



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิต คุณภาพ และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของ
หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด

Influence of nitrogen fertilizer on yield, quality and efficiency of nitrogen use
of selected tropical grass

คณะผู้วิจัย

ผศ.อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ

รศ.ดร.สมเกียรติ ประสานพานิช

อ.พิรวิทย์ เชื้อวงศ์บุญ

นายสมศักดิ์ เกาทอง

นายจิระศักดิ์ ขอบแต่ง

หน่วยงานที่สังกัด

คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี

ปีที่ดำเนินการเสร็จสิ้น 2553

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

คำนำ

ในการผลิตพืชอาหารสัตว์มีการใช้ปุ๋ยเคมีหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปุ๋ยไนโตรเจนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ไม่ถูกวิธี ไม่เหมาะสมกับสภาพของดิน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของพืชลดลง ผลผลิตพืชลดลงและมีต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น นอกจากนี้ ยังมีสารอนุปันธุ์จากปุ๋ยส่วนหนึ่งที่จะปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Santamaria, 2006) ปุ๋ยไนโตรเจนมีบทบาทที่สำคัญมากในระบบการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบที่ต้องการประสิทธิภาพการผลิตสูงๆ โดยจะไปมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและคุณภาพของผลผลิตด้านการเกษตร (Munoz *et al.*, 2003) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของชนิดพืช ความสามารถในการใช้ประโยชน์ของพืช สมบัติของดิน ตลอดจนความแตกต่างด้านการจัดการแปลง มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ย ระดับการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมช่วยให้ได้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์ในปริมาณที่เหมาะสมและมีคุณภาพดี และการใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีในการเลี้ยงสัตว์มีผลทำให้สัตว์แสดงออกลักษณะทางพันธุกรรมได้เต็มที่ ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่ไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสมกับสภาพพืชและดิน นอกจากจะลดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ลดประสิทธิภาพการผลิตพืชและเพิ่มต้นทุนการผลิตแล้วยังก่อให้เกิดผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งในท้ายที่สุดแล้วจะเป็นวงจรส่งผลร้ายกลับมาสู่มนุษย์ ดังนั้นการจัดการการผลิตที่มีคุณภาพสูงมีผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและมนุษย์น้อยที่สุดจึงมีความสำคัญมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิต คุณภาพ และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด ได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณแผ่นดินจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2551 ขอขอบคุณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
 วิทยาารสนเทศเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์วิจัยและ
 พัฒนาอาหารสัตว์ จ.เพชรบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ปลูกสร้างแปลงหญ้าเพื่อการวิจัย

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการให้ผลผลิต คุณภาพ และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของหญ้าอาหาร
 สัตว์เขตร้อนบางชนิด

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ^{1/} สมเกียรติ ประสานพานิช^{2/} พิรวิทย์ เชื้อวงษ์บุญ^{1/}
 สมศักดิ์ เกาทอง^{3/} และจิระศักดิ์ ขอบแต่ง^{3/}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการให้ผลผลิต คุณภาพและประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน
 ของหญ้าเขตร้อนเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก มี 4 ซ้ำ

สิ่งทดลอง ได้แก่ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (nitrogen, N) ในอัตราแตกต่างกัน 5 ระดับ ประกอบด้วย 0 (กลุ่มควบคุม), 8, 16, 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ วัดผลผลิตน้ำหนักแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า 60 วัน หลังจากปลูก และหลังจากนั้น (regrowth) ทุกๆ 30 วัน หญ้าเนเปียร์แควะมีผลผลิตวัตถุดิบแห้งรวมและผลผลิตโปรตีนหยาบรวมสูงสุด ($p < 0.05$) เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้หญ้าเนเปียร์แควะที่ตัดทุกๆ 30 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p < 0.05$) กลุ่มอื่นๆ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับหญ้าเนเปียร์แควะไม่มีผล ($p > 0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ย หญ้ารูซี่ที่ใส่ปุ๋ย 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลผลิตวัตถุดิบแห้งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่า ($p < 0.05$) การใส่ปุ๋ยในระดับที่ต่ำกว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้หญ้ารูซี่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและผลผลิตโปรตีนเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) แต่ไม่มีผลกับเปอร์เซ็นต์เยื่อใย การใส่ปุ๋ยมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของหญ้ารูซี่ลดลง ($p < 0.05$) หญ้ากินนีสีม่วงมีผลผลิตวัตถุดิบแห้งและผลผลิตโปรตีนหยาบสูงสุด ($p < 0.05$) เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ประสิทธิภาพการผลิตของหญ้ากินนีสีม่วงกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่ ไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่า ($p < 0.001$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้ากินนีสีม่วงมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 8 กิโลกรัม N/ไร่ ส่วนประสิทธิภาพเชิงสรีระของหญ้ากินนีสีม่วงในทุกระดับปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในหญ้าแพงโกล่า พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งเฉลี่ยสูงที่สุด ($p < 0.05$) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้หญ้าแพงโกล่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนและผลผลิตโปรตีนเพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยที่ระดับ 8 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้หญ้าแพงโกล่ามีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยที่ระดับ 16 กิโลกรัม N/ไร่ แต่สูงกว่า ($p < 0.05$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยในระดับสูงกว่า (32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่) สำหรับผลการทดลองในหญ้าเนเปียร์ พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลผลิตวัตถุดิบแห้งไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำกว่า ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 16 กิโลกรัม N/ไร่ มีค่าสูงกว่า ($p < 0.05$) การใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ สรุปได้ว่า การให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้าเขตร้อนทั้ง 5 ชนิดมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน โดยหญ้าจะมีผลผลิตวัตถุดิบแห้งสูงเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในช่วง 32 – 64 กิโลกรัม N/ไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้หญ้ามีผลผลิตโปรตีนสูงสุด อย่างไรก็ตาม อัตราการใส่ปุ๋ยที่สูงเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของหญ้าเขตร้อนทั้ง 5 ชนิด มีค่าลดลง

คำสำคัญ: หญ้าอาหารสัตว์ ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ผลผลิตวัตถุดิบแห้ง องค์ประกอบทางเคมีไนโตรเจน

Influence of nitrogen fertilizer on yield, quality and efficiency of nitrogen use of selected tropical grass

Auraiwan Isuwan^{1/} Phirawit Chuawongboon^{1/} Somkiat Prasarnphanich^{2/}
Somsak Paothong^{3/} Jeerasak Chobtang^{3/}

