ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยผสมอินทรีย์เคมี ภายใต้สภาพความชื้นสนาม: การทดลองย่อย ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมัก

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี สมฤทัย ตันเจริญ ภาวนา ลิกขนานนท์ สุปรานี มั่นหมาย

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

บทคัดย่อ

ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติ ปริมาณธาตุอาหาร และการปลดปล่อยธาตุอาหารแตกต่างกัน ในขณะที่ผู้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับนำมาถ่ายทอดให้ความเข้าใจแก่ผู้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ จึงทำการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยหมักและปุ๋ยคอกชนิดต่างๆ ในชุดดินยโสธรและชุดดินปากช่องภายใต้ความสภาพความชื้นสนาม โดยทำการบ่มมูลสุกร มูลโค มูลไก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ในชุดดินยโสธร และชุดดินปากช่อง ปรับความชื้นของดินให้อยู่ที่ 60%ของความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เก็บตัวอย่างที่ระยะการบ่มต่างๆมาวิเคราะห์แอมโมเนียมไนเตรท และดักจับคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการทดลองพบว่ามูลสุกร มูลโค และมูลไก่ เมื่อบ่มในชุดดินยโสธร สามารถปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 15-20 กรัม N ต่อ 100 กรัมของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ โดยอัตราการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นสูงใน 2 สัปดาห์แรก ประมาณ 3 - 12 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด และหลังจากสัปดาห์ที่ 2 อัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่วนการบ่มปุ๋ยหมักกากตะกอน ปุ๋ยหมักมูลสุกร และปุ๋ยหมักมูลโค ในชุดดินปากช่อง พบว่า ปุ๋ยหมักกากตะกอนปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 35 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลสุกรและ ปุ๋ยหมักมูลโค ปลดปล่อยอนินทรีย์ 20 และ 5 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดตามลำดับ โดยอัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนของปุ๋ยหมักกากตะกอน ปุ๋ยหมักมูลสุกร และปุ๋ยหมักมูลโค เกิดขึ้นสูงสุดในวันแรกของการบ่ม ประมาณ 5-10 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน แล้วลดลงเหลือต่ำกว่า 1 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน ภายใน 7-14 วันหลังการบ่ม

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าภายใน 2 สัปดาห์แรกปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนได้ประมาณ 15-35 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบซึ่งแตกต่างจากปุ๋ยเคมีที่สามารถละลายน้ำและให้ธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ให้พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร โทร.0-2579-7513

บทนำ

ปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปมีปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ค่อนข้างครบทุกธาตุ กล่าวคือ มีทั้งส่วนที่เป็นธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม) และธาตุอาหารเสริม (เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) แต่จะมีธาตุอาหารหลักอยู่ในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์ไม่สามารถบอกได้เป็นค่าตายตัว แม้จะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้มากจากวัตถุดิบชนิดเดียวกัน แต่ก็อาจมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันได้ เช่น มูลไก่ อาจมีไนโตรเจนตั้งแต่ 1.2% ถึง 4.9% หรือมีฟอสฟอรัส (P_2O_5) ตั้งแต่ 1.2% ถึง 9.1% ปุ๋ยอินทรีย์หลังจากใส่ลงไปในดินเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เช่น มีความชื้นพอเหมาะ ธาตุอาหารส่วนที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ยอินทรีย์จะถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชและจุลินทรีย์นำไปใช้ได้ ในขณะที่อินทรีย์สารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อย่างรวดเร็ว ส่วนสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลค่อนข้างซับซ้อนก็จะถูกย่อยสลายอย่างช้า ๆ

การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการสลายตัวของปุ๋ย/วัสดุอินทรีย์ ได้แก่พวก heterotroph คือพวกที่ต้องได้รับแหล่งพลังงานและคาร์บอนจากอินทรียสาร และในระหว่างการสลายตัวจะมีคาร์บอนส่วนหนึ่งถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของก๊าซ CO_2 คาร์บอนบางส่วนจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ในการสร้างเซลล์ และที่เหลือก็เป็นส่วนหนึ่งของอินทรียวัตถุในดิน (Stevenson, 1986) ในสภาพที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดี พบว่า ประมาณ 20% ถึง 40% ของคาร์บอนจากปุ๋ย/วัสดุอินทรีย์จะถูกเปลี่ยนเป็นคาร์บอนของเซลล์จุลินทรีย์ ส่วนที่เหลือจะเปลี่ยนเป็น CO_2 และสารประกอบอื่น

การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน เช่น คุณสมบัติของวัสดุอินทรีย์ และสภาพแวดล้อม ปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยประกอบไปด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์หลากหลายชนิด สารประกอบที่มีมากที่สุดในวัสดุอินทรีย์จากพืช ได้แก่ เซลลูโลส ประมาณ 15% ถึง 60% รองลงมาเป็นเฮมิเซลลูโลส 10% ถึง 30% ลิกนิน 5% ถึง 30% อินทรียสารที่ละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และพวก aliphatic acid รวมกัน 5% ถึง 30% นอกจากนี้จะเป็นสารประกอบจำพวก fat, oil, wax, protein, และแร่ธาตุต่าง ๆ (minerals) ประมาณ 1% ถึง 13% (สมศักดิ์, 2528) น้ำตาล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้มักเป็นส่วนที่จุลินทรีย์นำไปใช้ได้เลย สำหรับแป้งหรือโปรตีนต้องถูกย่อยให้กลายเป็นน้ำตาลหรือกรดอะมิโนก่อน จากนั้นจุลินทรีย์จึงสามารถนำไปใช้ได้ แต่แป้งและโปรตีนก็จัดเป็นสารประกอบประเภทที่สลายตัวได้ง่ายเช่นกัน โดยสารประกอบที่ได้จากการย่อยสลายได้ง่ายเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรียและราเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วในช่วงแรก ๆ ของการสลายตัวของปุ๋ย/วัสดุอินทรีย์ เฮมิเซลลูโลสเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการย่อยสลายเช่นกัน แต่มักอยู่ร่วมกับสารประกอบชนิดอื่น เช่น เซลลูโลส และลิกนิน เกิดเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน ทำให้ย่อยสลายได้ยากขึ้น ส่วนเซลลูโลสประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสเช่นเดียวกับแป้ง แต่มีโครงสร้างแข็งแรงย่อยสลายได้ยาก ลิกนินเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อน โดยมีสารประกอบประเภท aromatic ring เป็นแกนหลักของโมเลกุล ทำให้สลายตัวได้ยากมาก จากการที่ลิกนินย่อยสลายได้ยากและมีอยู่ในปริมาณ

ค่อนข้างมาก จึงทำให้ลิกนินเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะกำหนดว่าเศษพืชจะย่อยสลายได้ยากหรือง่าย เช่น ต้นข้าวโพด ซึ่งเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีลิกนินอยู่ค่อนข้างมาก จึงย่อยสลายได้ช้ากว่าเศษพืชชนิดอื่น ๆ

วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดจะมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนแตกต่างกันไป โดยทั่วไปจะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณใกล้เคียงกัน คือประมาณ 30-40% แต่จะมีไนโตรเจนในปริมาณที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นวัสดุอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนสูง หรือมีอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนต่ำ จะสลายตัวได้เร็วกว่า และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์จะลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าประมาณ 10:1 ซึ่งเป็นอัตราที่ใกล้เคียงกับอัตราส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนในอินทรียวัตถุในดิน

ส่วนปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ความชื้น การระบายอากาศ อุณหภูมิ และพีเอชของดิน เป็นต้น ความชื้นในดินมีอิทธิพลอย่างมากต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ ตลอดจนการละลายของสารประกอบต่าง ๆ และการย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์ในดิน ระดับความชื้นในดินที่พอเหมาะต่อการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ คือที่ค่าศักย์น้ำ (water potential) ประมาณ -0.01 ถึง -0.05 megapascal หากดินมีความชื้นมากกว่า -0.01 megapascal ไปจนถึงสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ อัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดการขาดออกซิเจน Terry *et. al.* (1981) พบว่า การเกิด nitrification ของไนโตรเจนในดินที่ใส่กากตะกอนน้ำเสีย เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อดินมีความชื้น -0.25 และ -0.5 บาร์ มากกว่าดินที่มีความชื้น -1 บาร์ หากความชื้นของดินค่อย ๆ ลดต่ำลงจากระดับที่เหมาะสม อัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จะค่อย ๆ ลดลงตามลำดับ โดยในสภาพที่ดินมีความชื้นค่อนข้างต่ำ จุลินทรีย์ที่มีบทบาทมากในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์จะเป็นเชื้อรา และแอคทิโนมัยซีท เพราะจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวสามารถทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดีกว่าแบคทีเรีย

