หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินที่ปลูกลูกข้าว

การเปลี่ยนสภาพทางเคมีของดินภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวรุ่นหลัก ก่อนถึงช่วงฤดูปลูกถัดไปจะมีการทิ้งช่วงเวลาของการเพาะปลูก เพื่อเริ่มต้นการเพาะปลูกนั้น โดยเฉพาะค่าความเป็นกรดเป็นด่างจะเกิดขึ้นแล้วส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารและธาตุพิษในดินอีกด้วย เป็นไปได้ว่า การเจริญเติบโตของลูกข้าวจากข้าวรุ่นหลัก การเก็บเกี่ยวลูกข้าว การไถกลบตอซังเพื่อเตรียมดินสำหรับปลูกข้าวในฤดูปลูกถัดไป รวมทั้งการย่อยสลายของตอซังด้วยกิจกรรมจุลลินทรีย์ดิน ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดเป็นด่างทั้งสิ้น

ค่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 ช่วงเวลา (รูปที่ 5.1) โดยที่อิทธิพลจากการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่ำสุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเถ้าลอยลิกไนต์มีส่วนทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ทั้ง 3 อัตรา คือ 0.25 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 4.29-5.45 (ตารางที่ 4.1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินในช่วงนี้จัดว่าเป็นกรดจัดถึงจัดมาก (ปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541; ตารางที่ ผ.1) นั่นหมายถึง เถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 10.4 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544) ไม่สามารถส่งอิทธิพลของความเป็นด่างสามารถยกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินในลักษณะแก้ไขปัญหาความเปรี้ยวของดินได้ไม่ว่าดินนั้นจะเคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ด้วยอัตราเติม 0.25 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ และการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินทั้ง 3 ช่วงเวลาในแต่ละตำรับทดลองมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 5.1) ช่วงเวลาที่ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าสูงสุด คือ ช่วงเวลาขณะเกี่ยวลูกข้าว ทั้งนี้อาจเนื่องจาก การเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ของตอซัง โดยกิจกรรมจุลลินทรีย์ ซึ่งมีผลทำให้เกิด H^+ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544)

5.2 ปริมาณธาตุอาหารและธาตุพิษในดินที่ปลูกข้าวโดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ตามช่วงเวลาต่าง ๆ

การทดลองนี้ได้แบ่งการเก็บตัวอย่างดิน เป็น 3 ช่วงเวลาเพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของธาตุอาหารและธาตุพิษที่ตกค้างในดินภายหลังการเพราะปลูก

5.2.1 ปริมาณธาตุอาหารในดิน

ปริมาณธาตุอาหารที่มุ่งเน้นในการศึกษาครั้งนี้ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพราะเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ในดิน

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อต้นข้าวซึ่งช่วยกระตุ้น (Stimulate) ให้ต้นข้าวเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง เมื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้กับต้นข้าวจะส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของตอซังของข้าว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 1.0 ตัน/ไร่ มีมากที่สุด (ตารางที่ 4.2 และรูปที่ 5.2) ส่วนในตำรับทดลองอื่น ๆ ในทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บลูกข้าว และหลังการไถกลบตอซัง มีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ซึ่งดินแต่ละตำรับการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ดินหลังไถกลบตอซังมีปริมาณสูงกว่าดินช่วงอื่น ทั้งนี้อาจเกิดการย่อยสลายของตอซังที่ยังคงอยู่ในดินซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 0.22-0.32 % (ตารางที่ 4.2) และปัจจัยทางธรรมชาติที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงคือ การทิ้งระยะเวลาทำให้เกิดปฏิกิริยาในดินเมื่อสภาวะเหมาะสมทำให้มีการเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ในดิน (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และสุรเดช จินตกานนท์, 2532)

2) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในดิน

เป็นธาตุอาหารหลักที่เป็นส่วนประกอบของสารประกอบที่เป็นแหล่งพลังงานในพืช คือ ฟอสฟอรัส จะถูกนำไปสร้าง ATP ซึ่งมีบทบาทสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ดังนั้นฟอสฟอรัสจึงมีความจำเป็นต่อกระบวนการเจริญเติบโตของต้นพืช ช่วยในการสร้างดอก การผสมเกสร การติดเมล็ด การสร้างความแข็งแรงของลำต้น รวมทั้งการงอกของราก และการสังเคราะห์โปรตีน ไขมัน และ คาร์โบไฮเดรต จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและรูปที่เป็นประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการทำนาอย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง ทั้ง 3 ช่วงเวลา มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ตกค้างในดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ที่อัตรา 0.25 0.5 และ1.0 ตัน/ไร่ มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ในดินเดิมและดินทดลองที่เติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีค่าไม่ต่างกัน (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 5.3) ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ยังตกค้างในดินทุกตำรับทดลองอยู่ในช่วง 316.67-550.00 ppm และปริมาณ ฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยที่เคยเติมลงในดินแต่ละตำรับทดลอง เนื่องด้วยในเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณฟอสฟอรัส (P) 600-2,500 ppm (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540; U.S.EPA, 1988; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2544) ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินต่างกัน

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 19.00-38.33 ppm (ตารางที่ 4.3) ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง-สูง (ตารางที่ ผ. 2) โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับถ้าลอยลิกไนต์ (ตารางที่ 4.3 และรูปที่ 5.3) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และรูปที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน แต่ปริมาณของฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์มีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินตำรับเดียวกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน(ตารางที่ 4.3) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกตรึงได้โดยง่ายด้วยอนุภาคของดิน โดยเฉพาะในดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำกว่า 5.5 ดังนั้นดินที่เป็นกรดซึ่งมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 4.0-5.0 จึงนับเป็นดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส แม้ว่าจากค่าวิเคราะห์ดินจะพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่อยู่ในดินมาก แต่ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544) และปริมาณเหล็ก (Fe) อลูมิเนียม (Al) และแมงกานิส (Mn) ที่สะสมในดิน ชนิดของแร่ดินเหนียว ปริมาณแคลเซียม (Ca) ในดิน และอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ (นวลศรี กาญจนกูล และคณะ, 2543) นอกจากนี้ Buckman and Brady (1959) ได้กล่าวว่า สารประกอบฟอสฟอรัสของเหล็ก หรืออลูมิเนียมจะละลายได้น้อยในดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ (pH = 3-4) ดังนั้นในดินที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำมาก ๆ จะทำให้ขาดฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

