สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

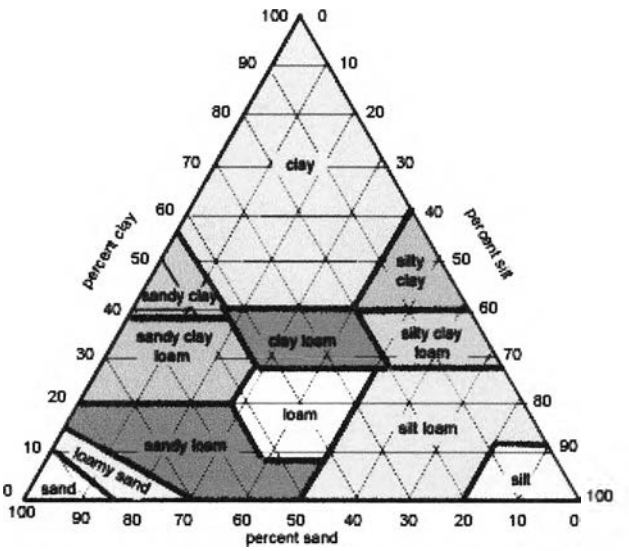
5.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดินนาก่อนทดลอง

ความอุดมสมบูรณ์ของดินนา พิจารณาได้จากลักษณะสมบัติทางกายภาพ และลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน โดยลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินต้องมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ขณะที่ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินต้องมีธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม จึงจะส่งผลให้ดินมีความสามารถหรือศักยภาพในการให้ผลผลิต (Soil productivity) ที่สูง

5.1.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของดินมีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของพืช ลักษณะทางกายภาพที่สำคัญและมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของข้าวในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่ เนื้อดิน และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน เนื้อดินเป็นสมบัติทางกายภาพขั้นมูลฐานซึ่งจะมีผลควบคุมสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ของดิน และบ่งบอกถึงขนาด หรือความหยาบละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์ (Inorganic particles) ที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคอนินทรีย์ 3 กลุ่มขนาด (Soil separates) คือ อนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งสัดส่วนผสมของอนุภาคหลายกลุ่มขนาดนี้จะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดินหลายประการ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) การถ่ายเทอากาศ (Aeration) และความแข็งของดิน (Soil strength) เป็นต้น ซึ่งสมบัติทั้งสามประการนี้มีผลกระทบอย่างสำคัญต่อการงอกของต้นกล้าและการเจริญเติบโตของพืช ขณะที่ลักษณะเนื้อดินนาในพื้นที่ศึกษาวิจัยก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากมีสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวเกิน 40 % (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541 และรูปที่ 5.1) จึงเป็นดินที่เหมาะกับการปลูกข้าวเพราะดินจะมีคุณสมบัติในการขังน้ำได้ดีและดูดยึดธาตุอาหารได้มาก (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ส่วนปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน คือ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง คำนวณจากผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Field capacity) ที่ความดัน 0.3 bar กับจุดเหี่ยวถาวร (Permanent wilting point) ที่ความดัน 15 bar โดยปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์นี้บรรจุอยู่ในช่องที่มีขนาดระหว่าง 0.2-50 μm. หรือมีชื่อเรียกว่า ช่องเก็บความชื้นที่เป็น

ประโยชน์ (Storage pores) ส่วนน้ำที่ขังอยู่ในช่องขนาด < 0.2 μm. เป็นน้ำที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ ซึ่งการกระจายขนาดของช่อง (Pore-size distribution) เป็นสมบัติทางกายภาพซึ่งถูกควบคุมโดยเนื้อดินและโครงสร้างดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทั้งนี้ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. เท่ากับ 2.0 3% และ 1.59 % ตามลำดับ ลักษณะดินที่เป็นดินเหนียวจัดเป็นดินเนื้อละเอียด ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศไม่ดีแต่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้มาก ซึ่งเป็นข้อดีสำหรับดินนาที่ใช้ในการปลูกข้าว



รูปที่ 5.1 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทของเนื้อดิน (Soil textural triangle) ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay) (ปรับปรุงจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

5.1.2 ลักษณะสมบัติทางเคมี

ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินนาก่อนทดลอง บ่งบอกได้ด้วยค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก ปริมาณธาตุซิลิกอน และอินทรียวัตถุ เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินนาก่อนทำการทดลอง (ตารางที่ 4.2) พบว่า อยู่ในช่วง 4.16-4.49 ซึ่งจัดได้ว่ามีค่าความเป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1) เป็นดินที่เหมาะสมกับการทำนาปานกลาง โดยมีความเป็นกรดเป็นอุปสรรค เพราะจะเกิดความเป็นพิษเนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและปริมาณอลูมินัมที่มีอยู่สูงจะเป็นพิษต่อข้าวได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดินก่อนทำการทดลองประกอบไปด้วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วง 0.140-0.149 % (ตารางที่ 4.3) ถือได้ว่ามีปริมาณไม่เพียงพอเมื่อเทียบกับความต้องการไนโตรเจนของข้าว (0.6-0.8 %) (Tanaka and Yoshida, 1975; Dobermann and Fairhurst, 2000 อ้างถึงใน อนนท์ สุขสวัสดิ์, 2547: ตารางภาคผนวกที่ ผ.6) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าอยู่ในช่วง 11.50-12.99 ppm และ 95.16-106.64 ppm (ตารางที่ 4.3) ถือได้ว่าอยู่ในระดับปานกลางและระดับสูง ตามลำดับ เมื่อยึดตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3 และ ผ.4) ส่วนปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์คือ ซิลิกอน (Si) โดยวัดในรูปกรดโมโนซิลิซิก (Monosilicic acid; $Si(OH)_4$) ซึ่งเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่อยู่ในสารละลายดิน พบว่าปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในช่วง 49.45-52.70 ppm (ตารางที่ 4.4) และปริมาณอินทรียวัตถุของดินนาก่อนทำการทดลอง อยู่ในช่วง 0.93-1.02 % (ตารางที่ 4.5) และจัดได้ว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545: ตารางภาคผนวกที่ ผ.5)

อาจกล่าวได้ว่าดินนาในพื้นที่ศึกษาวิจัยมีความเหมาะสมในการทำนาปานกลางเนื่องจากมีค่าความเป็นกรดรุนแรงมากจึงเป็นอาจเป็นอุปสรรคต่อการทำนา

5.2 ลักษณะสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว

การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร นับเป็นการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์ที่เหมาะสมวิธีหนึ่งที่สามารถลดปัญหามลภาวะที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม โดยการใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ได้จากฟางข้าวซึ่งผ่านการเพาะเห็ด ซึ่งเป็นการจัดการฟางข้าววิธีหนึ่งที่ก่อให้เกิดประโยชน์ อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงศักยภาพของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มีต่อดิน เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวมีคุณสมบัติในการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพและมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างจากปุ๋ยเคมีและวัสดุปรับปรุงดินชนิดอื่น ดังนั้นการพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพ และการเป็นแหล่งธาตุอาหารของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวสำหรับการปลูกข้าว มีดังนี้

5.2.1 เถ้าลอยลิกไนต์

เถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการทดลอง (ตารางที่ 4.6) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 11.82 จัดได้ว่ามีความเป็นด่างจัดมาก (Very strongly alkaline) (คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541: ตารางภาคผนวกที่ ผ.1) และมีองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหาร คือ

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.014 % ซึ่งมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินทั่วไป ทั้งนี้เนื่องมาจากในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 ^{o}C (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะ, 2542) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่พบถูกทำลาย หรือเปลี่ยนรูป/สถานะกลายเป็นแก๊ส จึงตรวจพบปริมาณไนโตรเจนในเถ้าลอยลิกไนต์ได้น้อย (Adriano et al., 1980) ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 2.39 ppm ซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำมากตามการประเมินระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) และฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ในเถ้าลอยลิกไนต์ไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (Scotti, Silva and Botteschi, 1999) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 214 ppm ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงมากตามการประเมินระดับของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.4) ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ คือ ซิลิกอนมีปริมาณมากในรูปของกรดโมโนซิลิซิก (Monosilicic acid; $Si(OH)_4$) เท่ากับ 324.55 ppm ซึ่งเป็นรูปที่ต้นข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ (Yoshida, 1975) และมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.03 % ถือได้ว่าอยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับมาตรฐานระดับอินทรียวัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545: ตารางภาคผนวกที่ ผ.5) ส่วนลักษณะทางกายภาพของเถ้าลอยลิกไนต์ คือ ความหนาแน่นรวม ความชื้นภาคสนาม จุดเหี่ยวถาวร ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ และอัตราการไหลซึมของน้ำ เท่ากับ 1.19 g/cm^3, 47.40 %, 45.75 %, 1.65 % และ 4.45 ซม./ชม. ตามลำดับ

อาจกล่าวได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยน่าจะเป็นแหล่งธาตุโพแทสเซียมและซิลิกอนได้สูง ขณะที่การเป็นแหล่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของเถ้าลอยลิกไนต์ในการปลูกข้าวอยู่ในระดับที่ต่ำ

5.2.2 ปุ๋ยหมักฟางข้าว

ปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ทำจากฟางข้าวซึ่งผ่านการเพาะเห็ดก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4.7) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.73 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เท่ากับ 11.68 ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.61 %, 0.074 % และ 1.32 % ตามลำดับ ปริมาณซิลิกอนในรูป Crude Silicon เท่ากับ 12.72% และ อินทรียวัตถุเท่ากับ 32.33 % ทั้งนี้คุณภาพของปุ๋ยหมักฟางข้าวที่ทำการวิเคราะห์อยู่ในเกณฑ์และมาตรฐานของปุ๋ยหมัก คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.0-8.0 C/N ratio ไม่เกิน 20:1 เกรดปุ๋ยไม่ต่ำกว่า 0.5-0.5-1.0 (% ของ N-P_2O_5-K_2O) ยกเว้นฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์