Abstract

The objective of this experiment was to study dry matter yield, quality and nitrogen (N) use efficiency (NUE) of selected tropical grass species [Dwarf Napier (*Pennisetum purpureum* cv Mott), Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), Purple Guinea (*Panicum maximum*), Pangola (*Digitaria eriantha*) and Napier (*Pennisetum purpureum*)] received different rates of nitrogen fertilizer. A randomized complete block design with 4 replications was used. Treatments for each grass were different rates of nitrogen application [none (control), 8, 16, 32 and 64 kg N / rai]. Grasses were cut to determine dry matter yield (DMY) and chemical composition at 60 days after planting and consequently every 30 days of regrowth. DMY and crude protein yield (CPY) of Dwarf Napier was highest ($p < 0.05$) at 64 kg N /rai. At this level of fertilization, it was found that crude protein (CP) content of the grass cut at 30 days interval was higher ($p < 0.05$) than that of other rates. Fiber components and NUE of this grass were not affected ($p > 0.05$) by different rates of fertilizer. DMY of Ruzi did not differ ($p > 0.05$)

between 64 and 32 kg N / rai, but both were higher ($p<0.05$) than other rates. CP content and CPY of Ruzi were increased ($p<0.05$), but NUE was decreased ($p<0.05$), when rates of nitrogen fertilizer were increased. DMY and CPY of Purple Guinea were highest ($p<0.05$) at 64 kg N / rai. Agronomic efficiency of Purple Guinea did not differ ($p>0.05$) between 16 and 8 kg N /rai, but higher ($p<0.05$) than other rates. NUE of this grass was highest ($p<0.05$) at 8 kg N /rai however, no effect of nitrogen fertilizer on physiological efficiency was observed ($p>0.05$). Highest DMY of Pangola was observed ($p<0.05$) when received 64 kg N / rai. CP content and CPY of this grass were increased ($p<0.05$) according to increase levels of nitrogen fertilizer. NUE of this grass at 16 and 8 kg N /rai did not differ ($p>0.05$) but higher ($p<0.05$) than that of 64 and 32 kg N /rai. Total DMY of Napier grass received 32 and 64 kg N/rai did not significantly differ ($p>0.05$) but higher ($p<0.05$) the other rates of nitrogen fertilizer. NUE was highest in the rate of 16 kg N/rai ($p<0.05$). In conclusion, 5 selected tropical grass species were positively responded to increasing rates of nitrogen fertilizer. Between 32 and 64 kg N/rai was likely to be the appropriate rate for growing these grasses. CPY was highest when 64 kg N/rai was applied. However, NUE of all grasses were likely to be negatively affected as the rates of nitrogen fertilizer were increased.

Keywords: Tropical forage, nitrogen use efficiency, yield, chemical composition, nitrogen

^{1/} คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี อ. ชะอำ จ. เพชรบุรี

^{1/} Faculty of Animal Science and Agricultural Technology, Silpakorn University Petchaburi IT Campus, Cha-Am, Petchaburi

^{2/} ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร ^{2/} Bureau of Animal Nutrition Development

^{3/} กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ราชเทวี กรุงเทพฯ

^{3/} Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development, Ratchathewi, Bangkok

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	3
บทคัดย่อ.....	4
Abstract.....	6
สารบัญ.....	8
สารบัญตาราง.....	9
สารบัญภาพ.....	11
บทที่	
1.บทนำ.....	12
ตรวจเอกสาร.....	13
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	25
ขอบเขตของการวิจัย.....	26
ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ.....	26
ทฤษฎีสมมุติฐานหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย.....	26
2. วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
3. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	30
4. สรุปผลโครงการ.....	49
เอกสารอ้างอิง.....	50
ภาคผนวก.....	54
ประวัติผู้วิจัย.....	55

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย (%) ของหญ่้ากินนิ่ม่วงและหญ่้าชนที่ปลูกในดินชุด	

	กำแพงแสน.....	21
2	อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าไรย์.....	21
3	Yield (kg DM/rai) and chemical composition (dry matter basis) of <i>Pennisetum purpureum</i> cv Mott received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).....	32
4	Nitrogen in harvested yield (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N), nitrogen use efficiency (%) and physiological nitrogen use efficiency (kg DM/ kg N) of <i>Pennisetum purpureum</i> cv Mott received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).....	34
5	Biomass yield (kgDM/rai) and chemical composition (% DM) of ruzi grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).....	36
6	Nitrogen in harvested grass(kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of ruzi grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).	37
7	Dry matter production (kgDM/rai) and chemical composition of guinea grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).....	39
8	Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic nitrogen use efficiency (kg DM/kg N) and fertilizer nitrogen use efficiency (%) and physiological nitrogen use efficiency (kg DM/kg N) of guinea grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kgN/rai).....	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
9	Biomass production (kgDM/rai) and chemical composition of pangola grass received different levels of nitrogen fertilizer (kgN/rai).....	43
10	Nitrogen in harvested grass(kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of pangola grass grown	

	on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kgN/rai).....	45
11	Biomass production (kg DM/rai) and chemical composition of Napier grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).	46
12	Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of Napier grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หญ้าเนเปียร์แคระ.....	13
2	หญ้ารูซี่.....	14
3	หญ้างินนิสีม่วง.....	15
4	หญ้าแพงโกล่า.....	16
5	หญ้าเนเปียร์.....	17

บทที่ 1

บทนำ

ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (nitrogen use efficiency, NUE) และอัตราการดูดใช้ประโยชน์ไนโตรเจนจากปุ๋ย (apparent nitrogen recovery, ANR) ของพืชเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการผลิตพืชเนื่องจากมีผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตและผลกระทบที่จะเกิดกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนสารไนเตรต (nitrate, NO_3) ในน้ำทั้งระดับผิวดินและน้ำใต้ดินซึ่งจะย้อนกลับมามีผลกระทบต่อสังคมมนุษย์ (Santamaria, 2006) สำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น Beyaert and Roy (2005) รายงานว่า ช่วงเวลาและบริเวณที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อระบบการจัดการประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน โดยปกติการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจะใส่ปุ๋ยในช่วงเวลาที่สามารถหลีกเลี่ยงการสูญเสียให้ได้มากที่สุด และใส่ในปริมาณที่สามารถรักษาระดับให้สอดคล้องกับความต้องการของพืชในแต่ละช่วงอายุ ส่วนบริเวณที่จะใส่ปุ๋ยนั้นมุ่งหวังให้เป็นบริเวณที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากที่สุดและให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด

การศึกษารั้วนี้มีวัตถุประสงค์ศึกษาผลผลิต คุณภาพ และประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าเขตร้อนที่มีศักยภาพ 5 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์แคระ (*Pennisetum purpureum* cv Mott) หญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziansis*) หญ้ากินนีสีม่วง (*Panicum maximum* TD 58) หญ้าแพงโกล่า (*Digitaria*

eriantha) และหญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) ซึ่งผลการวิจัยครั้งนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการปรับอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้การปลูกหญ้าตลอดจนการผลิตปศุสัตว์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น การเลี้ยงโคเนื้อ โคนม แพะ และแกะ ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

