลอง (การทดลองที่ 1, 2, 3 และ 8) และการทดลองในนา 4 การทดลอง (การทดลองที่ 4, 5, 6 และ 7)

สมบัติของดิน และสถานที่ทดลอง

สมบัติของดินที่ใช้ในแต่ละการทดลองแสดงใน Table 1 ดินที่ใช้ทดลองในกระถางเป็นดินจากชั้นดินที่ความลึก 0-15 ซม. การทดลองที่ 1, 2, 3 และ 8 ทำที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ การทดลองที่ 4 และ 6 ทำในสถานทดลองข้าวพินาย อ.พินาย จ.นครราชสีมา การทดลองที่ 5 และ 7 ทำที่สถานทดลองข้าวสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์

แผนการทดลองและดำรับทดลอง

ทุกการทดลองใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำ มีดำรับทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 มี 3 ดำรับทดลอง ซึ่งประกอบด้วย การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 0, 3.7 และ 7.4 กรัม K_2O /กระถาง (เทียบเท่า 0, 50 และ 100 กก. K_2O /ไร่) แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำมี 5 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 2 มี 5 ดำรับทดลอง คือ K_1 , K_2 , K_3 , K_4 และ K_3F เมื่อ K_1 , K_2 , K_3 และ K_4 หมายถึงการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินก่อนปลูกอัตรา 0.37, 2.9, 7.4, 8.8 กรัม K_2O /กระถาง (เทียบเท่า 5, 40, 100 และ 120 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ) F หมายถึงการพ่นทางใบด้วยสารละลาย 1.0% KCl ในวันที่ 3 หลังวันดอกบาน 50% แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำมี 3 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก. การนำการพ่นสารละลายโพแทสเซียมดังกล่าวมาศึกษา ก็เนื่องจากมีรายงานว่า การพ่นสารละลาย 1.0% KCl กับข้าวโพดในวันที่ 3 หลังวันดอกตัวผู้บานครบ 50% ทำให้ผลผลิตเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน และความหวานของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น แม้

ว่าข้าวโพดจะได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมทางดินจนผลผลิตไม่เพิ่มตามอัตราปุ๋ยแล้ว (Suwanarit and Sestapukdee, 1989)

การทดลองที่ 3 มี 15 ดำรับทดลอง ซึ่งเป็น factorial combinations ของปุ๋ยฟอสฟอรัส 5 อัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม 3 อัตรา อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส คือ 0.34, 1.35, 2.70 และ 4.05 กรัม P_2O_5 /กระถาง (เทียบเท่า 4.6, 18.3, 36.6 และ 55.0 กก. P_2O_5 /ไร่) อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม คือ 0.18, 0.71 และ 1.41 กรัม K_2O /กระถาง (เทียบเท่ากับ 2.4, 9.6 และ 19.2 กก. K_2O /ไร่) แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำมี 3 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 4 และ 5 มี 12 ดำรับทดลอง ซึ่งเป็น factorial combinations ของปุ๋ยไนโตรเจน 3 อัตรา และการให้ปุ๋ยโพแทสเซียม 4 แบบ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน คือ 0, 6 และ 15 กก./ไร่ การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมประกอบด้วย K_0 , K_1 , K_2 , K_2F เมื่อ K_0 , K_1 และ K_2 หมายถึงปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ทางดินอัตรา

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	SdL	4.6	0.71	0.6	1.8	25	28
2	Hin Kong	Sd	7.7	3.60	0.3	1.3	13	125
3	Stuk	SdL	6.0	0.50	0.3	1.4	3	30
4	Pimai	CL	5.4	1.50	1.2	-	6	97
5	Roi-et	L	4.7	0.23	0.5	-	18	24
6	Pimai	C	5.4	1.50	1.2	-	6	97
7	Roi-et	L	4.8	0.10	0.5	-	18	25
8	Korat	Sd	5.6	0.22	0.2	-	12	30

^{1/}: C, Clay; CL, clay loam; L, loam; SdL, sandy loam; Sd, Sand.

^{3/}: Of saturation extract.

^{5/}: By saturating with NH_4OAc (pH 7.0).

^{7/}: Extracted with neutral NH_4OAc .

^{2/}: Soil:water, 1:1.

^{4/}: By Walkley and Black's rapid titration method.

^{6/}: by Bray-II method.

0.0, 6.0 และ 16.0 กก. $K_2O/ไร่$ ตามลำดับ ในการทดลองที่ 4 และ 0.0, 6.0 และ 24.0 กก. $K_2O/ไร่$ ตามลำดับ ในการทดลองที่ 5 และ F หมายถึงการพ่นสารละลาย 1.5% KCl ทางใบในวันที่สามหลังวันดอกบานครบ 50% แต่ละตำรับทดลองใช้แปลงขนาด 3.0 ม. x 5.0 ม. เก็บเกี่ยวและเก็บข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่ 2.0 ม. x 4.0 ม. โดยตัดพื้นที่ส่วนนอกของแปลงกว้าง 50 ซม. ออกโดยรอบ

การทดลองที่ 6 และ 7 มี 12 ตำรับทดลอง ซึ่งเป็น factorial combinations ของปุ๋ยฟอสฟอรัส 3 อัตรา และการให้ปุ๋ยโพแทสเซียม 4 แบบ อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส คือ 0, 9.2 และ 22.9 กก. $P_2O_5/ไร่$ การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมประกอบด้วย K_0 , K_1 , K_2 , K_2F เมื่อ K_0 , K_1 และ K_2 หมายถึงปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ทางดินอัตรา 0, 8 และ 16 กก. $K_2O/ไร่$ ตามลำดับ ในการทดลองที่ 6 และ 0, 8 และ 24 กก. $K_2O/ไร่$ ตามลำดับ ในการทดลองที่ 7 F หมายถึงการพ่นสารละลาย 1.5% KCl ทางใบในวันที่สามหลังวันดอกตัวผู้บานครบ 50% ใช้ขนาดแปลงและพื้นที่เก็บข้อมูลเหมือนกับการทดลองที่ 4 และ 5

การทดลองที่ 8 มี 5 ตำรับทดลอง คือ ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 0.0, 0.37, 2.9, 7.4 และ 14.8 กรัม $K_2O/กระถาง$ (เทียบเท่า 0, 5, 40, 100 และ 200 กก. $K_2O/ไร่$) แต่ละตำรับทดลองในแต่ละซ้ำมี 6 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การใส่ปุ๋ยและปุ๋ยรองพื้น

