

การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว

Increasing Nitrogen Fertilizer Efficiency in Wetland Rice

สุวัฒน์ เจียรคงมั่ง⁽¹⁾

Suwat Jearakongman⁽¹⁾

ABSTRACT

Increasing rice yields is the main objective, so using nitrogen fertilizers in paddy fields is proportional increase. Nevertheless the efficiency of nitrogen fertilizers in paddy fields is still low due to flooding soil condition, nitrogen is always changeable and loss. Available data from most rice-growing countries indicate that to lower losses and increase efficiency, modern rice varieties that have more abilities to uptake nitrogen give more rice yields than local varieties even no fertilizer application. Conventional nitrogen fertilizers should be applied in two to three times, with one time applied at the panicle initiation stage. Placement of fertilizer nitrogen as urea supergranules at 10 cm below soil surface also increases the fertilizer nitrogen efficiency. Use of slow-release nitrogen fertilizers as sulfur-coated urea (SCU) appears promising in a number of rice-growing countries. But using nitrification inhibitors and urease inhibitors in paddy fields are still uncertain and should have further study.

บทคัดย่อ

การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าววันจะเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับความต้องการในการเพิ่มผลผลิตข้าว อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ยังต่ำ เนื่องจากในสภาพดินน้ำขังไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในหลายขบวนการ ซึ่งนอกจากการใช้พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ในโตรเจน แล้ววิธีการอื่นๆ ที่จะช่วยลดการสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนคือ การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ถึง 3 ครั้ง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทยูเรียเม็ดโต (Urea supergranule) ในระดับความลึก 10 ซม. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า เช่น IBDU (Isobutylidene diurea) หรือ SCU (Sulfur coated urea) ส่วนการใช้สารยับยั้งการสร้างไนเตรท (Nitrification inhibitors) และสารยับยั้งกิจกรรมของยูริเอส (Urease inhibitors) ผลการทดสอบในไร่นา ยังมีความเห็นแตกต่างกัน

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นอาหารหลักของประชากรเกือบ 2.4 พันล้านคน และประมาณว่าจะเพิ่มเป็น 4.6 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 เพื่อให้เพียงพอต่อการบริโภคของประชากรที่เพิ่มขึ้น ปริมาณข้าวของโลกจะต้องเพิ่มขึ้นจาก 520 ล้านตันในปัจจุบันเป็นอย่างน้อย 880 ล้านตัน หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 70% ในปี ค.ศ. 2050 (Lampe, 1995) ในการเพิ่มปริมาณการผลิตข้าว โดยการขยายพื้นที่ปลูกในปัจจุบันเป็นไปได้ยาก เนื่องจากพื้นที่ปลูกมีจำกัด ดังนั้นแนวทางที่เป็นไปได้ในการเพิ่มปริมาณการผลิตข้าว ก็คือ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น โดยใช้หลักวิชาการปรับปรุงวิธีการปลูก การใส่ปุ๋ย การใช้ข้าวพันธุ์ดี ตลอดจนการจัดการที่เหมาะสมซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตสูงขึ้นของข้าวนั้น ปุ๋ยเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวได้ โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน เนื่องจากเป็นธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการมาก และโดยทั่วไปแล้วดินมักจะมี

(1) สถานีทดลองข้าวขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
Khon Kaen Rice Experiment Station, Khon Kaen 40000

ขาดธาตุไนโตรเจน

ความสำคัญของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว กล่าวคือเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน และสารประกอบอื่นๆ ที่สำคัญในเซลล์ของข้าว รวมทั้งเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งทำให้เกิดสีเขียวในข้าวด้วย ถ้าข้าวได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม ข้าวก็จะเจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตสูง แต่ถ้าข้าวได้รับไนโตรเจนมากหรือน้อยเกินไปก็จะทำให้ผลผลิตลดลง (นงลักษณ์, 2530) ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของข้าว ไนโตรเจนจะส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนและขนาดของกอส่วนในการเจริญเติบโตช่วงสืบทอด ข้าวต้องการไนโตรเจนเพื่อเพิ่มจำนวนดอกและจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวให้สูงขึ้น (De Datta, 1981) เมื่อข้าวได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ ข้าวจะต้นเตี้ย แกร่ง-แกรน จำนวนแขนงลดลง ใบแคบ สันตั้งตรง และใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว และใบจะแห้งตายในที่สุด

ข้าวเป็นพืชที่มีความต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูง Murayama (1979) รายงานว่าในสภาพปกติข้าวจะดูดใช้ไนโตรเจน เพื่อการสร้างผลผลิตเมล็ดประมาณ 19-21 กก. N/ตัน ข้าวเปลือกซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสมนั้นก็แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ปลูก, ชนิดของดิน, ปริมาณวัชพืช และอื่นๆ (Sims, 1965)

การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในดินนา

ในสภาพดินน่าน้ำขัง จะมีการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนตลอดเวลา ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ (Organic form) สำหรับรูปอนินทรีย์ของไนโตรเจน (Inorganic form) ที่สำคัญได้แก่ NH_4^+ และ NO_3^- ส่วน NO_2^- จะมีน้อยมากในดินที่มีน้ำขัง อย่างไรก็ตามในสภาพดินน่าน้ำขังนั้นรูปของอนินทรีย์ไนโตรเจนส่วนมากจะอยู่ในรูป NH_4^+ เท่านั้น เพราะจุลินทรีย์พวก nitrifiers ได้แก่

Nitrosomonas และ *Nitrobacter* ที่ออกซิไดส์ NH_4^+ ให้เป็น NO_3^- มีกิจกรรมน้อยลง จะเห็นว่าในดินน่าน้ำขังข้าวสามารถดูดไนโตรเจนใช้ได้ทั้งในรูป NH_4^+ และ NO_3^- แต่จะใช้ในรูป NH_4^+ ได้มากกว่า (Hauck, 1980)

ดินที่มีการระบายน้ำดี ปกติจะได้รับก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศเพียงพอสำหรับความต้องการของจุลินทรีย์ และรากพืช ซึ่งสภาพเช่นนี้จะเปลี่ยนไปเมื่อดินมีน้ำขัง เนื่องจากก๊าซออกซิเจนเคลื่อนที่ผ่านน้ำได้ช้าถึง 10,000 เท่าของในอากาศ (Ponnamperuma, 1972) โดยทั่วไปดินนาจะขาดออกซิเจนภายใน 1 หรือ 2 วันหลังน้ำขัง จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นของผิวดิน ดังแสดงใน Fig. 1 ชั้นแรกเป็นชั้นของน้ำเหนือผิวดินเป็นชั้นที่ก๊าซออกซิเจนเพียงพอ ถัดลงมาเป็นชั้นบางๆ ที่ผิวดินมีความลึกประมาณ 2-3 มม. เรียกว่า Oxidized Zone หรือ Aerobic Zone ที่มีปริมาณออกซิเจนพอๆ กับชั้นแรก เพราะออกซิเจนจากบรรยากาศซึมจากน้ำลงสู่ผิวดิน ในชั้นนี้ NH_4^+ จะแปรสภาพไปเป็น NO_3^- (Nitrification) ชั้นถัดมาเป็นชั้นที่เรียกว่า Reduced zone หรือ Anaerobic zone เป็นชั้นที่ไม่มีออกซิเจน และมีจุลินทรีย์พวก Anaerobes อาศัยอยู่ ซึ่งจะมีทั้งพวก Facultative และ Obligate anaerobes ในชั้นนี้ NO_3^- จะถูกเปลี่ยนสภาพเป็น N_2 และ N_2O (Denitrification) และระเหยสู่บรรยากาศ (Reddy and Patrick, 1980)

