บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์และดินก่อนการทดลอง

5.1.1 สมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ก่อนการทดลอง

เพื่อให้ทราบถึงผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะสมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ก่อนทำการทดลอง เพื่อที่จะยืนยันว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นผลอันเนื่องมาจากสิ่งทดลองอื่น ๆ ที่เติมลงไปหรือเถ้าลอยลิกไนต์ โดยที่ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่เติมลงในดินและปริมาณธาตุอาหารในดินที่จะละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่ต้นข้าวได้โดยตรง การปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตดี จึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของข้าวร่วมด้วย ซึ่งนอกเหนือจากปุ๋ยเคมีอันประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการแล้วเถ้าลอยลิกไนต์ ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากภาคอุตสาหกรรมที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ก็นับได้ว่ามีองค์ประกอบทางเคมีที่บ่งชี้ถึงโอกาสในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของข้าวได้

เถ้าลอยลิกไนต์ เป็นส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า เถ้าลอยลิกไนต์มีลักษณะเบา ลอยตัว สามารถฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศ ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามมา ไม่ว่าจะเป็นมลภาวะทางอากาศ มลภาวะเกิดขึ้นกับดินและน้ำใต้ดิน ดังนั้นการนำเถ้าลอยลิกไนต์ มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรนับว่าเป็นการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์ ที่เหมาะสมวิธีการหนึ่ง เนื่องจาก องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ ที่ประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S) ในปริมาณ 600-2,500 ppm 1534-34,700 ppm 5,400-177,100 ppm 4,900-58,000 ppm และ0.11-0.25 ppm ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของข้าวปะปนอยู่มาก คือ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) ซิลิกอน (Si) ในปริมาณ 7,800-289,000 ppm 31-4,400 ppm 30-3,020 ppm 14-13,000 ppm และ 196,000-271,000 ppm ตามลำดับ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544; U.S.EPA., 1988

เพื่อให้ทราบถึงผลของปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ จากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งจะมีโอกาสในการเป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณธาตุอาหารจากเถ้าลอยลิกไนต์ก่อนที่

จะทำการเพาะปลูก โดยทั้งนี้ได้พิจารณาในส่วนของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าเท่ากับ 11.82 (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของเถ้าลอยลิกไนต์เป็นด่างจัดมาก (Very strongly alkaline) ตามปทานุกรมปฐพีวิทยา (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544 : ตารางภาคผนวกที่ ผ.1)

เนื่องด้วยเถ้าลอยลิกไนต์มีความเป็นด่างที่สูง จึงทำให้มีการศึกษาถึงศักยภาพในการนำเถ้าลอยลิกไนต์ไปใช้เป็นสารปรับปรุงดินเพื่อแก้ไขความเป็นกรดของดิน จากผลการศึกษาของอรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ (2544) พบว่า อำนาจการทำให้เป็นกลาง (Neutralizing value) ของเถ้าลอยลิกไนต์มีต่ำมาก กล่าวคือ ต้องเติมเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 10) ในดินเหนียว (pH = 5.87) และดินร่วน (pH = 5.00) ถึง 14.2 และ 16 ตัน/ไร่ จึงจะสามารถยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินให้ได้เท่ากับ 7.00 ในขณะที่มีการเติมปูนมาร์ล ($CaCO_3$) เพียง 0.9 ตัน/ไร่

จึงกล่าวได้ว่า การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ในรูปของปูนเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีความเป็นไปได้น้อย ดังนั้น การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงน่าจะมุ่งเน้นไปที่ชนิดและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์มากกว่า

5.1.1.2 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตดี จำเป็นต้องพิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของข้าวร่วมด้วย โดยเฉพาะธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการในปริมาณสูง จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการปลูกข้าว ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด**

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของเถ้าลอยลิกไนต์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.014 % (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกพืชทั่วไป (2.0-2.5%, มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะ, 2542) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่พบมากในอินทรียวัตถุต่างๆ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ถูกทำลาย หรือเปลี่ยนรูป/สถานะกลายเป็นก๊าซ จึงตรวจพบปริมาณไนโตรเจนในเถ้าลอยลิกไนต์ได้น้อย (Adriano et al., 1980)

- **ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์**

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของเถ้าลอยลิกไนต์ พบว่า มีค่าเท่ากับ 5.48 ppm (ตารางที่ 4.1และรูปที่ 5.1)) ซึ่งพบว่ามีระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ค่อนข้างต่ำ (อยู่ในช่วง 5-10 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในเถ้าลอยลิกไนต์ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (Scotti et al, 1999)

- **ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้**

เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของเถ้าลอยลิกไนต์ พบว่า มีค่าเท่ากับ 257.87 ppm (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1)) ซึ่งพบว่าเถ้าลอยลิกไนต์มีระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมจัดอยู่ในระดับสูง (อยู่ในช่วง 90-120 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.4) ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากเถ้าลอยลิกไนต์รวมถึงรูปที่เป็นประโยชน์นั้นขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิด (Scotti et al, 1999)

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ลงในพื้นที่ศึกษาวิจัยน่าจะเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการปลูกข้าวได้ต่ำ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมของและเถ้าลอยลิกไนต์นั้นน่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับปลูกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้

5.1.2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง

เพื่อให้ทราบถึงผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินก่อนทำการทดลอง เพื่อที่จะยืนยันว่าผลที่เกิดขึ้น เป็นผลอันเนื่องมาจากดินเดิมหรือเถ้าลอยลิกไนต์ โดยที่ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่เติมลงในดิน และปริมาณธาตุ

อาหารในดินที่จะละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่ต้นข้าว การปลูกข้าวให้ได้รับผลผลิตดี ต้องมีหรือจัดหาธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของต้นข้าว ธาตุอาหารหลักที่ข้าวต้องการในปริมาณสูง คือ ธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุฟอสฟอรัส (P) และธาตุโพแทสเซียม (K) (Dc Datta, 1981) โดยทั้งนี้ได้พิจารณาในส่วนของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณธาตุอาหารหลัก (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) ในดิน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เมื่อพิจารณาปริมาณค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1)) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินก่อนทำการปลูกข้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 3.50-3.56 จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินก่อนทำการปลูกข้าวมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid) (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2) และอยู่ในชั้นดิน P-Iva (pH = 3.50-4.10) ตามการจำแนกชั้นความเหมาะสมของดินเปรี้ยวจัด เพื่อการปลูกข้าวของกรมพัฒนาที่ดิน (2541) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นดินประเภทที่ไม่ค่อยเหมาะสมในการทำนา เนื่องจากมีข้อจำกัดมากเพราะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะต่ำมาก โดยค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อาจจะต่ำถึง 3 หรือ 3.5 แต่โดยมากจะไม่เกิน 4.1 และที่สำคัญค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ 3.5 จะส่งผลให้ข้าวไม่สามารถดูดธาตุอาหารโลหะไอออนบวกได้ดี (Thaworn wong และ Van Diest, 1974) กสิกรมักจะปล่อยดินเหล่านี้ทิ้งไว้โดยไม่ปลูกพืชซึ่งจะมีหญ้ากกและปรือขึ้นคลุมอย่างหนาแน่น การลงทุนสำหรับการปลูกข้าวจึงค่อนข้างสูงกว่าดินประเภทอื่น อีกทั้งผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยจะต่ำมากบางแห่งอาจปลูกไม่ขึ้น หากจะทำการเพาะปลูกให้ได้ผลต้องเติมปูนในปริมาณมากกว่าที่อื่น ๆ ตลอดจนต้องเติมปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารในดินร่วมด้วย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) จึงจะได้ผลผลิตข้าว อย่างไรก็ตามแต่ในดินกรดจัดเมื่อมีการขังน้ำในแปลงนาจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเพิ่มขึ้นได้เองตามธรรมชาติ ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะส่งผลดีต่อต้นข้าวได้โดยตรง คือ ทำให้รากข้าวสามารถดูดธาตุอาหารได้ดีขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531)

กล่าวได้ว่า ดินก่อนการทดลองไม่ค่อยเหมาะสมในการทำนา เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ซึ่งอาจจะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตตลอดจนคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้โดยตรง ถ้าเงื่อนไขของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินมีความสัมพันธ์กับความเป็น

ประโยชน์ของธาตุอาหารที่เติมลงในดินและปริมาณธาตุอาหารในดินที่จะละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่ต้นข้าว

5.1.2.2 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ปริมาณธาตุอาหารหลักพิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ของดินก่อนทำการทดลอง เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการปลูกข้าวของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดที่มีปัญหาอันเนื่องมาจากความเป็นกรดจัดของดินที่อาจจะส่งผลต่อการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด**

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว เนื่องจากสารประกอบอินทรีย์หลายชนิดในต้นข้าวมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (Ishizuka, 1976) และทำหน้าที่ในการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว (Makino et al, 1983; Reddy , 1989; Grindlay, 1997; Jiang et al, 1999)

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.072-0.082 % (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1) ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนน้อยมากเมื่อเทียบกับดินสำหรับปลูกพืชซึ่งมีค่าปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 2.0-2.5 % (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ทั้งนี้เนื่องมาจากในดินที่มีความเป็นกรดจัดทำให้ดินขาดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยจะมีสารประกอบของเหล็กและอลูมิเนียมเข้ามาแทนที่ในปริมาณสูงถึงระดับที่อาจเป็นพิษต่อต้นข้าวได้ จึงมีผลทำให้ไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมในดินสลายตัวเป็นก๊าซแอมโมเนียมระเหยขึ้นไปในอากาศ (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2531 และวิโรจน์ ณ ระนอง, 2533) จึงทำให้ตรวจพบปริมาณไนโตรเจนในดินเปรี้ยวได้ต่ำ

- **ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์**

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อต้นข้าวช่วยในการเจริญเติบโตของรากข้าว ช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้นและส่งเสริมการออกดอก (De Datta, 1978)

เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 5.10–5.47 ppm (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1) ซึ่งพบว่ามีระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ค่อนข้างต่ำ (อยู่ในช่วง 3-6 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดม

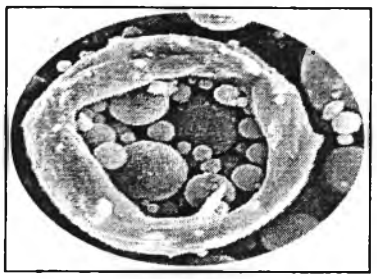
สมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) เนื่องจากฟอสฟอรัสในดินที่เป็นกรดจัดจะถูกตรึงในรูปเหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟต ยากที่พืชจะดึงดูดไปใช้ได้ เพราะค่าความเป็นกรดเป็นเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำ กว่า 5 เป็นช่วงที่เหล็กและอลูมิเนียมละลายน้ำมากขึ้น (ปฐพีชล วายุอัคคี, 2541; นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543) ทำให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง จึงทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินก่อนการทดลองมีปริมาณค่อนข้างต่ำ

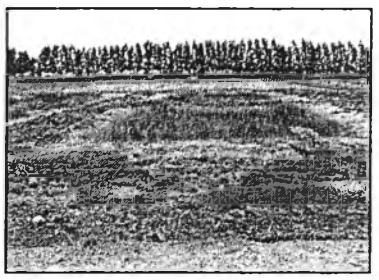
- **ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้**

ธาตุโพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและช่วยให้พืชแข็งแรงมีความด้านทานโรคได้ดี ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ดีขึ้น นอกจากนี้ธาตุโพแทสเซียมยังช่วยเพิ่มจำนวนหน่อในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงอีกด้วย (De Datta, 1978)

เมื่อพิจารณาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินก่อนการทดลอง พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 97.67-101.73 ppm (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1) ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (อยู่ในช่วง 90-120 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.4) เนื่องจากโพแทสเซียมในดินที่พืชสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่พืชจะใช้ได้ขึ้นอยู่กับอำนาจในการผลักดันให้เกิดโพแทสเซียมละลาย (Soluble Potassium) และปริมาณที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ได้ของโพแทสเซียม (Exchangeable Potassium) ซึ่งควบคุมโดยค่า CEC ของดินและปริมาณของแร่ดินเหนียวหรือประเภทเนื้อดิน (ถวิล ครุฑกุล, 2530) โดยเฉพาะดินในเขตศูนย์สูตรที่มีการสลายตัวสูง เนื่องจากแร่ดินเหนียวที่พบในดินแถบนี้เป็นชนิดที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุธาตุต่ำ โดยในดินที่มีระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำ โพแทสเซียมก็จะถูกชะล้างมากขึ้น (นวลศรี กาญจนกุล, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล, 2543)

กล่าวโดยสรุปสำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักในดินก่อนทำการเพาะปลูกสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการปลูกข้าวได้ต่ำ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยนั้นน่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับปลูกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้





สมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ก่อนทดลอง		สมบัติทางเคมีของดินก่อนทดลอง	
ความเป็นกรดเป็นด่าง (เถ้าลอยลิกไนต์:น้ำ = 2:1)	11.82	ความเป็นกรดเป็นด่าง (ดิน:น้ำ = 2:1)	3.50-3.56
ธาตุอาหารหลัก •ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.014	ธาตุอาหารหลัก •ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.072-0.082
•ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	5.48	•ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5; ppm)	5.10-5.47
•โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)	257.87	•โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O; ppm)	97.67-101.73

รูปที่ 5.1 ลักษณะสมบัติทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์และดินก่อนทำการทดลอง

5.2 ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ต่อลักษณะสมบัติทางเคมีของดิน

เพื่อให้ทราบถึงผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จึงจำเป็นต้องศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง ซึ่งเป็นระยะเวลาเหมาะสมที่ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินคงที่หลังจากสิ่งทดลองทำปฏิกิริยากับสารละลายดิน (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) และทั้งนี้เพื่อที่จะยืนยันว่าผลที่เกิดขึ้นเป็นผลอันเนื่องมาจากดินเดิมหรือเถ้าลอยลิกไนต์ จึงต้องศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวควบคู่ไปด้วย อีกทั้งเพื่อจะทราบถึงปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ข้าวดูดดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต และบ่งชี้ถึงความสามารถของการเป็นแหล่งธาตุอาหารต่อการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไปได้นั้น จึงต้องศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองร่วมด้วย

