วารสารเกษตร 3,2 : 130-146 (2530)
Journal of Agriculture 3,2 : 130-146 (1987)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวในดินนาชุดสันทราย

สุชาติ จิรพรเจริญ

NITROGEN FERTILIZATION FOR RICE IN SANSAI PADDY SOIL

Suchart Jiraporncharoen

Abstract : A study conducted to find a suitable source and method of supplying fertilizer nitrogen to rice was established in the experimental field of the Multiple Cropping Center, Chiang Mai University, during the 1984 rainy season. Two sources of fertilizer nitrogen, ammonium sulfate and urea, were compared and applied to the soil by 3 different methods : basal incorporation, split application and a mudball technique at the rate of 60 kg N/ha. Rice variety R.D. 7 was used as the test crop and was transplanted at spacings of 25 x 25 cm.

The results obtained indicated the importance of fertilizer nitrogen application in increasing total dry matter production and grain yield over control (no-N). While there were no significant differences in rice yield between the different methods of ammonium sulfate application, those for urea did affect grain yield. Rice yield was significantly increased when urea was applied in the form of

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Department of Soil Science and Conservation,
Faculty of Agriculture, Chiangmai University.

mudball. Data from chemical analysis of the soil-plant system also demonstrated the important role of fertilizer nitrogen in rice production. In this soil series, the use of ammonium sulfate was superior to urea, except when it was applied in the form of mudball. The influence of the method of fertilizer nitrogen application on plant uptake was reflected in the variations of 45-61% and 30-56% of total-N applied in the ammonium sulfate and urea series respectively. Most of the fertilizer nitrogen taken up by the rice plant was accumulated in the above ground portion, a large amount being used for grain production. A considerable portion of the fertilizer nitrogen, ranging from 8-40% of the total-N applied, still remained in the soil. The accumulated amount was observed to be the largest in split application followed by mudball and basal incorporation treatments. Experimental results also suggested for this soil series that urea should not be applied by basal incorporation due to large losses (62 % of total-N added) and low consumption by the rice plant (30% of total-N added). However, the application of both sources of fertilizer nitrogen as mudball seems to be a promising technique in tems of minimizing Losses while, at the sametime, maximizing nitrogen recovery in the soil-plant system at a satisfactory level as well as yield.

บทคัดย่อ : การศึกษาเพื่อค้นคว้าหาชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนและวิธีการใส่ที่เหมาะสมสำหรับข้าว ได้กระทำที่แปลงทดลองของศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในระหว่างฤดูฝนปี พ.ศ. 2527 โดยทำการเปรียบเทียบปุ๋ย 2 ชนิด คือ แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) และ ยูเรีย (Urea) โดยวิธีการใส่ที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ ใส่คลุกกับดินเป็นปุ๋ยรองพื้น (basal incorporation), แบ่งใส่ (split application) และใส่แบบปุ๋ยดินปั้น (mudball) ในอัตรา 60 กก. N/ เฮกตาร์ พันธุ์ข้าวที่ใช้เป็นพืชทดสอบคือพันธุ์ กข. 7 ปลูกแบบย้ายกล้า (transplanting) โดยใช้ระยะปลูก 25 x 25 ซม.

ผลการทดลองที่ได้รับชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในการเพิ่มผลผลิตที่เป็นน้ำหนักแห้งทั้งหมด และผลผลิตเมล็ด มากกว่าแปลงเปรียบเทียบที่ไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างในผลผลิตของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตโดยวิธีแตกต่างกัน ในขณะที่การใส่ยูเรียในวิธีต่าง ๆ กัน มีผลความแตกต่างในผลผลิตของข้าว อย่างไรก็ดีผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยยูเรียในรูปของปุ๋ยดินปั้น ข้อมูลจากการวิเคราะห์ของระบบดิน-พืชได้ชี้แนะถึงบทบาทที่สำคัญของปุ๋ยไนโตรเจนในการผลิตข้าว ในดินชุดนี้การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีประสิทธิผลดีกว่าปุ๋ยยูเรีย ยกเว้นเมื่อมีการใส่ในรูปของปุ๋ยดินปั้นเท่านั้น วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลอย่างมากต่อการดูดใช้ปุ๋ยโดยพืช และความแตกต่างนี้จะมีตั้งแต่ 45–61% และ 30–56% ของปริมาณไนโตรเจนที่เติมลงไปในดินในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียตามลำดับ ปุ๋ยไนโตรเจนที่พืชดูดใช้ไปโดยส่วนมากจะสะสมอยู่ในส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินและจะถูกใช้ไปเป็นจำนวนมากในการสร้างเมล็ด มีปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนพอสมควรตั้งแต่ 8–40% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เติมลงไป ยังคงเหลือตกค้างอยู่ในดิน โดยปริมาณที่สะสมอยู่นั้นพบว่ามีอยู่มากที่สุดในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยแบบแบ่งใส่ ตามด้วยแบบปุ๋ยดินปั้น และแบบรองพื้น ผลการทดลองได้ให้ข้อชี้แนะสำหรับดินชุดนี้ไว้ว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียไม่ควรปฏิบัติโดยการใส่แบบรองพื้น เนื่องจากเกิดการสูญเสียมาก (62% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใส่) และมีการใช้โดยข้าวในปริมาณที่น้อย (30% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ใส่) อย่างไรก็ดี การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 2 ชนิดนี้ในรูป ปุ๋ยดินปั้น ดูเหมือนว่าจะเป็นเทคนิคที่ดีที่สุดในการลดการสูญเสียของปุ๋ย และในขณะเดียวกันช่วยเพิ่มการสะสมในระบบดิน-พืชในระดับที่น่าพอใจเช่นเดียวกันกับการเพิ่มผลผลิต