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับไนโตรเจนในดิน ได้แก่ Mineralization, Immobilization, Nitrogen fixation, Nitrification, Denitrification, Volatilization, Leaching และ Run off ลักษณะดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นพร้อมๆ กับในดินนาในสภาพที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน นับว่าการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดินนาเป็นเรื่องสลับซับซ้อน และยากที่จะประเมินกระบวนการต่างๆ ได้ (De Datta, 1981)

การสูญเสียไนโตรเจนในดินนา

ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ไปในดินนาแต่ละฤดูปลูกจะสูญเสียไปเป็นจำนวนมากแม้จะมีการจัดการอย่างดีแล้วก็ตาม ข้าวไม่สามารถดูดใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่

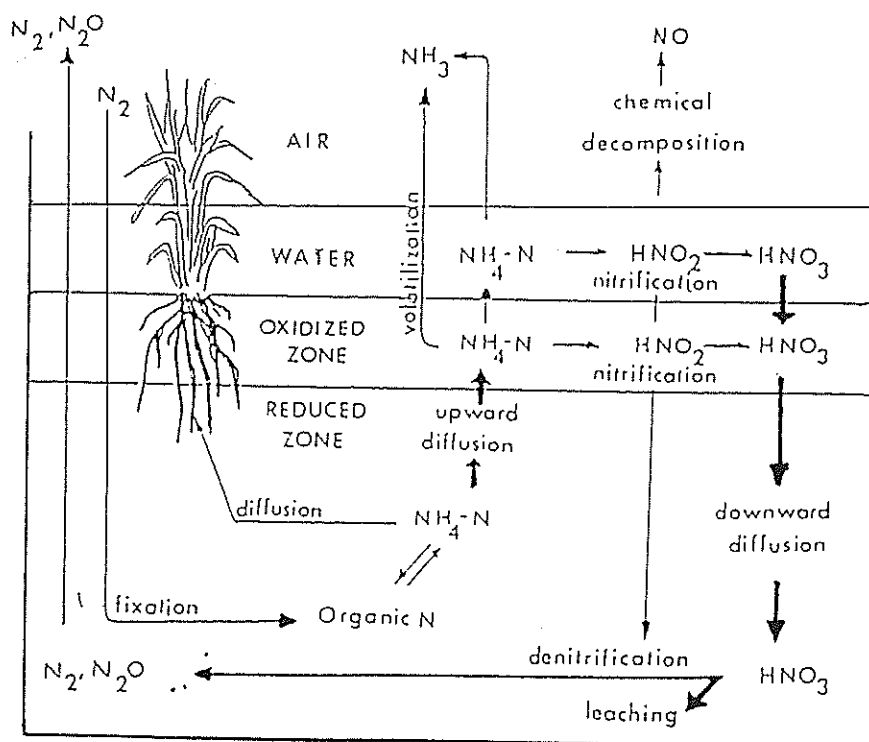


Fig. 1. Nitrogen transformations in submerged rice soils (Reddy and Patrick, 1980).

ใส่ให้ดังกล่าวดังเดิมที่ เนื่องมาจากการเกิดกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นหลักสำคัญ ถึงแม้ว่าการออกซิไดส์ NH_4^+ ไปเป็น NO_3^- จะไม่มีผลกระทบต่อรูปของไนโตรเจนที่ข้าวจะดูดไปใช้ แต่ NO_3^- เป็นรูปที่จะทำให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) การชะล้าง (Leaching) และการระเหยเป็นก๊าซ NH_3 (Volatilization) ได้อย่างรวดเร็วจึงทำให้ไนโตรเจนสูญเสียไปจากดินนาโดยกระบวนการเหล่านี้เป็นส่วนมาก (Mikkelsen and De Datta, 1979)

สรสิทธิ (2511) รายงานว่า ท้นที่ที่ดินนาถูกน้ำขัง NO_3^- ในดินนาจะลดปริมาณอย่างรวดเร็วทั้งที่ได้จากปุ๋ย และจากดินที่มีอยู่ก่อนแล้วจะสูญเสียไปประมาณ 18-55% และ 5-40% ของ NO_3^- จากปุ๋ยจะถูกจุลินทรีย์นำไปสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์เองภายใน 6 สัปดาห์ Malhi and Nyborg (1979) พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวเพียง 30-40% ของปริมาณปุ๋ยที่ใช้ทั้งหมดอีก 25% ยังคงตกค้างอยู่ในดิน นอกนั้นสูญเสียไปจากดินนา (35-45%)

ในขณะที่ Maeda and Onikura (1976) พบว่าไนโตรเจนสูญเสียไปประมาณ 25-30% ข้าวดูดไปใช้ได้เพียง 55% นอกจากนั้นตกค้างในดิน รวมทั้งถูกแปรสภาพอยู่ในรูป Immobilization-N

Crasswell and Vlek (1979) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละชนิดจะมีการสูญเสียไม่เท่ากันคือปุ๋ย $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$ จะสูญเสียไนโตรเจนประมาณ 6-25% ปุ๋ยยูเรียจะสูญเสียประมาณ 35-51% ทำนองเดียวกัน Kyuma (1981) พบว่าไนโตรเจนจะเป็นประโยชน์ต่อข้าวประมาณ 50% $(\text{NH}_2)_2\text{SO}_4$, 45% จากปุ๋ยยูเรีย และ 20% จาก NO_3^-

Patrick and Reddy (1976) เสนอว่ากระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดได้บางส่วนในดินน่าน้ำขังเพราะมีออกซิเจนในน้ำ และในดินชั้นออกซิไดส์ (Oxidized layer) รวมทั้งในอาณาบริเวณรากข้าว (Rhizosphere) ส่วนในดินชั้นที่ลึกลงไปเป็นชั้นที่ขาดออกซิเจน จะเป็นชั้นที่เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน การสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันนั้น NO_3^- จะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในการหายใจ ซึ่ง

จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันต้องการไฮโดรเจนไอออน (H^+) และอิเล็กตรอนจากแหล่งของคาร์บอน และแอมโมเนีย (NH_3) สำหรับการสร้างเซลล์ ซึ่งอินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งของสิ่งต่างๆ เหล่านี้เช่นเดียวกับที่ Stanford *et al.* (1975) รายงานว่า ในน้ำน้ำขัง NO_3^- จะถูกรีดิวส์สองลักษณะ ลักษณะแรก NO_3^- จะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน NO_3^- จึงถูกรีดิวส์กลายเป็น N_2 , N_2O ซึ่งเรียกว่า กระบวนการไนตริฟิเคชัน หรือ NO_3^- respiration ซึ่งเป็นขบวนการสูญเสียไนโตรเจนที่สำคัญ และลักษณะที่สอง NO_3^- จะถูกจุลินทรีย์เปลี่ยนเป็น NH_3 แล้วนำไปสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์เองเรียกว่า NO_3^- assimilation

นอกจาก NH_4^+ จะเปลี่ยนรูปเป็น NO_3^- โดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน และเกิดการสูญเสียโดยการชะล้าง (leaching) และกระบวนการไนตริฟิเคชันในสภาพดินนาแล้ว ถ้าในสภาพนั้นมีความเข้มข้นของ OH^- เพิ่มขึ้น NH_4^+ จะเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซ NH_3 ซึ่งสามารถลอยพ่นน้ำออกไป (De Datta, 1981)

การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว

การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในดินนาสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N-efficient rice varieties) การเลือกระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม (Time of nitrogen application) วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม (Method of nitrogen

application) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า (Slow-release nitrogen fertilizers) หรือการใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification inhibitor) เป็นต้น ซึ่งความเป็นไปได้หรือความเหมาะสมของแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สภาพดินฟ้าอากาศ วิธีปฏิบัติในการเพาะปลูก และระบบชลประทาน ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละท้องถิ่น (สาคร, 2530)

พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ไนโตรเจน (N-efficient rice varieties)

De Datta *et al.* (1974) แสดงให้เห็นว่า ข้าวลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงซึ่งเกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) หรือในประเทศที่ปลูกข้าวอื่นๆ การให้ผลผลิตไม่ได้ขึ้นอยู่กับปุ๋ยเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความสามารถของพันธุ์ข้าวด้วย ในการดูดใช้ในโตรเจนด้วย โดยทั่วไปพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะต้นเตี้ยใบตั้งตรงและแตกกอมากจะให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีลักษณะต้นสูง แม้ว่าจะปลูกในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยก็ตาม ได้มีการทดลองในประเทศฟิลิปปินส์ โดยดำเนินการใน 4 สถานที่เป็นเวลา 5 ปี พบว่าข้าวลูกผสมพันธุ์ใหม่ 2 พันธุ์ (IR8, IR20) สามารถให้ผลผลิตมากกว่าพันธุ์ข้าวพื้นเมือง (Peta) เฉลี่ย 0.6 ตัน/เฮกตาร์ ในสภาพไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Table 1) ขณะที่ความแตกต่างของผลผลิตจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์ข้าวลูกผสม มีประสิทธิภาพในการดูด

Table 1. Yield of a traditional variety (Peta) compared with two semi-dwarf improved varieties without nitrogen fertilizers at four locations.

Year	Yield (t/ha)		
	Peta	IR8	IR20
1968	3.6	4.0	3.8
1969	3.6	4.8	4.7
1970	2.3	3.5	3.7
1971	3.0	3.3	3.4
1972	3.3	3.6	3.7
mean	3.2	3.8	3.9

De Datta *et al.* (1974)

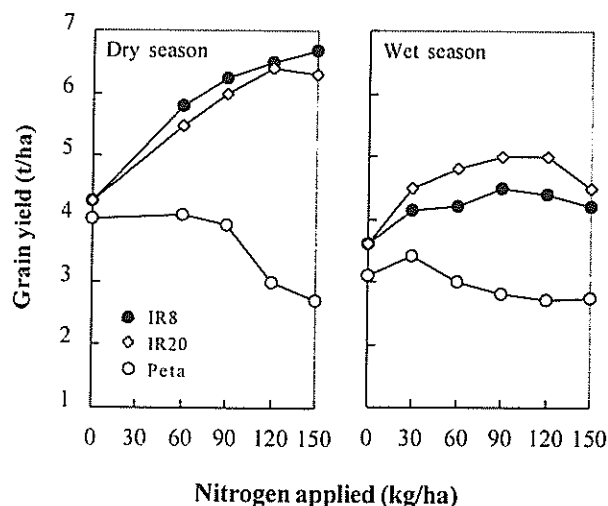


Fig. 2. Effect of levels of nitrogen on the grain yield of IR8, IR20, and Peta at four location. Data are averages for 1968-73 cropping seasons (De Datta *et al.*, 1974).

ใช้ในโตรเจนมากกว่าพันธุ์ข้าวพื้นเมือง แม้ว่ามีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำ (Fig. 2)

ระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Time of nitrogen application)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว นอกจากจะต้องพิจารณาเรื่องปริมาณปุ๋ยที่จะใช้แล้ว ยังต้องคำนึงถึงระยะเวลาการใส่ให้เหมาะสมตามความต้องการของข้าวด้วย ทั้งนี้เพราะข้าวแต่ละพันธุ์มีความต้องการไนโตรเจนมากน้อยแตกต่างกันตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโต อีกประการหนึ่งปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปมักเกิดการสูญเสียโดยกระบวนการต่างๆ ภายใต้อิทธิพลของน้ำในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะแรกของการเจริญเติบโตภายหลังปลูก ทั้งนี้เพราะระบบรากข้าวยังไม่เจริญเติบโตมากพอที่จะมีศักยภาพในการดูดไนโตรเจนไปใช้แข่งขันกับกระบวนการสูญเสียไนโตรเจนที่เกิดขึ้น Heenan and Bacon (1978) แสดงให้เห็นว่าต้นข้าวมีความต้องการไนโตรเจนสูงอยู่ 2 ระยะ คือระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ ภายหลังการแตกกออย่างรวดเร็ว และระยะที่ข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนเพื่อเพิ่มจำนวนช่อดอกต่อรวง และเมล็ดที่สมบูรณ์

โดยทั่วไปวิธีการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร มักจะทำ

การหว่านปุ๋ยในนาข้าวที่มีน้ำขัง ในระยะ 10-15 วันหลังปักดำ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนมาก (De Datta, 1987) ดังนั้นการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงได้ถูกนำมาพิจารณากันอย่างกว้างขวาง De Datta (1981) รายงานว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวได้รับถึง 51% เมื่อแบ่งใส่ 2 ครั้ง ในระยะปักดำและระยะกำเนิดช่อดอกในอัตรา 2 ใน 3 และ 1 ใน 3 ของไนโตรเจนทั้งหมดที่จะใส่ตามลำดับ ขณะที่ปักดำ (2523) ได้ศึกษาการแบ่งใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมอัตรา 16 กก./ไร่ ในดินนาเปรี้ยวชุดรังสิต โดยครั้งแรกใส่ระยะปักดำ ครั้งที่สองใส่ในช่วงต่างๆ กันในอัตรา 1:1 และ 1:3 พบว่าการใส่ปุ๋ยข้าวครั้งที่ 2 ในระยะกำเนิดช่อดอกให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุดคือ 37% ทั้ง 2 อัตรา (Table 2)

