

อิทธิพลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าว
และการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน

**Influence of Nitrogen Fertilizer Application Methods
on Rice Yield and Changes in Soil Ammonium and Nitrate**

วีณา นิลวงศ์¹ และ ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา¹

Weena Nilawonk¹ and Paibool Wivutvongvana¹

Abstract: The study consisted of two experiments conducted concurrently at the Multiple Cropping Center (MCC) and Mae Hia Agricultural Research Station and Training Center (MH) Faculty of Agriculture, Chiang Mai University during 2001-2002. The objectives were to examine the influence of N-fertilizer split-application (a total rate of 20 kg N rai^{-1}) on yield of paddy rice, Klong Laung 1 cultivar. Changes in soil NH_4^+ and NO_3^- in each fertilizer treatment were also investigated.

Results indicated that rice yields obtained from MH experimental plots which had relatively high organic matter and total N contents, were not statistically different among fertilizer treatments. On the other hand, at the MCC plots with considerably low organic matter and total N, the three equal split-applications of nitrogen resulted in the highest grain yield.

At both MH and MCC experimental plots, concentrations of NH_4^+ and NO_3^- in surface and subsoils tended to decrease 1-3 months after rice planting for all treatments. Particularly, the NO_3^- concentration decreased rapidly to almost 0 mg N. kg^{-1} within the first month (submerged condition). Upon drainage, however, both NH_4^+ and NO_3^- in the soil tended to increase 1-2 months after rice harvesting. Considering the very low NH_4^+ (0.03-3.42 mg N. kg^{-1}) and NO_3^- (0.00-1.94 mg N. kg^{-1}) concentrations noted in the surface water and subsoil, the application methods and N-fertilizer rate used in the experiment were unlikely to have any adverse effect on the environment.

¹ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

¹ Department of Soil science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : การศึกษาประกอบด้วยสองการทดลอง กระทำพร้อมกันที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (MCC) และที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ (MH) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่าง พ.ศ.2544-2545 วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจน (split-application) (อัตรา 20 กก. ในโตรเจน ต่อไร่) ต่อผลผลิตของข้าวนาดีพันธุ์คลองหลวง 1 ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินชั้นบน (0-20 ซม.) และชั้นล่าง (30-70 ซม.) จากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยดังกล่าว

ผลการทดลองพบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนที่ระยะเวลาต่างๆ กันที่แปลงทดลอง MH ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุและ total N ในดินค่อนข้างสูง ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ในแปลงทดลองที่ MCC ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุและ total N ในดินต่ำ พบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยครั้งละเท่าๆกัน 3 ครั้ง คือ ก่อนการปักดำ และ 3 และ 6 สัปดาห์หลังการย้ายกล้าทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด

ทั้งในแปลงทดลองของ MH และ MCC ในทุกกรรมวิธีการการใส่ปุ๋ย ความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินชั้นบนและชั้นล่างมีแนวโน้มลดลงในช่วง 1-3 เดือนหลังจากการปักดำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเข้มข้นของ NO_3^- ลดลงอย่างรวดเร็วถึงใกล้ 0 มก. ในโตรเจนต่อ กก. ภายในเดือนแรกหลังการปักดำ (สภาพน้ำขัง) อย่างไรก็ตามเมื่อมีการระบายน้ำออก ความเข้มข้นของทั้ง NH_4^+ และ NO_3^- มีแนวโน้มสูงขึ้น 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว เมื่อคำนึงถึงความเข้มข้นที่ต่ำมากของ NH_4^+ (0.03-3.42 มก. ในโตรเจนต่อ กก.) และ NO_3^- (0.00-1.94 มก. ในโตรเจนต่อ กก.) ทั้งในน้ำเหนือผิวดินและในดินชั้นล่าง การใส่ปุ๋ยในโตรเจนด้วยกรรมวิธีต่างๆตามอัตราที่ใช้ในการทดลอง ไม่น่าจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