ตรวจเอกสาร

1. หญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน

การใช้พืชอาหารสัตว์คุณภาพดีสามารถเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนค่าอาหารสัตว์ลงได้มาก การที่จะให้มีปริมาณพืชอาหารสัตว์เพียงพอที่เกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์จำเป็นต้องปลูกสร้างแปลงพืชอาหารสัตว์ไว้ใช้เองโดยเกษตรกรต้องรู้จักเลือกใช้พันธุ์พืชอาหารสัตว์และวิธีการจัดการที่เหมาะสม

1.1 หญ้าเนเปียร์แคระ

หญ้าเนเปียร์แคระ มีชื่อสามัญว่า ดวาร์ฟเนเปียร์ (Dwarf Napier) ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pennisetum purpureum* cv Mott ในสายพันธุ์หญ้าเนเปียร์นอกจากหญ้าเนเปียร์แคระแล้ว ยังมีหญ้าเนเปียร์สายพันธุ์ต่างๆที่นิยมปลูกอีกหลายชนิด เช่น หญ้าเนเปียร์ธรรมดา หญ้าเนเปียร์ลูกผสม และ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ ทั้งหมดเป็นหญ้าที่ให้ผลผลิตสูงทั้งสิ้น หญ้าเนเปียร์แคระนำเข้ามาจากมหาวิทยาลัยแห่งรัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยนายวิฑูรย์ กำเนิดเพชร เมื่อเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2532 หญ้าเนเปียร์แคระเป็นหญ้าที่มีอายุหลายปี มีลำต้นใต้ดินเป็นแบบเหง้า (Rhizome) มีลักษณะทรงต้นเป็นกอพุ่มตั้ง ลำต้นอวบและเตี้ยกว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดา มีความสูงประมาณ 1-2 เมตร มีการแตกกอดี มีสัดส่วนของใบมากกว่าส่วนของลำต้น มีความนำกินสูง สามารถทนแล้งได้ดีพอสมควร เนื่องจากมีระบบรากที่แข็งแรง และหยั่งลึกลงในดินและยังมีความสามารถดูดธาตุอาหารได้มากทำให้ได้ผลผลิตสูง (ภาพที่ 1) หญ้าเนเปียร์แคระเจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิด เช่น ดินร่วน ดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะเจริญเติบโตได้เร็ว เหมาะสำหรับปลูกในเขตชลประทานหรือที่มีระบบการให้น้ำดี เมื่อโตเต็มที่จะออกช่อดอกที่มีลักษณะยาวเรียว เรียกช่อดอกแบบนี้ว่า ช่อดอกแบบ "spike" ช่อดอกมีสีเหลืองอ่อนยาวประมาณ 10 นิ้ว ตรงส่วนปลายของช่อดอกจะโค้งงอเล็กน้อย (กองอาหารสัตว์, 2545)



ภาพที่ 1 หญ้าเนเปียร์แคระ

ที่มา: สายัณห์ (2547)

ในสภาพที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง และมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วม พบว่า ภายใต้สภาพการตัดบ่อยครั้งทุกๆ 3 สัปดาห์ รวม 9 ครั้ง หญ้าเนเปียร์แคระมีระดับโปรตีน 13.78 % ฟอสฟอรัส 0.319 % และโพแทสเซียม 3.58 – 6.22 % และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงถึง 13.0 ตันต่อไร่ (สุนารณ, 2537)

1.2 หญ้ารูซี่

หญ้ารูซี่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Brachiaria ruziziensis* ชื่อสามัญ Ruzi grass ซึ่งเป็นหญ้าที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแบบ กิ่งเลื้อยกิ่งตั้งสูง 60-100 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ลำต้นกลมแข็งเรียวเล็ก ไม่มีขนที่ลำต้น รากและแตกแขนงที่โคนต้น (กองอาหารสัตว์, 2545) ใบสีเขียวอ่อนมีลักษณะคล้ายหอก อ่อนนุ่ม มีขนละเอียดคลุมทั้งด้านหน้า และด้านหลังของใบยาว 13-15 เซนติเมตร กว้าง 0.8-2.5 เซนติเมตร ช่อดอกเป็นแบบ raceme ทนทานต่อการเหยียบย่ำของสัตว์และเครื่องจักร หญ้ารูซี่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเขตร้อนชื้น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรขึ้นไป ชอบดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและการระบายน้ำดี ไม่ทนต่อสภาพน้ำขังเป็นระยะเวลานาน (มณีรัตน์, 2550) ลักษณะเด่นของหญ้ารูซี่คือ ผลิตเมล็ดได้มากและเมล็ดมีการงอกสูง ทำให้สะดวกต่อการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (สนทยา, 2548) สภาพภูมิอากาศในเขตร้อนมีผลต่อการเจริญเติบโต ทำให้หญ้ารูซี่มีการสังเคราะห์แสงมากขึ้นทำให้มีโปรตีนเพิ่มมากขึ้น (Enoh *et al.*, 2005) และในการเจริญเติบโตหญ้าชนิดนี้จะมีคุณภาพสูงถ้าตัดในระยะไม่แก่นัก คืออายุประมาณ 45-60 วัน โดยมีโปรตีนมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีผลผลิตน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 900-3,000 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (มณีรัตน์, 2550)



ภาพที่ 2 หญ้ารูซี่

ที่มา : กองอาหารสัตว์ (2552)

1.3 หญ้ากินนีสีม่วง

หญ้ากินนีสีม่วง (Purple guinea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Panicum maximum* TD 58 (ภาพที่ 3) ได้มีการนำเข้ามาในประเทศไทยเป็นครั้งแรกโดยนายกีร์โรแบร์ นำมาจากประเทศไอวอรีโคสต์ ปรากฏว่าปรับตัวได้ดีในจังหวัดสกลนคร ให้ผลผลิตวัตถุดิบสูงและผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดี กรมปศุสัตว์ได้เริ่มขยายพันธุ์เพื่อผลิตเมล็ด ในปี พ.ศ. 2531 ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกและผลิตเมล็ดพันธุ์จำหน่ายในปี พ.ศ. 2536 Pongtongkam *et al.* (2005) รายงานว่า หญ้ากินนีสีม่วงเป็นหนึ่งในหญ้าอาหารที่ใช้สำหรับเลี้ยงโค โดยนำมาจากประเทศไอวอรีโคสต์ เป็นหญ้าที่สามารถให้โปรตีนในปริมาณสูง มีอายุหลายปี เจริญเติบโตแบบตั้งกอ ลำต้นแตกแขนงเป็นกอ