การทดลองที่ 1 และ 2 ใส่โพแทสเซียมโดยคลุกเคล้ากับดินทั้งกระถางก่อนปลูกสำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกตำรับทดลองใส่ยูเรียในอัตรา 1.8 กรัม N/กระถาง (เทียบเท่า 25 กก. N/ไร่) โดยแบ่งใส่ครั้งละเท่าๆ กัน รวม 3 ครั้ง ในระยะ 1-3 วันก่อนปลูก ระยะ 4 และระยะ 6 สัปดาห์หลังปลูก ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูป $Ca(H_2PO_4)_2$ ในอัตรา 4.2 กรัม $P_2O_5/กระถาง$ (เทียบ

เท่า 57.3 กก. $P_2O_5/ไร่$) ใส่ KCl อัตรา 60.0 $K_2O/ไร่$ โดยใส่คลุกเคล้ากับดินก่อนปลูกและใส่ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในอัตราที่คาดว่าจะเพียงพอ

การทดลองที่ 3 รูปของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม และการใส่เหมือนกับทดลองที่ 1 และ 2 สำหรับปุ๋ยรองพื้น ใส่ไนโตรเจน ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมเป็นปุ๋ยรองพื้นเหมือนกับการทดลองที่ 1 และ 2

การทดลองที่ 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตโดยแบ่งใส่ครั้งหนึ่งในระยะ 1-3 วันก่อนปลูกข้าว โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากับดินหลังทำเทือก อีกครั้งหนึ่งใส่ในระยะที่ต้นข้าวเริ่มเกิดตาดอก (panicle initiation) โดยลดระดับน้ำในแปลงลงแล้วหว่านให้ทั่วแปลง ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมดก่อนปลูกโดยวิธีเดียวกันกับปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเป็นปุ๋ยรองพื้นทุกตำรับในอัตรา 16 กก. $P_2O_5/ไร่$ โดยใส่ทั้งหมดก่อนปลูกโดยวิธีเดียวกับปุ๋ยไนโตรเจน

การทดลองที่ 6 และ 7 เวลาและวิธีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเหมือนกับการทดลองที่ 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นปุ๋ยรองพื้นทุกตำรับในอัตรา 15 กก. N/ไร่ โดยเวลาและวิธีการใส่เหมือนกับการทดลองที่ 4 และ 5

การทดลองที่ 8 การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเหมือนกับการทดลองที่ 1 สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกตำรับใส่ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 2.6 กรัม N/กระถาง (เทียบเท่า 35 กก. N/ไร่) โดยแบ่งใส่ครั้งหนึ่งก่อนปลูกด้วยวิธีคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน และส่วนที่เหลือใส่หลังวันปักดำ 45 วัน โดยโรยบนผิวดินทั่วทั้งกระถาง ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูป $Ca(H_2PO_4)_2$ อัตรา 6.7 กรัม $P_2O_5/กระถาง$ (เทียบเท่า 40 กก. $P_2O_5/ไร่$) ก่อนปลูกโดยวิธีเดียวกับปุ๋ยไนโตรเจน และใส่ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในอัตราที่คาดว่าจะเพียงพอ

พันธุ์ข้าว การปลูก และการดูแลรักษา

ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 การทดลองในกระถางใช้เมล็ดพันธุ์ขยายจากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ส่วนการทดลองในนาใช้เมล็ดพันธุ์ขยายจากสถานีทดลองข้าวที่ทำการทดลอง

ในการปลูกในกระถาง ใช้กระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง 30-35 ซม. ปลูกโดยคลุกดินกับน้ำจนเป็นโคลนแล้วหว่านเมล็ดข้าวออก ยกเว้นการทดลองที่ 8 เมื่อต้นข้าวมีอายุ 10-14 วัน ถอนแยกให้เหลือต้นข้าวกระถางละ 65 ต้น การทดลองที่ 8 ปลูกโดยปักดำต้นกล้าอายุ 1 เดือน จำนวน 15 กอต่อกระถาง กอละ 3 ต้น หว่านสารป้องกันแมลง “ฟูราเทร” (2-3 dihydro-2, dimethyl-7-benzofuranyl methyl carbamate) บนผิวดินเมื่อข้าวอายุ 2-3 สัปดาห์

ในกรณีปลูกทดลองในนา ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำกล้าอายุประมาณ 1 เดือน กอละ 3-5 ต้น โดยใช้ระยะระหว่างกอ 25 ซม. × 25 ซม. หว่านสารป้องกันแมลง “ฟูราเทร” เมื่อมีแนวโน้มว่าจะมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาด

การเก็บเกี่ยว การตาก การนวด และการเก็บรักษาข้าวเปลือก

ได้บันทึกวันดอกบาน 50% สำหรับแต่ละกระถางและแต่ละแปลง เก็บเกี่ยวข้าวในวันที่ 30 หลังวันออกดอก เมื่อเก็บเกี่ยวรวงแล้ว เก็บรวงในถุงกระดาษหรือในถุงผ้าดิบ เปิดปากถุงไว้กลางแดดในลักษณะที่แสงแดดไม่กระทบรวงข้าวโดยตรงเป็นเวลา 2 วันเต็มแล้วจึงนวด ในระหว่างรอการสีเป็นข้าวสาร เก็บเมล็ดข้าวไว้ในห้องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนเก็บที่อุณหภูมิปกติ ข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวไม่เกิน 20 วัน

การสีข้าวและการเก็บรักษาข้าวสาร

สีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยขัดข้าว

สารให้ขาวเท่ากับข้าวสารที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ในระหว่างรอการวัดคุณภาพของข้าวเก็บข้าวสารไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดปากมิให้อากาศผ่านข้าวออกได้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10°C วัดคุณภาพของข้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนหลังจากสีแล้ว

การวัดคุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม และปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่งข้าว