Tanaka *et al.* (1959) แนะนำว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกใส่ช่วงปักดำ และอีกช่วงหนึ่งในระยะกำเนิดช่อดอกจะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของพันธุ์ข้าวอายุปานกลาง และพันธุ์ข้าวหนัก (Fig. 3) อย่างไรก็ตามสำหรับพันธุ์ข้าวอายุสั้น (ประมาณ 100 วันหรือน้อยกว่า) ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นช่วงปลูกจะมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนก็ค่อนข้างดีในช่วงการใส่ปุ๋ยระยะกำเนิด

Table 2. The effect of timing of nitrogen application in relation to nitrogen ratio on nitrogen efficiency (%).

Timing of N application		Ratio	Nitrogen efficiency (%)	
1st	2nd		wet season	Dry season
Transplanted	3 weeks after transplanted	1:3	34	31
		1:3	28	29
Transplanted	4 weeks after transplanted	1:3	32	30
		1:3	24	36
Transplanted	Panicle initiation	1:3	37	37
		1:3	33	37

De Datta *et al.* (1974)

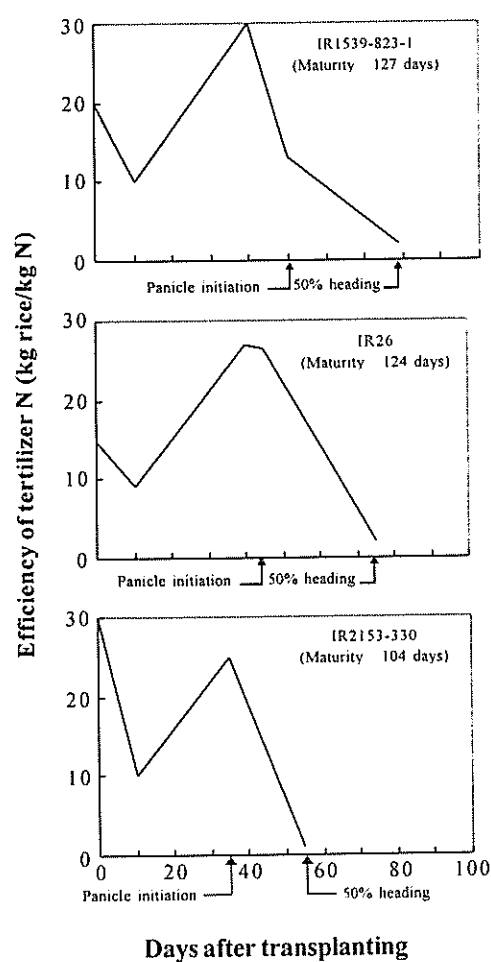


Fig. 3. Efficiency (kg rice/kg N) of 60 kg N/ha as urea applied in a single dose at different times to three rice varieties. IRRI, 1974 dry season (De Datta, 1981).

ข้อดกด้วย

การแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน 3 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับ การแบ่งใส่ 2 ครั้ง ได้มีงานทดลองของ De Datta *et al.* (1974) ในฤดูนาปรัง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการแบ่งใส่ 2 หรือ 3 ครั้ง ยกเว้นในแปลงทดลองที่มีลักษณะดินเป็นดินเหนียว การแบ่งใส่ 2 ครั้ง จะให้ผลผลิตสูงกว่า De Datta (1985) รายงานว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนมีข้อดีคือสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยให้แก่ข้าวได้มากยิ่งขึ้นตลอดฤดูปลูกอย่างต่อเนื่อง โดยป้องกันการขาดแคลนในระยะหลังการเจริญเติบโตและลดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการต่างๆ ซึ่งมักเกิดอย่างมากในช่วง 10 วันภายหลังการใส่ปุ๋ย นอกจากนี้การแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน ยังช่วยป้องกันไม่ให้น้ำในโตรเจนไปใช้ในการสร้างการเจริญเติบโตทางลำต้น และใบเป็นส่วนใหญ่ แทนที่จะนำมาสร้างรวง และเมล็ด ข้าวบางพันธุ์เมื่อได้รับปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูงครั้งเดียวพร้อมปักดำมักจะเหี่ยว และล้มก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลผลิตลดลง และเกิดปัญหาในการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งโดยทั่วไปมักปรากฏว่าต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้าระยะข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อน ได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกในอัตราและปุ๋ยชนิดเดียวกัน (Shiga *et al.*, 1977) ทั้งนี้เพราะในระยะหลังของการเจริญเติบโต ระบบของรากข้าวได้เจริญเติบโตแพร่กระจายเต็มที่แล้วจึงสามารถดูดใช้ไนโตรเจนให้เป็นประโยชน์ได้ทันทีเมื่อใส่ลงไปก่อนที่จะเกิดการสูญหาย หรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้

วิธีการใส่ปุ๋ยในโตรเจน (Method of nitrogen application)

การใส่ปุ๋ยในโตรเจนอย่างถูกวิธีเป็นปัจจัยที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในการช่วยให้ปุ๋ยที่ใส่ลงในดินแล้วต้นข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียไนโตรเจนให้น้อยลง De Datta *et al.* (1968) รายงานว่าเมื่อใส่ปุ๋ยโดยวิธีหว่านก่อนปลูกข้าว ต้น

ข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียง 28% ขณะที่การใส่ปุ๋ยที่ระดับความลึก 10 ซม. ข้าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ถึง 68% ของปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ทั้งหมด การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในรูปแอมโมเนียม โดยการหว่านบนผิวดินมีผลทำให้กระบวนการไนตริฟิเคชันเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณชั้นผิวดินที่มีออกซิเจนอยู่ ซึ่งไนเตรทที่เกิดขึ้นจะไหลซึมลงไปในชั้นที่ดินขาดออกซิเจน แล้วถูกแปรสภาพให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) หรือออกไซด์ของไนโตรเจน (N_2O) สูญหายไปสู่อากาศ โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน ในกรณีปุ๋ยในโตรเจนอยู่ในรูปยูเรีย เมื่อทำการใส่โดยวิธีหว่านบนผิวดิน อาจก่อให้เกิดการสูญเสียไปโดยการชะล้างไหลบ่าไปกับน้ำได้ง่าย เพราะก่อนการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ยูเรียมีไนโตรเจนอยู่ในรูป amide (NH_2) ซึ่งไม่ถูกยึดเหนี่ยวแน่นโดยอนุภาคดินเหนียว จึงมักถูกพัดพาไปกับน้ำได้โดยง่าย เช่นเดียวกับไนเตรท อย่างไรก็ตามยูเรียถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายและรวดเร็วกลายเป็นแอมโมเนียมที่มีคุณสมบัติสามารถป้องกันการถูกชะล้างเป็นอย่างดี ถ้าแอมโมเนียมสะสมในชั้นน้ำขังผิวดินในปริมาณความเข้มข้นสูง และมีสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวย เช่น pH ของน้ำเพิ่มขึ้น จนมีปฏิกิริยาเป็นด่าง ย่อมส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปการระเหยของแอมโมเนียม (Volatilization) ได้โดยง่าย (Vlek and Craswell, 1979)