3) โพแทสเซียม

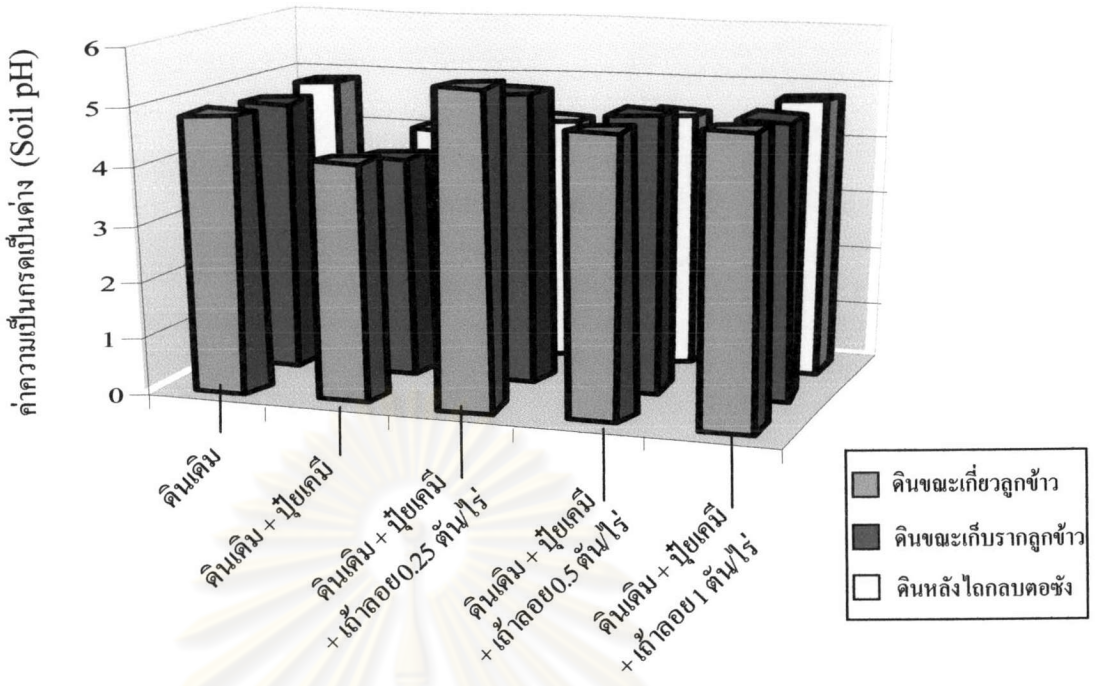
โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว และเพิ่มความแข็งแรงให้กับพืช นอกจากนี้เป็นธาตุอาหารที่เพิ่มผลผลิตและคุณภาพโดยรวมของพืชซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการทำงานของน้ำย่อยที่เกี่ยวข้อง การสร้างแป้ง น้ำตาล โปรตีน ควบคุมการคายน้ำ ความแข็งแรงของต้นข้าว และระบบราก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ดินขณะเก็บรากลูกข้าว และดินหลังไถกลบตอซัง มีแนวโน้มของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดินอยู่ในช่วง 237.33-316.00 ppm โดยที่ดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 1.0 ตัน/ ไร่ มีปริมาณสูงกว่าดินตำรับทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 4.4 และรูปที่ 5.4) ซึ่งดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีแนวโน้มของโพแทสเซียมทั้งหมดสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณโพแทสเซียม 1,534-34,700 ppm (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540; U.S.EPA, 1988) ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์สูงกว่าดินที่ไม่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ อย่างไรก็ตามการมีปริมาณโพแทสเซียมสูงทำให้พืชดูดดึงขึ้นไปสะสมในปริมาณที่เกินความต้องการโดยไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในดินสูญหายไปด้วย ซึ่งการปริมาณโพแทสเซียมที่มากเกินพอเป็นการใช้ปุ๋ยที่ไม่มีประสิทธิภาพ และไม่ถูกหลักเศรษฐกิจ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

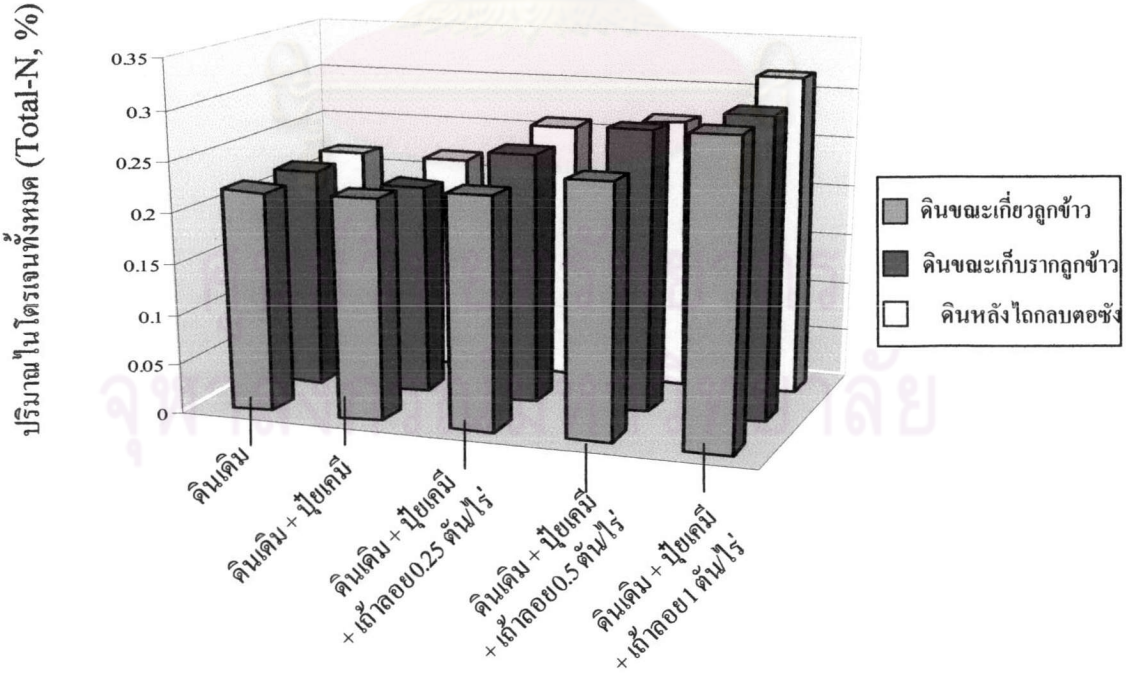
นอกจากนี้ปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ดินขณะเก็บรากลูกข้าว และดินหลังไถกลบตอซัง มีแนวโน้มต่างกันของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดินอยู่ในช่วง 54.10-114.00 ppm (ตารางที่ 4.4) ซึ่งที่ดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 1.0 ตัน/ไร่ มีปริมาณสูงที่สุด โดยที่โพแทสเซียมในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ได้จะเปลี่ยนรูปได้ช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับระบบความสมดุลที่กับส่วนของโพแทสเซียมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) และส่วนโพแทสเซียมไอออน (Potassium ion)ในสารละลายโพแทสเซียมของดิน ซึ่งพืชไม่อาจจะใช้ประโยชน์ได้ชั่วคราว โดยเมื่อระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง โพแทสเซียมที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมา ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการตรึงโพแทสเซียมในดิน ได้แก่ ชนิดของคลอลอยด์ในดิน การใช้ปูน อุณหภูมิ และการเปียกและแห้งของดิน(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งดินหลังไถกลบตอซังในดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้108.53 และ 114.00 ppm ซึ่งมีปริมาณสูงกว่ามากกว่าดินขณะเกี่ยวลูกข้าว และขณะเก็บรากลูกข้าว ทั้งนี้อาจเกิดจากการย่อยสลายของตอซังที่มีปริมาณโพแทสเซียม 429.33 และ436 ppm (ตารางที่ 4.4) เป็นผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตอซังกลับสู่ดินอีกครั้ง แต่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเดิม ดินที่เคยเติม

ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และตำรับทดลองที่เคยเติมปุ๋ยเคมีกลับมีปริมาณต่ำกว่า เนื่องจากมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ตารางที่ 4.1) ซึ่งจัดว่าเป็นกรดจะทำให้โพแทสเซียมถูกชะล้างได้ โดยที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมที่ถูกชะละลายจากดินกับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ตารางที่ ผ. 3)