ดังนั้นการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลักของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย ซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดที่พบปัญหาอันเนื่องมาจากความเป็นกรดจัดของดินส่งผลต่อการตรึงธาตุอาหารหลักของข้าวไว้ควบคู่กับการเป็นแหล่งธาตุอาหารของเถ้าลอยลิกไนต์ สำหรับการปลูกข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จากปริมาณธาตุอาหารหลัก อันประกอบไปด้วย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยทั้งนี้ได้ทำการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินควบคู่ไปด้วย เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะมีความสัมพันธ์กับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่เติมลงในดิน และปริมาณธาตุอาหารในดินที่จะละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่ต้นข้าวได้โดยตรง (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1 ดินหลังเติมสิ่งทดลอง 14 วัน

ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปูนมาร์ล) จะทำปฏิกิริยากับสารละลายดินเพื่อให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินคงที่ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) จึงนับเป็นช่วงระยะที่เหมาะสมต่อการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์ และประเมินความเป็นไปได้ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการปลูกข้าวของสิ่งทดลอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินหลังเติมสิ่งทดลอง 14 วัน (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.2) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในทุกตำรับทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนทำการทดลอง (pH = 3.50-3.56) และในทุกตำรับก็มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิมทั้งสิ้น ซึ่งทั้งนี้สาเหตุในการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในดิน อาจเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปูนมาร์ล) ร่วมกับการขังน้ำก่อนปลูก (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2531) อย่างไรก็ตามการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวจัดเพื่อการปลูกข้าวโดยการขังน้ำก่อนปลูกจะทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินสูงขึ้นโดยที่ดินนั้นจะต้องมีระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ไม่ต่ำกว่า 4.5-5.0 แต่ทั้งนี้ดินที่ใช้ในการทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำกว่านั้น (pH = 3.50-3.56) ดังนั้น การขังน้ำก่อนปลูกจึงไม่น่าจะมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินได้ อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินน่าจะเป็นผลมาจากสิ่งทดลองที่เติมลงไป โดยทั้งนี้พบว่าในตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และอัตรา 5 ตัน/ไร่ นั้นระดับความเป็นกรดเป็นด่าง(pH) ของดินที่ได้หลังจากเติมปูนมาร์ลจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4-5 เท่านั้น ซึ่งตำรับทดลองที่ส่งผลให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินสูงที่สุด คือ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ ก็มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในกลุ่มที่ตามมา ในขณะที่การไม่เติมปูนมาร์ลจะส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ประมาณ 3 ซึ่งการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวได้ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำสุด

กล่าวโดยสรุปสำหรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน หลังเติมสิ่งทดลอง 14 วัน (ดินก่อนการปักดำ) ได้ว่า การเติมสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปูนมาร์ล) จะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองก็ยังคงมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจัดอยู่ในระดับที่มีความเป็นกรดแก่ (Strongly Acid) (pH = 5.1-5.5) ถึงกรดจัดมาก (Extremely Acid) (pH = < 4.5) (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Projcct Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2) ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำเช่นนี้ อาจจะอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและอาจมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตตลอดจนคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้

5.2.1.2 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- **ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด**

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินก่อนทำการทดลอง (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 5.2) โดยพบว่าเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.128%) เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ

ดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (0.093%) แต่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ล อัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (0.155% เท่ากัน) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงสุด (0.196%) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดรองลงมา (0.175%) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปริมาณไนโตรเจน ที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีในปริมาณค่อนข้างสูงประกอบกับปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) จะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อข้าว โดยไนโตรเจนที่สลายตัวได้เกือบทั้งหมดจะถูกปลดปล่อยออกมาในระยะ 2 สัปดาห์ของการขังน้ำและประสิทธิภาพของการตรึงไนโตรเจนในดินที่อยู่ในสภาพน้ำขัง จะสูงกว่าดินที่ไม่มีน้ำขัง ทั้งนี้เพราะเอ็นไซม์ของการตรึงไนโตรเจนจะทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจนน้อย (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) จึงทำให้มีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม

ในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียว ได้ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มต่ำกว่าการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (0.156%) หรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (เถ้าลอยลิกไนต์และปูนมาร์ล) เป็นไปได้ว่าปริมาณไนโตรเจนในเถ้าลอยลิกไนต์มีอยู่ในระดับต่ำ (0.014%, ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) เนื่องจากในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะ, 2542) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่พบมากในอินทรียวัตถุต่าง ๆ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ถูกทำลายหรือเปลี่ยนรูป/สถานะกลายเป็นก๊าซทำให้เถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณไนโตรเจนน้อย (Adriano et al, 1980) อีกทั้งในดินเปรี้ยวจะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนได้โดยง่าย เนื่องจากจะถูกชะล้าง (Leaching) ในรูปเกลือไนเตรตหรือการระเหย (Volatilization) ในรูปแอมโมเนีย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) แม้ว่าจะมีการเติมปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจน แต่อาจจะอยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรตซึ่งสารประกอบไนเตรตนี้มีคุณสมบัติเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดีและมีประจุเป็นลบจึงไม่ยึดเกาะโดยอนุภาคผิวดิน (Armitage, 1974) ดังนั้นจึงทำให้ไนเตรตส่วนที่ไม่ถูกดูดซับไว้เกิดการเคลื่อนย้ายจากดินชั้นบนสู่ดินชั้นล่าง (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินค่อนข้างต่ำ และแม้ว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าดินก่อนเติมสิ่งทดลองแล้วก็ตาม แต่เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกพืช (2.0-2.5%, มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ก็พบว่ายังคงมีปริมาณที่น้อยมาก

- **ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์**

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนทำการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 5.10-5.47 ppm (ตารางที่ 4.2) จัดอยู่ในระดับต่ำ (อยู่ในช่วง 3-6 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) ทั้งนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 5.2) โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (12.47 ppm) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (10.57 ppm) แต่น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (14.23 ppm) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (15.80 ppm) ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (14.38 ppm) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (16.02 ppm) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงสุด (17.87 ppm) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดรองลงมา (17.02 ppm) แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับทดลองมีค่าในช่วง 10.57-17.87 ppm (ตารางที่ 4.3) ซึ่งจัดได้มีค่าจัดอยู่ในระดับปานกลาง (อยู่ในช่วง 10-15 ppm) ถึงระดับสูง (อยู่ในช่วง 15-25 ppm) (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3)

ทั้งนี้แม้ว่าจะมีการเติมสิ่งทดลองลงไปในดินแล้ว แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินยังคงมีค่าจัดอยู่ในระดับปานกลาง อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในเถ้าลอยลิกไนต์ (5.48 ppm) (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (Scotti et al, 1999) ประกอบกับพื้นที่ศึกษาวิจัยมีสภาพเป็นดินเปรี้ยวจัด (Extremely acid) (pH ประมาณ 3.50-3.56) ทำให้อลูมิเนียมละลายออกมาในปริมาณสูงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวจึงมีน้อยมาก เนื่องจากถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อต้นข้าวได้ (Hesse, 1963) โดยทั้งนี้จะถูกตรึงให้อยู่ในรูปของอลูมิเนียมและเหล็กฟอสเฟตซึ่งเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535; Brady, 1974; Sanchez, 1976) อีกทั้งการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินก็จะเป็นการเร่งการตรึงฟอสฟอรัสได้เร็วขึ้น (Phongpan, 1987) จึงทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ของต้นข้าวได้ แต่ในขณะเดียวกันเมื่อดินอยู่ในสภาพน้ำขัง เหล็กและอลูมิเนียมที่ละลายน้ำได้และที่แลกเปลี่ยนได้จะมีค่าลดลง ทำให้การตรึงฟอสฟอรัสลดลงจึงเป็นการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินได้ อาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองจากดินก่อนการทดลองนั้น ไม่ได้เกิดจากปฏิกิริยาของฟอสฟอรัส โดยตรงเพียงอย่างเดียวแต่มีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมการละลายได้และการตรึงฟอสเฟต ดังนั้นปริมาณฟอสฟอรัสในดิน จึงไม่สามารถบ่งชี้ถึงความเพียงพอแก่ความต้องการฟอสฟอรัสของต้นข้าวได้

- **ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้**

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนทำการทดลองมีค่าอยู่ในช่วง 97.65-101.73 ppm (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1) จัดอยู่ในระดับสูง (อยู่ในช่วง 90-120 ppm) เมื่อจำแนกตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.4) ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระยะ14 วันหลังเติมสิ่งทดลองในทุกตำรับทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนทำการทดลอง ยกเว้นตำรับดินเดิมที่มีค่าลดลง (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 5.2) โดยพบว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (102.47 ppm) ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (87.47 ppm) ซึ่งก็ไม่ก่อให้เกิดความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (116.84 ppm) แต่ทั้งนี้จะ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (122.38 ppm) ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (142.34 ppm) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (156.80 ppm) โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (177.60 ppm) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (174.47 ppm) มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มสูงสุด

ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมที่อยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณสูงถึง 257.87 ppm (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากเถ้าลอยลิกไนต์รวมถึงรูปที่เป็นประโยชน์นั้น จะขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิด (Scotti et al, 1999) รวมทั้งดินนาเมื่อขังน้ำจะส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้มีปริมาณสูงขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อข้าวมากกว่าดินที่มีการระบายอากาศดี (Robinson, 1930)

กล่าวโดยสรุปสำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักในดินหลังเติมสิ่งทดลอง 14 วัน (ดินก่อนการปักดำ) ได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินได้เมื่อเทียบกับดินเดิม ซึ่งทั้งนี้สามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในการปลูกข้าวได้ต่ำ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ในขณะที่การเติม

ปูนมาร์กอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารหลักในปริมาณที่สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ แต่ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดก็ยังคงอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง โดยทั้งนี้เพื่อให้เถ้าลอยลิกไนต์มีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารได้สูงสุดสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวต่อไปได้จึงควรทำการเติมสิ่งทดลองอื่น ๆ ร่วมด้วย (ปุ๋ยเคมี และ/หรือ ปูนมาร์ล)

5.2.2 ดินระยะทุก ๆ 2 อาทิตย์หลังเติมสิ่งทดลอง 14 วันจนถึงระยะก่อนสิ้นสุดการทดลอง

ตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่เป็นตัวแทนในการศึกษา คือ ทำการเก็บตัวอย่างดินทุก ๆ 14 วัน หลังจากมีการเติมสิ่งทดลอง (ปุ๋ยเคมี เถ้าลอยลิกไนต์ และปูนมาร์ล) จนกระทั่งถึงระยะก่อนสิ้นสุดการทดลอง โดยที่ตลอดระยะการเจริญเติบโตต้นข้าวจะมีการดูดดึงธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาลักษณะสมบัติทางเคมีของดินตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติทางเคมีของดินเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวด้วย

ระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวหรือวงจรชีวิต (life cycle) ของข้าวในรอบหนึ่งๆ จะใช้เวลามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติประจำพันธุ์ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) โดยวงจรชีวิตในการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 แบ่งออกเป็น 3 ช่วงใหญ่ ๆ คือ ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative phase) ช่วงการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) และช่วงการสุกแก่ (Ripening phase)

โดยทั้งนี้ได้พิจารณาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินควบคู่กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน เนื่องจากธาตุไนโตรเจนมีอิทธิพลโดยตรงต่อองค์ประกอบของผลผลิตข้าว โดยเฉพาะจำนวนรวงต่อกอ และน้ำหนักเมล็ดดี (Kanareugsa, 1969) นอกจากนี้ Reddy และคณะ (1989) รายงานว่า ความสูงของต้นข้าว จำนวนดอกต่อรวง น้ำหนักฟาง และผลผลิตของข้าวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ธาตุไนโตรเจนมีความจำเป็นต่อต้นข้าวในระยะที่ข้าวเริ่มแตกกอจนถึงระยะข้าวมีจำนวนรวงสูงสุด โดยมีผลต่อการเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงในระยะที่ข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อน นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต่อข้าวในระยะสุกแก่ด้วย (Ishizuka, 1980) หากข้าวขาดธาตุไนโตรเจนลำต้นจะแคระแกร็น เจริญเติบโตช้า ใบอ่อนแสดงอาการผิดปกติ ใบแก่มีสี เขียวจาง และแห้งตายในที่สุด (De data, 1981) ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องศึกษาถึงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน เพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ต้องการศึกษาถึงผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าวนั่นเอง

5.2.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว สามารถแบ่งค่าความเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ ๆ (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 5.3) กล่าวคือ ในช่วงแรกจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ค่อนข้างจะคงที่ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า พื้นที่ที่ศึกษาวิจัยมีสภาพเป็นดินนาขังน้ำ ประกอบกับดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่เปรี้ยวจัดซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินก่อนการขังน้ำอยู่ระหว่าง 3.50-3.56 (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.1) ซึ่งเมื่อทำการขังในช่วงแรกของการเตรียมดินและเติมสิ่งทดลอง (รูปที่ 5.3) จะเห็นว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่หลังจากนี้ไปตั้งแต่ช่วงที่ต้นข้าวแตกกอ (Tillering) จนกระทั่งถึงระยะที่ต้นข้าวออกดอก (Flowering) จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ค่อนข้างคงที่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำกว่า 3.8 โดยดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ต่ำเช่นนี้จะมีระดับ active Fe ต่ำมาก ไม่ว่าในดินจะมีอินทรียวัตถุในปริมาณที่สูงก็ตาม แต่เมื่อขังน้ำไปเป็นเวลาหลาย ๆ สัปดาห์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินก็จะมีค่าเพิ่มได้สูงสุดประมาณ 5 เท่านั้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2 531) จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในช่วงระยะเวลาดังกล่าวค่อนข้างคงที่

สำหรับในช่วงหลังตั้งแต่ระยะข้าวออกดอก (Flowering) จนกระทั่งถึงระยะข้าวสุกแก่ (Ripening phase) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่เปลี่ยนแปลงสามารถอธิบายได้โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มของการเปลี่ยนแปลง คือ ในกลุ่มของการไม่เติมปูนมาร์ล พบว่าในทุกตำรับทดลอง ได้แก่ ตำรับดินเดิม การเติมปุ๋ยเคมี การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ กล่าวคือ จะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ลดต่ำลง ซึ่งการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อาจเนื่องมาจากการขังน้ำในดินที่มีความเป็นกรดจัดและมีปริมาณเหล็กสูง ทำให้มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ในดินปริมาณสูง และอิทธิพลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่สูงได้ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินลดลง (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2511; Ponnamperruma et al., 1966)

