

ผลของการใส่ฟางข้าวและขี้เถ้าที่มีต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรียที่หว่านในนาข้าว
Effect of Rice Straw and Rice Hull Ash Addition on the Efficiency of Urea
Broadcast to a Lowland Rice Field

สาคร ผ่องพันธุ์^{1/} อาร์วิน อาร์ โมซีเออร์^{2/} เจนวิทย์ สุขทองสา^{3/}
Sakorn Phongpan^{1/} Arvin R. Mosier^{2/} Jenvith Sookthongsa^{3/}

ABSTRACT

Field experiments were conducted during consecutive dry and wet seasons in 1998 under a rice-fallow-rice cropping sequence at the Suphanburi Rice Experimental Station to study the effect of rice straw (C/N = 67) and rice hull ash (C/N = 76) application on the efficiency of urea broadcast to lowland rice field after transplanting at a rate of 70 kg N ha⁻¹. The ¹⁵N balance data at grain maturity for the dry season rice showed that fertilizer ¹⁵N recovered by grain from the urea + straw treatment (4%) was significantly lower than those from urea applied either alone (11%) or in combination with hull ash (11%). However, the amounts of ¹⁵N recovered by the straw and roots were similar to all treatment, ranging from 5 to 8% and 0.26 to 0.40%, respectively. After the harvest of dry season rice, 27-36 % of applied N still remained in the soil, locating mainly in the top 0-0.05 m layer below the soil surface. The quantities of unaccounted-for which presumed to be lost as gaseous N emissions from the soil-plant system ranged from 4 to 54 % of the applied N, with no difference among treatment. During both fallow season NO₃-N remained the dominant form of extractable inorganic-N in the soil. The residual fertilizer urea applied to the dry season rice crop could be utilized by the succeeding rice only less than 3% from the original application. In the dry season grain yield responded to N application was significant (P = 0.05). Organic material sources either straw or hull ash did not significantly change grain yield and N accumulation in rice. In terms of grain yield and N uptake by rice, no significant residual effect of urea applied to rice in the dry season was seen on succeeding rice in the wet season.

Key words : rice straw, rice hull ash, N loss, ¹⁵N-urea, lowland rice

^{1/} กลุ่มงานวิจัยนิวเคลียร์เทคนิคการเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900
Nuclear Research in Agriculture Group, Agricultural Chemistry Division Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

^{2/} Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Fort Collins, USA.

^{3/} สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร อ.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000
Suphanburi Rice Research Centre, Rice Research Institute, Department of Agriculture, Maung district, Suphan Buri province 72000

บทคัดย่อ

ดำเนินการทดลองที่ระบบการปลูกข้าวแบบตามกัน คือ ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า-ข้าว ติดต่อกัน ณ สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี ในฤดูนาปรังและนาปี พ.ศ. 2541 เพื่อศึกษาผลกระทบของการใส่ฟางข้าว (อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน = 67) และขี้เถ้าแกลบ (อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน = 76) ที่มีต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยยูเรีย เมื่อใส่แบบหว่านในนาข้าวภายหลังการปักดำในอัตรา 11.2 กก.ไนโตรเจน/ไร่ พบว่าสำหรับข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งเมื่อวัดความสมดุลไนโตรเจน 15 ตอนเมล็ดสุก ปริมาณไนโตรเจน 15 จากปุ๋ยที่ตรวจพบในเมล็ดจากกรรมวิธียูเรีย+ฟาง (4%) ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ยูเรียเพียงอย่างเดียว (11%) และยูเรีย+ขี้เถ้าแกลบ (11%) อย่างไรก็ตามปริมาณการตรวจพบไนโตรเจน 15 ในฟางและราก ระหว่างกรรมวิธีการทดลองไม่แสดงความแตกต่างกัน โดยมีช่วงระหว่าง 5 ถึง 8% และ 0.26 ถึง 0.40% ตามลำดับ ปริมาณของยูเรีย ที่ใส่ให้แก่ข้าวตอนปักดำพบเหลือตกค้างอยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวข้าวในฤดูแล้ง มีช่วงอยู่ระหว่าง 2 - 36% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ โดยส่วนใหญ่ที่ตรวจพบมีการสะสมอยู่ในชั้น 0-5 ซม.จากผิวดิน ปริมาณที่ขาดหายไปซึ่งคาดว่าเกิดการสูญเสียไนโตรเจน โดยการปลดปล่อยสู่บรรยากาศในรูปก๊าซจากระบบดินและพืชมีช่วงระหว่าง 4 ถึง 54% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ และไม่แสดงความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ในช่วงที่ปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนที่สกัดได้ในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปไนเตรต ($\text{NO}_3\text{-N}$) ผลตกค้างของไนโตรเจนจากยูเรียเมื่อใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูแล้ง สามารถใช้ประโยชน์ในข้าวที่ปลูกตามมาได้น้อยกว่า 3%

ของปริมาณที่ใส่เมื่อเริ่มต้น ในฤดูแล้งต้นข้าวสามารถตอบสนองต่อการใส่ไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญ ($P = 0.05$) แต่วัสดุอินทรีย์ไม่ว่าเป็นฟางหรือขี้เถ้าแกลบ ไม่มีผลต่อผลผลิตเมล็ดและการดูดกินไนโตรเจน ผลตกค้างของปุ๋ยยูเรียเมื่อใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปรัง ไม่แสดงความแตกต่างกันในรูปผลผลิตเมล็ด และปริมาณการดูดกินไนโตรเจน สำหรับข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูนาปี

คำหลัก : ฟางข้าว ขี้เถ้าแกลบ การสูญเสียไนโตรเจน ไนโตรเจน 15-ยูเรีย ข้าวนาลุ่ม

คำนำ

การนำเอาเศษพืชและวัสดุอินทรีย์ตกค้างกลับมาใช้ประโยชน์ (recycling) เป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter หรือ SOM) และธาตุอาหารพืชสำหรับรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตของพืช ได้รับความสนใจและมีบทบาทที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่ปุ๋ยเคมีขาดแคลนและราคาแพงขึ้น ซึ่งมีผลกระทบต่อการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรโดยตรง กลยุทธ์การจัดการดังกล่าวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบการปลูกพืชทางการเกษตร เพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชอย่างยั่งยืน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้เสื่อมโทรมน้อยที่สุด (Kumar and Goh, 2000) ในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยทั่วไปเศษพืชตกค้างในข้าวในรูปของฟางเป็นจำนวนมาก ภายหลังเก็บเกี่ยวเอาเมล็ดออกไปแล้วมักจะถูกเผาทิ้งในนาก่อนเตรียมดินสำหรับปลูกพืชถัดไป ซึ่งจะก่อให้เกิดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ไปจากดิน มีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง และ

มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลภาวะทางอากาศจากการปล่อยก๊าซ CO และ CO₂ สู่บรรยากาศ การใส่ฟางข้าว กลับลงในดิน สามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนจากเศษพืชตกค้าง โดยการปล่อยไนโตรเจนออกมาเป็นประโยชน์ต่อทั้งต้นข้าว ภายหลังจากสลายตัวรวมทั้งช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ และชีวเคมีของดินให้ดียิ่งขึ้น (Tanaka, 1978)

ซีเถ้าแกลบเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร วัสดุดังกล่าวมีธาตุซิลิกอน (Si) ในปริมาณที่สูง ต้นข้าวที่ได้รับซิลิกอนในปริมาณที่พอเพียงจะมีผนังเซลล์ที่หนา ทำให้ลำต้นแข็งแรง ต้านทานการล้ม และการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ อย่างไรก็ตามเศษพืชและวัสดุอินทรีย์ตกค้างเพียงอย่างเดียว อาจไม่พอเพียงในการเพิ่มศักยภาพของผลผลิต และความต้องการไนโตรเจนของข้าว ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับเศษพืชและวัสดุตกค้าง จึงมีความสำคัญในการให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจอย่างคุ้มค่า และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากปุ๋ย วิธีการปฏิบัติดังกล่าว เปิดโอกาสให้เกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีราคาแพง และขณะเดียวกันเพิ่มอินทรีย์วัตถุกลับไปในดิน สำหรับรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตพืชอย่างยั่งยืน มีรายงานการวิจัยในต่างประเทศที่เน้นหนักกลยุทธ์การจัดการธาตุอาหารพืชแบบบูรณาการ (integrated nutrient management) โดยใช้ฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว (Williams *et al.*, 1972 ; Verma and Bhagat, 1992 ; Eagle *et al.*, 2000, 2001; Bird *et al.*, 2001) สำหรับการทดลองในประเทศไทยพบว่า การใส่ฟางข้าว

และซีเถ้าแกลบในนาข้าวไม่ทำให้เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาว และรักษาระดับผลผลิตข้าวอย่างยั่งยืน (ประเสริฐ, 2543)

อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวเน้นหนักการประเมินศักยภาพผลผลิตของพืช และปริมาณของวัสดุอินทรีย์ตกค้างที่ทดแทนปุ๋ยเคมี โดยใช้วิธีการธรรมดา วิธีทางนิวเคลียร์ โดยการใช้ไนโตรเจนที่ labeled ด้วยไนโตรเจน 15 สามารถที่จะวัดโดยตรงส่วนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่พืชสามารถนำไปใช้ และส่วนที่เหลือตกค้างในดินภายหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งวิธีการธรรมดาไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างธาตุอาหารพืชที่ดูดขึ้นมาใช้ว่ามาจากดินหรือจากปุ๋ยที่ใส่ลงไป เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีรายงานการวิจัยโดยใช้ไนโตรเจน 15 เทคนิคศึกษาผลกระทบของการจัดการเศษพืชตกค้างต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ และการเปลี่ยนแปลงของยูเรียภายใต้ระบบการปลูกข้าว แบบตามกันภาคกลางของประเทศไทย (สาครและคณะ, 2544)

วัตถุประสงค์ของการทดลองครั้งนี้เพื่อ (1) ประเมินการตอบสนองของข้าวนาลุ่มต่อยูเรีย (ผลผลิตเมล็ดและการดูดกินไนโตรเจน) เมื่อใส่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ 2 ชนิดคือฟางกับซีเถ้าแกลบ และ (2) ทดสอบผลกระทบของการจัดการวัสดุอินทรีย์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพของยูเรียเมื่อใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูแรก และผลตกค้างไนโตรเจนจากยูเรียที่ใส่ในฤดูแรกสำหรับข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูถัดไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ได้ดำเนินการทดลองภายใต้สภาพข้าวนาชลประทานและน่าน้ำฝน ในระบบการปลูก

ข้าวแบบตามกัน คือ ข้าว-ปล่อยที่ว่างเปล่า ข้าวทั้งฤดูนาปรังและนาปี ติดต่อกันบนพื้นที่นาเดิม โดยเริ่มต้นตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2541 ณ ที่ศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี (เส้นรุ้งที่ 14° 30' เหนือ เส้นแวง 100° 0.5' ตะวันออก) ดินที่ทดลองมีวัตถุต้นกำเนิดดินเกิดจากตะกอนของน้ำจืด (fresh water alluvial soil) และจัดอยู่ในชุดดินพินาย (Ustic Endoaquerts) คุณสมบัติบางประการของดินดังกล่าวในระดับความลึกชั้นโพรพอนมีดังนี้ คือ pH (1 : 1ดิน : น้ำ) = 6.2, total N = 1.0 g/kg, อินทรีย์วัตถุ (Walkley-Black) = 21 g/kg, clay = 630 g/kg, sand = 185 g/kg และ cation exchange capacity = 23 cmol/kg

ไถคราดเตรียมดินพื้นที่นาให้อยู่ในสภาพเป็นเทือก พร้อมทั้งปรับระดับพื้นที่ให้ราบเรียบสม่ำเสมอ เตรียมแปลงทดลองขนาด 4x4 ม. จำนวน 24 แปลง ให้มีคันดินสูง 20 ซม. และกว้าง 40 ซม. ขณะเดียวกันนำแผ่นพลาสติกสีดำมาฝังล้อมด้านในของแปลงลึกประมาณ 30 ซม. เพื่อป้องกันการซึมรั่วของน้ำออกจากแปลงทดลอง วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block มี 4 ซ้ำ 6 กรรมวิธีประกอบด้วย (1) ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์และไนโตรเจน (control) (2) ใส่ฟางข้าว สับขนาดความยาว 2-3 ซม. ในอัตรา 800 กก. น้ำหนักแห้ง/ไร่ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจน 4.06 กก./ไร่ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน = 67 (3) ใส่ขี้เถ้าแกลบในอัตรา 800 กก. น้ำหนักแห้ง/ไร่ ซึ่งคิดเป็นปริมาณไนโตรเจน 0.36 กก./ไร่ อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน = 76 (4) ใส่ยูเรีย (46% N) หว่านในน้ำที่ท่วมขังดิน (3 ซม.) ภายหลังการปักดำแล้ว 1 ชั่วโมง) ในอัตรา 11.2 กก. ไนโตรเจน/ไร่ (7 กรัมไนโตรเจน/ตร.ม.) (5) เหมือนข้อ 2