เนื่องจาก IRR (1982) ได้รายงาน ว่า ผลการวัดความหอมโดยวิธีประสาทสัมผัส โดยการชิมข้าวหุงสุก มีความสัมพันธ์กับปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเข้าใจกันว่าเป็นสารหลักที่ทำให้ความหอมเฉพาะตัวของข้าวขาวดอกมะลิ ได้วัดคุณภาพของข้าวโดยวิธีประสาทสัมผัส โดยหุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติ ขนาด 0.5 ลิตร โดยใช้อัตราส่วนของ ข้าวสาร:น้ำ เท่ากับ 1:1.6 โดยน้ำหนัก แล้ววัดคุณภาพโดยประสาทสัมผัสตามวิธีของ Amerine et al. (1965) ให้คะแนนสูงสุดเป็น 5 ในกรณีการทดลองที่ 2-8 และ 9 คะแนนในกรณีการทดลองที่ 1 ในกรณีที่ให้คะแนนสูงสุดเป็น 5 มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ คือ 5 = มากที่สุด, 4 = มาก, 3 = ปานกลาง, 2 = น้อย และ 1 = ระบุไม่ได้ ในกรณีให้คะแนนสูงสุดเป็น 9 มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ คือ 9 = ชอบมากที่สุด, 8 = ชอบมาก, 7 = ชอบปานกลาง, 6 = ชอบน้อย, 5 = เฉยๆ (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่), 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบอย่างมาก และ 1 = ไม่ชอบที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาอย่างดีแล้ว จำนวน 8-12 คน สมบัติที่วัด คือ กลิ่นหอม (aroma) ความนุ่ม (softness) ความเหนียว (stickiness) ความขาว (whiteness) และความเลื่อมมัน (glassiness) นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ analysis of variance โดยใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block ใช้คะแนนจากผู้ทดสอบแต่ละคนเป็นซ้ำ (replication) วัดปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่งข้าวโดยย่อย

ตัวอย่างพืชด้วยสารผสมซึ่งประกอบด้วย H_2SO_4 , Na_2SO_4 และ Se ตามที่ Bremner (1965) บรรยายไว้ และวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสิ่งที่ได้จาก การย่อยด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ผลและวิจารณ์

ผลผลิตข้าวเปลือกและฟาง

ผลผลิตข้าวเปลือก (paddy) และฟาง (straw) แสดงใน Table 2 ในการทดลองส่วนใหญ่ ผลผลิตข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ย จนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ผลผลิตลดลง หรือมีแนวโน้มที่จะลดลง ส่วนน้อยแสดงแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงแม้ใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ ในด้านผลผลิตฟาง การทดลองส่วนใหญ่ให้ผลผลิตฟางเพิ่มขึ้นหรือแสดงแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ผลผลิตฟางลดลง หรือแสดงแนวโน้มที่จะลดลง ผลการทดลองส่วนน้อยไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตฟางตามอัตราปุ๋ย ผลการทดลองเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าอัตราสูงสุดของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดสูงกว่าอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและฟางสูงสุด

คะแนนคุณภาพของข้าว

จำนวนคะแนนสำหรับความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และ ความเลื่อมมันของข้าว หุงสุกแสดงใน Table 2

ความหอม ประมาณร้อยละ 65 ของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความหอมของข้าว ส่วนน้อยของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความหอม อย่างไรก็ตาม การทดลองเกือบทั้งหมดแสดงหรือมีแนวโน้มที่จะแสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ความหอมเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจน

ถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความหอมลดลงตามอัตราปุ๋ย

ความนุ่ม ประมาณร้อยละ 47 ของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความนุ่มของข้าว ในระหว่างการทดลองที่แสดงผลของปุ๋ยโพแทสเซียมนี้ ร้อยละ 67 ของการทดลองแสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่ำทำให้ความนุ่มสูง การใส่ปุ๋ยอัตราปานกลางทำให้ความนุ่มลดลง และการใส่ปุ๋ยอัตราสูงกลับทำให้ความนุ่มเพิ่มขึ้น ส่วนที่เหลือแสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ความนุ่มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่ง แล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความนุ่มลดลงตามอัตราปุ๋ย ในการทดลองที่ให้ความนุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ ร้อยละ 80 แสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะทำให้ความนุ่มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่ง แล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความนุ่มลดลงตามอัตราปุ๋ย

ความขาว เพียงร้อยละ 20 ของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อความขาวของข้าว อย่างไรก็ตาม ร้อยละ 95 ของการทดลองแสดงหรือมีแนวโน้มที่จะแสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ความขาวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความขาวลดลงตามอัตราปุ๋ย

ความเหนียว เพียงร้อยละ 10 ของการทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลต่อความเหนียวของข้าว ครั้งหนึ่งของการทดลองแสดงหรือมีแนวโน้มที่จะแสดงว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความเหนียวลดลงตามอัตราปุ๋ย และอีกครั้งหนึ่งแบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ 1) ไม่แสดงผลหรือแนวโน้มของผลของปุ๋ย และ 2) แสดงหรือมีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่ำทำให้ความเหนียวสูง การใส่ปุ๋ยอัตราปานกลางทำให้ความเหนียวลดลง และการใส่ปุ๋ยอัตราสูงกลับทำให้ความเหนียวเพิ่มขึ้น

ความเลื่อมมัน เพียงประมาณ 25% ของการ

Table 2 Paddy yields (14 % moisture), straw yields and sensory scores for qualities of cooked milled rice as affected by rate of K fertilizer^{1/}.

