บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การเป็นแหล่งธาตุอาหารของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย และเถ้าลอยลิกไนต์

การนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร เป็นการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์ที่เหมาะสมวิธีการหนึ่ง โดยสามารถลดปริมาณปัญหามลภาวะที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึง การเป็นแหล่งธาตุอาหารของเถ้าลอยลิกไนต์ เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างจากปุ๋ยเคมี รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย เพื่อเป็นพื้นฐานของการดำเนินการศึกษาที่สามารถเปรียบเทียบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้พิจารณาความเป็นแหล่งธาตุอาหารของเถ้าลอยลิกไนต์ สำหรับการปลูกพืชอาหารสัตว์ (หญ้าขน) จากปริมาณธาตุอาหารหลัก ปริมาณธาตุอาหารรอง ปริมาณธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ ปริมาณธาตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ และปริมาณธาตุพิษที่มีอยู่ในหญ้าขน

5.1.1 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินและเถ้าลอยลิกไนต์

1) ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของพืช จึงมีผลโดยตรงต่อผลผลิตและคุณภาพทางอาหารสัตว์ของพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะปริมาณโปรตีน (Crude Protein) (Olsen, 1974) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนในดิน (0.099%, ตารางที่ 4.1) มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกพืช (2.0-2.5%) (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในเถ้าลอย (0.013%, ตารางที่ 4.1) มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนในดินทั่วไป ทั้งนี้เนื่องมาจากในกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินในการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส (ชัย จาตุรพิทักษ์กุล และคณะ, 2542) ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่พบมากในอินทรียวัตถุต่างๆ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2535) ถูกทำลาย หรือเปลี่ยนรูป/สถานะกลายเป็นก๊าซ จึงตรวจพบปริมาณไนโตรเจนในเถ้าลอยลิกไนต์ได้น้อย (Adriano et al.,1980)

2) ฟอสฟอรัส

ดินและเถ้าลอยลิกไนต์มีระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำ (5.52 และ 4.68 ppm ตามลำดับ, ตารางที่ 4.1) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับการประเมินความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจากตารางที่ 5.1 (อยู่ระหว่าง 3-7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) รวมถึงเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวิกฤตของฟอสฟอรัสในดินสำหรับปลูกหญ้ากินนีซึ่งต้องการฟอสฟอรัสถึง 20 ppm (Kamprath and Watson, 1980) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสในเถ้าลอยลิกไนต์ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว (Scotti et al, 1999) ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Phosphorus) ในดินจะได้มาจากอินทรียวัตถุในดินโดยกระบวนการแปรสภาพอินทรียวัตถุ (Mineralization) และการสลายตัวของสารประกอบฟอสเฟตต่างๆในดิน อย่างไรก็ตามปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของดินยังไม่สามารถใช้เป็นค่าบ่งชี้ความเพียงพอแก่ความต้องการฟอสฟอรัสของพืชได้ เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุมการละลายได้และการตรึงฟอสเฟต จึงอาจกล่าวได้แต่เพียงว่า ดินและเถ้าลอยลิกไนต์ที่ใช้ในการทดลองมีศักยภาพที่จะให้ฟอสฟอรัสแก่พืชได้ต่ำ

3) โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับขบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ เช่น การสร้างน้ำตาล แป้ง และการสร้างโปรตีน (สายัณห์ ทัดศรี, 2520) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินและเถ้าลอยลิกไนต์ (52.56 และ 128.32 ppm ตามลำดับ, ตารางที่ 4.1) กับการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมของดิน (ตารางที่ 5.2) จะพบว่าดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่มีระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมต่ำ ในขณะที่เถ้าลอยลิกไนต์มีระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากโพแทสเซียมในดินที่พืชสามารถดูดดึงไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ปริมาณโพแทสเซียมที่พืชจะใช้ได้จะขึ้นอยู่กับอำนาจในการผลักดันให้เกิดโพแทสเซียมละลาย (Soluble Potassium) และปริมาณที่พร้อมจะเป็นประโยชน์ได้ของโพแทสเซียม (Exchangeable Potassium) ซึ่งควบคุมโดยค่า CEC ของดิน และปริมาณของแร่ดินเหนียวหรือประเภทเนื้อดิน (ถวิล ครุฑกุล, 2530) ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากเถ้าลอยลิกไนต์รวมถึงรูปที่เป็นประโยชน์นั้น ขึ้นกับประเภทของแหล่งกำเนิด (Scotti et al, 1999)

อาจกล่าวได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ลงในดินพื้นที่ศึกษาวิจัยน่าจะเป็นแหล่งธาตุอาหารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการปลูกหญ้าขนได้ต่ำ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมของดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยและเถ้าลอยลิกไนต์นั้นน่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับการปลูกหญ้าขนได้

ตารางที่ 5.1 การประเมินระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) ในดิน (ถวิล ครุฑกุล, 2530)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน
ต่ำกว่า 3	ต่ำมาก
3-7	ต่ำ
7-17	ปานกลาง
มากกว่า 17	สูง

ตารางที่ 5.2 การประเมินระดับโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium) ในดิน (ถวิล ครุฑกุล, 2530)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ระดับความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน
ต่ำกว่า 50	ต่ำมาก
50-75	ต่ำ
75-125	ปานกลาง
มากกว่า 125	สูง

5.1.2 ปริมาณธาตุอาหารรอง

ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมถึงปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ของดิน และเถ้าลอยลิกไนต์

1) แคลเซียม

แคลเซียมเป็นธาตุมีบทบาทสำคัญที่ทำให้ผนังเซลล์ เนื้อเยื่อ และต้นพืชแข็งแรง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) สำหรับปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินและเถ้าลอยลิกไนต์ (13.22 และ 102.43 meq/100g ตามลำดับ, ตารางที่ 4.1) มีปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับสูงและสูงมากตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตรและคณะ, 2534 : ตารางที่ 5.3) อย่างไรก็ตามปริมาณแคลเซียมในดินเขตร้อนมักจะสูญหายไปจากการชะละลายได้มาก จึงจำเป็นต้องมีการเติมปูนเพื่อชดเชยปริมาณแคลเซียมในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

2) แมกนีเซียม

เมื่อจำแนกปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ตามเกณฑ์การวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตรและคณะ, 2534 : ตารางที่ 5.3) พบว่า ดินจากพื้นที่ศึกษาวิจัยมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับต่ำ (0.53 meq/100g, ตารางที่ 4.1) ส่วนเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีระดับปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก (0.027 meq/100g) ทั้งนี้ pH ของดินมีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุแมกนีเซียมในดินเป็นอย่างมาก โดยความเป็นประโยชน์ของแมกนีเซียมจะสูงเมื่อดินเป็นกลางหรือด่าง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543)

3) ซัลเฟอร์

ซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบในอินทรียสารของพืช โดยซัลเฟอร์เกิดในดินทั้งในรูปอินทรีย์และอนินทรีย์ซึ่งปริมาณซัลเฟอร์ในรูปทั้งสองนี้แตกต่างกันในดินชนิดต่างๆ ขึ้นกับคุณสมบัติของดิน ได้แก่ pH สภาวะการระบายน้ำ ปริมาณอินทรียวัตถุ ฯลฯ โดยรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ซึ่งอยู่ในสารละลายดิน ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินและเถ้าลอยลิกไนต์ (2129.55 และ 1549.08 ppm ตามลำดับ, ตารางที่ 4.1) และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวิกฤตของปริมาณซัลเฟอร์ที่ก่อให้เกิดการขาดแคลนในรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน คือ 6-7 ppm (ปัทมา วิตยากร, 2543) จึงอาจกล่าวได้ว่า ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดินและเถ้าลอยลิกไนต์จึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการปลูกหญ้าขนได้ ทั้งนี้ปริมาณซัลเฟอร์ในดินและเถ้าลอยลิกไนต์มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤตของซัลเฟอร์ที่ก่อให้เกิดการขาดแคลนมาก จึงอาจมีโอกาสในการเกิดปัญหาสภาพดินเป็นกรด เนื่องจากการฟอร์มตัวของซัลเฟตเป็นกรดซัลฟูริกได้ (Schoen and Rye, 1971)

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย และเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะน่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารรอง คือ ปริมาณแคลเซียม และซัลเฟอร์ในการเพาะปลูกหญ้าขนได้สูงถึงสูงมาก แต่สำหรับปริมาณธาตุแมกนีเซียมนั้นน่าจะมีศักยภาพที่เป็นประโยชน์ในการปลูกหญ้าขนได้ต่ำถึงต่ำมาก

ตารางที่ 5.3 ระดับของปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ตามการวินิจฉัยความอุดมสมบูรณ์ของดินนา (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร และคณะ, 2534)

ระดับ	ปริมาณแคลเซียม (meq/100g)	ปริมาณแมกนีเซียม (meq/100g)
ต่ำมาก	<2.0	<0.3
ต่ำ	2.0-5.0	0.3-1.0
ปานกลาง	5.0-10.0	1.0-3.0
สูง	10.0-20.0	3.0-8.0
สูงมาก	>20.0	>8.0

5.1.3 ปริมาณธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์

ปริมาณธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ ได้แก่ ปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดรวมถึงปริมาณที่พืชสามารถดูดดึงได้ มีรายละเอียดดังนี้