มาตรฐาน และปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 25-50 % โดยน้ำหนัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) และเมื่อใส่ลงดินแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อต้นข้าว

5.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 สามารถบ่งบอกถึงภาพรวมของความเป็นประโยชน์ และความคุ้มค่าในการนำเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว ในขณะที่ดัชนีการเก็บเกี่ยวเป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าว โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

5.3.1 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก

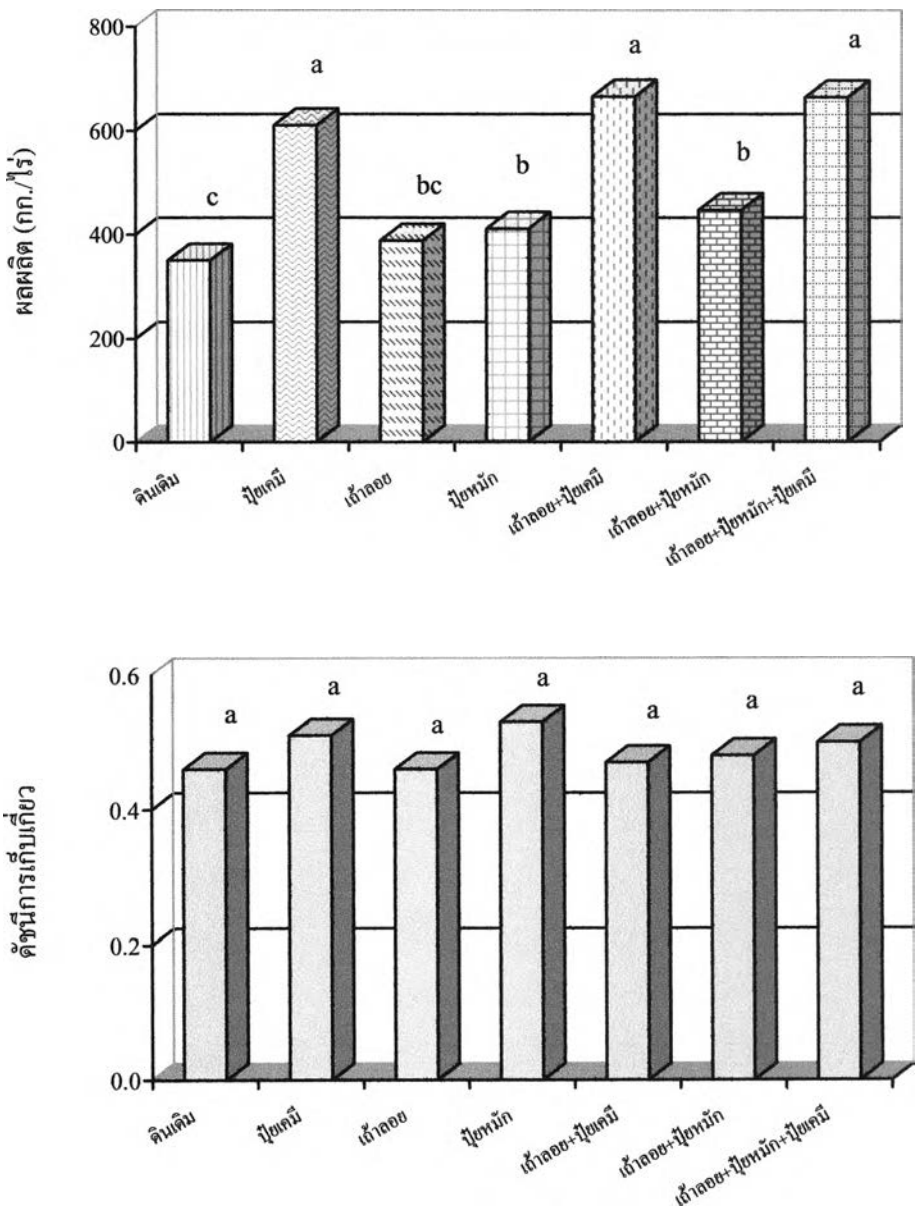
ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก พบว่า การเติมสิ่งทดลอง (ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยเคมี) ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวปริมาณผลผลิตที่ได้น้อยกว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 5.2) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารอยู่ในรูปที่ต้นข้าวสามารถดูดดึงและนำไปใช้ได้ทันที ส่วนปุ๋ยหมักฟางข้าวจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ออกมาอย่างช้าๆ (Stefen, 1979) ถึงแม้จะไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแต่จะเป็นประโยชน์ต่อข้าวในระยะยาว ทั้งนี้ปุ๋ยหมักฟางข้าวนอกจากจะมีธาตุอาหารหลักในปริมาณที่มาก ยังมีธาตุอาหารรองจุลธาตุอาหาร และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของข้าวที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (ประเสริฐ สองเมือง, 2543) ขณะที่เถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีศักยภาพในการให้ธาตุไนโตรเจนต่ำเพียง 0.014 % (ตารางที่ 4.6) ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นข้าวในระยะแรก ช่วยควบคุมการออกดอก และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิต อีกทั้งเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวยังมีธาตุซิลิกอนในปริมาณที่มาก (324.55 ppm $Si(OH)_4$, ตารางที่ 4.6 และ 12.72 % Crude Si, ตารางที่ 4.7 ตามลำดับ) จึงน่าจะมีส่วนช่วยลดการตรึงฟอสเฟตในดินที่มีการตรึงฟอสเฟตสูง โดยสารประกอบพวกซิลิเกตจะเข้าไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว และทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอลูมินัมออกไซด์ ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531;Takahashi, 1968) ขณะที่ซิลิกอนที่ต้นข้าวดูดดึงขึ้นไปจะสะสมอยู่ที่ผิวใบและลำต้น ทำให้ลำต้นแข็งแรง เพิ่มความต้านทานต่อโรค แมลง และทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นถึง 10 % (Yoshida, 1981) นอกจากนี้เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวมีคุณสมบัติที่ช่วยในการปรับปรุง

ลักษณะทางกายภาพของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Low, 1973; Hartman and De Boodt, 1974) จึงอาจมีส่วนทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น

5.3.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

เมื่อพิจารณาดัชนีการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกต่อผลรวมน้ำหนักฟางและน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก และเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าว โดยดัชนีการเก็บเกี่ยวถ้ามีค่าสูงแสดงว่าต้นข้าวจะนำธาตุอาหารไปสร้างเมล็ดมากกว่านำไปสร้างใบและลำต้น พบว่า เมื่อเติมสิ่งทดลอง (ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยเคมี) ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 5.2) ทั้งนี้ดัชนีการเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.46-0.52 และอยู่ในเกณฑ์ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี1 เมื่อปลูกแบบปักดำ ซึ่งมีค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 (0.44-0.49) (ธีรพร บุศยอังกุล. 2543)

อาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตรา 2 ตัน/ไร่ ปริมาณผลผลิตที่ได้รับต่ำกว่าการเติมร่วมกับปุ๋ยเคมี และเมื่อยึดผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเป็นเกณฑ์ การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 แม้ดัชนีการเก็บเกี่ยวจะไม่แตกต่างจากตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงสุด แต่ก็ไม่แตกต่างจากการใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ดังนั้นจึงอาจใช้เป็นแนวทางลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงโดยเพิ่มปริมาณปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตราที่ทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวแต่ต้องไม่เกิน 2-4 ตัน/ไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ซึ่งเป็นอัตราแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินในการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวสำหรับการปลูกข้าว



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.2 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก และดัชนีการเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

5.4 ศักยภาพของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา

ศักยภาพของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวที่บ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ในการปลูกข้าว พิจารณาได้จากลักษณะสมบัติทางกายภาพ คือ ลักษณะเนื้อดิน และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน ลักษณะสมบัติทางเคมี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ธาตุอาหารเสริมประโยชน์ (ซิลิกอน) และอินทรียวัตถุ โดยมีผลการศึกษา ดังนี้

5.4.1 ลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินนา

เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถนำมาใช้ปรับปรุงลักษณะสมบัติทางกายภาพของดินนาได้ โดยทำการเก็บดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวมาวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน และปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งเนื้อดินทำการศึกษาที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ส่วนปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำการศึกษาที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม.

1) ลักษณะเนื้อดิน

ลักษณะเนื้อดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เมื่อเติมสิ่งทดลอง (ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยเคมี) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อดินของดินนาที่เป็นประเภทดินเหนียวเพราะมีสัดส่วนอนุภาคดินเหนียวเกิน 40 % (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) (ตารางที่ 4.8 และรูปที่ 5.3) อาจเป็นไปได้ว่าเนื้อดินมีสมบัติที่เสถียรมาก ดินส่วนใหญ่จึงมีเนื้อดินที่เปลี่ยนแปลงได้ยากภายใต้สภาวะปกติของการใช้ดินทางการเกษตรแม้ว่าระยะเวลาของการใช้ดินจะยาวนาน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2335) อีกทั้งอินทรียวัตถุที่มีในเถ้าลอยลิกไนต์ (0.03 %, ตารางที่ 4.6) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (32.33 %, ตารางที่ 4.7) น่าจะมีส่วนช่วยให้การยึดเกาะกันของเม็ดดินดีขึ้น ทำให้เม็ดดินมีขนาดใหญ่และเสถียรมากขึ้นจึงทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง (ถนอม คลอดเพ็ง, 2526; Adam, 1973; Tiarks et al., 1974) ทั้งนี้ลักษณะดินที่เป็นดินเหนียว หรือดินที่มีเนื้อดินค่อนข้างละเอียดซึ่งมีอนุภาคดินเหนียวและทรายแป้งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่จะเหมาะกับการปลูกข้าวมากที่สุด เพราะดินมีการระบายน้ำไม่ดี ดินจึงมีคุณสมบัติในการขังน้ำได้ดีและดูดยึดธาตุอาหารได้มาก เนื่องจากดินเหนียวสามารถเกาะยึดกันเอง และเกาะยึดกับอนุภาคอื่นได้ดี ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็ก ทำให้น้ำและแก๊สต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านได้ช้า (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527 และ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จึงเหมาะสำหรับการทำนา

2) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน

2.1) ดินนาที่ระดับความลึก 0-15 ซม.