การระบายอากาศของดินมีผลต่อการหายใจและการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยในสภาพที่มีออกซิเจนหรือดินมีการระบายอากาศดี การย่อยสลายของวัสดุอินทรีย์จะเกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) เชื้อรา และแอคทิโนมัยซีท ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์กว่าการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่ไม่มีออกซิเจน แต่มีข้อเสียคือทำให้อินทรียวัตถุสูญหายไปจากดินได้เร็ว ทำให้อินทรียวัตถุในดินเหลืออยู่ในดินค่อนข้างน้อย ในทางตรงกันข้าม หากดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังหรืออยู่ในสภาพขาดอากาศ อัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จะลดลงอย่างมาก และจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในสภาพที่ขาดออกซิเจนจะเป็นแบคทีเรียประเภทที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic bacteria) ส่วนเชื้อราและแอคทิโนมัยซีทจะชะงักการเจริญเติบโตเมื่อดินขาดออกซิเจน

อุณหภูมิมีผลควบคุมกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยที่อุณหภูมิ 25°-35 °ซ เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ Terry *et. al.* (1981) พบว่า เมื่อบ่มดินด้วยกากตะกอนที่อุณหภูมิ 30°ซ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ แอมโมเนียมในดินลดลงเหลือน้อยกว่า 10% แต่การบ่มที่อุณหภูมิ 21°ซ และ 15°ซ แอมโมเนียมในดินเหลืออยู่ 44%-78% ดังนั้นหากดินมีอุณภูมิสูง จึงทำให้การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ในดินเกิดมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อินทรียวัตถุในดินเขตร้อนชื้นลดน้อยลงได้ง่าย การปรับปรุงดินในเขตร้อนชื้นจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณมากและใส่อย่างต่อเนื่องจึงสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุในดินได้

สภาพความเป็นกรดด่างของดิน (pH) มีผลต่อการดำเนินกิจกรรมของจุลินทรีย์ ซึ่งจะส่งผลต่อการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ โดยทั่วไปเมื่อดินมี pH เป็นกลาง การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าในช่วงที่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไป หากดินมี pH ต่ำกว่า 4.5 (ดินเป็นกรดจัด) หรือประมาณ 9 (ดินเป็นด่างจัด) การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จะเกิดขึ้นน้อยลง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลการสลายตัวและการปลดปล่อยไนโตรเจนของวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในดินที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันภายใต้ความสภาพความชื้นสนาม

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ในชุดดินยโสธร

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) มูลสุกร 2) มูลโค และ 3) มูลไก่

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาการสลายตัวและพฤติกรรมการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ในชุดดินปากช่อง

วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 3 ซ้ำ 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ปุ๋ยหมักมูลสุกร 2) ปุ๋ยหมักมูลโค และ 3) ปุ๋ยหมักกากตะกอน

โดยทั้ง 2 การทดลองย่อยมีวิธีปฏิบัติการทดลองเช่นเดียวกันดังนี้

1. การเตรียมดินและปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในการบ่ม

นำดินในชุดดินยโสธร และชุดดินปากช่อง มาตากแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. และ นำปุ๋ยอินทรีย์ 6 ชนิด ได้แก่ มูลสุกร มูลโค มูลไก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน นำมาอบแห้งที่ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม.

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับบ่ม

การทดลองย่อยที่ 1 ชั่งดินในชุดดินยโสธร 50 กรัม ใส่ในขวดโหลแก้ว แล้วชั่งปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด ได้แก่ มูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ให้ได้ไนโตรเจนทั้งหมด 0.10 กรัม (มูลสุกร มูลโค และมูลไก่ มีไนโตรเจนทั้งหมด 2.49 1.32 และ 1.01 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้นจึงใช้ในปริมาณ 4.02 7.58 และ9.90 กรัม ตามลำดับ)

การทดลองย่อยที่ 2 ชั่งดินในชุดดินปากช่อง 50 กรัม ใส่ในขวดโหลแก้ว แล้วชั่งปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิด ได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ให้ได้ไนโตรเจนทั้งหมด 0.10 กรัม (ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักมูลไก่ มีไนโตรเจนทั้งหมด 1.19 2.26 และ 2.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงใช้ในปริมาณ 4.48 8.40 และ4.31 กรัม ตามลำดับ)