แต่ใส่ยูเรียเหมือนข้อ 4 และ (6) เหมือนข้อ 3 แต่ใส่ยูเรียเหมือนข้อ 4

สำหรับฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบที่ใส่ไว้บนผิวดินได้คราดกลบให้จมลึกใต้ผิวดิน (≈ 0.05 ม.) เมื่อ 1 สัปดาห์ก่อนการปักดำ ใส่ปุ๋ยรองพื้นทริฟเฟิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) ในอัตรา 3.8 กก. ฟอสฟอรัส/ไร่ และ 4.5 กก. โพแทสเซียม/ไร่ ตามลำดับ โดยหว่านไปบนผิวดินที่ได้ปล่อยให้น้ำแห้งโดยการระเหยจนเหลือน้อยที่สุดแล้วคราดกลบให้ปุ๋ยจมลึกใต้ผิวดิน หลังจากนั้นปักดำด้วยต้นกล้าพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 ที่มีอายุประมาณ 3 สัปดาห์ จำนวน 3 ต้น/จับ โดยใช้ระยะปักดำ 20x20 ซม. ภายหลังการปักดำไว้ปล่อยน้ำเข้าในแปลงทดลองให้อยู่ที่ระดับประมาณ 3 ซม. จากผิวดินก่อนทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยหว่านไปบนผิวน้ำที่ท่วมขังดิน ควบคุมรักษาระดับน้ำให้ความลึกของน้ำอยู่ระหว่าง 5-10 ซม. ภายใต้อสภาพการให้น้ำอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโตของข้าวในฤดูปลูก ยกเว้นตอนระยะ 2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อเมล็ดสุกได้ระบายน้ำออกจากแปลงทดลองทั้งหมด

ความสมดุลไนโตรเจน 15

ภายในแปลงทดลองกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 6 ของทุกซ้ำ ผังกรอบเหล็กกล้าไนซ์ (galvanized steel) ขนาด 1.2 x 1.2 ซม. สูง 30 ซม. ให้ลึกลงไปในดิน 15 ซม. เพื่อใช้เป็นบริเวณที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 15 ในรูปยูเรีย (10.1 atom% excess) โดยใช้อัตราและวิธีการใส่เช่นเดียวกันกับที่ได้ปฏิบัติกับแปลงทดลอง เมื่อถึงระยะเมล็ดสุกทำการตัดส่วนของต้นข้าวที่อยู่เหนือดินในบริเวณเนื้อที่

80x80 ซม. (16 กอ) ของแต่ละ microplot แล้ว แยกออกเป็นส่วนของเมล็ดและฟาง หลังจากนั้น ทำการตักน้ำออกจาก microplot อย่างระมัดระวัง จนเหลือน้อยที่สุดโดยไม่ให้กระทบกระเทือนต่อผิว ดิน เก็บตัวอย่างดินโดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างดินที่สามารถเปิดฝาด้านข้างออก ซึ่งทำโดยเหล็กกล้าว ไนซ์ขนาดยาว 40 ซม. กว้าง 13 ซม. และสูง 50 ซม. จำนวน 2 กล่อง นำมาตอกให้ลึกลงไปดิน 30 ซม. ที่บริเวณกอข้าว 4 กอ ตรงจุดศูนย์กลาง ของแปลง หลังจากนั้นนำกล่องเก็บตัวอย่างดินขึ้น มาจากแปลงแล้วทำการเปิดฝาด้านข้างออก และ ตัดชั้นดินตามระดับความลึกที่ 0-5, 5-10 และ 10-20 ซม. ขณะเดียวกันแยกรากออกจากดินแล้ว นำไปล้างน้ำกลั่นให้ปราศจากดิน นำตัวอย่างดินที่ ตัดออกแต่ละชั้นความลึกมาชั่งน้ำหนัก แต่ละชั้น ผสมคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน โดยทั่วแล้ว สุ่มเก็บ ตัวอย่างดินส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาปริมาณความ ชื้นของดินเปียก และอีกส่วนหนึ่งนำไปผึ่งให้แห้ง ในที่ร่ม ก่อนนำไปบดให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 20 ซม. สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจนทั้งหมดและ atom% excess ไนโตรเจน 15 นำส่วนของดินพีชคือเมล็ดฟางและรากไปอบ ที่อุณหภูมิ 65 °ซ. จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงตัว แล้ว ทำการชั่งน้ำหนักก่อนนำส่วนของตัวอย่างดังกล่าว ไปบดให้ละเอียด (15 ซม.) ส่วนหนึ่งของตัวอย่าง ดินและพีชที่บดละเอียดแล้ว ถูกนำไปวิเคราะห์หา ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและอัตราส่วนของ ไนโตรเจนไอโซโทป (ไนโตรเจน 14/ไนโตรเจน 15) โดยวิธี Automated Combustion-Isotope Ratio Mass Spectrometry (Poster and Mosier, 1992)

ตัวอย่างดินของแต่ละชั้นที่เหลือ ภายหลัง

ทำการสุ่มตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี และไอโซโทปเมื่อสิ้นสุดการทดลองในฤดูแล้ง นำกลับใส่แต่ละชั้นบริเวณที่เดิมภายในแปลง microplot

ผลผลิตและการดูดกินไนโตรเจน

เก็บเกี่ยวเมื่อเมล็ดสุกเพื่อวัดผลผลิตใน เนื้อที่ 2x3.2 ม. ของแต่ละแปลงทดลอง นำมานวด ฝัด ตากแดด อบ ลดความชื้น ชั่งน้ำหนักผลผลิต ข้าวเปลือกและปรับค่าผลผลิตที่ระดับความชื้น 14% สุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตที่ระยะเก็บเกี่ยวแล้ว แยกส่วนตัวอย่างออกเป็นเมล็ดและฟาง นำไปอบ ในตู้อบที่อุณหภูมิ 65°ซ. จนกระทั่งน้ำหนักคงตัว ชั่งน้ำหนัก บดให้ละเอียด และวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจนรวมทั้งหมดโดยวิธี Micro-Kjeldahl (Bremner, 1965)

การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในช่วง Fallow

ได้ดำเนินการต่อเนื่องจากการทดลองในฤดู นานับัง ภายหลังการเก็บเกี่ยวด้วยการปล่อยให้พื้นที่ว่าง เปล่าโดยไม่ปลูกพืช (fallow) เป็นระยะเวลาประมาณ 8 สัปดาห์ในแปลง microplot ฝังท่อ PVC ขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. และยาว 10 ซม. ลงไปให้ลึก ประมาณ 10 ซม. ใต้ผิวดิน ที่ระยะ 0, 2, 4 และ 8 สัปดาห์ในช่วง fallow ภายหลังเก็บเกี่ยวทำการเก็บท่อ PVC ที่ฝังไว้ นำขึ้นมาจากแปลง พร้อมกับใช้มีดปาด หน้าดินบริเวณด้านบนและล่างของท่อให้เรียบ ก่อนนำ ส่วนของดินภายในท่อมาชั่งน้ำหนักเปียกและผสมคลุก เคล้ากันให้ทั่ว สุ่มเก็บตัวอย่างดินส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์ หาปริมาณความชื้น และอีกส่วนหนึ่งนำไปสกัดด้วย 2 MKCl (อัตราส่วน 1: 5) เป็นเวลา 1 ชม. ปริมาณน้ำยา สกัดดินที่ได้นำไปกลั่นหา NH₄-N และ NO₃-N ตามวิธี การที่บรรยายไว้ โดย Poster และ Mosier (1992)