คล้ายกอตะไคร้ มีความสูง 2-3 เมตร มีใบขนาดใหญ่ดกอ่อนนุ่ม ส่วนของข้อปล้อง ข้อดอก และเมล็ดมีสีม่วงอมเขียวต่างจากหญ้ากินนีพันธุ์อื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีสีเขียวอย่างเด่นชัด ขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าหญ้ากินนีธรรมดา และมีลักษณะที่โดดเด่น คือ ทนต่อความแห้งแล้ง ผลผลิตสูง สัตว์ชอบกิน ทนต่อการเหยียบย่ำ ทนต่อการเผาไหม้ ตอบสนองต่อการให้น้ำ และปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี เหมาะสำหรับการนำมาทำหญ้าแห้งหรือหมัก หญ้ากินนีสีม่วงสามารถปลูกได้เกือบทุกพื้นที่ (กรมปศุสัตว์, 2545)



ภาพที่ 3 หญ้ากินนีสีม่วง

ที่มา : กองอาหารสัตว์ (2552)

จากการศึกษาของชิต และคณะ (2538) พบว่า หญ้ากินนีสีม่วงที่ปลูกในชุดดินหุบกะพงและมีการให้น้ำมีผลผลิตวัตถุแห้งสูงถึง 3.4 ตันต่อไร่ต่อปี อย่างไรก็ตาม เปอร์เซ็นต์โปรตีนของหญ้ากินนีสีม่วงลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น พิสุทธิ และคณะ (2542) รายงานว่า ในดินชุดบ้านทอน หญ้ากินนีสีม่วงที่ตัดทุกๆ 30, 45 และ 60 วัน เฉลี่ย 2 ปี มีระดับโปรตีน 7.3, 6.8 และ 5.2 % ในขณะที่ค่า NDF เพิ่มขึ้นมีค่า 68.9, 69.8 และ 70.4 % และค่า ADF เพิ่มขึ้น 39.9, 41.3 และ 42.5 % แต่ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง สุวนารถ และคณะ (2537) รายงานว่า ระดับโปรตีนของหญ้ากินนีสีม่วงที่ตัดทุกๆ 21 วัน มีค่าระหว่าง 10.9-18.2 %

1.4 หญ้าแพงโกล่า

หญ้าแพงโกล่ามีชื่อวิทยาศาสตร์: *digitaria eriantha* ; syn. *D. decumbens* ซึ่งเป็นหญ้าในกลุ่ม Digitaria มีทั้งหมดประมาณ 80 ชนิด ขึ้นกระจายอยู่ทั่วประเทศ หรืออาจจะมีอยู่เพียงฤดูเดียวในเขตอบอุ่น ลักษณะเด่นของหญ้างู่นี้คือ มีข้อดอกแบบ panicle ที่มีกิ่งแขนงของข้อดอกแบบ spike-like raceme และมีกลุ่มของดอก (spikelet) เรียงตัวแบบหลวมหรือเกาะกันแน่น หญ้าในกลุ่ม Digitaria ที่นิยมปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์และนำมาทดสอบในประเทศไทย ได้แก่ *digitaria eriantha* มีอยู่ 2-3 พันธุ์ และที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อทำหญ้าแห้ง ได้แก่ พันธุ์ 258A ซึ่งบริษัท ซีพี เป็นผู้นำเข้ามาจากไต้หวัน ปัจจุบันเรียกว่า พันธุ์ ซีพี-1 หญ้าแพงโกล่าจัดเป็นหญ้าประเภท stoloniferous มีลำต้นทอดนอนไปตามพื้นดิน มีรากเจริญออกมาตามข้อ และส่วนของหน่ออ่อนเจริญไปด้านบน ซึ่งอาจจะตั้งตรงหรือกึ่งตั้ง มีใบมากและเมื่อมีข้อดอกอาจจะสูงถึง 60 – 120 เซนติเมตร ลำต้นไม่มีขน มีข้อจำนวนมาก ข้อดอกแบบ Digitaria panicle (ภาพที่ 4) ซึ่งมีการออกดอกเฉพาะบางสายพันธุ์เท่านั้น (สายพันธ์, 2547)



ภาพที่ 4 หญ้าแพงโกล่า

เฉลา และคณะ (2550) ได้ทำการทดลองการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าแพงโกล่าแห่งที่อายุการตัด 45 วันจากการวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีพบว่าหญ้าแพงโกล่าแห่งอายุการตัด 45 วัน มีปริมาณวัตถุแห้ง 90.14 % อินทรีย์วัตถุ 92.54 % โปรตีน 9.46 % ไขมัน 1.51 % เยื่อใยหยาบ 32.85 % เถ้า 7.46 % ไนโตรเจนฟรีเอ็กแทรก 48.72 % และมีเยื่อใย NDF ADF และ ADL เท่ากับ 74.61 42.26 และ 4.99 % ตามลำดับ และยังมีค่าพลังงานรวม 4.58 Kcal/g

1.5 หญ้าเนเปียร์

หญ้าเนเปียร์ธรรมดา มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Pennisetum purpureum* เป็นหญ้าประเภทกอตั้ง มีอายุยืนนานหลายปี ลำต้นมีขนาดใหญ่ แข็งแรง ประกอบด้วยลำต้นใต้ดินสั้นๆ และลำต้นที่ตั้งตรงขึ้นไปสูง 2-6 เมตรโดยแต่ละลำต้นจะมีจำนวนข้อประมาณ 15-20 ข้อ ใบมีสีเขียวอ่อน ยาว 70-90 เซนติเมตร กว้าง 2-3 เซนติเมตร และมีเส้นกลางใบขนาดใหญ่ กาบใบมีขนาดเล็กๆ นุ่มมือ ลิ่นใบมีขนาดเล็กๆ สีขาวแข็ง ไม่มีเขี้ยวใบ (Auricle) ช่อดอกเป็น Contracted panicle ทำให้มองดูคล้าย Spike ยาวรูปทรงกระบอก ดอกย่อยอาจอยู่เดี่ยว หรือรวมกัน 2-3 กลุ่ม มีหางยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ช่อดอกมีสีเหลืองยาว 15-22 เซนติเมตร หนา 2-3 เซนติเมตร หญ้าเนเปียร์ธรรมดาตาตติเมลดน้อยมาก เมล็ดมีขนาดเล็กและมักไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงต้องขยายพันธุ์ด้วยส่วนของต้นเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 หญ้าเนเปียร์

จากการศึกษาของสายัณห์ และคณะ (2539) ภายใต้สภาพมีการให้น้ำและปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า หญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตสูงสุด 20.3 ตันต่อไร่ สุวนารถ และคณะ (2537) รายงานว่า ภายใต้สภาพการตัดบ่อยครั้ง หญ้าเนเปียร์ให้ผลผลิตน้ำหนักรวม 13 ตันต่อไร่ จากการตัดทั้งหมด 9 ครั้ง ประสิทธิ์ (2510) รายงานว่า การตัดหญ้าเนเปียร์ทุกๆ 30 วัน ให้ค่าโปรตีนสูงสุด 12 เปอร์เซ็นต์และผลผลิตน้ำหนักรวม 2.5 ตันต่อไร่ กานดา และคณะ (2539) พบว่า การจัดการแปลงหญ้าเนเปียร์นั้น ควรตัดทุกๆ 30 วัน ในระดับความสูง 10-15 เซนติเมตร จะได้ผลดีกว่าการตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) วิรัช และคณะ (2542) พบว่า หญ้าเนเปียร์ที่ตัดทุก 40 วัน ให้ผลผลิตสูงสุด