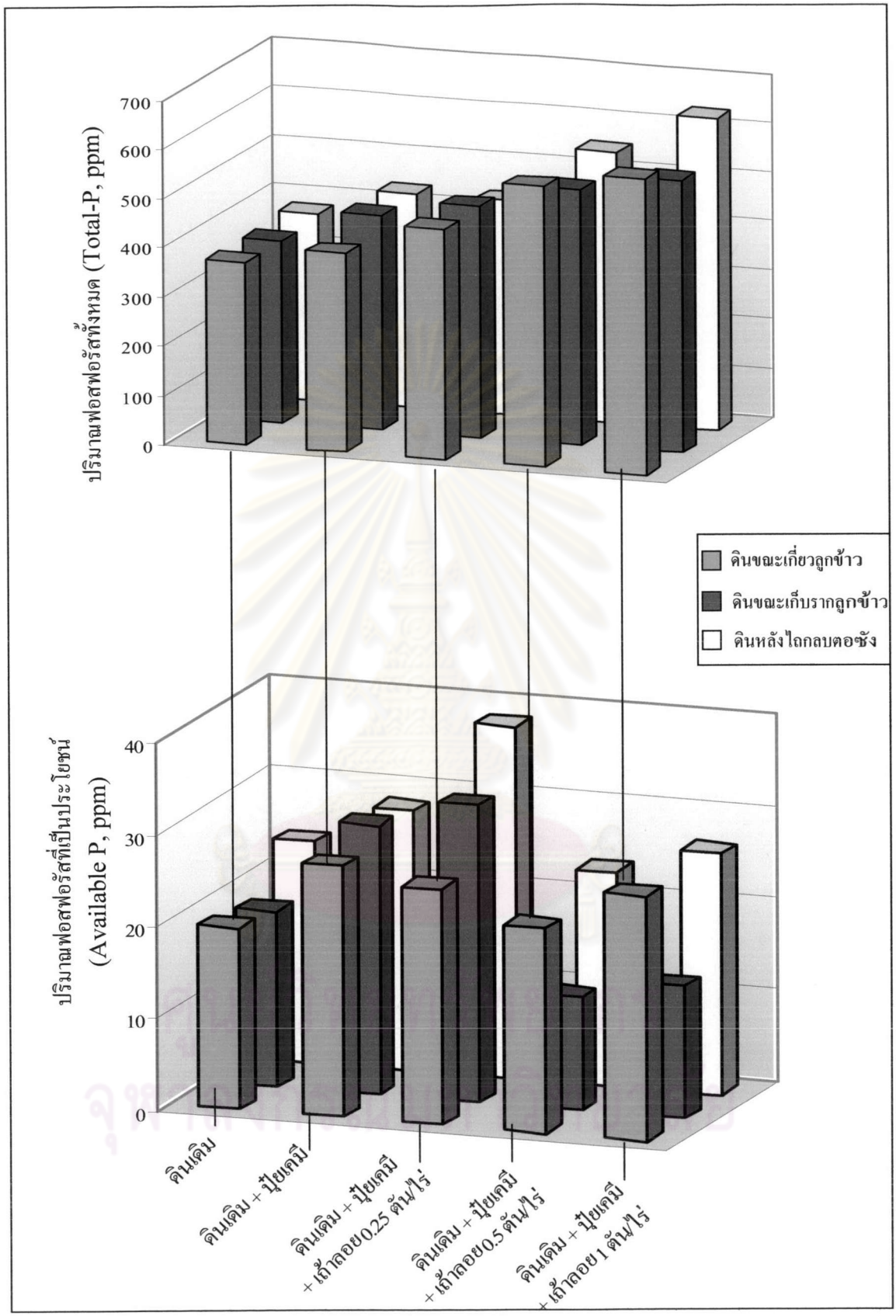
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



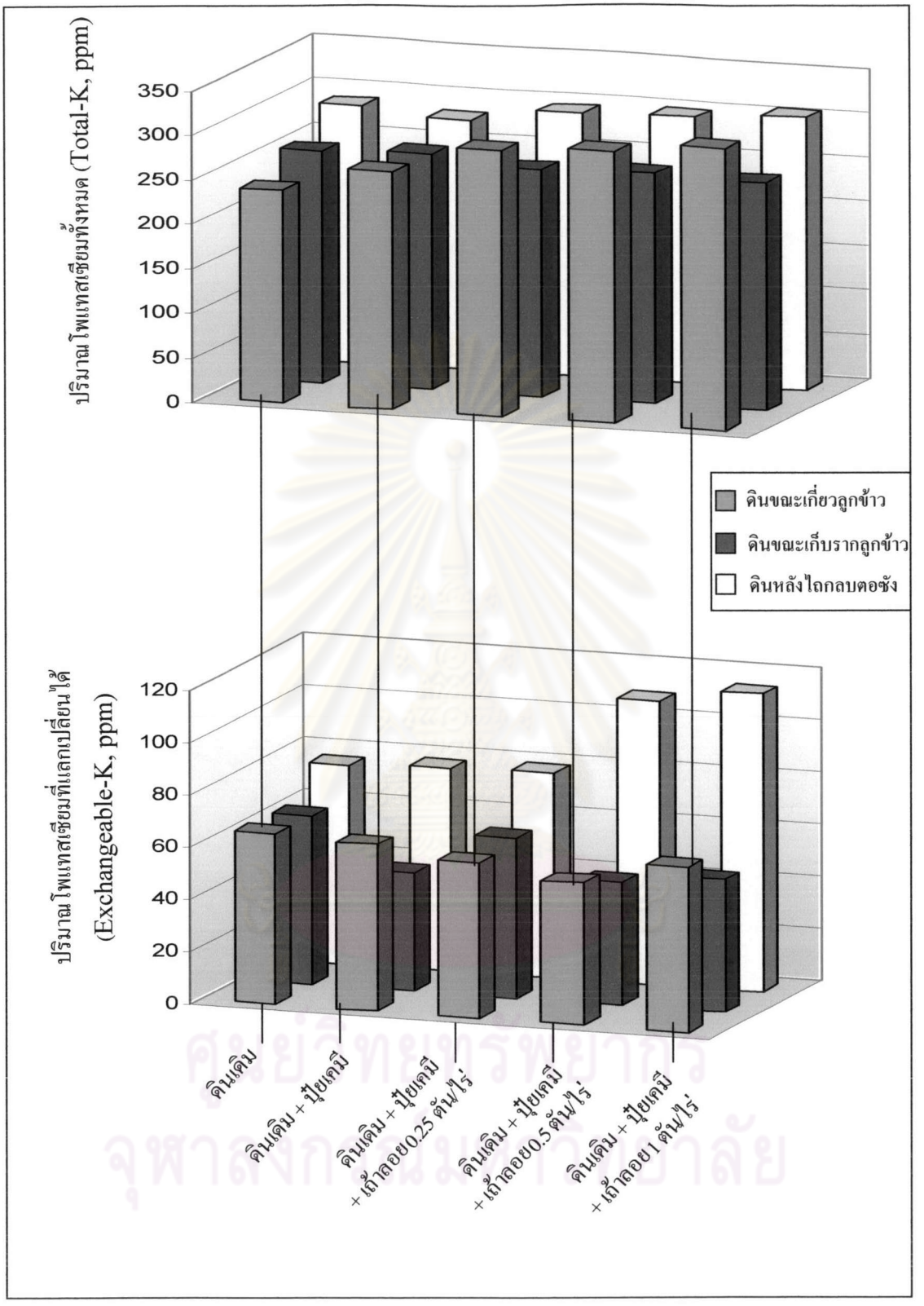
รูปที่ 5.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.4 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง

5.1.2 ปริมาณธาตุพิษบางชนิดในดิน

1) ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด (Total-Al) ในดิน

ปริมาณอลูมิเนียมมีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าว โดยจำกัดการดูดธาตุอาหาร ปริมาณอลูมิเนียมในพืชจากการศึกษาของ Thawornwong and Van Diest (1974) ความเข้มข้นของอลูมิเนียม 0.05-2.00 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว และที่ระดับความเข้มข้น 25 ppm จะทำให้ข้าวแสดงอาการเป็นพิษ ตลอดจนค่าความเป็นกรดเป็นด่าง และยังสามารถส่งผลต่อปริมาณธาตุอาหารหลัก เช่น ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดที่ตกค้างในดินซึ่งมีทิศทางไปทางเดียว ทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ดินขณะเก็บรากลูกข้าว และดินหลังไถกลบตอซัง พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 0.25 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ จะมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดที่อยู่ในดิน 17,628.99-30,780.00 ppm (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 5.5) สูงกว่าในดินเดิมและดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวซึ่งมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 17,300.00-25,166.67 ppm โดยที่ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในดินมีแนวโน้มจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ ทั้งนี้อาจเนื่องจากในเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณอลูมิเนียม 11,500-144,000 ppm (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540; U.S.EPA, 1988) นอกจากนี้ปริมาณอลูมิเนียมมีความสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดเป็นของดิน ซึ่ง Nhung and Ponnamperuma (1966) พบว่าในดินกรดจัดความเข้มข้นของอลูมิเนียมในสารละลายดิน 68 ppm จะทำให้ต้นข้าวตายได้ และ Ponnampperuma (1972) ได้รายงานว่าที่ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 3.5 ทำให้ปริมาณอลูมิเนียมที่ละลายได้สูงถึง 69 ppm ซึ่งอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อต้นข้าวได้ และนอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกที่ส่งผลต่ออลูมิเนียม เช่นสภาพในแปลง ปริมาณความชื้นหรือน้ำที่ขังในแปลงนาเป็นต้น

2) ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมด (Total-As) ในดิน

อาร์เซนิกเป็นธาตุที่สามารถเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และเมื่อเกิดการสะสมในดินอาจส่งผลให้พืชดูดดึงไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้ โดยอาร์เซนิกในธรรมชาติจะประกอบด้วยธาตุอาร์เซนิก (As^0) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบออาร์เซนิกในธรรมชาติ ได้แก่ เกลืออาร์เซไนต์ (Arsenite Salt, As^{+3}) เช่น อาร์เซนิกออกไซด์ (As_2O_3) ซึ่งสารประกอบอาร์เซนิกแต่ละตัวจะมีระดับความเป็นพิษแตกต่างกัน (นิยา รัตนาปนนท์ และวิบูล รัตนาปนนท์, 2541)

ดินทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินช่วงขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง มีแนวโน้มปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในดินเดิมและดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอยู่ในช่วง 140.00-197.14 ppb (ตารางที่ 4.6) ซึ่งต่ำกว่าดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่มีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เคยเติม ซึ่งมีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมด (Total-As = 153.93-228.67 ppb) ซึ่งเป็นผลจากเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีอาร์เซนิกเป็นองค์ประกอบประมาณ 2.3-1,700 ppm (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2540; U.S.EPA, 1988) ซึ่งปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในดิน และนอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในดินตามช่วงเวลาต่าง ๆ ในทุกตำรับมีแนวโน้มของปริมาณอาร์เซนิกมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป ซึ่งในทุกตำรับทดลองในแต่ละช่วงเวลา มีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดต่างกัน คือ ในช่วงดินขณะเก็บรากพบว่ามีปริมาณของอาร์เซนิกทั้งหมดต่ำที่สุด (รูปที่ 5.8) แต่เมื่อถึงช่วงเวลาหลังการไถกลบตอซังปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในดินกลับสูงขึ้นทั้งนี้เกิดจากปริมาณอลูมิเนียมที่สะสมไว้ในตอซังได้กลับสู่ดินอีกครั้งเมื่อเกิดการย่อยสลายของตอซัง และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินส่งผลต่อปริมาณอาร์เซนิกให้อยู่ในรูปที่สามารถดูดดึงได้มากขึ้น

3) ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (Total-Cd) ในดิน

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินสามารถช่วยให้ทราบถึงแนวทางจัดการเตรียมดินได้อย่างปลอดภัย โดยแคดเมียมตามธรรมชาติจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์

แนวโน้มของปริมาณของแคดเมียมในดินทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ดินขณะเก็บรากลูกข้าว และดินหลังการไถกลบตอซัง ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ดินเดิมและดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.22-0.30 ppb (ตารางที่ 4.7 และรูปที่ 5.7) ซึ่งต่ำกว่าดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.27-0.79 ppbโดยจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เพิ่มตามตำรับทดลอง ทั้งนี้จัดยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ซึ่งกำหนดให้ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน 3.0 ppm (ตารางที่ ผ.4) ซึ่งจัดว่าดินทุกตำรับทดลองมีปริมาณแคดเมียมที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ นั่นหมายถึง ดินที่เติมเถ้าลอยลิกไนต์มีความปลอดภัยจากแคดเมียมโดยแคดเมียมสามารถเป็นพิษต่อข้าวได้เมื่อมีปริมาณตั้งแต่ 1,000 ppm (ตารางที่ 2.2) หากแคดเมียมในดินมีปริมาณในระดับที่เป็นพิษต่อพืชจะส่งผลรบกวนต่อเมตตาโบลิซึม และการดูดซึมลำเลียงของธาตุเหล็กในข้าวจะเกิดจากการมีผลต่อสมดุลของแร่ธาตุอื่น ๆ มากกว่าการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของธาตุเหล็ก และการเปลี่ยนแปลงสมดุลของแร่ธาตุดังกล่าวยังคงมีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (Root et al,1975)

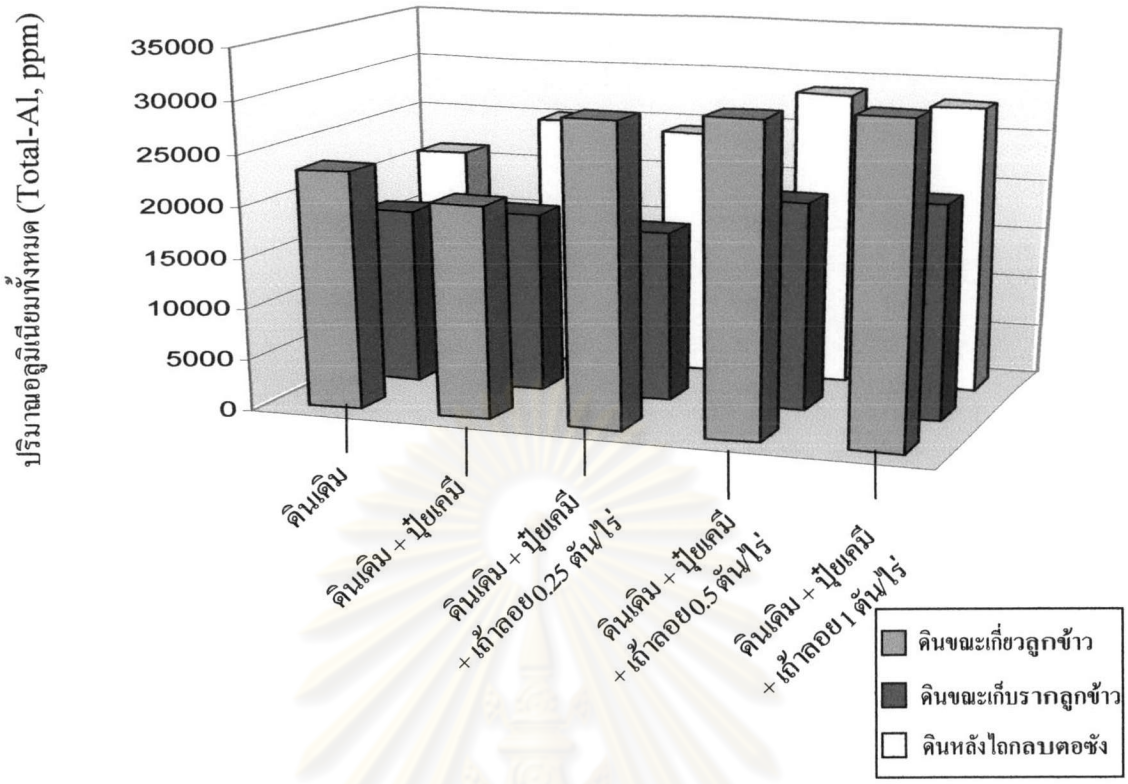
นอกจากนี้ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินแต่ละช่วงเวลาของทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาที่เปลี่ยนไป โดยพบว่าดินช่วงหลังไถกลบตอซังมีปริมาณสูงขึ้นในทุกอัตราเติม (รูปที่ 5.7) เมื่อถึงช่วงเวลาหลังการไถกลบตอซังปริมาณแคดเมียม ทั้งหมดในดินกลับสูงขึ้นทั้งนี้เกิดจากปริมาณแคดเมียมที่สะสมไว้ในตอซัง (ตารางที่ 4.14) ได้กลับสู่ดินอีกครั้งเมื่อเกิดการย่อยสลายของตอซังทำให้ปริมาณแคดเมียมในดินสูงขึ้น