การทดลองในฤดูฝน

ได้ทดลองศึกษาหาผลตกค้างของกรรมวิธีไนโตรเจนที่ใส่ให้แก่ข้าว เมื่อปลูกในฤดูก่อนที่มีต่อผลผลิตข้าว ปริมาณการดูดกินไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในฤดูฝนถัดมา โดยใช้แปลงและกรรมวิธีการทดลองอันเดิมยกเว้นไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ประการใด ในฤดูฝนนั้นได้ขังน้ำและคราดไถดินในแปลงทดลองพร้อมกับใส่ฟางข้าวและซีเถ้าแกลบอัตราเดิมก่อนการปักดำประมาณ 1 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชก่อนปักดำต้นข้าวประมาณ 1 ซม. ในแปลงทดลองรวมทั้งในแปลง microplot โดยใช้อัตราพันธุ์ข้าวและระยะปลูกเดิมเหมือนกับที่ได้ปฏิบัติในการทดลองฤดูแล้งและปริมาณที่ตรวจพบไนโตรเจน 15 จากส่วนของตัวอย่างพืชเช่นเดียวกับการทดลองในฤดูแล้ง

ผลการทดลองและวิจารณ์

สภาพลมฟ้าอากาศบริเวณแปลงทดลอง

ปริมาณและการกระจายตัวของฝนพร้อมกับอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดของเดือนต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2541 ซึ่งบันทึก ณ สถานีตรวจอากาศใกล้กับแปลงทดลอง (Figure 1) การกระจายตัวของฝนมีรูปแบบที่ไม่สม่ำเสมอ โดยได้เริ่มตกอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนเมษายนเป็นต้นไป จนกระทั่งมีปริมาณฝนตกเกิดขึ้นสูงสุดในเดือนตุลาคม หลังจากนั้นปริมาณฝนตกเริ่มลดลงจนกระทั่งไม่มีฝนตกในเดือนธันวาคม รวมปริมาณฝนตกสะสมตลอดทั้งปีวัดได้ 1,300 มม. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุดประจำเดือน มีจุดสูงสุดที่เดือนเมษายน (40°C) หลังจากนั้นค่อย ๆ ลดลงจนถึงจุดต่ำสุดที่ 35°C ในเดือนพฤศจิกายน ในขณะที่ค่าเฉลี่ย

อุณหภูมิอากาศต่ำสุดประจำเดือนมีช่วงอยู่ระหว่าง 19 ถึง 23.7°C โดยค่อนข้างคงที่ระหว่างเดือนเมษายนถึงตุลาคม และต่ำสุดที่เดือนธันวาคม สรุปค่าเฉลี่ยประจำปีของอุณหภูมิอากาศสูงสุดและต่ำสุดเท่ากับ 3.6 และ 21.7°C ตามลำดับ

ไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ตกค้างในดิน

การกระจายตัวของไนโตรเจน 15 จากปุ๋ยยูเรียที่เหลือตกค้างอยู่ในชั้นดินของแต่ละกรรมวิธีการทดลองภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในฤดูแล้งมีการสะสมเป็นส่วนใหญ่ (ประมาณ 80%) อยู่บริเวณชั้นผิวดินที่ระดับ 0-6 ซม. (Figure 2) รูปแบบของการกระจายตัวในชั้นดินของการทดลองนี้คล้ายคลึงกับงานทดลองที่ผ่านมา ณ สถานที่ทดลองเดียวกัน (สาครและคณะ, 2544) ในทางตรงกันข้าม ไนโตรเจน 15 ที่วัดได้มีปริมาณค่อนข้างต่ำในชั้นดินระดับ 5-10 ซม. และ 10-20 ซม. สามารถเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าการเคลื่อนย้ายลงลึกภายใต้ดินของยูเรียที่ใส่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปริมาณของไนโตรเจนจากปุ๋ยที่สะสมตกค้างอยู่บริเวณชั้นผิวดิน 0-5 ซม. ของกรรมวิธีการทดลองยูเรีย + ฟางข้าว (31%) สูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ยูเรีย เพียงอย่างเดียว (20%) แต่ไม่แสดงความแตกต่างจากกรรมวิธียูเรีย + ซีเถ้าแกลบ (26%) (Table 1) แสดงให้เห็นการใส่ฟางมีผลต่อการเพิ่มปริมาณ immobilization ของปุ๋ยไนโตรเจนโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Bird et al., 2001) ส่วนไนโตรเจนตกค้างสะสมอยู่ในชั้น 5-10 ซม. และ 10-20 ซม. มีปริมาณน้อยกว่า 4 % ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่และไม่แสดงความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าปริมาณของยูเรียที่ใส่ให้แก่ข้าวตอนปักดำ

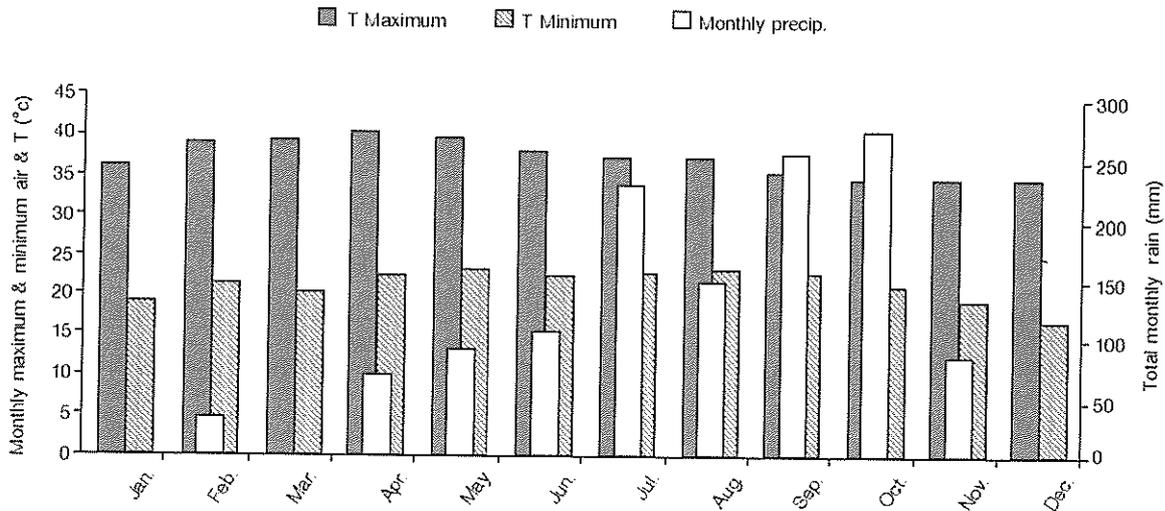


Figure 1. Monthly rainfall and maximum and minimum temperatures at the experimental site during 1998

