

ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105

Effects of Nitrogen Fertilizer on Grain Qualities of

Khaw Dauk Mali-105 Aromatic Rice

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์¹ สมชาย กริฑาภิรมย์¹ สุภาพ บุรณากาญจน์¹ วารุณี วารัณยานนท์²
พัชรีย์ ตั้งตระกูล² ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์³ ทรงศักดิ์ รัฐปิตย⁴ สัมพันธ์ รัตนสุภา⁴ ปัญญา ร่มเย็น⁴
ทรงชัย วัฒนพ่ายพล⁵ กรรณิกา นากกลาง⁵ สว่าง โรจนกุล⁵ และ พิทักษ์ พรอุไรสนิธ⁵

A. Suwanarit, S. Kreetapirom, S. Buranakarn, W. Varanyanond

P. Tungtrakul, S. Somboonpong, S. Rattapat, S. Ratanasupa, P. Romyen,

S. Wattanapryapkul, K. Naklang, S. Rotjanakusol, and P. Pornurisnit

ABSTRACT

Thirteen pot and field experiments were conducted to examine the effects of N fertilizer on cooking and eating qualities of Khaw Dauk Mali-105 aromatic rice. The cooking qualities were measured by sensory methods. The results have led to the following conclusions and recommendations: 1) Aroma, softness, whiteness stickiness and glassiness of cooked milled rice varied inversely with percent N in paddy. 2) Considering in the whole range of paddy yields, aroma and glassiness did not vary with the rate of N fertilizer. However, these qualities did not vary with the rate of N fertilizer in the range of fertilizer rates which produced less than 80 % of the maximum paddy yield whereas they varied inversely with the rate of N fertilizer in the range of those that produced 80 % to the ones that suppressed the yield. 3) The softness, whiteness and stickiness

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 สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี

Koksamrong Rice Experimental Station, Amphoe Koksamrong, Lop Buri, Thailand.

4 สถานีทดลองข้าวพิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา

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

5 สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์

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

varied with N-fertilizer rate. Beginning with no nitrogen in the soil, the application of N fertilizer increased these qualities of rice up to the yield level of 16-34 %, after which increasing rates of N fertilizer resulted in lower qualities. However, in the range below 80% paddy yield, changes in the qualities due to increases in N fertilizer were small and, therefore, detection of changes in the qualities was difficult. 4) Soils that produce high quality rice are those which are low in nitrogen. 5) In production of rice with N fertilization to increase profit, care must be taken to avoid application of N fertilizer at the rate higher than the level which produce maximum yield. 6) Soils containing N at the level higher than the level that begins to produce the maximum yield are not suitable for production of the aromatic rice since too low quality produce will be inevitably obtained.

Keywords : aromatic rice, Khaw Dauk Mali-105 rice, N fertilizer, qualities.

บทคัดย่อ

ได้ทำการทดลองในกระถางและในนารวม 13 การทดลอง เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่หุงสุกแล้ว วัดคุณภาพโดยวิธีประสาทสัมผัสจากผลการทดลองได้ข้อสรุปและคำแนะนำดังนี้ คือ 1) ความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือก โดยคุณภาพเหล่านี้จะผันแปรตรงข้ามกับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือก 2) หากพิจารณาตลอดช่วงผลผลิต ความหอมและความเลื่อมมันของข้าวไม่ผันแปรไปกับอัตราปุ๋ย อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะช่วงพบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ผลผลิตไม่เกิน 80% ของผลผลิตสูงสุด ไม่มีผลต่อสมบัติทั้งสอง แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือก 80% ของผลผลิตสูงสุด จนถึงอัตราที่ให้ผลผลิตต่ำลง จะพบว่าความหอมและความเลื่อมมันผันแปรตรงข้ามกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 3) ในด้านความนุ่ม ความขาวและความเหนียวของข้าว หากเริ่มจากสภาพที่ไม่มีไนโตรเจนในดิน การใส่ปุ๋ยจะทำให้สมบัติเหล่านี้ผันแปรตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจนถึงอัตราที่ให้ผลผลิต 16-34 % แล้วการ

เพิ่มปุ๋ยต่อไปอีกจะทำให้คุณภาพต่ำลง อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งสามประการนี้น้อยมาก และตรวจวัดได้ยากในช่วงที่ข้าวให้ผลผลิตต่ำกว่า 80% ของผลผลิตสูงสุด 4) ดินที่จะปลูกข้าวขาวดอกมะลิได้คุณภาพสูงคือดินที่มีไนโตรเจนต่ำ 5) การผลิตข้าวหอมมะลิโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มกำไร ควรระวังไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด และ 6) ดินที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพราะจะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพต่ำเกินไป

คำนำ

ข้าวหอมดอกมะลิเป็นข้าวที่ได้รับความนิยมสูงทั้งในประเทศและต่างประเทศ เป็นข้าวที่ทางรัฐบาลส่งเสริมเพื่อเป็นสินค้าออกเพื่อการแข่งขันในตลาดข้าวต่างประเทศ พันธุ์ข้าวหอมดอกมะลิที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางในประเทศไทยและทางรัฐบาลส่งเสริมได้แก่พันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม ผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่ำกว่าข้าวเจ้าอื่น ๆ ที่รัฐบาลส่งเสริม การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของข้าวขาวดอกมะลิเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณส่งออกของข้าว

และอาจจะช่วยลดราคาค่าต้นทุนของข้าวอีกด้วย

การใส่ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ แต่อย่างไรก็ตาม มีการกล่าวกันทั่วไปโดยไม่มีข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมและความนุ่มน้อยลง จนทำให้เชื่อกันว่าจำเป็นต้องปลูกข้าวหอมดอกมะลิโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมี เพราะหากข้าวชนิดนี้มีความหอมและความนุ่มต่ำก็จะได้รับความสนใจจากตลาดน้อยลง ไม่สามารถแข่งขันกับตลาดต่างประเทศได้

ในด้านเกี่ยวกับคุณภาพของข้าวหอมดอกมะลิ สุขสันต์ (2530) กล่าวว่า จากการตรวจสอบชนิดดินในบริเวณ อ.บางกล่ำ จ.ระยอง ซึ่งแหล่งปลูกข้าวพันธุ์นี้มานานแล้วโดยความหอมไม่ลดลง นักวิชาการท่านนี้รายงานว่า บริเวณดังกล่าวมีดิน 3 ชนิด คือ ชุดดินรังสิต ชุดดินมหาโพธิ์ และชุดดินดอนเมือง ดินเหล่านี้ล้วนเป็นกรดจัด (pH 4.0-5.5) มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ แต่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีโซเดียมอยู่ในปริมาณพอสมควร นอกจากบริเวณ อ.บางกล่ำแล้ว ดินทรายในบางจังหวัดในภาคอีสาน เช่น จ.นครราชสีมา จ.สุรินทร์ และ จ.บุรีรัมย์ ได้มีการทดลองปลูกข้าวหอมดอกมะลิ 105 แล้วพบว่าให้ข้าวที่มีความหอมสูง นักวิชาการท่านนี้สรุปว่า บริเวณเหล่านี้มีเกลือโซเดียมอยู่สูง จึงสันนิษฐานว่า ธาตุโซเดียมคงจะเกี่ยวข้องกับกลิ่นหอมของข้าวหอมดอกมะลิ ในกรณีที่เกิดขึ้นแล้ว การปลูกข้าวหอมดอกมะลิที่ อ.บางกล่ำได้ข้าวที่มีความหอมสูงนั้น อาจสันนิษฐานได้ว่าเนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดระยองมีดินเป็นดินเปรี้ยวจัดเนื่องจากกรดกำมะถัน (acid-sulfate soils) ทำให้ข้าวที่ปลูกในบริเวณดังกล่าวได้รับกำมะถันมาก (ธาตุกำมะถันเป็นองค์ประกอบของน้ำมันระเหยบางชนิดในพืช) และสภาพดินเป็นกรดจัดไม่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งสมบัติทั้งสองอย่างนี้ช่วยส่งเสริมความหอมของข้าวหอมดอกมะลิ นอกจากนั้น