Fertilizer rate kg K ₂ O/rai ^{2/}	Paddy kg/rai ^{2/}	Straw kg/rai ^{2/}	Scores for qualities				
			Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
Experiment 1							
0.0	60 b	92 b	6.54 a	6.83 a	7.58 a	6.88 a	6.88 a
3.7	79 a	119 a	5.83 b	6.83 a	7.63 a	6.46 a	6.92 a
4.7	82 a	118 a	6.33 a	7.38 a	7.42 a	7.13 a	7.33 a
% CV	11.3	11.2	7.2	13.5	5.8	13.2	10.3
Experiment 2							
0.4	36 c	113 a	3.00 c	3.67 a	3.50 a	3.33 a	3.25 a
2.9	69 a	111 a	3.54 ab	2.92 c	3.58 a	3.17 a	3.58 a
7.4	67 ab	108 a	3.25 b	3.08 bc	3.58 a	3.42 a	3.50 a
8.8	63 ab	114 a	3.00 c	3.17 bc	3.67 a	3.25 a	3.50 a
8.8 F	63 ab	125 a	3.91 a	3.50 ab	3.38 a	3.58 a	3.67 a
% CV	6.2	4.3	17.0	18.6	16.4	18.8	14.7
Experiment 3 ^{3/}							
0.18 P ₁	65 a	84 a	3.13 a	2.06 a	3.67 a	2.73 a	3.33 a
0.71 P ₁	69 a	92 a	3.00 a	2.13 a	3.33 a	2.73 a	2.87 b
1.41 P ₁	62 a	88 a	2.93 a	2.06 a	3.47 a	2.93 a	3.13 a
% CV	-	-	19.5	25.5	11.5	10.2	11.7
0.18 P ₂	61 b	98 a	2.41 a	2.54 a	3.41 a	2.91 a	3.00 a
0.71 P ₂	73 a	101 a	2.33 a	2.33 a	3.30 a	2.83 a	2.90 a
1.41 P ₂	66 ab	99 a	2.58 a	2.08 a	3.00 a	2.58 a	3.00 a
% CV	-	-	23.0	23.6	16.3	17.6	12.7
0.18 P ₃	55 b	100 a	2.73 a	2.58 b	3.10 a	3.15 a	3.20 a
0.71 P ₃	70 a	103 a	2.96 a	2.96 ab	3.26 a	3.30 a	3.30 a
1.41 P ₃	68 a	99 a	3.07 a	3.00 a	3.42 a	3.30 a	3.60 a
% CV	-	-	15.1	16.9	16.2	13.2	15.7
0.18 P ₄	57 b	99 a	3.03 a	2.80 a	3.00 a	2.96 a	3.20 a
0.71 P ₄	69 a	95 a	2.75 b	2.70 a	3.40 a	3.00 a	3.30 a
1.41 P ₄	61 ab	96 a	3.07 a	2.70 a	3.40 a	2.92 a	3.30 a
% CV	8.2	3.9	6.5	16.5	11.4	18.5	8.2
Experiment 4 ^{4/}							
0 N ₀	170 a	202 a	3.47 a	4.27 a	4.03 a	4.17 a	3.70 a
6 N ₀	171 a	198 a	3.13 a	3.77 b	3.90 a	3.97 a	3.40 a
16 N ₀	176 a	202 a	3.17 a	4.00 ab	4.07 a	4.07 a	3.73 a
16 F N ₀	157 a	184 a	3.50 a	4.10 ab	3.83 a	4.03 a	3.53 a
% CV	-	-	17.1	11.2	3.2	11.5	15.8
0 N ₁	398 a	386 a	2.97 a	4.33 a	3.88 a	4.33 a	3.83 a
6 N ₁	457 a	412 a	3.00 a	3.88 b	3.71 ab	3.83 b	3.25 b
16 N ₁	438 a	388 a	3.38 a	4.00 ab	3.54 b	3.58 b	3.33 b
16F N ₁	474 a	378 a	3.17 a	4.25 ab	3.67 ab	3.96 ab	3.58 ab

Table 2 (continued)

Fertilizer rate kg K ₂ O/rai ^{2/}	Paddy kg/rai ^{2/}	Straw kg/rai ^{2/}	Scores for qualities				
			Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
% CV	-	-	19.1	11.8	9.7	14.3	14.2
0 N ₂	657 a	546 a	3.23 b	3.91 a	3.58 a	3.50 a	3.46 a
6 N ₂	736 a	584 a	3.69 a	3.77 a	3.73 a	3.77 a	3.58 a
16 N ₂	695 a	544 a	3.50 ab	3.58 a	3.65 a	3.58 a	3.62 a
16F N ₂	722 a	514 a	3.65 ab	3.65 a	3.54 a	3.46 a	3.55 a
% CV	11.9	10.8	14.5	14.1	8.5	14.5	10.0
Experiment 5^{4/}							
0 N ₀	412 b	550 b	3.08 a	3.58 a	3.46 a	3.73 a	3.33 a
2 N ₀	484 ab	721 a	3.04 a	3.00 b	3.46 a	3.36 a	3.50 a
24 N ₀	550 a	657 ab	3.00 a	3.38 ab	3.50 a	3.59 a	3.42 a
24F N ₀	424 b	860 a	2.75 a	3.42 ab	3.46 a	3.32 a	3.17 a
% CV	-	-	18.8	18.9	8.2	20.4	13.6
0 N ₁	480 b	702 b	2.96 a	2.88 a	3.63 a	3.25 a	3.38 a
6 N ₁	596 a	848 a	3.00 a	3.08 a	3.58 a	3.21 a	3.33 a
24 N ₁	496 b	769 ab	3.00 a	3.21 a	3.75 a	3.21 a	3.63 a
24F N ₁	526 ab	769 ab	3.04 a	3.21 a	3.63 a	2.92 a	3.50 a
% CV	-	-	15.7	22.8	6.2	15.5	11.7
0 N ₂	542 b	970 b	2.77 a	3.12 a	3.69 a	3.15 a	3.04 ab
6 N ₂	612 a	1,032 ab	2.42 b	2.58 b	3.50 ab	2.81 ab	2.77 b
24 N ₂	540 b	1,174 a	2.69 ab	2.50 b	3.42 b	2.73 b	2.96 ab
24F N ₂	496 b	1,175 a	2.73 ab	3.19 a	3.65 a	2.92 ab	3.19 a
% CV	13.3	16.4	14.6	19.3	7.3	15.1	11.5
Experiment 6^{5/}							
0 P ₀	592 a	618 a	3.73 a	3.27 a	3.65 b	3.19 a	3.31 a
8 P ₀	626 a	648 a	3.88 a	3.77 a	3.85 a	3.35 a	3.38 a
16 P ₀	506 a	616 a	3.73 a	3.38 a	3.65 b	3.31 a	3.27 a
16F P ₀	534 a	551 a	3.68 a	3.35 a	3.73 ab	3.27 a	3.38 a
% CV	-	-	14.5	18.3	4.7	11.4	10.5
0 P ₁	606 a	699 a	3.23 a	3.50 a	3.77 b	3.58 b	3.77 a
8 P ₁	554 a	708 a	3.38 a	3.85 a	3.92 a	3.85 a	3.69 ab
16 P ₁	574 a	706 a	3.36 a	3.46 a	3.77 b	3.42 b	3.42 b
16F P ₁	552 a	682 a	3.15 a	3.65 a	3.77 b	3.58 b	3.65 ab
% CV	-	-	15.1	14.1	4.9	9.1	9.5
0 P ₂	576 a	700 a	2.96 a	3.38 a	3.79 a	3.38 a	3.25 ab
8 P ₂	604 a	741 a	2.96 a	2.92 bc	3.71 a	3.08 ab	3.08 b
16 P ₂	514 a	731 a	3.08 a	3.29 ab	3.88 a	3.50 a	3.38 ab
16F P ₂	492 a	700 a	3.17 a	3.83 c	3.71 a	2.79 b	3.42 a
% CV	11.7	14.0	16.8	16.6	9.3	15.6	10.8

Table 2 (continued)