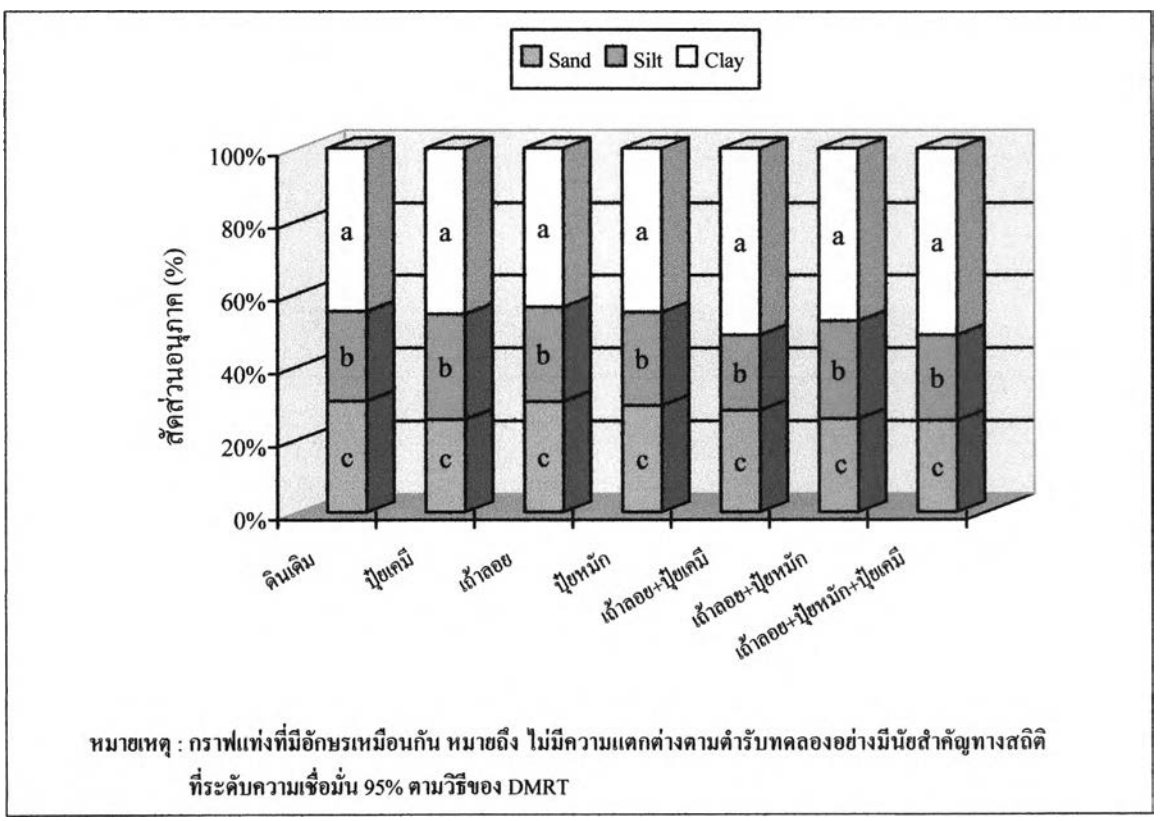
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินนาที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นสูงสุด แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการเติมปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมสิ่งทดลองไม่ทำให้เนื้อดินซึ่งเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพอื่นๆ เปลี่ยนแปลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินจึงไม่แตกต่างกัน อีกทั้งคุณสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวน่าจะมีส่วนทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น โดยเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีลักษณะทรงกลม กลวง ทำให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ภายในอนุภาคได้ และมีค่าความจุในการอุ้มน้ำ 30-40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Zacharia et al., 1996) สอดคล้องกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีขนาดอนุภาคเท่ากับทรายละเอียด (0.002-0.2 มม.) อยู่ 50-70 % อัตรา 40-120 ตัน/ไร่ พบว่า ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ถึง 93 % (Salter, Webb., and Williams, 1971) อีกทั้งอินทรียวัตถุที่มีในเถ้าลอยลิกไนต์ (0.03%, ตารางที่ 4.6) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (32.33 %, ตารางที่ 4.7) มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก คือ ปริมาณ 6-20 เท่าของน้ำหนัก เพราะอินทรียวัตถุมีอนุภาคขนาดเล็ก และมีลักษณะเป็นสารคอลลอยด์ จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นอนุภาคของอินทรียวัตถุยังประกอบกันเป็นโครงสร้างมีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดีอยู่มาก การใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินจึงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) และปุ๋ยหมักฟางข้าวยังมีคุณสมบัติในการดูดซับความชื้นไว้ได้สูงมาก (ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (ถนอม คลอดเพ็ง, 2526) จึงมีผลอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินที่พืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

2.2) ดินนาที่ระดับความลึก 15-30 ซม.

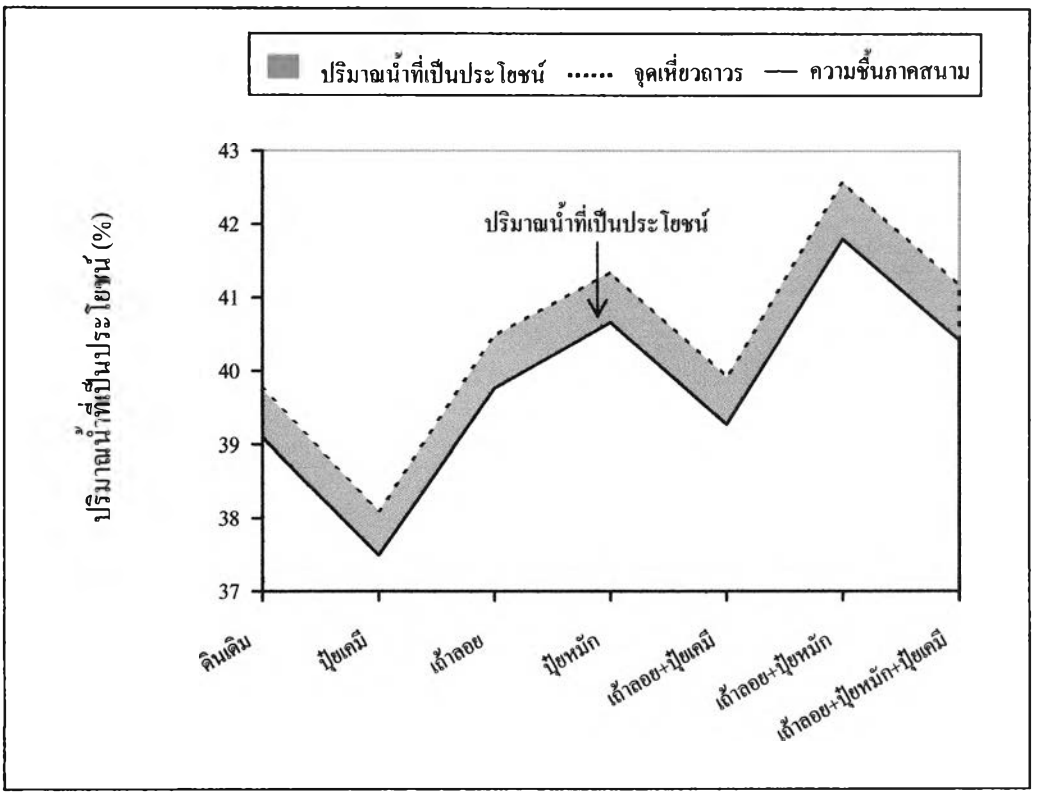
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินนาที่ระดับความลึก 15-30 ซม. เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.5) และมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นสอดคล้องกันกับดินนาที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ทั้งนี้อาจเป็นเพราะคุณสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าวมีส่วนทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเถ้าลอยลิกไนต์จะไปลดค่าความหนาแน่น

รวมของดิน และเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินบริเวณรอบๆ รากให้มากขึ้น (Aitken and Bell, 1985) ขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ จึงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จึงส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