คำนำ

ข้าวเป็นธัญญพืชที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของโลก และปลูกกันมากในประเทศแถบเอเชีย ซึ่งพบว่ามีปริมาณการผลิตสูงถึง 70% ของผลผลิตอาหารที่ผลิตได้ในทวีปนี้ (Stangel 1979) สำหรับในประเทศไทยเราข้าวถือเป็นพืชอาหารที่นิยมปลูกกันทั่วไปมาช้านานแล้ว แต่ในปัจจุบันนี้เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร พร้อมกับการลดลงและมีข้อจำกัดในพื้นที่ที่ใช้เพาะปลูกข้าว ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้ได้มากที่สุด วิธีปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ก็คือการนำเอาข้าวพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูงมาปลูกทดแทนข้าวพันธุ์พื้นเมือง

ที่ให้ผลผลิตต่ำ แต่การปลูกข้าวพันธุ์ดีจำเป็นจะต้องมีการเพิ่มเติมปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน (Patnaik and Rao 1979; De Datta 1981 และ Reddy 1982) เพราะเป็นธาตุที่พืชต้องการมากที่สุดในการสร้างผลผลิต ขณะเดียวกันก็เป็นธาตุที่มักจะเป็นปัญหาในการปลูกข้าวเสมอ (Murayama 1979; Ishizuka 1980; และ Juang 1980) ทั้งนี้เนื่องจากพบว่าข้าวสามารถดูดใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่เติมลงไปในดินได้น้อย ปกติมักจะไม่เกิน 30-50% (Patrick and Reddy 1976; Craswell and De Datta 1980; De Datta 1981 และ Savant and De Datta 1983) ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากการใช้ปุ๋ยในรูปแบบที่ไม่เหมาะสม ใส่ให้กับพืชไม่ถูกวิธี หรือใส่ให้ในเวลาที่ไม่ถูกต้องตรงตามความต้องการของพืช ทำให้เกิดการสูญเสียปุ๋ยมากเกินกว่าที่พืชจะนำไปใช้ได้อย่างเต็มที่ Sanchez 1972; Reddy and Patrick 1976; Craswell and Vlek 1979; De Datta 1978, 1981 และ Kai et al. 1982) ดังนั้นเพื่อให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้อง ทั้งชนิดรูปแบบและวิธีการใส่ให้กับข้าวที่ปลูกในดินนาชุดสันทราย การทดลองครั้งนี้จึงได้กระทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. หาลู่ทางในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโดยความพยายามที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ให้มากที่สุด

2. ศึกษาและเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ได้เหมาะสมกับดินนาชุดสันทราย

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองได้กระทำในแปลงทดลองของสถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน 2527 ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินชุดสันทราย มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย จัดอยู่ในกลุ่มดินหลัก Low humic grey soil ตามระบบการจำแนกดินของสหประชาชาติหรือ Typic Tropaqualfs ตามระบบการจำแนกดินของ USDA 1975 คุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์บางประการของดินแสดงให้เห็นในตารางที่ 1

ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองคือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 % N) และยูเรีย (46 % N) แต่ละชนิดใช้ในอัตรา 60 กก. N/เฮกตาร์ (ประมาณ 10 กก. N/ไร่) วิธีการใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดแบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

1. ใส่ครั้งเดียวในรูปของปุ๋ยรองพื้น โดยคลุกเคล้าให้เข้ากับดินชั้นไถพรวน (basal incorporation) 1 วันก่อนย้ายกล้าปลูก

2. ใส่ในรูปปุ๋ยดินบั๊น (mudball) หลังจากปักดำแล้ว 1 อาทิตย์ ในความลึกประมาณ 8–10 ซม. ที่จุดศูนย์กลางระหว่างต้นข้าว 4 ต้นต่อปุ๋ยดินบั๊น 1 ลูก