ในขณะที่กลุ่มของการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าที่ค่อนข้างคงที่และสูงขึ้นเล็กน้อยที่ระยะข้าวสุกแก่ (Ripening phase) ส่วนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ลดต่ำลงเล็กน้อยในช่วงการเจริญเติบโตดังกล่าว อาจมีสาเหตุอันเนื่องมาจากความเป็นด่างจัดของ เถ้าลอยลิกไนต์ในช่วงแรกที่เติมลงไป จะไปยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินขึ้นมา แต่เนื่องจากเถ้าลอยลิกไนต์มีซัลเฟอร์ (S) อยู่เป็นจำนวนมาก (SO_4^{2-}= 1,549.08

ppm) ดังนั้นในช่วงการเจริญต่อมาของต้นข้าวซัลเฟอร์อาจจะถูกรีดิวซ์โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจน (Strict anacrobes) เปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งจะทำปฏิกิริยาต่อไป และเพิ่มไฮโดรเจนไอออนให้กับสารละลายดินจนทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542 ; ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531; ไพบูลย์ ประพฤติธรรม, 2528)

ส่วนในที่กลุ่มของการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่า ในทุกตำรับทดลอง ได้แก่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เพิ่มสูงขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากสารประกอบของแคลเซียมที่มีอยู่ในปูนเข้าไปทำลายฤทธิ์ของกรด โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลลบในดินทำให้ไอออนลบในดินหายไป ดังนั้นความเป็นกรดเป็นด่างของดินจึงเพิ่มขึ้น และจะมีผลตกค้างของปูนอยู่ 4-5 ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

สรุปได้ว่าการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และ ปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ จะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)ของดินเพิ่มขึ้นจากดินก่อนทดลองในทุกตำรับทดลอง แต่ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในกลุ่มดินที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ นั้นจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในดินตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 อยู่ในช่วงประมาณ 4 และไม่เกิน 4.5 เท่านั้น ส่วนในกลุ่มดินที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ นั้นจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ในดินตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 อยู่ในช่วงประมาณ 5 และไม่เกิน 5.5 เท่านั้น ในขณะที่การไม่เติมปูนมาร์ลจะทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินลดลงต่ำกว่าดินก่อนทดลอง

5.2.2.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

เมื่อพิจารณาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 5.4) พบว่า ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองจะมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงประมาณ 0.100 – 0.200 % เท่านั้น ซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกพืช (2.0-2.5%, มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ก็พบว่ายังคงมีปริมาณที่น้อยมาก อาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัยเป็นดินที่มีความเป็นกรดจัด และความที่ดินเป็นดินกรดจัดจึงทำให้ดินขาดสารประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียม โดยจะมีสารประกอบของเหล็กและอลูมิเนียมเข้ามาแทนที่ในปริมาณสูง และทำให้ไนโตรเจนซึ่งอยู่ในรูปเกลือแอมโมเนียมในดินสลายตัวเป็นก๊าซแอมโมเนียมระเหยขึ้นไปในอากาศ (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531 และวิโรจน์ ณ ระนอง, 2533) จึงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินของทุกตำรับทดลองมีค่าที่ต่ำมาก

สรุปได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวในทุกตำรับทดลองมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ จะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นจนกระทั่งระยะออกดอก (Flowering) หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนจะลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงระยะสุกแก่ (Ripening phase) ซึ่งทั้งนี้ในตำรับทดลองอื่น ๆ ก็มีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่คล้ายคลึงกัน

5.2.2.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

เมื่อพิจารณาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (ตารางที่ 4.4, ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 5.5, รูปที่ 5.6, รูปที่ 5.7) โดยทั้งนี้ได้พิจารณาตามกลุ่มตำรับทดลองซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ กล่าวคือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มตำรับทดลองที่ไม่มีการเติมปูนมาร์ล (รูปที่ 5.5) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในกลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่ค่อย ๆ ลดลงตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระยะข้าวออกดอก (Flowering) และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (รูปที่ 5.6) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในกลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระยะข้าวออกดอก (Flowering) และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง และในกลุ่มสุดท้ายเป็นกลุ่มตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (รูปที่ 5.7) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินในกลุ่มนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่คงที่และสูงขึ้นเล็กน้อยที่ระยะ ข้าวสุกแก่ (Ripening phase) ในตำรับที่เติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ และเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระยะข้าวออกดอก (Flowering)และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงระยะสิ้นสุดการทดลอง

โดยทั้งนี้ตำรับการเติมปุ๋ยเคมี และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ของทั้งสามกลุ่มตำรับทดลอง พบว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดค่อนข้างชัดเจน และอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีอยู่ในรูปที่ต้นข้าวสามารถนำมาใช้ได้ทันทีและมีปริมาณที่มาก ในขณะที่ในเถ้าลอยลิกไนต์หรือในดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดจะมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำมาก (รูปที่ 5.1) จึงทำให้ทุกตำรับทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีร่วมด้วยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่สูงกว่า แต่ทั้งนี้ค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินที่ได้ตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวจะอยู่ในช่วง 0.100-0.200 % เท่านั้นซึ่งเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกพืช (2.0-2.5%, มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ก็พบว่ายังคงมีปริมาณที่น้อยมาก

5.2.3 ดินระยะสิ้นสุดการทดลอง

ลักษณะสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในพื้นที่ศึกษาวิจัยซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัดซึ่งมีปัญหาความเป็นกรดจัดของดิน เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์จะบ่งบอกให้ทราบถึงปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ข้าวดูดดึงไปใช้ในการเจริญเติบโต และบ่งชี้ถึงความสามารถของการเป็นแหล่งธาตุอาหารต่อการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป โดยทั้งนี้ได้พิจารณาความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.3.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 3.28-5.08 จัดได้ว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองมีความเป็นกรดจัดมาก (Extremely Acid) ถึงกรดจัด (Very Strongly Acid) (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.2) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ระยะนี้ หากจัดช่วงระดับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินแล้ว สามารถจัดออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ กล่าวคือ กลุ่มแรกจะเป็นกลุ่มของตำรับดินที่ไม่มีการเติมปูนมาร์ล ซึ่งในกลุ่มนี้พบว่าทุกตำรับทดลองจะมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าดินก่อนการทดลองทั้งสิ้น โดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (pH = 3.46) มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (pH = 3.38) ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (pH = 3.28) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมปุ๋ยเคมี (pH = 3.30) และยังมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่าในตำรับดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ลดต่ำลง เนื่องมาจากปุ๋ยเคมีจะเพิ่มสภาพความเป็นกรดให้กับดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) อีกทั้งปุ๋ยเคมียังมีส่วนในการช่วยเร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) จึงส่งผลให้ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่ลดลง

ในขณะที่ตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน พบว่า ในทุก ๆ ตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าดินก่อนการทดลองทั้งสิ้น กล่าวคือ ตำรับที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือเถ้าลอยลิกไนต์) มีค่า pH ประมาณ 4 ส่วนตำรับที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือเถ้าลอยลิกไนต์) มีค่า pH ประมาณ 5 ซึ่งค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่เพิ่มขึ้นน่าจะเป็นผลมาจากสารประกอบของแคลเซียมที่มีอยู่

ในปูนมาร์ลเข้าไปทำลายฤทธิ์ของกรด โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลลบในดินทำให้ไอออนลบในดินหายไป ดังนั้นความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจึงเพิ่มขึ้น และจะมีผลตกค้างของปูนอยู่ 4-5 ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ดินที่ระยะสิ้นสุดการทดลองยังคงมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ที่จัดได้ว่ามีความเป็นกรดจัดมาก (Extremely Acid) ถึงกรดจัด (Very Strongly Acid) อยู่ ไม่ว่าจะเป็นตำรับที่มีการเติมปูนมาร์ลเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน หรือเป็นตำรับที่ไม่มีการเติมปูนมาร์ล ซึ่งการเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ไม่สูงนักแม้จะมีการเติมปูนมาร์ลลงไปถึง 3 - 5 ตัน/ไร่ ก็อาจเนื่องมาจากดินที่ใช้ศึกษาทดลองมีสภาพเป็นดินที่เปรี้ยวจัดซึ่งมีการตอบสนองต่อปูนมาร์ลในอัตราต่ำ ประกอบกับขณะที่ทำการเตรียมแปลงทดลองในขั้นตอนของการไถดะและไถแปรอาจจะมีการขุดดินลึกจนส่งผลให้จาโรไซต์ (jarosite) ที่อยู่ในดินชั้นล่างถูกกลับพลิกขึ้นมาจนทำให้การเติมปูนมาร์ลลงไปเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินไม่เกิดผลตามที่ควรจะเป็น

5.2.3.2 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การที่ข้าวจะเจริญเติบโตได้นั้นจำเป็นต้องได้รับธาตุอาหารมากกว่า 10 ชนิด โดยสามารถจัดกลุ่มธาตุอาหารตามความสำคัญ ปริมาณที่พืชต้องการใช้ ปริมาณที่มีอยู่ในดิน และความรุนแรงของการขาดธาตุนั้น ๆ ต่อความเสียหายของผลผลิต (ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, 2543) แต่ทั้งนี้ธาตุอาหารที่ข้าวต้องการในปริมาณที่สูงที่สุด คือ ธาตุอาหารหลัก อันประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) ธาตุฟอสฟอรัส (P) และธาตุโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่ข้าวมีความต้องการมากเพื่อนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิต ถ้าพืชขาดธาตุชนิดใดชนิดหนึ่งในกลุ่มนี้ จะแสดงอาการขาดอย่างรุนแรง ทำให้การเจริญเติบโตชะงักลง และถ้ายังไม่ได้รับการแก้ไขจะทำให้พืชต้นนั้นตายในที่สุด โดยที่ไนโตรเจนจำเป็นสำหรับข้าวในการเจริญเติบโตของต้นข้าวช่วยควบคุมการออกดอกของข้าว และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) ฟอสฟอรัสช่วยในการเจริญเติบโตของรากข้าว ช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น และส่งเสริมการออกดอก ธาตุโพแทสเซียมช่วยเพิ่มจำนวนหน่อในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและเพิ่มจำนวนดอก ต่อรวง (De Datta, 1981)

การศึกษาวิจัยด้านธาตุอาหารหลักในครั้งนี้พิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งจะบ่งบอกให้ทราบถึงความสามารถของของเถ้าลอยลิกไนต์ในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด**

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ช่วยควบคุมการออกดอกของข้าว และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าว เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบหลักของโปรตีน กรดอะมิโน คลอโรฟิลล์ และเอ็นไซม์ (อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 5.2) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดิน จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (0.098%) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (0.075%) และทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินเทียบเท่ากับการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ (0.100%)โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงสุด (0.145%) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลือตกค้างในดินที่เพิ่มขึ้น อาจเนื่องมาจากการปรับปรุงสภาพดินเปรี้ยวจัดด้วยปูนมาร์ลทำให้มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่สูงขึ้นตลอดจนสารประกอบของแคลเซียมที่มีอยู่ในปูนมาร์ลเข้าไปทำลายฤทธิ์ของกรด โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลลบในดินทำให้ไอออนลบในดินหายไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) จึงช่วยให้ดินมีสามารถที่จะปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้ดีขึ้น ประกอบกับปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้เป็นประโยชน์ต่อข้าวได้มากขึ้นในสภาพดินที่ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามเมื่อประเมินปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่คงเหลือตกค้างในดินแล้วจัดได้ว่าดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองของในทุกตำรับทดลองเป็นดินที่มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับปานกลาง (0.100-0.200%) ซึ่งต้องการเพียงปุ๋ยแต่งหน้าเท่านั้นในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไป (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ยกเว้นในตำรับที่ไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) ที่ต้องการทั้งปุ๋ยรองพื้นและปุ๋ยแต่งหน้าสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไปเนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ (< 0.100 %)

- **ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์**

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของรากข้าวและส่งเสริมการออกดอก นอกจากนี้ยังช่วยให้การงอกของเมล็ดดีขึ้น ทำให้ต้นข้าวตั้งตัวและแตกกอได้ดี (De datta, 1981) ถ้าดินขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การใช้ปุ๋ยชนิดอื่น ๆ ไม่เกิดประสิทธิผล (Davide, 1964)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6 และรูปที่5.2) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดิน จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (12.27 ppm) มีปริมาณแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับดินเดิม ซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (8.35 ppm) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (16.88 ppm) ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (16.35 ppm) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.3) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลือตกค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองจัดอยู่ในระดับปานกลาง (10-15 ppm) ถึงระดับค่อนข้างสูง (15-25 ppm) ยกเว้นตำรับดินเดิมที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ (6-10 ppm) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟอสฟอรัสในดินที่เป็นกรดจัดจะถูกตรึงในรูปของเหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟตยากที่พืชจะดึงดูดไปใช้ได้ เพราะค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ต่ำกว่า 5 เป็นช่วงที่เหล็กและอลูมิเนียมละลายน้ำมากขึ้น ทำให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวลดลง (ปฐพีชล วายุอัคคี, 2541; นวลศรี กาญจนกูล,สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543)