Index words: ปุ๋ยในโตรเจน อิทธิพล ผลผลิตข้าว แอมโมเนียม21 ไนเตรต

Fertilizer, Nitrogen, Rice yield, Ammonium, Nitrate

คำนำ

พืชรวมทั้งข้าวคูใช้ไนโตรเจนจากสารละลายดินทั้งในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรต (NO_3^-) ความเข้มข้นของไนเตรตและแอมโมเนียมทั้งที่อยู่ในสารละลายและดูดซับอยู่บนอนุภาคดินที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable) มักใช้เป็นดัชนีที่สำคัญอันหนึ่งในการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (Sim, 2000) อย่างไรก็ตามปริมาณของไนโตรเจนในรูปดังกล่าวมักจะผันแปรและเปลี่ยนแปลงได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่ปลูกข้าวในสภาพน้ำขัง

ในการปลูกข้าวสภาพน้ำขัง การเปลี่ยนแปลงของ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ และการสูญเสียของไนโตรเจน

ส่วนใหญ่มักเป็นผลสืบเนื่องมาจากกระบวนการที่เกิดควบคู่กันของ nitrification และ denitrification (Inko et al., 1998) โดย NH_4^+ จะถูก nitrified ไปเป็น NO_3^- ในชั้น oxidized layer ที่ผิวดินและบริเวณรากข้าวซึ่งมีก๊าซออกซิเจนอยู่พอเพียง (Patrick and Reddy 1976; De Datta, 1981) ส่วน NO_3^- จะถูก denitrified ไปเป็นก๊าซ N_2O หรือ N_2 ในชั้น reduced layer ซึ่งอยู่ชั้นล่างถัดลงมาจากชั้น oxidized layer การสูญเสียของไนโตรเจนในรูปของก๊าซนี้มีปริมาณมากถึง 30 - 40 % ของปุ๋ยที่ใส่ให้กับต้นข้าว (De Datta, 1981) การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยในนาข้าว ในทางปฏิบัติมักใช้ปุ๋ยในโตรเจนในรูป NH_4^+ ในปริมาณที่พอเหมาะต่อความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต ทั้งนี้พืช

จะดูคใช้ปุ๋ยดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณของ NH_4^+ ที่จะถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- และสูญเสียไปโดยกระบวนการ denitrification ลดลง นอกจากนี้มันยังจะช่วยลดการสูญเสียของไนโตรเจนโดยการถูกชะล้างลงสู่ส่วนล่างของดิน มีผลทำให้ลดการปนเปื้อนของไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของงานทดลองในครั้งนี้ เพื่อศึกษาอิทธิพลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโตต่อผลผลิตของข้าวนาดำ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มการถูกชะล้างของ NH_4^+ และ NO_3^- ลงสู่ดินชั้นล่าง ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ย และลดการปนเปื้อนของไนโตรเจนสู่แหล่งน้ำธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การทดลองนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง "การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรดในดินที่มีส่วนสัมพันธ์กับการผลิตข้าว" ในการทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการศึกษาได้ทำการทดลองพร้อมกันสองแห่ง ณ แปลงทดลองศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร (MCC) และสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ (MH) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ในฤดูนาปี ระหว่างเดือนมิถุนายน 2544 – มกราคม 2545 โดยใช้พันธุ์ข้าวหอมคลองหลวง 1 การทดลองประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต (20%N) 6 กรรมวิธี (Treatments) ในแผนการทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ โดยในแต่ละ

กรรมวิธีจะมีอัตรารวมของปุ๋ยเท่ากันคือ 20 กก. ในโตรเจน ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยทั้ง 6 กรรมวิธี ได้แก่ :

- กรรมวิธีที่ 1 ใส่ 1 ครั้ง หลังการปักดำ 3 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 2 แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่หลังการปักดำ 2 และ 6 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 3 แบ่งเป็น 2 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำและหลังการปักดำ 6 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 4 แบ่งเป็น 3 ส่วนเท่าๆกันโดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำและหลังการปักดำ 3 และ 6 สัปดาห์
- กรรมวิธีที่ 5 ไม่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (control)
- กรรมวิธีที่ 6 ไม่ปลูกข้าวและไม่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (blank)