ผสมคลุกเคล้าดินกับปุ๋ยอินทรีย์ให้เข้ากัน เติมน้ำกรองที่ปราศจากไอออน (De-ionized water) ลงไปในดินเพื่อปรับความชื้นของดินให้อยู่ที่ 60%ของความจุความชื้น นำขวดแก้วที่บรรจุสารละลายมาตรฐาน 2*N* NaOH 15 มิลลิลิตร วางลงไปในขวดโหลแก้ว เพื่อใช้ในการดักจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์และจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในระหว่างการบ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ เก็บตัวอย่างทุก 2 วัน ในสัปดาห์แรกของการบ่ม จากนั้นสัปดาห์ที่

2-6 เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 7 วัน และสัปดาห์ที่ 7-13 เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ทุก 14 วัน พร้อมปรับความชื้นของดินให้คงที่อย่างสม่ำเสมอ

เก็บตัวอย่างดินในแต่ละระยะมาสกัดด้วยสารละลาย *2N* KCl แล้วนำสารละลายที่สกัดได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทที่ปลดปล่อยออกมาโดยวิธีการกลั่น และวิเคราะห์หาปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดจับไว้ในสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยการตกตะกอนคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยสารละลายแบเรียมคลอไรด์ แล้วไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน *2 N* HCl (Anderson, 1982)

นำปริมาณแอมโมเนียม ไนเตรท และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ไม่ได้ผสมกับวัสดุอินทรีย์มาหักลบจากปริมาณแอมโมเนียม ไนเตรท และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาจากดินที่ผสมกับวัสดุอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ก็จะได้เป็นปริมาณแอมโมเนียม ไนเตรท และคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาซึ่งเป็นผลมาจากการใส่วัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดลงไปในดิน

บันทึกสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด แอมโมเนียมและไนเตรท บันทึกปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดินที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยหรือวัสดุอินทรีย์หลังจากการบ่ม และบันทึกปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดักจับไว้ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ปลดปล่อยออกมาหลังจากการบ่ม

3. การวิเคราะห์ดินและปุ๋ยอินทรีย์

นำตัวอย่างดินมาตากแห้งในที่ร่ม บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างดินมาวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 วิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินโดยวิธีของ Walkley and Black (Allison, 1965) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดโดยการย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น แล้วนำมากลั่นด้วย Kjedahl distillation apparatus

นำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์มาอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60°ซ จากนั้นนำมาบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างปุ๋ยอินทรียน์มาวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1: 5 วิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินโดยวิธีของ Walkley and Black (Allison, 1965) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดโดยการย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้น แล้วนำมากลั่นด้วย Kjedahl distillation apparatus

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) ตุลาคม 2548 – กันยายน 2550

สถานที่ดำเนินการ

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธร

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินทรายในชุดดินยโสธรมีพีเอช 5.06 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัด มีอินทรียวัตถุ 0.52% และไนโตรเจนทั้งหมด 0.02% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก และสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 13.11 (ตารางที่ 1) ปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลองได้ แก่ มูลสุกร มูลโค และมูลไก่ โดยมูลสุกรมีอินทรีย์คาร์บอนสูงถึง 30% แต่มีไนโตรเจนทั้งหมด 1.0% มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 30 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงสำหรับปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งหากจะนำมูลสุกรไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์อาจนำไปหมักหรือปล่อยให้สลายตัวไปสักระยะหนึ่งก่อนเพื่อให้สัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงมาต่ำกว่า 20 ส่วนมูลโคมีอินทรีย์คาร์บอน 17.1% และมีไนโตรเจนทั้งหมด 1.3% ทำให้มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 13.2 ซึ่งเหมาะที่จะนำไปใช้ได้ทันที เช่นเดียวกันกับมูลไก่ ซึ่งมีอินทรีย์คาร์บอน 31.1 % ใกล้เคียงกันกับมูลสุกร แต่มูลไก่มีไนโตรเจนทั้งหมดสูงถึง 2.5% จึงทำให้มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 12.4 (ตารางที่ 2)