ปุ๋ยในโตรเจนในรูปแอมโมเนียม หรือยูเรียเมื่อใส่ลึกได้ผิวดินประมาณ 10 ซม. จะป้องกันไม่ให้แอมโมเนียมถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท เนื่องจากแอมโมเนียมถูกดูดยึดด้วยอนุภาคดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุ จึงทำให้ปริมาณแอมโมเนียมที่ละลายอยู่ในน้ำที่ผิวดินมีจำกัด แอมโมเนียมจะยังคงอยู่ในชั้นลึกใต้ผิวดิน และอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (สาคร, 2530) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยในโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้น โดยใส่ลึกใต้ผิวดินเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในโตรเจนในดิน Kai *et al.* (1982) พบว่าการใส่ปุ๋ยโดยวิธีการคลุกเคล้ากับดินที่ระดับความลึก 6-10 ซม. จะให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจน 26.8% ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยที่ระดับ

Table 3. Effect of placement of nitrogen on efficiency of fertilizer nitrogen.

Method of application	Nitrogen efficiency (%)			
	Seed	Straw	Root	Total
Placed at 0-5 cm soil depth ^{a)}	9.5	6.1	0.8	16.4
Placed at 6-10 cm soil depth	16.5	9.5	1.2	26.8
Placed at 0-10 cm soil depth	12.5	7.7	1.0	21.3

Adapted from Kai *et al.* (1983)

a) Nitrogen sources (¹⁵N-labeled) was ammonium sulfate at 16 kg N/rai

ความลึก 0-5 และ 0-10 ซม. ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจน 16.4 และ 21.3% ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ที่ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรีย โดยใส่ให้ลึก 10 ซม. จะทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใส่อื่นๆ (IRRI, 1981)

เนื่องจากปัจจุบันยูเรียเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับข้าว และได้รับความนิยมในการใช้อย่างกว้างขวางทั่วโลก (Stangel and Harris, 1987) แต่มีข้อเสียคือสูญเสียได้ง่าย โดยกระบวนการระเหยของแอมโมเนีย (Fillery *et al.*, 1986) ทำให้นักวิจัยของศูนย์พัฒนาการใช้อยูระหว่างประเทศ (IFDE) ได้พยายามปรับปรุงประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียสำหรับใช้ในนาข้าวให้ดียิ่งขึ้น โดยการผลิตปุ๋ยยูเรียชนิดใหม่ เรียกว่ายูเรียเม็ดโต (Urea Supergranule) เพื่อทดสอบใช้ในนาข้าว ปุ๋ยชนิดนี้มีขนาดใหญ่หนักประมาณ 1-3 กรัม วิธีใช้โดยการฝังลึกลงใต้ดินประมาณ 10 ซม. ภายหลังปักดำแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ ในอัตราปุ๋ย 1 เม็ด ระหว่างข้าว 4 กอ De Datta (1987) ได้ทดสอบการใช้อยูเรียเม็ดโตใส่ลึกใต้ผิวดิน เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยยูเรียธรรมดา (Prill urea) พบว่าข้าวมีการตอบสนองในรูปผลผลิตต่อการใส่ปุ๋ยยูเรียเม็ดโตใต้ผิวดินได้ดีกว่าปุ๋ยยูเรียธรรมดา เมื่อใส่โดยวิธีหว่านตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร หรือแบ่งใส่ตามคำแนะนำ (Fig. 4) ปุ๋ยยูเรียเม็ดโต เหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่ที่มีเนื้อละเอียด เช่นดินเหนียว โดยเฉพาะในดินนาลุ่มที่อาศัยน้ำฝนซึ่งวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยการแบ่งใส่หลายครั้งไม่สามารถ

ปฏิบัติได้เนื่องจากควบคุมน้ำได้ยาก สำหรับนาที่มีเนื้อดินหยาบ เช่น ดินทราย ไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียเม็ดโตจะเกิดการสูญเสียโดยถูกชะล้างลงไปในดินชั้นล่างได้ง่ายจึงไม่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยชนิดนี้กับดินที่มีเนื้อดินหยาบ (สาคร, 2530)

ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า (Slow-release nitrogen sources)

ปุ๋ยไนโตรเจนที่นิยมใช้ในนาข้าวมักเกิดการสูญเสียได้โดยกระบวนการต่างๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า (Controlled release nitrogen fertilizers) ปุ๋ยชนิดนี้เมื่อใส่ลงไปในดินจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ซึ่งจะช่วยให้ต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่ปลดปล่อยได้อย่างต่อเนื่อง และเพียงพอตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตของพืช ช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการต่างๆ ในนาข้าวรวมทั้งลดปัญหาและข้อยุ่งยากในทางปฏิบัติสำหรับการใส่ปุ๋ยแต่งหน้าตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าที่สังเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ IBDU (Iso-butylidene diurea) Urea form (Urea formaldehyde) และ CDU (Crotonylidene diurea) สำหรับปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งผลิตโดยการเคลือบเม็ดปุ๋ยด้วยสารบางอย่าง เพื่อควบคุมการปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่พืช เช่น SCU (Sulfur coated urea) ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าดังกล่าวได้รับการทดสอบประสิทธิภาพในนาข้าวอย่างกว้างขวาง (สาคร, 2530; De Datta, 1981)

จากงานทดลองหลายงานทดลองระหว่างปี 1965-1967 ในประเทศญี่ปุ่น Kurihara (1980) สรุปว่า ผลผลิตข้าวจากการใส่ IBDU จะสูงกว่าการใส่ปุ๋ย

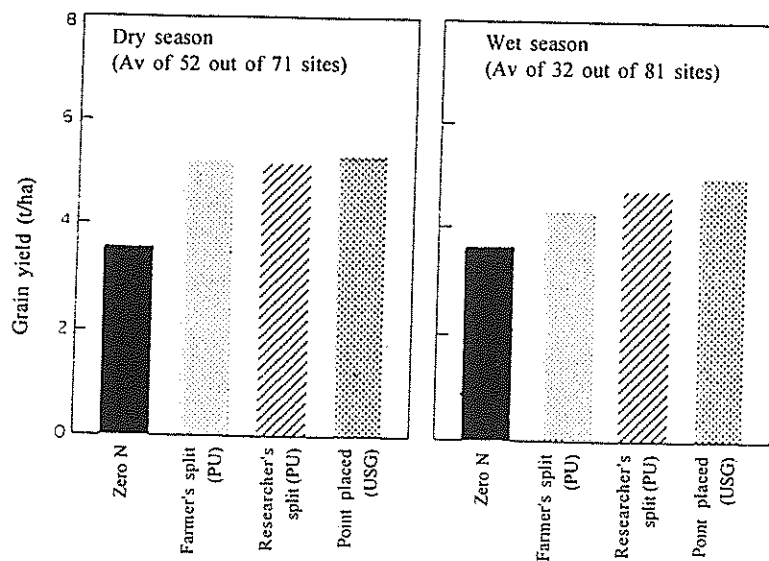


Fig. 4. Yields with deep-placed USG compared with yields with farmers' and researchers' split-applied PU on farms with significant response to deep-place N (De Datta, 1987).