1) ซีลีเนียม

ซีลีเนียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์ ควรมีอยู่ในอาหารอย่างน้อย 0.1-0.3 ไมโครกรัม Se/กรัมน้ำหนักแห้ง (Mikkelsen et al., 1988) หากสัตว์ได้อาหารซึ่งมีซีลีเนียมต่ำกว่าเกณฑ์ดังกล่าวจะทำให้สัตว์แสดงอาการเจ็บป่วย (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) จากการศึกษาพบว่าในดินมีปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดเท่ากับ 44.98 ppm ในขณะที่เถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดถึง 48.19 ppm ทั้งนี้ปริมาณซีลีเนียมในเถ้าลอยลิกไนต์และดินที่ทำการศึกษาพบว่าพืชสามารถดูดดึงไปใช้ได้นั้นมีค่าเท่ากับ 0.46 ppm และ 0.05 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัย และเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะน่าจะมีศักยภาพในการเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์ คือซีลีเนียมให้กับหญ้าขนได้

5.1.4 ปริมาณธาตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์

ปริมาณธาตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ ปริมาณซิลิกอนในรูปของซิลิกา (SiO_2)โดยมีรายละเอียดดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ซิลิกอน

ซิลิกอนเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในผนังเซลล์โดยจะเสริมสร้างความแข็งแรงให้แก่พืชโดยเฉพาะในหญ้า (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543; สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) โดยปกติซิลิกอนในดินจะอยู่ในรูปของซิลิก้า (SiO_2) มีปริมาณเฉลี่ยระหว่าง 23-35 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) จากการศึกษาพบว่าดินมีปริมาณซิลิกอนในรูปซิลิกา (SiO_2) สูงถึง 68.26% ขณะที่ในเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณซิลิกอนสูงด้วยเช่นกัน (47.06%, ตารางที่ 4.2)

ดังนั้นอาจสรุปได้ว่า ดินในพื้นที่ศึกษาวิจัยและเถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะน่าจะมีศักยภาพในการให้ซิลิกอนแก่หญ้าขนได้สูง

5.1.5 ปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณธาตุพิษ ได้แก่ ปริมาณสารหนูทั้งหมด และที่พืชดูดดึงได้ ดังรายละเอียดดังนี้

1) สารหนู

ปริมาณสารหนูทั้งหมดและที่พืชดูดดึงได้ในดินพื้นที่ศึกษาวิจัยมีค่าต่ำ (0.13 และ 0.12 ppm ตามลำดับ, ตารางที่ 4.2) อย่างไรก็ตามในเถ้าลอยลิกไนต์กลับมีปริมาณสารหนูทั้งหมดสูงถึง 26.55 ppm ในขณะที่สารหนูที่ดูดดึงได้มีค่า 0.21 ppm ทั้งนี้ปริมาณการดูดดึงหรือระดับความเป็นพิษของสารหนูขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ชนิดของสารหนู และลักษณะของดิน นอกจากนี้ในดินเนื้อละเอียดพืชจะลดการเจริญเติบโตลงเมื่อมีสารหนูในดินระดับความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2539) สำหรับมาตรฐานระดับสารหนูที่ปนเปื้อนในดินองค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดมาตรฐานระดับสารหนูปนเปื้อนในดินต้องมีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

ดังนั้นอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ปริมาณธาตุพิษ (ปริมาณสารหนู) ในดินและเถ้าลอยลิกไนต์อยู่ในมาตรฐานระดับสารหนูที่ยอมให้ปนเปื้อนในดิน

เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณธาตุอาหารที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์และธาตุพิษ ดังนั้นการเติมเถ้าลอยลิกไนต์อาจมีโอกาสเพิ่มความเป็นพิษให้แก่พื้นที่เพาะปลูก และอาจเป็นปัญหาสืบเนื่องต่อการเจริญเติบโตของหญ้าขนรวมถึงคุณค่าทางอาหารสัตว์ของหญ้าขนด้วย ดังนั้นการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ทางการปศุสัตว์นั้น จึงควรคำนึงถึง ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์ ปริมาณธาตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์และปริมาณธาตุพิษร่วมด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 ผลของการเติมเถ้าลอยลิกไนต์

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ควรตระหนักถึงข้อจำกัดของชนิดและปริมาณธาตุพิษที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ดังนั้นการเติมเถ้าลอยจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของการจัดการเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อการเกษตรกรรมอย่างเหมาะสม การที่จะกล่าวว่าเถ้าลอยลิกไนต์เป็นสารปรุงดิน ซึ่งสามารถเป็นแหล่งธาตุอาหารได้ด้วย จำต้องพิจารณาผลผลิตของหญ้าขนร่วมด้วย

ดังนั้นเกณฑ์ในการพิจารณาการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกหญ้าขนจึงประกอบด้วยปัจจัยต่างๆ คือ ปริมาณธาตุอาหาร ปริมาณธาตุที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์และธาตุพิษ ณ เวลาที่เก็บเกี่ยวหญ้าขน ปริมาณธาตุอาหารและธาตุพิษที่มีในหญ้าขนที่พืชดูดดึง และสะสมไว้ รวมถึงผลผลิตน้ำหนักแห้งและผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.2.1 ปริมาณธาตุอาหาร และธาตุพิษ ในดิน ณ เวลาที่เก็บเกี่ยวหญ้าขน

ปริมาณธาตุอาหาร และธาตุพิษในดิน ณ เวลาที่เก็บเกี่ยวหญ้าขน ประกอบด้วย ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ปริมาณธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์) ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์ (ซีลีเนียม) และธาตุพิษ (สารหนู)

5.2.1.1 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (รูปที่ 5.1) โดยผลการศึกษาเป็นดังนี้

1) ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก โดยรากพืชดูดไนโตรเจนจากดินมาใช้ในรูปของเกลือไนเตรตและเกลือแอมโมเนียม โดยไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ อีกทั้งการเติมสิ่งทดลองอื่นๆ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดิน (รูปที่ 5.1) ทั้งนี้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินทุกตำรับทดลองมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับดินสำหรับปลูกพืช (2.0-2.5%) (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) อาจเนื่องมาจากในเถ้าลอยมีปริมาณไนโตรเจนน้อยมาก (Adriano, 1980) ในดินไนโตรเจนจะสูญเสียง่ายโดยจะถูกชะล้าง (Leaching) ในรูปเกลือไนเตรตหรือเกิดการระเหย (Volatilization)

ในรูปแอมโมเนีย (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) ทั้งนี้แม้จะมีการเติมปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนแต่อาจจะอยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรต ซึ่งสารประกอบไนเตรตนี้มีคุณสมบัติเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ดี และมีประจุเป็นลบจึงไม่ถูกยึดเกาะโดยอนุภาคดิน (Armitage, 1974) ดังนั้นจึงทำให้ไนเตรตส่วนที่ไม่ถูกดินดูดซับไว้เกิดการเคลื่อนย้ายจากดินชั้นบนสู่ชั้นล่าง (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) จึงทำให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดิน

2) ฟอสฟอรัส

การเติมปุ๋ยเคมีและการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (รูปที่ 5.1) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสไม่ต่างกับปูนมาร์ลร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อพิจารณาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสจากตารางที่ 5.1 และเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวิกฤตของฟอสฟอรัสในดินสำหรับปลูกหญ้ากินนีซึ่งต้องการฟอสฟอรัสถึง 20 ppm (Kamprath and Watson, 1980) พบว่าดินมีระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำ ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้วการเติมฟอสเฟตลงในดิน พบว่ามีเพียงร้อยละ 10-25 เท่านั้นที่พืชสามารถดูดดึงได้ ปริมาณส่วนใหญ่คือร้อยละ 75-90 จะถูกตรึงให้อยู่ในรูปอนินทรีย์ฟอสฟอรัส (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2539; ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2545) ซึ่งละลายน้ำได้ยาก หรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (Haseman, Brown and White, 1950) ดังนั้นจึงยากที่พืชจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

3) โพแทสเซียม

ดินทั่วไปมีโพแทสเซียมทั้งหมดค่อนข้างสูง แม้ว่าดินจะมีโพแทสเซียมในปริมาณมากก็ตาม แต่ในการเพาะปลูกทั่วไปยังต้องใส่ปุ๋ยให้โพแทสเซียมเสมอ เนื่องจากพืชมีความต้องการโพแทสเซียมในปริมาณมาก (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ทั้งนี้ศักยภาพของดินในการปลดปล่อยโพแทสเซียมขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ดินเหนียว ชนิดของแร่ดินเหนียว และความมากน้อยของการผ่านกระบวนการกำเนิดดิน (Suwanarit and Narkviroj, 1976) ทั้งนี้เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ และสิ่งทดลองต่างๆ ไม่ส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (รูปที่ 5.1) อย่างไรก็ตามปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในทุกตำรับทดลองมีความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินระดับปานกลาง (ตารางที่ 5.2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ละลายน้ำได้ดี ถูกชะล้างในดินได้ง่าย ในดินโดยปกติจะมีธาตุโพแทสเซียมอยู่มากแต่ส่วนใหญ่มักจะรวมตัวกับธาตุอื่น หรือถูกดูดยึดโดยอนุภาคของดินเหนียว ทำให้เกิดการตรึงโพแทสเซียม (K-fixation) ซึ่ง K จะอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่และการเติมสิ่งทดลองอื่นๆ ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน และโพแทสเซียมมีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสนั้นจะพบว่า การเติมปุ๋ยเคมีและการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น