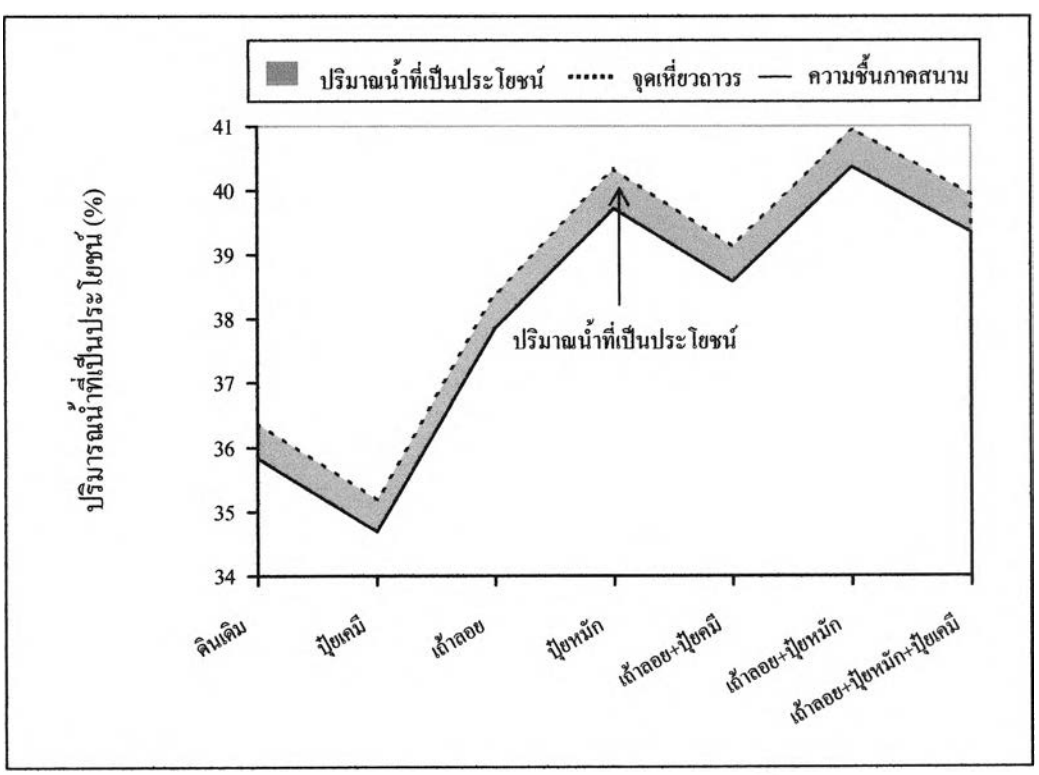
อาจกล่าวได้ว่า เถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว ช่วยเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดิน ทำให้ดินสามารถกักเก็บน้ำไว้ในดินได้มากขึ้น



รูปที่ 5.3 การแจกแจงประเภทของเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคทราย (Sand) ทรายแป้ง (Silt) และดินเหนียว (Clay)



รูปที่ 5.4 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 0-15 cm. ของดินระยะเก็บเกี่ยว



หมายเหตุ : ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ คำนวณจากผลต่างของระดับความชื้นของดินที่ความจุสนาม ที่ความดัน 0.3 bar กับจุดเหี่ยวถาวร ที่ความดัน 15 bar

รูปที่ 5.5 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระดับความลึก 15-30 cm. ของดินระยะเก็บเกี่ยว

5.4.2 ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินนา

พิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ธาตุอาหารเสริมประโยชน์ (ซิลิกอน) และอินทรียวัตถุในดิน 2 ระยะ คือดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว

1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนทำการทดลองแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2) ทั้งนี้ดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น และลดลงในระยะเก็บเกี่ยว (รูปที่ 5.6) ขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าตำรับทดลองอื่นๆ ในดินทั้ง 2 ระยะ

สาเหตุที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นในแต่ละตำรับการทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว อาจเป็นผลเนื่องมาจากความเป็นด่างจัดของเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นองค์ประกอบปริมาณมากทำให้เถ้าลอยแสดงความเป็นด่าง (Ma et al., 1989; Han and Jiang, 2001) และเถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 11.82 (ตารางที่ 4.6) ซึ่งเป็นด่างจัดมาก ขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.73 (ตารางที่ 4.7) จึงอาจส่งผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น ส่วนตำรับทดลองดินเดิมและการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นอิทธิพลของการขังน้ำ เพราะเมื่อขังน้ำระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินจะเพิ่มสูงขึ้น (Ponnamperuma, 1965) เนื่องจากดินนาน้ำขังอยู่ในสภาพรีดักชันสารประกอบเฟอร์ริก (Fe^{3+}) จะถูกรีดิวซ์เป็นสารประกอบเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ทำให้ไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ถูกปลดปล่อยออกมาและทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนไอออน (H^+) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินจึงเพิ่มขึ้น ขณะที่ดินในระยะเก็บเกี่ยวค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงต่ำกว่าดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองอาจเนื่องมาจากมีการระบายน้ำออกจากแปลงนาก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์ ทำให้ออกซิเจนในอากาศทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารประกอบเฟอร์รัส (Fe^{2+}) เป็นสารประกอบเฟอร์ริก (Fe^{3+}) และมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531; ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528) ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงในระยะเก็บเกี่ยว สำหรับการเติมปุ๋ยเคมีลงดินเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าตำรับ

ทดลองอื่นๆ ในดินทั้ง 2 ระยะ อาจเนื่องมาจากปุ๋ยเคมีจะเพิ่มสภาพความเป็นกรดให้กับดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่าตำรับทดลองอื่นๆ

สรุปได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มขึ้นในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และลดลงในระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างทุกตำรับทดลองในดินทั้ง 2 ระยะดังกล่าวสูงกว่าการเติมปุ๋ยเคมีลงดินเพียงอย่างเดียว แสดงว่าเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงน้อยกว่าการเติมปุ๋ยเคมี

2) ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยผลการศึกษามีดังนี้

2.1) ไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเป็นผลจากการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเมื่อเทียบกับดินเดิม (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.7) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนน้อยมาก (Adriano, 1980) ซึ่งเถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพียง 0.014 % และการที่ดินเดิมซึ่งไม่ได้รับการเติมปุ๋ยไนโตรเจนแต่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากอิทธิพลของการขังน้ำจะส่งเสริมการตรึงไนโตรเจนโดยพวกสาหร่ายและจุลินทรีย์ในดินให้มีมากขึ้น รวมทั้งอินทรียวัตถุที่ได้จากการย่อยสลายตัวของวัชพืช และสาหร่ายจะช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินให้สูงขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ขณะที่ดินระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือในดินสอดคล้องกับดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 5.7) ปริมาณไนโตรเจนที่เหลือในดินน่าจะเป็นผลตกค้างมาจากการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่ และอินทรียวัตถุจากการย่อยสลายของปุ๋ยหมักฟางข้าว (32.33 %, ตารางที่ 4.7) ทั้งนี้อินทรียวัตถุจัดว่าเป็นแหล่งของไนโตรเจนในดินที่สำคัญที่สุด โดยที่คุณสมบัติของอินทรียวัตถุช่วยให้ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืช

ได้สูง เนื่องจากอินทรียวัตถุมีพื้นผิวหน้าสัมผัสมากและมีประจุไฟฟ้าลบเป็นส่วนใหญ่ ฉะนั้นจึงมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารที่มีประจุบวกไว้ได้มาก และจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารประจุบวกเหล่านี้ออกมาให้พืชใช้ประโยชน์ได้ จึงเป็นการช่วยให้ปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น กล่าวคือธาตุอาหารพืชที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมีบางส่วนซึ่งพืชดูดนำไปใช้ไม่ทันอินทรียวัตถุจะดูดซับเอาไว้มิให้สูญหายไปจากดิน โดยธาตุไนโตรเจนจะได้มาจากอินทรียวัตถุในดินถึง 95% แต่จะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ มาอยู่ในรูปของฮิวมัส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) อีกทั้งการใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวจะช่วยเพิ่มการตรึงไนโตรเจนให้แก่ดินเป็นอย่างมากโดยเพิ่ม Active micro-site ให้แก่ดิน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา และคณะ, 2527)

2.2) ฟอสฟอรัส

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์หรือปุ๋ยหมักฟางข้าวเพียงอย่างเดียว แต่ถ้ามีการเติมร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.8) ทั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์และต้นข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ได้ทันที แม้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์จะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.39 ppm อีกทั้งปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของปุ๋ยหมักฟางข้าวเท่ากับ 0.074% อาจเป็นไปได้ว่า โดยทั่วไปการเติมฟอสเฟตลงในดินพบว่ามีเพียงร้อยละ 10-25 เท่านั้นที่พืชสามารถดูดดึงไปใช้ได้ ปริมาณส่วนใหญ่ คือ ร้อยละ 75-90 จะถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยาก หรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Haseman et al., 1950) ดังนั้นจึงยากที่พืชจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในเถ้าลอยลิกไนต์ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (Scotti, Silva and Botteschi, 1999) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า สิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินคงเหลือมากกว่าดินเดิม (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 5.8) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนหนึ่งได้มาจากเถ้าลอยลิกไนต์ เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีซิลิกอนปริมาณมาก (324.55 ppm $Si(OH)_4$) จึงน่าจะมีส่วนลดการตรึงฟอสเฟตโดยสารประกอบซิลิเกตจะเข้าไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียว และทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอลูมินัมออกไซด์ ทำให้ปริมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531;สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; Takahashi, 1968) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินส่วนหนึ่งน่าจะได้มาจากอินทรียวัตถุที่ได้จาก

ปุ๋ยหมักฟางข้าว เพราะในอินทรียวัตถุจะมีฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบ โดยอินทรียวัตถุเมื่อผ่านขบวนการย่อยสลายจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531; วิศิษฐ์ โชลิตกุล และประพิศ แสงทอง, 2535) จึงอาจมีส่วนทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินระยะเก็บเกี่ยวคงเหลือมากขึ้น แต่ปริมาณที่เหลือยังคงเหลือน้อยกว่าดินในระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นอิทธิพลของการขังน้ำเพราะดินนาในสภาพน้ำขังปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะเพิ่มขึ้นในทันทีที่ดินขังน้ำ แต่เมื่อระยะเวลาขังน้ำนานขึ้นปริมาณฟอสเฟตในสารละลายดินจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระดับหนึ่งแล้วจะกลับลดลง (Ponnamperuma, 1976)

