

ความรุนแรงของการเกิดดีไนตริฟิเคชันในดินรังสิตกรดจัดขังน้ำ

Denitrification Power of the Flooded Rungsit Very Acid Soil

สมศักดิ์ วังใน วิทยา ธานานุสนธิ์ และ พิตายากร ลิมทอง
Somsak Vangnai, Vithaya Thananusone and Pitayakorn Limtong

ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ABSTRACT

A study was conducted by addition of ammonium and nitrate fertilizers into the Rungsit very acid soil, the soil was flooded, the rice seedlings were transplanted, and denitrification activity including ammonium and nitrate contents were followed. Results revealed that denitrifying micro-organisms, in both ammonium and nitrate fertilized soil, increased rapidly and reached their peaks' approximately 3 to 4 weeks after submergence. Approximately 1/7 of the added ammonium was transformed to nitrate, of this 71 percent (or 10 percent of the ammonium nitrogen added) was lost via nitrification-denitrification sequence. Eighty four percent of nitrate (or 86 percent of the nitrate nitrogen added) was denitrified and lost from the nitrate-treated soil. The rice yield obtained from the ammonium treated soil was significantly higher than that of the nitrate treated soil.

ดินรังสิตกรดจัด ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าวและการปลูกข้าวในดินนี้ให้ได้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (1,2) ปุ๋ยไนโตรเจนโดยทั่วไปอาจสูญเสียไปจากดินได้หลายทางด้วยกัน แต่ในกรณีของดินที่ใช้ปลูกข้าวที่น้ำขัง การถ่ายเทอากาศไม่ดี การสูญเสียไนโตรเจนส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากขบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) (4,7) ซึ่งเป็นขบวนการลดออกซิเจนแก๊สในตรรกเป็นก๊าซไนโตรเจนโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ในบางครั้งถึงแม้ว่าจะใส่ปุ๋ยแอมโมเนียม ขบวนการดีไนตริฟิเคชันก็เกิดขึ้นได้เช่นเดียวกัน นั่นคือ ขบวนการนี้จะเกิดขึ้นโดยทาง nitrification-denitrification sequence (5,8) การสูญเสียไนโตรเจนผ่านขบวนการดังกล่าวนี้จะรุนแรงแค่ไหนขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์จำพวก denitrifiers ที่มีอยู่ในดินนั้น รวมทั้งปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำของดินนั้นด้วย ความรุนแรงของขบวนการดีไนตริฟิเคชัน ในดินรังสิตกรดจัดที่ใช้ปลูกข้าว นั้นยังไม่เคย

ปรากฏว่ามีรายงานแต่อย่างใด

การศึกษานี้ เป็นการประเมินความรุนแรงของการเกิดดีไนตริฟิเคชัน ในดินรังสิตกรดจัดที่ได้รับปุ๋ย ขังน้ำ และปลูกข้าว

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดิน: นำดินรังสิตกรดจัด ซึ่งเก็บมาจากอำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก มาผึ่งให้แห้งในที่ร่มบดให้ละเอียด (0.5 ซม.) ปรับ pH ของดินด้วยดินมาร์ล (marl) ให้เป็น 5.5 ใส่ปุ๋ย double super phosphate โดยปรับให้มีความเข้มข้น 75 ppm. ของฟอสฟอรัส แล้วแบ่งดินออกเป็นสองส่วน ส่วนละ 40 กก. ดินส่วนที่หนึ่งใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ($\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ และส่วนที่สองใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) โดยปรับให้มีความเข้มข้น 75 ppm. ของไนโตรเจน นำดินใส่ในกระถางกระเบื้องเคลือบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว

สูง 12 นิ้ว กระถางละ 10 กก. จำนวน 8 กระถาง นำไปวางไว้ในเรือนทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา เติมน้ำให้ดินอิ่มตัวและให้ระดับน้ำสูงจากผิวดิน 5 ซม.

การปลูกข้าวและการดูแลรักษา: หลังจากขังน้ำไว้แล้ว 1 วัน นำกล้าข้าวพันธุ์ ก.ข. 1 (อายุ 20 วัน) มาปักดำ กระถางละ 1 ต้น ปลอ่ยให้เจริญ ฉีดยาฆ่าแมลง (phena-zin 160 กรัมต่อน้ำ 40 ลิตร) เมื่อจำเป็น โดยพยายามไม่ให้ยาฆ่าแมลงตกลงในกระถาง และตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ได้ทำการกำจัดวัชพืชโดยวิธีถอนด้วยมือ พร้อมทั้งรักษาระดับน้ำให้สูงจากผิวดิน 5 ซม. อยู่เสมอ

