

การปลดปล่อยไนโตรเจนภายใต้ช่วงเวลาและชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างกัน^{1/}
Nitrogen Mineralization under Different Timing and Organic Fertilizer
Types^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวจิรพร ดลพันธุ์^{2/}
อาจารย์ ดร.ภาชิตา ทุนศิริ^{3/}

บทคัดย่อ

ปุ๋ยอินทรีย์ถือได้ว่าเป็นกุญแจหลักสำหรับการผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ มีหลากหลายชนิดตามวัตถุดิบที่ใช้หรือแหล่งที่มา ทำให้มีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป ปุ๋ยอินทรีย์มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นหนึ่งในองค์ประกอบ อย่างไรก็ตามธาตุอาหารในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน ยังเป็นรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ จะต้องมีการย่อยสลายเพื่อเปลี่ยนรูปไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนโตรเจนในรูปอนินทรีย์ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ระยะเวลาในการหมักเพื่อย่อยสลาย แม้กระทั่งองค์ประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำปุ๋ยอินทรีย์ ต่างก็ส่งผลทำให้การย่อยสลายหรือการปลดปล่อยไนโตรเจนแตกต่างกัน ในช่วงเวลาที่ต่างกันทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปแบบต่างกัน โดยมีการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของແໜແດງສະແດງແຫ່ງ พบว่าແໜແດງທັງ 2 ປະເພດ ຈະມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນອອກມາໃນຮູບຂອງແມໂມເນຍມໃນຂັ້ນຕົ້ນ ຫຼັງຈາກນັ້ນຈະຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນ ໂດຍດິນທີ່ໃສ່ແໜແດງສະແດງມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນໃນຮູບແມໂມເນຍມສູງກວ່າໂນໂຕຣເຈນໃນຂັ້ນຕົ້ນ 1-35 ວັນ ສ່ວນດິນທີ່ໃສ່ແໜແດງແຫ່ງພວມໃນຂັ້ນຕົ້ນ 7 ວັນ ມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນສູງກວ່າໂນໂຕຣເຈນ ຫຼັງຈາກນັ້ນປະລິມານແມໂມເນຍມລຽນລຽມ ແຕ່ປະລິມານໂນໂຕຣເຈນສູງຂຶ້ນຕໍ່ເນື່ອງຈົນເຖິງຂັ້ນຕົ້ນສຸດທ້າຍ ນອກຈາກນີ້ການໃຊ້ປຸຍອິນທຣີທີ່ຕ່າງກັນກໍ່ມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຕ່າງກັນ ຈາກການສຶກສາການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຈາກສ່ວນປ່ອຍທົ່ວ ພວມສ່ວນຂອງດອກຈະມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນສູງທີ່ສຸດ ຮອດລຸ່ມກໍ່ເປັນສ່ວນປ່ອຍ ແລະຮາກ+ລຳຕົ້ນ+ປ່ອຍ+ດອກ ພວມປະລິມານສູງທີ່ສຸດທີ່ຮອດ 60 ວັນ ສ່ວນຂອງຮາກແລະລຳຕົ້ນ ພວມປະລິມານສູງທີ່ຮອດ 80 ວັນ ແລະຈາກການສຶກສາການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຈາກມູລໂຄຊນແລະມູລໂຄຊນແລະມູລໂຄຊນ ພວມມູລໂຄຊນແລະມູລໂຄຊນແລະມູລໂຄຊນມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຕ່າງກັນ ໂດຍມູລໂຄຊນມີການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນໃນຮູບໂນໂຕຣເຈນສູງກວ່າມູລໂຄຊນແລະມູລໂຄຊນ ດັ່ງນັ້ນກໍ່ເຖິງເຂດການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຫຼືສາມາດຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນໃນການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນຂອງປຸຍອິນທຣີຕ່າງກັນ ຈະສົ່ງຜົນໃຫ້ເຂດການຫຼຸດຫຼຸດໂນໂຕຣເຈນສາມາດໃຊ້ປຸຍສໍາຫຼັບການປູກພືດໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ

คำสำคัญ: การปลดปล่อยไนโตรเจน; ปุ๋ยอินทรีย์

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ในปัจจุบันเกษตรอินทรีย์ถือเป็นวิธีการเกษตรที่ได้รับความนิยมในกลุ่มเกษตรกรในประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากกระแสรักสุขภาพในปัจจุบันทำให้ผู้บริโภคหันมาบริโภคอาหารปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้เกษตรกรยังคงมีพฤติกรรมการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณมากเกินความต้องการของพืชและใช้อย่างต่อเนื่องเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ต้นทุนในการผลิตมีมูลค่าสูงและก่อให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมในระยะยาวหากไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ปัจจุบันมีเกษตรกรเริ่มหันมาปลูกพืชในระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งมุ่งเน้นการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นหลัก (อรประภา, 2560) ปุ๋ยอินทรีย์นอกจากจะทำหน้าที่หลักเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชแทนปุ๋ยเคมีแล้วยังส่งผลดีต่อสมบัติทางกายภาพของดินอีกด้วย ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์มีทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองแต่มีในปริมาณน้อย ทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์มีข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชให้ตรงกับช่วงเวลาที่พืชต้องการ เนื่องจากการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาอย่างช้าๆ เพราะธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในรูปของอินทรีย์สาร ซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินเพื่อให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปอนินทรีย์สาร เช่น แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ก่อนที่พืชจะนำไปใช้ได้ (ชุตินณทน์, 2553) อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ จะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุอินทรีย์อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะระยะเวลาและชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) ซึ่งทำให้พืชปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในปริมาณและอัตราที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมมติการณ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออภิปรายเกี่ยวกับการปลดปล่อยไนโตรเจนภายใต้ช่วงเวลาและชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงช่วงเวลาในการปลดปล่อยไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ และเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ สำหรับการปลูกพืชต่อไป