2.3) โพแทสเซียม

เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นสูงกว่าดินเดิม และเมื่อเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.9) ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมปริมาณมากที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ (214 ppm, ตารางที่ 4.6) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (1.32 %, ตารางที่ 4.7) ถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อต้นข้าวในดิน ส่วนการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเดิม และเมื่อเติมปุ๋ยเคมี อาจมีสาเหตุมาจากการที่ดินในสภาพรีดักชันจะทำให้ Fe^{2+} และ Mn^{2+} ถูกปลดปล่อยออกมามากและจะไปแทนที่ K^{+} ที่ถูกดูดยึดโดยอนุภาคของดิน ทำให้โพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น (Ponnamperuma, 1965) และเนื่องจากดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นดินเหนียวจะมีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียมในดิน ทำให้ไม่จำเป็นต้องให้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินนาเหล่านี้ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ขณะที่ดินระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินคงเหลือสอดคล้องกับดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองแต่มีปริมาณต่ำกว่า (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 5.9) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพรีดักชันของดินนาน้ำขังทำให้ Fe^{2+} และ Mn^{2+} ถูกปลดปล่อยออกมามาก และจะไปแทนที่ K^{+} ที่ถูกดูดยึดโดยอนุภาคของดิน ทำให้โพแทสเซียมถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปของ Soluble K เพิ่มขึ้น (Ponnamperuma, 1965)

จึงอาจกล่าวได้ว่าสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยเถ้าลอยลิกไนต์สามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุโพแทสเซียมได้ในปริมาณมาก ขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารได้ทั้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

3) ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์

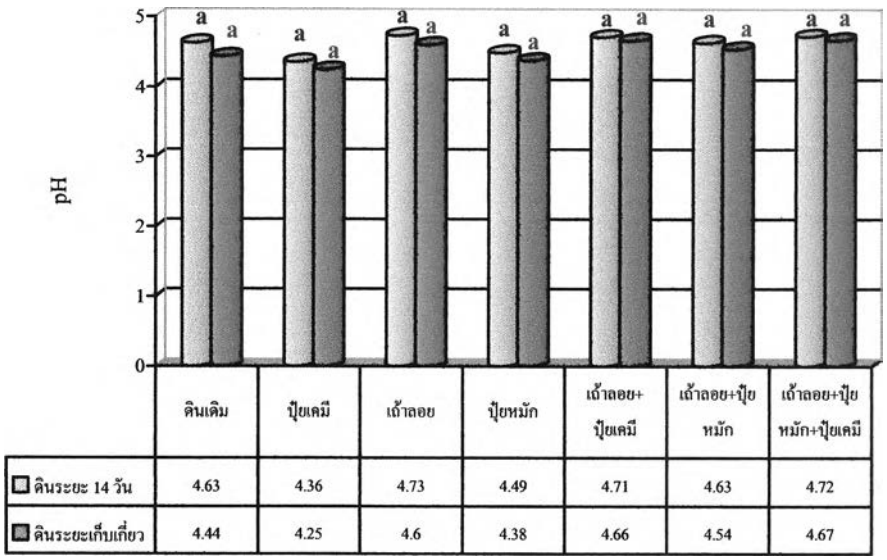
ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ คือ ซิลิกอน ซิลิกอนในดินจะอยู่ในรูปของซิลิกา (SiO_2) ซึ่งอาจเป็นผลึกหรือเป็นอสัณฐาน (Amorphous) และในรูปของซิลิเกต (Silicate) ส่วนซิลิกอนที่ข้าวสามารถดูดไปใช้ได้ละลายอยู่ในสารละลายดินในรูปของกรดโมโนซิลิซิก (Monosilicic acid; $Si(OH)_4$) ในการศึกษาวิจัยวัดปริมาณซิลิกอนในรูปของ $Si(OH)_4$ โดยปริมาณซิลิกอนในดินก่อนทำการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 49.45-52.70 ppm ขณะที่ปริมาณซิลิกอนที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณซิลิกอนในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 5.10) ปริมาณซิลิกอนที่เพิ่มขึ้นในดินน่าจะเป็นผลมาจากซิลิกอนปริมาณมากที่มีในเถ้าลอยลิกไนต์ (324.55 ppm $Si(OH)_4$) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (12.72% Crude Si) นอกจากนี้ดินในระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณซิลิกอนคงเหลือในดินแต่ละตำรับทดลองสอดคล้องกับดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง แต่มีปริมาณต่ำกว่า (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 5.10) อาจเนื่องมาจากข้าวมีการดูดดึงซิลิกอนไปใช้ในการเจริญเติบโต เพราะซิลิกอนเป็นธาตุที่ข้าวต้องการในปริมาณมาก (Yoshida, 1975) และการที่ดินในระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง มีปริมาณซิลิกอนเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าดินระยะเก็บเกี่ยว อาจเป็นเพราะเมื่อดินขังน้ำความเข้มข้นของซิลิกอนในสารละลายดินจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นหลังจากการขังน้ำ และค่อยๆ ลดลงเมื่อดินขังน้ำเป็นระยะเวลานานขึ้น (Ponnamperuma, 1972; Yoshida, 1981) ทั้งนี้ซิลิกอนแม้ไม่ใช่ธาตุที่จำเป็นสำหรับพืชทั่วไปแต่เป็นธาตุที่สำคัญในข้าว ซึ่งข้าวต้องการในปริมาณมากและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในผนังเซลล์ เมื่อข้าวดูดดึงซิลิกอนขึ้นไปจะเกิดการตกผลึกที่ผนังเซลล์ในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ทำให้เซลล์พืชแข็งแรง ต้นข้าวจึงแข็งแกร่ง ลดการล้มของต้นข้าว และทนต่อการเข้าทำลายของโรค แมลง ไร และรา (Yoshida, 1975; Takahashi et al., 1990) และอาจส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น

โดยสรุป เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าว ทำให้ปริมาณซิลิกอนรูป $Si(OH)_4$ ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุซิลิกอนได้

4) ปริมาณอินทรียวัตถุ

อินทรียวัตถุในดินจะเกี่ยวข้องกับสมบัติของดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนทำการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 0.93-1.02 % ถือได้ว่าอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำปานกลาง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545 : ตารางภาคผนวกที่ ผ.5) เมื่อพิจารณาปริมาณอินทรียวัตถุในดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และดินระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 5.11) โดยปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากปุ๋ยหมักฟางข้าว (32.33%) เป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนจากเถ้าลอยลิกไนต์ (0.03 %) ขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากมีการตายของพวกวัชพืช และสาหร่ายในนาข้าวเกิดการย่อยสลายทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ส่วนดินในระยะเก็บเกี่ยว เมื่อเติมปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและมากกว่าดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 5.11) ปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นน่าจะได้จากปุ๋ยหมักฟางข้าวเกิดการย่อยสลายเป็นอินทรียวัตถุสะสมอยู่ในดินได้มากขึ้นกว่าดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง ขณะที่เถ้าลอยลิกไนต์มีศักยภาพในการให้อินทรียวัตถุได้ในปริมาณที่ต่ำ ส่วนการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยอนินทรีย์ที่เกิดจากการสังเคราะห์ขึ้นมา จึงไม่มีส่วนของอินทรียสารที่เป็นส่วนของอินทรียวัตถุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทำให้การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น

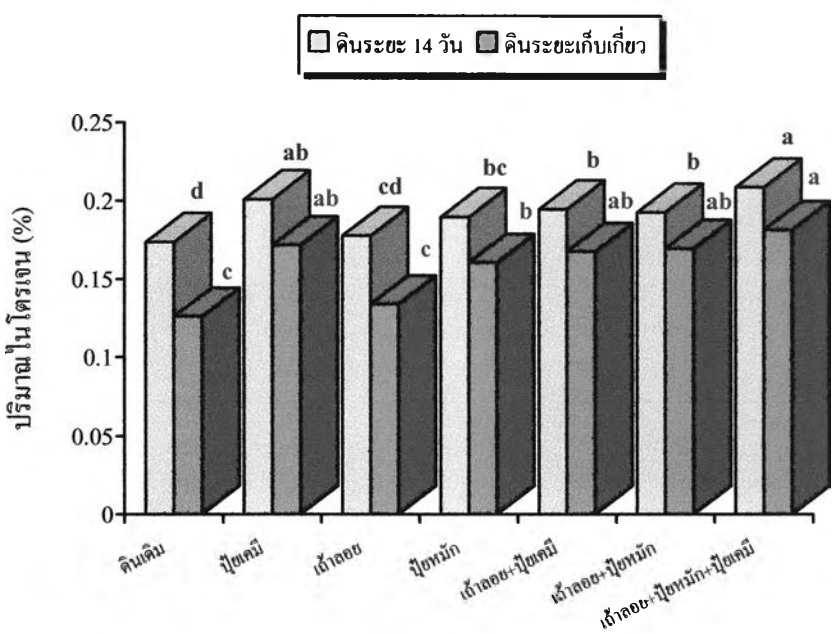
อาจกล่าวได้ว่า เมื่อเติมปุ๋ยหมักฟางข้าวส่งผลให้ดินนามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



	ดินเดิม	ปุ๋ยเคมี	เถ้าลอย	ปุ๋ยหมัก	เถ้าลอย+ปุ๋ยเคมี	เถ้าลอย+ปุ๋ยหมัก	เถ้าลอย+ปุ๋ยหมัก+ปุ๋ยเคมี
ดินระยะ 14 วัน	4.63	4.36	4.73	4.49	4.71	4.63	4.72
ดินระยะเก็บเกี่ยว	4.44	4.25	4.6	4.38	4.66	4.54	4.67