Fertilizer rate kg K ₂ O/rai ^{2/}	Paddy kg/rai ^{2/}	Straw kg/rai ^{2/}	Scores for qualities				
			Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
Experiment 7^{5/}							
0 P ₀	440 a	1,134 a	3.33 a	3.54 a	3.63 a	3.38 a	3.50 a
8 P ₀	470 a	1,101 a	3.17 a	3.13 b	3.63 a	3.29 a	3.46 a
24 P ₀	482 a	1,169 a	3.50 a	3.13 b	3.54 a	3.04 a	3.46 a
24F P ₀	450 a	1,072 a	3.29 a	3.25 ab	3.54 a	3.24 a	3.42 a
% CV	-	-	15.8	13.9	7.2	12.7	12.9
0 P ₁	509 a	995 a	3.00 b	3.14 a	3.55 a	3.05 a	3.36 a
8 P ₁	404 a	1,107 a	3.50 a	2.82 a	3.64 a	2.91 a	3.55 a
24 P ₁	424 a	1,122 a	3.32 ab	2.95 a	3.59 a	3.09 a	3.50 a
24F P ₁	406 a	1,062 a	3.32 ab	2.86 a	3.50 a	2.95 a	3.50 a
% CV	-	-	11.3	13.0	6.5	9.9	9.0
0 P ₂	494 a	1,091 a	3.00 a	2.91 ab	3.71 a	3.17 a	3.46 a
8 P ₂	472 a	1,082 a	3.13 a	3.25 a	3.58 a	3.42 a	3.54 a
24 P ₂	460 a	1,075 a	3.25 a	3.08 ab	3.71 a	3.25 a	3.54 a
24F P ₂	462 a	1,291 a	3.17 a	2.63 b	3.42 a	3.08 a	3.29 a
% CV	10.8	10.9	16.3	19.1	9.6	12.2	12.5
Experiment 8							
0.0	2.3 a	28.2 a	1.98 a	3.04 a	1.87 a	2.95 a	2.56 a
0.4	6.2 a	62.9 b	2.31 a	2.86 ab	1.89 a	3.09 a	2.70 a
2.9	39.7 b	71.7 b	2.40 ab	2.91 ab	3.55 b	3.18 a	2.95 a
7.4	42.7 b	62.9 b	2.30 a	3.14 a	3.23 b	3.18 a	2.91 a
14.8	38.0 b	61.9 b	2.80 b	2.45 b	3.45 b	2.82 a	3.14 a
% CV	35.9	15.0	20.7	20.9	17.1	30.2	25.5

^{1/} In each column of each experiment, figures with a common letter were not different by DMRT_{0.05}. ^{2/} Except those for Experiments 1, 2, 3 and 8 which were expressed in g/pot. ^{3/} P₁, P₂, P₃, and P₄ represent 0.34, 1.35, 2.70 and 4.09 P₂O₅/pot, respectively. ^{4/} N₀, N₂ and N₃ represent 0, 6 and 15 kg N/rai. ^{5/} P₀, P₁ and P₂ represent 0, 9.2 and 22.9 kg P₂O₅/rai.

ทดลองแสดงว่าปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อความเลื่อมมันของข้าว ทุกการทดลองการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่ำทำให้ความเลื่อมมันสูง การใส่ปุ๋ยอัตราปานกลางทำให้ความเลื่อมมันลดลง และการใส่ปุ๋ยอัตราสูงกลับทำให้ความเลื่อมมันเพิ่มขึ้น ในระหว่างการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติในด้านความเลื่อมมัน ประมาณ 80% แสดงแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้ความเลื่อมมัน

เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึงจุดหนึ่งแล้วการเพิ่มปุ๋ยต่อไปทำให้ความเลื่อมมันลดลงตามอัตราปุ๋ย

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสัมพัทธ์และปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมกับคุณภาพสัมพัทธ์

เนื่องจากได้ทำการทดลองกับดินหลายชนิด มีความแตกต่างกันในด้านปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่แล้วในดินก่อนการทดลอง มี