- **ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้**

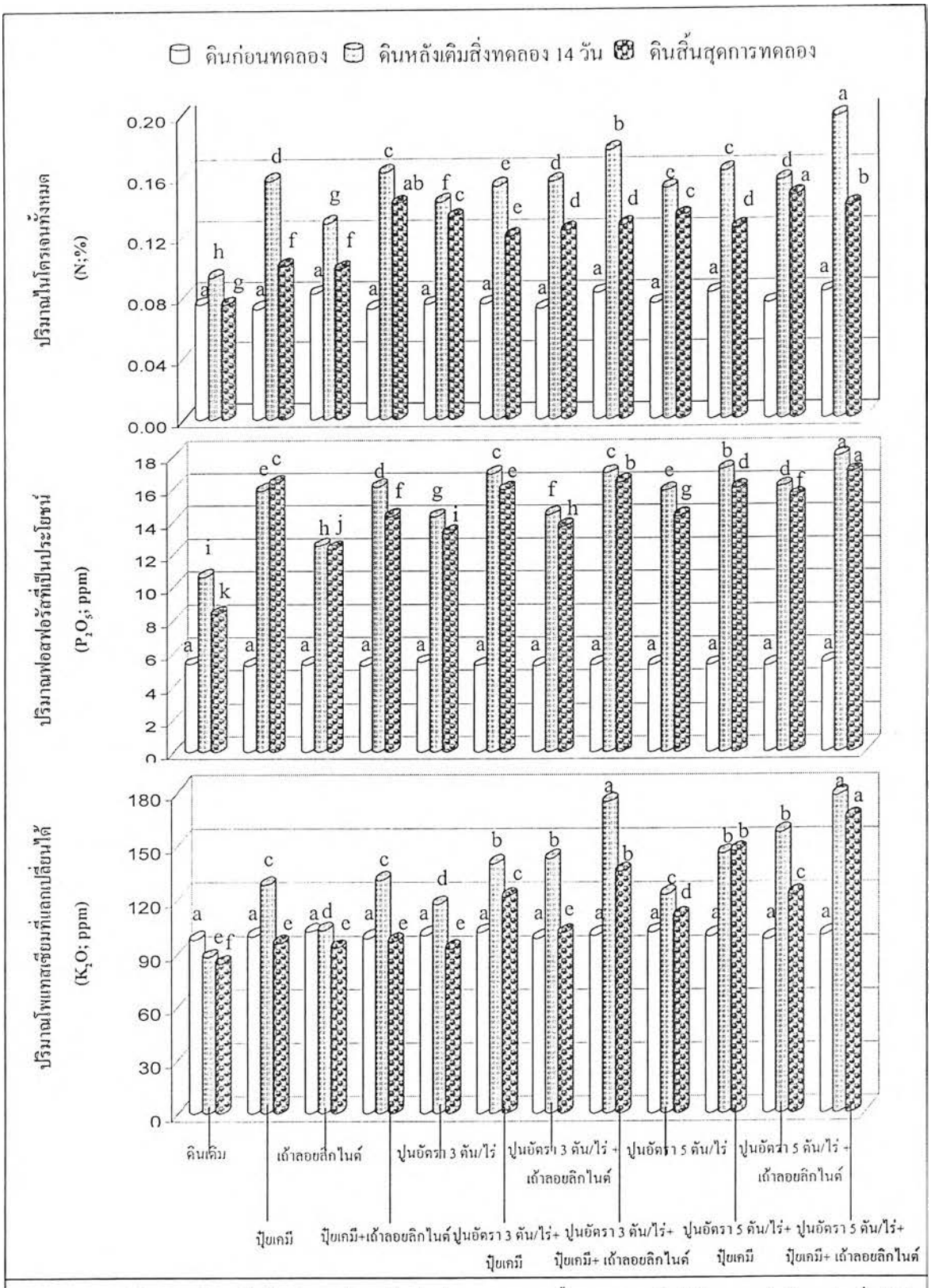
โพแทสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและช่วยให้พืชแข็งแรงมีความต้านทานโรคได้ดี ถ้ามีอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้พืชสามารถใช้ธาตุอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ดีขึ้น (นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล, 2543) ในดินทั่วไปจะมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่มากและเพียงพออยู่แล้ว และข้าวมักจะไม่แสดงการขาดธาตุอาหารนี้ แต่ในการปลูกข้าวยังต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้เสมอ เนื่องจากพืชมีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณมากในการเจริญเติบโต (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) เพื่อเพิ่มจำนวนหน่อในระยะข้าวแตกกอสูงสุดและเพิ่มจำนวนดอกต่อรวง (De Datta, 1978)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6 และรูปที่ 5.2) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินจากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (92.70 ppm) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (84.00 ppm) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเติมปุ๋ยเคมี (95.13 ppm) หรือเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (96.32 ppm) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (165.00 ppm) ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ใน

ดินเพิ่มสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (135.20 ppm)

ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้คงเหลือตกค้างในดินที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณมากถึง 257.87 ppm (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) รวมถึงศักยภาพของดินในการปลดปล่อยโพแทสเซียม ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ดินเหนียว ชนิดของแร่ดินเหนียว และความมากน้อยของการผ่านกระบวนการกำเนิดดิน (Suwanarit and Narkviroj, 1976) โดยปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แก่พืช (Available Potassium) จะขึ้นอยู่กับอำนาจในการผลักดันให้เกิดปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Potassium) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable Potassium) จะถูกควบคุมโดย CEC ของดิน ปริมาณแร่ดินเหนียว หรือประเภทของเนื้อดิน (ถวิล ครุฑกุล, 2530) เมื่อพิจารณาความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534; FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973: ตารางภาคผนวกที่ ผ.4) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์คงเหลือค้างในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองจัดอยู่ในระดับสูง (90-120 ppm) ถึงสูงมาก (> 120 ppm) ยกเว้นตำรับดินเดิมเท่านั้นที่อยู่ในระดับปานกลาง (60-90 ppm)

กล่าวโดยสรุปสำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักในดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับต่ำ ระดับสูง และระดับสูง ตามลำดับ ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาในทุกตำรับที่มีการเติมสิ่งทดลองส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคงเหลืออยู่ในระดับปานกลาง (0.100-0.200 %) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เมื่อประเมินตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา จัดได้ว่า อยู่ในระดับปานกลาง และระดับสูง จะมีเพียงในตำรับที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ตลอดจนตำรับที่มีการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับสูง และระดับสูงมาก ดังนั้นการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวน่าที่จะเป็นแหล่งธาตุอาหารต่อเนื่องสำหรับการปลูกข้าวในฤดูกาลถัดไปได้ แต่ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำจึงควรเติมสิ่งทดลองอื่น ๆ ร่วมด้วย (ปุ๋ยเคมี และ/หรือปูนมาร์ล) เพื่อช่วยเพิ่มศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารของข้าวให้เถ้าลอยลิกไนต์ต่อไปได้

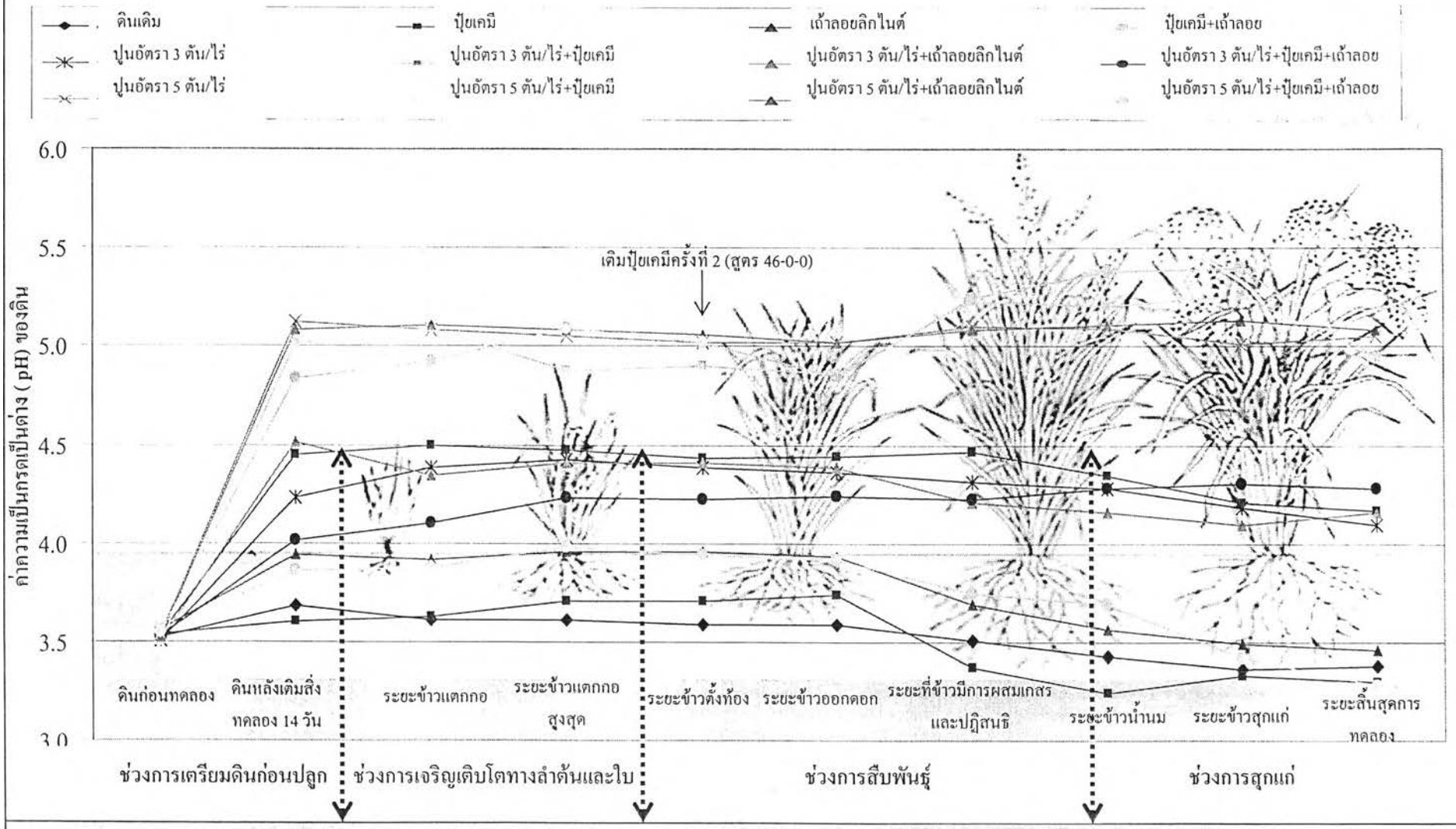


หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันของแท่งกราฟในแต่ละช่วงระยะการทดลองทั้ง 3 ระยะ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

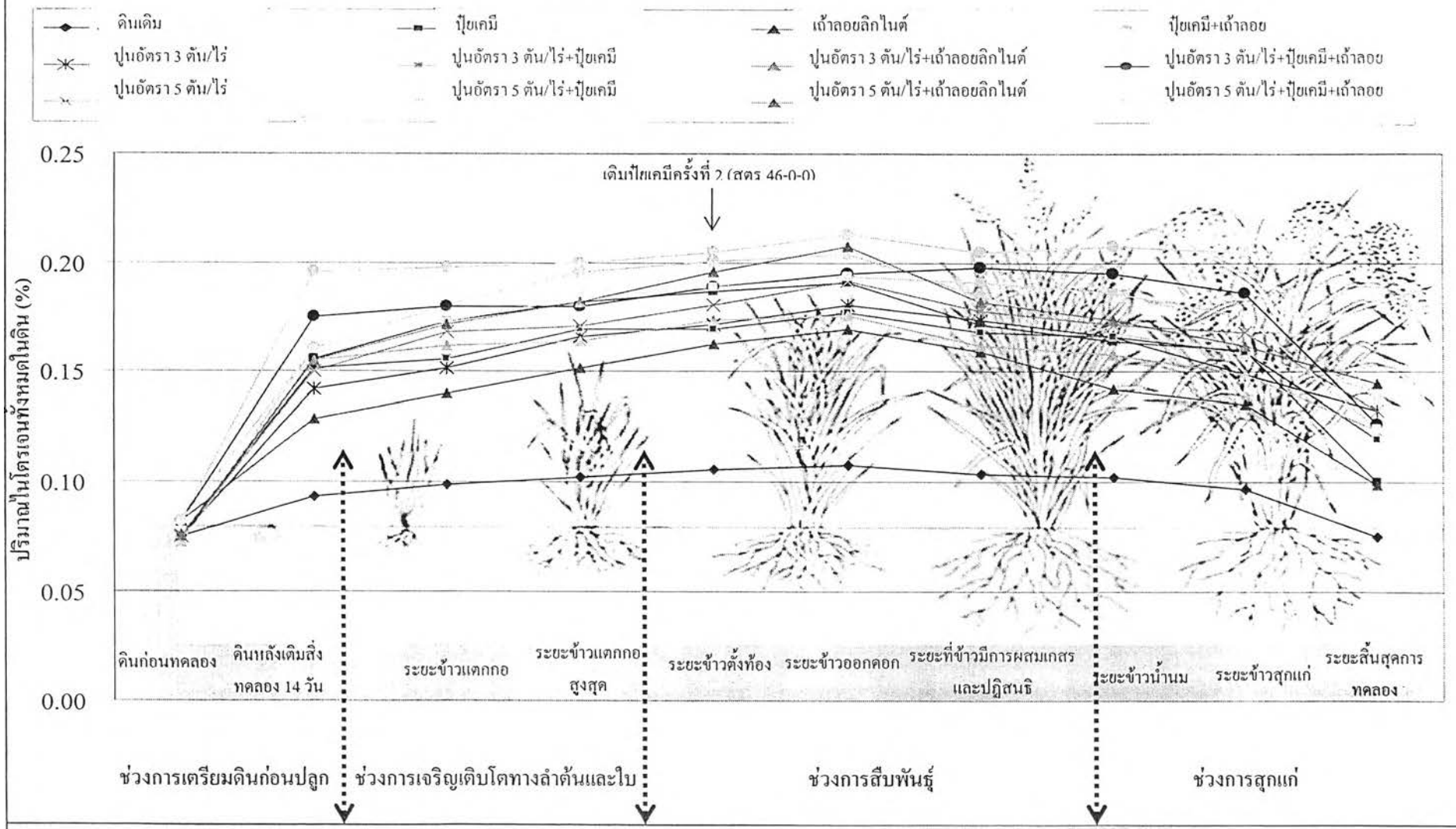
2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวของแต่ละแท่งกราฟในแต่ละช่วงระยะการทดลองทั้ง 3 ระยะ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