3. แบ่งใส่ (split application) เป็น 3 ครั้งในอัตราส่วน 4: 3: 3 โดยปุ๋ยที่ใส่ในครั้งแรกจะใส่โดยการผสมคลุกเคล้ากับดิน 1 วันก่อนย้ายกล้าปลูกเป็นปุ๋ยรองพื้น ส่วนปุ๋ยที่เหลือจะใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้า (top–dressing) ในระยะแตกกอสูงสุด (maximum tillering stage) กับระยะที่ข้าวเริ่มตั้งท้อง (panicle initiation stage)

เพื่อให้การเจริญเติบโตของข้าวเป็นไปตามปกติทุกแปลงรวมทั้งแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (control) จะได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแตสเซี่ยมในอัตรา 10 กก. P_2O_5 /ไร่ ในรูปของ triple superphosphate และ 10 กก. K_2O/ไร่ ในรูปของ potassium sulfate ตามลำดับ

การทดลองใช้การวางแผนแบบ RCBD (Randomized complete block design) ประกอบด้วยปุ๋ย 7 กรรมวิธี กระทำเป็น 3 ซ้ำในแปลงย่อยขนาด 5×5 เมตร

ข้าวที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวพันธุ์ กข. 7 ต้นกล้าขณะย้ายปลูกมีอยู่ 1 เดือน ปลูก 3 ต้นต่อ 1 หลุม โดยใช้ระยะปลูก 25×25 ซม. ในระหว่างการเจริญเติบโต มีการวัดความสูง นับจำนวนกอ และมีการฉีดพ่นยาป้องกันกำจัดศัตรูข้าวเป็นครั้งคราวพร้อมทั้งจดบันทึกผลผลิตทั้งหมด

ในระหว่างการทดลองจะมีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินและพืชเป็นระยะคือ ระยะแตกกอสูงสุด ระยะเริ่มตั้งท้องของข้าวและระยะเก็บเกี่ยว ตัวอย่างดินนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มม. นำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Micro kjeldahl (Bremner 1965) ตัวอย่างพืชนำมาผึ่งในร่มเป็นเวลา 2 วันก่อนนำไปอบที่อุณหภูมิ 60–70°C เป็นเวลา 1–2 วัน ชั่งน้ำหนักหลังอบแล้วนำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มม. แยกวิเคราะห์เป็นส่วนของเมล็ด ฟาง และราก เพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Micro Kjeldahl (Bremner 1965)

Table 1 Some physicochemical properties of sansai paddy soil (Multiple Cropping Center, Chiangmai University)

pH (H_2O, 1:1)	5.9	(pH meter)
Total-N	0.06%	(Micro Kjeldahl method)
Organic matter	1.0%	(Walkley–Black method)
Extractable–P	6.1 ppm.	(Bray II)
Extractable–K	44 ppm.	(Cobaltinitrite method)
C.E.C	4.8 me/100 g soil	(1 N NH_4OAc pH 7.0 extraction)
Sand	54.56%	
Silt	27.00%	(Hydrometer method)
Clay	18.44%	
Textural class	Sandy loam	
Soil classification	Typic Tropaqualf	(USDA 1975 system)
	Low humic grey soil	(International system)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในดินนาชุดสันทราย มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าวอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ปลูกโดยไม่มีการเติมปุ๋ยไนโตรเจนเลย ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 2 การตอบสนองต่อปุ๋ยของข้าวที่ปลูกในเถบร้อนปกติจะมีสหสัมพันธ์ที่ดียิ่งกับการเพิ่มจำนวนกอที่มีผลต่อการเพิ่มของผลผลิต ดังรายงานของ Tanaka et al. (1964) การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในดินชุดนี้ ไม่ว่าจะใส่โดยวิธีใดก็ตามไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างในทางสถิติต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด หรือแม้กระทั่งผลผลิตของข้าวเลย ในขณะที่วิธีการใส่ปุ๋ยยูเรียมีบทบาทมากต่อการเปลี่ยนแปลงในผลผลิตของข้าว ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในรูป ปุ๋ยดินปั้น ซึ่งผลการทดลองที่คล้ายคลึงกันนี้ได้มีรายงานเสนอกันขึ้นมามากมายพอสมควร (Mitsui 1956; De Datta 1978; IRRI 1978 และ Jiraporncharoen 1984) สาเหตุที่การให้ปุ๋ยในรูป ปุ๋ยดินปั้น มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีอื่น ๆ นั้นน่าจะเนื่องจาก

Table 2 Effect of sources and methods of fertilizer-N application on plant height, number of panicle/hill, total dry matter production, yield increment and nitrogen use efficiency by rice

Fertilizer Source	Method of N application	Plant height*	Number of Panicle/hill*	Total dry matter production*	Grain yield*	Yield increasing due to fertilizer		N-use efficiency
		(cm.)		kg/ha		kg	% of control	kg rice/kg N applied
$(NH_4)_2SO_4$	Basal	111.5	16	12346 a	4413 a	1338	43.5	22.3
	Split	112.0	16	11269 a	4319 ab	1244	40.5	20.7
	Mudball	115.0	16	12010 a	4527 a	1452	47.2	24.2
urea	Basal	105.3	15	10288 b	3671 c	596	19.4	9.9
	Split	111.6	15	10605 ab	4065 b	990	32.2	16.5
	Mudball	120.5	16	12223 a	4550 a	1475	48.0	24.6
Control	No-N	97.4	12	7508 c	3075 d			