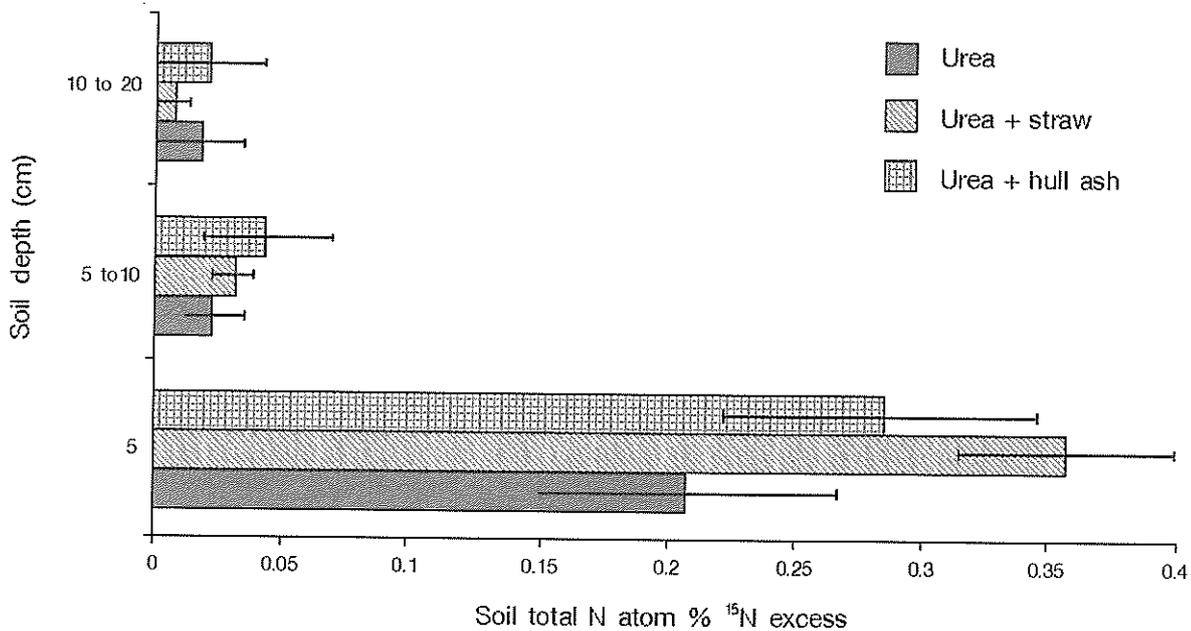


Figure 2. Distribution of residual ¹⁵N - labeled urea in the soil profile at harvest, Suphan Buri, 1998 dry season, the bars indicate the standard error of the means.

มีเหลือตกค้างอยู่ในดินภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในฤดูแล้งระหว่าง 27-30% ของไนโตรเจนที่ใส่ ส่วนใหญ่ของไนโตรเจนตกค้างถูกเปลี่ยนแปลงโดยกระบวนการ immobilization ของไนโตรเจนไปอยู่ในรูปของอินทรีย์ไนโตรเจน และการตรึงไนโตรเจนโดยแอมโมเนียม ($N \text{ fixed } NH_4$) เนื่องจากปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่สกัดได้ในดินในรูปของแอมโมเนียม (NH_4-N) และไนเตรต (NO_3-N) เกิดขึ้นในปริมาณที่รวมกันน้อยกว่า 1% (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

ไนโตรเจน 15 ที่ตรวจพบในต้นข้าว

เมื่อวัดความสมดุลของไนโตรเจน 15 ที่ระยะเมล็ดสุกจากแปลงทดลอง ^{15}N microplot ของฤดูแล้งปี พ.ศ. 2541 (Table 2) พบว่าปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ตรวจพบในเมล็ดจากกรรมวิธียูเรีย + ฟาง (4%) ต่ำกว่ากรรมวิธียูเรียเพียงอย่างเดียว (11%) และยูเรีย + ชี้ถั่วแกลบ (11%) การตรวจพบในฟางและรากระหว่างกรรมวิธีการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันโดยมีช่วงระหว่าง 5 ถึง 8% และ 0.26 ถึง 0.40% ตามลำดับ ปริมาณที่ตรวจพบในต้นข้าวทั้งหมดจากกรรมวิธียูเรียใส่ร่วมกับฟาง (10%) ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ยูเรียเพียงอย่างเดียว (19%) หรือใส่ร่วมกับชี้ถั่วแกลบ (20%) สาเหตุที่ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ตรวจพบในต้นพืชค่อนข้างต่ำในกรรมวิธียูเรีย + ฟางข้าวมองเนื่องมาจากการใส่ฟางข้าวซึ่งมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูง ส่งเสริมให้อินทรีย์ไนโตรเจนจากปุ๋ยถูก immobilize โดยกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน (Eagle *et al.*, 2000, 2001 ; Bird *et al.*, 2001) Eagle และคณะ (2001) พบว่าในข้าวประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียลดลง เมื่อใส่ฟาง

คราดกลบลงไปดินนา ก่อนปลูก เปรียบเทียบกับการเผาฟางซึ่งให้เห็นถึงความสำคัญของ immobilization จากการใส่ฟางข้าว ปริมาณไนโตรเจน 15 จากปุ๋ยที่ตรวจพบในต้นข้าวของการทดลองครั้งนี้ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจพบที่ระยะเก็บเกี่ยวของการทดลองอื่น ๆ ที่ผ่านมาในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในช่วง 30-50% ของไนโตรเจนที่ใส่ (Snitwongse *et al.*, 1988 a,b ; Satrusajang, 1991) อย่างไรก็ตามผลการทดลองครั้งนี้ให้ค่าที่ใกล้เคียงกับการทดลองอื่น ๆ ที่ได้ดำเนินการทดลอง ณ บริเวณใกล้เคียงกับการทดลองปัจจุบัน (สาคร และคณะ, 2544 ; Freney *et al.*, 1995)

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ประโยชน์ไนโตรเจนของข้าวจากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่แบบหว่าน ขณะที่น้ำท่วมขังดินภายหลังปักดำอยู่ในระดับที่ต่ำ ($\approx 20\%$) การใส่วัสดุอินทรีย์ไม่ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยไนโตรเจนแต่ประการใด