ปุ๋ยอินทรีย์

ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 และพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้ให้คำจำกัดความของปุ๋ยไว้ว่า “ปุ๋ย” หมายถึง สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือการสังเคราะห์สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช ในหลักวิชาการปุ๋ยโดยทั่วไปสามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่มีส่วนประกอบเป็นสารอินทรีย์ที่ได้มาจากสิ่งมีชีวิต เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ซากพืชหรือสัตว์ที่ไถกลบลงดิน รวมถึงพวกอินทรีย์สารที่เป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตร ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากวัสดุอินทรีย์ที่มีการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์แล้ว จนเปลี่ยนเป็นสารอินทรีย์ที่คงตัว เรียกว่า ฮิวมัส (Humus) และปลดปล่อยอนินทรีย์สารที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ เช่น ไนโตรเจนในรูปของ NO_3^- ฟอสฟอรัสในรูปของ PO_4^- เป็นต้น รูปของธาตุอาหารที่ปุ๋ยอินทรีย์ปลดปล่อยดังกล่าวเป็นรูปของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่พืชสามารถดูดผ่านรากไปใช้ได้โดยตรง แม้ในปุ๋ยอินทรีย์จะมีธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดเป็นองค์ประกอบค่อนข้างต่ำ หากสภาพแวดล้อมในดินดี ธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์บางชนิดในดิน การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จำเป็นต้องใช้ในปริมาณมากจึงจะให้ธาตุอาหารได้อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืช ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงและไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนธาตุอาหารได้ (ชุดิณชนัน, 2553)

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ (ชุดิณชนัน, 2553)

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถจำแนกตามแหล่งที่มาและการใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ประกอบด้วยปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยคอก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์ ซึ่งได้แก่ มูลไก่ มูลสุกร มูลโค มูลกระบือ มูลแพะ มูลแกะ และมูลกระต่าย ฯลฯ คุณสมบัติของมูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป มูลสัตว์ที่รวบรวมมาได้ ถ้ามีความชื้นสูงจะมีการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดน้อยลง ดังนั้น ควรนำมาทำให้แห้งสนิทแล้วกองรวมกันไว้

ปุ๋ยหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ มาผ่านกระบวนการหมักจนย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ แต่การย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ของปุ๋ยหมักขึ้นอยู่กับระยะเวลาชนิดของวัสดุที่ใช้ และกรรมวิธีในการหมัก ซึ่งการผลิตปุ๋ยหมักสามารถทำได้โดย นำวัสดุและมูลสัตว์ผสมกันอัตรา 1:1 ให้ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 60% ทำกองสูงประมาณ 1 เมตร คลุมกองด้วยพลาสติก ทำการกลับกองทุกๆ 7 วัน ระหว่างหมักในช่วง 7-20 วัน อุณหภูมิภายในกองต้องสูงถึง 60-70 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ที่เป็นโรคสัตว์ โรคคน และเมล็ดวัชพืชต่างๆ กระบวนการหมักจะสิ้นสุดลงภายใน 4-5 สัปดาห์ คือ มีค่าสัดส่วนระหว่าง C/N อยู่ประมาณ 20:1 และอุณหภูมิจะลดลงเหลือประมาณ 35-45 องศาเซลเซียส (นันทกร และคณะ, 2545)

ปุ๋ยพืชสด หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการไถกลบพืชสดๆ ที่โตได้ขนาดที่เหมาะสมลงในดิน ธาตุอาหารในพืชสดจะถูกย่อยสลายและปลดปล่อยให้พืชหลังจากผ่านการย่อยสลายในดินระยะเวลาที่เหมาะสมในการไถกลบพืชเป็นปุ๋ยพืชสด คือระยะเวลาออกดอกเต็มที่ ส่วนใหญ่แล้วนิยมใช้พืชตระกูลถั่ว หรือพืชอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพืชโตเร็วที่มีลักษณะง่ายต่อการไถกลบ

ข้อจำกัดของปุ๋ยอินทรีย์

การควบคุมปุ๋ยอินทรีย์ให้ปลดปล่อยธาตุอาหารให้ตรงเวลากับที่พืชต้องการนั้นทำได้ยาก เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีการปลดปล่อยธาตุอาหารที่ออกมาอย่างช้าๆ การใส่ล่วงหน้าเวลานานๆ และในปริมาณที่มากนั้น หากไม่ตรงกับความต้องการในดิน เช่น เกิดสถานะฝนแล้ง และเมื่อฝนตกลงมาภายหลังซึ่งอาจใกล้ถึงเวลาเก็บเกี่ยวแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์จะมีประโยชน์ต่อพืชน้อยลงและเกิดการสะสมในดินโดยไม่มีพืชดูดไปใช้ เกิด NO_3^- สะสมในดิน ส่งผลกระทบต่อมลภาวะในน้ำซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชและสัตว์ได้ และเนื่องจากพืชผักมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว เช่น ผักคะน้า ต้องการแร่ธาตุอาหารจากดินเป็นปริมาณมากในช่วงระยะเวลานั้นๆ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้าๆ จึงไม่ทันกับความต้องการของพืชผักที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น ซึ่งต้องการไนโตรเจนในปริมาณมากในการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามพืชผักนั้นเมื่อมีการปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังคงให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกผักโดยใช้ปุ๋ยเคมีในระบบเกษตรเคมี (ชุดิมนนท์, 2553) ดังนั้นการเข้าใจการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยให้การวางแผนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากขึ้น