4) ปริมาณนิกเกิลทั้งหมด (Total-Ni) ในดิน

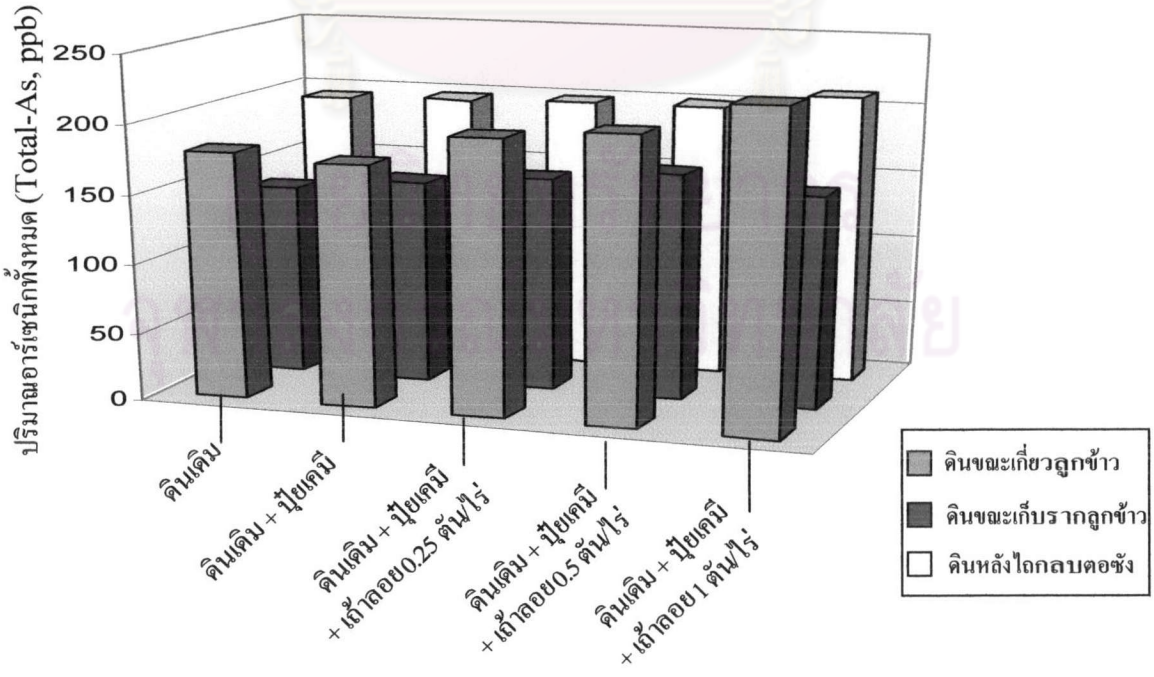
ปริมาณนิกเกิลในดินสามารถบอกถึงความปลอดภัยจากดิน ซึ่งนิกเกิลส่งผลให้พืชเกิด Interveinal Cholorosis ของใบอ่อน และแก่ของทั้งผักกาดเขียว ผักกวางตุ้ง และ ข้าว อันเป็นให้เกิดการรบกวนเมตตาโบริซึมของธาตุเหล็กที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์คลอโรฟิลด์ เช่นเดียวกับธาตุสังกะสี และระดับความรุ่นแรงจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณ และระยะเวลาที่พืชได้รับ

แนวโน้มของปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในทั้ง 3 ช่วงเวลา คือ ดินขณะเกี่ยวลูกข้าวดิน ดินขณะเก็บรากลูกข้าว และดินหลังไถกลบตอซังมีปริมาณนิกเกิลทั้งหมดไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ดินเดิมและดินที่เคยปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณนิกเกิลทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.14-0.16 ppm (ตารางที่ 4.8) ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณนิกเกิลทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.17-0.20 ppm ซึ่งเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เพิ่มขึ้นตามอัตราเติม ซึ่งปริมาณนิกเกิลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ยอมให้มีในดิน คือ 50 ppm (ตารางที่ ผ. 4) เมื่อเทียบแล้วปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในดินทุกตำรับทดลองต่ำกว่าเกณฑ์มาก

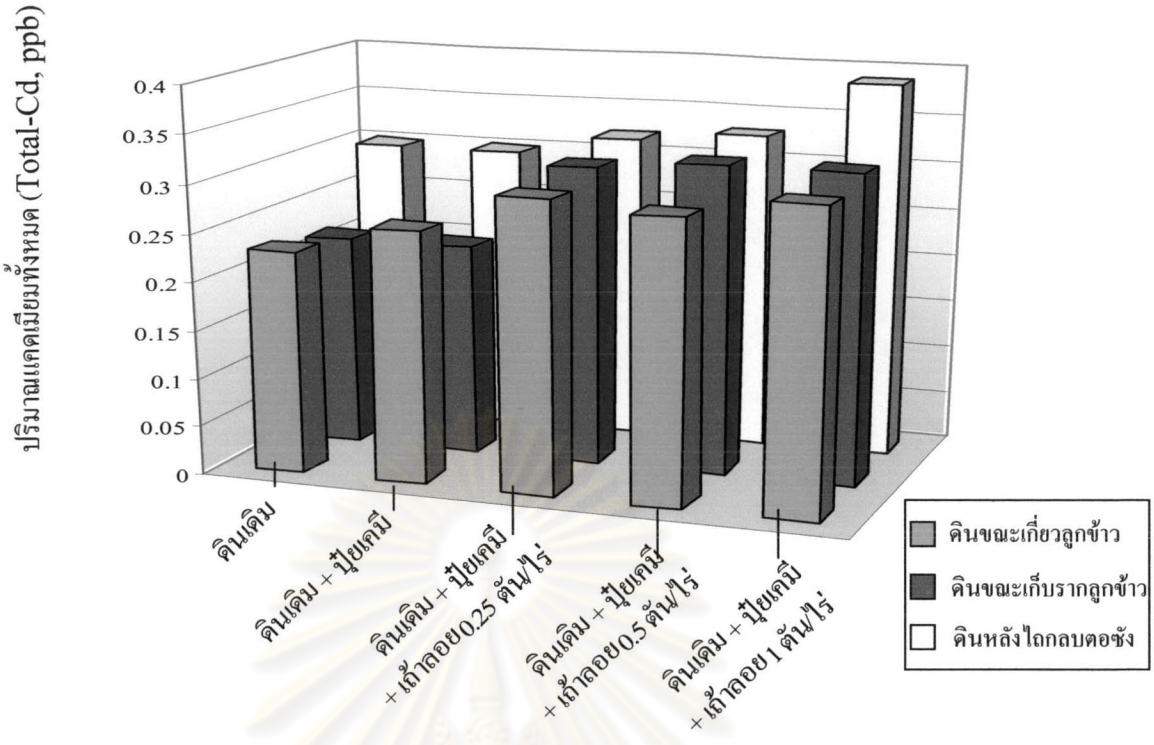
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



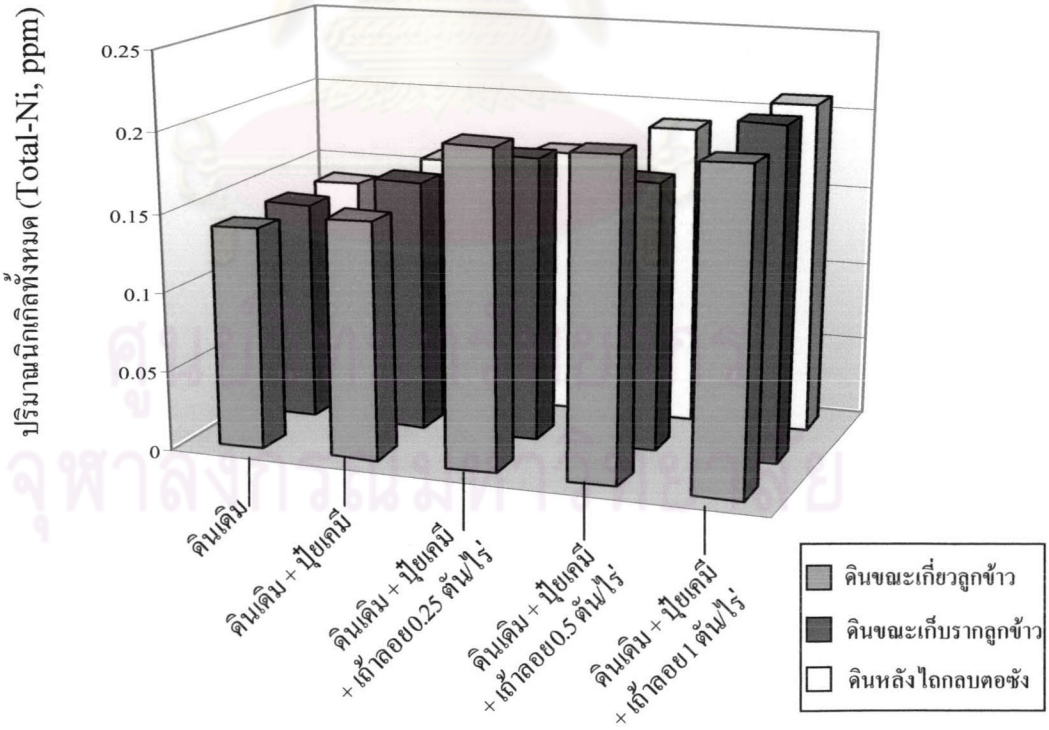
รูปที่ 5.5 ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.6 ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.7 ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง



รูปที่ 5.8 ปริมาณนิกเกิลทั้งหมดในดินขณะเกี่ยวลูกข้าว ขณะเก็บรากลูกข้าว และหลังไถกลบตอซัง

5.3 องค์ประกอบทางเคมีของลูกข้าวที่เกิดจากตอซังต้นข้าวที่ปลูกโดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์

การทดลองนี้ได้แบ่งส่วนที่เป็นลูกข้าวออกเป็น 4 ส่วน คือ เมล็ด ฟาง ตอซัง และราก

5.3 1 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าวทั้ง 4 ส่วนใกล้เคียงกัน (รูปที่ 5.9) พบว่าในเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าวในแต่ละตำรับการทดลองมีปริมาณอยู่ในช่วง 1.02-1.22 % (ตารางที่ 4.9 และรูปที่ 5.9) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางลูกข้าวในแต่ละตำรับการทดลองมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.77-0.87 % ส่วนตอซังลูกข้าวในแต่ละตำรับทดลองอยู่ในช่วง 0.72-0.81 % และรากลูกข้าวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.75-0.85 % ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในลูกข้าวของเมล็ดข้าวเปลือกสูงกว่ากว่าส่วนอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันทั้ง 3 ส่วน

2.) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าวอยู่ในช่วง 416.67-583.33 ppm (ตารางที่ 4.10 และรูปที่ 5.10) ตำรับทดลองดินเดิมมีปริมาณต่ำ และฟางลูกข้าวในแต่ละตำรับการทดลองมีปริมาณ 776.00-833.33 ppm ส่วนในตอซังลูกข้าวมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 726.67-830.33 ppm นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในรากลูกข้าวในทุกตำรับทดลองอยู่ในช่วง 966.67-1,643.33 ppm ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตำรับทดลองที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ ซึ่ง มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ตกค้างในรากสูงกว่าส่วนอื่น ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว ในทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันคือ ปริมาณฟอสฟอรัสในรากมีปริมาณมากกว่าส่วนอื่น โดยเฉพาะรากลูกข้าวจากดินตำรับที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 1.0 ตัน/ไร่ มีปริมาณสูงกว่าตำรับอื่น ๆอย่างยิ่ง นอกจากนี้ฟางและตอซังของลูกข้าวมีปริมาณใกล้เคียงกัน และนอกจากนี้ในส่วนของเมล็ดมีปริมาณต่ำกว่าส่วนอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้เป็นผลจากส่วนต่าง ๆ ของพืช

3.) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total-K) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าวละตำรับการทดลองอยู่ในช่วง 309.33-347.33 ppm (ตารางที่ 4.11 และรูปที่ 5.11) ซึ่งปริมาณในเมล็ดข้าวเปลือกใกล้เคียงกัน และฟางลูกข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 1,504.67-1,543.33 ppm และปริมาณ

โพแทสเซียมทั้งหมดในตอซังลูกข้าวแต่ละตำรับทดลองอยู่ในช่วง 384.00-436.33 ppm ส่วนรากลูกข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 213.67-296.87 ppm ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในลูกข้าวทั้ง 4 ส่วน พบว่าส่วนของฟางลูกข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าส่วนอื่น ๆ

5.3.2ธาตุพิษบางชนิดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

1.) ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด (Total-Al) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าว ตำรับทดลองดินเดิมและดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด 3.94-5.69 ppm (ตารางที่ 4.12 รูปที่ 5.12) ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจากดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 0.25 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ ซึ่งทั้ง 3 อัตราเติมมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 20.10-21.50 ppm และฟางลูกข้าวจากดินทุกตำรับทดลองมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดทุกตำรับทดลองอยู่ในช่วง 203.67-320.33 ppm ส่วนของตอซังมีปริมาณทั้งหมดอยู่ในช่วง 2,165.67-3,370.00 ppm และรากลูกข้าวย่างเดียวเถ้าลอยลิกไนต์ มีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมด 4,582.23-5,116.67 ppm

ทั้งนี้จึงสรุปได้ว่าอลูมิเนียมทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว จะมีปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดสูงขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เคยเติมในดิน และสามารถเรียงลำดับปริมาณอลูมิเนียมในส่วนต่าง ๆ คือ ราก >> ตอซัง > ฟาง > เมล็ด ซึ่งในส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดจะพบในบริเวณราก ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในดินทำให้เกิดการสะสมไว้บริเวณผนังเซลล์ของรากลูกข้าวมากกว่าส่วนอื่น ซึ่งในตอซังและรากมีปริมาณที่อยู่ในระดับเป็นพิษต่อข้าว (ตารางที่ ผ.7)

2.) ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมด (Total-As) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

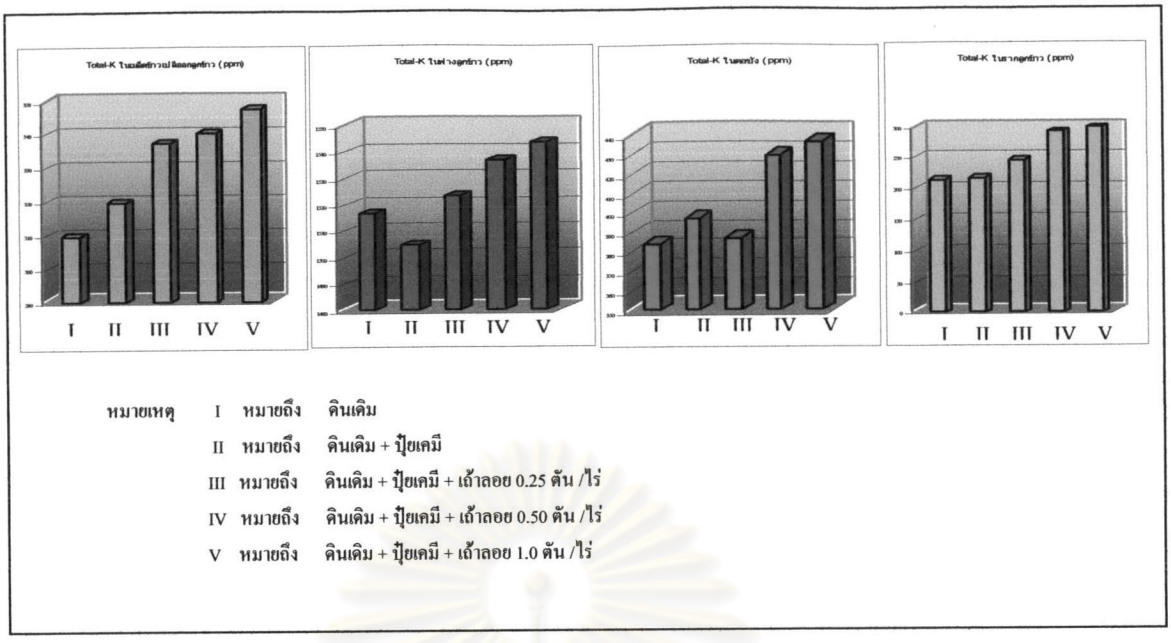
ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าวทุกตำรับทดลองมีปริมาณอยู่ในช่วง 2.09-2.49 ppb (ตารางที่4.13 และรูปที่ 5.13) ซึ่งฟางลูกข้าวมีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 10.47-15.87 ppb ตอซังลูกข้าวมีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 20.64-36.75 และรากลูกข้าวมีปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 76.44-197.00 ppb นอกจากนี้ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมด ทั้งนี้จึงสรุปได้ว่าส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าวทั้ง 4 ส่วน มีแนวโน้มของปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดสูงมากขึ้นตามปริมาณเถ้าลอยลิกไนต์ที่เคยเติมในดิน โดยที่ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดที่อยู่ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าวโดยลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดลำดับดังนี้ ราก>> ตอซัง> ฟาง> เมล็ดข้าวเปลือก โดยที่สำนักคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้มีปริมาณอาร์เซนิกปนเปื้อนในอาหาร