การเก็บตัวอย่างดิน: เก็บตัวอย่างดินจากบริเวณรากพืชที่อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 5–10 ซม. ทุก ๆ 1–2 สัปดาห์ โดยใช้หลอดแก้วกลวงขนาดเล็กที่ฆ่าเชื้อแล้ว กดลงในดินแล้วดึงขึ้น นำดินในหลอดจาก 4 กระถางแรก (กระถางที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต) รวมกัน โดยพยายามให้ดินจากทุก ๆ กระถางมีปริมาตรเท่ากันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และกระทำเช่นเดียวกันกับตัวอย่างดินจาก 4 กระถางที่สอง (กระถางที่ได้รับปุ๋ยพอสแตสเซียมไนเตรท) ตัวอย่างดินที่ได้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน นำไปประเมินหาปริมาณจุลินทรีย์ พวก denitrifiers วิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรท

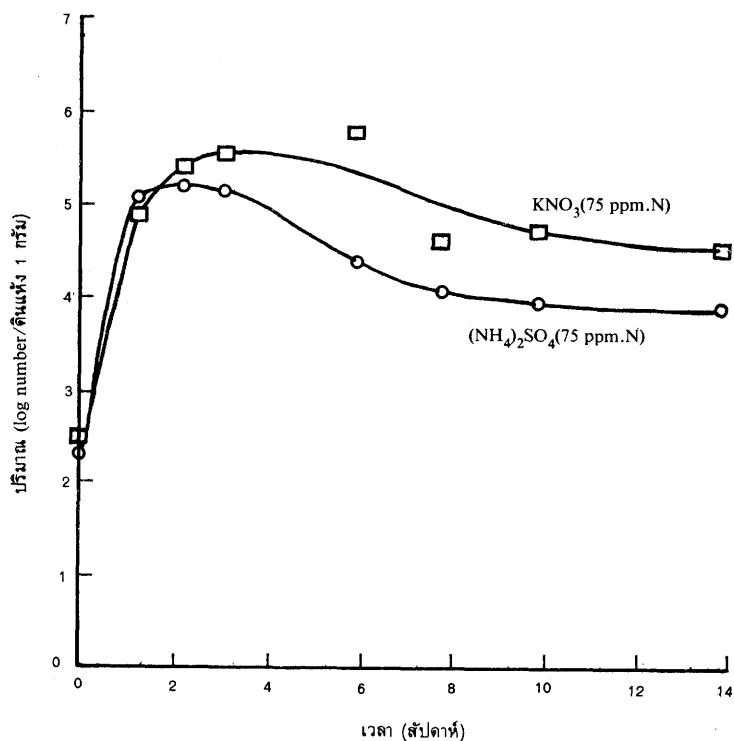
การประเมินหาปริมาณ denitrifiers: นำตัวอย่างดิน 5 กรัม มาทำให้เจือจาง (dilution) แล้วเพาะเชื้อในหลอดทดสอบที่บรรจุอาหาร (KNO_3 , 1.2; $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, 0.5; KH_2PO_4 , 0.5; beef extract, 3.0; peptone, 5.0; NH_4Cl , 1.0 กรัม และน้ำกลั่น 1.0 ลิตร) 5 มล. และมีหลอดดักก๊าซ (Durham tube) คว่ำอยู่ภายใน เพาะเชื้อ 5 ซ้ำ นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 30 ซ.) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ บันทึกการเกิดก๊าซแล้วคำนวณหาปริมาณ denitrifiers โดยวิธี most probable number

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรท: การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรท กระทำโดยวิธีที่ปรากฏอยู่ในบทปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชของภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (3)