2. ไนโตรเจน

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนับเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการจัดการแปลงหญ้าอาหารสัตว์ เพราะจะส่งผลต่อผลผลิตและคุณค่าทางโภชนาการของหญ้า และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นต้องใส่ในอัตราที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจด้วย

2.1 หน้าที่และความสำคัญของธาตุไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นโลหะพบมากในรูปของธาตุอิสระและสารประกอบในรูปของธาตุอิสระคือ (N_2) พบในอากาศในอากาศมี N_2 อยู่ประมาณ 78.09 % โดยปริมาตรธาตุไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลักของพืชทุกชนิด ไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน (amino acids) ฮอร์โมน เช่น ออกซิน (auxins) และไซโทไคนิน (cytokinins) กรดนิวคลีอิก (nucleic acids) นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) และคลอโรฟิลล์ ไนโตรเจนช่วยในการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มขนาดใบ เพิ่มจำนวนเมล็ด และเพิ่มปริมาณโปรตีนปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 2-5 % โดยน้ำหนักแห้ง จึงจะเพียงพอและเหมาะสมกับการ

เจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช หากพืชได้รับธาตุนี้ต่ำกว่าระดับปกติย่อมส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลง

2.2 บทบาทของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของพืช

1) โปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญภายในเซลล์อยู่ในโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์และเยื่อหุ้มอวัยวะเซลล์ทุกชนิดเป็นพาหะสำหรับการขนส่งธาตุอาหารเป็นเอนไซม์ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาเคมีทั้งหมดในเซลล์หน่วยย่อยที่ใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนคือกรดอะมิโน (amino acids) ซึ่งมีอยู่หลายชนิดแต่ละชนิดมีไนโตรเจนอยู่ในหมู่อะมิโน (amino group) ซึ่งทำหน้าที่สำคัญในการเชื่อมโยงกรดอะมิโนต่างๆให้รวมกันเป็นโปรตีน

2) เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลคลอโรฟิลล์ (N 4 อะตอมและ Mg 1 อะตอมในคลอโรฟิลล์ 1 โมเลกุล) จึงมีบทบาทสำคัญของการสังเคราะห์แสง

3) เป็นองค์ประกอบสารดีเอ็นเอ (DNA) ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมของพืชและสารอาร์เอ็นเอ (RNA) ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีน

4) เป็นองค์ประกอบของฮอร์โมนพืช 2 ชนิดคือออกซินและไซโทไคนินซึ่งฮอร์โมนทั้งสองชนิดมีความสำคัญต่อพืชดังนี้

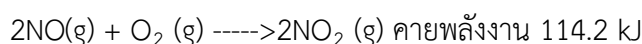
4.1) ออกซินชนิดที่สำคัญคือกรดอินโดลแอซิดิกหรือ IAA ซึ่งสังเคราะห์ในเมล็ดปลายยอดตาและใบอ่อนมีหน้าที่เร่งการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินและรากส่งเสริมการพัฒนาของเนื้อเยื่อให้เป็นอวัยวะกระตุ้นการพัฒนาของผลควบคุมการแตกตาข้างทำให้พืชตอบสนองต่อแสงและความโน้มถ่วงของโลก

4.2) ไซโทไคนินสังเคราะห์ในรากเมล็ดผลและใบมีหน้าที่เร่งการเจริญเติบโตและแตกแขนงของรากกระตุ้นการแบ่งเซลล์และการเจริญของเนื้อเยื่อเร่งการงอกของเมล็ดและชะลอการร่วงของใบ

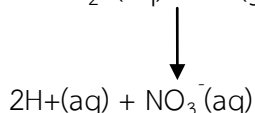
5) เป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์ไนโตรเจนในพืชอีกมากมายหลายชนิด

2.3 วงจรไนโตรเจน (Nitrogen cycle)

1) การตรึงไนโตรเจนโดยปรากฏการณ์ธรรมชาติ เกิดจากฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่าหรือปรากฏการณ์อื่นที่ทำให้เกิดความร้อนสูง ทำให้ก๊าซ N_2 ทำปฏิกิริยากับก๊าซ O_2 ได้ก๊าซ NO และก๊าซ NO ที่เกิดขึ้นทำปฏิกิริยากับก๊าซ O_2 ต่อไปได้ก๊าซ NO_2

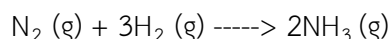


เมื่อฝนตกก๊าซ NO_2 จะทำปฏิกิริยากับน้ำฝนกลายเป็นกรดไนตริกดังสมการ



กรดไนตริกแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ไนเตรตไอออนที่เกิดขึ้นจะตกลงสู่พื้นดินและพื้นน้ำพืชนำไปใช้สร้างโปรตีนต่อไป NO_2 ส่วนหนึ่งในบรรยากาศได้จากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

2) การตรึง N_2 ทางอุตสาหกรรมโรงงานผลิตก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) หรือโรงงานผลิตปุ๋ยได้มีการใช้ก๊าซ N_2 (แยกจากอากาศ) ทำปฏิกิริยากับก๊าซ H_2 โดยวิธีกระบวนการฮาเบอร์ดังสมการ



ก๊าซ NH_3 ที่ได้ส่วนหนึ่งนำไปผลิตปุ๋ยไนโตรเจนเช่นยูเรียและปุ๋ยที่อยู่ในรูปของเกลือแอมโมเนียเช่นแอมโมเนียซัลเฟตเมื่อใส่ปุ๋ยลงในดินแบคทีเรีย (decomposing bacteria) ย่อยสลายไปเป็นไนเตรต (NO_3^-) พืชดูดซึมเอาไปใช้ในการสร้างโปรตีน

3) การตรึง N_2 ทางชีววิทยาแบคทีเรียในโซเปียมในปมรากถั่วจับไนโตรเจน (N_2) ในอากาศจึงเรียกโรโซเปียมว่า nitrogen fixing bacteria และเปลี่ยน N_2 เป็นเกลือแอมโมเนียม (NH_4^+) จากนั้นแบคทีเรียในดิน (nitrifying bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยน NH_4^+ เป็นสารประกอบไนไตรต์ (NO_2^-) และเปลี่ยนสารประกอบไนไตรต์ (NO_2^-) เป็นสารประกอบไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งพืชดูดซึมนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนต่อไป สัตว์กินพืชสัตว์ก็จะนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนในสัตว์เมื่อพืชและสัตว์ตายลงซากพืชซากสัตว์และสิ่งขับถ่ายจะถูกแบคทีเรีย (decomposing bacteria) ย่อยสลายเป็นสารประกอบไนเตรต (NO_3^-) ต่อไป