การย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์

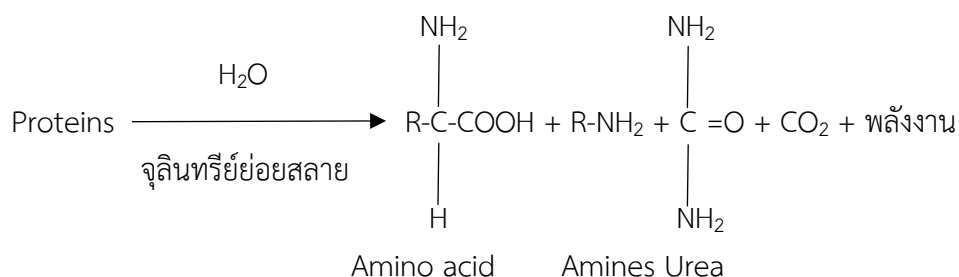
ปุ๋ยอินทรีย์เมื่อใส่ลงไปในดิน ได้รับความชื้นและสภาวะอื่นๆ ที่เหมาะสม สารต่างๆ ที่ละลายได้ในปุ๋ยจะถูกปลดปล่อยออกมาและถูกดูดใช้โดยจุลินทรีย์หรือรากพืช ในขณะเดียวกันอินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและง่ายต่อการเข้าทำลายจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่วนสารที่มีโมเลกุลลักษณะค่อนข้างสลับซับซ้อนก็ถูกย่อยสลายอย่างช้าๆ และบางส่วนของโมเลกุลที่ถูกย่อยสลายไปแล้วแต่ยังมี aromatic ring ที่ซับซ้อนอยู่อาจรวมตัวกับอนุมูลต่างๆ เกิดเป็นสารฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุในดิน ในขณะที่อินทรีย์สารต่างๆ กำลังถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์นั้น สารประกอบอินทรีย์รูปต่างๆ ของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะเปลี่ยนแปลงย่อยสลายไปตามลำดับ และในที่สุดจะอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสซึ่งจุลินทรีย์และรากพืชดูดไปใช้ได้ ส่วนโพแทสเซียมที่อยู่ในเนื้อเยื่อพืชและสัตว์ในปุ๋ยจะค่อยๆ ถูกปลดปล่อยออกมาในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน เมื่อเทียบกับปุ๋ยเคมีแล้วจะเป็นอัตราการปลดปล่อยที่ช้าและสม่ำเสมอกว่า (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การปลดปล่อยไนโตรเจน (nitrogen mineralization)

การปลดปล่อยไนโตรเจนเป็นกระบวนการย่อยสลายของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ประกอบด้วยกระบวนการแอมมิไนส์เซชัน (aminization), แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) และไนตริฟิเคชัน (nitrification)

กระบวนการแอมมิไนส์เซชัน (aminization)

เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ให้เป็น สารประกอบเอมีน โดยมีจุลินทรีย์หลายชนิดในกลุ่ม heterotrophs เช่น bacteria, fungi และ actinomycetes โดยขั้นตอนสุดท้ายเป็นการย่อยสลายโปรตีน และปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของ amines, amino acid และ urea (อรรวรรณ, 2551) ดังภาพที่ 1

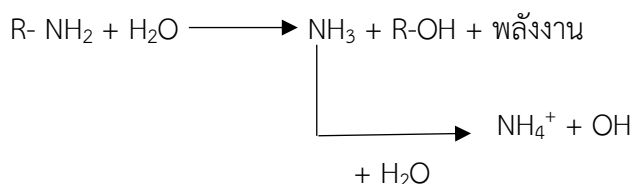


ที่มา: ชุติมณฑน์ (2553)

ภาพที่ 1 กระบวนการแอมมิไนส์เซชัน (aminization)

กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification)

กระบวนการเกิด NH_3 เป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่อินทรีย์ไนโตรเจนเปลี่ยนรูปไปเป็น ammonia (NH_3) หรือ ammonium ions (NH_4^+) โดยที่หลังจากกระบวนการแอมมิไนส์เซชัน (aminization) amines และ amino acids ที่ปลดปล่อยออกมาจากกระบวนการ aminization จะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายต่อ ซึ่งปฏิกิริยาขั้นสุดท้ายของกระบวนการนี้คือการ hydrolysis ของ amino group จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของ inorganic NH_4^+ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในกระบวนการนี้มีทั้งประเภท aerobic และ anaerobic ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ bacteria fungi และ actinomycetes (ชติมณฑน์, 2553) ดังภาพที่ 2

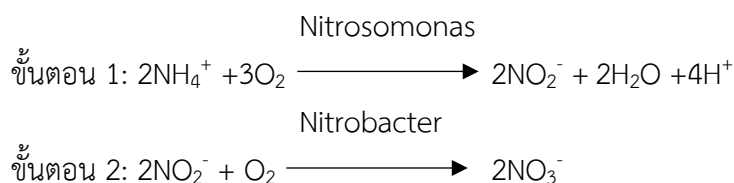


ที่มา: ชุติมณฑน์ (2553)

ภาพที่ 2 กระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification)

กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification)

กระบวนการเกิด ammonium ions (NH_4^+) เป็นกระบวนการ ammonium ions (NH_4^+) ที่ได้จากกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) ถูกเปลี่ยนให้เป็น NO_3^- โดยจุลินทรีย์ที่เรียกว่า biological oxidation ซึ่งกระบวนการเกิด NO_3^- นี้ มี 2 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นต่อเนื่องกันโดยการกระทำของแบคทีเรีย 2 กลุ่ม ซึ่งเรียกรวมกันว่า nitrifying bacteria หรือ nitrobacteria (ชติมณฑน์, 2553) ดังภาพที่ 3



ที่มา: ชูติมณฑน์ (2553)

ภาพที่ 3 กระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification)

ในดินที่มีการระบายอากาศดี ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ NO_3^- ซึ่งพืชก็จะสามารถเจริญเติบโตได้แม้จะได้รับเฉพาะ NO_3^- เพียงอย่างเดียว เมื่อ NO_3^- เข้าสู่เซลล์พืชจะถูกรีดิวซ์จนได้ NH_4^+ แล้วจึงเข้ารวมกับสารอินทรีย์บางชนิดสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโน (ยงยุทธ, 2552)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการปลดปล่อยไนโตรเจน