ส่วนปุ๋ยทรีฟเฟิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46% P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นก่อนการปักดำในอัตรา 8 กก. P ต่อไร่ และ 6 กก. K ต่อไร่ ตามลำดับ โดยใส่เท่ากันทุกกรรมวิธีก่อนการปักดำและการใส่ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินชั้นบน (0-20 ซม.) เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทั่วไปทางเคมี ส่วนการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียม-ไนเตรดในดินได้ทำการศึกษาที่ระดับความลึก 2 ระดับ คือ 0-20 ซม. (rooting zone) และ 60-70 ซม. (accumulated leaching zone) แต่เนื่องจากที่ระดับ 60-70 ซม. ในแปลงทดลอง MH มีลักษณะดินเป็นทรายปนกรวดซึ่งยากในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ จึงทำการเก็บที่ระดับความลึก 30-50 ซม. ตัวอย่างดินดังกล่าวเก็บเดือนละครั้งรวมทั้ง 6 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนเริ่มการปักดำจนถึงฤดูการเก็บเกี่ยว ตัวอย่างดินที่เก็บแต่ละ

ครั้งจากแปลงทดลองได้นำมาวิเคราะห์ทันที โดยทำการสกัดด้วยสารละลาย 2 M KCl ในอัตราส่วนน้ำหนักดินเปียกต่อ 2 M KCl เท่ากับ 1 ต่อ 10 แล้วตามด้วย steam distillation ที่เสนอโดย Malvaney (1996) ในการเก็บตัวอย่างดินแต่ละครั้งได้เก็บตัวอย่างน้ำแต่ละแปลงเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ โดยวิธี steam distillation ดังกล่าวควบคู่ไปด้วย

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินชั้นบน (0-20 ซม.) ที่แปลงทดลอง MCC และ MH ก่อนการปักดำ และก่อนการใส่ปุ๋ยในแต่ละกรรมวิธีได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

อิทธิพลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าว

ผลผลิตเมล็ดข้าวในแต่ละกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับจากแปลงทดลอง MH ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 2) กรรมวิธีที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด (959.5 กก.ต่อไร่) คือ กรรมวิธีที่มีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้งๆละเท่ากัน โดยใส่รองพื้นและแต่งหน้าในสัปดาห์ที่ 6 หลังการปักดำ สำหรับในแปลงทดลอง MCC พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยกรรมวิธีที่ 1-4 ไม่ทำให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่แปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (control) ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวลดลงอย่างเด่นชัด (486.9 กก.ต่อไร่) กรรมวิธีที่มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด (830 กก.ต่อไร่) คือ กรรมวิธีที่มีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ครั้งๆละเท่ากัน โดยใส่รองพื้นก่อนการปักดำ และแต่งหน้าในสัปดาห์ที่ 3 และ 6 หลังการปักดำ อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยในทุกกรรมวิธีของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับจากแปลงทดลอง MH มีแนวโน้มสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับที่

ได้รับจาก MCC ทั้งนี้เนื่องจากดินที่แปลง MH มี pH และอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่า (ตารางที่ 1)

อิทธิพลของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน

การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมในดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม.