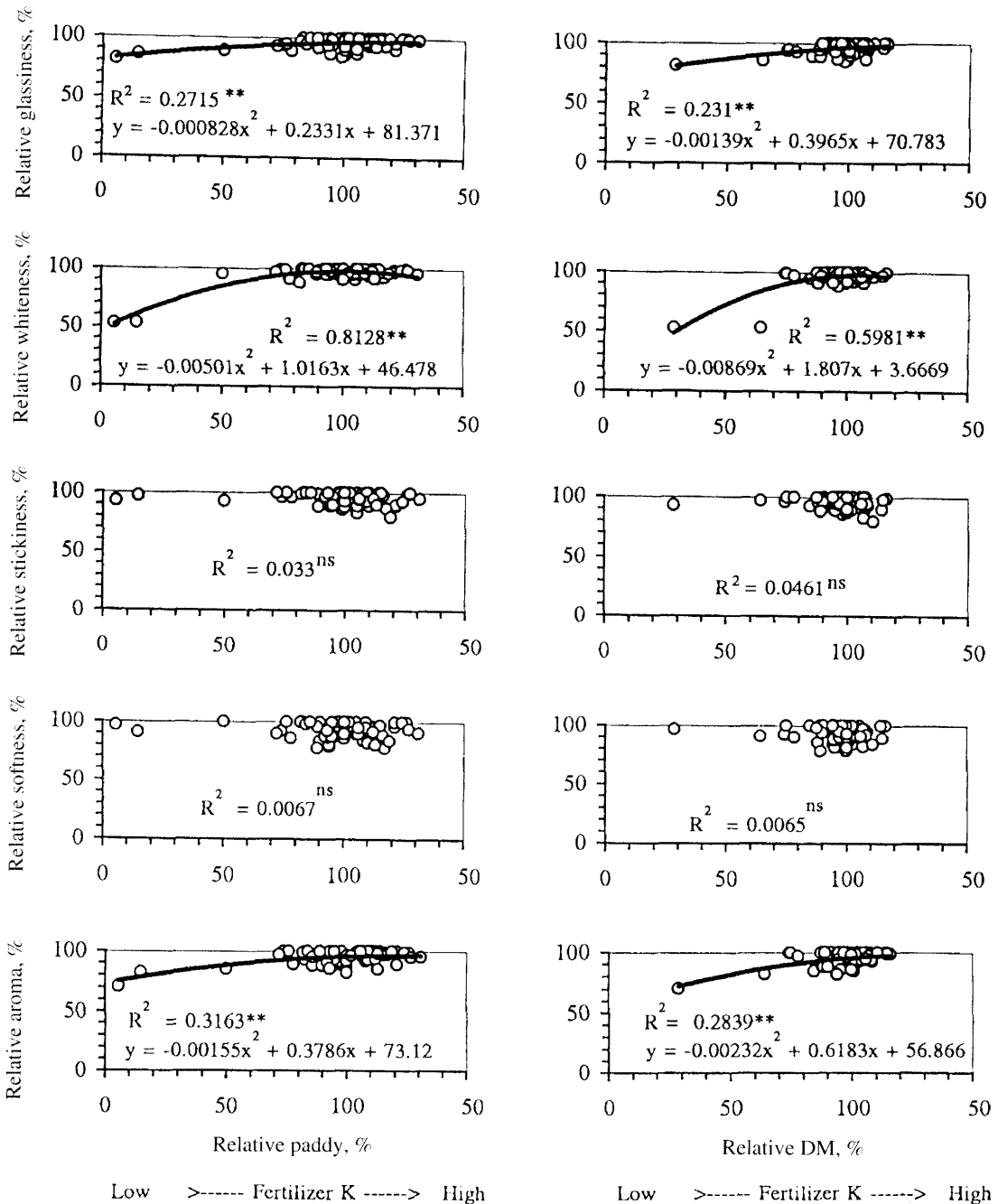


Figure 1 Relationships of relative paddy yields and relative shoot dry matter (DM) obtained with different rates of K fertilizer to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n=73). ns, non-significant at the 95% probability level; *, non-significant at the 95% probability level; **: significant at the 99% probability level.

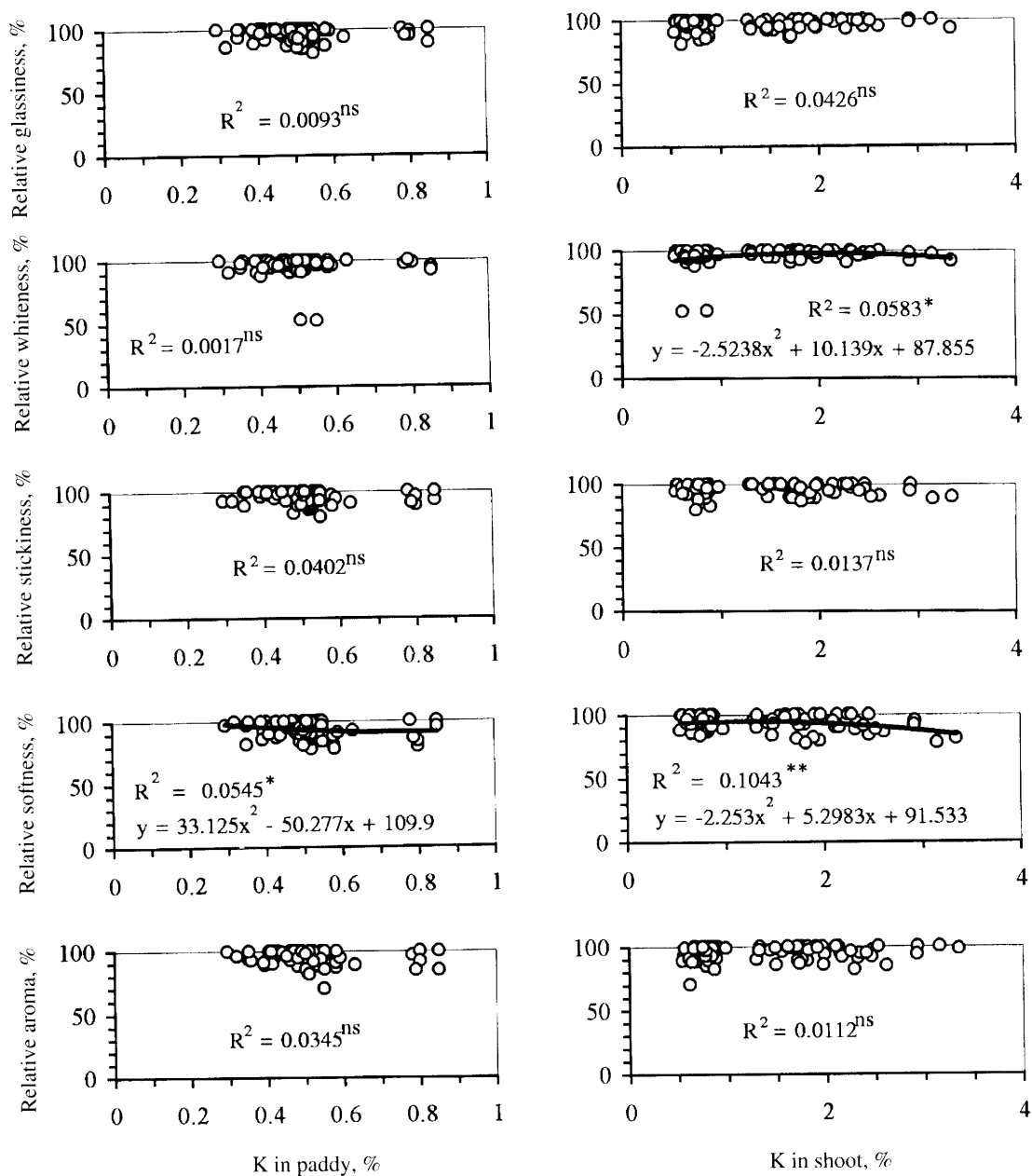


Figure 2 Relationships of percent K in paddy and in shoot (paddy + straw) to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 73). Refer to Figure 1 for captions.

สภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน และการวัดคุณภาพของข้าวจากการทดลองต่างๆ ทำแยกแต่ละการทดลองซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟรวมโดยตรง จึงได้คำนวณผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวมและคะแนนคุณภาพด้านต่างๆ เป็นค่าสัมพัทธ์ โดยกำหนดให้ค่าสูงสุดที่ได้จากการทดลองมีค่าเป็น 100% แล้วคำนวณค่าอื่นๆ ในการทดลองเดียวกันเป็นร้อยละของค่าสูงสุด การหาค่าสูงสุดทำโดยอ่านจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยกับสมบัติที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์และน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึง 100% และจะลดลงต่ำกว่า 100% มากขึ้นตามลำดับถ้าเพิ่มปุ๋ยต่อไปจากอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้นเพื่อให้สามารถเขียนกราฟใน Figures 1 และ 2 ได้ด้วยคอมพิวเตอร์ได้แปลงผลผลิตสัมพัทธ์สำหรับอัตราปุ๋ยที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด ด้วยสูตรต่อไปนี้ คือ

$$Y_g = 200 - Y_a$$

เมื่อกำหนดให้ Y_a เป็นผลผลิตที่ได้รับจริงจากการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุดและ Y_g เป็นผลผลิตที่ใช้ในการเขียนกราฟสำหรับอัตราปุ๋ย

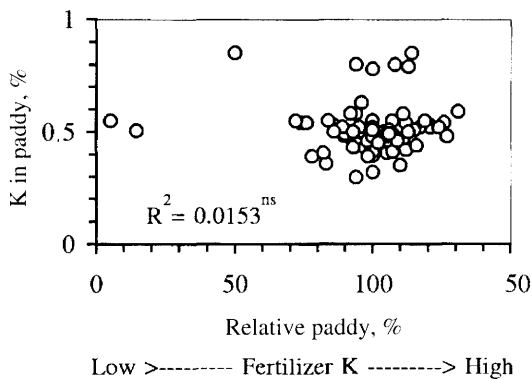


Figure 3 Relationships of relative paddy yields and percent K in paddy (n = 73). Refer to Figure 1 for captions.