มีรายงานว่า ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีผลต่อความเข้มข้นของ differentiation product เช่น น้ำมัน พารา น้ำมันระเหย (essential oils) และสาร alkaloid ในพืช กล่าวคือ หากพืชขาดน้ำจะทำให้พืชมีความเข้มข้นของ differentiation product สูงกว่าพืชที่ได้รับน้ำอย่างเพียงพอ ทั้งนี้เนื่องจากการขาดน้ำทำให้พืชใช้คาร์โบไฮเดรตในการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งยังผลให้มีการสะสมคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะถูกเปลี่ยนไปเป็น differentiation product มากขึ้น (Black, 1968)

ข้อมูลข้างต้นนี้ชี้แนะว่า สภาพที่ไม่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชซึ่งรวมถึงความเป็นกรดของดิน ความเค็มของดิน และการที่ดินมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำจะช่วยส่งเสริมให้ข้าวหอมดอกมะลิมีความหอมสูง ส่วนโพแทสเซียม โซเดียม และกำมะถันช่วยส่งเสริมความหอมของข้าวชนิดนี้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีผลการศึกษาวิจัยที่ชัดเจนเพื่อยืนยันหรือโต้แย้งข้อชี้แนะดังกล่าว แม้ว่าจะได้มีการศึกษาและรายงานบ้างแล้ว กล่าวคือ ประเทศ และคณะ (2529, 2530) รายงานว่าการใส่ปุ๋ย NPK ในอัตรา 8.8, 6.0, 3.0 กก. N, P₂O₅, K₂O ต่อไร่ ที่ใส่ให้กับข้าวหอมดอกมะลิ 105 ไม่มีผลต่อความหอมของเมล็ดข้าวหุงสุก งามขึ้น และคณะ (2531) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อความหอม ปริมาณอะมิโนส ความคงตัวของแป้งสุก และการสลายตัวในด่างของเมล็ดข้าวหอมดอกมะลิ 105 แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงทำให้ข้าวมีสีคล้ำลงและมีความนุ่มน้อยลง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถหาข้อสรุปได้ จึงควรจะทำการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม กำมะถัน โซเดียม และความเค็มของดินต่อคุณภาพของข้าวหอมดอกมะลิ 105

การศึกษาที่รายงานนี้เป็นการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อคุณภาพของข้าวหอมดอกมะลิ 105 ซึ่งให้ข้อมูลที่ใช้ประกอบการพิจารณาหาวิธีเพิ่มผลผลิตของข้าวหอมดอกมะลิด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

โดยยังคงได้ข้าวที่มีคุณภาพดี

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลองรวมทั้งหมด 13 การทดลอง เป็นการทดลองในกระถาง 2 การทดลอง (การทดลองที่ 1 และ 2) และการทดลองในนา 11 การทดลอง (การทดลองที่ 3-13)

สมบัติของดิน และสถานที่ทดลอง

สมบัติของดินที่ใช้ในแต่ละการทดลองแสดงใน Table 1 ดินที่ใช้ทดลองในกระถางเป็นดินที่เก็บมาจากชั้นดินที่ความลึก 0-15 ซม. การทดลองที่ 1 และ 2 ทำการทดลองที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ การทดลองที่ 3, 5, 10 และ 11 ทำการทดลองในนา

ที่สถานีทดลองข้าวพิมาย อ.พิมาย จ.นครราชสีมา การทดลองที่ 4, 12 และ 13 ทำการทดลองในนาที่ สถานีทดลองข้าวสุรินทร์ อ.เมือง จ.สุรินทร์ การทดลองที่ 6, 7, 8 และ 9 ทำการทดลองที่สถานีทดลองข้าวโคกสำโรง อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี

แผนการทดลองและดำรับทดลอง

ทุกการทดลองใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block มี 3 ซ้ำในการทดลองที่ 1-5 และมี 6 ซ้ำในการทดลองที่ 6-13 มีดำรับทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 ดำรับทดลองประกอบด้วย การใส่ไนโตรเจนอัตราเทียบเท่ากับ 5, 25 และ 50 กก. N ต่อไร่ แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำประกอบด้วย 5 กระถางเพื่อให้ได้ข้าวปริมาณพอที่จะตรวจสอบคุณภาพการหุงต้ม แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 2 ประกอบด้วย 4 ดำรับทดลอง

Table 1 Properties of the soils used.

Experiment no.	Soil series	Texture ^{1/} mS/cm	pH ^{2/} cmol/kg	EC ^{3/} mg/kg	%OM ^{4/} mg/kg	CEC ^{5/}	P ^{6/}	K ^{7/}
1	Hin Kong	SL	4.6	0.71	0.6	1.8	25	28
2	Hin Kong	SL	4.5	1.30	0.7	2.4	21	28
3	Pimai	CL	5.7	1.20	1.0	-	7	63
4	Roi Et	L	4.7	0.23	0.5	-	18	93
5	Pimai	CL	5.4	1.50	1.2	-	6	97
6	-	CL	5.6	0.58	0.7	-	13	10
7	-	SCL	6.8	0.64	0.8	-	47	15
8	-	L	6.7	0.66	0.6	-	17	15
9	-	L	5.0	0.51	0.5	-	11	10
10	-	C	5.0	1.10	1.0	-	4	50
11	-	C	4.6	3.20	1.3	-	8	50
12	Roi Et	L	4.0	0.55	0.4	-	11	10
13	Roi Et	SL	4.1	0.38	0.2	-	11	5

^{1/}: C, clay; CL, clay loam; L, loam; SCL, sandy clay loam; SL, sandy loam, ^{2/}: Soil:water, 1:1. ^{3/}: of saturation extract. ^{4/}: by Walkley and Black's rapid titration method. ^{5/}: by saturation with NH₄OAc (pH 7.0). ^{6/}: by Bray-II method ^{7/}: extracted with neutral N NH₄OAc.

ซึ่งได้แก่การใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราเทียบเท่า 8, 24, 48 และ 72 กก. N ต่อไร่ แต่ละดำรับทดลองในแต่ละซ้ำ ประกอบด้วย 3 กระถาง แต่ละกระถางบรรจุดิน 23 กก.

การทดลองที่ 3 และ 4 ประกอบด้วย 12 ดำรับทดลอง ซึ่งเป็น factorial combinations ของปุ๋ยในโตรเจน 3 อัตรา และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 4 แบบ อัตราปุ๋ยในโตรเจน คือ 0, 6 และ 15 กก. N ต่อไร่ สำหรับการทดลองที่ 3 และ 0, 6 และ 18 กก. N ต่อไร่ สำหรับการทดลองที่ 4 การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ประกอบด้วยดำรับ K_0 , K_1 , K_2 , K_2F เมื่อ K_0 แทนไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม K_1 แทนการใส่ปุ๋ย 6.0 กก. K_2O ต่อไร่ K_2 แทนการใส่ปุ๋ย 15.6 และ 24.0 กก. K_2O ต่อไร่ ในกรณีการทดลองที่ 3 และ 4 ตามลำดับ และ F แทนการพ่นสารละลาย 1.5% KCl ทางใบในวันที่สามหลังวันดอกบานครบ 50% แต่ละดำรับทดลองใช้แปลงขนาด 3.0 ม. $\times$ 5.0 ม. แต่เก็บเกี่ยวและเก็บข้อมูลต่าง ๆ เฉพาะในพื้นที่ 2.0 ม. $\times$ 4.0 ม. ของส่วนกลางแปลง

การทดลองที่ 5 ประกอบด้วย 3 ดำรับทดลอง คือ การใส่ปุ๋ยในโตรเจน 0, 6 และ 15 กก. N ต่อไร่ โดยทุกดำรับปุ๋ยในโตรเจนนี้ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส 22.9 กก. P_2O_5 ต่อไร่ และโพแทสเซียมในอัตรา 15.9 กก. K_2O ต่อไร่ ขนาดแปลงทดลองและพื้นที่เก็บข้อมูลเหมือนกับการทดลองที่ 4

การทดลองที่ 6-13 ประกอบด้วย 6 ดำรับการทดลอง คือ ใส่ปุ๋ย 0, 5, 10, 15, 25 และ 45 กก. N ต่อไร่ แต่ละดำรับทดลองใช้แปลงขนาด 4.0 ม. $\times$ 5.0 ม. แต่เก็บเกี่ยวและเก็บข้อมูลต่าง ๆ เฉพาะในพื้นที่ 3.0 ม. $\times$ 4.0 ม. ของส่วนกลางแปลง