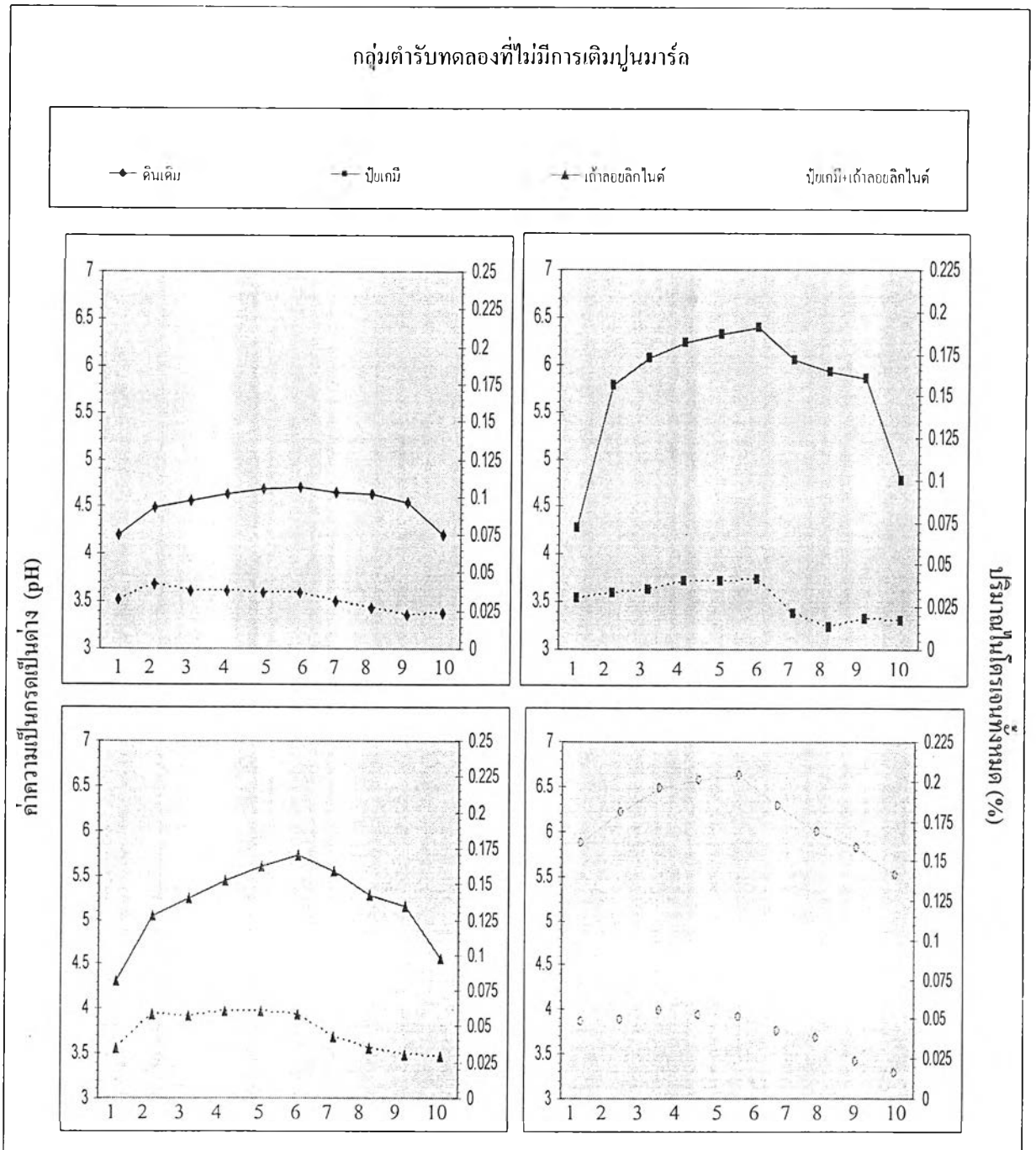
รูปที่ 5.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (N) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K_2O) ของดินก่อนทำการทดลอง ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลองและระยะสิ้นสุดการทดลอง

รูปที่ 5.3 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างดินรวมทั้งสิ้น 10 ครั้ง ตั้งแต่ก่อนการทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง



รูปที่ 5.4 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินตลอดช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีการเก็บตัวอย่างดินรวมทั้งสิ้น 10 ครั้งตั้งแต่ก่อนการทดลองจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง





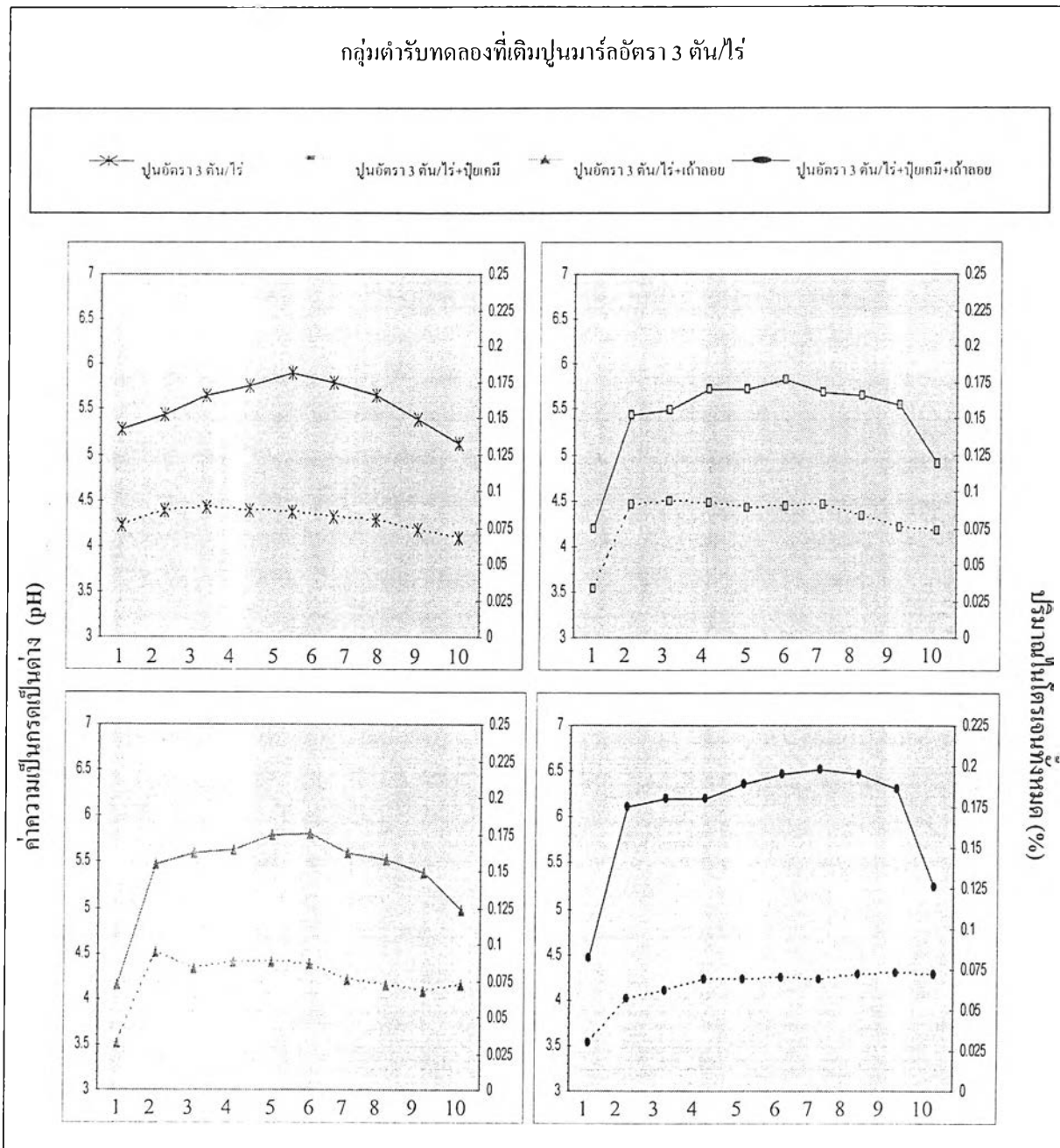
ตัวอย่างดินตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (เว้นช่วงระยะทุก ๆ 2 สัปดาห์)

หมายเหตุ : = ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)

หมายเลข 1-10 ในรูปกราฟ หมายถึง ตัวอย่างดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

(โดยหมายเลข 1 คือ ดินก่อนการทดลอง, 2 คือ ดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง, 3 คือ ดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering), 4 คือ ดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering), 5 คือ ดินระยะ ข้าวตั้งท้อง (Booting), 6 คือ ดินระยะข้าวออกดอก (Flowering), 7 คือ ดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization), 8 คือ ดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain), 9 คือ ดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain) และ 10 คือ ดินระยะสิ้นสุดสุดการทดลอง)

รูปที่ 5.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว



ตัวอย่างดินตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (เว้นช่วงระยะทุก ๆ 2 สัปดาห์)

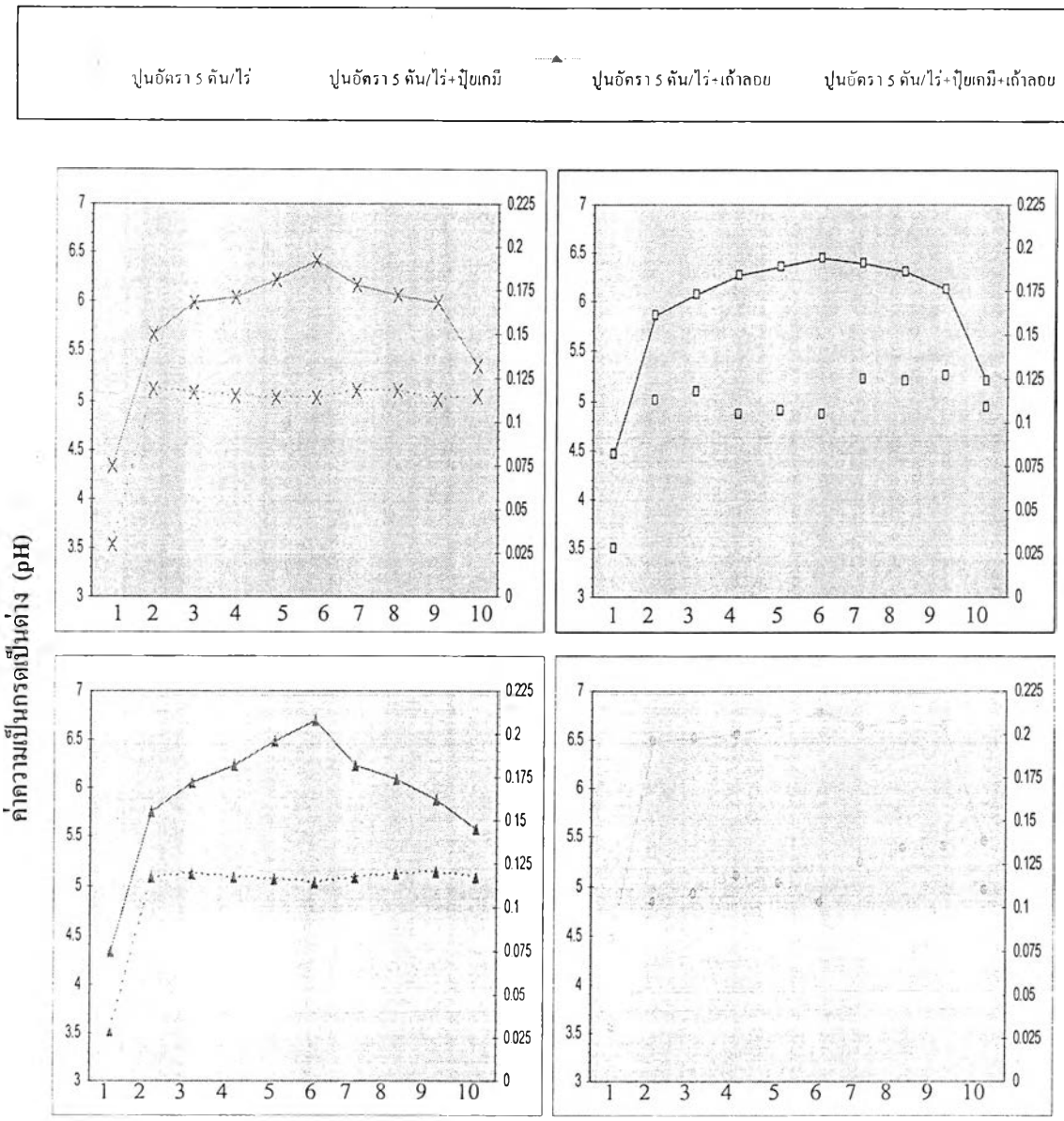
หมายเหตุ : ···■··· = ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) —■— = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)

หมายเลข 1-10 ในรูปกราฟ หมายถึง ตัวอย่างดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

(โดยหมายเลข 1 คือ ดินก่อนการทดลอง, 2 คือ ดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง, 3 คือ ดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering), 4 คือ ดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering), 5 คือ ดินระยะ ข้าวตั้งท้อง (Booting), 6 คือ ดินระยะข้าวออกดอก (Flowering), 7 คือ ดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization), 8 คือ ดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain), 9 คือ ดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain) และ 10 คือ ดินระยะสิ้นสุดสุดการทดลอง)

รูปที่ 5.6 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

กลุ่มตำรับทดลองที่เติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่



ตัวอย่างดินตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว (เว้นช่วงระยะทุก ๆ 2 สัปดาห์)

หมายเหตุ : = ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)

หมายเลข 1-10 ในรูปกราฟ หมายถึง ตัวอย่างดินตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

(โดยหมายเลข 1 คือ ดินก่อนการทดลอง, 2 คือ ดินที่ระยะ 14 วันหลังเติมสิ่งทดลอง, 3 คือ ดินระยะข้าวแตกกอ (Tillering), 4 คือ ดินระยะข้าวแตกกอสูงสุด (Maximum Tillering), 5 คือ ดินระยะ ข้าวตั้งท้อง (Booting), 6 คือ ดินระยะข้าวออกดอก (Flowering), 7 คือ ดินระยะที่ข้าวมีการผสมเกสรและการปฏิสนธิ (Pollination and fertilization), 8 คือ ดินที่ระยะข้าวน้ำนม (Milk grain), 9 คือ ดินที่ระยะข้าวสุกแก่ (Mature grain) และ 10 คือ ดินระยะสิ้นสุดสุดการทดลอง)