จากการศึกษาพบว่าก่อนการปักดำในแปลงทดลอง MH (ภาพที่ 1a) ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. อยู่ในช่วง 9.44-11.31 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. ส่วนหลังการปักดำ 1 เดือน กรรมวิธีที่ 2-5 มีความเข้มข้นของ NH_4^+-N ลดลงมาอยู่ในช่วง 3.77-7.00 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. แต่ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในกรรมวิธีที่ 1 และ 6 เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากว่าในกรรมวิธีที่ 1 มีการเก็บตัวอย่างดินหลังการใส่ปุ๋ยเพียง 10 วันในอัตราที่สูง (20 กก. ไนโตรเจนต่อไร่) ทำให้มีการสะสมของ NH_4^+-N ที่พืชยังไม่ได้ดูดไปใช้มากกว่าในกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนกรรมวิธีที่ 6 นั้นไม่มีการปลูกข้าวจึงมีการสะสมของ NH_4^+-N อยู่ในชั้นดิน หลังการปักดำ 2-3 เดือน ความเข้มข้นของ NH_4^+-N ในทุกกรรมวิธีที่ปลูกข้าวจะลดลง การเปลี่ยนแปลงของปริมาณ NH_4^+-N ในดินในช่วง 3 เดือนแรกหลังปักดำ มีแนวโน้มค่อยๆลดลงในทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าวเนื่องจากว่า การเจริญเติบโตของข้าวอยู่ในช่วง vegetative growth – reproductive phase ต้นข้าวจะมีการดูดไนโตรเจนไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมไว้ในลำต้นมากที่สุดในช่วงดังกล่าว ในระยะนี้จะมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบสูงสุดโดย 70% จะสะสมที่ใบตรงมากที่สุด (Norman *et al.*, 1992) ในช่วง 2-3 เดือนหลังการปักดำ ซึ่งอยู่ในระยะ reproductive phase ข้าวจะได้รับไนโตรเจน

ในระหว่างการสร้างและพัฒนาเมล็ดจากการดูดใช้ไนโตรเจนจากดิน 14 % และอีก 86 % ข้าวจะดูดไนโตรเจนจากดินและใบซึ่งสะสมไว้ในระยะแรก (vegetative growth) โดยได้จากแผ่นใบ 58 % และกาบใบ 28 % (Mae, 1986) สำหรับระยะสร้างรวงอ่อนนั้นจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ดูดใช้จากดินโดยสะสมไว้ที่ใบ 50% ของไนโตรเจนทั้งหมด (Mikkelsen *et al.*, 1995)

จากการศึกษาความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในดินหลังการเก็บเกี่ยว (4-5 เดือนหลังการปักดำ) พบว่าปริมาณของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในดินเพิ่มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าว แสดงให้เห็นว่าหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปแล้ว จะมีการสะสมของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในดิน สำหรับกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวพบว่าความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ มีแนวโน้มคงที่

ในแปลงทดลอง MCC (ภาพที่ 1b) พบว่าการเก็บตัวอย่างดินก่อนทำการปักดำ ในทุกกรรมวิธีมีความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในดินอยู่ในช่วง 3.75-6.35 มก. ในโตรเจนต่อ กก. หลังการปักดำ 1 เดือนมีแนวโน้มลดลง และหลังการปักดำได้ 3 เดือนความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ลดลงต่ำสุด ซึ่งให้ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ MH ในช่วง 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว (4-5 เดือนหลังการปักดำ) ความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวจะมีปริมาณคงที่และค่อยๆลดลงในช่วง 2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งในช่วง 2 เดือนดังกล่าวความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในทุกกรรมวิธีลดลง ให้ผลที่แตกต่างไปจากที่ได้รับจากการทดลองที่ MH ทั้งนี้เนื่องจากแปลงทดลองที่ MCC มีวัชพืชเจริญเติบโตมากหลังการเก็บเกี่ยวข้าว (มีการระบายน้ำออก) ทำให้มีการดูดใช้ไนโตรเจนไปจากดินในปริมาณที่สูง

การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมในดินที่ระดับความลึก 30-50 และ 50-70 ซม.

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในแปลงทดลองที่ MH (ภาพที่ 1c) ที่ระดับความลึก 30-50 ซม. ในช่วงระยะเวลาต่างๆ พบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการปลูกข้าวความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ค่อยๆลดลงจนถึงเดือนที่ 3 หลังการปักดำซึ่งมีความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ต่ำสุด ส่วนหลังการเก็บเกี่ยวความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ในทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับกรรมวิธีที่ไม่มีการปลูกข้าวความเข้มข้นของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ค่อนข้างคงที่

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ที่ระดับความลึก 50-70 ซม. ที่แปลงทดลอง MCC (ภาพที่ 1d) พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใกล้เคียงกับการทดลองที่ MH

การเปลี่ยนแปลงไนเตรตในดินที่ระดับความลึก 0-20 30-50 และ 50-70 ซม.