5.2.1.2 ปริมาณธาตุอาหารรอง

การพิจารณาปริมาณธาตุอาหารรองได้แก่ ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ มีรายละเอียดดังนี้

1) แคลเซียม

พืชสามารถนำแคลเซียมไปใช้ได้ในรูปของแคลเซียมไอออนในสารละลายดิน (Ca^{2+}) โดยแคลเซียมในดินมีบทบาทพิเศษต่อสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยทำให้ดินโปร่งร่วนซุยมากขึ้น มีผลต่อการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศของดิน (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) ทั้งนี้การเติมปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์หรือการเติมปุ๋ยเคมีรวมทั้งปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มมากขึ้นกว่าตำรับทดลองอื่นอย่างนัยสำคัญ (รูปที่ 5.2) เนื่องมาจากองค์ประกอบของเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งประกอบไปด้วยแคลเซียมในรูป (CaO) ร้อยละ 9.0-17.4 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะและคณะ, 2546) นอกจากนี้การเติมปูนมาร์ลยังเป็นการเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับดินอีกด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทั้งนี้โดยทั่วไปดินมักจะไม่ค่อยขาดแคลเซียม ยกเว้นในดินที่เป็นกรดซึ่งมี pH ต่ำ อาจแก้ปัญหาโดยการใส่ปูนขาว เช่น CaO หรือ $CaCO_3$ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544)

2) แมกนีเซียม

ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชควรมีแมกนีเซียมปริมาณ 1 มิลลิกรัมสมมูลต่อดิน 100 กรัมขึ้นไป เนื่องจากแมกนีเซียมถูกชะล้างได้ง่าย ดังนั้นดินเนื้อละเอียดจะมีแมกนีเซียมมากกว่าเนื้อหยาบ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544) การเติมปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์หรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณแมกนีเซียมเพิ่มมากขึ้นกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 5.2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเถ้าลอยลิกไนต์ประกอบด้วยแมกนีเซียม (MgO) ร้อยละ 1.3-3.3 (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะและคณะ, 2546) และการเติมปูนมาร์ลซึ่งมีปริมาณแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบด้วยจึงทำให้ดินมีปริมาณแมกนีเซียมมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

3) ซัลเฟอร์

ซัลเฟอร์ในดินมักจะอยู่รวมตัวกับโมเลกุลของสารอื่น หรือเป็นองค์ประกอบของแร่ธาตุต่างๆ ก็ได้ เช่น รวมตัวกับเหล็กในรูปของเหล็กซัลไฟด์ (FeS) หรือไพไรต์ (pyrite) ซึ่งอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ (สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์, 2544) การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ 0.25 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ในดิน ณ เวลาที่เก็บเกี่ยวหญ้าขน เพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 5.2) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากองค์ประกอบของเถ้าลอยลิกไนต์ซึ่งประกอบด้วยซัลเฟอร์ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะและคณะ, 2546 U.S.EPA, 1988) โดยปกติปริมาณซัลเฟอร์สามารถถูกตรึงโดยเหล็กและอะลูมิเนียมได้ดี แต่ไม่เหนียวแน่นเท่ากับการตรึงฟอสเฟตจึงยังเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ โดยพืชได้รับซัลเฟอร์จากการดูดซัลเฟอร์จากดินในรูปของซัลเฟต (SO_4^{2-}) (Hue et al, 1985) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟอร์ที่สกัดได้ของดิน จึงมีความเป็นได้ที่การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์จะส่งผลให้ปริมาณซัลเฟอร์ในพื้นที่เพาะปลูกให้เพิ่มขึ้น

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารรอง (แคลเซียม แมกนีเซียมและซัลเฟอร์) แก่พื้นที่เพาะปลูกหญ้าขน น่าจะเป็นการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์

5.2.1.3 ปริมาณธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์

การพิจารณาปริมาณธาตุที่จำเป็นสำหรับสัตว์ ประกอบด้วย ปริมาณทั้งหมดของซีลีเนียมและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) ซีลีเนียม

การเติมปูนมาร์ลหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปูนมาร์ลส่งผลให้ปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดและปริมาณที่พืชดูดดึงได้เพิ่มขึ้นกว่าตำรับทดลองอื่นๆ (รูปที่ 5.3) ทั้งนี้ในธรรมชาติธาตุนี้จะมีสถานะออกซิเดชันอยู่ 4 แบบ คือ –II [ซีลีไนด์ (selenide), Se^{2-}], O, -IV [ซีลีไนต์ (selenite), SeO_3^{2-}] และ –VI [ซีลีเนต (selenate), SeO_4^{2-}] (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) โดยซีลีเนียมในรูปที่มีประจุลบนั้นจะทำให้พืชสามารถดูดดึงธาตุนี้ได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ธาตุซีลีเนียมมีต้นกำเนิดในพื้นที่ที่มีปฏิกิริยาเป็นกลางหรือด่าง (Welch et al., 1991) ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการเติมปูนมาร์ลหรือการเติมปูนมาร์ลร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ทำให้ปริมาณซีลีเนียมเพิ่มขึ้น

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมปูนมาร์ลหรือการเติมปูนมาร์ลร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณซีลีเนียมทั้งหมดและปริมาณที่พืชดูดดึงได้เพิ่มขึ้น

5.2.1.4 ปริมาณธาตุพิษ

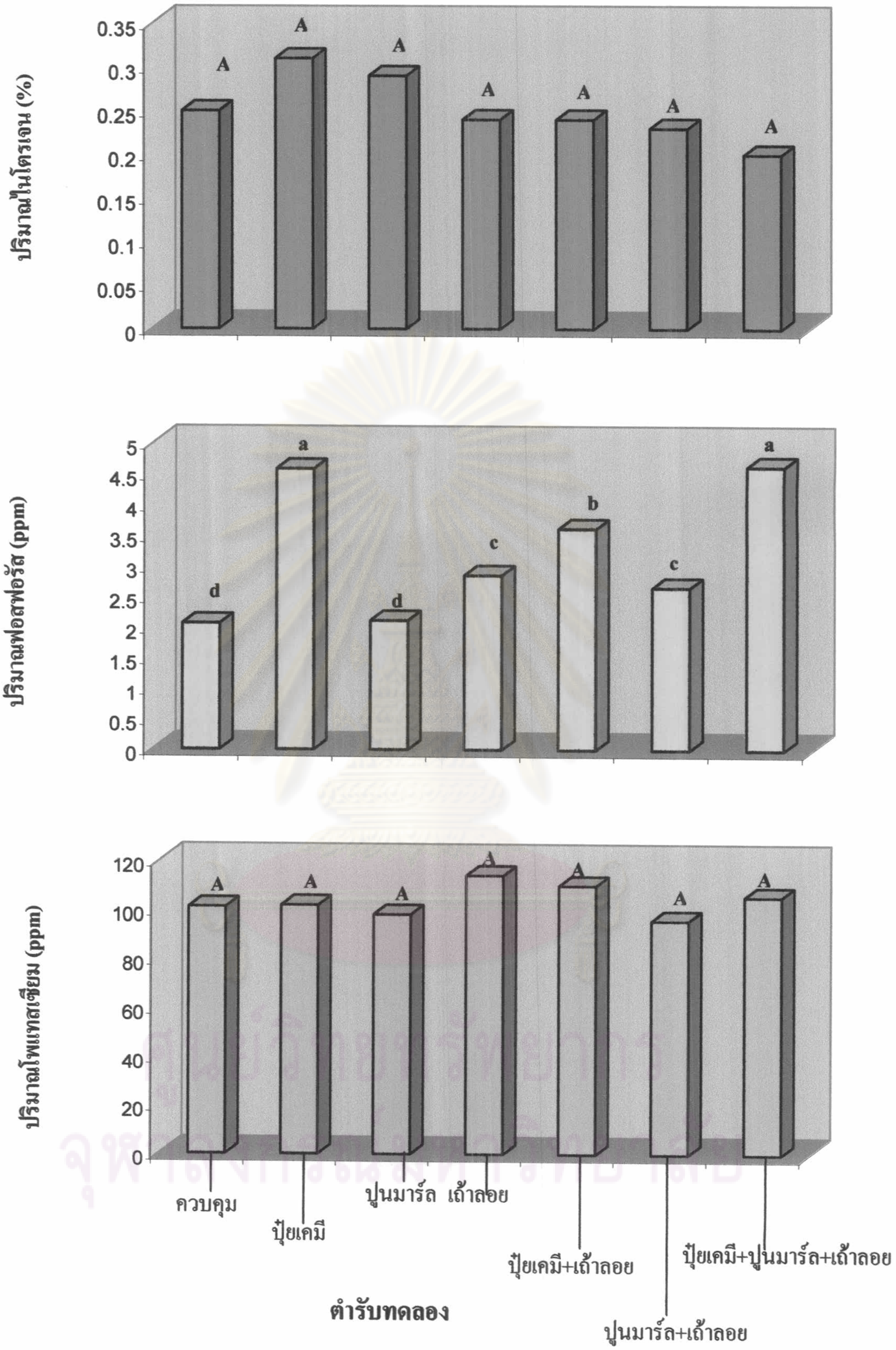
การพิจารณาปริมาณธาตุพิษ ประกอบด้วยสารหนูในปริมาณทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) สารหนู

ปริมาณสารหนูทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ของดิน (รูปที่5.3) เมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารหนูทั้งหมดและปริมาณสารหนูที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินที่ใช้ในการเพาะปลูกเป็นดินเหนียวซึ่งมีปริมาณแร่ดินเหนียว เหล็กออกไซด์ และอะลูมิเนียมออกไซด์สูงจึงสามารถดูดซับและตรึงสารหนูไว้ได้ดี (O' Neill, 1993) สำหรับมาตรฐานระดับสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน องค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดมาตรฐานระดับสารหนูปนเปื้อนในดินต้องมีค่าไม่เกิน 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ที่อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดและที่พืชสามารถดูดดึงได้ในดิน ณ เวลาเก็บเกี่ยวหญ้าขน มีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานระดับสารหนูที่ปนเปื้อนในดิน

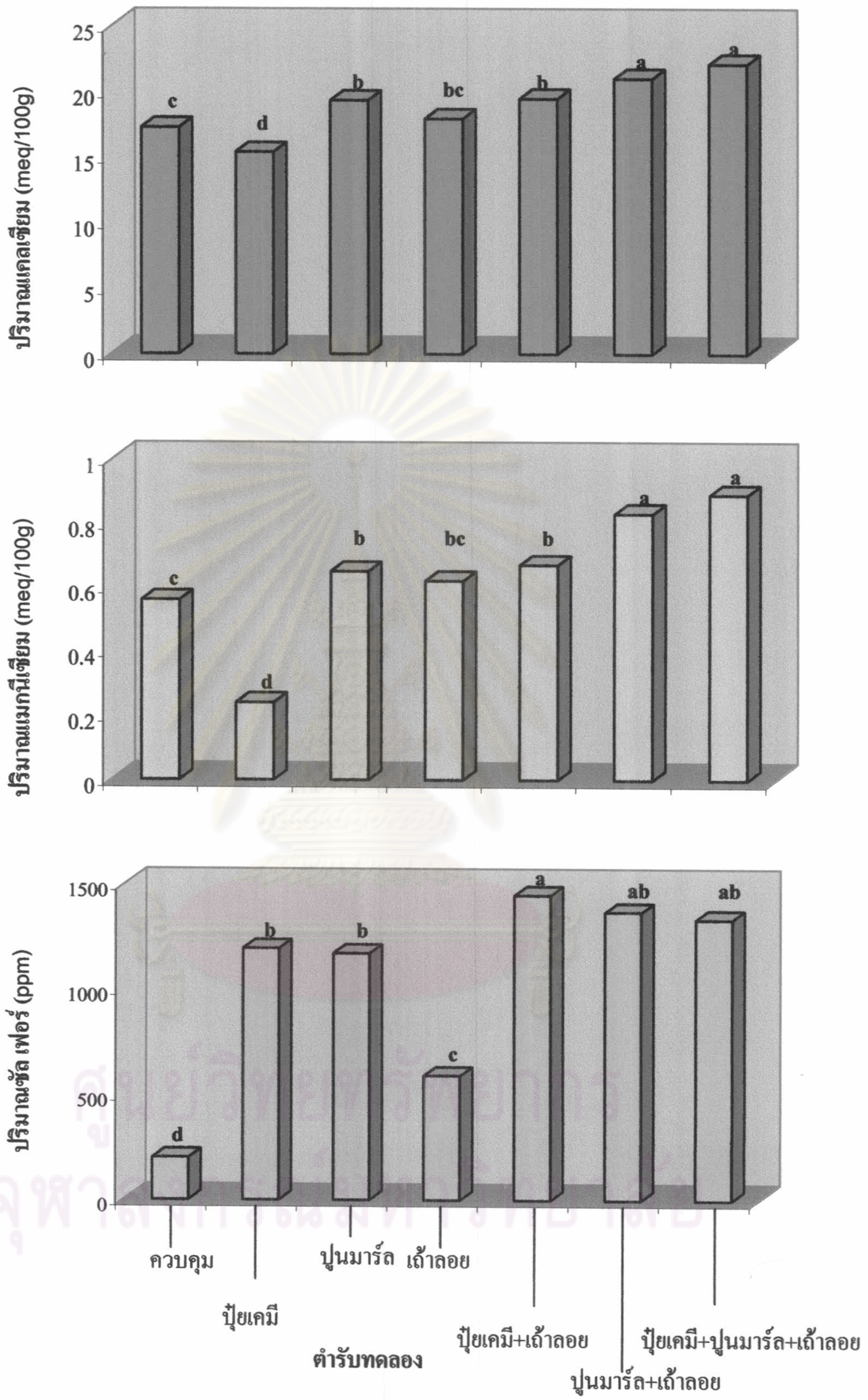
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.1 ปริมาณธาตุอาหารหลักในดิน ณ เวลาเก็บเกี่ยวหญ้าขน

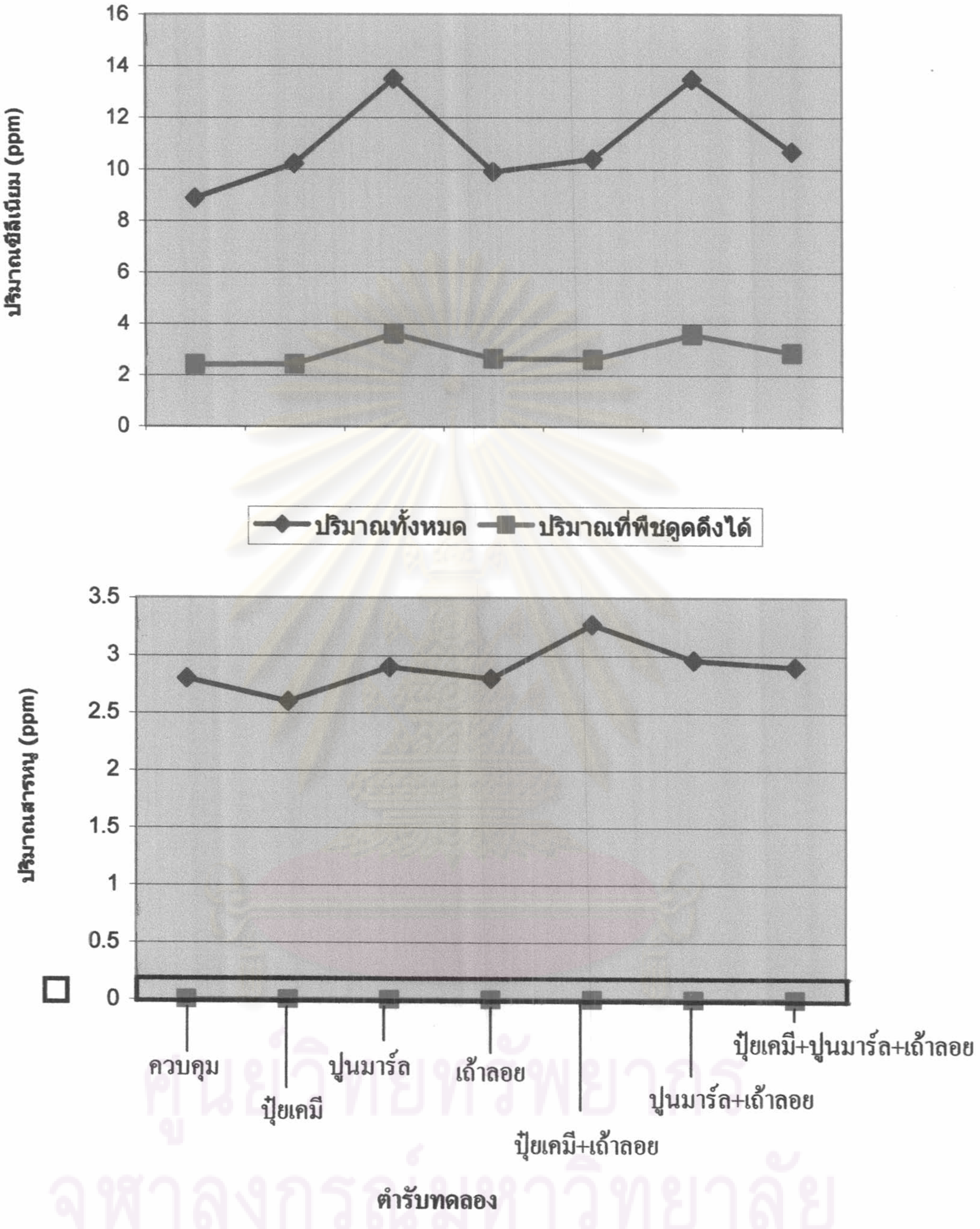
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.2 ปริมาณธาตุอาหารรองในดิน ณ เวลาเก็บเกี่ยวหญ้าขน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



□ หมายถึง ช่วง Trace คือมีปริมาณน้อยกว่าที่เครื่องมือจะตรวจพบคือ 0.005 ppm

รูปที่ 5.3 ปริมาณซีลีเนียมและสารหนูในดิน ณ เวลาเก็บเกี่ยวหญ้าขน

5.2.2 ปริมาณธาตุอาหาร และธาตุพิษ ในหญ้าขน

5.2.2.1 ปริมาณธาตุอาหารหลัก

การพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลัก ประกอบด้วย ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยพิจารณาการตัดหญ้าขนในครั้งที่ 1 และ 3 (รูปที่ 5.4) ผลการศึกษาเป็นดังนี้