รูปที่ 5.7 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าว

5.3 ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ต่อผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่ระดับความชื้น 14 %

การปลูกข้าวจะให้ผลผลิตดีต้องมีหรือจัดหาธาตุอาหารให้ให้มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) เพียงพอกับความต้องการของข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการปรับปรุงดินด้วยปูนมาร์ลก่อนการปลูกข้าว ตลอดจนเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับการปลูกข้าวด้วยนั้น จะทำให้ต้นข้าวมีโอกาสได้รับธาตุอาหารตามความต้องการ ในขณะเดียวกันเมื่อต้นข้าวดูดดึงธาตุอาหารจากเถ้าลอยลิกไนต์ก็จะมีผลต่อผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกและคุณภาพทั้งทางกายภาพและทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวได้

การเปรียบเทียบผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือก สามารถบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์จากการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับการปลูกข้าวได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้ทำการศึกษาใน 2 ลักษณะเปรียบเทียบกัน คือ ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

5.3.1 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield)

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) (ตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 5.8) เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (56.32 กก./ไร่) ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (49.76 กก./ไร่, F-value = 102.39*) หรือการเติมปุ๋ยเคมี (64.21กก./ไร่) แต่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (88.25 กก./ไร่) ทั้งนี้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1)และปุ๋ยเคมีมีเพียงพอกับความต้องการของข้าว โดยสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของข้าว ให้สูงขึ้นจากดินก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3) ซึ่งทั้งนี้ข้าวต้องการธาตุอาหาร (N, P, K) ตลอดระยะการเจริญเติบโตประมาณ 0.0035%, 17.73 ppm และ 5.91 ppm ตามลำดับ (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, 2522; อรรควุฒิ ทัศน์สองชั้น, 2527) นอกจากนี้ซิลิกอนที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์มากถึง 196,000-271,000 ppm ยังช่วยลดการตรึงฟอสเฟตโดยสารประกอบซิลิเกตจะไปแทนที่ฟอสเฟตที่ถูกตรึงอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวและทำปฏิกิริยากับ Fe, Al oxides (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531) ทำให้ฟอสฟอรัสในดินซึ่งช่วยส่งเสริมการออกดอก (De Datta, 1978) มีความเป็นประโยชน์ต่อข้าวมากขึ้น

ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินนั้น พบว่า เมื่อเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (84.36 กก./ไร่) มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (49.76 กก./ไร่) ในขณะที่เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (101.71 กก./ไร่) จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ได้ระหว่างการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่า ความต่างระหว่างผลผลิตของสองตำรับทดลองนั้นมีค่าเพียง 17.35 กก./ไร่ ในขณะที่เมื่อพิจารณาถึงอัตราการเติมปูนมาร์ลของสองตำรับจะมีความต่างกันถึง 2 ตัน/ไร่ ทั้งนี้เมื่อทำการเติมสิ่งทดลองอื่น ๆ ร่วมด้วย (ปุ๋ยเคมี และ/หรือเถ้าลอยลิกไนต์) พบว่า ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อทำการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (231.89 กก./ไร่) และมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (212.10 กก./ไร่) ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (201.39 กก./ไร่) ซึ่งปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความต่างกันไม่มากนักระหว่างการเติมปูนมาร์ลและดินเดิม อาจเป็นไปได้ว่า ดินที่ใช้ศึกษาวิจัยเป็นดินที่มีความเปรี้ยวจัดสภาพพื้นที่ซึ่งมีด้นกกเจริญเติบโตอยู่เดิมทำให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งในขณะทำการเตรียมพื้นที่แปลงทดลองในขั้นตอนของการไถดะและไถแปรอาจจะทำการขุดดินลึกจนส่งผลให้จาโรไซต์ (jarosite)ที่อยู่ในดินชั้นล่างถูกกลับพลิกขึ้นมาจนทำให้การเติมปูนมาร์ลลงไปเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินไม่เกิดผลเท่าที่ควรจะเป็น ทั้งนี้มีงานวิจัยที่พบว่าการเติมปูนมาร์ลลงในดินเปรี้ยว จัดชุดรังสิตจะส่งผลให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการไม่เติมอะไรเลย (Motomura, 1973)

สำหรับการเติมปูนมาร์ลร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือเถ้าลอยลิกไนต์) โดยเฉพาะการเติมปูน pH 7 ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ที่ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ อาจเป็นไปได้ว่าปริมาณธาตุอาหารข้าวในเถ้าลอยลิกไนต์ไม่ได้อยู่ในรูปที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันทีทั้งหมด แต่จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่ของ กนกพร ชัยวุฒิกุล (2544) และเจนจิรา พวงทับทิม (2546)ที่พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 480.67 กก./ไร่ ในปี 2541 เป็น 640.96 กก./ไร่ ในปี 2544 ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารข้าวในปุ๋ยเคมีจะอยู่ในรูปที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันทีและยังมีอยู่ในปริมาณตามที่ด้นข้าวต้องการอีกด้วย แต่ถึงอย่างไรปริมาณธาตุดังกล่าวก็มีการสูญเสียได้ง่ายในดินโดยเฉพาะในดินเปรี้ยวจัด จึงทำให้มีปริมาณผลผลิตข้าวเปลือกในตำรับปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์สูงกว่าตำรับที่เติมปุ๋ยเคมีหรือเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว

สำนักวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เพิ่มขึ้น 6.56 กก./ไร่ แต่ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) โดยทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลเพื่อยกระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินทั้งที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่า มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม แต่ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ต่างกันนั้นมีค่าเพียง 34.57 และ 51.92 กก./ไร่ ตามลำดับ และเมื่อเทียบระหว่างการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่าง เดียวกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่า มีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว โดยให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ต่างกันเป็น 49.92 และ 70.09 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวก็ไม่ก่อให้เกิดความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม แต่หากมีการเติมปูนมาร์ลร่วมกลับส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น ซึ่งทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ ซึ่งความต่างระหว่างปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในตำรับที่สูงสุดกับต่ำสุดมีช่วงความต่างเป็น 182.13 กก./ไร่

5.3.1 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components)

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) (ตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 5.8) เมื่อเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (200.58 กก./ไร่) หรือปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (256.78 กก./ไร่) ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิมซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด (74.71 กก./ไร่, F-value = 116.21**) โดยปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดด้วยปูนมาร์ลช่วยทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เพิ่มขึ้นได้ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากสารประกอบของแคลเซียมที่มีอยู่ ในปูนมาร์ลเข้าไปทำลายฤทธิ์ของกรด โดยทำปฏิกิริยากับอนุมูลลบในดินทำให้ไอออนลบในดินหายไป ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินจึงเพิ่มขึ้น และมีส่วนช่วยให้ดินปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2542) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (136.60 กก./ไร่) พบว่าก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (215.98 กก./ไร่) หรือการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (269.56 กก./ไร่) แต่ทั้งนี้พบว่าการเติมปูนมาร์ลร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลเพียงอย่างเดียว (ทั้งสองอัตราเติม) ในขณะที่กลุ่มตำรับทดลองที่มีการเติมปูนมาร์ลร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และปุ๋ยเคมีจะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่สูงกว่าตำรับอื่น ๆ สามารถอธิบายได้ใน

ลักษณะเดียวกันกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) กล่าวคือ เถ้าลอยลิกไนต์ไม่ได้อยู่ในรูปที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่จะค่อย ๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต จนส่งผลช่วยให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่สูงขึ้นได้ โดยทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์น่าจะไปเพิ่มปริมาณโพแทสเซียม และซัลเฟอร์ในดินให้มีอย่างเพียงพอสำหรับต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวเจริญเติบโตเต็มที่ และจะส่งผลถึงการเจริญเติบโตในระยะต่อ ๆ ตลอดจนส่งผลต่อปริมาณผลผลิตในท้ายที่สุด

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เพิ่มขึ้น 62.19 กก./ไร่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) โดยทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่ามีความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม และมีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ต่างกันถึง 126.17 และ 182.37 กก./ไร่ ตามลำดับ และเมื่อเทียบระหว่างการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ พบว่ามีความต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวโดยให้ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่ต่างกันเป็น 79.38 และ 132.99 กก./ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือเถ้าลอยลิกไนต์) ก็ส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกที่สูงเพิ่มขึ้น โดยทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์หรือการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งความต่างระหว่างปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในตำรับที่สูงสุดกับต่ำสุดมีช่วงความต่างกันถึง 355.19 กก./ไร่

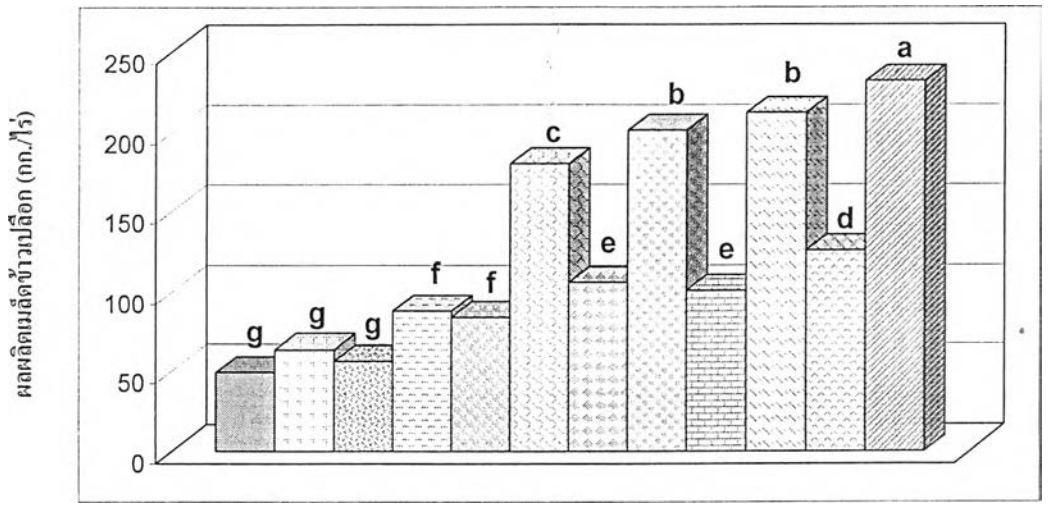
5.3.3 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components)

เมื่อพิจารณาผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 จากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) (ตารางที่ 4.8 และ รูปที่ 5.9) พบว่า ปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในทั้งสองลักษณะมีความแตกต่างกันมากพอสมควรในทุกตำรับทดลอง ซึ่งความแตกต่างของค่าผลผลิตที่ได้จากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริงและจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต นี้อาจเป็นไปได้ว่าดินที่ใช้ศึกษาวิจัยเป็นดินเปรี้ยวจัด สภาพพื้นที่ซึ่งมีด้นกกเจริญเติบโตอยู่เดิมทำให้ลักษณะสมบัติทางเคมีของดินไม่เอื้อต่อการเจริญเติบโตของด้นข้าวผลผลิตที่ได้จึงต่ำมากและเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมี (ทั้งในตำรับดินที่มีและไม่มีการเติมปูนมาร์ล) ทำให้ผลผลิตที่ได้มีค่าสูงสุด แสดงให้เห็นว่า

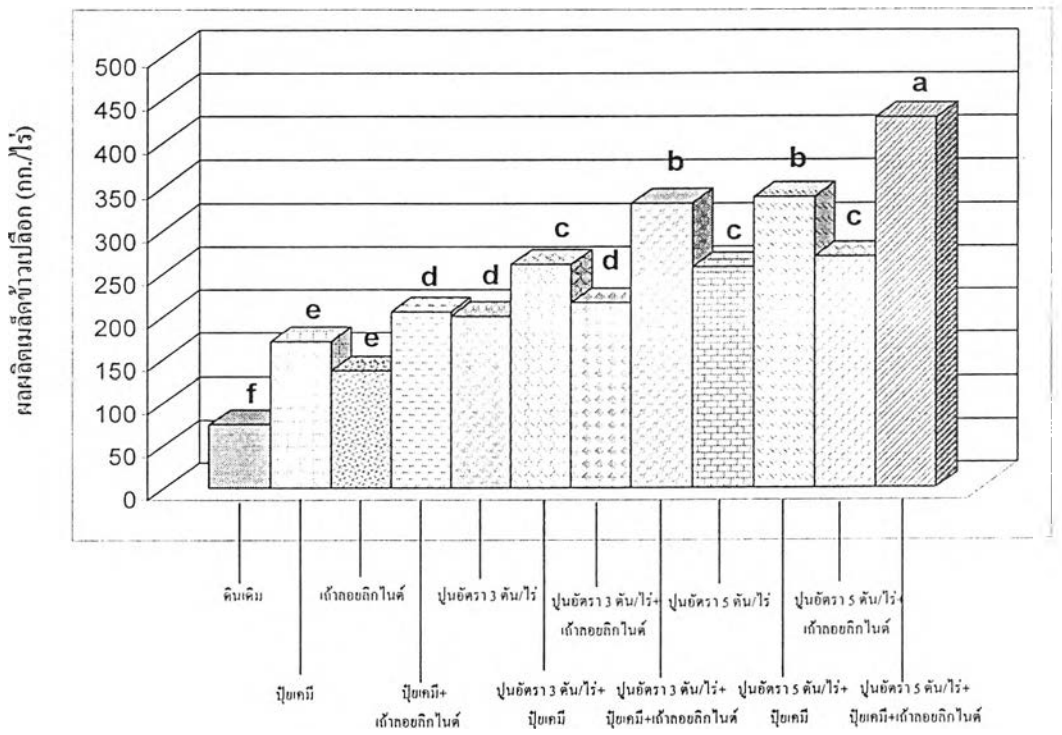
เถ้าลอยลิกไนต์มีบทบาทสำหรับใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารในการปลูกข้าวได้ ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นมาจากปริมาณธาตุอาหารหลัก (ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์) และจุลธาตุอาหาร (แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) (Adriano et al, 1980; U.S. EPA, 1988) ที่มีอยู่ในเถ้าลอยลิกไนต์ละลายออกมาและส่งผลต่อรูปทางเคมีที่ต้นข้าวสามารถสามารถดูดดึงได้โดยปฏิกิริยาเสริมร่วมกับปุ๋ยเคมีเสริมสร้างให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกสูงกว่าการเติมเฉพาะปุ๋ยเคมีหรือการเติมเฉพาะเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ซิลิกอนในเถ้าลอยลิกไนต์น่าจะมีส่วนลดการตรึงฟอสเฟตและทำปฏิกิริยากับ Fe, Al oxides ทำให้ปริมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้น (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531 ;Takahashi, 1968) และซิลิกอนที่ต้นข้าวดูดดึงขึ้นไปนั้น ก็จะไปสะสมที่ผิวใบ และลำต้น ทำให้การสังเคราะห์แสง เพิ่มขึ้น ลำต้นแข็งแรง เพิ่มความต้านทานโรค และแมลงมากัดกินต้นข้าว (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2531 ; Yoshida, 1981) จึงน่าจะมีส่วนทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น

กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ทั้งผลผลิตจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่เติมสิ่งทดลอง (ดินเดิม) โดยทั้งนี้เมื่อเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ นั่นหมายถึง การปรับปรุงบำรุงดินและการดูแลต้นข้าวโดยใช้เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมด้วยนั้นมีโอกาสช่วยให้ได้รับผลผลิตข้าวได้เต็มที่ตามศักยภาพของพื้นที่และพันธุ์ข้าว

ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง



ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต



หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันของแท่งกราฟ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันของแท่งกราฟ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละแท่งกราฟ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.8 ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (กก./ไร่) จากพื้นที่เก็บเกี่ยวจริง (actual yield) และจากการประเมินด้วยองค์ประกอบผลผลิต (yield components)

5.4 ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ต่อคุณภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

5.4.1 คุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ในการส่งออกข้าวจะต้องคำนึงถึงคุณภาพข้าวเชิงพาณิชย์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ คุณภาพข้าวทางกายภาพและคุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์ โดยมาตรฐานการส่งออกข้าวของกระทรวงพาณิชย์จะให้ความสำคัญกับลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวมาก โดยพิจารณาจากขนาดของเมล็ดข้าว อัตราส่วนระหว่างข้าวเต็มกับข้าวหักและสิ่งที่ปะปนมากับเมล็ดข้าว นอกจากนี้ยังกำหนดระดับการสีข้าว และความชื้นไม่เกิน 14% เป็นต้น ทั้งนี้มีวิธีการตรวจสอบข้าวคุณภาพดีอย่างง่าย ๆ จากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว โดยจะต้องมีส่วนผสมของข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 (> 7 มิลลิเมตร) เป็นจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้การปรับปรุงพันธุ์ข้าวใหม่ ๆ จึงเน้นพันธุ์ข้าวที่มีเมล็ดมาตรฐานดี คือ มีความยาวที่มากกว่า 7 มิลลิเมตร

โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพข้าวทางกายภาพเชิงพาณิชย์ ได้แก่ ความยาว, ความกว้าง และอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.4.1.1 ความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง

เมื่อพิจารณาความยาวของเมล็ดข้าวกล้องในแต่ละตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.9) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (7.07 มม.) ไม่ก่อให้เกิดความต่างอย่างมีนัยเมื่อเทียบกับดินเดิม (6.90 มม.) ในขณะที่ตำรับดินที่มีการเติมปูนมาร์ลลงไป พบว่าตำรับดินที่มีการเติมปูนมาร์ล (ทั้งปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่) ร่วมกับปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ความยาวของเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มขึ้นสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (7.44 มม.) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (7.53 มม.) ที่ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความยาวที่รองลงมา ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีความยาวเมล็ดข้าวกล้องเท่ากัน (7.36 มม.) และยาวเป็นอันดับต่อมา

อย่างไรก็ตามความยาวของเมล็ดข้าวกล้องเมื่อพิจารณาตามมาตรฐานในการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและในตลาดโลก พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ เพียงอย่างเดียว หรือเติมร่วมกับปุ๋ยเคมี ตลอดจนเติมร่วมกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ และปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ก็ล้วนแต่ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 มีความยาวของเมล็ดที่มากกว่า 7.0 มิลลิเมตรทั้งสิ้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ข้าวมีคุณภาพดี

ตามมาตรฐาน ข้าวไทยซึ่งกำหนดให้เมล็ดข้าวที่มีความยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร ซึ่งจัดเป็นข้าวคุณภาพดี (งามชื่น คงเสรี, 2541) และจัดอยู่ในข้าวประเภทเมล็ดยาวชั้น 1 (ประกาศกระทรวงพาณิชย์, 2540)

5.4.1.2 ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

เมื่อพิจารณาความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องในแต่ละตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.9) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (2.23 มม.) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (2.20 มม.) ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (2.22 มม.) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ (2.30 มม.) ส่งผลให้ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มขึ้นสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (2.25 มม.) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (2.26 มม.) ที่ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีความกว้างที่รองลงมา ตลอดจนการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีความกว้างเมล็ดข้าวกล้องเท่ากัน (2.25 มม.) และกว้างเป็นอันดับต่อมา

อย่างไรก็ตามความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 เมื่อพิจารณาแล้วพบว่ามีค่าที่ไม่แตกต่างกันมากนักและเป็นพารามิเตอร์ที่ไม่ได้เป็นตัวกำหนดมาตรฐานในการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและในตลาดโลกโดยตรง หากเพียงแต่เป็นพารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่ใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง (งามชื่น คงเสรี, 2541) กล่าวโดยสรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลต่อการเพิ่มความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง ในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือปูนมาร์ล) กลับส่งผลต่อการเพิ่มความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้

5.4.1.3 อัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง

เมื่อพิจารณาอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.9) พบว่า ในตำรับดินที่ไม่เติมปูนมาร์ล ได้แก่ ดินเดิม (3.11) การเติมปุ๋ยเคมี (3.12) การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (3.18) และการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (3.12) ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด ในขณะที่ตำรับดินที่มีการเติมปูนมาร์ลลงไป พบว่า การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (3.37) ส่งผลให้อัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง เพิ่มขึ้นสูงสุด แต่ทั้งนี้ก็ไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างเมื่อเทียบกับการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ (3.37) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (3.40) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (3.31)

การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (3.34) และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (3.35) ที่ส่งผลให้อัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องรองลงมา

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องในทุกตำรับทดลอง จัดได้ว่าข้าวกล้องของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 มีรูปร่างเรียวเมื่อพิจารณาตามมาตรฐานในการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและในตลาดโลกซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องมีค่าอัตราส่วนความยาว/ความกว้างที่มากกว่า 3.00 (งามชื่น คงเสรี, 2541) กล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่เพียงอย่างเดียวไม่ส่งผลต่ออัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องในขณะที่การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมี และ/หรือปูนมาร์ล) กลับส่งผลต่อการเพิ่มอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้องพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ได้

5.4.2 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกติดต่อกันมากว่าสิบปี เนื่องจากผลิตข้าวได้ปริมาณมาก และมีคุณภาพดี ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการส่งออกข้าวนอกจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวแล้ว คุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดมาตรฐานการส่งออกข้าว เนื่องจากคุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์เป็นลักษณะที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว (cooking and eating quality) โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีเฉพาะตัวของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อซึ่งเกี่ยวข้องกับรสนิยมของผู้บริโภคโดยตรง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ทั้งต่อคุณภาพทางเมล็ดและคุณภาพการหุงต้มและการรับประทานของข้าว (cooking and eating quality) ซึ่งสามารถชี้ชัดได้จากคุณสมบัติเมล็ดทางเคมี (grain chemical properties) อันเป็นลักษณะประจำพันธุ์นั่นเอง

โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพข้าวทางเคมีเชิงพาณิชย์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio during cooking) ปริมาณอมิโลส (apparent amylose) ความคงตัวแป้งสุก (gel consistency) และค่าการสลายเมล็ดในด่าง (alkali test) (ในเมล็ดข้าวสาร) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.4.2.1 การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (elongation ratio during cooking)

เมื่อพิจารณาการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกในแต่ละตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.10) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (1.75 เท่า) ส่งผลให้เมล็ดข้าวสุกมีอัตราการยืดตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (1.55 เท่า) ทั้งนี้ยังมีค่าที่สูงกว่าตำรับปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (1.72 เท่า) ตลอดจนตำรับปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (1.65 เท่า) อีกด้วย

ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (1.83 เท่า) ส่งผลให้เมล็ดข้าวสุกมีการ ยืดตัวที่สูงสุด และการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (1.80 เท่า) ส่งผลให้เมล็ดข้าวสุก มีการยืดตัวรองลงมา โดยอัตราการยืดตัวของข้าวสุกที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกให้ทราบว่า เมื่อข้าวหุงสุกเมล็ดข้าวจะมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะตามด้านยาวซึ่งคุณลักษณะนี้เป็นคุณภาพพิเศษของข้าวทำให้ข้าวที่หุงสุกขึ้นหม้อดียิ่งขึ้นนอกจากนี้ยังช่วยให้ข้าวมีความนุ่มมากขึ้นอีกด้วย เพราะการขยายหรือการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกทำให้เนื้อข้าวโปร่งขึ้นไม่อัดกันแน่น (รตนชนม์ ธันโยดม และนัฐธีร์ ศรีสุเทพ,2532) ซึ่งทั้งนี้ในทุกตำรับทดลองยกเว้นตำรับดินเดิมล้วนมีการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกอยู่ในมาตรฐานของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่มีค่าอยู่ในช่วง 1.6-1.8 เท่า (งามชื่น คงเสรี, 2545)

สรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ โดยทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการเติมเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมีหรือปูนมาร์ล) ล้วนทำให้มีการยืดตัวของเมล็ดข้าวสุกที่เพิ่มขึ้นจากดินเดิมอย่างมีนัยสำคัญ และยังอยู่ในมาตรฐานของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17

5.4.2.2 ปริมาณอมิโลส (apparent amylose)

เมื่อพิจารณาปริมาณอมิโลสของเมล็ดข้าวสารในแต่ละตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.10) พบว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (23.24 %) ส่งผลให้เมล็ดข้าวสารมีปริมาณอมิโลสที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับดินเดิม (25.79%) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้เมล็ดข้าวสารมีปริมาณอมิโลสที่ต่ำสุด (22.79 %) ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (22.84 %) ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้เมล็ดข้าวสารมีปริมาณอมิโลสที่ต่ำในอันดับต่อมา (23.32 %) ทั้งนี้ปริมาณอมิโลสที่ลดลงของทุกตำรับทดลองที่มีการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมด้วยนั้นจะมีค่าที่ลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐานของปริมาณอมิโลสโลสของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่มีค่าอยู่ในช่วง 24-28 % (งามชื่น คงเสรี, 2545) ทั้งนี้ปริมาณอมิโลสที่ลดลงจะบ่งบอกให้ทราบว่าข้าวหุงสุกจะมีความเหนียวนุ่มมากขึ้น เนื่องจากปริมาณอมิโลสมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการขยายปริมาตรการดูดน้ำระหว่างการหุงต้ม แต่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความนุ่มเหนียวของข้าวสุก (Juliano, 1979; Perez, 1979) ดังนั้น ข้าวที่มีปริมาณอมิโลสสูงจะดูดน้ำและจะขยายปริมาตรได้มากทำให้ข้าวสุกแข็งและร่วน ส่วนข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำจะดูดน้ำและจะขยายปริมาตรได้น้อยทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวนุ่ม (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541)

สรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ โดยทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการเติมเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมีหรือปูนมาร์ล) ล้วนทำให้ข้าวสารมีปริมาณอมิโลสที่ลดลง โดยทั้งนี้ปริมาณอมิโลสที่ลดลงยังมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานสายพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 อีกด้วย ซึ่งการลดลงของปริมาณอมิโลสนี้เป็นตัวบ่งชี้ให้ทราบว่าข้าวจะมีความเหนียวนุ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อหุง อีกทั้งยังมีส่วนช่วยให้ข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่จัดได้ว่าเป็นข้าวอมิโลสปานกลางซึ่งมีลักษณะค่อนข้างร่วนไม่แข็งมากเมื่อหุงสุกเป็นข้าวที่มีความนุ่มมากยิ่งขึ้น

5.4.2.3 ค่าความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency)

เมื่อพิจารณาความคงตัวของแป้งสุกของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.11) พบว่า เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ (72.33 มิลลิเมตร) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (58.33 มิลลิเมตร) แต่เมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ (75.25 มิลลิเมตร) จะมีปริมาณที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (80.67 มิลลิเมตร) ส่งผลให้ค่าความคงตัวของแป้งสุกมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (78.33 มิลลิเมตร)