การปลดปล่อยไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ มีข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช เนื่องจากการปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินเพื่อให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปอนินทรีย์สารก่อนที่พืชจะนำไปใช้ได้ โดยการปลดปล่อยไนโตรเจนขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะระยะเวลาในการปลดปล่อยและชนิดของปุ๋ยอินทรีย์

ระยะเวลาในการปลดปล่อย เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

อุณหภูมิในดิน มีผลควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินโดยตรง โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะเร่งอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ได้มาก ดังนั้นดินในเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยจะมีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในเขตหนาวหรือเขตอบอุ่น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จุลินทรีย์บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง ความรวดเร็วในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดินที่เจริญเติบโตได้ดีในช่วงอุณหภูมินั้นๆ นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่างๆ อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่จัดว่าเหมาะสมในการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (อรรถ และคณะ, 2548)

ความชื้นดิน นํามีความสำคัญในการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์และยังมีอิทธิพลอย่างมากต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานของเอนไซม์ การละลายสารประกอบของธาตุอาหารต่างๆ ตลอดจนเป็นที่อยู่อาศัย และช่วยในการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีผลต่อการถ่ายเทอากาศในดินด้วย ดังนั้นระดับความชื้นของดินจึงมีความสัมพันธ์กับอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายอยู่ที่ค่าศักย์น้ำ (water potential) ประมาณ -0.01 ถึง -0.05 MPa megapascal) หรือดินมีความชื้นประมาณ 50 – 60 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นในดิน หากมีความชื้นมากกว่า -0.01 MPa ไปจนถึงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (0 MPa) อัตราการสลายตัวจะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากจุลินทรีย์ในดินขาดก๊าซออกซิเจน แต่หากความชื้นของดินน้อยๆ ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสมอัตราการย่อยสลายตัวจะค่อยๆ ลดลงตามลำดับ แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถทนสภาพแห้งแล้งของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องและอัตราการทำงานของเอนไซม์ในสภาพดินที่มีความชื้นในดินค่อนข้างต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ

ได้แก่ เชื้อราและแอกติโนไมซีสต์ เพราะส่วนใหญ่ทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

เนื้อดิน มีผลต่อกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน โดยในดินเนื้อหยาบจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าดินเนื้อละเอียด เพราะว่า ดินเนื้อหยาบมีการระบายได้ดีกว่าดินเนื้อละเอียด มีผลทำให้จุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ได้รวดเร็วขึ้น (โสฬส, 2559)

ระยะเวลาในการย่อยสลาย มีผลต่อการปลดปล่อยวัสดุอินทรีย์ เนื่องจากช่วงเวลาในการทำงานของจุลินทรีย์ โดยการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัสดุอินทรีย์นั้นๆ และการปลดปล่อยธาตุอาหารส่วนมากจะมีการปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ เพราะธาตุอาหารบางส่วนเป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์และบางส่วนอยู่ในรูปคีเลต จึงมีการสูญเสียเนื่องจากการชะล้างน้อย (ธงชัย, 2546)

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ มีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

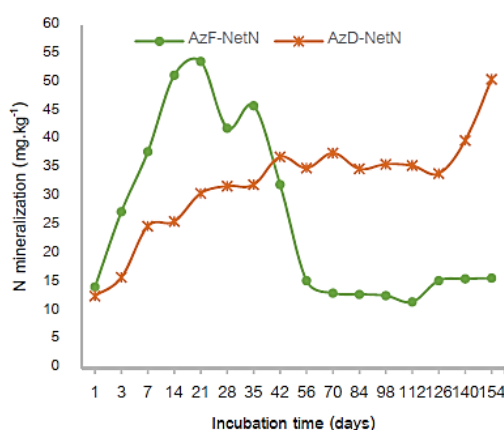
วัตถุดิบที่นำมาทำปุ๋ย ส่วนประกอบของวัสดุอินทรีย์มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน จากรายงานของ Dick และคณะ (1988) กล่าวว่า ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้มูลสัตว์ปีกเป็นวัตถุดิบสามารถเกิดกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากตะกอนน้ำเสีย (sewage sludges) และจากรายงานของ Seligman and Keulen (1981) กล่าวว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่นำมาทำปุ๋ย เช่น hemicellulose, cellulose และ lignin ทำให้ปุ๋ยเกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ได้แตกต่างกัน วัตถุดิบที่มีองค์ประกอบของ lignin สูงจะยากต่อการย่อยสลาย จึงทำให้เกิดกระบวนการ nitrogen mineralization ต่ำ (ชุติมณฑน์, 2553)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน สารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนของสารอินทรีย์ เป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์จะย่อยสลายสารอินทรีย์คาร์บอนจนกระทั่งเป็นโมเลกุลเล็กและนำเข้าไปในเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานและสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ส่วนสารประกอบไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเช่นกัน และจุลินทรีย์ใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนเพื่อสร้างส่วนประกอบของเซลล์ เช่น สารโปรตีนและกรดนิวคลีอิก เป็นต้น ดังนั้นปริมาณของคาร์บอนและไนโตรเจนของอินทรีย์วัตถุเรียกว่า C/N ratio ซึ่งอัตราส่วนที่เพียงพอกับความต้องการของจุลินทรีย์จะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์มีประสิทธิภาพมากที่สุด อินทรีย์วัตถุที่มี C/N ratio เหมาะสมกับความต้องการของจุลินทรีย์อยู่ในช่วงประมาณ 20:1 ถึง 30:1 โดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุที่มี C/N ratio กว้างจะสลายตัวได้ช้ากว่าอินทรีย์วัตถุที่มี C/N ratio แคบ เช่น พางข้าวและหญ้าแห้งมี C/N ratio ประมาณ 80:1 จะสลายตัวได้ช้ากว่าพืชตระกูลถั่วซึ่งมี C/N ratio ประมาณ 20:1 เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541, สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน, 2551) ในการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์พบ 2 ใน 3 ส่วน ของสารอินทรีย์คาร์บอนจะถูกออกซิไดส์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสร้างพลังงานของจุลินทรีย์ที่เหลือ 1 ใน 3 ส่วนนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ดังนั้นการย่อยสลายสารอินทรีย์ค่า C/N ratio ของพืชจึงลดลงไปเรื่อยๆ (โสฬส, 2559)