การปลดปล่อยไนโตรเจนของมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธร ที่สภาพความชื้น 60%ของความจุอุ้มน้ำของดิน พบว่า มูลสุกรมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมสูงในช่วงสัปดาห์แรกของการบ่ม และหลังจากนั้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว แสดงว่ามูลสุกรอาจมีไนโตรเจนอยู่ในรูปของสารอินทรีย์อยู่ในปริมาณสูง จึงพบการเพิ่มขึ้นของแอมโมเนียมในระยะแรกของการบ่ม ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมโดยผ่านกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน (ammonification) และหลังจากที่แอมโมเนียม ลดลงในสัปดาห์ที่ 2 พบว่ามีไนเตรทเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากแอมโมเนียมถูกออกซิไดซ์ไปเป็นไนเตรท ตามกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) อย่างไรก็ตาม หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ไนเตรทลดลงอย่างรวดเร็ว อาจเป็นผลมาจากการเกิดกระบวนการรีดักชัน ทำให้ไนเตรทสูญหายไปในรูปของก๊าซไนโตรเจน เนื่องจากมูลสุกรมีอินทรีย์คาร์บอนในปริมาณสูง หากอินทรีย์คาร์บอนดังกล่าวอยู่ในรูปที่สลายตัวได้ง่าย ก็จะทำให้เกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วและชักนำให้ดินอยู่ในสภาพไร้ออกซิเจนได้ ส่วนมูลโคและมูลไก่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน โดยปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาในปริมาณสูงในระยะสัปดาห์แรก ส่วนการปลดปล่อยไนเตรทพบว่ามีปริมาณสูงหลังจากสัปดาห์ที่ 3 ของการบ่ม และจะปลดปล่อยเพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาของการบ่ม

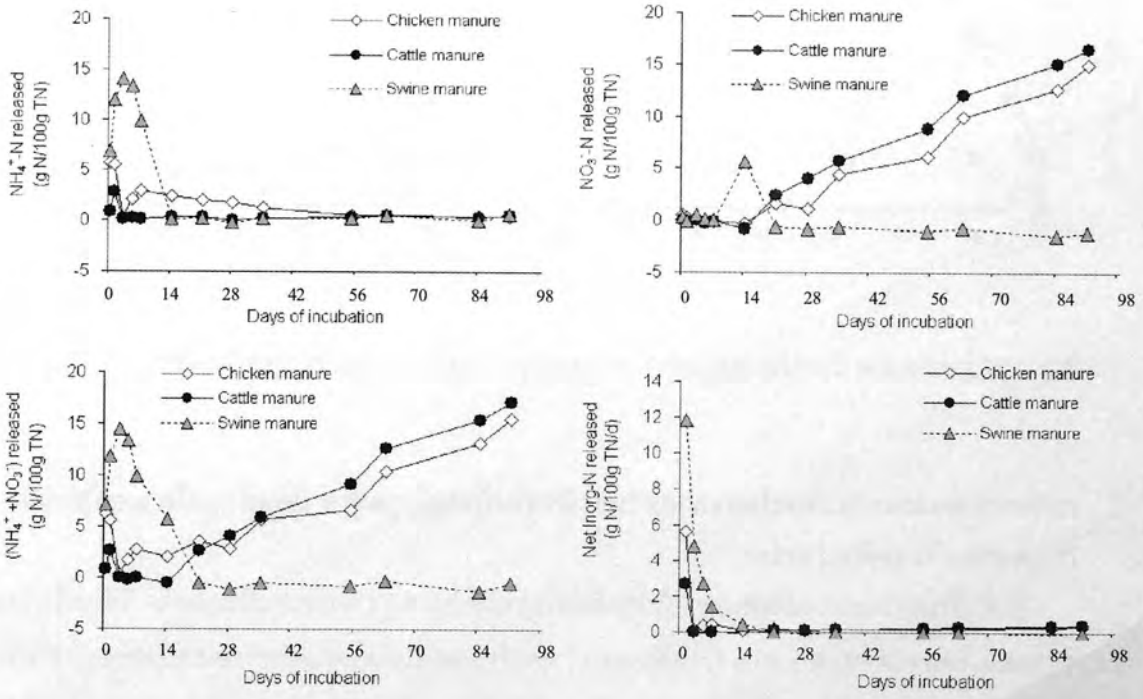
ปริมาณการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนของมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ เกิดขึ้นประมาณ 15-20% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าว โดยอัตราการปลดปล่อยจะเกิดขึ้นสูงใน 2 สัปดาห์แรก โดยมีอัตราการปลดปล่อยตั้งแต่ 3 - 12 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยอินทรีย์ และหลังจากสัปดาห์ที่ 2 อัตราการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจะเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1. สมบัติทางเคมีของดินในชุดดินยโสธรที่ใช้ในการทดลอง