1) ไนโตรเจน

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในหญ้าขนเมื่อตัดครั้งที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (รูปที่ 5.4) แต่ความแตกต่างนี้จะหมดไปเมื่อตัดครั้งที่ 3 ซึ่งในการตัดครั้งที่ 3 มีไนโตรเจนมากกว่าครั้งที่ 1 (0.26-0.61%, ตารางที่ 4.6) ซึ่งสอดคล้องกับ Stoddart et al. (1975) ที่กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนของใบและลำต้น *Atriplex polycarpa* ที่เจริญขึ้นมาใหม่ เพิ่มขึ้นกว่าลำต้นเดิม จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในหญ้าขนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในการตัดครั้งที่ 1 นอกจากนี้การตัดครั้งที่ 3 ยังส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในหญ้าขนเพิ่มขึ้นด้วย

2) ฟอสฟอรัส

การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์หรือ การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์หรือการเติมปุ๋ยเคมีอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในหญ้าขนเมื่อตัดครั้งที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับดินเดิม (รูปที่ 5.4) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเถ้าลอยประกอบไปด้วยฟอสฟอรัสรวมถึงอาจได้รับอิทธิพลมาจากปุ๋ยเคมีซึ่งประกอบไปด้วยธาตุฟอสฟอรัสจึงทำให้หญ้าขนสามารถดูดดึงธาตุฟอสฟอรัสได้มากยิ่งขึ้น โดยมาตรฐานมาตรฐานความเข้มข้นของแร่ธาตุอาหารสำหรับการเลี้ยงโค มีระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชอาหารสัตว์เท่ากับ 0.2% ถือว่าเพียงพอสำหรับสัตว์ (สายัณห์ ทัดศรี, 2540) ซึ่งจากการทดลองจะพบว่าตำรับทดลองที่มีการเติมปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในหญ้าขนมากกว่า 0.2% (ตารางที่ 4.6) ทั้งนี้หากพิจารณาการตัดในครั้งที่ 3 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในทุกตำรับทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับครั้งที่ 1

3) โพแทสเซียม

โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนในพืชชั้นสูง (ยงยุทธ โอสถสภา, 2543) สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีปริมาณโพแทสเซียมในการตัดครั้งที่ 1 อยู่ในช่วง 1.14-1.52% (ตารางที่ 4.6) และปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มลดลงเมื่อตัดครั้งที่ 3 โดยทั่วไปแล้วสัตว์มักจะไม่ขาดธาตุโพแทสเซียมนี้เนื่องจากในพืชโดยเฉลี่ยแล้วจะมีโพแทสเซียมเฉลี่ย 1-4% ทั้งนี้เมื่อพิจารณารูปที่ 5.4 จะพบว่าการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในหญ้าขนมีปริมาณมากที่สุด อาจเนื่องมาจากในเถ้าลอยมีโพแทสเซียมในปริมาณสูง (128.32 ppm, ตารางที่ 4.1) นอกจากนี้การเติมปุ๋ยเคมีร่วมด้วยจึงทำให้หญ้าขนมีปริมาณโพแทสเซียมสูงขึ้น

จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารหลักในหญ้าขนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในการตัดครั้งที่ 1 นอกจากนี้การตัดในครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนในหญ้าขนเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในหญ้าขนลดลง

5.2.2.2 ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์

1) ซีลีเนียม

ตรวจไม่พบปริมาณซีลีเนียมในหญ้าขน (ตารางที่ 4.7) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากซีลีเนียมเป็นธาตุที่มีสมบัติทั่วไปคล้ายซัลเฟตจึงทำให้ซัลเฟตและซีลีเนตแข่งขันกันในการเข้ายึดเหนี่ยวกับพาหะ (carrier) ที่เยื่อหุ้มเซลล์ของราก เกิดภาวะปฏิปักษ์ต่อกันในการดูด ดังนั้นหากมีซัลเฟตมาก การดูดซีลีเนตก็ลดลง รวมถึงกลไกการแลกเปลี่ยนในพืช ทำให้ซัลเฟอร์สามารถจะแย่งการดูดดึงของซีลีเนียม (Hurd-Karrer, 1938; Westerman and Robbins, 1974; Arthur et al., 1992) นอกจากนี้อาจเนื่องมาจากหญ้าขนไม่ใช่พืชที่สามารถดูดดึงซีลีเนียมดังเช่นพืชอีกหลายชนิดในสกุล *Astragalus*, *Xylorrhiza* และ *Stanleya* ซึ่งเป็นพืชสะสมซีลีเนียมและเจริญได้ดีในดินซีลีนิเฟอรัส (seleniferous soils) ซึ่งมีธาตุนี้สูง ทั้งสะสมซีลีเนียมไว้ในส่วนเหนือดิน 20-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้ง อย่างไรก็ตามพืชหลายชนิดในสกุล *Astragalus* ก็มีความแตกต่างในแง่ความสามารถในการสะสมธาตุนี้ค่อนข้างมาก โดยพวกสะสมซีลีเนียมอาจมีธาตุนี้ในเนื้อเยื่อมากกว่าพวกไม่สะสมถึง 100-200 เท่า (Davis, 1986)

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์หรือสิ่งทดลองต่างๆ มิได้ส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับสัตว์ (ซีลีเนียม) ในหญ้าขนเพิ่มขึ้น

5.2.2.3 ปริมาณธาตุอาหารที่ส่งผลต่อคุณภาพของพืชอาหารสัตว์

1) ซิลิกอน

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ และการเติมปูนมาร์ลส่งผลให้ปริมาณซิลิกอนรูปซิลิกา (SiO_2)ในหญ้าขนลดลงเมื่อเทียบกับดินเดิม (ดินชุดควบคุม) หรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี แม้ในดินก่อนการทดลองและในเถ้าลอยลิกไนต์จะประกอบไปด้วยซิลิกอนเป็นจำนวนมาก (68.26 และ 47.06% ตามลำดับ) ก็ตาม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในเถ้าลอยลิกไนต์มีอลูมิเนียม (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2544; อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, 2546) ซึ่งซิลิกอนอาจทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียมเกิดสารประกอบเชิงซ้อนในรูปอลูมิโนซิลิเกต (aluminosilicate) และตกตะกอนอยู่ในสารละลายและผนังเซลล์ของราก (Hodson and Winkins, 1991) จึงทำให้พบซิลิกอนในหญ้าขนเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์มีปริมาณต่ำกว่าดินในตำรับทดลองอื่นๆ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการตัดในครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 3 พบว่าปริมาณซิลิกอนในหญ้าขนในการตัดครั้งที่ 3 มีมากกว่าครั้งที่ 1 อาจเป็นเพราะว่าสภาพน้ำขังในแปลงปลูกหญ้ามีผลทำให้การละลายได้ของซิลิกอนออกมาอยู่ในรูปทางเคมีที่เป็นประโยชน์กับพืชมากขึ้น (Ponnamperuma,1965) เนื่องมาจากการปลดปล่อยซิลิกอน จาก Hydrous Oxide ของ Fe (III) ที่ดูดยึดซิลิกอนหรือ CO_2 ที่ละลาย aluminosilicate (ทัศนีย์ อัตตะนันท์, 2531) เมื่อทิ้งเวลานานขึ้นหญ้าขนจึงอาจดูดดึงซิลิกอนได้มากขึ้น

5.2.2.4 ปริมาณธาตุพิษ

ปริมาณสารหนูในหญ้าขนนับเป็นดัชนีที่ชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่จะเกิดความเป็นพิษของการนำเถ้าลอยลิกไนต์มาใช้ประโยชน์ในการปศุสัตว์ที่สำคัญประการหนึ่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) สารหนู

การเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์เมื่อตัดหญ้าขนในครั้งที่ 1 ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดในหญ้าขนมีปริมาณสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 5.5) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเติมปุ๋ยเคมีส่งผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลง (ตารางที่ 4.3) จึงอาจทำให้สารหนูละลายออกมาได้มากขึ้นส่งผลให้หญ้าขนดูดดึงสารหนูมาสะสมได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ (Siriratpiriya et al., 1985) ที่กล่าวว่า โลหะหนักมีความสัมพันธ์กับความเป็นกรดของสภาพแวดล้อมที่มีโลหะหนัก โดยจะส่งเสริมให้โลหะหนักมีรูปทางเคมีที่พืชดูดดึงไปสู่ส่วนต่างๆ ของพืชได้มากขึ้น นอกจากนี้หากพิจารณาการตัดหญ้าขนในครั้งที่ 3 จะพบว่าส่งผลให้ปริมาณสารหนูในหญ้าขนมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ตามปริมาณสารหนู

ทั้งหมดในหญ้าขนยังอยู่ในมาตรฐานอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดให้อาหารที่บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทมีปริมาณสารหนูได้ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2541)

จึงอาจกล่าวได้ว่า การเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์เมื่อตัดหญ้าขนในครั้งที่ 1 ส่งผลให้ปริมาณสารหนูทั้งหมดในหญ้าขนมีปริมาณสูงขึ้น ทั้งนี้การตัดในครั้งที่ 3 ส่งผลให้สารหนูทั้งหมดในหญ้าขนลดลง