4) แบคทีเรีย (denitrifying bacteria) ทำหน้าที่เปลี่ยนสารประกอบไนเตรต (NO_3^-) เป็นสารประกอบไนไตรต์ (NO_2^-) ได้ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และในที่สุดกลายเป็นก๊าซ N_2 กลับคืนสู่บรรยากาศ

2.4 ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับผลผลิตและคุณค่าทางโภชนา

2.4.1 ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับผลผลิตหญ้า

หญ้าเขตร้อนตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนไม่เท่ากัน หญ้าเนเปียร์และหญ้านิสิม่วงตอบสนองปุ๋ยไนโตรเจนได้สูงกว่าหญ้าโมลาส จากการทดลองในประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่จะมีระยะเวลาเพียง 1 – 2 ปี พบว่าผลผลิตสูงสุดของแปลงหญ้าจะอยู่ในระดับสูงสุดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ทดลอง โดยมีอัตราปุ๋ยสูงสุดประมาณ 80 – 120 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี อย่างไรก็ตามตัวเลขของการทดลองส่วนใหญ่คิดเป็นไนโตรเจนต่อปี และบางงานทดลองจะบันทึกผลการทดลองเฉพาะในช่วงฤดูฝน ดังนั้นปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนต่อปีอาจผิดพลาดได้ถ้าบริเวณนั้นสามารถให้น้ำได้ตลอดปี ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนอาจสูงกว่านั้นได้ Tudsri *et al.* (1988) รายงานว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการตัดแต่ละครั้งอยู่ประมาณ 10 - 15 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อการตัดหนึ่งครั้ง ซึ่งเท่ากับปุ๋ยยูเรียประมาณ 20 – 30 กิโลกรัมต่อไร่ Beyaert and Roy (2005) ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของ sorghum-sudan grass [*sorghum bicolor* (L) Moench] พบว่าหญ้ามีผลผลิต และไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจากการศึกษาในหญ้ารูซี่ และเมื่อเพิ่มระดับของปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทำให้หญ้ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเป็น 1,398 กิโลกรัมต่อไร่ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักแห้งเพียง 704 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้น

ประเสริฐ (2534) รายงานการตอบสนองของหญ้านน และหญ้านิสิม่วงในชุดดินกำแพงแสน โดยการตัดหญ้าทุกๆ 30 วัน รวม 60 ครั้ง พบว่า หญ้าขนตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนจนถึงระดับสูงสุดของปุ๋ยที่ใช้คือ 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่โดยให้ผลผลิต 3,010 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่หญ้านิสิม่วงตอบสนองต่อปุ๋ย

ที่ระดับ 50 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่โดยให้ผลผลิต 2,620 กิโลกรัมต่อไร่ การเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงกว่านี้ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยคือ 2,720 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินชุดราชบุรี ทิพา และคณะ (2535) รายงานว่า หญ้าเนเปียร์ หญ้ามอริซัส และหญ้าลูซี่ ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ถึงระดับสูงสุดของปุ๋ยที่ใช้คือ 40 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยทุกพันธุ์ 3.6 และ 2.3 ตันต่อไร่ ในปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ อัตราปุ๋ยที่ใช้ทดลองนี้ค่อนข้างอยู่ในอัตราต่ำเมื่อเทียบกับความต้องการไนโตรเจนของหญ้า โดย สายัณห์ และคณะ (2541) รายงานว่า หญ้าแพงโกล่าที่ปลูกในจังหวัดกำแพงเพชรให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1,668 กิโลกรัมต่อไร่ ในแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไปเป็น 3,496 กิโลกรัมต่อไร่ที่ระดับปุ๋ย 150 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ชิต และคณะ (2538) รายงาน หญ้ากินนีสีม่วง ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใช้จนถึงระดับสูงสุดที่ทดลองคือ 64 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยให้ผลผลิต 6.8 ตันต่อไร่ เทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยซึ่งให้ผลผลิตเพียง 4.9 ตันต่อไร่ ในดินที่มีสภาพเป็นดินทราย มีการชะล้างมาก และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

2.4.2 ความสัมพันธ์ของธาตุไนโตรเจนกับคุณค่าทางโภชนาของหญ้า

ประเสริฐ (2534) วิจัยการปลูกหญ้ากินนีสีม่วงและหญ้าขนในชุดดินกำแพงแสน ตัดหญ้าทุกๆ 30 วัน พบว่าในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะมีโปรตีน 8.9 และ 9.6 สำหรับหญ้ากินนีสีม่วงและหญ้าขนตามลำดับ และเพิ่มเป็น 11.4 และ 13.9 % ที่ระดับ 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย (%) ของหญ้ากินนีสีม่วงและหญ้าขนที่ปลูกในดินชุดกำแพงแสน

อัตราปุ๋ย (N/ไร่)	กินนี	ขน
0	8.9	9.6
25	9.2	10.4
50	9.9	12.2
75	11.4	13.9

ที่มา: ประเสริฐ (2534)

การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะลดเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและฟอสฟอรัสในหญ้า แต่เพิ่มส่วนประกอบของไนโตรเจน ไนเตรต แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม ทองแดง และสังกะสีในหญ้าไร่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าไร่

องค์ประกอบทางเคมี	4 กก.ไนโตรเจน/เดือน	16 กก.ไนโตรเจน/เดือน
วัตถุแห้ง (%)	29	21.8
คาร์โบไฮเดรตละลายได้ (%)	19	10
ไนโตรเจน (%)	1.9	3.5

ไนเตรต – ไนโตรเจน(ppm)	200	2,112
แคลเซียม (%)	0.79	1.12
แมกนีเซียม (%)	0.12	0.17
โพแทสเซียม (%)	1.93	2.11
ทองแดง(ppm)	4.9	9.9
สังกะสี(ppm)	33.9	50.5

ที่มา: สายัณห์ (2547)