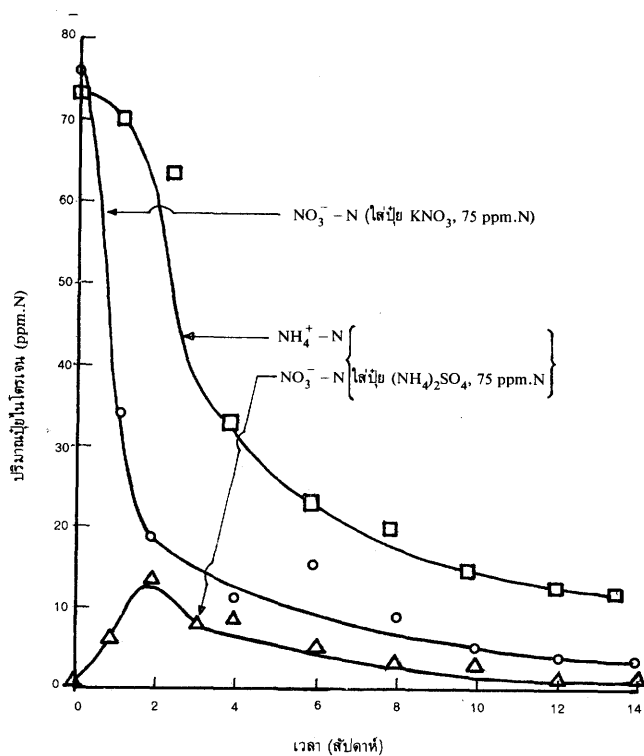
ผลการทดลอง

ปริมาณของ denitrifiers: ปริมาณหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์พวก denitrifiers ในดินรังสิตกรดจัด ที่ได้รับการปรับสภาพด้วยวิธีต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 1 ปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากดินได้รับการขังน้ำและปลูกข้าว และถึงจุดสูงสุดภายใน 3–4 สัปดาห์ โดยปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ได้รับปุ๋ยไนเตรทมีแนวโน้มสูงกว่าในดินที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียม หลังจากระยะเวลาดังกล่าวนี้ ปริมาณของจุลินทรีย์มีแนวโน้มคงที่และลดลงอย่างช้า ๆ จนถึง 14 สัปดาห์หลังจากขังน้ำและปลูกข้าว

ปริมาณของแอมโมเนียมและไนเตรท: ผลการวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนียมไนเตรท ในดินรังสิตกรดจัด ที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมและไนเตรท ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง แสดงไว้ในรูปที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมไนเตรทในดินที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมลดลงอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในช่วง 3–4 สัปดาห์หลังจากขังน้ำ หลังจากนั้นปริมาณลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาทดลอง ปริมาณของไนเตรทในดินที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียมเพิ่มขึ้นประมาณ 10 ppm.N ใน 2 สัปดาห์แรกหลังจากขังน้ำ และลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลา 3–4 สัปดาห์ จนถึงปริมาณเกือบเท่า ๆ กับที่มีอยู่เดิมในดิน ปริมาณของไนเตรทในดินที่ได้รับปุ๋ยไนเตรท ลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 3–4 สัปดาห์ และลดลงอย่างช้า ๆ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง



รูปที่ 1 ปริมาณของ denitrifiers ในดินรังสิตกรดจัด ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยขี้ไก่ และปุ๋ยขาว



รูปที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทในดินรังสิตกรดจัด ที่ได้รับการใส่ปุ๋ยขี้ไก่ และปุ๋ยขาว

ตารางที่ 1 ปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียจากดินรังสิตกรดจัดหลังจากใส่ปุ๋ย ชั่งน้ำ และปลูกข้าว

ข้อมูลเกี่ยวกับดินในตริพีเคชั่น และผลผลิตของข้าว	ปุ๋ยไนโตรเจน 75 ppm.N	
	(NH ₄) ₂ SO ₄	KNO ₃
NH ₄ ⁺ (ppm.N) ขณะใส่ปุ๋ย	75.5	0.7
NO ₃ ⁻ (ppm.N) ขณะใส่ปุ๋ย	0.5	77.2
NO ₃ ⁻ (ppm.N) 2 สัปดาห์	10.8	19.0
NO ₃ ⁻ (ppm.N) 3 สัปดาห์	3.1	12.4
ไนโตรเจนที่สูญเสียทั้งหมด (ppm.N)	7.7	64.8
ดินในตริพีเคชั่น (%)	71.0	84.0
ผลผลิตของข้าว ** (กรัม/กระถาง)	34.4	20.0

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

วิจารณ์

กิจกรรมหรือปริมาณของจุลินทรีย์พวก denitrifiers เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากชั่งน้ำและปลูกข้าว 3-4 สัปดาห์ นั้น เป็นผลมาจากจุลินทรีย์ดังกล่าวมีสภาพที่เหมาะสมคือ สภาพที่มีออกซิเจนอยู่น้อย แต่มีปุ๋ยไนโตรเจน เช่นไนเตรทเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor) ในขบวนการหายใจและให้พลังงานสำหรับการดำรงชีพ เหตุที่ปริมาณจุลินทรีย์ในดิน ที่ได้รับปุ๋ยไนเตรทสูงมากกว่าในดินที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียม ก็เพราะว่าปุ๋ยไนเตรทนั้น เป็นตัวรับอิเล็กตรอนได้โดยตรง ส่วนปุ๋ยแอมโมเนียมนั้นจะต้องถูกเพิ่มออกซิเจน (oxidation) โดยผ่านขบวนการไนตริฟิเคชั่น (nitrification) ให้กลายเป็นไนเตรทเสียก่อนจึงจะรับอิเล็กตรอนได้ ประกอบกับในสภาพของดินปลูกข้าวมีน้ำขังอยู่ จึงทำให้มีออกซิเจนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่เป็น

ออกซิเจนจากรากของข้าวและจากขบวนการแสงสังเคราะห์ (photosynthesis) ของพืกรากหว่าน (6) ดังนั้นโอกาสที่แอมโมเนียมจะถูกเพิ่มออกซิเจนกลายเป็นไนเตรท จึงมีน้อย จึงทำให้มีจุลินทรีย์พวก denitrifiers น้อยกว่าในดินที่ได้รับปุ๋ยไนเตรทโดยตรง