การใส่ปุ๋ยและปุ๋ยรองพื้น

การทดลองที่ 1 และ 2 ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปยูเรีย โดยใส่ครั้งละเท่า ๆ กันรวม 3 ครั้ง ในระยะ 1-3 วันก่อนปลูก ระยะ 4 และระยะ 6 สัปดาห์หลังปลูก

สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกดำรับทดลองใส่ 57.3 กก. P_2O_5 , 60.0 K_2O และ 10 กก. S ต่อไร่ ในรูป $Ca(H_2PO_4)_2$, KCl และ $CaSO_4$ ตามลำดับ และใส่ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในอัตราที่คาดว่าจะเพียงพอ

การทดลองที่ 3 และ 4 ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใส่ครั้งหนึ่งในระยะ 1-3 วันก่อนวันปักดำ ด้วยการหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกให้เข้ากับดินหลังการทำเทือก และส่วนที่เหลือใส่เมื่อข้าวเริ่มเกิดตาดอก (panicle initiation) สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกดำรับทดลองใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 16 กก. P_2O_5 ต่อไร่ สำหรับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกให้เข้ากับดินหลังทำเทือก

การทดลองที่ 5 การใส่ปุ๋ยในโตรเจนเหมือนกับทดลองที่ 3 สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกดำรับทดลองใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 23 กก. P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไร่ และโพแทสเซียม-กลอไรด์อัตรา 15.8 กก. K_2O ต่อไร่ โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกให้เข้ากับดินหลังทำเทือก

การทดลองที่ 6-13 ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใส่ครั้งหนึ่งในระยะ 1-3 วันก่อนวันปักดำ ด้วยการหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกให้เข้ากับดินหลังการทำเทือก และส่วนที่เหลือใส่เมื่อข้าวเริ่มเกิดตาดอก สำหรับปุ๋ยรองพื้น ทุกดำรับทดลองใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 20 กก. P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่อไร่ และโพแทสเซียมกลอไรด์ อัตรา 20 กก. K_2O ต่อไร่ โดยหว่านทั่วแปลงแล้วคลุกให้เข้ากับดินหลังทำเทือก

พันธุ์ข้าว การปลูก และการดูแลรักษา

ในทุกการทดลองใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการทดลองในกระถางใช้ breeder seed จากสถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ส่วนการทดลองในนาใช้พันธุ์เมล็ดพันธุ์ขยายจากสถานีทดลองข้าวที่ทำการทดลอง

ในกรณีปลูกทดลองในกระถาง ใช้กระถางเส้นผ่าศูนย์กลาง 30-35 ซม. ปลูกโดยคลุกดินกับน้ำจนเป็นโคลนแล้วหว่านเมล็ดข้าวออกเมื่อต้นข้าวมีอายุ 10-14 วัน ถอนแยกให้เหลือต้นข้าวกระถางละ 65 ต้น หว่านสารป้องกันแมลง "ฟูราเทร" (2-3 dihydro-2, dimethyl-7-benzofuranyl methyl carbamate) บนผิวดินเมื่อข้าวอายุ 2-3 สัปดาห์

ในกรณีปลูกทดลองในนา ปลูกข้าวโดยวิธีปักดำกล้าอายุประมาณ 1 เดือนกอละ 3-5 ต้น โดยใช้ระยะปลูก 25 ซม. × 25 ซม. หว่านสารป้องกันแมลงฟูราเทร เมื่อมีแนวโน้มว่าจะมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาด

การเก็บเกี่ยว การตาก การนวด และการเก็บรักษาข้าวเปลือก

เพื่อหลีกเลี่ยงผลของความแก่ของเมล็ดข้าวที่เก็บเกี่ยวที่อาจมีต่อคุณภาพของข้าว ได้บันทึกวันดอกบาน 50% สำหรับแต่ละกระถางและแต่ละแปลง แล้วเก็บเกี่ยวข้าวในวันที่ 30 หลังวันออกดอกของแต่ละกระถางและแต่ละแปลงเมื่อเก็บเกี่ยวรวงแล้วเก็บรวงในถุงกระดาษหรือในถุงผ้าดิบ เปิดปากถุงไว้กลางแดดในลักษณะที่แสงแดดไม่กระทบรวงข้าวโดยตรงเป็นเวลา 2 วันเต็มแล้วจึงนวด ในระหว่างรอกการสีเป็นข้าวสารเก็บเมล็ดข้าวไว้ในห้องปรับอากาศในช่วงเวลากลางวัน ส่วนในเวลากลางคืนเก็บที่อุณหภูมิปกติ ทำการสีข้าวหลังจากเก็บเกี่ยวไม่เกิน 20 วัน

การสีข้าวและการเก็บรักษาข้าวสาร

สีข้าวด้วยเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก โดยขัดข้าวสารให้ขาวเท่ากับข้าวสารที่จำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ในระหว่างรอกการวัดคุณภาพของข้าวเก็บข้าวสารไว้ในถุงพลาสติกที่ปิดปากมิให้อากาศผ่านเข้าออกได้ในตู้เย็น ที่อุณหภูมิ 10°C วัดคุณภาพของข้าวภายในระยะเวลาไม่เกิน 1 เดือนหลังจากสีแล้ว

การวัดคุณภาพข้าวหลังการหุงต้ม และปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างข้าว

เนื่องจาก IRRI (1982) ได้รายงานไว้ว่า ผลการวัดความหอมโดยวิธีประสาทสัมผัส โดยการชิมข้าวหุงสุก มีความสัมพันธ์กับปริมาณสาร 2-acetyl-1-pyrroline ซึ่งเข้าใจกันว่าเป็นสารหลักที่ให้ความหอมเฉพาะตัวของข้าวขาวดอกมะลิ ฉะนั้น จึงได้ทำการวัดคุณภาพของข้าวโดยวิธีประสาทสัมผัส

การวัดคุณภาพของข้าวสุกทำโดยหุงข้าวด้วยหม้อหุงข้าวอัตโนมัติตรา National ขนาด 0.5 ลิตร โดยใช้อัตราส่วนของ ข้าวสาร:น้ำ เท่ากับ 1:1.6 โดยน้ำหนักแล้ววัดคุณภาพโดยประสาทสัมผัสตามวิธีของ Amerine *et al.* (1965) ให้คะแนนสูงสุดเป็น 5 ในกรณีการทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 และ 9 คะแนนในกรณีการทดลองอื่น ๆ 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 = เฉย ๆ (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่), 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย, 3 = ไม่ชอบปานกลาง, 2 = ไม่ชอบอย่างมาก และ 1 = ไม่ชอบที่สุด ใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนมาอย่างดีแล้วจำนวน 8-12 คน สมบัติที่ทำการวัดคือ กลิ่นหอม (aroma) ความนุ่ม (softness) ความเหนียว (stickiness) ความขาว (whiteness) และความเลื่อมมัน (glassiness) นำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ analysis of variance โดยใช้แผนการทดลอง Randomized Complete Block ใช้คะแนนจากผู้ทดสอบแต่ละคนเป็นซ้ำ (replication) วัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างข้าวโดยวิธี semi-micro Kjeldahl ที่บรรยายไว้โดย Bremner (1965)

ผล

ผลผลิตข้าวเปลือกและฟาง

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก (paddy) และฟาง (straw) แสดงใน Table 1 ในด้านผลผลิตข้าวเปลือก อัตราปุ๋ยสูงสุดที่ใช้ในการทดลองส่วนใหญ่สูงกว่าอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด ยกเว้นในการทดลองที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งอัตราปุ๋ยสูงสุดให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงกว่าอัตราอื่น ๆ ในด้านผลผลิตฟาง อัตราปุ๋ยสูงสุดในการทดลองส่วนใหญ่ให้ผลผลิตฟางสูงกว่าปุ๋ยอัตราที่ต่ำกว่า ยกเว้นกรณีการทดลองที่ 1, 10 และ 11

คะแนนคุณภาพของข้าว

จำนวนคะแนนสำหรับความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และ ความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกแสดงใน Table 2