การปลดปล่อยไนโตรเจนในช่วงเวลาที่ต่างกัน

อินทรีย์วัตถุในดินมีบทบาทที่สำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารพืช ผ่านการหมุนเวียนจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน และมีบทบาทต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เช่น ระยะเวลาที่อยู่ในดิน องค์ประกอบจากส่วนต่างๆ ของพืช องค์ประกอบทางชีวเคมี อุณหภูมิดิน ปริมาณออกซิเจน ตลอดจนสมบัติดินและชนิดของเศษวัสดุ โดยช่วงเวลามีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์เป็นอย่างมาก โดยจุลินทรีย์ในดินจะสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมา ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช

จากการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่แหนแดง ของศิริลักษณ์ และคณะ (2563) เมื่อบ่มแหนแดงในระยะเวลาต่างๆ ในช่วง 154 วัน พบว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ (Net-N mineralization, Net-N) หรือ อนินทรีย์ไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+ -\text{N} + \text{NO}_3^- -\text{N}$) ในดินบ่มที่ใส่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิสูงกว่าแหนแดงแห้งในช่วงระยะเวลา 1-35 วัน หลังจากนั้นการปลดปล่อยลดลงอย่างรวดเร็ว และมีปริมาณคงที่จนถึงระยะเวลา 154 วัน (ภาพที่ 4) สำหรับการปลดปล่อยไนโตรเจนของแหนแดงแห้ง พบว่า มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิเพิ่มขึ้นทีละน้อยในช่วงระยะเวลา 1-42 วัน หลังจากนั้นปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิคงที่ไม่เพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 126 วัน และพบว่ามีปริมาณสูงขึ้นอีกครั้งหลังจากระยะเวลา 126 วัน จนถึงที่ระยะเวลา 154 วัน (ภาพที่ 4) เนื่องจากแหนแดงแห้งมีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบน้อยกว่าแหนแดงสด จึงทำให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์เกิดขึ้นช้ากว่า ซึ่งมีรูปแบบที่ไม่เหมือนแหนแดงสดที่จะย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้อย่างรวดเร็วตั้งแต่มีการคลุกกลดิน

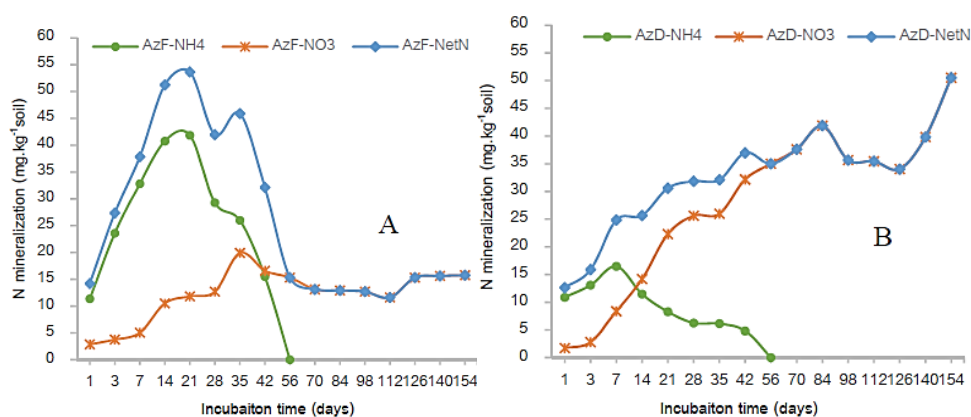


ที่มา: ศิริลักษณ์ และคณะ (2563)

ภาพที่ 4 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิในดินที่มีแหนแดงสด (AzF) และแหนแดงแห้ง (AzD) ในระหว่างการพักตัว 154 วัน

แหนแดงสดและแหนแดงแห้ง จะปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์รูปแบบแอมโมเนียมและไนเตรทในแต่ละช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน พบว่า การใส่แหนแดงสดจะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแบบแอมโมเนียมได้สูงกว่าไนเตรทในช่วงระยะเวลา 1-35 วันแรก โดยในวันที่ 21 ของการบ่มมีค่าสูงที่สุด หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมจะลดลงและเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทจนถึง 154 วัน (ภาพที่ 5A)

สำหรับรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากແໜແຈງແໜ່ງ พบว่าในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าไนเตรท แต่หลังจากนั้นพบว่าปริมาณแอมโมเนียมลดลง ขณะที่ไนเตรทมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 154 วัน (ภาพที่ 5B) แสดงให้เห็นว่า การใส่ແໜແຈງແໜ່ງลงในดินบ่มทำให้แอมโมเนียมเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรทได้มากกว่าการใส่ແໜແຈງແໜ່ງสด จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนจากดินที่ใส่ແໜແຈງແໜ່ງสดและແໜ່ງແໜ່ງในแต่ละช่วงระยะเวลาต่างๆ จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนทั้งปริมาณและรูปของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน



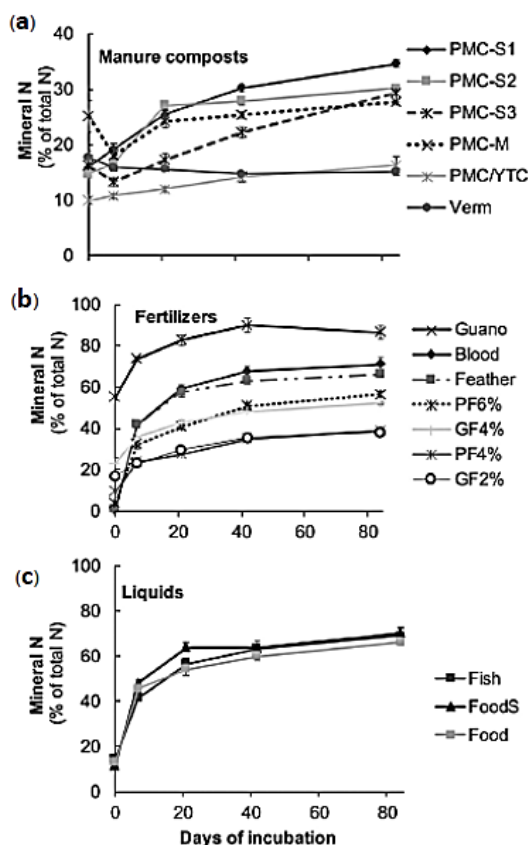
ที่มา: ศิริลักษณ์ และคณะ (2563)

ภาพที่ 5 การปลดปล่อยไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ and Net-N) ในดินในช่วง 154 วันของระยะพักตัว (A) แห่นแดงสด: AzF, (B) แห่นแดงแห้ง: AzD

รูปไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จะอยู่ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) พืชส่วนใหญ่มีเอนไซม์การดูดใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทมากกว่าแอมโมเนียม แม้ว่าหลังการดูดซึมไนเตรทเข้าไปในพืชแล้ว พืชต้องใช้พลังงานในการเปลี่ยนรูปไนเตรทไปเป็นแอมโมเนียมเพื่อนำไปผลิตสารประกอบโปรตีนอื่นๆ แต่ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทก็สูญเสียไปจากดินได้ง่ายกว่าไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม

จากการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ของ Patricia *et al.* (2020) จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ ปุ๋ยจากโรงฆ่าสัตว์ ปุ๋ยเม็ด และปุ๋ยน้ำ หมักในดินที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ที่ระดับความชื้น 60 % เป็นเวลา 84 วัน พบว่า มีการปลดปล่อยไนโตรเจน 3 รูปแบบดังนี้ รูปแบบที่ 1 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนอย่างช้าๆ อย่างค่อยเป็นค่อยไปและค่อนข้างคงที่ตลอดการบ่ม 84 วัน ซึ่งเป็นการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยหมักจากมูลไส้เดือน รูปแบบที่ 2 เมื่อเริ่มมีการปลดปล่อยแล้ว หลังจากนั้นการปลดปล่อยจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ตลอดการบ่ม 84 วัน ได้แก่ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ปีก ปุ๋ยจากโรงฆ่าสัตว์ และปุ๋ยเม็ด รูปแบบที่ 3 ไนโตรเจนมีการปลดปล่อยอย่างรวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่ตลอดการบ่ม 84 วัน เช่น ปุ๋ยน้ำ (ภาพที่ 6) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ปีกที่หมักจากที่เดียวกัน จะมีลักษณะการปลดปล่อยที่เหมือนกัน แม้ว่าจะเก็บในช่วงเวลาที่แตกต่างกันก็ตาม แต่มีปริมาณการปลดปล่อยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ปีก กระบวนการในการหมักและระยะเวลา วัสดุรองพื้น และ

วิธีการเก็บ ซึ่งมีผลต่อกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน ส่วนการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างชนิดกัน จะมีกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนแตกต่างกัน (ภาพที่ 6) แม้จะเป็นปุ๋ยชนิดเดียวกัน แต่หากชนิดการหมักต่างกัน ช่วงเวลาการเก็บต่างกัน ส่งผลให้มีการปลดปล่อยแตกต่างกันได้



ที่มา: Patricia *et al* (2020)

ภาพที่ 6 ไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยจากอินทรีย์วัตถุต่างๆ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

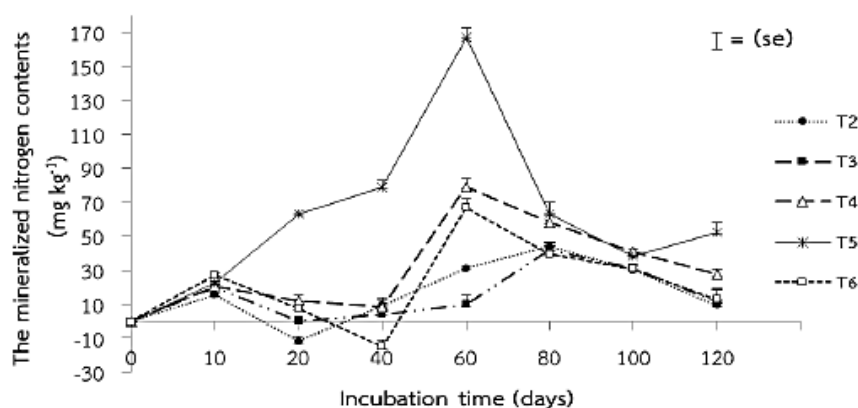
หมายเหตุ (a) ปุ๋ยหมักมูลสัตว์; PMC-S และ PMC-M: ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ปีกจากเมือง Sutter และ Merced, PMC/ YTC: ปุ๋ยหมักจากเศษกิ่งไม้/ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ปีก, Verm: ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน (b) ปุ๋ย; GF: ปุ๋ยเม็ด, PF: ปุ๋ยเม็ด, Guano: ปุ๋ยมูลค้างคาว, Blood และ Feather: ผลพลอยได้จากโรงงานฆ่าสัตว์ (c) ปุ๋ยน้ำ; Fish: ปุ๋ยน้ำจากการหมักปลา, Foods: ปุ๋ยน้ำเขย่า, Food: ปุ๋ยน้ำไม่เขย่า

การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ

สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่รู้จักกันโดยทั่วไป ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ซึ่งมีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันออกไป เมื่อใส่วัสดุอินทรีย์ลงในดินต้องผ่านกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) เพื่อปลดปล่อยธาตุให้ออกมาอยู่ในรูปอนินทรีย์พืชจึงจะสามารถดูดใช้ได้ และเมื่อมีการใส่อย่างสม่ำเสมอจะทำให้อินทรีย์วัตถุในดินสูงขึ้น

จากการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่ แหนแดง ของศิริลักษณ์ และคณะ (2563) โดยการบ่มแหนแดงสดและแหนแดงแห้งในชุดดินปากช่อง ที่ระดับความจุความชื้นของดิน 60% อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ ในช่วง 154 วัน ผลการศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของแหนแดงสดและแหนแดงแห้ง พบว่า ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สุทธิ (Net-N) มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยแหนแดงสดและแหนแดงแห้ง จะปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์รูปแอมโมเนียมและไนเตรทในแต่ละช่วงระยะเวลาแตกต่างกัน ซึ่งดินที่ใส่แหนแดงสดมีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมสูงกว่าในรูปไนเตรทในช่วง ระยะเวลา 1-35 วันแรก มีปริมาณแอมโมเนียมเฉลี่ย 38.88 มก./กก. โดยมีค่าสูงสุดที่ 53.7 มก./กก. ในวันที่ 21 ของการบ่ม หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมลดลง และคงเหลือแต่รูปของไนเตรทจนถึง ระยะสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) (ภาพที่ 5A) ส่วนดินที่ใส่แหนแดงแห้ง พบว่า ในช่วงระยะเวลา 7 วันแรก มีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงกว่าไนเตรท แต่หลังจากนั้นปริมาณแอมโมเนียมลดลง ขณะที่ ไนเตรทมีปริมาณสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง (154 วัน) (ภาพที่ 5B)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการมีเนอรไลเซชัน และ อินทรีย์วัตถุที่ปรับปรุงดินด้วยปอเทือง ของสุทธิเดชา และคณะ (2560) วางแผนการทดลองแบบสุ่ม สมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ มี 6 สิ่งทดลอง ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการอุณหภูมิเฉลี่ย 25°C และรักษา ความชื้นของดินที่ระดับ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่า หลังจากใช้ ขึ้นส่วนปอเทืองบ่มในดินปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีการผันแปรตามระยะเวลาการบ่ม ที่ ระยะเวลา 10 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ การบ่มดินดำรับควบคุมมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในรูป แอมโมเนียม และไนเตรทเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 7) โดยเฉพาะส่วนของราก+ลำต้น+ใบ+ดอก มีกระบวนการ ปลดปล่อยไนโตรเจนสูงที่สุด (ภาพที่ 8) แต่หลังจากระยะเวลา 10 วัน ทุกชิ้นส่วนของปอเทืองมี ปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนลดลง ยกเว้นส่วนของดอกที่มีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจนถึง ระยะเวลา 60 วัน หลังจากนั้นก็จะลดลง

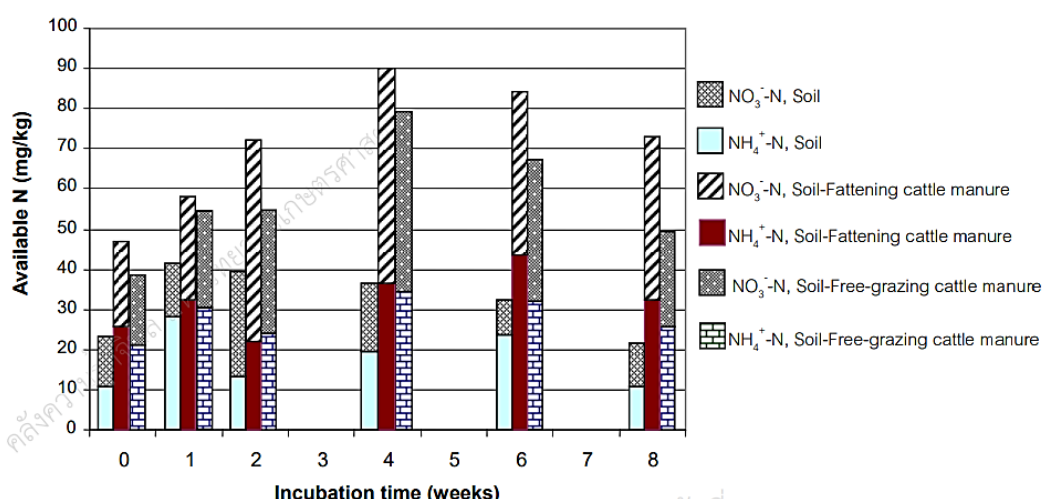


ที่มา: สุทธิเดชา และคณะ (2560)

ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจนที่มีแร่ธาตุจากส่วนต่างๆ ของปอเทืองในช่วง 120 วัน, T2 = ดิน+ราก, T3 = ดิน+ลำต้น, T4 = ดิน+ใบ, T5 = ดิน+ดอก, T6 = ดิน+ราก+ลำต้น+ใบ+ดอก, se = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน, ตัวอักษรต่างๆ บ่งบอกถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$, HSD.