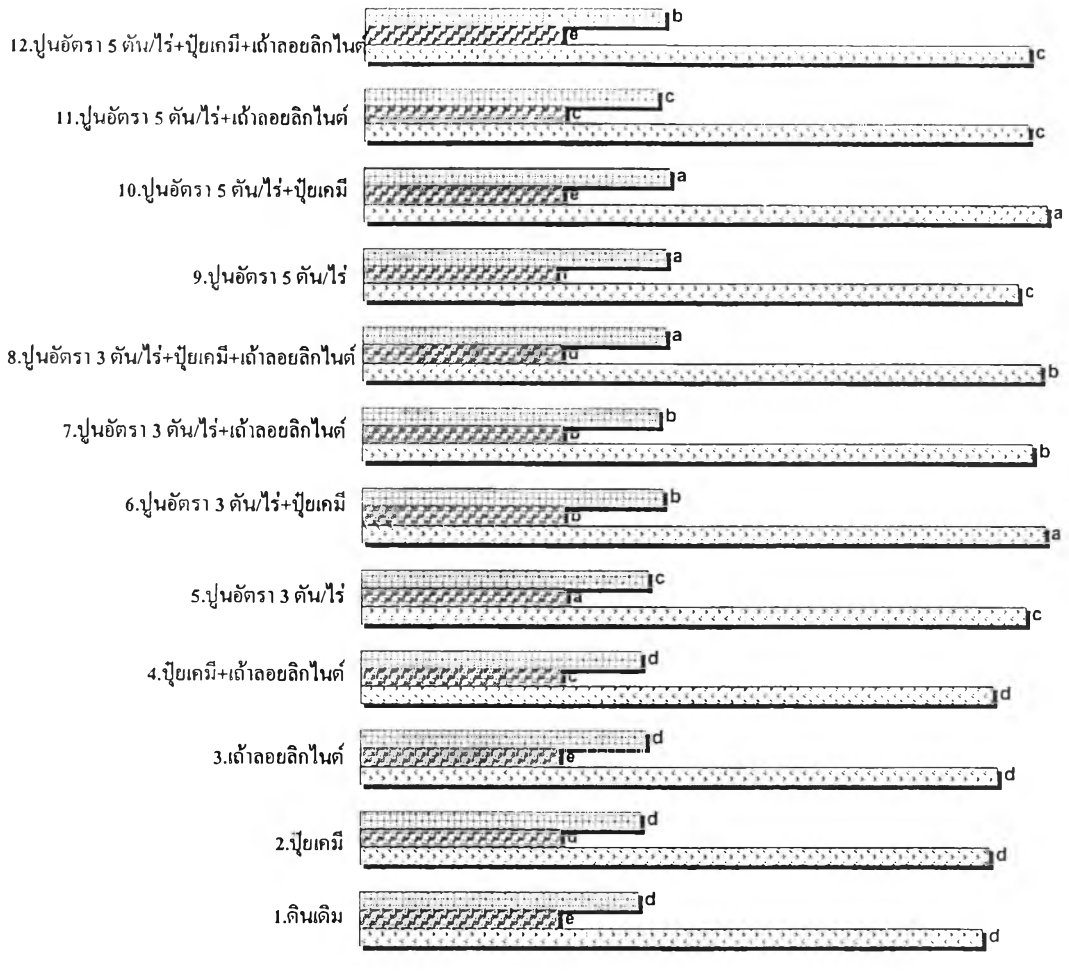
ทั้งนี้ค่าความคงตัวแป้งสุกที่เพิ่มขึ้นบ่งบอกให้ทราบว่า เมื่อข้าวหุงสุกจะมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541) ซึ่งในทุกตำรับทดลองยกเว้นการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวและดินเดิม ล้วนอยู่ในมาตรฐานความคงตัวของแป้งสุกของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 61.0-100.0 มิลลิเมตรและจัดอยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน (งามชื่น คงเสรี, 2545) แม้ว่าปริมาณอมิโลสจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพข้าวสุก แต่ทั้งนี้ค่าความคงตัวแป้งสุกก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญในการช่วยชี้ชัดให้ทราบถึงความอ่อนนุ่มของข้าวเมื่อหุงสุก เพราะข้าวที่มีปริมาณอมิโลสเท่ากันอาจมีความอ่อนนุ่มของข้าวสุกต่างกัน (Perez, 1979) เนื่องจากคุณสมบัติของแป้งสุกมีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากัน ข้าวที่มีความคงตัวแป้งสุกอ่อนเมื่อสุกแล้ว จะนุ่มกว่าข้าวที่มีค่าความคงตัวแป้งสุกแข็ง (งามชื่น คงเสรี, 2542)

สรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ โดยทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการเติมเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมีหรือปูนมาร์ล) ล้วนทำให้ข้าวสารมีค่าความคงตัวแป้งสุกที่เพิ่มขึ้น โดยยังอยู่ในมาตรฐานของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งจัดอยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน

5.4.2.4 ค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่าง (alkali test)

เมื่อพิจารณาค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารในทุกตำรับทดลอง (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.11) พบว่า เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่(5.58) มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินเดิม (4.72)ในขณะที่การเติมปูนมาร์ลอัตรา 5 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (5.83) ส่งผลให้ค่าการสลายเมล็ดในด่างของข้าวสารมีค่าสูงสุด ตามมาด้วยการเติมปูนมาร์ลอัตรา 3 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีและเถ้าลอยลิกไนต์ (5.71) ซึ่งค่าการสลายเมล็ดในด่างที่เพิ่มขึ้นแสดงถึงการใช้ระยะเวลาในการหุงต้มที่ลดลง เนื่องจากค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างที่สูงจะมีระดับของอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ทำให้ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มน้อย (ละม้ายมาศ ยังสุข, 2541) ส่งผลให้ประกอบอาหารได้รวดเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามในทุกตำรับทดลองยกเว้นในดินเดิมมีค่าการสลายตัวในด่างสูงกว่าในข้อกำหนดของพันธุ์ข้าวขาวตาแห้ง 17 ที่มีค่าอยู่ที่ระดับ 5 (งามชื่น คงเสรี,2545)

สรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ โดยทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการเติมเพียงอย่างเดียวหรือเติมร่วมกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ปุ๋ยเคมีหรือปูนมาร์ล) ล้วนทำให้ข้าวสารมีค่าการสลายตัวของเมล็ดในด่างที่เพิ่มขึ้น โดยยังอยู่ในมาตรฐานของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ซึ่งจัดอยู่ในประเภทแป้งสุกอ่อน อีกทั้งยังมีส่วนช่วยให้ข้าวสารพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ที่ได้รับใช้พลังงานเพื่อการหุงต้มลดลง



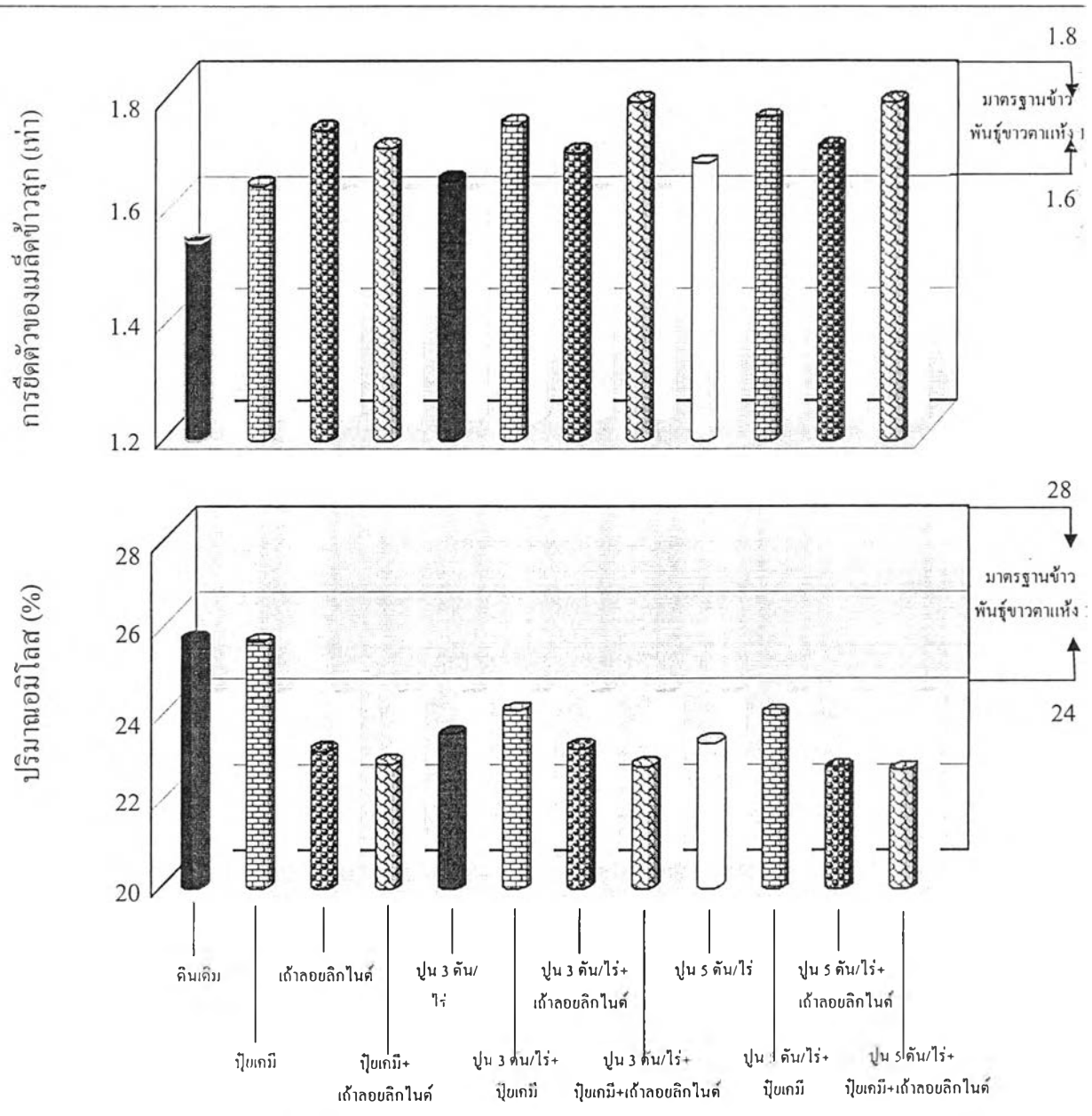
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง	3.11	3.12	3.18	3.12	3.20	3.35	3.31	3.37	3.37	3.40	3.27	3.34
ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง	2.22	2.24	2.23	2.25	2.30	2.26	2.25	2.23	2.15	2.23	2.25	2.20
ความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง	6.90	6.98	7.07	7.01	7.36	7.58	7.44	7.53	7.26	7.57	7.36	7.36

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันของแท่งกราฟ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันของแท่งกราฟ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละแท่งกราฟ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.9 คุณภาพทางกายภาพเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 (ความยาว, ความกว้าง และอัตราส่วนความยาว/ความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง)



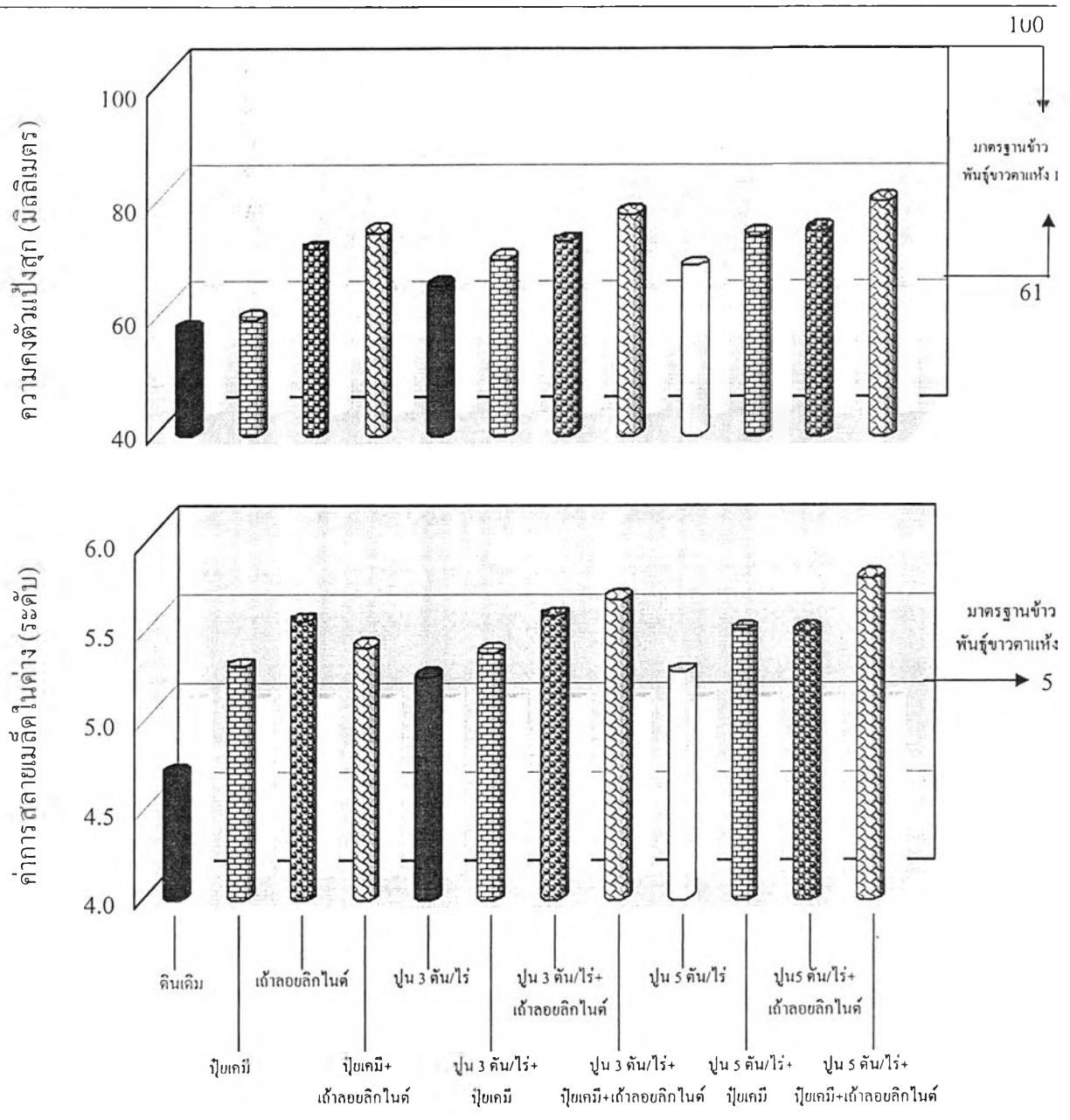
หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันของแท่งกราฟ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันของแท่งกราฟ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละแท่งกราฟ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) กราฟแท่งทรงกระบอกสีขาวหลังกราฟแท่งสี หมายถึง กราฟแท่งเปรียบเทียบค่ามาตรฐานขั้นต่ำสุดของคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวดาแห้ง 17

รูปที่ 5.10 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวดาแห้ง 17 [การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (เท่า) และปริมาณอมิโลส (%)]



หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันของแท่งกราฟ หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

2) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันของแท่งกราฟ หมายถึง มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่มากกว่า 1 ตัวในแต่ละแท่งกราฟ เช่น ab หมายความว่าค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะความแตกต่างจาก a หรือ b อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

4) กราฟแท่งทรงกระบอกสีขาวหลังกราฟแท่งสี หมายถึง กราฟแท่งเปรียบเทียบค่ามาตรฐานขั้นต่ำสุดของคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวดาแห้ง 17

รูปที่ 5.11 คุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ของข้าวพันธุ์ขาวดาแห้ง 17 [ความคงตัวของแป้งสุก (มม.) และค่าการสลายเมล็ดในด่าง]