ความหอมและความเลื่อมมัน ผลการทดลองส่วนใหญ่แสดงว่าปุ๋ยในโตรเจนไม่มีผลต่อความหอมและความเลื่อมมันของข้าว ส่วนน้อยของผลการทดลองแสดงว่าปุ๋ยในโตรเจนมีผลต่อคุณสมบัติทั้งสองนี้ ในกรณีที่แสดงผลต่อความหอมหรือความเลื่อมมันส่วนใหญ่แสดงว่าปุ๋ยอัตราต่ำหรือค่อนข้างต่ำให้ความหอมหรือความเลื่อมมันสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยและอัตราที่สูงกว่า แต่ก็มียางกรณีที่ผลแสดงว่าปุ๋ยอัตราต่ำให้ความหอมหรือความเลื่อมมันต่ำกว่าไม่ใส่ปุ๋ยหรือปุ๋ยอัตราที่สูงขึ้น

ความนุ่มและความขาว ผลการทดลองส่วนใหญ่แสดงว่า ปุ๋ยในโตรเจนมีผลต่อความนุ่มและความขาวของข้าว โดยส่วนใหญ่แสดงว่าปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่ำให้ความนุ่มและความขาวสูงกว่าปุ๋ยอัตราสูงและให้ความนุ่มและความขาวที่เท่ากับหรือมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ย ส่วนใหญ่ของผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติในด้านความนุ่มหรือความขาวก็แสดงแนวโน้มในทางเดียวกับผลการทดลองส่วนใหญ่

ความเหนียว ปริมาณครั้งหนึ่งของผลการ

ทดลองแสดงว่า ปุ๋ยในโตรเจนมีผลต่อความเหนียวของข้าวหุงสุก โดยผลการทดลองที่แสดงผลของปุ๋ยส่วนใหญ่แสดงว่าปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่ำให้ความเหนียวสูงกว่าหรือมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ย และให้ความเหนียวสูงกว่าปุ๋ยอัตราสูง บางการทดลองแสดงว่าการปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยให้ข้าวที่มีความเหนียวสูงกว่าการปลูกโดยใส่ปุ๋ยในโตรเจน ส่วนใหญ่ของผลการทดลองที่ไม่แสดงความแตกต่างทางสถิติก็แสดงแนวโน้มในทางเดียวกับผลการทดลองที่แสดงผลของปุ๋ยส่วนใหญ่

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตสัมพัทธ์และปริมาณปุ๋ยในโตรเจนกับคุณภาพสัมพัทธ์

เนื่องจากได้ทำการทดลองกับดินหลายแห่งซึ่งมีความแตกต่างกันในด้านปริมาณในโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีอยู่แล้วในดินก่อนการทดลอง มีสถานะแวดล้อมการทดลองแตกต่างกัน และการวัดคุณภาพของข้าวจากการทดลองต่าง ๆ ทำแยกแต่ละการทดลอง ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำข้อมูลมาเขียนเป็นกราฟรวมโดยตรง จึงได้คำนวณผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวม และคะแนนคุณภาพด้านต่าง ๆ เป็นค่าสัมพัทธ์ โดยกำหนดให้ค่าสูงสุดที่ได้จากแต่ละการทดลองมีค่าเป็น 100% แล้วคำนวณค่าอื่น ๆ ในการทดลองเดียวกันเป็นร้อยละของค่าสูงสุด การหาค่าสูงสุดทำโดยอ่านจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยกับสมบัติที่เกี่ยวข้อง เนื่องจากผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ และน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยจนถึง 100% และจะลดลงต่ำกว่า 100% มากขึ้นตามลำดับถ้าเพิ่มปุ๋ยต่อไปจากอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด ดังนั้น เพื่อให้สามารถเขียนกราฟใน Figures 1 และ 2 ได้ด้วยคอมพิวเตอร์ได้แปลงผลผลิตสัมพัทธ์สำหรับอัตราปุ๋ยที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด ด้วยสูตรต่อไปนี้ คือ

$$Y_g = 200 - Y_a$$

Table 2 Paddy yields, straw yields and sensory scores for qualities of cooked milled rice as affected by rate of N fertilizer^{1/}.

Fertilizer rate	Paddy	Straw	Scores for qualities				
kg N/rai ^{2/}	kg/rai ^{3/}	kg/rai ^{3/}	Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
Experiment 1^{4/}							
0.37	210 c	388 c	6.46 a	7.67 a	7.79 a	7.25 a	7.25 a
1.84	393 a	594 a	6.67 a	6.87 a	7.75 a	6.50 ab	6.83 a
3.69	309 b	494 b	6.79 a	7.29 a	7.92 a	6.50 b	7.42 a
% CV	11.3	11.2	14.5	14.6	6.0	14.4	10.8
Experiment 2^{4/}							
0.37	112 c	123 d	2.80 a	3.60 a	3.80 ab	4.20 a	3.80 a
1.76	229 b	246 c	2.40 a	3.10 ab	3.90 a	3.70 ab	3.80 a
3.54	273 a	371 b	2.70 a	3.40 a	3.40 bc	3.70 ab	3.60 a
5.31	221 b	506 a	3.05 a	2.60 b	3.00 c	3.30 b	3.50 a
% CV	4.4	4.3	26.8	26.5	14.5	19.7	19.9
Experiment 3							
5 K ₀	170 c	202 c	4.04 a	3.88 a	4.38 a	3.79 a	3.58 b
6 K ₀	398 b	386 b	4.17 a	3.79 a	4.42 a	3.79 a	4.29 a
15 K ₀	657 a	546 a	4.17 a	3.71 a	4.25 a	3.50 a	3.79 b
% CV	-	-	10.2	18.4	6.9	16.5	10.5
5 K ₁	171 c	198 c	3.39 a	3.75 a	3.96 a	3.82 a	3.54 a
6 K ₁	457 b	412 b	3.89 a	3.82 a	3.96 a	3.57 a	3.32 a
15 K ₁	736 a	584 a	3.54 a	3.50 a	3.93 a	3.43 a	3.39 a
% CV	-	-	18.4	17.7	12.5	18.1	16.6
5 K ₂	176 c	202 c	3.35 a	3.39 a	4.00 a	3.38 ab	3.31 a
6 K ₂	438 b	388 b	3.15 a	3.50 a	4.08 a	3.65 a	3.42 a
15 K ₂	695 a	544 a	3.12 a	3.19 a	3.96 a	3.19 b	3.00 a
% CV	-	-	19.0	17.6	5.7	15.0	20.6
5 K ₂ F	157 c	184 c	3.49 a	3.82 a	3.92 a	3.29 a	3.54 a
6 K ₂ F	474 b	378 b	3.13 a	4.00 a	3.71 ab	3.63 a	3.75 a
15 K ₂ F	722 a	514 a	3.50 a	3.36 a	3.58 b	3.71 a	3.54 a
% CV	11.9	10.8	14.9	18.8	8.0	16.8	11.8
Experiment 4							
5 K ₀	412 b	550 b	3.15 a	3.46 a	3.69 ab	3.50 a	3.31 b
6 K ₀	480 a	702 b	3.23 a	3.35 a	3.88 a	3.42 a	3.65 a
18 K ₀	542 a	970 a	3.50 a	2.88 b	3.58 b	3.23 a	3.35 b
% CV	-	-	18.4	16.8	9.3	15.8	10.1
5 K ₁	484 b	721 b	2.79 a	2.96 a	3.42 a	3.08 a	3.54 a
6 K ₁	596 a	848 b	3.21 a	3.08 a	3.38 a	3.29 a	3.04 b
18 K ₁	612 a	1,032 a	3.17 a	2.79 a	3.21 a	3.04 a	3.25 ab
% CV	-	-	16.0	20.2	8.8	12.5	14.3
5 K ₂	500 a	657 b	3.38 a	3.50 a	3.92 a	3.42 a	3.75 a
6 K ₂	494 a	769 b	3.04 b	3.21 ab	3.75 a	3.25 a	3.54 a
18 K ₂	540 a	1,174 a	3.50 a	3.08 a	3.33 b	3.13 a	3.50 a
% CV	-	-	11.5	11.1	9.5	11.6	8.5

Table 2 (continued)