อย่างไรก็ตามในช่วง 10-20 วันแรก ดินที่บ่มด้วยปุ๋ยคอกยังคงเกิดกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน แต่หลังจากระยะเวลา 40 วัน ทุกชั้นส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มดินดำรับควบคุมมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะส่วนของดอกรับกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือ ส่วนของใบ และส่วนราก+ลำต้น+ใบ+ดอก พบปริมาณสูงสุดที่ระยะเวลา 60 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่น ส่วนของรากและลำต้นมีกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดที่ระยะเวลา 80 วัน หลังจากนั้นกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนก็จะลดลง (ภาพที่ 8) เนื่องจากชั้นส่วนของต้นปุ๋ยคอกมีองค์ประกอบทางชีวเคมีต่างกัน ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจน ลิกนิน และโพลีฟีนอล (สุทธิเตชา, 2560) ส่งผลให้การปลดปล่อยไนโตรเจนจากกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน

จากการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนของดินหมักกับมูลโคในห้องปฏิบัติการ ของ จันทรจิรัส และคณะ (2550) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x6 Factorial Experiment in Completely Randomized Design จำนวน 18 ดำรับการทดลอง ทำ 4 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือแหล่งของอินทรีย์ไนโตรเจนที่ใส่ในดินที่จะทำการหมักมี 3 ระดับ คือ control (ไม่ใส่มูลโค) ใส่มูลโคขุน และใส่มูลโคเลี้ยงปล่อย ปัจจัยที่ 2 คือช่วงเวลาของการหมัก มี 6 ระดับคือหมักเป็นเวลา 0, 1, 2, 4, 6, และ 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาที่สัปดาห์ต่างๆ มีความแตกต่างกันทุกสัปดาห์ กล่าวคือ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของตำรับมูลโคขุนมีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับมูลโคเลี้ยงปล่อย ส่วนตำรับ control มีค่าต่ำที่สุด ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของตำรับมูลโคขุนมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับตำรับมูลโคเลี้ยงปล่อยที่สัปดาห์ที่ 6 และ 8 ของการหมัก (ภาพที่ 9) โดยปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาของการหมักเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 4 จากนั้นจึงมีค่าลดลง



ที่มา: จันทรจิรัส และคณะ (2550)

ภาพที่ 9 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินหมักมูลโคขุน และดินมูลโคเลี้ยงปล่อยในรูปของ NH_4^+ -N และ NO_3^- -N ที่สัปดาห์ต่างๆ ของการหมัก

มูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อย จะปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในช่วงสัปดาห์แรก ปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมมากกว่าไนเตรท แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 2-8 ของการหมัก ปริมาณไนเตรทจะมากกว่าแอมโมเนียม จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นได้ว่า ตลอดช่วง 8 สัปดาห์ของการหมัก มูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อยมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปแอมโมเนียมไม่แตกต่างกัน แต่มูลโคขุนมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปไนเตรทสูงกว่า มูลโคเลี้ยงปล่อย อาจเนื่องจากโคขุนได้รับอาหารซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการมากกว่าโคที่ปล่อยเลี้ยงให้หาอาหารเอง

สรุป

การปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์จะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาจากวัสดุอินทรีย์อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยจะมีการปลดปล่อยผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ซึ่งการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะให้ข้อมูลเชิงลึกของอัตราการปลดปล่อยสำหรับนำข้อมูลไปใช้ในการจัดการไนโตรเจนในดิน จากงานวิจัยการปลดปล่อยไนโตรเจนที่ผ่านมา การใช้ส่วนต่างๆ ของพืชที่ต่างกัน ระยะเวลาในการหมักเพื่อย่อยสลายที่ต่างกัน หรือชนิดปุ๋ยอินทรีย์ที่ต่างกัน ต่างก็ให้ผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่ต่างกัน โดยวัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณไนโตรเจนสูง แต่ปริมาณคาร์บอนต่ำ จะทำให้สัดส่วน C/N อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของจุลินทรีย์ และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับวัสดุอินทรีย์ที่มี C/N สูง การปลดปล่อยไนโตรเจนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งแล้วลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ ดังนั้นการทำความเข้าใจเรื่องการปลดปล่อยไนโตรเจนของของอินทรีย์แต่ละชนิด จะช่วยให้เกษตรกรสามารถออกแบบการจัดการปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- _____. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 730 หน้า.
- จันทร์จรัส วีรสาร, อรุณศิริ กำลั้ง และวรรณภา ปลื้มพวง. 2550. ผลของการปลดปล่อยไนโตรเจนจากมูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวาดตุง. วิทยาสารกำแพงแสน, 5(3): 19-26.
- ชุตินณทน์ ชูพุดชา. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2536. ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากเหินแดง. วารสารดินและปุ๋ย. 15: 173-181.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 529 หน้า.
- วีณา นิลวงศ์. 2561. ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2561 : 36 (3) : 178-188
- ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต, พชรินทร์ นามวงษ์, ประไพ ทองระอา, นิศารัตน์ ทวีนุต และกานดา ฉัตรไชยศิริ. 2563. การปลดปล่อยธาตุอาหารและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินที่ใส่เหินแดง. วารสารวิชาการเกษตร. 38(2): 139-149.
- ศิริลักษณ์ แก้วสุรลิขิต และประไพ ทองระอา. 2557. การใช้เหินแดงเพื่อการผลิตพืช. หน้า 128-135. ใน: เอกสารประกอบ การประชุมวิชาการ ปี พ.ศ. 2557 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรกรมวิชาการเกษตร 10-12 มิถุนายน 2557 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา.
- สุทธิเดช ขุนทอง, ชัยสิทธิ์ วัฒนาวังจสุข และสุรเชษฐ์ นาราภักดิ์. 2560. การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนที่เกิดจากกระบวนการมิเนอรัลไลเซชันและอินทรีย์วัตถุที่ปรับปรุงดินด้วยปอเทือง. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, 36(2): 33-44.
- โสฬส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. กลุ่มวิจัยและพัฒนากิจการอินทรีย์วัตถุ กองเทคโนโลยีชีวภาพดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- อรรวรรณ ฉัตรสีรุ่ง. 2551. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 349 หน้า.
- อรประภา เทพศิลป์สุทธิ. 2560. การศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อความสามารถในการผลิตจิงจูฉ่าย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 25(4): 615-626.
- Lazicki, P., D. Geisseler and M. Lloyd. 2020. Nitrogen mineralization from organic amendments is variable but predictable. Journal of Environmental Quality. 2020: 1-13.