ยูเรียธรรมดา เมื่อใช้ในปริมาณเท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นการใส่รองพื้นครั้งเดียวหรือแบ่งใส่ เช่นเดียวกับผลงานทดลองในประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างปี 1967-1972 พบว่า IBDU มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว (Well and Shockley, 1975)

สำหรับ SCU มีการทดสอบการใช้กับพืชหลายชนิด ในหลายประเทศพบว่าพืชจะตอบสนองในการให้ผลผลิตต่อ SCU มากกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียธรรมดา ไม่ว่าจะเป็นใส่รองพื้นครั้งเดียว หรือแบ่งใส่หลายครั้งในอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เท่ากัน การทดสอบในประเทศอินเดีย พบว่าเมื่อใส่ SCU ข้าวให้ผลผลิต 25-30 กก.เมล็ด/กก.N ในขณะที่เมื่อใส่ยูเรียธรรมดา โดยแบ่งใส่หลายครั้ง ข้าวให้ผลผลิตเพียง 16-20 กก.เมล็ด/กก.N (Prasad and De Datta, 1979) และจากรายงานของ De Datta (1981) ได้สรุปผลการทดลองจำนวน 41 การทดลองใน 7 ประเทศ แสดงให้เห็นว่าการใช้ SCU มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้ยูเรียธรรมดา (Table 4)

อย่างไรก็ตาม SCU แต่ละชนิดก็มีความแตกต่างกัน ในเรื่องของอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนผลผลิตของข้าวที่เพิ่มจากการใส่ปุ๋ยยูเรียธรรมดา

และ SCU จะขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ยูเรียธรรมดาว่าจะใส่รองพื้นครั้งเดียว (Basal application) หรือแบ่งใส่ 2 ครั้ง (Split application) และอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนของ SCU (De Datta, 1974) ปุ๋ยที่มีอัตราการปลดปล่อยรวดเร็วกว่า การแบ่งใส่หลายครั้งจะทำให้ผลผลิตที่ได้สูงกว่าการใส่รองพื้นครั้งเดียว (Fig. 5) แม้ว่าผลการทดลองต่างๆ ได้ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า มีประสิทธิภาพสูงกว่าปุ๋ยยูเรียธรรมดาที่ใช้อยู่ทั่วไปก็ตาม แต่เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้ามีราคาสูงกว่าปุ๋ยยูเรียธรรมดาถึง 16% ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าในนาข้าวจะเป็นไปอย่างกว้างขวางได้ จะต้องพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าดังกล่าวให้ราคาต่ำลง เพื่อให้มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Hignett, 1974)

สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน และยูรีเอส (Use of Nitrification and Urease inhibitors)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนอีกวิธีหนึ่ง คือการยับยั้งการเกิดไนเตรทของปุ๋ยไนโตรเจน โดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับสารยับยั้งการสร้างไนเตรท (Nitrification inhibitor) สารยับยั้งการสร้างไนเตรท จะ

Table 4. Yield of rough rice grown under poor water management as affected by conventional and slow-release (Sulfur-Coated Urea) nitrogen fertilizer; data are averaged over 41 experiments.

Nitrogen source ^{a)}	Grain Yield (t/ha)	Increased yield due to nitrogen (t/ha)	Nitrogen fertilizer efficiency (kg rice/kg N)
No N	3.2	-	-
Urea	4.9	1.7	16
SCU	5.6	2.3	22

De Datta (1981)

a) All nitrogen was applied as basal treatments at or before transplanting. Equal amounts of nitrogen were applied as SCU and urea at rates varying from 80 to 250 kg N/ha

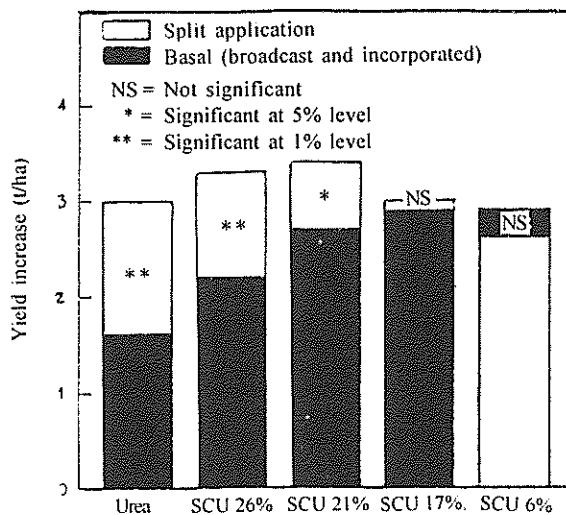


Fig. 5. Comparative increase in yield of IR 24 rice between urea and Sulfur-Coated Urea when 150 kg N/ha was applied in a single basal application and in split doses. IRRI, 1973 dry season (De Datta *et al.*, 1974).

เข้าไปปิดล้อมปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม ไม่ให้เปลี่ยนไปเป็นไนเตรทของกิจกรรมจุลินทรีย์ *Nitrosimonas* (Fig. 6) ทำให้แอมโมเนียมยึดเวลางรูปอยู่ในดิน และลดการสูญเสียให้น้อยลง ขณะเดียวกันทำให้รากข้าวมีโอกาสดูดกินแอมโมเนียมได้มากที่สุด (De Datta *et al.*, 1981)

หลักฐานงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ พบสารเคมีหลายชนิด เช่น 'N-serve' or 'nitrapyrin' (2-chloro-6-trichloromethyl) pyridine, 'AM' (2-amino-

4-chloro-6-methyl pyrimidine), dicyandiamide, thiourea, 'ST' (2-sulfan-ylamido-thiazole), potassium azide และ Terrazole เป็นสารที่มีศักยภาพในการยับยั้งการสร้างไนเตรท (Prasad and De Datta, 1979) ส่วนการใช้ประโยชน์ในสภาพไร่นายังไม่เป็นที่ชัดเจน โดยมีรายงานการทดลองในสภาพไร่นาในอินเดีย (Lakhdive and prasad, 1970) และในญี่ปุ่น (Nishihara and Tsuneyoshi, 1968) พบว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย หรือแอมโมเนียมซัลเฟตที่เคลือบด้วยสาร