Fertilizer rate	Paddy	Straw	Scores for qualities				
kg N/rai ^{2/}	kg/rai ^{3/}	kg/rai ^{3/}	Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
5 K ₂ F	424 a	860 b	3.08 a	3.35 ab	3.77 a	3.50 a	3.46 a
6 K ₂ F	526 a	759 b	3.12 a	3.42 a	3.81 a	3.50 a	3.35 a
18 K ₂ F	496 a	1,175 a	3.42 a	2.92 b	3.69 a	3.15 a	3.46 a
% CV	13.3	16.0	18.6	17.4	9.3	15.5	11.2
Experiment 5							
5	200 c	152 c	3.11 b	3.71 a	3.96 a	3.57 a	3.43 a
6	390 b	440 b	3.11 b	3.54 a	3.79 a	3.64 a	3.64 a
15	614 a	731 a	3.75 a	3.57 a	3.82 a	3.68 a	3.57 a
% CV	11.7	14.0	18.2	18.2	10.9	13.5	10.8
Experiment 6							
0	1,014 a	1,182 d	5.80 ab	6.05 ab	7.00 ab	6.00 c	7.00 ab
5	1,020 a	1,176 d	5.50 b	6.70 a	7.30 ab	6.95 ab	7.50 a
10	1,104 a	1,314 cd	6.30 a	6.80 a	7.60 a	7.10 a	7.10 ab
15	1,072 a	1,470 bc	5.50 b	5.70 b	7.30 ab	6.20 bc	7.00 ab
25	1,101 a	1,606 b	5.50 b	5.70 b	6.90 b	5.70 c	6.20 c
45	824 b	1,93 a	5.30 b	4.80 c	7.00 ab	5.50 c	6.70 bc
% CV	9.4	11.4	13.3	14.9	9.2	14.3	8.7
Experiment 7							
0	732 c	637 c	6.42 a	6.75 ab	7.46 ab	6.67 ab	6.96 a
5	836 bc	767 de	6.46 a	7.42 a	7.67 ab	7.08 a	6.96 a
10	910 ab	922 cd	6.92 a	6.58 bc	7.54 ab	6.67 ab	6.88 a
15	1,008 a	1,076 bc	6.54 a	7.00 ab	7.75 a	6.50 ab	6.96 a
25	1,060 a	1,224 b	6.54 a	6.75 ab	7.50 ab	6.50 ab	6.58 a
45	1,080 a	1,558 a	6.58 a	6.00 c	7.29 b	6.29 b	6.67 a
% CV	13.0	13.8	11.5	12.1	5.7	12.4	6.5
Experiment 8							
0	1,094 a	1,177 c	5.90 a	5.90 ab	7.30 a	6.60 a	7.20 a
5	1,059 a	1,167 e	5.70 a	6.70 a	7.50 a	7.10 a	6.75 a
10	1,160 a	1,310 d	5.80 a	6.40 ab	7.50 a	6.80 a	7.50 a
15	1,130 a	1,486 c	6.10 a	6.20 ab	7.10 a	6.10 a	6.75 a
25	1,048 a	1,673 b	6.20 a	6.45 ab	7.35 a	6.15 a	7.00 a
45	633 b	1,991 a	5.80 a	5.35 b	7.40 a	6.50 a	7.10 a
% CV	9.1	7.0	19.6	18.9	8.8	17.1	10.1
Experiment 9							
0	929 c	1,010 e	6.10 a	7.00 a	7.70 a	6.70 a	6.70 ab
5	1,014 b	1,109 de	5.90 a	6.30 ab	7.30 ab	6.60 a	7.00 a
10	1,043 ab	1,223 cd	5.90 a	6.10 ab	6.90 bc	6.20 a	6.30 b
15	1,112 a	1,276 c	5.60 a	6.30 ab	7.00 bc	6.60 a	6.80 ab
25	992 bc	1,590 b	5.70 a	5.70 b	6.80 bc	5.40 a	6.50 ab
45	638 d	1,783 a	5.30 a	5.40 b	6.60 b	5.50 b	6.20 b
% CV	6.6	9.4	20.0	18.1	8.7	12.3	9.6

Table 2 (continued)

Fertilizer rate	Paddy	Straw	Scores for qualities				
kg N/rai ^{2/}	kg/rai ^{3/}	kg/rai ^{3/}	Aroma	Softness	Whiteness	Stickiness	Glassiness
Experiment 10							
0	516 c	686 d	6.25 a	6.10 ab	6.80 b	5.95 b	6.80 a
5	603 b	952 c	6.50 a	6.40 a	7.35 a	6.55 a	6.75 a
10	702 a	1,036 c	6.55 a	6.20 ab	7.15 ab	6.35 ab	6.95 a
15	759 a	1,492 b	6.45 a	6.10 ab	6.95 b	6.45 ab	6.70 a
25	782 a	1,760 a	6.45 a	5.85 ab	7.00 ab	6.45 ab	6.75 a
45	416 d	1,710 a	6.65 a	5.55 b	6.85 b	6.40 ab	6.75 a
% CV	10.6	13.1	9.9	11.7	5.3	8.2	4.3
Experiment 11							
0	506 c	562 d	6.60 a	7.30 a	7.20 ab	6.80 a	6.75 a
5	722 b	974 c	6.65 a	6.95 ab	7.25 a	6.75 ab	6.80 a
10	798 ab	1,167 b	6.40 ab	6.90 ab	7.00 abc	6.35 c	6.50 a
15	872 a	1,391 a	6.20 bc	6.55 bc	6.95 bc	6.40 bc	6.60 a
25	794 ab	1,455 a	5.90 bc	6.30 c	6.90 c	6.40 bc	6.70 a
45	423 c	1,485 a	5.40 c	5.50 d	6.85 c	6.10 c	6.60 a
% CV	12.4	9.7	9.1	9.3	4.1	6.1	4.6
Experiment 12							
0	380 c	483 e	5.89 ab	6.44 a	7.00 abc	6.78 a	6.67 a
5	443 bc	656 d	6.56 a	6.67 a	7.50 a	6.56 a	6.67 a
10	504 ab	800 c	6.00 ab	6.00 ab	7.33 ab	6.06 ab	6.17 ab
15	540 a	879 c	5.33 b	5.83 ab	6.72 abc	6.11 ab	5.89 b
25	543 a	1,126 b	5.72 ab	5.28 b	6.39 cd	5.33 bc	5.50 b
45	441 bc	1,298 a	5.67 ab	4.22 c	6.17 c	4.89 c	6.06 ab
% CV	14.2	9.3	17.5	18.0	9.6	18.4	11.5
Experiment 13							
0	397 c	521 e	5.89 ab	6.06 ab	7.11 a	6.28 a	6.44 a
5	450 abc	645 d	6.33 a	6.50 a	7.22 a	6.06 a	6.17 abc
10	443 bc	739 d	5.78 ab	5.83 bc	7.17 a	5.78 a	5.44 c
15	507 a	843 c	5.89 ab	6.06 ab	7.28 a	6.17 a	5.67 bc
25	503 ab	975 b	5.17 b	5.78 bc	7.00 a	5.72 a	5.94 abc
45	439 c	1,207 a	5.50 ab	5.28 c	7.00 a	5.67 a	6.28 ab
% CV	10.5	10.0	15.6	11.2	6.3	13.5	12.2

^{1/}: figures with a common letter were not different by DMRT₀₅ ^{2/}: K₀, 0 kg K₂O/rai; K₁, 6.0 kg K₂O/rai; K₂, 15.6 and 24.0 kg K₂O/rai in the case of Experiments 3 and 4, respectively; F, foliar application of 1.5% KCl solution on the third day after 50% flowering stage. ^{3/}: except those for Experiments 1 and 2 which were g/5 pots and g/3 pots, respectively. ^{4/}: the rates of fertilizer were in g/pot.