5.2.3 ผลผลิตของหญ้าขน

1) ผลผลิตน้ำหนักสด

การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขนในการตัดหญ้าขนครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุด (รูปที่ 5.6) ทั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ดังนั้นปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขนเมื่อตัดครั้งที่ 1 ที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการเติมปุ๋ยเคมีซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจึงส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขนเพิ่มขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 กิโลกรัม/ไร่ จะเพิ่มผลผลิตเท่ากับ 49.2 % ตามลำดับ (สายัณห์ ทัดศรี, 2540) โดยผลผลิตน้ำหนักสดจากการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 58.45% ทั้งนี้หากพิจารณาการตัดในครั้งที่ 3 จะพบว่ามีผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขนลดลง อาจเนื่องมาจากปริมาณธาตุอาหารหลักในดินลดลงเนื่องจากหญ้าขนดูดดึงธาตุอาหารต่างๆ ไปใช้ในการสร้างรากและเจริญเติบโตในระยะแรกรวมถึงอายุของหญ้าขนซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิตด้วย

2) ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

การเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนมีค่าสูงสุด (รูปที่ 5.6) ทั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ ดังนั้นปริมาณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขนที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากการเติมปุ๋ยเคมีซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุไนโตรเจน ทั้งนี้หากพิจารณาการตัดในครั้งที่ 3 จะพบว่ามีผลผลิตน้ำหนักสดของหญ้าขนลดลง อาจเนื่องมาจากปริมาณธาตุอาหารหลักในดินลดลงเนื่องจากหญ้าขนดูดดึงธาตุอาหารต่างๆ ไปใช้ในการสร้างรากและเจริญเติบโตในระยะแรก

ดังนั้นน่าจะสรุปได้ว่าการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้าขนมีค่าสูงสุด ทั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดความต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับการเติมปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับเถ้าลอยลิกไนต์ และในการตัดครั้งที่ 3 ส่งผลให้ผลผลิตของหญ้าขนมีแนวโน้มลดลง

5.2.4 คุณค่าอาหารสัตว์

1) โปรตีน

การเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 0.25 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนเมื่อตัดครั้งที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมเถ้าลอยลิกไนต์เพียงอย่างเดียว (รูปที่ 5.7) ทั้งนี้สัตว์จะกินพืชอาหารสัตว์ได้มากขึ้นหากมีโปรตีนมากกว่า 6% (วัลลภ สันติประชา, 2524) โดยที่การตัดครั้งที่ 3 จะส่งผลให้หญ้าขนมีปริมาณโปรตีนมากกว่า 6% และเมื่อพิจารณาผลการศึกษาจะพบว่าการตัดในครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับการตัดครั้งที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับ Stoddart et al. (1975) ที่พบว่าปริมาณโปรตีนของใบและลำต้น *Atriplex polycarpa* ที่เจริญขึ้นมาใหม่ เพิ่มขึ้นกว่าลำต้นเดิม จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้การตัดในครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนเพิ่มขึ้นด้วย

2) NDF

NDF คือ สารเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลาย detergent ที่เป็นกลาง ประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมดคือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ซิลิกา เคราติน เยื่อใยส่วนนี้เป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้น (วรพงษ์ สุริยจันทราทอง, 2524) ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์หรือการเติมสิ่งทดลองต่างๆ ส่งผลให้ค่า Neutral Detergent Fiber (NDF) ในการตัดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 อยู่ในช่วง 68.32-70.33 % (ตารางที่ 4.9) ซึ่งค่าดังกล่าวมีปริมาณมากกว่าปริมาณ NDF เฉลี่ยในหญ้าขน (64.63 %; วารุณี พานิชผลและวลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ, 2541) จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่า การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และสิ่งทดลองต่างๆ และการตัดครั้งที่ 1 และ 3 ส่งผลให้มีปริมาณ NDF มากกว่าปริมาณ NDF เฉลี่ยในหญ้าขนทั่วไป ซึ่งการที่ปริมาณ NDF เพิ่มขึ้นน่าจะส่งผลดีแก่สัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยส่วนนี้ได้

3) ADF

ADF คือ สารเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลาย detergent ซึ่งมีสภาพเป็นกรด ประกอบด้วยเซลลูโลสและลิกนินประมาณ 90% ส่วนที่เหลือ 10% จะเป็นพวกคิวติน เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Acid Insoluble Ash) และ Indigestible Protein ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่า Acid Detergent Fiber (ADF) (รูปที่ 5.8) พบว่าการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ในการตัดครั้งที่ 1 ส่งผลให้ปริมาณ ADF มีค่าน้อยที่สุดคือ 38.90 % ทั้งนี้หากพิจารณาความต่างระหว่างการตัดครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 1 จะพบว่าการเติมปูนมาร์ลหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการตัดครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณ ADF ในหญ้าขนมีแนวโน้มลดลงเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ ซึ่งการลดลงนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณซิลิกอนในรูปซิลิกา (SiO_2) ซึ่งเป็นส่วนประกอบใน ADF มีแนวโน้มลดลง (รูปที่ 5.5) นอกจากนี้การตัดในครั้งที่ 3 มีปริมาณ ADF ซึ่งเป็นสารที่สัตว์ทุกชนิดไม่สามารถย่อยได้นั้น มีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดในครั้งที่ 1 ด้วย ซึ่งการที่หญ้าขนมีปริมาณ ADF ลดลงนี้ก่อให้เกิดผลดีกับสัตว์สอดคล้องกับ Hoover and Heitman (1972) ที่กล่าวว่า การใช้ประโยชน์ของ ADF ในกระต่ายที่ได้รับอาหารที่มี ADF ต่ำ จะทำให้มีการเจริญเติบโตมากกว่าพวกที่ได้รับ ADF สูง

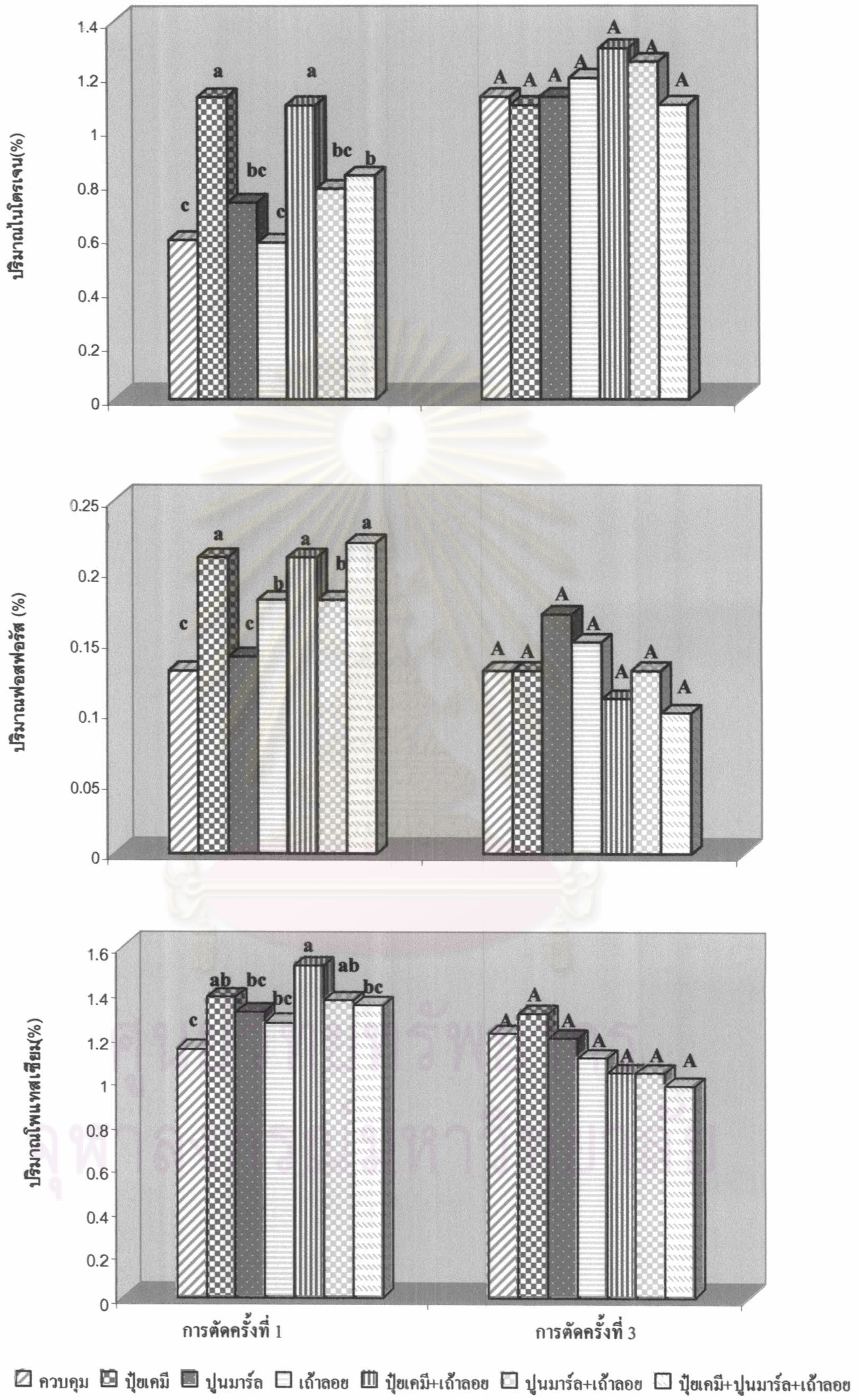
4) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