Soil Series	pH	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	C:N ratio
Yasothorn	5.06	0.52	0.30	0.02	13.11

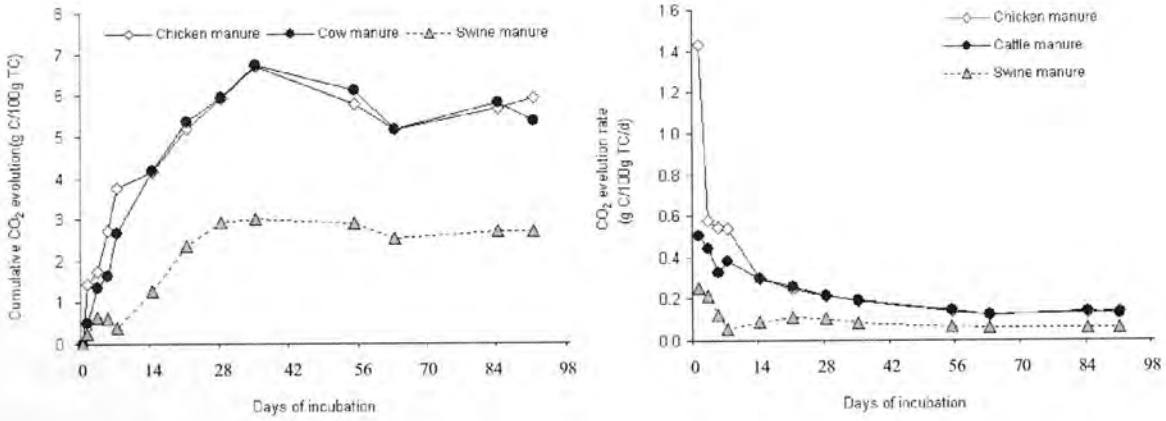
ตารางที่ 2. สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอก

Organic fertilizers	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	C:N ratio
Swine manure	51.8	30.0	1.0	30.0
Cattle manure	29.5	17.1	1.3	13.2
Chicken manure	53.6	31.1	2.5	12.4



ภาพที่ 1. การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจากการบ่มมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธร

สำหรับการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการบ่มมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธร ในภาพที่ 2 พบว่า มูลไก่และมูลโค มีคาร์บอนไดออกไซด์ปลดปล่อยออกมาในปริมาณใกล้เคียงกัน และมีรูปแบบที่เหมือนกัน เช่นเดียวกับปริมาณและรูปแบบในการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะมูลโคและมูลไก่อยู่ในสภาพที่คงตัวมากกว่ามูลสุกร ซึ่งสังเกตจากสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่พบว่ามูลไก่และมูลโคมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 1) ในขณะที่มูลสุกรมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวที่เกิดขึ้นค่อนข้างช้า เนื่องจากมูลสุกรมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนสูงถึง 30 (ตารางที่ 1) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการบ่มมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธรเกิดขึ้นประมาณ 3 – 7%ของปริมาณคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยอินทรีย์



ภาพที่ 2. การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการบ่มมูลสุกร มูลโค และมูลไก่ ในชุดดินยโสธร

2. การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ในชุดดินปากช่อง

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินทรายในชุดดินยโสธรมีพีเอช 4.74 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัด มีอินทรียวัตถุ 2.62% และไนโตรเจนทั้งหมด 1.46% มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 9.53 (ตารางที่ 3) ส่วนปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน โดยปุ๋ยหมักมูลสุกรเป็นปุ๋ยหมักที่มีอินทรีย์คาร์บอน 27.2% และมีไนโตรเจนทั้งหมด 2.2% มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่าเท่ากับ 12.2 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ของปุ๋ยอินทรีย์ เหมาะที่จะนำไปใช้ได้ทันที ปุ๋ยหมักมูลโคมีอินทรีย์คาร์บอน 16.9% และมีไนโตรเจนทั้งหมด 1.2% ทำให้มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 14.3 ส่วนปุ๋ยหมักกากตะกอนมีอินทรีย์คาร์บอน 15.7% ใกล้เคียงกันกับปุ๋ยหมักมูลโค แต่มีไนโตรเจนทั้งหมดสูงถึง 2.3% จึงทำให้มีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 6.8 (ตารางที่ 4)