* Average of three replications

: Any two means within the same column having a common letter are not significantly different at the 5 % level of significance (Duncan new multiple range test)

ความสามารถของดินเหนียวที่ห่อหุ้มจะช่วยดูดยึดปุ๋ยไว้ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียปุ๋ยโดยง่ายเมื่อใส่ลงไปในดิน ขณะเดียวกันปุ๋ยที่ดูดยึดหรือถูกห่อหุ้มไว้นี้จะค่อยปลดปล่อยออกมาให้กับพืชใช้ในรูปที่พืชต้องการ (รูป NH_4^+) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืชและไม่เกิดการเปลี่ยนรูปไปอยู่ในรูปอื่น เช่นไนเตรต หรืออินทรีย์ไนโตรเจนได้โดยง่าย ทั้งนี้เพราะปุ๋ยถูกฝังอยู่ในชั้นดินลึก (8–10 ซม.) ซึ่งเป็นชั้นที่ขาดออกซิเจน และมีข้อจำกัดในกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Mitsui 1956; Patrick and Mahapatra 1968; Takai 1969 และ Ponnamperuma 1972)

บทบาทของไนโตรเจนจากปุ๋ย (Fertilizer–N) และดิน (Soil–N) ที่มีต่อข้าว

ไนโตรเจนที่ข้าวดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสะสมอยู่ในต้นข้าวในระยะต่างๆ นั้นได้มาจาก 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ ไนโตรเจนในดิน และไนโตรเจนที่มาจากปุ๋ย จากการใช้ปุ๋ยต่างชนิดรวมถึงวิธีการใส่ปุ๋ย ที่แตกต่างกันนั้น มีผลต่อการดูดใช้และสะสมของไนโตรเจนในต้นพืชในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละระยะการเจริญเติบโตอย่างเด่นชัด (รูปที่ 1) เปอร์เซนต์ของปุ๋ยไนโตรเจนในต้นข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยต่างชนิดกัน และในวิธีการใส่ที่แตกต่างกันนั้นแสดงอยู่ในตารางที่ 3 เปอร์เซนต์ของไนโตรเจนที่มาจากปุ๋ย และสะสมอยู่ในต้นพืชจะเพิ่มตามอายุของพืช การใส่ปุ๋ยในรูปของ บุ๋ยดินปั้น จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยได้อย่างดียิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับการแบ่งใส่หรือใส่เพียงครั้งเดียวในรูปของปุ๋ยรองพื้น โดยปุ๋ยจะไปสะสมในพืชถึงครึ่งหนึ่งของปริมาณไนโตรเจนที่พืชดูดเข้าไป (ตารางที่ 3) อย่างไรก็ดีไนโตรเจนจากดินยังคงแสดงบทบาทสำคัญในการเพาะปลูกข้าว โดยข้าวจะใช้ไนโตรเจนจากดินตั้งแต่ 50–65% เพื่อสร้างเสริมการเจริญเติบโตในพืช ซึ่งไนโตรเจนจากดินนี้ได้มาจากการปลดปล่อยออกมาจากแหล่งของอินทรีย์ไนโตรเจนในดินเป็นหลัก (Koyama et al. 1973) และการดูดใช้ไนโตรเจนจากดินนั้นส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโตเท่านั้น ทั้งนี้เพราะดินชุดสันทรายมีลักษณะพิเศษเช่นเดียวกับดินชุดบางเขน ซึ่งเป็นดินในเขตร้อนที่แตกต่างจากดินในแถบอบอุ่นโดยสิ้นเชิงคือ ดินในแถบร้อนจะปลดปล่อยไนโตรเจนในดินให้กับพืชใช้ในปริมาณที่มาก และรวดเร็วในระยะแรกๆ ของการปลูกข้าว หลังจากนั้นการปลดปล่อยก็จะเกิดขึ้นน้อยและช้าลงในระยะท้ายๆ ของการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งลักษณะเช่นนี้ถ้าไม่มีการเพิ่มเติมปุ๋ยให้กับข้าวเลยจะทำให้ข้าวมีไนโตรเจนไม่พอใช้ทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก (ตารางที่ 2) ดังนั้นการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหรือการใช้ในรูปการปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ในรูปของปุ๋ยดินปั้นก็ดี เท่ากับเป็นการให้ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืช เพื่อชดเชยในช่วงที่มีการขาดของดินนั่นเอง ดังจะสังเกตเห็นได้ชัดว่าเปอร์เซนต์ไน-