การสูญเสียไนโตรเจน

ปริมาณที่ขาดหายไปของไนโตรเจน 15 เมื่อวัดความสมดุลของไนโตรเจน (Table 2) ซึ่งคาดว่าเกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยการปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ในรูปก๊าซจากระบบดินและพืชในกรรมวิธีที่ใส่ยูเรีย ยูเรีย + ฟาง และ ยูเรีย + ชี้ถั่วแกลบ เท่ากับ 54, 54 และ 47% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ตามลำดับและไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ผลการทดลองนี้ให้ค่าการสูญเสียไนโตรเจนสูงกว่าผลการทดลองของ Snitwongse และคณะ (1988 a, b) ซึ่งรายงานการสูญเสีย 20 ถึง 28% ของปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียเมื่อใส่รองพื้นโดยคลุกเข้ากับดินตอน

ระยะปักดำ อย่างไรก็ตามมีรายงานการสูญเสียไนโตรเจนตอนระยะเมล็ดสูงเกิดขึ้นสูงถึง 50% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใส่จากงานทดลองในสภาพไร่นาเมื่อทำการใส่ยูเรียแบบหว่านไปบนผิวน้ำที่ท่วมขังดินภายหลังปักดำ (Satrusajang *et al.*, 1991 ; Frency *et al.*, 1995) การสูญเสียไนโตรเจนเกิดขึ้นเฉลี่ยสูงถึง 50% ของยูเรียที่ใส่ในอัตรา 11.2 กก. ไนโตรเจน/ไร่ ในการทดลองครั้งนี้ไม่พบการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมด้วยหรือไม่ก็ตาม อาจมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพที่ต่ำในการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียของข้าว ประสิทธิภาพที่ต่ำในการดูดกินไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ของข้าวในการทดลองครั้งนี้ อาจเป็นผลจากการสูญเสียไนโตรเจนเกิดขึ้น รวดเร็วกว่าความสามารถของรากพืชจะดูดอนินทรีย์ไนโตรเจนไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนถูกหว่านในสภาพน้ำท่วมขังดินภายหลังปักดำ ดังนั้นจึงมีโอกาสเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในปริมาณที่สูง โดยการระเหยของแอมโมเนีย ทั้งนี้มีรายงานการสูญเสียแอมโมเนียจากปุ๋ยยูเรียภายหลังการหว่านในนาข้าว ณ สถานีทดลองเดียวกับที่ผ่านมาเกิดขึ้น 15-20% ของไนโตรเจนที่ใส่ (Freney *et al.*, 1995 ; Chaiwanakupt *et al.*, 1996) อย่างไรก็ตามเมื่อเร็ว ๆ นี้ สาครและคณะ (2544) ได้ยืนยันการทดลอง ณ สถานีทดลองแห่งนี้ว่าการหว่านยูเรียไปบนน้ำที่ท่วมขังดินภายหลังปักดำ ชักน้ำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียโดยการระเหยประมาณ 10% และการปลดปล่อย $N_2 + N_2O$ ประมาณ 10% ภายในระยะเวลา 11 วัน ภายหลังการใส่ยูเรีย

การดูดกินไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ตกค้าง

การใส่วัสดุอินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณการ

ดูดกินไนโตรเจน จากปุ๋ยที่ตกค้างของข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูฝน (Table 3) เมื่อแสดงออกในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน 15 ที่ใส่เมื่อเริ่มต้นปรากฏว่าไม่พบความแตกต่างของปริมาณที่ตรวจพบในต้นพืชไม่ว่าเป็นเมล็ด ฟาง และรากระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ปริมาณที่ต่ำกว่า 3% ของไนโตรเจนจากยูเรียที่ใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งสามารถเป็นประโยชน์แก่ข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูฝนเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานการทดลองที่ผ่านมาว่า ไนโตรเจนจากปุ๋ยที่เหลือตกค้างในดินนาสามารถตรวจพบได้ในต้นข้าวที่ปลูกตามมาในปริมาณที่ต่ำ (สาครและคณะ, 2544 ; Cao *et al.*, 1984 ; De Datta *et al.*, 1984 ; Panda *et al.*, 1995)

การเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์ในดินตอนช่วงปล่อยที่นาว่างเปล่า

ในช่วงที่ปล่อยให้ที่นาว่างเปล่าโดยไม่ปลูกพืช ภายหลังเก็บเกี่ยวข้าวทั้งสองฤดูปลูกปรากฏว่าปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สกัดได้ในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ NO_3-N มากกว่า NH_4-N (Table 4) โดยในช่วงหลังฤดูแล้ง (NO_3-N , 0.30-0.60 กก. ไนโตรเจน/ไร่) มีปริมาณสูงกว่าในช่วงหลังฤดูฝน (NO_3-N , 0.07-0.10 กก.ไนโตรเจน/ไร่) และไม่แสดงความแตกต่างอย่างเด่นชัดระหว่างกรรมวิธีการทดลองของแต่ละช่วงหลังฤดูปลูก ส่วนแอมโมเนียม-ไนโตรเจนมีปริมาณต่ำไม่ว่าในช่วงปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูแล้ง (NH_4-N , 0.04-0.09 กก. ไนโตรเจน/ไร่) และในช่วงปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูฝน (NH_4-N , 0.04-0.05 กก. ไนโตรเจน/ไร่) ปริมาณทั้งไนเตรตและแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในดินของการทดลองนี้ต่ำกว่ารายงานการทดลองที่ผ่าน

มา ณ สถานีทดลองเดียวกัน (สาครและคณะ, 2544) ความแตกต่างดังกล่าวอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของไนโตรเจนดั้งเดิมในดิน ฤดูปลูก และสภาพลมฟ้าอากาศ การลดลงของไนเตรตภายหลังช่วงปล่อยที่ว่างเปล่าหลังฤดูแล้งอาจเนื่องมาจากเกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการ denitrification อันเป็นผลเนื่องจากการเกิดฝนตกอย่างต่อเนื่องในช่วงที่เก็บตัวอย่างดินในเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม ซึ่งส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการดังกล่าว (Buresh et al., 1993 ; George et al., 1993) ปริมาณไนเตรตซึ่งสะสมในดินช่วงที่ปล่อยให้พื้นที่นาว่างเปล่าหลังฤดูแล้ง เอื้ออำนวยให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนได้ง่าย โดยกระบวนการดังกล่าวข้างต้นเป็นก๊าซ N_2 และ N_2O ปลดปล่อยสู่บรรยากาศเมื่อทำการปล่อยน้ำท่วมขังที่นา และไถคราดดินสำหรับเตรียมดินก่อนปลูกข้าวในฤดูถัดมา (Buresh et al., 1989)