ได้ไม่เกิน 2.6 ppb (0.26 ไมโครกรัม /กิโลกรัม) (กรมควบคุมมลพิษ, 2541) ซึ่งเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าว มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดไว้

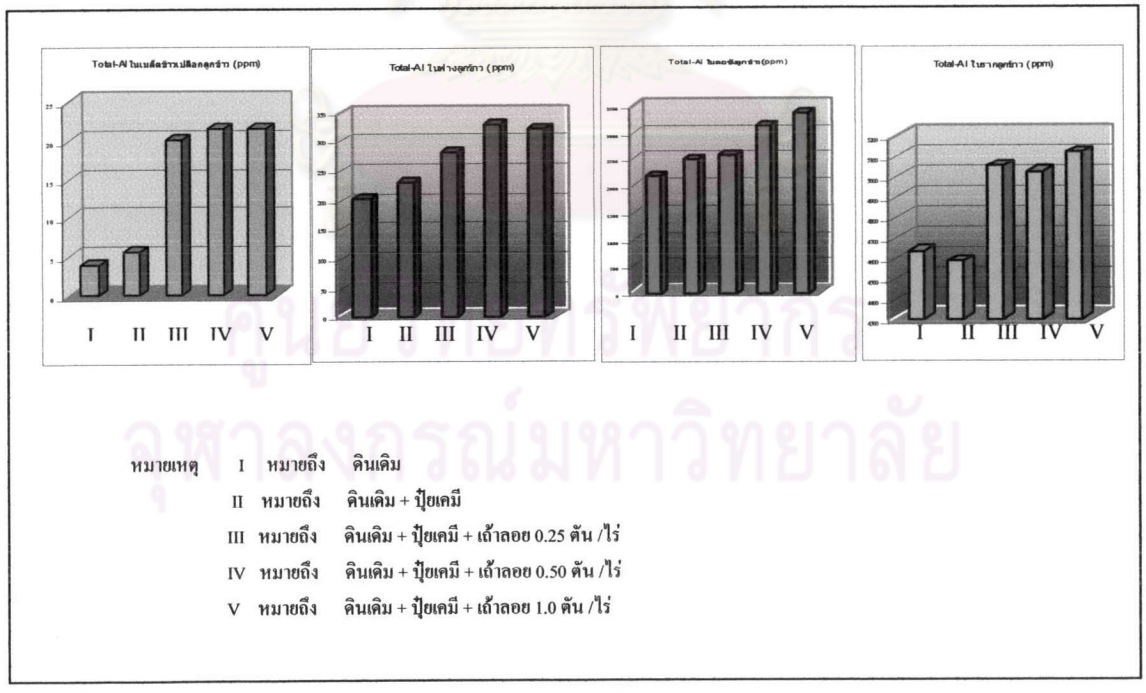
3.) ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (Total-Cd) ในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในเมล็ดข้าวเปลือกตำรับที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมด 3.17 ppb (ตารางที่ 4.14 และรูปที่ 5.14) สูงกว่าในทุกตำรับทดลองซึ่งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันซึ่งอยู่ในช่วง0.12-0.16 ppb และปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในฟางลูกข้าวจากตำรับทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 0.43-0.57 ppb และตอซังลูกข้าวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นตามปริมาณการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.56-0.89 ppb และรากลูกข้าวมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.33-0.79 ppb แสดงว่าปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในส่วนต่าง ๆของลูกข้าวมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้ข้าวปกติมีแคดเมียมเพียง 20 ส่วนต่อพันล้านส่วน (ppb) อีกทั้งพืชสามารถดูดซึมแคดเมียมได้ทั้งทางใบและรากซึ่งสามารถกระจายไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยจะเก็บสะสมไว้ในลำต้น(นิยา รัตนาปนนท์ และวิบูล รัตนาปนนท์, 2541)ทั้งนี้จึงกล่าวได้ว่าดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวมีผลต่อปริมาณแคดเมียมที่สะสมในเมล็ดลูกข้าว โดยที่ดินเดิมและดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

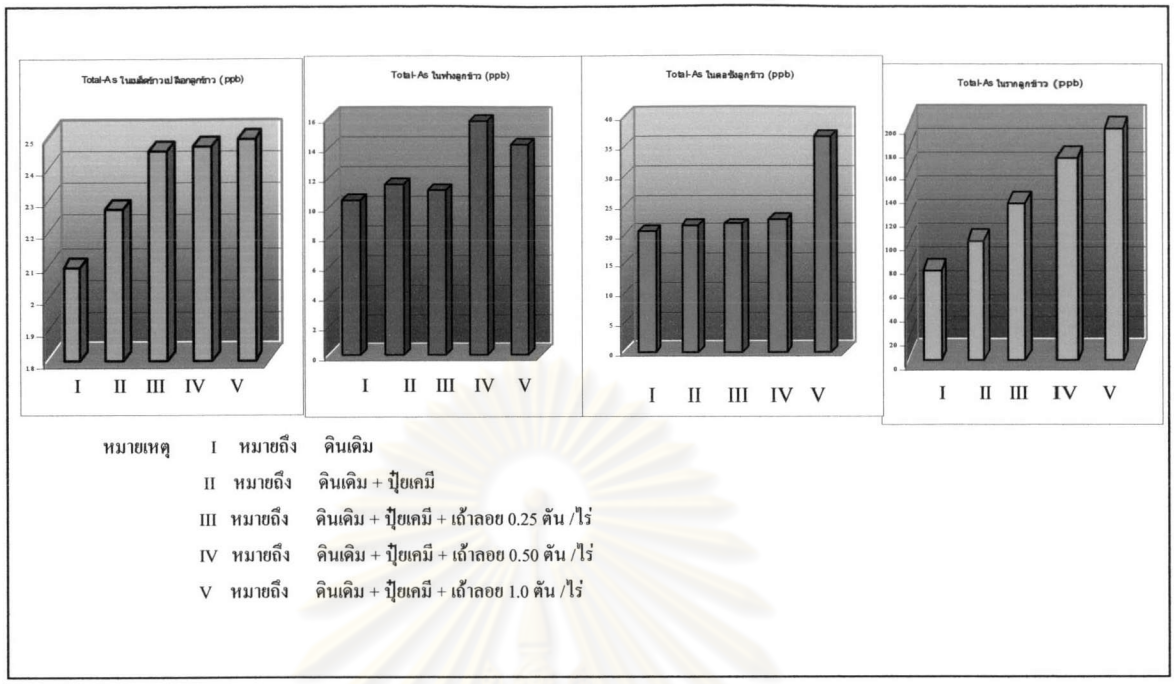
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.11 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

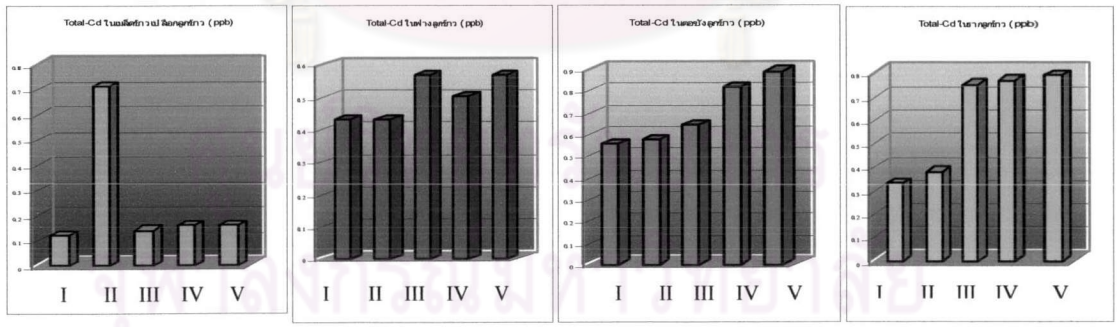


รูปที่ 5.12 ปริมาณอลูมิเนียมทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว



หมายเหตุ I หมายถึง ดินเดิม
II หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
III หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 0.25 ตัน /ไร่
IV หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 0.50 ตัน /ไร่
V หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 1.0 ตัน /ไร่

รูปที่ 5.13 ปริมาณอาร์เซนิกทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว



หมายเหตุ I หมายถึง ดินเดิม
II หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี
III หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 0.25 ตัน /ไร่
IV หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 0.50 ตัน /ไร่
V หมายถึง ดินเดิม + ปุ๋ยเคมี + เถ้าลอย 1.0 ตัน /ไร่

รูปที่ 5.14 ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าว

5.4 ผลผลิตลูกข้าวที่เกิดจากตอซังของต้นข้าวที่ปลูกโดยการเติมเถ้าลอยลิกไนต์

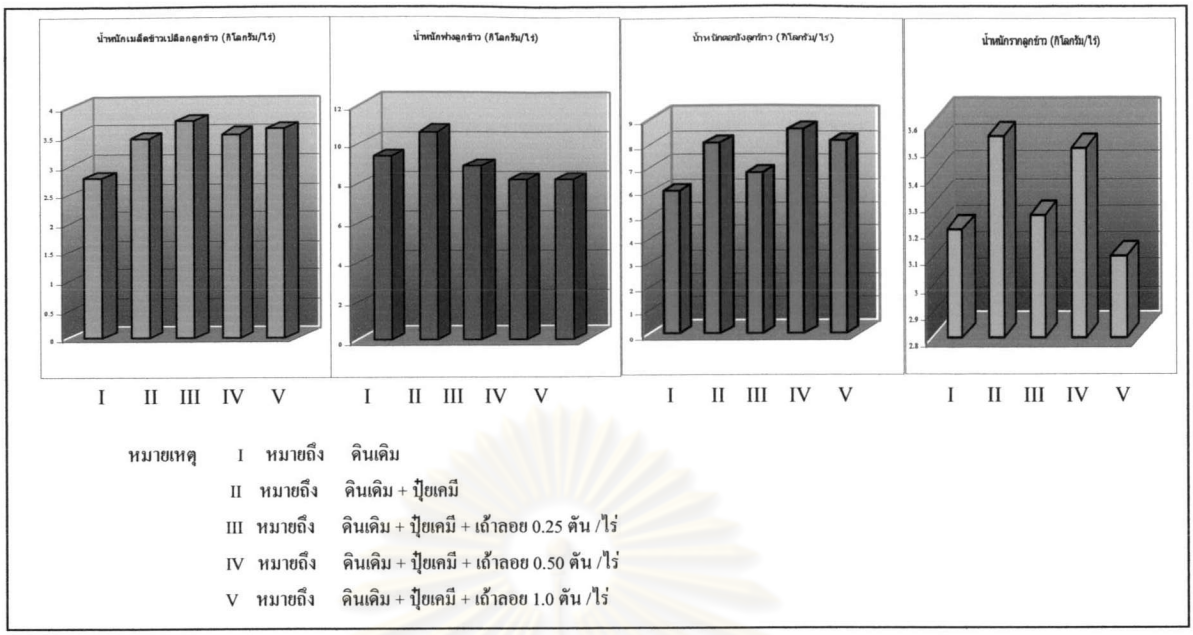
1) น้ำหนักผลผลิตของลูกข้าว

น้ำหนักของลูกข้าวเป็นข้อมูลที่สามารถให้ทราบถึงปริมาณผลผลิตของลูกข้าว อีกทั้งยังบ่งชี้ให้ทราบถึงแนวทางในการจัดการและวางแผนการทำนาได้อย่างถูกต้อง โดยแบ่งส่วนของลูกข้าวออกเป็น 4 ส่วน ของเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าว ฟางลูกข้าว ตอซังลูกข้าว และรากตอซัง

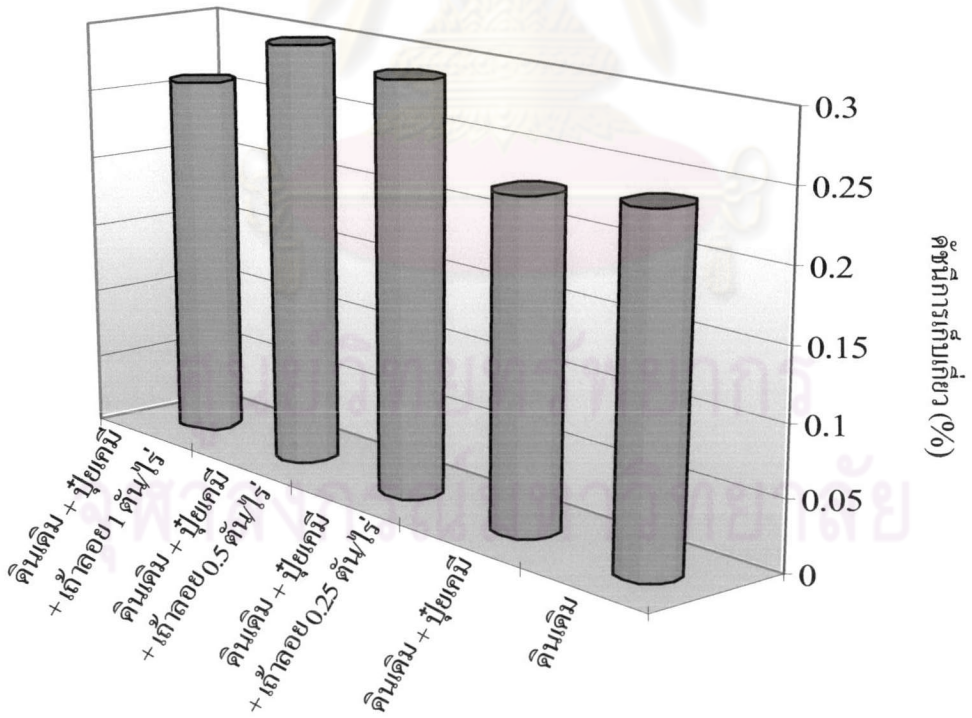
เมล็ดข้าวเปลือกในตำรับทดลองดินเดิมและตำรับที่เคยเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างมีน้ำหนักผลผลิตเมล็ดลูกข้าวอยู่ในช่วง 2.76-3.46 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 4.16 และรูปที่ 5.15) ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจากตำรับที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณอยู่ในช่วง 3.63-3.75 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนตอซังลูกข้าวมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 6.00-8.60 กิโลกรัม/ไร่ โดยในตำรับทดลองดินเดิมมีน้ำหนัก 6.00 กิโลกรัม/ไร่ และรากลูกข้าวจากดินทุกตำรับทดลองมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 3.10-3.55 กิโลกรัม/ไร่ โดยที่รากลูกข้าวจากดินที่เคยเคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 1.0 ตัน/ไร่ มีน้ำหนักรากต่ำสุด (3.10 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนรากลูกข้าวจากดินที่เคยเติมปุ๋ยเคมีมีน้ำหนักมากสุด คือ 3.55 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกัน โดยที่น้ำหนักส่วนต่าง ๆ ของลูกข้าวเรียงลำดับได้ดังนี้ ฟาง > ตอซัง > ราก > เมล็ดข้าวเปลือก ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าเถ้าลอยลิกไนต์ที่เคยเติมลงในดินไม่ส่งผลต่อปริมาณและน้ำหนักของรากลูกข้าว

2) ดัชนีการเก็บเกี่ยวลูกข้าว

ดัชนีการเก็บเกี่ยวลูกข้าว หมายถึง อัตราส่วนของผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกต่อผลรวมน้ำหนักฟาง และเมล็ดข้าวเปลือก บอกให้ทราบถึงความสามารถของการผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเทียบผลผลิตทั้งหมด ซึ่งดัชนีการเก็บเกี่ยวลูกข้าว จากตารางที่ 4.17 และรูปที่ 5.16 พบว่าดัชนีผลผลิตของลูกข้าวไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั้นหมายถึงปริมาณธาตุอาหารที่ตกค้างในดินที่ไม่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์กับดินในตำรับที่เคยเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ทั้ง 3 ตำรับ ไม่มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกลูกข้าวต่างกัน แสดงว่าดินที่เคยเติมเถ้าลอยลิกไนต์ไม่มีผลต่อดัชนีการเก็บเกี่ยวลูกข้าว



รูปที่ 5.15 น้ำหนักส่วนต่างๆ ของลูกข้าว



รูปที่ 5.16 ดัชนีการเก็บเกี่ยวลูกข้าว