เมื่อกำหนดให้ Y_u เป็นผลผลิตที่ได้รับจริงจากการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตสูงสุด และ Y_e เป็นผลผลิตที่ใช้ในการเขียนกราฟสำหรับอัตราปุ๋ยนั้น ตัวอย่าง เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 15 กก./ไร่ ข้าวให้ผลผลิตสูงสุด และเมื่อใส่ปุ๋ย 45 กก./ไร่ ข้าวให้ผลผลิตเป็น 80% ของผลผลิตสูงสุด ผลผลิตสัมพัทธ์สำหรับปุ๋ยอัตรา 45 กก./ไร่ ที่ใช้ในการเขียนกราฟเท่ากับ 120%

ผลผลิตข้าวเปลือกสัมพันธ์กับคุณภาพสัมพัทธ์

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

ความหอมและความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่าง ๆ กับความหอมและความเลื่อมมันสัมพัทธ์ (Figure 1) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมื่อผลผลิตเพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยนั้นความหอมและความเลื่อมมันไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วยเสมอ

ความนุ่ม ความขาว และความเหนียวสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ที่ได้จากการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่าง ๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความนุ่ม ความขาว และความเหนียวมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (Figure 1) รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า correlation coefficient (R) สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา (parabola) โดยความนุ่ม และความเหนียวจะสูงสุดเมื่อให้ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราที่ให้ผลผลิต 33.5% และ 22.6% ของผลผลิตสูงสุด ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้ข้าวมีความนุ่มและความเหนียวต่ำลง

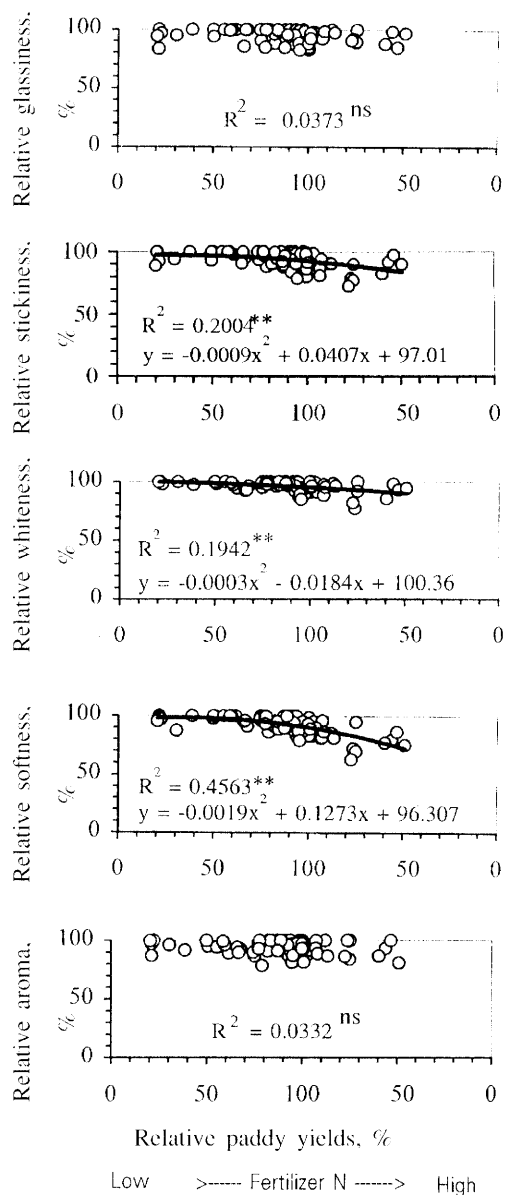


Figure 1 Relationships of relative paddy yields and rates of N fertilizer to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n=82). ns, nonsignificant at the 95% probability level; **: significant at the 99% probability level.

ส่วนความขาวจะเริ่มลดลงตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนสูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือก 15.6% หากใส่ปุ๋ยในโตรเจนจนทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดจะให้ความนุ่ม ความขาว และความเหนียวเป็น 90.0, 95.5 และ 92.1% ตามลำดับ

น้ำหนักแห้งรวมสัมพันธ์กับคุณภาพสัมพัทธ์

ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ (relative DM) และปริมาณปุ๋ยในโตรเจนกับความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และ ความเลื่อมมัน สัมพัทธ์แสดงใน Figure 2 น้ำหนักแห้งรวมได้จาก ผลรวมระหว่างน้ำหนักแห้งของข้าวเปลือกกับฟาง

ความหอมสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมที่ได้จากการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความหอมไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมื่อน้ำหนักแห้งรวมเพิ่มขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยนั้น ความหอมไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเสมอ

ความนุ่ม ความขาว ความเหนียวและความเลื่อมมันสัมพัทธ์ ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งรวมสัมพัทธ์ ที่ได้จาก การใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราต่างๆ กับค่าสัมพัทธ์ของความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% รูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลาโดยความนุ่ม ความเหนียว และความเลื่อมมันจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราที่ให้น้ำหนักแห้งรวม 37.1, 39.6 และ 17.0% ของน้ำหนักแห้งรวมสูงสุด ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงหรือต่ำกว่านี้จะทำให้ข้าวมีความนุ่ม ความเหนียว และความเลื่อมมันต่ำลง ส่วนความขาวจะเริ่มลดลงตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนสูงกว่าอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเปลือก 21.2% ของผลผลิตสูงสุด หากใส่ปุ๋ยในโตรเจนจนทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด จะทำให้ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมัน เป็น 85.5, 94.9, 89.8 และ 93.0% ตามลำดับ

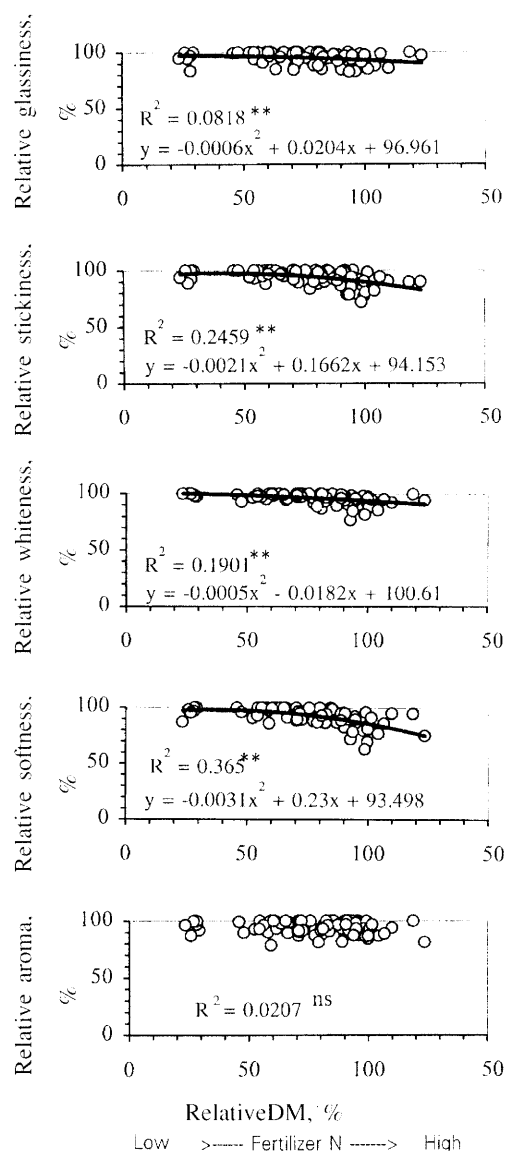


Figure 2 Relationships of relative total dry matter (relative DM) and rates of N fertilizer to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 82). Refer to Figure 1 for captions.

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกกับคุณภาพสัมพัทธ์

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกมีความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กับค่าสัมพัทธ์ของความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความลื่นมัน โดยรูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา (Figure 3) ความหอม ความนุ่ม ความเหนียว และความลื่นมันจะลดลงตามการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่า 0.83, 0.93, 0.83 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนความขาวจะสูงสุดเมื่อข้าวเปลือกมีไนโตรเจน 0.81%

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวกับคุณภาพสัมพัทธ์

เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าว (N in plant, %) ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนเฉลี่ยในข้าวเปลือกและฟางที่คำนวณโดยการถ่วงน้ำหนัก มีความสัมพันธ์ที่ระดับความเชื่อมั่น 99% กับค่าสัมพัทธ์ของความหอม ความนุ่ม ความขาว และความเหนียว โดยรูปแบบของเส้นกราฟที่ให้ค่า R สูงที่สุดเป็นเส้นกราฟพาราโบลา แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับความลื่นมัน (Figure 4) ความหอม ความนุ่ม และความเหนียวจะลดลงตามการเพิ่มของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าวเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่า 0.56, 0.63 และ 0.60 ตามลำดับ ส่วนความขาวจะสูงสุดเมื่อข้าวเปลือกมีไนโตรเจน 0.33%

วิจารณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยไนโตรเจนและผลผลิตข้าวกับคุณภาพของข้าว

เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างผลผลิตข้าวเปลือก น้ำหนักแห้งรวมของต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือก และเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในต้นข้าว เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกให้ความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดที่สุดกับคุณภาพทั้งห้าอย่าง ส่วนข้อมูลที่

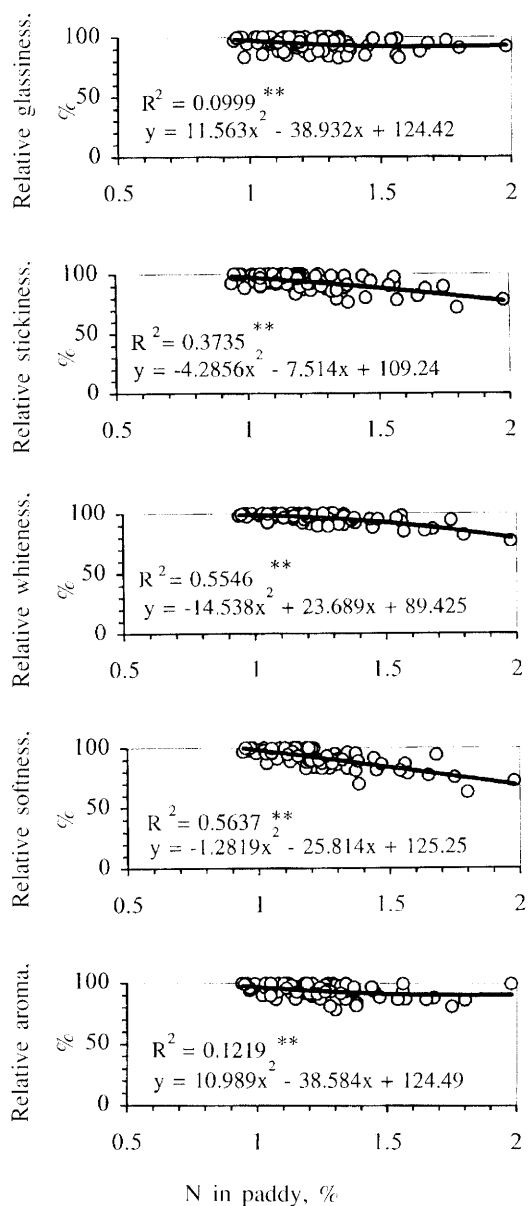


Figure 3 Relationships of percent N in paddy to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 82). Refer to Figure 1 for captions.

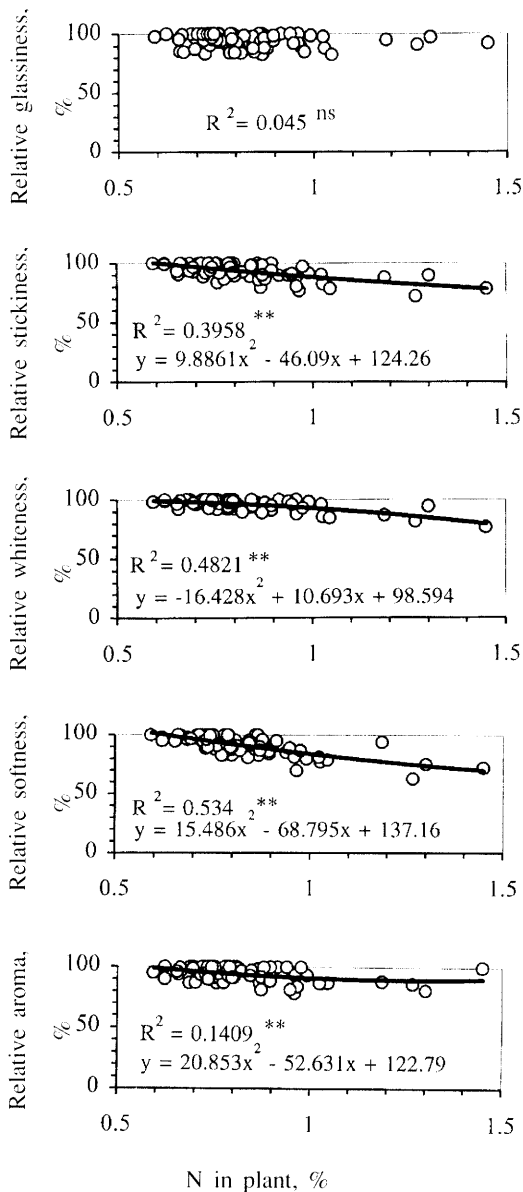


Figure 4 Relationships of percent N in plant to relative aroma, relative softness, relative whiteness, relative stickiness and relative glassiness of cooked milled rice (n = 82). Refer to Figure 1 for captions.

เหลือนำไม่แสดงอย่างชัดเจนว่าข้อมูลใดให้ความสัมพันธ์กับคุณภาพทั้งห้ามากกว่า คุณภาพส่วนใหญ่ ยกเว้นความขาว จะสูงเมื่อมีไนโตรเจนในข้าวเปลือกน้อย กล่าวคือคุณภาพจะเริ่มผันแปรตรงข้ามกับปริมาณไนโตรเจนในข้าวเปลือกเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่า 0.83-0.93% ส่วนความขาวจะสูงเมื่อมีไนโตรเจนในข้าวเปลือก 0.81% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวจะมีคุณภาพสูงสุดพร้อมกันทั้งห้าประการเมื่อข้าวเปลือกมีไนโตรเจน 0.81% อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากพืชใน Figure 5 แสดงว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่จะวัดได้จริงอยู่ในช่วงที่ไม่ต่ำกว่า 0.81 และไม่สูงกว่า 2.1 ฉะนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า คุณภาพทั้งห้าประการนี้ผันแปรตรงข้ามกับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือก

การที่เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกมีความสัมพันธ์กับคุณภาพทั้งห้าประการสูงกว่าผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งรวมต่อหน่วยพื้นที่นั้น เป็นการชี้แนะว่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดข้าวที่ได้จากการทดลองเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกและน้ำหนักแห้งรวมต่อหน่วยพื้นที่ ข้อมูลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มผลผลิตข้าวเปลือกจาก 20 เป็นประมาณ 80 % ของผลผลิตสูงสุดโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นน้อยมาก (Figure 5) อย่างไรก็ตาม ในช่วงจากจุดที่ปุ๋ยที่ให้ผลผลิต 80% ถึงจุดที่ปุ๋ยให้ผลผลิตลดลงในปริมาณต่าง ๆ นั้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นในอัตราสูง ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าในช่วงผลผลิตต่ำกว่า 80% คุณภาพของข้าวผันแปรน้อยมากจนมักจะตรวจสอบไม่พบความแตกต่างด้านคุณภาพที่เกิดจากการใส่ปุ๋ย เว้นแต่เมื่อการตรวจสอบมีความผิดพลาดน้อยมาก โดยเฉพาะความหอมและความเลื่อมมัน ส่วนในช่วงจากจุดเริ่มให้ผลผลิตสูงกว่า 80% ถึงจุดที่ผลผลิตลดลงในปริมาณต่าง ๆ คุณภาพของข้าวมี

อัตราการผลิตต่อหน่วยปุ๋ยสูงจึงทำให้สามารถตรวจพบว่าการใส่ปุ๋ยทำให้คุณภาพทั้งห้าของข้าวต่ำลงเมื่ออัตราปุ๋ยเพิ่มขึ้น ดังเช่นผลการทดลองที่ 12 (Table 2) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกให้ค่า R สูงมากกับคุณภาพเหล่านี้ ผลการทดลองจึงยังคงแสดงว่า ความนุ่ม ความขาว และความเลื่อมมันผันแปรตรงข้ามกับผลผลิตข้าวเปลือก สัมพัทธ์และน้ำหนักแห้งสัมพัทธ์ ผลการทดลองนี้ตรงกับผลการทดลองของงามชื่นและคณะ (2531) ซึ่งพบว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราสูงทำให้ข้าวมีความนุ่มลดลงและมีสีคล้ำลง