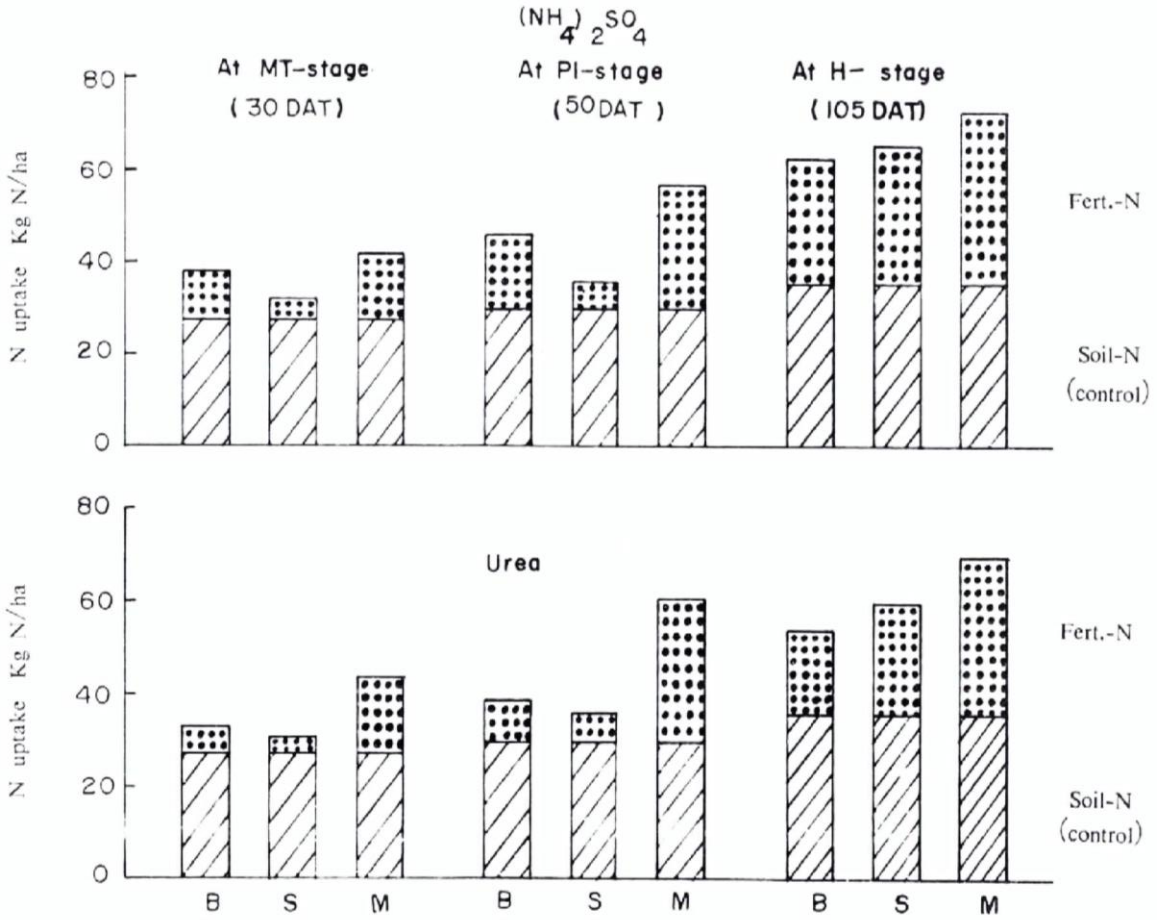

Figure 1 Nitrogen utilization by the rice plant at different growth stages as affected by sources and methods of fertilizer nitrogen application,

MT=Maximum tillering, PI=Panicle Initiation, H=Harvesting, DAT=Day After Transplanting, B=Basal, S=Split, M=Mudball,

โตรเจนในพืชที่มาจากปุ๋ยจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในระยะท้าย ๆ ของการเจริญเติบโต เมื่อปุ๋ยนั้น (ไม่ว่าจะเป็นแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรีย) มีการแบ่งใส่เป็นระยะ ๆ หรือใส่ในรูปปุ๋ยดินปั้น (ตารางที่ 3)

ชนิดของปุ๋ยและวิธีการใส่ที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ได้ของปุ๋ย