ผลผลิตเมล็ดและการดูดกินไนโตรเจน

ในฤดูแล้งพบว่า การใส่ฟางข้าวให้ผลผลิตเมล็ด (544 กก./ไร่) ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่อะไรเลย (480 กก./ไร่) แต่การใส่ขี้เถ้าแกลบสามารถเพิ่มผลผลิตเมล็ด (608 กก./ไร่) (Table 5) ระหว่างกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหรือไม่ใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียวหรือรวมกับการใส่ฟางหรือขี้เถ้าแกลบให้ผลผลิตเมล็ดไม่แตกต่างกัน แต่ทั้งหมดสามารถเพิ่มผลผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่อะไรเลยและกรรมวิธีที่ใส่ฟางข้าว ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ขี้เถ้าแกลบแม้จะให้ผลผลิตเมล็ดต่ำกว่ากรรมวิธีปุ๋ยและกรรมวิธีปุ๋ย + ขี้เถ้าแกลบ แต่ให้ผลผลิตเมล็ดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีปุ๋ย + ฟางข้าว การดูดกินไนโตรเจนในเมล็ดมีรูปแบบการตอบสนองเช่น

เดียวกับผลผลิตเมล็ดยกเว้นกรรมวิธี ปุ๋ย+ฟางข้าวให้บริเวณการดูดกินไนโตรเจนในเมล็ดต่ำที่สุด ซึ่งอาจเนื่องมาจากฟางข้าวชักนำให้เกิด immobilization ของไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปโดยจุลินทรีย์ในดินซึ่งใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งของพลังงาน (Bird et al., 2001) สำหรับการดูดกินไนโตรเจนในฟาง ไม่ได้รับผลกระทบทั้งจากการใส่ไนโตรเจนหรืออินทรีย์วัตถุแต่ประการใด สำหรับในฤดูฝนซึ่งมีการใส่ฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบในกรรมวิธีการทดลองเดิมแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปรากฏว่ากรรมวิธีที่ใส่ไม่ใส่ฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่อะไรเลย แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่เคยใส่ปุ๋ยในฤดูแล้ง แสดงถึงอิทธิพลของฟางข้าวและขี้เถ้าแกลบเมื่อมีการใส่เพิ่มอีกครั้งในฤดูฝน โดยเฉลี่ยปรากฏว่าผลผลิตเมล็ดในฤดูแล้งเท่ากับ 608 กก./ไร่ เปรียบเทียบกับ 672 กก./ไร่ในฤดูฝน ยังไม่ทราบสาเหตุที่แท้จริงสำหรับผลผลิตเมล็ดที่ต่ำกว่าในฤดูแล้ง

อย่างไรก็ตาม ความแห้งแล้งที่รุนแรงอย่างต่อเนื่องของสภาพอากาศวิปริตจากปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Nino) ซึ่งเกิดขึ้นในฤดูแล้งปี พ.ศ. 2541 อาจสามารถอธิบายถึงสาเหตุดังกล่าวได้ปริมาณการดูดกินไนโตรเจนในเมล็ดและฟางโดยทั่วไปไม่แสดงความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลองทั้งหมด ผลตกค้างของปุ๋ยเมื่อใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งแสดงความแตกต่างกัน ในรูปของผลผลิตเมล็ดและปริมาณการดูดกินไนโตรเจนสำหรับข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูฝนเป็นเครื่องชี้ให้เห็นว่าปริมาณของไนโตรเจนจากปุ๋ยที่เหลือตกค้างในดินภายหลังเก็บเกี่ยวข้าวในฤดูกาลแรก (2-36%) สามารถเป็นประโยชน์ต่อข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูถัดไปเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table 1. Recovery of ¹⁵N-labeled urea (%N applied) in soil depth at harvest ; Suphan Buri, 1998 dry season

Treatment	Soil depth (cm)		
	0 - 5	5 - 10	10 - 20
Urea	20.23 b ^{1/}	2.63	3.99
Urea + straw	30.96 a	3.26	1.44
Urea + hull ash	26.06 ab	4.27	3.51

^{1/} Means in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 2. Balance of ¹⁵N-labeled fertilizer in the soil - plant system at harvest ; Suphan Buri, 1998 dry season

Treatment	¹⁵ N recovery (% N applied)				Unaccounted
	Grain	Straw	Roots	Soil	
Urea	11.23 a ^{1/}	7.29 ^{1/}	0.33 ab ^{1/}	26.80 b ^{1/}	54.35
Urea + straw	4.47 b	5.28	0.26 b	35.66 a	54.33
Urea + hull ash	11.45 a	7.78	0.40 a	33.87 ab	46.50

^{1/} Means in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 3. Uptake of residual ¹⁵N-labeled urea by the second rice crop as affected by residue treatment at harvest ; Suphan Buri, 2000 dry season

Treatment	¹⁵ N uptake			Recovery of initially applied ¹⁵ N			Total
	Grain	Straw	Roots	Grain	Straw	Roots	
	-----kg N/rai-----			-----%-----			
Urea	0.163	0.096	0.002	1.46	0.85	0.02	2.33
Urea + straw	0.197	0.125	0.003	1.75	1.11	0.03	2.89
Urea + hull ash	0.200	0.106	0.003	1.79	0.94	0.03	2.76

Table 4. Soil ammonium - N and nitrate - N accumulation (kg N/rai) during fallow periods from urea ¹⁵N treated microplots

Treatment	Weeks after rice harvest							
	Ammonium - N				Nitrate - N			
	0	2	4	8	0	2	4	8
Wet season fallow								
Urea	0.04	0.07	0.08 a ^{1/}	0.07 ab ^{1/}	0.43 b ^{1/}	0.57	0.54 a ^{1/}	0.34
Urea + straw	0.05	0.06	0.07 b	0.09 a	0.48 a	0.60	0.49 a	0.29
Urea + hull ash	0.05	0.07	0.07 a	0.07 b	0.38 c	0.56	0.39 b	0.36
Dry season fallow								
Urea	0.05	0.04	0.04	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08
Urea + straw	0.05	0.04	0.04	0.04	0.10	0.09	0.08	0.07
Urea + hull ash	0.05	0.04	0.04	0.04	0.10	0.08	0.07	0.07

^{1/} Means in a column for each season followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

Table 5. Mean grain yield and N uptake of rice at maturity as affected by urea and residue management practices ; Suphan Buri, 1999 wet and 2000 dry seasons

Treatment	Wet season			Dry season		
	Grain yield (kg/rai)	N uptake kg N/rai		Grain yield (kg/rai)	N uptake kg N/rai	
		Grain	Straw		Grain	Straw
1. Control	480 d ^{1/}	4.70 c ^{1/}	3.87	592 b ^{1/}	5.01	3.39 ab ^{1/}
2. Straw	544 cd	4.61 c	3.34	688 a	4.86	3.70 ab
3. Hull ash	608 bc	5.07 bc	3.71	704 a	5.73	3.71 ab
4. Urea	04 a	3.34 a	4.13	656 a	4.62	2.91 b
5. Tr 2+4	656 ab	3.42 d	3.97	672 a	5.79	4.29 a
6. Tr 3+4	04 a	5.90 ab	4.03	720 a	5.09	2.93 ab
CV(%)	9.4	14.0	12.6	5.8	18.4	18.9