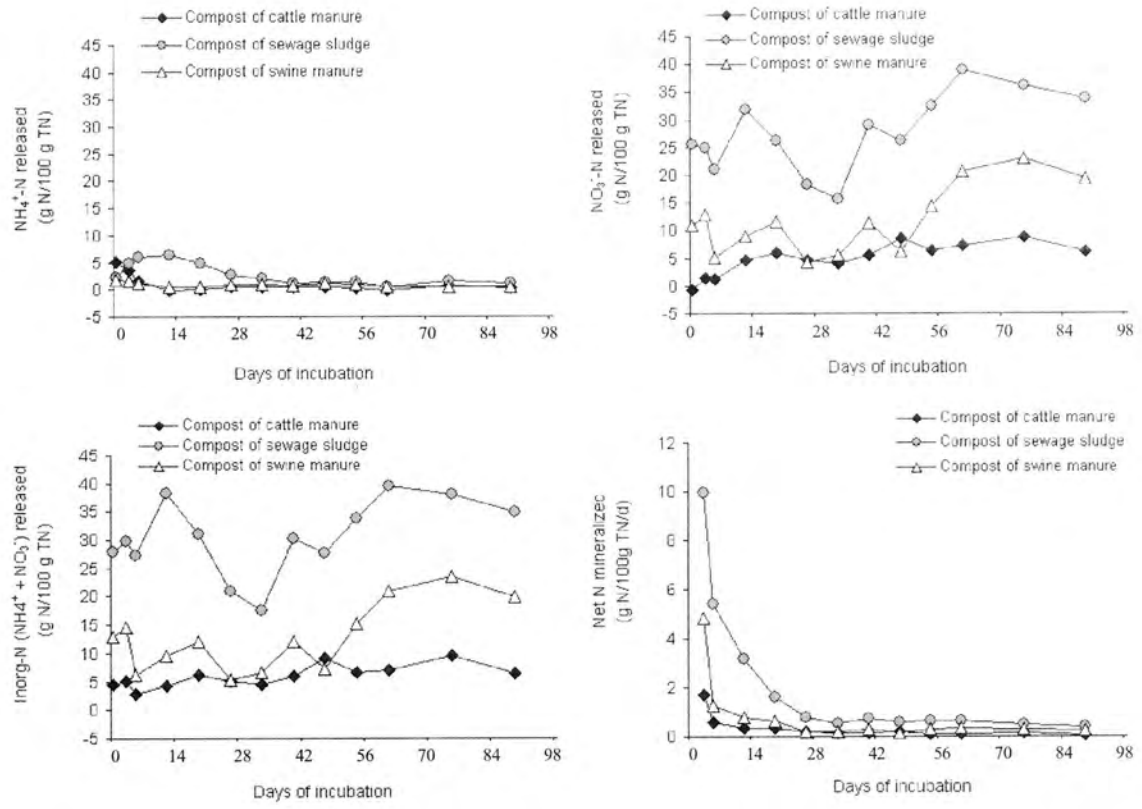
ตารางที่ 3. สมบัติทางเคมีของดินในชุดดินปากช่องที่ใช้ในการทดลอง

Soil Series	pH	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	C:N ratio
Pak Chong	4.74	2.62	1.46	0.15	9.53

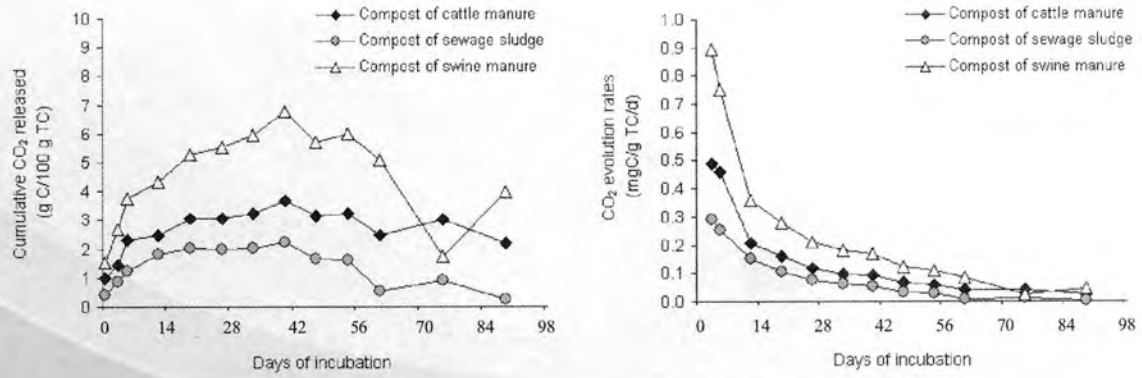
ตารางที่ 4. สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก

Organic fertilizers	Organic matter (%)	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	C:N ratio
Compost of swine manure	47.0	27.2	2.2	12.2
Compost of cattle manure	29.2	16.9	1.2	14.3
Compost of sewage sludge	27.0	15.7	2.3	6.8

ปุ๋ยหมักกากตะกอนมีอินทรีย์ไนโตรเจนปลดปล่อยออกมาประมาณ 35 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ สูงกว่าปุ๋ยหมักมูลสุกรและปุ๋ยหมักมูลโค ซึ่งมีการปลดปล่อยอินทรีย์ปลดปล่อย 20 และ 5 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมด ตามลำดับ (ภาพที่ 3) โดยอัตราการปลดปล่อยอินทรีย์ไนโตรเจนของปุ๋ยหมักกากตะกอนในวันแรกของการบ่มเท่ากับ 10 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน แล้วลดลงเหลือต่ำกว่า 1กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวันภายใน 28 วันหลังการบ่ม ในขณะที่ปุ๋ยหมักมูลสุกรมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดในวันแรกของการบ่มเท่ากับ 5 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน และลดลงเหลือต่ำกว่า 1 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวันภายใน 7 วัน ส่วนปุ๋ยหมักมูลโคมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนต่ำสุด ซึ่งในวันแรกมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนเพียง 2 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวัน และจากนั้นลดลงเหลือต่ำกว่า 0.5 กรัม N ต่อ 100 กรัมของไนโตรเจนทั้งหมดต่อวันภายใน 7 วัน



ภาพที่ 3. การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจากการบ่มปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอนในชุดดินปากช่อง



ภาพที่ 4. การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการบ่มปุ๋ยหมักมูลสุกร ปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอนในชุดดินปากช่อง

จากการบ่มปุ๋ยหมักทั้ง 3 ชนิด พบว่า ปุ๋ยหมักมูลสุกรมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดที่ 7 กรัม C ต่อ 100 กรัมของคาร์บอนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบ สูงกว่าการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากปุ๋ยหมักมูลโค และปุ๋ยหมักกากตะกอน ซึ่งปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 3 และ 2 กรัม C ต่อ 100 กรัมของคาร์บอนทั้งหมด (ภาพที่ 4) ทั้งนี้ อาจเนื่องจากปุ๋ยหมักมูลสุกรมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงกว่า จึงมีแหล่งของคาร์บอนให้กับจุลินทรีย์ได้มากกว่า และคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลงานวิจัยเกี่ยวกับการสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดสามารถสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารได้แตกต่างกันทั้งในปริมาณและรูปแบบของการปลดปล่อย โดยอนินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์สามารถปลดปล่อยออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้เพียง 10 – 40% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในขณะที่ไนโตรเจนส่วนที่เหลือจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาทีละน้อยอย่างช้า ๆ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ก่อนแล้วจึงปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปุ๋ยอินทรีย์แต่ละชนิดนอกจากจะมีธาตุอาหารในปริมาณต่ำแล้ว ยังปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอย่างช้า ๆ นอกจากนี้ การสลายตัวและการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน ความเป็นกรด-ด่างของดิน เนื้อดิน ความชื้น อุณหภูมิ เป็นต้น ซึ่งหากจะทำการเกษตรโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว จำเป็นต้องใส่ในปริมาณมากจึงจะได้ธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลจากการวิจัยครั้งนี้ได้นำไปถ่ายทอดให้นักวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรในการฝึกอบรมเรื่องเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ระหว่างวันที่ 9-10 กรกฎาคม 2550 และระหว่างวันที่ 5-6 มิถุนายน 2551 เพื่อให้นักวิจัยได้มีความรู้ความเข้าใจคุณสมบัติด้านธาตุอาหารและการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อให้สามารถใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถถ่ายทอดแก่เกษตรกรต่อไปได้

เอกสารอ้างอิง

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. บริษัท โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. 193 หน้า

Stevenson, F.J. 1986. Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients. John Wiley & Sons, Inc. U.S.A. 380 p.

Terry, R.E., Nelson, D.W., Sommers, L.E. 1981. Nitrogen transformations in sewage sludge-amended soils as affected by soil environmental factors. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 506-513