เฮมิเซลลูโลส คือ เยื่อใยที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ชั้นที่สองของพืช เป็นสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต ชนิด Water insoluble carbohydrate ประเภท Heterogeneous Polysaccharides โดยมีน้ำตาลหลายชนิดมาเกาะติดกัน เช่น เพนโทส (Pentose) เฮกโซส (Hexose) และกรดยูโรนิค (Uronic acid) (Meyer et al, 1952) โดยเฮมิเซลลูโลสนี้จะเป็นประโยชน์กับสัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากสัตว์ชนิดนี้สามารถย่อยได้ ทั้งนี้ค่าเฮมิเซลลูโลสเมื่อเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ในการตัดครั้งที่ 1 (รูปที่ 5.8) มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสมากที่สุดคือ 30.75 % ทั้งนี้หากพิจารณาความต่างระหว่างการตัดครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 1 จะพบว่าการเติมปูนมาร์ลหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการตัดครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในหญ้าขนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับทดลองอื่นๆ นอกจากนี้การตัดในครั้งที่ 3 มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดในครั้งที่ 1 ด้วย

จึงกล่าวโดยสรุปได้ว่าการเติมเถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือการเติมปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนเมื่อตัดครั้งที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้อิทธิพลของการตัดในครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าขนเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้การเติมเถ้าลอยลิกไนต์และสิ่งทดลองต่างๆ รวมถึงการตัดในครั้งที่ 3 และอายุของหญ้าขน มีผลให้มี

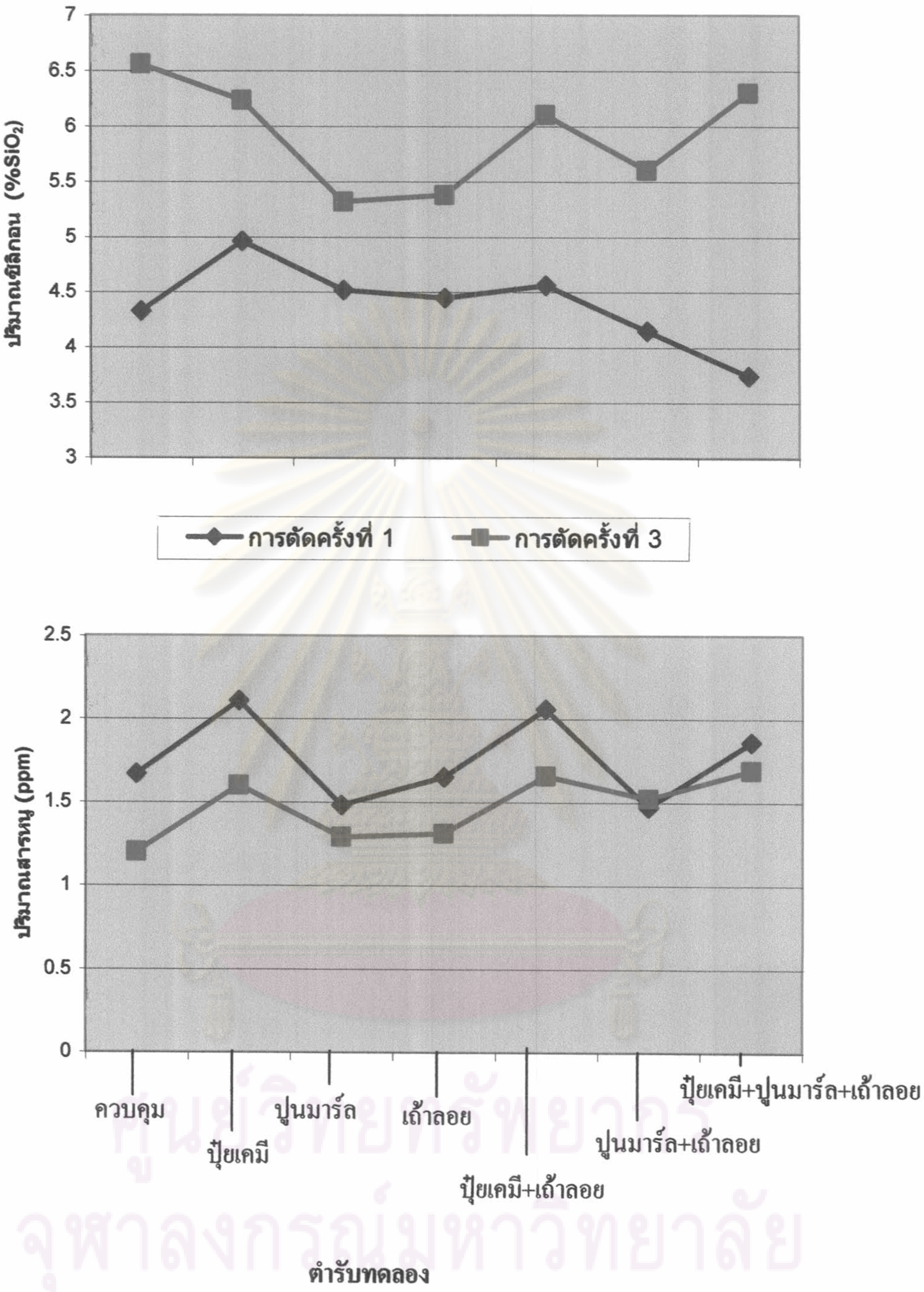
ปริมาณ NDF มากกว่าปริมาณ NDF เฉลี่ยในหญ้าขนทั่วไป สำหรับปริมาณ ADF เมื่อเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ในการตัดครั้งที่ 1 จะส่งผลให้ปริมาณ ADF มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้หากพิจารณาความต่างระหว่างการตัดครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 1 จะพบว่าการเติมปูนมาร์ลหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการตัดครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณ ADF ในหญ้าขนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งการลดลงของปริมาณ ADF นี้บ่งชี้ได้ว่าสัตว์สามารถย่อยหญ้าขนได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามหากมีการเติมปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนมาร์ลและเถ้าลอยลิกไนต์ในการตัดครั้งที่ 1 จะส่งผลให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นเยื่อใยที่สัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถใช้ประโยชน์ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาความต่างระหว่างการตัดครั้งที่ 3 กับครั้งที่ 1 จะพบว่าการเติมปูนมาร์ลหรือการเติมเถ้าลอยลิกไนต์และการตัดครั้งที่ 3 ส่งผลให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลส ในหญ้าขนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเฮมิเซลลูโลสนี้จะก่อให้เกิดผลดีกับสัตว์กระเพาะรวมหรือสัตว์เคี้ยวเอื้องเนื่องจากสัตว์ประเภทดังกล่าวสามารถย่อยเฮมิเซลลูโลสได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



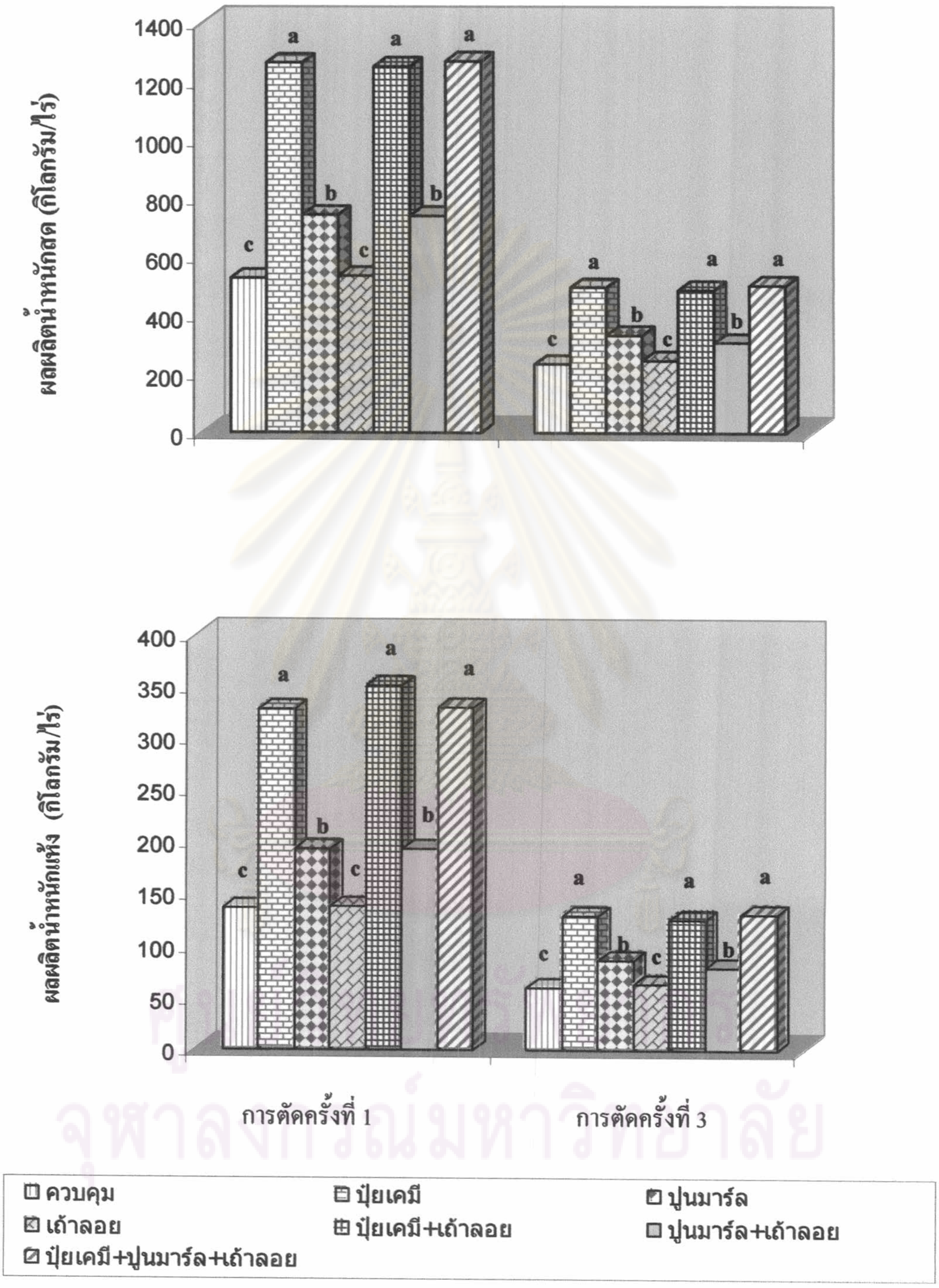
หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 5.4 ปริมาณธาตุอาหารหลักในหญ้าขน