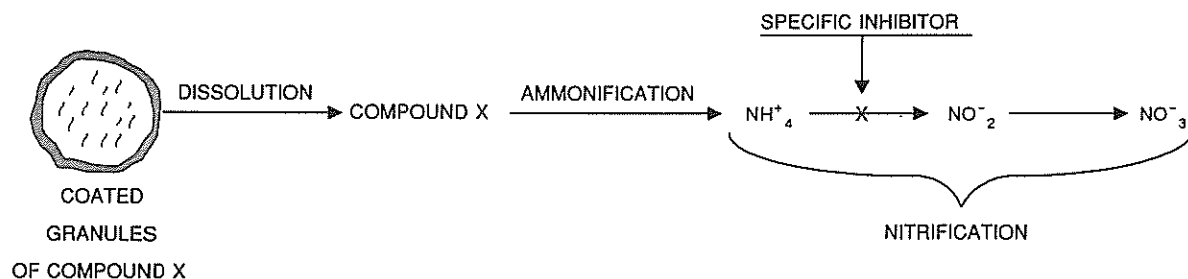


Fig. 6. The coated-granule inhibitor approach (De Datta, 1981).

ยับยั้งการสร้างไนเตรท สามารถเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนอย่างน่าพอใจ แต่ไม่พบความแตกต่างของการเพิ่มผลผลิตจากการใส่สารยับยั้งการสร้างไนเตรทที่ทดลองในสหรัฐอเมริกา (Patrick *et al.*, 1968)

นอกจากการสูญเสียไนโตรเจน โดยกระบวนการดินไนตริฟิเคชันแล้ว การระเหยของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3 Volatilization) ก็นับว่าเป็นกระบวนการสูญเสียไนโตรเจนที่สำคัญอย่างหนึ่งในดินนาโดยทั่วไป โดยเฉพาะในกรณีที่มีการใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตราสูง การสูญเสียโดยการระเหยของก๊าซแอมโมเนียมักเป็นปัญหาที่สำคัญในการลดประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียถ้ามีการปฏิบัติไม่ถูกวิธี เช่น การใส่ปุ๋ยยูเรียรองพื้นให้แก่ข้าวโดยวิธีหว่านบนผิวดิน ยูเรียจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสอย่างรวดเร็ว โดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอส (Urease) กลายเป็นแอมโมเนียมคาร์บอเนต ($(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$) ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะชักนำให้เกิดการสูญเสีย โดยการระเหยของแอมโมเนียได้โดยง่าย (Craswell and Vlek, 1979) การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียในดินนา โดยวิธีการสูญเสียแอมโมเนียให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดด้วยสารยับยั้งกิจกรรมของยูรีเอส (Urease inhibitor) จากการทดลองการใช้สารยับยั้งยูรีเอสหลายชนิดในดินนาสภาพน้ำขัง พบว่ามีเพียง Phenyl phosphorodiamedate (PPD) เท่านั้นที่ให้ผลดี (Vlek and Byrnes, 1986) ซึ่ง Bryne *et al.* (1983) ได้สรุปได้ว่า เมื่อใส่ PPD ร่วมกับปุ๋ยยูเรียในนาข้าวจะลดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนียมาจาก 30% เหลือ 5% ของปุ๋ยยูเรียที่ใส่

นอกจากนี้ Prasad and De Datta (1979) ยังได้เสนอแนะข้อปฏิบัติเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจน นอกเหนือจากวิธีการดังกล่าวมาแล้ว เช่นการเตรียมดินที่ถูกวิธีการป้องกันกำจัดวัชพืช โรคและแมลงศัตรูข้าวตลอดช่วงการเจริญเติบโตของข้าว การควบคุมระดับน้ำที่เหมาะสมและการจัดการแปลงกล้าที่ถูกวิธี ทั้งหมดล้วนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพิ่มผลผลิตข้าว

สรุปและวิจารณ์

ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตของข้าว แต่ต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนได้เพียง 30-40% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ลงไปทั้งหมด ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ หรือเกิดการสูญเสียโดยกระบวนการต่างๆ เช่น ดินไนตริฟิเคชัน การระเหยสูญเสียของแอมโมเนีย การถูกชะล้าง และไหลบ่าไปกับน้ำ ซึ่งทั้งหมดล้วนเป็นสาเหตุที่สำคัญในการลดประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจน

แนวทางปฏิบัติในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว ประกอบด้วย (1) การใช้พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพ ในการดูดใช้ไนโตรเจน (2) ระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม (3) วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม (4) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า (5) การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชัน และยูรีเอส รวมทั้งการปฏิบัติอื่นๆ เพื่อ

ส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในโตรเจนให้ดียิ่งขึ้น เช่น การเตรียมดินที่เหมาะสมการป้องกันกำจัดวัชพืช โรค และแมลง การควบคุมระดับน้ำและการจัดการแปลงกล้าที่ถูกต้อง ซึ่งการที่เกษตรกรจะเลือกวิธีใดไปปฏิบัติเพื่อความเหมาะสมนั้น จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแต่ละครัวเรือนของเกษตรกรเอง เพราะในแต่ละวิธีจะมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกัน วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยในโตรเจนโดยใช้ข้าวพันธุ์ดีเป็นนาวิธีการที่ใช้ต้นทุนต่ำ และไม่ยุ่ง