จากการวิเคราะห์ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ในดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 30-50 ซม. ในแปลงทดลองที่ MH และ 50-70 ซม. ที่ MCC (ภาพที่ 2) พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะใกล้เคียงกันคือหลังการปักดำ (ขังน้ำ) ปริมาณ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ มีความเข้มข้นน้อยมากในดิน โดยทุกกรรมวิธีลดลงมาอยู่ใกล้ศูนย์ภายในเดือนแรกและตลอดระยะเวลาการขังน้ำ และเมื่อมีการระบายน้ำออกในช่วง 1-2 เดือนหลังการเก็บเกี่ยวพบว่าปริมาณของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกกรรมวิธีการทดลอง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ $(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-) - \text{N}$ พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในดินจากทุก

กรรมวิธีการทดลองในแปลง MH มีแนวโน้มสูงกว่าใน MCC ทั้งนี้เนื่องจากว่าดินในแปลง MH ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและ total N สูงกว่าใน MCC (ตารางที่ 1) ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการรายงานของ Mitsushi (1974) และ ทศนีย์ (2543) ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าในดินที่มีไนโตรเจนสูงจะมีการสะสม NH_4^+ ได้เร็วและมีค่าสูงกว่าดินที่มีไนโตรเจนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุสูง ดังเช่นในกรณีของดินในแปลงทดลอง MH ซึ่งมีอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจน

สูงกว่าที่ MCC จะมีการสะสมของ NH_4^+ ในสารละลายดินสูง ส่งผลให้มีแนวโน้มการสะสมของ NH_4^+ ในดินชั้นล่างอันเนื่องจากการชะล้าง (Patrick and Reddy, 1976) สูงกว่าที่ MCC ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเหนียวปนร่วน ในส่วนของ NO_3^- พบว่ามีปริมาณน้อยมากในดินเมื่อเทียบกับปริมาณของ NH_4^+ เนื่องจากดินที่ปลูกข้าวในเขตร้อนจะมีการสูญเสีย NO_3^- อย่างรวดเร็วภายใน 2-3 วันหลังการขังน้ำ อันเนื่องจากระบวนการ denitrification (Ponnamperuma, 1978)

Table 1 Chemical analyses of surface soil samples (0-20 cm depth) taken from MH and MCC experimental plots.

Location	pH ^{1/}	OM ^{2/} g. 100 g ⁻¹	Total N ^{3/} g. 100 g ⁻¹	P ^{4/} mg. kg ⁻¹	K ^{5/} mg. kg ⁻¹	Ca ^{5/} mg. kg ⁻¹	Mg ^{5/} mg. kg ⁻¹
MCC	4.56	0.636	0.043	59.97	39.5	414.6	38.1
MH	5.72	0.962	0.060	5.18	39.5	414.6	61.3

^{1/} Soil : H₂O = 1 : 1

^{2/} Walkley&Black method

^{3/} Kjeldahl method

^{4/} Bray II method

^{5/} 1 M NH₄OAc, pH 7.0 extraction

Table 2 Influence of nitrogen fertilizer treatments on rice grain yields obtained from MH and MCC experimental plots.