เพื่อให้มีการใช้ปุ๋ยได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในดินนาชุดสันทราย โดยปุ๋ยนั้นจะต้องมีความเป็นประโยชน์ได้สูง พร้อมจะให้พืชดูดใช้ได้อย่างดีมีประสิทธิภาพ และมีการสูญเสียน้อยที่สุดด้วย จากการทดลองโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ชนิด คือแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียแบ่งใส่เป็น 3 วิธี และติดตามดูการดูดใช้ปุ๋ยโดยข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโต (ตารางที่ 4) รวมถึงการสูญเสียปุ๋ยในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตดังกล่าว (ตารางที่ 5) พบว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม-ซัลเฟตและยูเรียแบบรองพื้น จะทำให้การใช้ปุ๋ยโดยข้าวมีประสิทธิภาพต่ำ โดยยูเรียจะด้อยกว่าแอมโมเนียซัลเฟต ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานการทดลองในประเทศไทย, สหรัฐอเมริกา, ญี่ปุ่น, อินเดีย, ไต้หวันและศรีลังกา (IAEA, 1970) ทั้งนี้เนื่องจากยูเรียเกิดการสูญเสียมากในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโตของข้าว (จากระยะย้ายกล้าถึงระยะตั้งท้อง) ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 5 โดยสาเหตุแห่งการสูญเสียอาจเนื่องมาจากการเกิด hydrolysis ที่ช้าหรือน้อยในดินชุดสันทราย เพราะมี urease activity ต่ำ ทำให้มีการสะสมของยูเรียอยู่สูงในดิน ยูเรียปกติละลายน้ำได้ดีและไม่ถูกดูดยึดโดยอนุภาคดินเหนียวเช่นเดียวกับไนเตรต (NO_3^-) ทำให้เกิดการสูญเสียโดยการชะล้างหรือชะพาได้ง่าย ขณะเดียวกันเมื่อมีการเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+ เกิดขึ้นน้อย จึงทำให้การดูดใช้ หรือประสิทธิภาพของปุ๋ยต่ำลงไปด้วย (ตารางที่ 4) เมื่อเปรียบเทียบกับแอมโมเนียมซัลเฟต จะเห็นว่ามีเปอร์เซนต์ recovery สูงกว่าในทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตแตกตัวให้ NH_4^+ กับพืชใช้ได้ทันที ถึงแม้จะอยู่ในรูปที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ แต่เนื่องจากในระยะแรกของการเจริญเติบโตของข้าวนั้น ต้นข้าวยังเล็กอยู่การเจริญเติบโตและแพร่กระจายของระบบรากยังน้อย ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนมีอยู่สูง ทำให้เกิดการสูญเสียบางส่วนของปุ๋ยไนโตรเจนไปโดยที่ปุ๋ยบางส่วนยังคงดูดยึดอยู่กับแร่ดินเหนียวในชั้นใต้ดินที่ขาดออกซิเจนอยู่รวมกับบางส่วนที่ถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นอินทรีย์ไนโตรเจนโดยขบวนการ immobilization ซึ่งปุ๋ยที่ตกค้างอยู่ในดินนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาให้กับพืชใช้ได้อีกทำให้มีเปอร์เซนต์ recovery เพิ่มขึ้นดังตารางที่ 4 ดังนั้นเมื่อมีการแบ่งใส่ปุ๋ยเป็นระยะแล้วจะพบว่าปุ๋ยถูกดูดใช้โดยพืชได้ดีขึ้นในทุกระยะการเจริญเติบโต ยกเว้นในระยะตั้งแต่มีการแตกกอสูงสุดถึงระยะตั้ง

Table 3 Contribution percentages of fertilizer nitrogen at the different growth stage of the rice plant

Growth stage	Ammonium sulfate			Urea		
	Basal	Split	Mudball	Basal	Split	Mudball
	%					
Maximum tillering (30 DAT)	27.8	13.8	34.4	15.6	10.4	37.2
Panicle initiation (50 DAT)	34.2	15.7	47.3	22.7	17.1	50.5
Harvesting (105 DAT)	43.0	45.1	50.8	33.6	39.9	48.6

$$\text{Contribution percentage of fertilizer nitrogen} = \frac{\text{Fertilizer nitrogen in plant}}{\text{Total nitrogen in plant}} \times 100$$

Table 4 Fertilizer nitrogen use efficiency by the rice plant at different growth stage as affected by sources and methods of fertilizer application

Fertilizer Source	Method of N application	Amount of N applied	Fertilizer nitrogen uptake by the rice plant from TP[a] to MT[b] (30 days)	MT to PI[c] (20 days)	PI to H[d] (55 days)	Total plant uptake
		kgN/ha				
$(NH_4)_2SO_4$	Basal	60 (100)	10.6 (17.7)	5.0 (8.3)	11.3 (18.8)	26.9 (44.8)
	Split	60 (24 : 18 : 18)*	4.4 (7.3) [18.3]	1.2 (2.0) [2.9]	23.7 (39.5)	29.3 (48.8)
	Mudball	60 (100)	14.4 (24.0)	12.5 (20.8)	9.9 (16.5)	36.8 (61.3)
Urea	Basal	60 (100)	5.1 (8.5)	3.7 (6.2)	9.3 (15.5)	18.1 (30.2)
	Split	60 (24 : 18 : 18)*	3.2 (5.3) [13.3]	3.0 (5.0) [7.1]	17.5 (29.2)	23.7 (39.5)
	Mudball	60 (100)	16.3 (27.2)	14.3 (23.8)	3.2 (5.3)	33.8 (56.3)