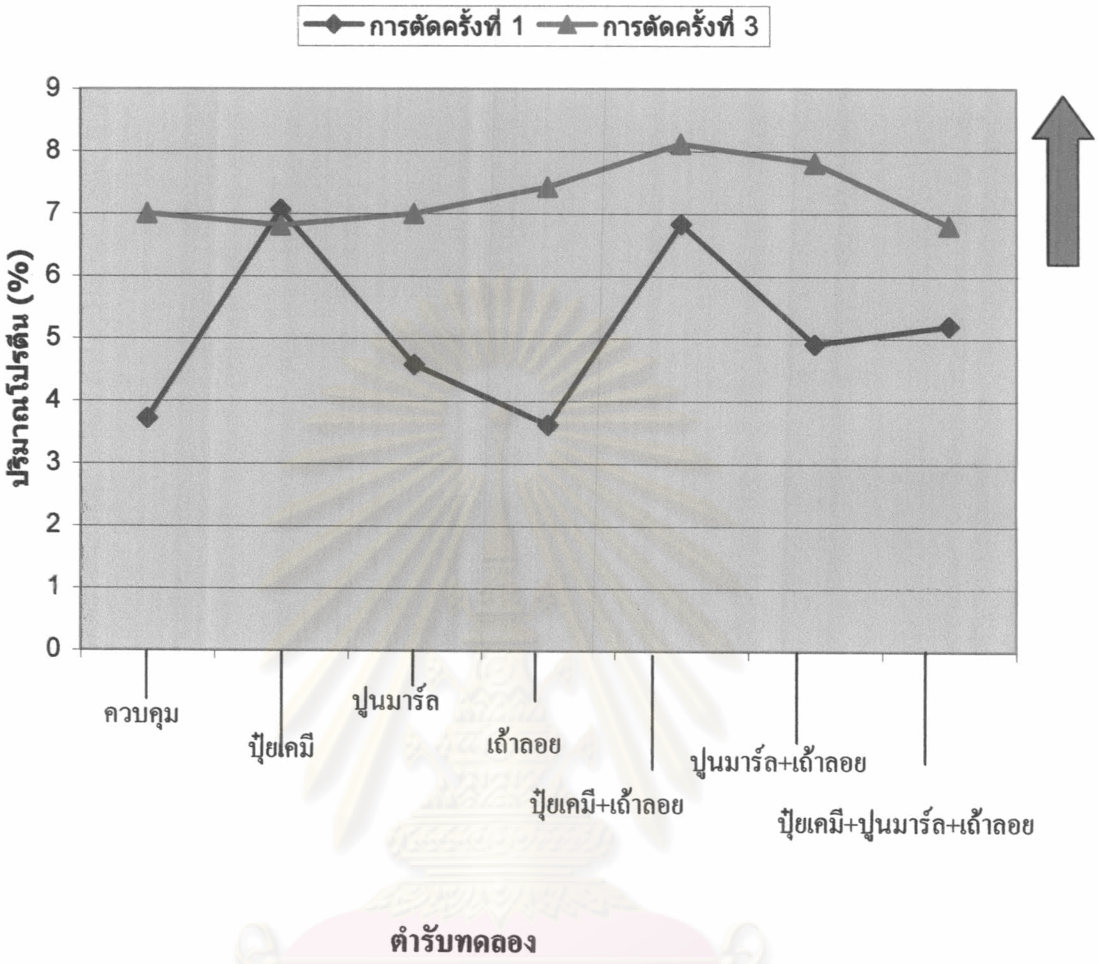
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.5 ปริมาณซิลิกอนและปริมาณสารหนูในหญ้าขน



หมายเหตุ : กราฟแท่งที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของ DMRT

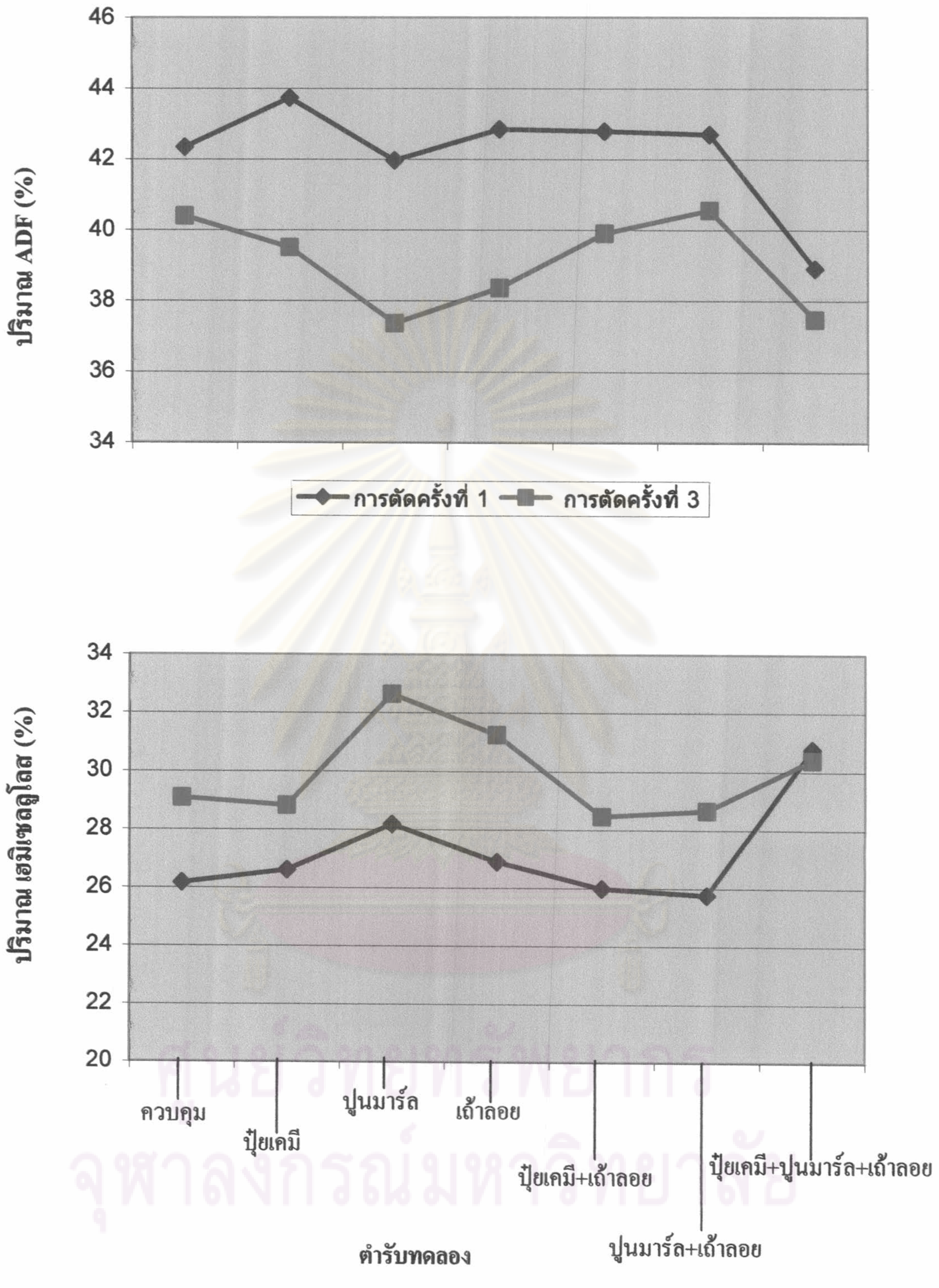
5.6 ผลผลิตน้ำหนักสดและผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าขน



หมายถึง ปริมาณโปรตีนที่ส่งผลต่อความน่ากินของหญ้าขน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.7 ปริมาณโปรตีนในหญ้าขน



รูปที่ 5.8 ปริมาณ ADF และปริมาณเฮมิเซลลูโลสในหญ้าขน