อัตราปุ๋ยที่ควรแนะนำ และดินที่เหมาะสมกับการผลิตข้าว

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวเปลือก สัมพัทธ์กับความนุ่ม ความขาว และความเหนียว สัมพัทธ์ (Figure 1) แสดงว่าคุณภาพทั้งสามประการนี้จะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยหรือดินมีไนโตรเจนอยู่แล้วในระดับที่ให้ผลผลิต 33.5%, 15.6% และ 22.6% ของผลผลิตสูงสุด ตามลำดับ ส่วนในด้านความหอมและความเลื่อมมันนั้น ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกกับความหอมและความเลื่อมมันสัมพัทธ์และกับผลผลิตข้าวเปลือกสัมพัทธ์ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพทั้งสองประการนี้จะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนหรือดินมีไนโตรเจนในระดับที่ให้ผลผลิตไม่เกิน 60% ของผลผลิตสูงสุด

จากข้อมูลข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่า หากจะผลิตข้าวให้ได้คุณภาพทั้งห้าประการสูงพร้อม ๆ กันจะต้องให้ไนโตรเจนแก่ข้าวในระดับที่จะให้ผลผลิตไม่เกิน 16-34% ของผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัตินั้น การผลิตข้าวที่ให้ผลผลิตระดับดังกล่าวนี้มักจะได้กำไรน้อย การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราที่ให้ผลผลิตสูงกว่านี้จะได้กำไรมากกว่าโดยที่คุณภาพด้อยลงไปบ้าง ดังนั้นในการผลิตเป็นการค้าซึ่งมักมุ่งกำไรสูงสุด จึงควรจะผลิตโดยการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราที่

ไม่เกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตข้าวเปลือกสูงสุด หรือข้าวเปลือกมีไนโตรเจนไม่เกิน 1.3% (Figure 5) การใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงกว่านี้อาจจะทำให้ได้กำไรต่ำลงแล้ว ยังทำให้คุณภาพทั้งห้าประการต่ำลงโดยเปล่าประโยชน์อีกด้วย

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าดินที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพราะจะทำให้ข้าวมีคุณภาพต่ำ และดินที่จะสามารถปลูกข้าวให้ได้คุณภาพสูงที่สุดนั้นจะต้องมีไนโตรเจนในระดับที่จะให้ผลผลิตไม่เกิน 16-34% ของผลผลิตสูงสุด (ผลผลิตที่ดินนั้นจะให้เมื่อมีธาตุอาหารทุกธาตุในปริมาณเพียงกับความต้องการของพืช) ผลการทดลองนี้ตรงกับข้อสังเกตที่กล่าวในตอนต้นที่ว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ความหอมและความนุ่มต่ำลง และตรงกับความเห็นของสุขสันต์ (2530) ที่ว่าดินที่จะปลูกข้าวหอมให้มีความหอมและความนุ่มสูงจะต้องมีไนโตรเจนต่ำ

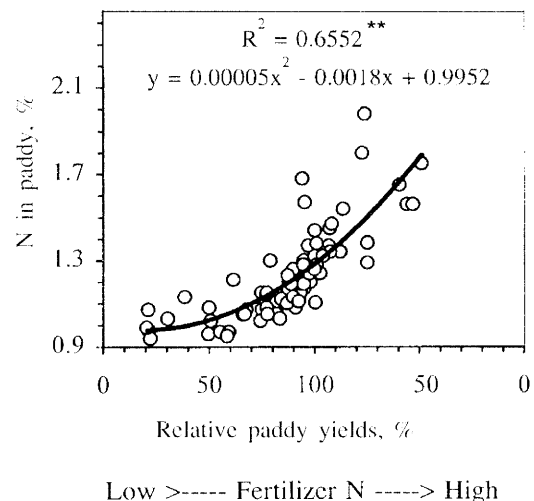


Figure 5 Relationship between relative paddy yield and percent N in paddy. Refer to Figure 1 for captions.

สรุปและคำแนะนำ

1) ความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวหุงสุกจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนข้าวเปลือก โดยคุณภาพเหล่านี้ผันแปรตรงข้ามกับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือก

2) หากพิจารณาตลอดช่วงผลผลิต ความหอม และความเลื่อมมันของข้าวไม่ผันแปรไปกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาเฉพาะช่วงพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้ผลผลิตไม่เกิน 80% ของผลผลิตสูงสุด ไม่มีผลต่อสมบัติทั้งสอง แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ให้ผลผลิตข้าวเกิน 80% ของผลผลิตสูงสุด ความหอมและความเลื่อมมันผันแปรตรงข้ามกับอัตราปุ๋ย

3) ความนุ่ม ความขาวและความเหนียวของข้าวสุกจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน โดยสมบัติเหล่านี้จะสูงสุดเมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในระดับที่ให้ผลผลิต 16-34% ของผลผลิตสูงสุด อย่างไรก็ตาม การตรวจพบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทั้งสามประการเป็นไปได้อากในช่วงที่ข้าวให้ผลผลิตต่ำกว่า 80% ของผลผลิตสูงสุด ทั้งนี้เพราะในช่วงนี้ การเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในข้าวเปลือกต่อหน่วยปุ๋ยไนโตรเจนหรือต่อหน่วยของผลผลิตข้าวเปลือกเกิดขึ้นน้อย ซึ่งส่งผลให้ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลน้อยต่อคุณภาพดังกล่าวในช่วงนี้

4) ดินที่จะปลูกข้าวขาวดอกมะลิให้ได้คุณภาพสูงก็ดินที่มีไนโตรเจนต่ำ

5) การผลิตข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อเพิ่มกำไร ควรจะระวังไม่ให้ปุ๋ยเกินอัตราที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุด

6) ดินที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงเกินระดับที่เริ่มให้ผลผลิตสูงสุดไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพราะจะทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพต่ำเกินไป

คำขอบคุณ

ส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในระหว่างปี 2530-2533 และอีกส่วนหนึ่ง (การทดลองที่ 6-13) จากงบประมาณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เพื่องานวิจัยเร่งด่วนประจำปี 2537 คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณหน่วยงานดังกล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณสถานีทดลองข้าวปทุมธานีในการให้ความอนุเคราะห์ใส่ข้าวเพื่อการตรวจสอบคุณภาพ ดร. ประสูตร สิทธิสรวง คุณงามชื่น คงเสรี และคุณเครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทดสอบคุณภาพของสถาบันวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในความอนุเคราะห์ทำการทดสอบคุณภาพของข้าว

เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี, สุนันทา วงศ์ปิยะชน, พูลศรี สว่างจิต, อัญชลีศรีรามศรี, ประนอม มงคลบรรจง, นิพวรรณศรี โคมทอง, นิกุล รังสิขล, จันทนา สรสิริ, เครือวัลย์ อัดตะวิริยะสุข, และ กัมปนาท มุขดี. 2531. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณสมบัติการหุงต้มและรับประทานของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105, น.177 ในรายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2531 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร , กรุงเทพฯ

ประเทศ สิทธิยศ, งามชื่น คงเสรี, ชีรพร บุญยอังกูร, สิริ สุวรรณเขตนิกม และแพรวพรรณ กลุณีทิพย์ 2529. การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแปรปรวนความหอมของข้าวในเขตศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี 1. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มี

- ต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105, น.35 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2529 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- ประเทส สิริชัยศ, งามชื่น คงเสรี, เดชา คุณา, สิริ สุวรรณเขตนิกมและแพรวพรรณ กลุณทิพย์ 2530. อิทธิพลของวันปลูกและปุ๋ยเคมีที่มีต่อความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105, น.81 ใน รายงานผลการวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2530 สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.
- สุขสันต์ สิริผลไพบุลย์. 2530. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. บทความทางวิทยุกระจายเสียง ในรายการ "ชวนาฟังได้ ชาวไร่พึงดี" โดยคุณ ณ บางน้อย ทางสถานีวิทยุกระจายเสียงกรุงเทพมหานคร ถนนพระราม 4 ออกอากาศเมื่อวันที่ 19 มี.ค. 2530 เวลาประมาณ 5:20 น.
- Amerine, M.A., R.M. Panghon, and E.B. Roessler, 1965. Principle of Sensory Evaluation of Food. New York: Academic Press. 602p.
- Black, C.A. 1968. Soil-Plant Relationships. 2nd ed. Wiley Eastern Private Limited, New Delhi. 792p.
- Bremner, J.M. 1965, Total nitrogen, pp. 1149-1178. In C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties. Amer., Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- IRRI. 1982. Breeding program, pp. 24-25. In Annual Report for 1982. The International Rice Research Center.