* Fertilizer nitrogen was split into 3 applications at the rate of 24 kgN/ha as basal, each 18 kgN/ha at MT-and PI-stages, repectively.

a, TP = Transplanting

b, MT = Maximum Tillering Stage

c, PI = Panicle Initiation Stage

d, H = Harvesting time

( ), Represented the recovery percentage of total fertilizer-N added

[ ], Represented the recovery percentage of sub fraction-N added at each rice growth stage

Table 5 Amount of fertilizer nitrogen loss during successive growth stages of the rice plant as affected by sources and methods of fertilizer nitrogen application

Fertilizer Source	Method of N application	Amount of N applied	Amount of fertilizer-N loss during period from		
			TP to MT (30 days)	MT to PI (20 days)	PI to H (55 days)
			kgN/ha		
$(NH_4)_2SO_4$	Basal	60	8.4 (14.0)	8.6 (14.3)	3.9 (6.5)
	Split	60 (24:18:18)	5.9 (9.8) [24.6]	3.1 (5.2) [7.4]	3.4 (5.7)
	Mudball	60	4.6 (7.7)	1.1 (1.8)	1.4 (2.3)
Urea	Basal	60	13.9 (23.2)	23.4 (39.0)	0
	Split	60 (24:18:18)	7.1 (11.8) [29.6]	1.3 (2.2) [3.1]	4.0 (6.7)
	Mudball	60	2.3 (3.8)	0.4 (0.7)	5.2 (8.7)

Note : Data in ( ) are expressed as% of total amount of fertilizer-N applied

: Data in [ ] are expressed as% of N added during each period of investigation

ท้องที่ประสิทธิภาพของปุ๋ยต่ำมาก เมื่อตรวจสอบการสูญเสียในตารางที่ 5 พบว่าเกิดน้อยในระยะนี้เช่นกัน แสดงให้เห็นว่าส่วนใหญ่ของปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 1 ยังคงสะสมอยู่ในดิน และปุ๋ยที่เหลือนี้ไปแสดงบทบาทเสริมให้กับปุ๋ยแต่งหน้าครั้งที่ 2 ทำให้มีการดูดใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นอย่างมากในระยะตั้งแต่เริ่มการตั้งท้องจนถึงเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 4) ส่วนในกรณีของปุ๋ยดินบั้นนั้น ปุ๋ยถูกใช้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพสูงขึ้น จะเห็นได้ว่าปุ๋ยดินบั้นช่วยลดการสูญเสียของปุ๋ยลงได้อย่างดียิ่งโดยเฉพาะปุ๋ยยูเรีย (ตารางที่ 5) จากการทดลองนี้สามารถกล่าวได้ว่าถ้าหากจะใช้ปุ๋ยยูเรียใส่ให้กับข้าวในดินชุดสันทราย ควรจะใส่ในรูปปุ๋ยดินบั้นจะดีที่สุด

บัญชีสมดุลย์ของปุ๋ยไนโตรเจน (Nitrogen balance sheet)

จากบัญชีสมดุลย์ของไนโตรเจนในตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกันโดยทั่วๆ ไปแล้วจะเห็นได้ว่าปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพดีกว่าปุ๋ยยูเรียสำหรับดินนาชุดสันทราย โดยพบว่าข้าวมีการดูดใช้ปุ๋ย (ที่ให้โดยวิธีแตกต่างกัน) ตั้งแต่ 45–61% ของปริมาณปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้ ในขณะที่ข้าวดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียเพียง 30–56% ของปริมาณปุ๋ยที่ใช้ อย่างไรก็ดีพบว่าส่วนใหญ่ของปุ๋ยที่พืชดูดไปใช้ พืชจะนำไปใช้ในการสร้างเมล็ด โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนสะสมจะมีมากที่สุดในเมล็ด รองลงมาคือส่วนที่เป็นฟางและต้น นอกจากนี้ยังมีปริมาณพอสมควรในส่วนที่เป็นเหง้าและรากของข้าว ซึ่งตามปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เหลือทิ้งอยู่ในดิน นอกจากนี้ยังพบว่ามีปุ๋ยไนโตรเจนบางส่วนเหลือตกค้างอยู่ในดินหลังจากผ่านพ้นระยะการเก็บเกี่ยวไปแล้ว โดยปริมาณการสะสมจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามวิธีการใส่ปุ๋ยและชนิดของปุ๋ย การใส่ปุ๋ยแบบแบ่งใส่ ทำให้มีการสะสมของปุ๋ยในดินมากที่สุด รองลงมาคือ ใส่แบบปุ๋ยดินบั้น สุดท้ายคือวิธีใส่ปุ๋ยรองพื้น ยูเรียถ้าใส่แบบ แบ่งใส่ และ แบบปุ๋ยดินบั้นแล้วจะมีโอกาสตกค้างอยู่ในดินได้มากกว่าแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใส่โดยวิธีเดียวกัน จากผลการทดลองสามารถแนะนำได้ว่ายูเรียไม่ควรใส่แบบรองพื้น เพราะเสี่ยงต่อการสูญเสียมาก (62% ของปริมาณปุ๋ยที่ใช้) พืชดูดใช้ได้น้อย เหลือตกค้างในดินน้อยด้วยเช่นกัน และจะเห็นได้ชัดว่าถ้าต้องการให้มีการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพโดยเน้นให้ปุ๋ยนั้นมีการดูดใช้โดยพืชมากที่สุด มีการสูญเสียน้อยที่สุดแล้วละก็ควรจะต้องใส่ปุ๋ยทั้งแอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียในรูปของ ปุ๋ยดินบั้น