Treatment	Total rate of 20 kg N rai ⁻¹				Grain yield (kg rai ⁻¹)*	
	BT	2 weeks AT	3 weeks AT	6 weeks AT	MCC	MH ^{NS}
1	0	0	1	0	698.3a	856.5
2	0	1/2	0	1/2	761.3a	954.3
3	1/2	0	0	1/2	741.9a	959.5
4	1/3	0	1/3	1/3	830.0a	901.9
5 (control)	0	0	0	0	486.9b	905.6
6 (blank)	0	0	0	0	-	-
average					630.3	915.6

* mean yields with the same letter are not significantly different at probability level ≤ 0.05

NS = non-significant

BT= before transplanting ; AT= after transplanting

อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อ สิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์และพิจารณาปริมาณของ NH_4^+ และ NO_3^- ทั้งในดินชั้นบนและระดับความลึก 30-70 ซม. ในแต่ละกรรมวิธีการการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตของข้าวทั้งที่ MH และ MCC พบว่ามีปริมาณที่ต่ำมาก โดยเฉลี่ย

ความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ในช่วง 0.03-3.42 และ 0.00-1.94 มก. ไนโตรเจนต่อ กก. ตามลำดับ (Fig. 1 และ 2) นอกจากนั้นปริมาณของไนโตรเจนในรูปดังกล่าวที่อยู่ในน้ำเหนือผิวดินที่วิเคราะห์ได้ก็ต่ำมากจนถือว่าเป็นศูนย์ ดังนั้นอัตราของปุ๋ยและกรรมวิธีต่างๆของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ในการทดลอง ไม่น่าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