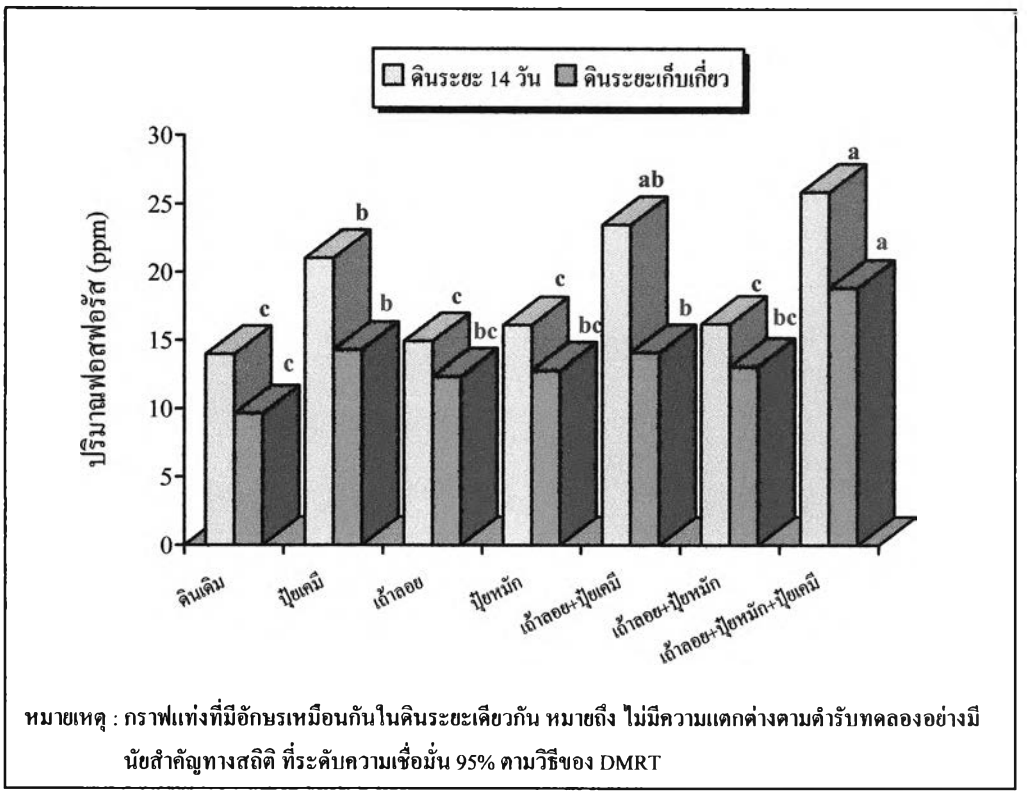
หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.6 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว



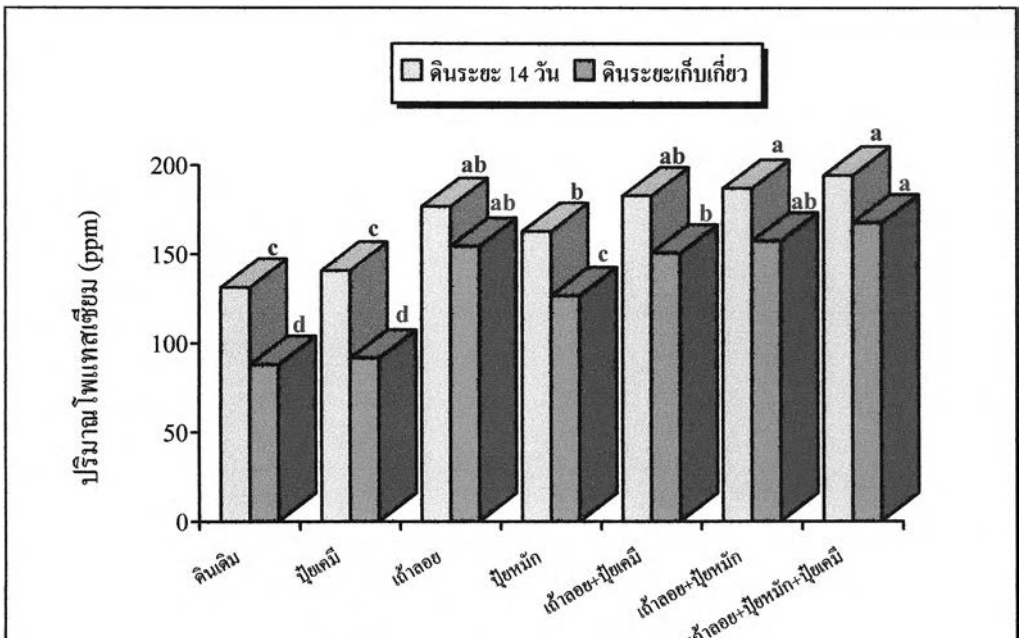
หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.7 ปริมาณไนโตรเจนของดินระยะ 14 วันหลังเดิมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว



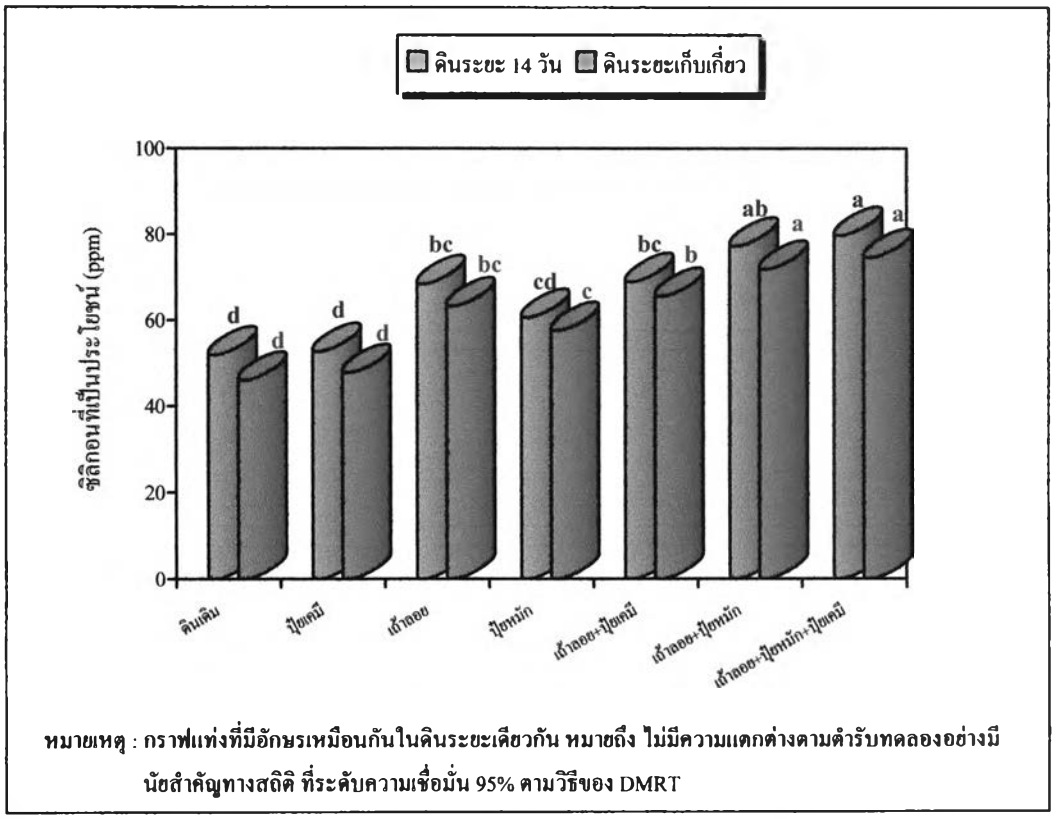
หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.8 ปริมาณฟอสฟอรัสของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว



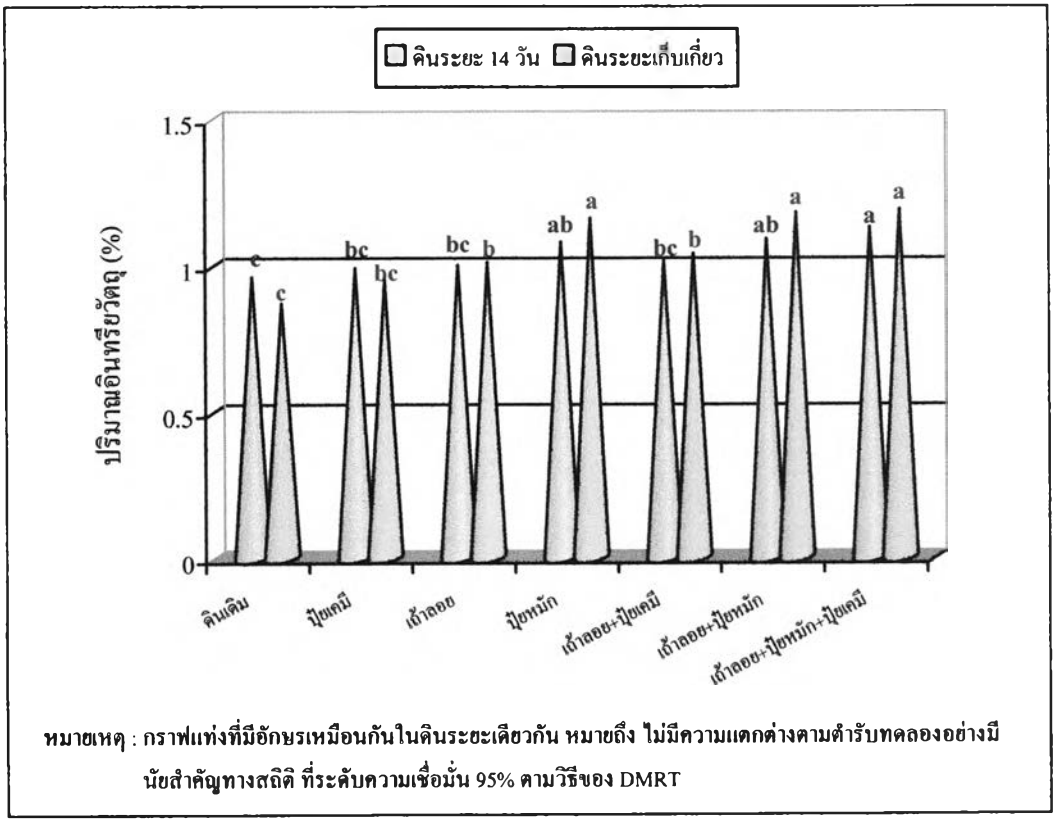
หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.9 ปริมาณโพแทสเซียมของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.10 ปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกันในดินระยะเดียวกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.11 ปริมาณอินทรียวัตถุของดินระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง และระยะเก็บเกี่ยว