นั้น ตัวอย่าง เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 15 กก.N/ไร่ ข้าวให้ผลผลิตสูงสุด และเมื่อใส่ปุ๋ย 45 กก.N/ไร่ ข้าวให้ผลผลิตเป็น 80% ของผลผลิตสูงสุด ผลผลิตสัมพัทธ์สำหรับปุ๋ยอัตรา 45 กก./ไร่ ที่ใช้ในการเขียนกราฟเท่ากับ 120%

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ (relative paddy) น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสัมพัทธ์ (relative dry matter) และปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมกับความหอมสัมพัทธ์ (relative aroma) ความนุ่มสัมพัทธ์ (relative softness) ความเหนียวสัมพัทธ์ (relative stickiness) ความขาวสัมพัทธ์ (relative whiteness) และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ (relative glassiness) แสดงใน Figure 1.

ความหอมสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ และ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่างๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความหอมมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 1) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า correlation coefficient (R) สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา (parabola) โดยความหอมสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่

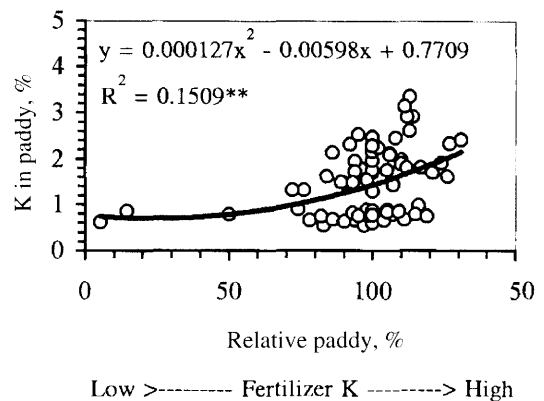


Figure 4 Relationship between relative paddy yields and percent K in paddy (n = 73). Refer to Figure 1 for captions.

ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุดจนทำให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินลดลงเหลือเพียง 82% และ 66% ของผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุดตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่า ความหอมเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและถึงจุดสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุด จนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินเป็น 82% และ 66% ของผลผลิตสูงสุดตามลำดับ อัตราปุ๋ยที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและให้น้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุด ให้เมล็ดข้าวที่มีความขาว 95% และ 96% ของความหอมสูงสุดตามลำดับ

ความนุ่มสัมพัทธ์ และ ความเหนียวสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์และน้ำหนักร้างสัมพัทธ์ของส่วนเหนือดิน กับความนุ่มสัมพัทธ์และความเหนียวสัมพัทธ์ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 1) จึงอาจกล่าวได้ว่า อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีความสัมพันธ์กับความนุ่มและความเหนียวของข้าว

ความขาวสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์และน้ำหนักร้างสัมพัทธ์ของส่วนเหนือดินกับความขาวสัมพัทธ์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 1) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา โดยการแปรความหมายทำนองเดียวกันกับกรณีความหอมสัมพัทธ์ อาจกล่าวได้ว่า ความขาวเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และถึงจุดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุด จนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินลดลงเหลือเพียง 98% และ 96% ของผลผลิตสูงสุดตามลำดับ การเพิ่มปุ๋ยต่อไปอีกทำให้ความขาวลดลงอัตราปุ๋ยที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและให้น้ำหนักร้าง

แห้งส่วนเหนือดินสูงสุด ให้เมล็ดข้าวที่มีความขาว 98% และ 97% ของความขาวสูงสุดตามลำดับ

ความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์และน้ำหนักร้างสัมพัทธ์ของส่วนเหนือดิน กับความเลื่อมมันสัมพัทธ์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 1) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา โดยการแปรความหมายทำนองเดียวกันกับกรณีความหอมสัมพัทธ์ กล่าวได้ว่า ความเลื่อมมันเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และถึงจุดสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุด จนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักร้างส่วนเหนือดินเป็น 54% และ 58% ของผลผลิตสูงสุดตามลำดับ การเพิ่มปุ๋ยต่อไปอีกทำให้ความเลื่อมมันลดลงอัตราปุ๋ยที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและให้น้ำหนักร้างส่วนเหนือดินสูงสุด ให้เมล็ดข้าวที่มีความเลื่อมมัน 97% และ 96% ของความเลื่อมมันสูงสุดตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดินกับคุณภาพสัมพัทธ์

ความหอมสัมพัทธ์ ความเหนียวสัมพัทธ์ และ ความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก (K in paddy, %) และในส่วนเหนือดิน (K in shoot, %) กับความหอมสัมพัทธ์ ความเหนียวสัมพัทธ์ และความเลื่อมมันสัมพัทธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 2)

ความนุ่มสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก และในส่วนเหนือดินกับความนุ่มสัมพัทธ์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และ 99% ตามลำดับ (Figure 2) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา ความนุ่มของเมล็ดข้าวสูงสุดเมื่อมี

โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดิน 0.23% และ 1.18% ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับโพแทสเซียมที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกเป็น 99.6% ของผลผลิตสูงสุด การที่ความนุ่มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดิน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน เนื่องจากเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกสัมพันธ์ (Figure 3) และการเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือกโดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในช่วง 0 ถึงประมาณ 50% ของผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด ไม่ทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลง (Figures 4)

ความขาวสัมพันธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกกับความขาวสัมพันธ์ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินกับความขาวสัมพันธ์มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Figure 2) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงสุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา ความขาวของเมล็ดข้าวสูงสุดเมื่อมีโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของต้นข้าว 1.98% ซึ่งเป็นระดับโพแทสเซียมที่สูงกว่าระดับที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด จนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกเพียง 55% ของผลผลิตสูงสุดปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดให้ความขาวเป็น 97% ของความขาวสูงสุด