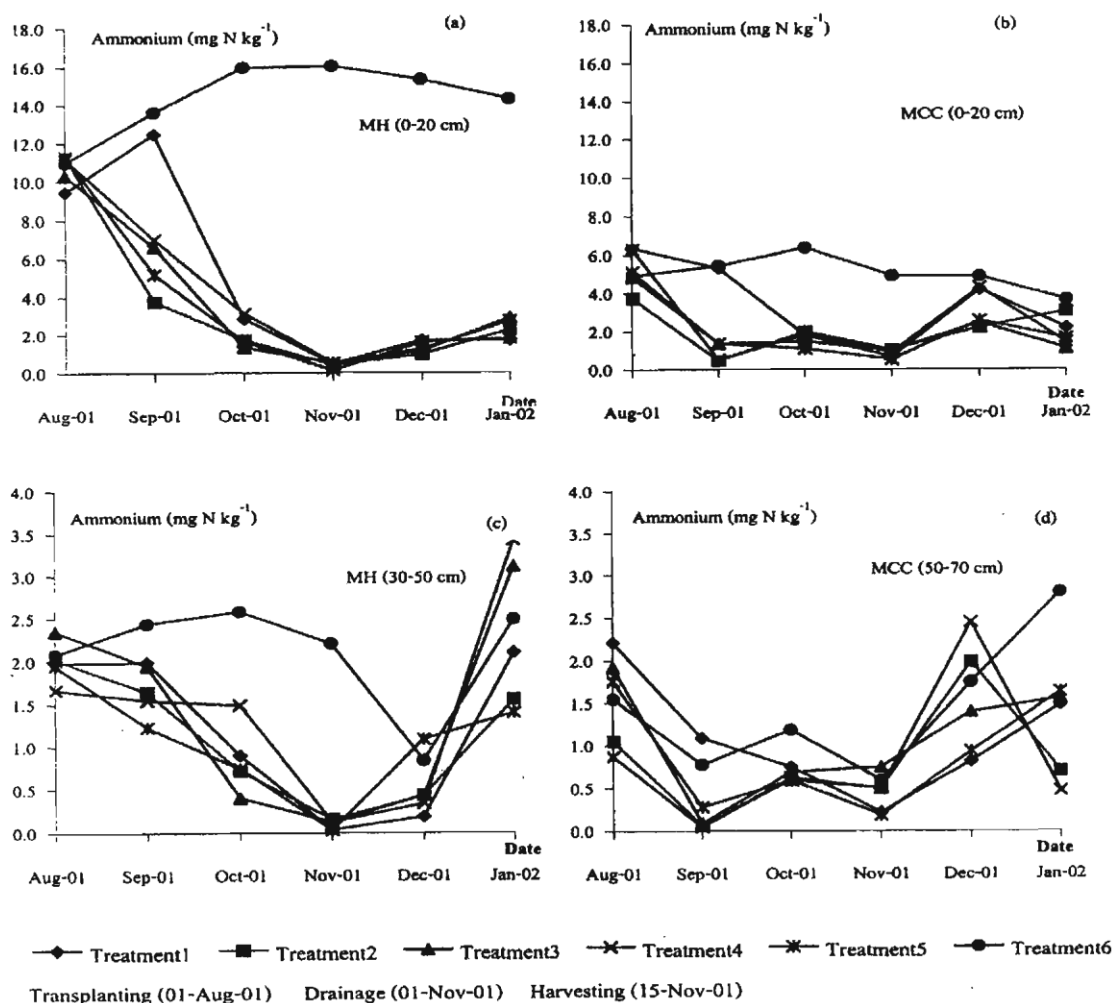


Figure 1 Changes in ammonium concentrations at different soil depths as influenced by nitrogen fertilizer treatments at MH and MCC experimental plots.

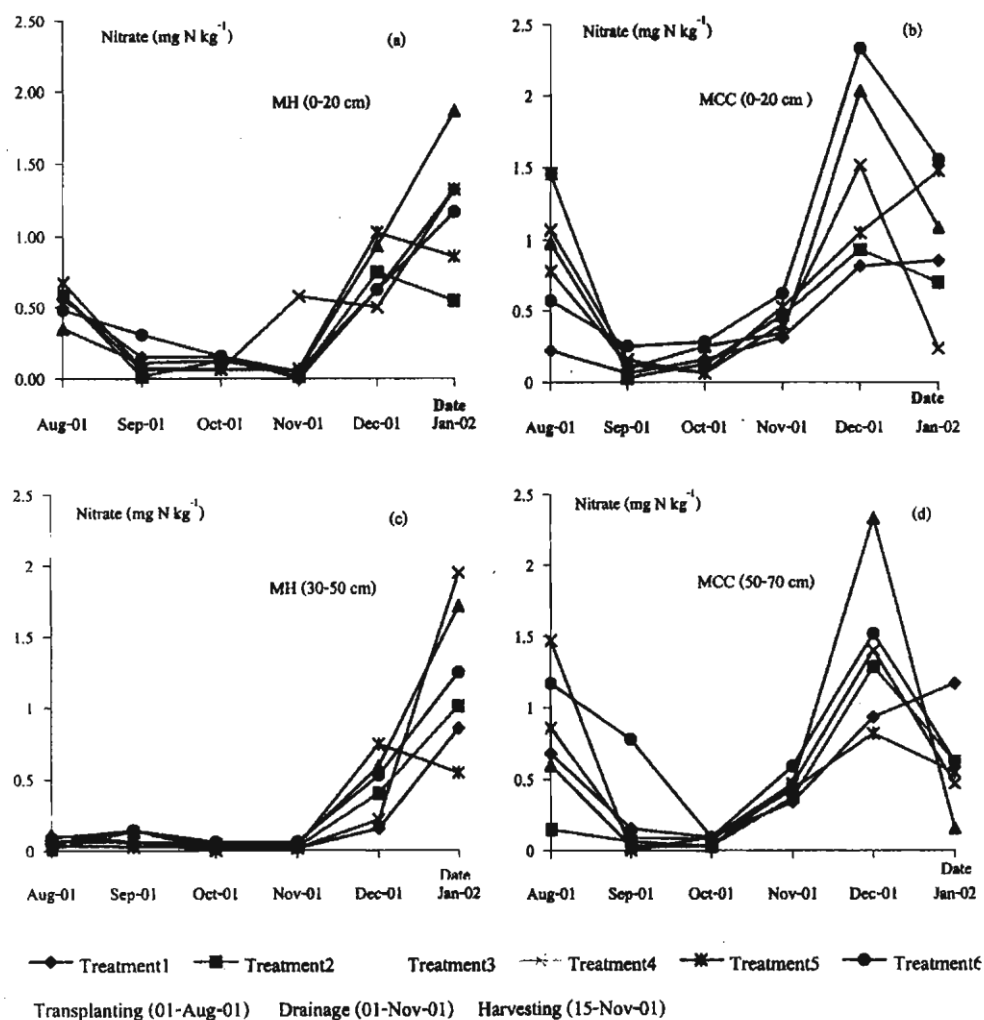


Figure 2 Changes in nitrate concentrations at different soil depths as influenced by nitrogen fertilizer treatments at MH and MCC experimental plots.