5.5 ปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ในฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว จะชี้ให้เห็นถึงการสะสมธาตุอาหารในฟางข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยว ประกอบด้วย ปริมาณธาตุอาหารหลัก คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ คือ ซิลิกอน ซึ่งการพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าวหลังการเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) มีผลการศึกษา ดังนี้

5.5.1 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวที่ต้นข้าวดูดดึงและสะสมในระยะเก็บเกี่ยว มีผลการศึกษาดังนี้

1) ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในฟางข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยวมีความสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินระยะเก็บเกี่ยว เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าว พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 5.12) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่ เพราะปุ๋ยเคมีมีธาตุไนโตรเจนรูปที่เป็นประโยชน์ที่ต้นข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีและคงสะสมอยู่ในต้นข้าว ขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ส่วนเถ้าลอยลิกไนต์มีศักยภาพในการให้ไนโตรเจนต่ำเนื่องจากมีไนโตรเจนอยู่ในปริมาณน้อย อย่างไรก็ตามการดูดดึงไนโตรเจนของฟางข้าวยังสูงกว่าค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.5 % (Motomura et al, 1984)

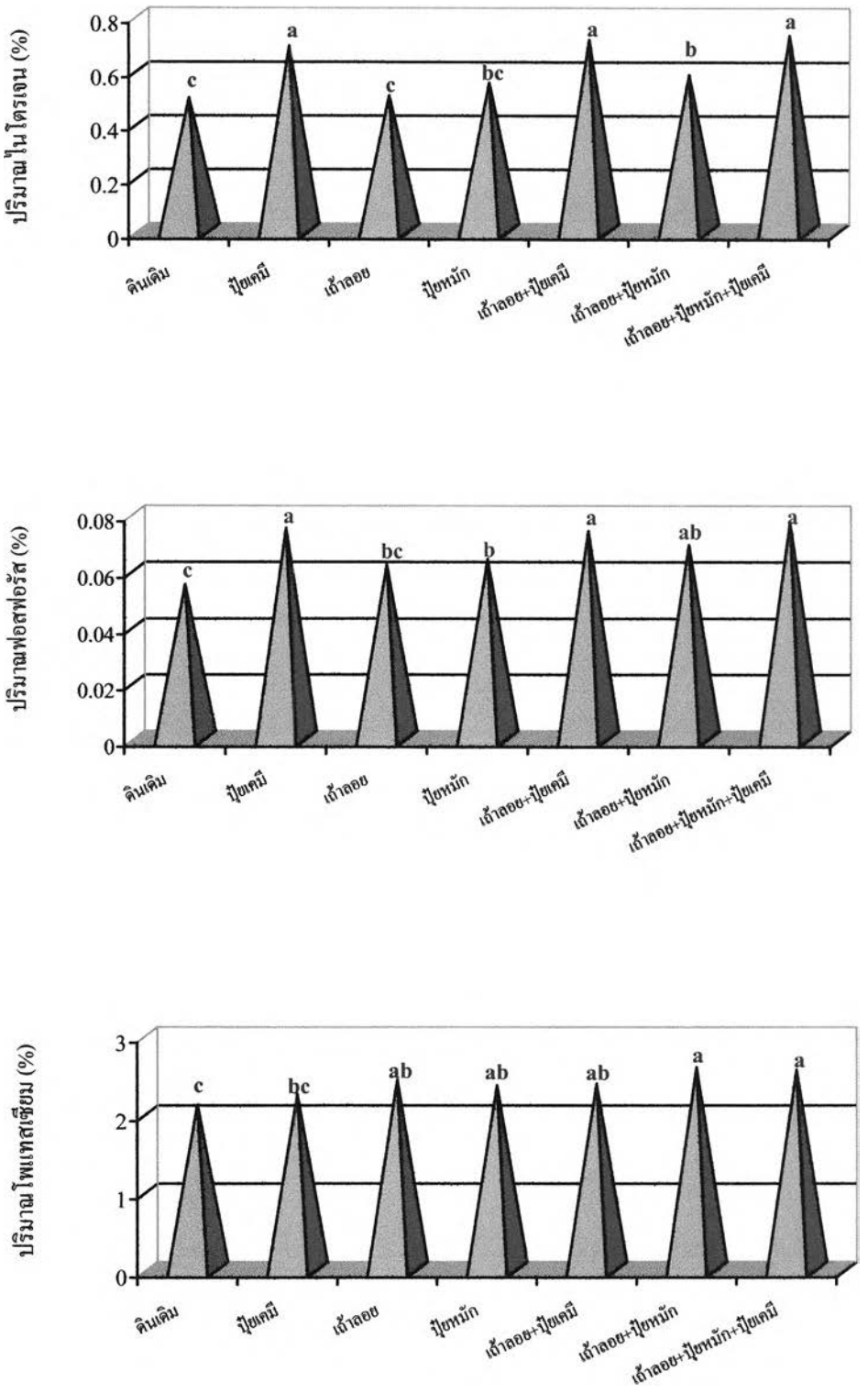
2) ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในฟางข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นเทียบเท่าได้กับการเติมปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมี (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 5.12) ทั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นในฟางข้าวน่าจะมาจากปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์และต้นข้าวสามารถดูดดึงไปใช้ได้ทันที และ

ฟอสฟอรัสส่วนหนึ่งได้มาจากปุ๋ยหมักฟางข้าวและเถ้าลอยลิกไนต์ โดยเฉพาะเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีซิลิกอนปริมาณมาก จะช่วยลดการตรึงฟอสเฟสในดินลง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวดูดดึงและสะสมฟอสฟอรัสไปไว้ในฟางข้าวมากขึ้น อย่างไรก็ตามการดูดดึงและสะสมปริมาณฟอสฟอรัสของฟางข้าวในทุกตำรับการทดลองต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 1,000 ppm (Motomura et al, 1984) อีกทั้งดินในพื้นที่เพาะปลูกมีการตรึงฟอสฟอรัสสูงเนื่องจากมีสภาพเป็นกรด มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำประมาณ 4.0-4.5 นับว่าเป็นดินที่ขาดฟอสฟอรัส แม้ว่าจะวิเคราะห์พบปริมาณฟอสฟอรัสในดินก็ตาม (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543) ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวดูดดึงมาใช้ประโยชน์น่าจะมาจากปริมาณที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีเป็นส่วนใหญ่เมื่อเทียบกับปริมาณที่พบในเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว

3) โพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สะสมในฟางข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ในแต่ละตำรับทดลองที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์ หรือปุ๋ยหมักฟางข้าว มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในฟางข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นสูงสุด (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 5.12) ปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นน่าจะมาจากเถ้าลอยลิกไนต์ (214 ppm) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (1.32 %) เป็นส่วนใหญ่ ขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณโพแทสเซียมในฟางข้าวไม่แตกต่างจากดินเดิม เนื่องจากปุ๋ยเคมีประกอบไปด้วยธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสเท่านั้น อย่างไรก็ตามการดูดดึงและสะสมโพแทสเซียมของฟางข้าวในทุกตำรับการทดลองสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมในฟางข้าวสำหรับประเทศไทยซึ่งกำหนดไว้ให้มีค่าเท่ากับ 16,000 ppm (Motomura et al, 1984) ปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากอิทธิพลของเถ้าลอยลิกไนต์ และปุ๋ยหมักฟางข้าวซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่มาก อีกทั้งดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัยเป็นดินเหนียวจึงมีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียมในดิน ส่งผลต่อการดูดดึงและสะสมโพแทสเซียมในฟางข้าวในระดับที่สูง