ในช่วงระยะเวลาเดียวกันกับที่ปริมาณของ denitrifiers เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นั้น เมื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรท จะเห็นได้ว่า ในดินที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียม ปริมาณแอมโมเนียมลดลงอย่างรวดเร็ว เพราะมีบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นไนเตรท ดังจะสังเกตได้ว่าในดินที่ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมนั้น มีไนเตรทเพิ่มขึ้น และถูกลดออกซิเจน (reduction) เปลี่ยนเป็นก๊าซสูญเสียไป ขบวนการนี้มักเรียกรวมกันว่า nitrification-denitrification sequence (5,8) ส่วนในดินที่ได้รับปุ๋ยไนเตรท

จุลินทรีย์ใช้ในเตรทเป็นตัวรวบอ็อกซิเจนทันที ปริมาณในเตรทจึงลดลงอย่างรวดเร็ว และสูญเสียไปในรูปของก๊าซ

เมื่อนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมและไนเตรทในช่วงที่มีกิจกรรมของ denitrifiers อย่างรุนแรงนี้มาคำนวณถึงการสูญเสียไนโตรเจนจากดิน จะปรากฏดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 แอมโมเนียมที่ใส่ 75 ppm.N รวมทั้งที่มีอยู่เดิมในดินเป็น 75.5 ppm.N เปลี่ยนเป็นไนเตรท 10.8 ppm.N ใน 2 สัปดาห์ และไนเตรทสูญเสียไป 7.7 ppm.N ฉะนั้นไนเตรทสูญเสียไป 71.0 เปอร์เซ็นต์ หรือสูญเสียไปประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่ใส่ในรูปของแอมโมเนียม ส่วนไนเตรทที่ใส่รวมกับที่มีอยู่ในดินมี 77.2 ppm.N ภายใน 3 สัปดาห์ สูญเสียไป 64.8 ppm.N หรือ 84.0 เปอร์เซ็นต์ของไนเตรททั้งหมด หรือประมาณ 86.0 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่ใส่ในรูปของปุ๋ยไนเตรท

จากข้อมูลดังกล่าวนี้ แสดงให้เห็นว่าขบวนการดีไนตริฟิเคชัน หรือขบวนการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซนั้นเกิดขึ้นได้อย่างรุนแรงในดินรังสิตกรดจัด ที่ได้รับปุ๋ย ชิงน้ำและปลูกข้าว โดยเฉพาะที่ได้รับปุ๋ยในรูปของไนเตรท ส่วนที่ได้รับปุ๋ยแอมโมเนียม ถึงแม้ว่าจะเกิดขึ้นไม่รุนแรงเท่าเมื่อได้รับปุ๋ยไนเตรท แต่ก็มี การสูญเสียไนโตรเจนเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามผลผลิตของข้าวที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 1) ผลการทดลองนี้สนับสนุนข้อแนะนำที่ว่า ไม่ควรใช้ปุ๋ยไนเตรทในดินนาข้าว และใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมครั้งละน้อย ๆ แต่ใส่บ่อยครั้ง

เอกสารอ้างอิง

1. วังไน, สมศักดิ์, ทศนีย์ อัดตะนันท์ และ อริจิตต์ ตะเวทีกุล 2517. การเกิดซัลไฟด์ และ ผลผลิตของข้าวในดินองครักษ์. วิทยาสารเกษตร-ศาสตร์ 8 : 23-27.
2. สมบัติพานิช, สำราญ และ ลาวัณย์ วงศ์ไพบุลย์ 2516. การศึกษาความต้องการปุ๋ยของดินเปรี้ยวจัด. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 6 : 407-411.
3. อัดตะนันท์, ทศนีย์ 2520. การวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 88 หน้า.
4. BROADBENT, F.E. and B.F. STOJANOVIC. 1952. The effect of partial pressure of oxygen on some soil nitrogen transformations. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 16 : 359-363.
5. MANGUIAT, I.J. and T. YOSHIDA. 1953. Nitrogen transformations of ammonium sulfate and alanine in submerged Maahas clay. Soil Sci. Plant Nutr. 19 : 95-102.
6. PATRICK, W.H. Jr. and S. GOTOH. 1974. The role of oxygen in nitrogen loss from flooded soils. Soil Sci. 118 : 78-81.
7. VANGNAI, S. and D.A. KLEIN. 1974. A study of nitrite-dependent dissimilatory microorganisms isolated from Oregon soils. Soil Biol. Biochem. 6 : 335-339.
8. YOSHIDA, T. and B.C. PADRE, Jr. 1974. Nitrification and denitrification in submerged Maahas clay soil. Soil Sci. Plant Nutr. 20 : 241-247.