สรุปผลการทดลอง

กรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาต่างๆที่ใช้ในการทดลอง ไม่มีอิทธิพลต่อผลผลิตเมล็ดข้าวในดินที่มีอินทรีย์วัตถุและ total N ค่อนข้างสูง (MH) ส่วนในดินที่มีอินทรีย์วัตถุและ total N ต่ำ (MCC) ควรมีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเท่าๆกัน 3 ครั้ง โดยการใส่รองพื้นและแต่งหน้าในช่วง 3 และ 6 สัปดาห์ หลังการปักดำ จะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด

การเปลี่ยนแปลงของ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ในดินจากกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาต่างๆของการปลูกข้าวมีแนวโน้มลดลงในช่วง 1-3 เดือนหลังการปักดำ และลดลงต่ำสุดในเดือนที่ 3 หลังการปักดำ โดยในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า (MH) ปริมาณของ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ในดินชั้นบนและชั้นล่างมีแนวโน้มสูงกว่าในดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ส่วนการสะสมของ $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ในดินช่วง 1-2 เดือน หลังการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่าง อย่างไรก็ตามเมื่อคำนึงถึงความเข้มข้นที่ต่ำมากของ NH_4^+ (0.03 - 3.42 มก.ไนโตรเจนต่อ กก.) และ NO_3^- (0.00 - 1.94 มก. ไนโตรเจนต่อ กก.) ในดินชั้นล่างและในน้ำเหนือผิวดิน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกรรมวิธีต่างๆตามอัตราที่ใช้ในการทดลองไม่น่าจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการพิมพ์ผลงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2543 . ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 356 น.
- De Datta , S.R .1981. Principle and practice of rice production . John Wiley & Sons, Inc., N.Y. p.89-110
- Inko, A., F. Peter, and C. Ralf .1998. Denitrification coupled to nitrification in the rhizosphere of rice. Soil Biology & Biochemistry. 30:509-515.
- Mae , Tadahiko . 1986 . Partitioning and utilization of nitrogen in rice plant . JARQ .20 (2):115-119.
- Milkkelsen , D.S., S.K. De Datta , and W.N. Obcemea . 1995. Ammonia volatilization losses from flooded rice soil. Soil. Sci. Soc. Amer. J. 42 : 725-730.
- Mitsushi , M. 1974 . Characters of humus formed under rice cultivation . Soil Science and Plant Nutrition . 20 : 249-259.
- Malvany , R . L . 1996 . Nitrogen - inorganic form . p . 1123 - 1184 . In D . L . Sparks et al . (ed). Methods of soil analyses . Part 3 - Chemical methods 3rd . SSSA Book Series : 5 . Soil Science Society of America Inc. & American Society of Agronomy Inc. Madison , WI., USA.
- Norman, R. J., D. Guindo. B, R. Wells, and G. E. Wilson. 1992. Seasonal accumulation and partitioning of nitrogen-15 in rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 56:1521-1527.
- Ponnamaperuma , F.N . 1978 . Electrochemical changes in submerged soils and the growth of rice . Soil and Rice Int . Rice. Res . Inst . , Los Banos, Laguna, Philippines. p. 825.

Patrick, W. H. Jr. and K. R. Reddy .1976. Fate of fertilizer
nitrogen in flooded rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 40 :
679-681.

Sim, J.T. 2000. Soil fertility evaluation . p.D 113-153.
In M.E. Sumner (ed.). Handbook of soil science
.CRC Press LLC.Boca Raton , Fl. ,USA.