ยากแต่ยังมีข้อจำกัดในการผลิตเมล็ดพันธุ์ให้เพียงพอ การแบ่งใส่หลายครั้งมีความต้องการใช้แรงงานมาก การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับลึกต้องการใช้เครื่องมือเฉพาะในการใส่หรือเพิ่มความยุ่งยากมากขึ้น ปุ๋ยในโตรเจนละลายช้า และสารยับยั้งไนตริฟิเคชัน และยูเรียเอสในปัจจุบันยังมีราคาแพง ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยและเกาทัณฑ์ และสารยับยั้งดังกล่าวให้ถูกลงจะเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรตัดสินใจเลือกใช้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- ปทุม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2523. ¹⁵N ศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าว. ใน: ผลงานวิจัยการใช้พลังงานปรมาณูในกิจการเกษตร. การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 1, 15-17 ธค. 2532 ณ ดิक्คณย์วิจัยอารักขาข้าว. บางเขน กรุงเทพฯ. หน้า 73-90.
- นงลักษณ์ วิบุรณสุข. 2530. บทบาทของไนโตรเจนในดิน. ใน: ข้าวสารปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร ปีที่ 3 รวมฉบับ 1, 2, 3 มกราคม-ธันวาคม 2530.
- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2511. เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สาคร ผ่องพันธุ์. 2530. การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าว. วารสารดินและปุ๋ย 3(9):22-28.
- Byrnes, B.H., N.K. Savant, and E.T. Craswell. 1983. Effect of a urease inhibitor phenyl phosphorodiamidate on the efficiency of urea applied to rice. *Soil Sci Soc. Am. J.* 47: 270-274.
- Craswell, E.T. and P.L.G. Vlek. 1977. Fate of fertilizer nitrogen applied to wetland rice. In: Nitrogen and rice, IRRI, Los Banos, Philippines: 175-192.
- De Datta, S.K., C.P. Magnaye, and J.C. Moomaw. 1968. Efficiency of fertilizer nitrogen (¹⁵N-labelled) for flooded rice Trans. 9th Int. Soil Sci. Congr., Adelaide, Australia. 4:67-76.
- De Datta, S.K., F.A. Saladaga, W.N. Obcemea, and T. Yoshida. 1974. Increasing efficiency of fertilizer nitrogen in flooded tropical rice. Paper presented at the seminar on optimising agricultural production under limited availability of fertilizers. Fertilizer Association of India, New Delhi, Dec. 13-14, 1974.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons, Inc., Singapore. 618 p.
- De Datta, S.K. 1985. Relevant technology for improving fertilizer use efficiency in lowland rice. Proceeding 16th Meeting, International Rice Commission, FAO., IRRI, Los Banos, Philippines. 10-14 June 1985.
- De Datta, S.K. 1987. Advances in soil fertility research and nitrogen fertilizer management for lowland rice. In: Efficiency of nitrogen fertilizers for rice. I R R I, Los Banos, Philippines: 27-41.
- Fillery, I.R.P., J.R. Simpson, and S.K. De Datta. 1986. Contribution of ammonia volatilization to total nitrogen loss after application of urea to wetland rice field. *Fert. Res.* 8(3):193-201.
- Hauck, R.D. 1980. Mode of action of nitrification inhibitors. In: Nitrification inhibitors-potentials and limitation. Am. Soc. Agron. Pub. No. 38 Madison, Wis.
- Heenan, D.P., and P.E. Bacon. 1987. Effect of nitrogen fertilizer timing on crop growth and nitrogen use efficiency by different rice varieties in Southeastern Australia. In: Efficiency of nitrogen fertilizers for rice. IRRI, Los Banos, Philippines: 97-105.
- Higett, T.P. 1947. Recent developments in fertilizer production technology and economics, with special reference to ammonia and compound fertilizers. ASPAC (Asian and Pacific Council) food and fertilizer technology Center, Taipei, Taiwan, extension Bull. 40-70 p.
- International Rice Research Institute. 1981. Annual report for 1980. Los Banos, Philippines.
- Kai, H., S. Kawaguchi, S. Jirapomcharoen, T. Aibe, P.

- Prabuddham, H. Kunathai, N. Khomtong, and Y. Harathon. 1982. Fate of ^{15}N -fertilizer nitrogen applied in paddy soil. International seminar on productivity of soil ecosystems NODAI Res. Inst., Tokyo Univ. Agri., Tokyo, Japan:193-209.
- Lampe, K. 1995. Rice research: Food for 4 billion people. *Geo Journal* Vol. 35 no. 3:253-259.
- Lakhdiva, B.A., and R. Prasad. 1970. Yield of tall and dwarf indica rice as affected by fertilizer nitrogen with and without nitrification inhibitors. *J. Agric. Sci.* 75:375-379.
- Maeda, K., and Y. Onikura. 1976. Fertilizer nitrogen balance in the soil variously irrigated and a pot experiment with rice plant. *J. Sci. Soil Manure, Japan.* 46:99-105.
- Malhi, S.S., and M. Nyborg. 1979. Rate of hydrolysis of ureas as influenced by thiourea and pellet size. *Plant and Soil.* 51: 177-188.
- Mikkelsen, D.S., and S.K. De Datta. 1979. Ammonia volatilization from wetland rice soil. *In: Nitrogen and rice.* IRRI, Los Banos, Philippines: 135-156.
- Mitsuri, S. 1954. Inorganic nutrition, fertilization and soil amelioration for lowland rice. Yokendo Ltd. Tokyo, Japan.
- Murayama, N. 1979. The importance of nitrogen for rice production. *In: Nitrogen and rice.* IRRI, Los Banos, Philippines: 5-23.
- Nishihara, T., and Y. Tsuneyoshi. 1968. The effect of some nitrification inhibitors on the availability of basic dressing nitrogen to direct sowing rice plant on dry paddy field. *Bull. Fac. Agric. Kagoshima Univ.* 18: 133-141.
- Patrick, W.H.Jr., F.J. Petterson, and F.T. Turner. 1968. Nitrification inhibitors for lowland rice. *Soil sci.* 105: 103-105.
- Patrick, W.H.Jr, and K.R.Reddy. 1976. Fate of fertilizer nitrogen in flooded rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40: 678-681.
- Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.* 24: 29-96.
- Prasand, R., and S.K. De Datta. 1979. Increasing fertilizer nitrogen efficiency in wetland. *In: Nitrogen and rice.* IRRI, Los Banos, Philippines:465-484.
- Reddy, K.R., and W.H. Patrick Jr. 1980. Uptake of fertilizer nitrogen and soil nitrogen by rice using ^{15}N labelled nitrogen fertilizer. *Plant and Soil.* 53:375-381.
- Shiga, H., N. Miyazaki, and S. Sekiya. 1977. Time of fertilizer application in relation to the nutrient requirement of rice plant at successive growth stage. *In: Society of the science of soil and manure.* Tokyo, Japan. Proceedings of the international seminar on soil environment and fertility management in intensive agriculture (SEFMIA) : 223-229.
- Sims, J.L. 1965. Nitrogen fertilization of rice growing on clay soil. *Rice. J.* 68(6):31.
- Stanford, G., R.A.Vander Pol, and S.Dzienai. 1975. Denitrification rates in relation to the total and extractable soil carbon. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:284-289.
- Stangel, P.J., and G.T. Hanis. 1987. Trends in production, trade, and use of fertilizer: a global perspective. *In: Efficiency of nitrogen fertilizer for rice.* IRRI, Los Banos, Philippines:1-26.
- Tanaka, A, S. Patnaik, and C.T. Abichandani. 1959. Studies in the nutrition of rice plant (*Oryza sativa* L.). III Partial efficiency of nitrogen absorbed by rice plant at different stages of growth in relation to yield of rice (*O. Sativa* Var. Indica). *Proc. Indian Acad. Sci. Sec B.* 49 (4):207-216.
- Vlek, P.L.G., and E.T. Craswell. 1979. Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice soil systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:352-358.
- Vlek, P.L.G., and B.H. Byrnes. 1986. The efficiency and loss of fertilizer nitrogen in lowland rice. *In: Nitrogen economy of flooded rice soils.* Martinus Nijhoff publisher: 131-148.
- Well, B.R. and P.A. Shockley. 1975. Conventional and controlled release nitrogen source for rice. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:549-551.