Table 6 Balance Sheet of fertilizer nitrogen applied to Sansai paddy soil by different sources and methods of application

Fraction	Ammonium sulfate			Urea		
	Basal	Split	Mudball	Basal	Split	Mudball
	kg N/ha					
Fertilizer-N added	60 (100)	60 (100)	60(100)	60 (100)	60 (100)	60 (100)
Plant uptake	26.9 (44.8)	29.3 (48.8)	36.8 (61.3)	18.1 (30.2)	23.7 (39.5)	33.8 (56.3)
in grain	15.0 (25.0)	16.8 (28.0)	19.3 (32.2)	10.6 (17.7)	11.8 (19.7)	18.1 (30.2)
in straw	10.0 (16.7)	9.4 (15.7)	11.9 (19.8)	5.6 (9.3)	9.4 (15.7)	9.4 (15.6)
in stubble & roots	1.9 (3.1)	3.1 (5.1)	5.6 (9.3)	1.9 (3.2)	2.5 (4.1)	6.3 (10.5)
Fertilizer-N remaining in soil	12.2 (20.3)	18.3 (30.5)	16.1 (26.8)	4.9 (7.7)	23.9 (39.8)	18.3 (30.5)
Total-N recovered in soil-plant system	39.1 (65.2)	47.6 (79.3)	52.9 (88.2)	22.7 (37.8)	47.6 (79.3)	52.1 (86.8)
Fertilizer-N loss	20.9 (34.8)	12.4 (20.7)	7.1 (11.8)	37.3 (62.2)	12.4 (20.7)	7.9 (13.2)

Data in parentheses are expressed as recovery percentage of fertilizer-N added

สรุป

ผลการทดลองพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับดินนาชุดสันทราย ควรจะเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมากกว่ายูเรีย เพราะข้าวมีการดูดใช้ได้ดีกว่ามีการสูญเสียเกิดขึ้นน้อยกว่า สามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าด้วยเช่นกัน แต่ถ้าหากจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยยูเรีย ควรจะต้องใส่ในรูปปุ๋ยดินบั๊น จึงจะมีประสิทธิภาพเท่ากับการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

เอกสารอ้างอิง

Bremner, J.M. (1965). Total nitrogen. In. Methods of soil analysis, part 2. Am. Soc. of Agron. No. 9. Madison, Wisconsin, USA : 1149–1176.

Craswell, E.T. and Vlek, P.L.G. (1979). Fate of fertilizer nitrogen applied to Wetland rice. In. Nitrogen and rice. IRRI : 173-192.

Craswell, E.T. and S.K. De Datta. (1980). Recent developments in research on nitrogen fertilizers for rice. IRRI Res. Pap. Ser. 49:1-11.

De Datta, S.K. (1978). Fertilizer management for efficient use in wetland rice soils. In. Soils and rice. IRRI : 671-701.

De Datta, S.K. (1981). Evaluation of nitrogen fertility and increasing fertilizer efficiency in wetland rice soils. Proc. Symp. on Paddy Soil. Inst. of Soil Sci. Press. Beijing : 171–206.

IAEA (1970). Rice fertilization; a six-year isotope study on nitrogen and phosphorus fertilizer utilization. Tech. Rep. Ser. 108:1 184.

IRRI. (1978). Sumnary report (Agronomic data and economic analysis) on the first and second international trials on nitrogen fertilizer efficiency in rice (1975-1977). Los Banos, Philippines : 1-30.

Ishizuka, Y. (1980). The importance of nitrogen for the growth of the rice plant. In. Increasing nitrogen efficiency for rice cultivation. ASPAC. Food. Fert. Tech. Center. Taiwan : 1-12.

Jiraporncharoen, S. (1984). Significance of fertilizer and straw nitrogen in crop production and fertility of lowland rice soil. Ph.D. thesis, Kyushu University, Fukuoka, Japan: 1-330.

Juang, T.C. (1980). Increasing nitrogen efficiency through deep placement of urea supergranules under tropical and subtropical paddy conditions. In. Increasing nitrogen efficiency for rice cultivation. ASPAC. Food. Fert. Tech Center. Taiwan: 83-99.