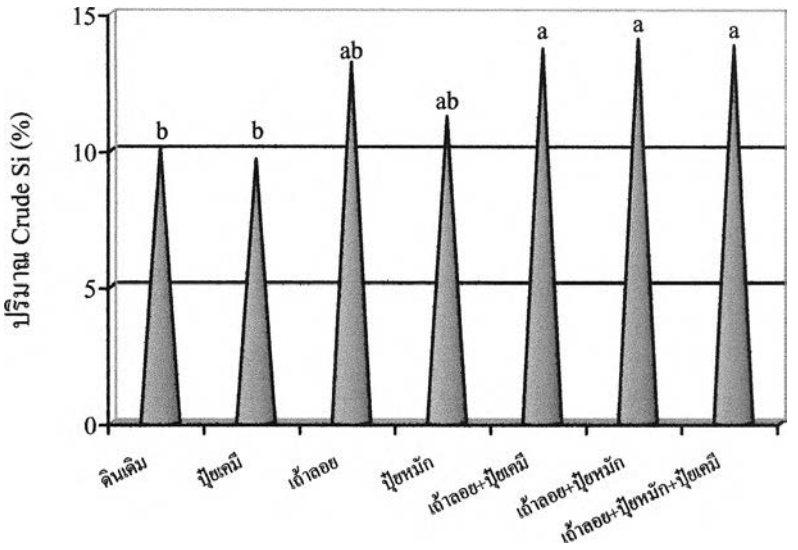
หมายเหตุ : กราฟที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.12 ปริมาณธาตุอาหารหลักของฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะเก็บเกี่ยว

5.5.2 ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์

ปริมาณธาตุอาหารเสริมประโยชน์ที่ทำการศึกษาในฟางข้าว คือ ซิลิกอน โดยวัดในรูป Crude Si พบว่า เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวมีปริมาณ Crude Si เพิ่มขึ้นสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่แตกต่างจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4.13 และรูปที่ 5.13) ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณ Crude Si อาจเนื่องมาจากซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์ (324.55 ppm $Si(OH)_4$) และปุ๋ยหมักฟางข้าว (12.72 % Crude Si) ซึ่งมีปริมาณมาก และต้นข้าวสามารถดูดดึงขึ้นไปใช้ได้ อีกทั้งข้าวเป็นพืชที่มีการสะสมซิลิกอน (Yoshida, 1975) ทำให้พบซิลิกอนในฟางข้าวปริมาณมาก ทั้งนี้ปริมาณ Crude Si ที่เพิ่มขึ้นในฟางข้าวมีความสอดคล้องกับปริมาณซิลิกอนที่เป็นประโยชน์ในดินระยะเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น และแม้ว่าซิลิกอนจะไม่ใช่ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชทั่วไป แต่ซิลิกอนจัดเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับข้าว และข้าวต้องการในปริมาณที่มาก โดยซิลิกอนจะสะสมและตกผลึกที่ผนังเซลล์ในส่วนต่างๆ ของต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวแข็งแรงและทนต่อการเข้าทำลายของโรค แมลง ไร และรา (Yoshida, 1975; Takahashi et al., 1990) จึงเป็นข้อดีของฟางข้าวที่มีการสะสมซิลิกอนไว้ในฟางในปริมาณที่มาก ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวถูกรบกวนจากโรค แมลง ไร และราน้อยลง อีกทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการฉีดยาฆ่าแมลง และสารกำจัดโรคพืชต่างๆ

จึงอาจกล่าวได้ว่า เมื่อเติมสิ่งทดลอง (เถ้าลอยลิกไนต์ ปุ๋ยหมักฟางข้าว และปุ๋ยเคมี) ส่งผลต่อการดูดดึงและสะสมปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และซิลิกอนในฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น โดยฟางข้าวภายหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารสะสมอยู่ในปริมาณที่มาก สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งต้นทุนธาตุอาหารทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารเสริมประโยชน์ในการปลูกข้าวฤดูถัดไปได้ โดยเฉพาะธาตุซิลิกอนซึ่งเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อข้าว ปัจจุบันพบว่าเกษตรกรให้ความสนใจกับธาตุซิลิกอนเป็นอย่างมาก เนื่องด้วยคุณสมบัติที่ดีของซิลิกอนทำให้มีผลิตภัณฑ์ของซิลิกอนในรูปต่าง ๆ จำหน่ายในท้องตลาดมากขึ้น แต่มีราคาสูงประมาณ 120-400 บาท/กก. เมื่อเทียบกับเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีซิลิกอนปริมาณสูงเช่นกันแต่มีราคาจำหน่ายหน้าโรงไฟฟ้าสูงสุดตันละ 120 บาท (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2546) ดังนั้นการนำเอาฟางข้าวกลับมาใช้ประโยชน์ในนาข้าว ไม่ว่าจะเป็นการนำไปทำเป็นปุ๋ยหมัก หรือการไถกลบฟางข้าว เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารคืนกลับสู่ดิน จึงอาจช่วยให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง และเท่ากับว่าช่วยลดปัญหามลภาวะที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมในภาคเกษตรกรรมได้ทางหนึ่ง



หมายเหตุ : กราฟที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างตามตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.13 ปริมาณธาตุซิลิกอนของฟางข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในระยะเก็บเกี่ยว

กล่าวโดยสรุป ผลการศึกษาวิจัยเรื่อง "การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนาด้วยเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยหมักฟางข้าว" น่าจะมีส่วนช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรมได้ เนื่องจากการเกิดขึ้นของเถ้าลอยลิกไนต์จากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีปริมาณค่อนข้างสูง และมีการเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา อาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดเก็บ หรือกำจัดทิ้งซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ นอกจากนี้บริเวณที่นำไปทิ้งก็ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ส่วนนั้นไป อีกทั้งเถ้าลอยลิกไนต์ยังอาจก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในดินหรือน้ำ ทั้งแหล่งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการกองเถ้าลอยลิกไนต์ทิ้งไว้ เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีส่วนประกอบของโลหะหนักที่เป็นพิษ แต่จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง พบว่าปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบไม่เกินข้อกำหนดตามเกณฑ์มาตรฐาน (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล, สุรเชษฐ์ จึงเกษมโชคชัย และวราภณ์ คุณาวนากิจ, 2542) ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีลักษณะอนุภาคเบา ละเอียด หากอยู่ในสภาพแห้งเมื่อโดนลมจะปลิวกระจายไปเป็นระยะทางไกล ก่อให้เกิดความสกปรกแก่อาคาร บ้านเรือน และทำให้ประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงมีความรู้สึกถูกรบกวน อีกทั้งขนาดที่เล็กกว่า 10 ไมครอนของเถ้าลอยลิกไนต์ยังอาจก่อให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจแก่มนุษย์ และสัตว์ได้ (ไกรวุฒิ เกียรติโกมล, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และทิน เกตุรัตนบวร, 2540) ปัจจุบันเถ้าลอยลิกไนต์ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานด้านวิศวกรรมในงานคอนกรีตเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วน เพราะเถ้าลอยลิกไนต์เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงไฟฟ้าที่มีราคาถูกกว่าปูนซีเมนต์ แต่ก็มีข้อจำกัดในด้านขนาดของอนุภาคที่ใช้ คือ ขนาด

อนุภาคของเถ้าลอยลิกไนต์ที่เล็กกว่า 0.045 มม. เมื่อนำไปใช้ในงานคอนกรีตจะก่อให้เกิดประสิทธิภาพ แต่ขนาดที่โตกว่า 0.045 มม. ประสิทธิภาพในงานคอนกรีตจะลดลง (ทิน เกตุรัตนบวร, ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และเอกภพ อังศุวัฒนา, 2541) ดังนั้น เถ้าลอยลิกไนต์ที่มีขนาดอนุภาคโตกว่า 0.045 มม. น่าจะนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรได้อย่างสอดคล้องกับการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ในงานคอนกรีต เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีกิจกรรมทางการเกษตรเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาเช่นเดียวกันกับการเกิดขึ้นของเถ้าลอยลิกไนต์ จึงน่าจะเป็นแนวทางในการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์ได้อย่างเหมาะสม และเกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อมเพราะลักษณะสมบัติของเถ้าลอยลิกไนต์ทั้งด้านกายภาพและเคมีสามารถนำมาใช้ปรับปรุงดินทางการเกษตรได้

ขณะเดียวกันในภาคเกษตรกรรม พบว่า ปัจจุบันชาวนาส่วนใหญ่หลังการทำนานิยมที่จะเผาฟางเพราะเป็นวิธีที่สะดวก และประหยัดเวลาในการเตรียมดิน สามารถที่จะกำจัดวัชพืช แมลงศัตรูพืช ทำลายโรคแมลงที่ติดอยู่กับฟางได้ แต่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ ทั้งด้านมลภาวะทางอากาศ และทางดิน โดยขณะเผาฟางจะเกิดควันไฟทำให้บดบังทัศนวิสัยในการมองเห็น จึงอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้ อีกทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกไปสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดปัญหาปรากฏการณ์เรือนกระจก และการเผาฟางจะทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินถูกทำลายไป และเกิดความไม่สมดุลในระบบนิเวศน์ของจุลินทรีย์ดิน (Campbell et al., 1995) ดังนั้น จากผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเผาฟาง ถ้าสามารถรณรงค์ไม่ให้เกษตรกรเผาฟางแต่หันกลับมาใช้ประโยชน์จากฟางข้าวแทน เพราะฟางข้าวมีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณที่มากเช่นเดียวกับเถ้าลอยลิกไนต์ ปัจจุบันจึงมีผลิตภัณฑ์ของซิลิกอนในรูปต่าง ๆ จำหน่ายในท้องตลาดมากขึ้นแต่มีราคาแพง ดังนั้น การนำเอาเถ้าลอยลิกไนต์และฟางข้าวซึ่งมีซิลิกอนเป็นองค์ประกอบมาใช้ประโยชน์ในนาข้าวน่าจะช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีลง เพราะจากคุณสมบัติของซิลิกอนที่ทำให้ต้นข้าวแข็งแรง จึงลดการเข้าทำลายของเชื้อโรค และแมลง ทำให้ปริมาณการใช้สารเคมีเพื่อกำจัดโรค และแมลงลดลง และเท่ากับว่าช่วยลดปัญหามลภาวะที่อาจเกิดขึ้นกับดินได้