อัตราปุ๋ยที่ควรแนะนำ และดินที่เหมาะสมกับการผลิตข้าว

จากผลการศึกษา จะเห็นได้ว่า หากจะปลูกข้าวขาวดอกมะลิให้ได้เมล็ดข้าวที่มีความหอม ความขาว และความเลื่อมมันสูงสุด ต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด จนทำให้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงเหลือเพียง 82%, 98% และ 55% ของผลผลิตสูงสุดตามลำดับ แต่ถ้าต้องการ

ให้ได้เมล็ดข้าวที่มีความนุ่มสูงสุด ต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงสุด อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด ให้เมล็ดข้าวที่มีความหอม ความขาว และความเลื่อมมันเป็น 95%, 98% และ 97% ของความหอมความขาวและความเลื่อมมันสูงสุดตามลำดับ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดเป็นอัตราที่เหมาะสมที่สุด การปลูกข้าวบนดินที่มีโพแทสเซียมเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด จะได้ข้าวที่มีความหอม ความขาว และความเลื่อมมันสูงกว่า แต่มีความนุ่มต่ำกว่าข้าวที่ได้จากการปลูกบนดินที่มีโพแทสเซียมระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด ผลการทดลองนี้ตรงกับข้อสรุปของสุขสันต์ (2530) จากการศึกษาชุดดินในบริเวณที่ปลูกข้าวหอมได้คุณภาพสูงที่ว่า ดินที่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมากให้ข้าวหอมที่มีคุณภาพสูง

สรุป

1) ความหอม และความเลื่อมมันมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดินของต้นข้าว

2) ความนุ่มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือกและในส่วนเหนือดิน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม

3) ความเหนียวไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก และเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของต้นข้าว

4) ความขาวมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าว

เปลือก น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในข้าวเปลือก

5) ความหอมสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุดจนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกลดลงเหลือเพียง 82% ของผลผลิตสูงสุด

6) ความนุ่มสูงสุดเมื่อมีโพแทสเซียมในข้าวเปลือก 0.23% หรือในส่วนเหนือดิน 1.18% ซึ่งเป็นระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

7) ความขาวสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุด หรือให้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน 1.98%

8) ความเลื่อมมันสูงสุดเมื่อข้าวได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเกินอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุดจนทำให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินลดลงเหลือเพียง 55% ของผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด หรือ 59% ของน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงสุด

9) หากต้องการผลผลิตสูงพร้อมกับคุณภาพสูง ควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

10) การปลูกข้าวบนดินที่มีโพแทสเซียมเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด จะได้ข้าวที่มีความหอม ความขาว และความเลื่อมมันสูงกว่า แต่มีความนุ่มต่ำกว่าข้าวที่ปลูกบนดินที่มีโพแทสเซียมระดับที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด

คำขอบคุณ

การทดลองที่ 1-7 ได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติใน

ระหว่างปี 2530-2533 และส่วนการทดลองที่ 8 ได้รับงบประมาณอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่องานวิจัยเร่งด่วนประจำปี 2538 คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยข้าวปทุมธานีในการให้ความอนุเคราะห์สีข้าวเพื่อการตรวจสอบคุณภาพ ดร. ประสูตร สิทธิสรวง คุณงามชื่น คงเสรี และคุณเกรียงวิทย์ อัดตะวิริยะสุข ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทดสอบคุณภาพของสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในความอนุเคราะห์ทำการทดสอบคุณภาพของข้าว

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยะชน, พูลศรี สว่างจิต, อัญชลี ครามศรี, ประนอม มงคลบรรจง, นิพวรรณศรี โคมทอง, นิภูต รังสิขล, จันทนา สรสิริ, เกรียงวิทย์ อัดตะวิริยะสุข, และ กัมปนาท มุขดี. 2531. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. น.177 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2531, สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร. ประเทศ สหราชอาณาจักร, งามชื่น คงเสรี, ชีรพร นุชยอังกูร, สิริสุวรรณเขตนิกม, และแพรวพรรณ กลุณีทิพย์. 2529. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนความหอมของข้าวในเขตศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 1. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105. น.35 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2529, สถาบันวิจัยข้าวกรมวิชาการเกษตร. ประเทศ สหราชอาณาจักร, งามชื่น คงเสรี, เดชา ตูนา, สิริสุวรรณเขตนิกม, และแพรวพรรณ กลุณีทิพย์. 2530. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อ

- ความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105. รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2530, สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 646น.
- สุขสันต์ สิริผลไพบุลย์. 2530. ข้าวขาวดอกมะลิ 105 บทความทางวิทยุกระจายเสียง ในรายการ “ชวนาฟังได้ ชาวไร่ฟังดี” โดยคู่ย ฌ บางน้อย ทางสถานีวิทยุกระจายเสียงกรุงเทพมหานคร ถนนพระราม 4 ออกอากาศเมื่อวันที่ 19 มี.ค. 2530 เวลาประมาณ 5:20 น.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กริชาภิรมย์, สุภาพบุรณกาญจน์, วาภูมิ วารัญญานนท์, พชร ตั้งตระกูล, ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์, ทรงศักดิ์ รัฐปัติย์, สัมพันธ์ รัตนสุภา, ปัญญา ร่มเย็น, ทรงชัย วัฒนพชัยกุล, วรรณิกา นาลาง, สว่าง โรจนกุล, และ พัทธ์พรอุไรสนธิ. 2539ก. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพของข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์(วิทย์.) 30: 458-474.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กริชาภิรมย์, สุภาพบุรณกาญจน์, วาภูมิ วารัญญานนท์, พชร ตั้งตระกูล, ทรงศักดิ์ รัฐปัติย์, ทรงชัย วัฒนพชัยกุล, วรรณิกา นาลาง, สว่าง โรจนกุล, และ พัทธ์พรอุไรสนธิ. 2539ข. ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อคุณภาพของข้าวหอมขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์(วิทย์.) 31: 36-50 (2540).
- Amerine, M.A., R.M. Panghon, and E.B. Roessler. 1965. Principle of Sensory Evaluation of Food. New York: Academic Press. 602p.
- Bremner, J.M. 1965, Total nitrogen, pp. 1,149-1,178. In Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. C.A. Black *et al.* (eds). Agronomy 9, Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- IRRI. 1982. Breeding program, pp. 24-25. In Annual Report for 1982. The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Suwanarit, A. and M. Sestapukdee. 1989. Stimulating effects of foliar K-fertilizer applied at the appropriate stage of development of maize: A new way to increase yield and improve quality. Plant and Soil 120:111-124.