^{1/} Means in a column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

สรุปผลการทดลอง

ข้าวที่ปลูกในฤดูกลางแรก ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียที่ตรวจพบในเมล็ดและฟางของกรรมวิธีการทดลองค่อนข้างต่ำ คือ 4-11 และ 5 % ของไนโตรเจนที่ใส่ตามลำดับ ไนโตรเจนจากปุ๋ยที่เหลือตกค้างในดินภายหลังเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 2-30% ส่วนปริมาณที่ขาดหายไปคาดว่าเกิดการสูญเสียไนโตรเจนโดยการปลดปล่อยสู่บรรยากาศ ในรูปก๊าซจากระบบดินและพืช สูงถึง 47-54% ของปริมาณที่ใส่จากปุ๋ยยูเรียไม่ว่าใส่เพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับฟางข้าวหรือขี้เถ้าแกลบ ผลตกค้างของไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียเมื่อใส่ให้แก่ข้าวที่ปลูกในฤดูแล้งสามารถใช้ประโยชน์ในข้าวที่ปลูกตามมาในฤดูฝนได้เพียงแค่ประมาณ 3% ของไนโตรเจนที่ใส่เมื่อเริ่มต้นภายใต้ระบบการปลูกข้าวแบบติดต่อกันทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ซึ่งสามารถสะท้อนออกมาในรูปของผลผลิตเมล็ดและการดูดกินไนโตรเจน การใส่วัสดุอินทรีย์ไม่ว่าเป็นฟางข้าวหรือขี้เถ้าแกลบร่วมกับยูเรียไม่มีผลช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ด และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากปุ๋ย เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. เอกสารทางวิชาการกลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 84 หน้า.

สาคร ผ่องพันธ์, A. R. Mosier และเจนวิทย์ สุขทองสา. 2544. ผลของการจัดการเศษพืชตกค้างที่มีต่อการสูญเสียและความสมดุล

ไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียในระบบการปลูกข้าว. *วารสารวิชาการเกษตร* 19 : 140-156.

Bird, J. A., W. R. Horwath, A.J. Eagle and C. Kessel. 2001. Immobilization of fertilizer nitrogen in rice : effects of straw management practices. *Soil Sci Soc. Am. J.* 65 : 1143-1152.

Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. Pages 1149-1178. *In* : Black CA (ed) *Methods of Soil Analysis Part 2*, Am Soc. Agron, Madison, WI.

Buresh, R. J., T. Woodhead, K.D. Shepherd, E.V. Flordeles and R.C. Cabangon 1989. Nitrate accumulation and loss in a mungbean/lowland rice cropping system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53 : 477-482.

Buresh, R. J., T. T. Chua, E. G. Castillo, S. P. Liboon and D. P. Garity. 1993. Fallow and sesbania effect in soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. *Agron. J.* 84 : 316-321.

Cao, Z.H., S. K. De Datta and I. R. P. Fillery. 1984. Nitrogen-15 balance and residual effects of urea-N in wetland rice field as affected by deep placement techniques. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 4 : 203-208.

Chaiwanakupt, P., J. R. Freney, D. G. Keerthisinghe, S. Phongpan and R. L. Blakeley. 1996. Use of urease, algal

- and nitrification inhibitors to reduce nitrogen loss and increase the grain yield of flooded rice (*Oryza sativa* L.) *Biol. Fertil. Soils.* 22 : 89-95.
- De Datta, S. K., I. R. P. Fillery, W. N. Obcemea and R. C. Evangelista. 1987. Floodwater properties, nitrogen utilization, and nitrogen-15 balance in a calcareous lowland rice soil. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 51: 1355-1362.
- Eagle, A. J., J. A. Bird, W.R. Horwath , B. A. Linnquist , A. M. Boudier , J. E. Hill and C. Kessel. 2000. Rice yield and nitrogen utilization efficiency under alternative straw management practices. *Agron.J.* 92: 1096-1103.
- Eagle, A.J., J.A. Bird , W.R. Horwath and C.Kessel. 2001. Nitrogen dynamics and fertilizer use efficiency in rice following straw incorporation and winter flooding. *Agron.J.* 93 : 1346-1354.
- Freney, J.R., D.G. Keerthisinghe, S. Phongpan, P. Chaiwanakupt and K. Harrington. 1995. Effect of urease, nitrification and algal inhibitors on ammonia loss and grain yield of flooded rice in Thailand. *Fert. Res.* 40 : 225-223.
- George, T., J. K. Ladha, D. P. Garity and R. J. Buresh. 1993. Nitrate dynamics during the aerobic soil phase in lowland rice-based cropping system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 1526-1532.
- Kumar, K and K. M. Goh. 2000. Crop residues and management practices : Effects on soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Adv. Soil Sci.* 68 : 197-319.
- Panda, M. M., A. R. Mosier, S.K. Mohanty, S. P. Chakravorti, A. B. Cahlam and M. D. Reddy. 1995. Nitrogen utilization by lowland rice as affected by fertilization with urea and green manure. *Fert. Res.* 40 : 215-233.
- Poster, L.K. and A.R. Mosier. 1992. ¹⁵N Techniques and analytical procedures : Indo/U.S. Science and Technology Initiative. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-95 : 1-26.
- Satrusajang, A., P.Snitwongse ; R. J. Buresh and D. K. Friesen. 1991. Nitrogen-15 and sulfur-35 balances for fertilizers applied to transplanted rainfed lowland rice. *Fert. Res.* 2 : 55-65.
- Snitwongse, P., A. Satrusajang and R. J. Buresh. 1988 a. Fate of nitrogen fertilizer applied to lowland rice on a Sulfic Tropaquept. *Fert. Res.* 16 : 211-240.
- Snitwongse, P., C. Siripaiboon, A. Satrusajang and P.Chaiwanakupt. 1988 b. Fate and efficiency of fertilizer nitrogen (¹⁵N labeled) in wetland rice soil in

- Thailand. *Thai. J. Agric. Sci.* 21 : 277-283.
- Tanaka, A. 1978. Role of organic matter. Pages 605-620. *In* : Soils and Rice. International Rice Research Institute (IRRI), Los Banos, Philippines.
- Verma, T. S. and R. M. Bhagat. 1992. Impact of rice straw management practices on yield nitrogen uptake and soil properties in a wheat-rice rotation in Northern India. *Fert. Res.* 33 : 97-106.
- Williams, W. A., M. D. Morse and J.E. Ruckman. 1972. Burning vs incorporation of rice crop residues. *Agron. J.* 64 : 467-467.