2.5 ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน

ปุ๋ยไนโตรเจนมีอยู่ในรูปแบบหลายชนิด เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต โซเดียมไนเตรต ยูเรีย และ แอมโมเนียมคลอไรด์ เป็นต้น แต่ที่เกษตรกรนิยมใช้ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย ปุ๋ยไนโตรเจนแต่ละชนิดให้ผลแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยในด้านระดับโปรตีนและผลผลิต ประเสริฐ (2534) รายงานว่า ชนิดของปุ๋ยไม่มีอิทธิพลต่อการให้ผลผลิตของหญ้าไม่ว่าจะเป็นยูเรีย หรือแอมโมเนียมซัลเฟต โดยจะให้ผลผลิตระหว่าง 2.1 – 2.3 ตันต่อไร่ แต่แอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปดินติดต่อกัน 3 – 4 ปี จะทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้นกว่าปุ๋ยยูเรีย แต่ปุ๋ยทั้งสองแหล่งต่างก็ทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อใช้ปุ๋ยระยะหนึ่งจะต้องตรวจสอบระดับความเป็นกรดและควรใส่ปูนขาวลงไปดินถ้าระดับความเป็นกรดของดินต่ำกว่า 5.0 โดยควรใส่ปูนขาวก่อนใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เพราะดินเป็นกรดจัดจะทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดน้อยลง สายัณห์ และคณะ (2542) รายงานว่า ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อผลผลิตของหญ้าแพงโกล่า แต่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต ให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าสูงกว่าการใส่ในรูปของยูเรีย

2.6 การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้เกิดประสิทธิภาพ

เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปในดินและประกอบกับความชื้นหรือน้ำในดินปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินจะละลายน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนที่ไปในดินปุ๋ยแต่ละชนิดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนที่ไปในดินได้แตกต่างกันปุ๋ยไนโตรเจนเกือบทุกชนิดละลายน้ำได้ดีเช่นปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตจะละลายภายใน 2-3 วัน ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินจะเปลี่ยนไปในรูปไนเตรต (NO_3^-) สูญเสียไปจากดินได้ง่ายและรวดเร็วพืชสามารถนำไปใช้ได้ไม่ถึง 50 % ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆที่จะกล่าวต่อไปนี้

2.6.1 ปัจจัยด้านภูมิอากาศ

จากการที่พืชมีการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตนั้นมีผลมาจากสภาพภูมิอากาศและชนิดของดินเป็นสำคัญเพราะปัจจัยทั้งสองนี้ถือว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (Nitrogen uptake efficiency) อย่างสำคัญเช่นบริเวณประเทศแถบ เมอร์ดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean) หรือประเทศที่สภาพภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งนั้น จะมีค่าประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนต่ำกว่าประเทศแถบเขตอบอุ่น

2.6.2 ช่วงเวลาของการใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยไนโตรเจนเมื่อใส่ลงในดินอาจจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ (Immobilized) หลังการใส่แต่อาจเป็นเวลานานๆเท่านั้นดังนั้นช่วงเวลาที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนหรือทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนหลังจากการใส่ปุ๋ยให้ตรงกับความต้องการของพืชจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อการดูดใช้ไนโตรเจนของพืชการแบ่งใส่

(Split application) เป็นวิธีการใส่ปุ๋ยที่ถูกนำไปใช้โดยเฉพาะทุ่งหญ้าซึ่งเป็นพืชมีการเก็บเกี่ยวหลายรอบ อาจจะเป็นการเก็บเกี่ยวออกจากแปลงหรือการปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็ม (Grazing) ในแปลงหญ้า กรณีของ วัชพืชการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของ พืชซึ่งจะเป็นการทำให้คุณภาพของผลผลิตมีโปรตีนเพิ่มขึ้น

2.6.3 ระบบการไถและวิธีการใส่ปุ๋ย

ปัจจุบันนี้การเพาะปลูกแบบที่ไม่มีการไถ (Zero-tillage) ได้ปฏิบัติกันทั่วไปโดยเฉพาะเขต พื้นที่เพาะปลูกที่เป็นที่สูง (Upland) ในประเทศต่างๆ ที่การใช้เครื่องจักรเข้าไปทำงานลำบากและมีการขยาย การปฏิบัติไปในสภาพพื้นที่เกษตรทั่วไปเช่นประเทศสหรัฐอเมริกาเพราะการลดค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงใน การเกิดลดการพังทลายของดินแตเมื่อนำมาปฏิบัติรวมกับการใส่ปุ๋ยแล้วโดยเฉพาะหลังการหว่านปุ๋ยไนโตรเจน แล้วไม่มีการไถกลบปรกฏว่ามีการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหย (Volatilization) เกิดขึ้นสำหรับวิธีการใส่ ปุ๋ยนั้นมีการใส่ปุ๋ยในรูปของยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟตโดยอาจมีการปรับเปลี่ยนวิธีการโดยการใส่ปุ๋ยพร้อม กับหยอดเมล็ดเลยเช่นจะเป็นใส่ปุ๋ยแบบโรยเป็นแถว (Banding) หรือใส่ปุ๋ยก่อนหยอดเมล็ด

2.6.4 อัตราที่เหมาะสมและคุณค่าทางเศรษฐศาสตร์

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการเพิ่มผลผลิตนั้น ต้องพิจารณาการคุ้มค่าเศรษฐศาสตร์ด้วยโดย อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนกับผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มไนโตรเจนจนถึงระดับ หนึ่งแล้วผลผลิตจะไม่มีการเพิ่มขึ้นแต่จะลดลงซึ่งหมายถึงถ้ามีการใส่ปุ๋ยเกินระดับนี้ไปแล้วจะทำให้ผลผลิต ลดลงและยังเป็นการเสียค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์

3. วิธีวัดประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ คือ ความสามารถในการเกิดผลในการทำงาน หากพิจารณาในแง่การผลิตประสิทธิภาพ ในการผลิต คือ ผลผลิต ที่ได้ต่อหน่วยของทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่ใช้ สำหรับการใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงให้พืช เจริญเติบโตขึ้น เนื่องจากปุ๋ยมีธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบจึงถือว่าปุ๋ยเป็นวัตถุดิบอย่างหนึ่งซึ่งพืชดูดไปใช้แล้ว ก่อให้เกิดผลผลิต และสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของปุ๋ยได้ สำหรับประโยชน์ที่พืชได้รับจากปุ๋ยอยู่ที่ธาตุ อาหารเป็นองค์ประกอบของปุ๋ยนั้นจะเน้นไปที่ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหาร (Fagria, 1992 และ Prihar *et al.*, 2000)

3.1 ประสิทธิภาพการผลิตพืช (Agronomic efficiency)

ประสิทธิภาพการผลิต คือ ผลผลิตพืชส่วนที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ (Economic production) ซึ่ง เพิ่มขึ้นต่อหน่วยของธาตุอาหาร จึงมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (ผลผลิต) ต่อกิโลกรัม (ธาตุอาหาร) การทดลองใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนกับวัชพืช อาจคำนวณหาประสิทธิภาพการผลิตพืชได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิตพืช (กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน)} = (Y_f - Y_c) / F_n$$

โดยที่	Y_f	=	ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	Y_c	=	ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	F_n	=	อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)

เนื่องจากผลผลิตที่นำมาใช้ในการคำนวณ เป็นผลผลิตที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจหรือนำไปจำหน่ายได้ จึงเรียกประสิทธิภาพการผลิตอีกอย่างว่า ประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ (Economic efficiency) มีข้อสังเกตว่า ประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ

3.2 ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ย

ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารจากปุ๋ย คือ อัตราส่วนของปริมาณธาตุอาหารจากปุ๋ยที่พืชดูดมาได้กับ ปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ หากคูณด้วยร้อยละได้อัตราร้อยละ ซึ่งหมายถึงน้ำหนักของธาตุอาหารที่พืชดูดได้จาก ปุ๋ย เมื่อมีธาตุอาหารในปุ๋ยที่ใส่หนึ่งร้อยหน่วย จากการทดลองใช้ปุ๋ยไนโตรเจน จะคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจน (\%)} = (N_f - N_c) \times 100 / F_n$$

โดยที่	N_f	=	ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)
	N_c	=	ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)
	F_n	=	อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)

สำหรับประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนมาใช้ (Nitrogen recovery) ของพืชที่แตกต่างกันไปตามชนิดของ ดิน อัตราปุ๋ย วิธีการใส่ เวลาของการใส่ปุ๋ย และการจัดการโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย สำหรับพืชในเขต ร้อนมีค่าอัตรา 30-50 เปอร์เซ็นต์ พืชพันธุ์ดีซึ่งให้ผลผลิตสูงอาจดูดปุ๋ยไนโตรเจนมาใช้ได้ 65 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ซึ่งให้ผลผลิตต่ำอาจใช้ได้เพียง 35 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น การจัดการที่ดีและควบคุมศัตรูพืชได้อย่าง เหมาะสมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

3.3 ประสิทธิภาพเชิงสรีระ

ประสิทธิภาพเชิงสรีระคือ ผลผลิตพืชที่ได้ต่อหน่วยของธาตุอาหารจากปุ๋ยที่พืชดูดมาใช้ อาจเรียกว่า ประสิทธิภาพทางชีว (Biological efficiency) ก็ได้ คำนวณประสิทธิภาพเชิงสรีระ (กิโลกรัมผลผลิตต่อ กิโลกรัมไนโตรเจน) อาจคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (กิโลกรัมผลผลิตต่อกิโลกรัมไนโตรเจน)} = (Y_f - Y_c) / (N_f - N_c)$$

โดยที่	Y_f	=	ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	Y_c	=	ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	N_f	=	ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)
	N_c	=	ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่)

ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าสูงสุด เมื่อใส่ปุ๋ยอัตราเหมาะสมให้พืชที่ขาดแคลนธาตุอาหารจนสามารถเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชขึ้นมายู่ที่ระดับวิกฤตขาดแคลน (critical deficiency level) ซึ่งหมายถึงความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อพืชมีการเจริญเติบโต 90 เปอร์เซ็นต์ ของการเจริญเติบโตสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจาก ผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย ($Y_f - Y_c$) จะสูงมาก แต่ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย ($N_f - N_c$) มีน้อย

ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าต่ำถ้าใส่ปุ๋ยอัตราสูงมาก จนพืชสามารถสะสมธาตุอาหารในพืชเพียงพอ (sufficiency range) บริโภคฟุ่มเฟือย (luxury consumption range) หรือเพิ่มขึ้นจนเข้าสู่พิษเป็นพิษ (toxic range) เนื่องจากผลผลิตเพิ่มจากการใส่ปุ๋ย ($Y_f - Y_c$) เกือบเท่ากับกรณีแรก แต่ปริมาณธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย ($N_f - N_c$) สูงกว่ากรณีแรกมาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลผลิต คุณภาพ และประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าเขตร้อนเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ
2. เพื่อหาระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับหญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้าเนเปียร์

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาถึงการตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้าเนเปียร์ เก็บข้อมูลดินเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบ ศึกษาการให้ผลผลิต คุณภาพของผลผลิตหญ้า ศึกษาประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และคำนวณความต้องการไนโตรเจนของหญ้าดังกล่าว

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลการให้ผลผลิต และคุณภาพของหญ้า ข้อมูลการดูแลใช้ประโยชน์และสมดุลปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับการผลิตหญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้าเนเปียร์

2. ได้ข้อมูลประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและความต้องการไนโตรเจนสำหรับ หญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้าเนเปียร์

หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง เช่น มหาวิทยาลัย วิทยาลัยต่าง ๆ
2. กรมปศุสัตว์
3. กรมส่งเสริมการเกษตร
4. กรมวิชาการเกษตร
5. กลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมและเกษตรกรนาหญ้า
6. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรระดับจังหวัด เช่น สหกรณ์จังหวัด ธนาการเพื่อการเกษตร และสหกรณ์การเกษตร เป็นต้น

ทฤษฎีสมมติฐานหรือกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ของโครงการวิจัย

การศึกษาถึงการประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระบบการผลิตปศุสัตว์มีความจำเป็นเนื่องจากกระบวนการจัดการการผลิตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอาจส่งผลกระทบต่อย้อนกลับสู่มนุษย์ และผลผลิตปศุสัตว์สำหรับการบริโภค ซึ่งกระทบโดยตรงกับมนุษย์ ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับการปริมาณและประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อสามารถนำข้อมูลมาปรับใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สถานที่ ชุดดิน และช่วงเวลาดำเนินการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อ. ชะอำ จ. เพชรบุรี ในชุดดินหุบกะพง มีสมบัติของดินก่อนเริ่มต้นการทดลองคือ เนื้อดินเป็นดินทราย ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แอมโมเนียม และ ไนเตรทที่เป็นประโยชน์ มีค่าเท่ากับ 122.89, 0.06 และ 0.04 มก./กก. ตามลำดับ และมีไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 0.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543)

2. แผนการทดลองและสิ่งทดลอง

ในการวางแผนการทดลอง หญ้าแต่ละชนิด (หญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และ หญ้าเนเปียร์) จะเป็นแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) มี 4 ซ้ำ สิ่งทดลอง คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ปุ๋ยยูเรีย; 46-0-0) ในอัตราแตกต่างกัน ได้แก่ 0 (กลุ่มควบคุม), 8, 16,

32 และ 64 กิโลกรัม N ต่อไร่ โดยการใส่ปุ๋ยจะใช้วิธีแบ่งใส่ ได้แก่ ครั้งหนึ่งจะใส่พร้อมกับปุ๋ยรองพื้นครั้งแรก และอีกครึ่งหนึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนๆ ละเท่าๆ กัน และแบ่งใส่ทุกครั้งหลังการตัด โดยการหว่านให้ทั่วแปลง ทำการตัดหญ้าครั้งแรกหลังปลูก 60 วัน หลังจากนั้นตัดหญ้าทุกๆ 30 วัน จำนวน 4 ครั้ง

3. การจัดการแปลงทดลอง

เตรียมดินด้วยการไถพรวน ปรับสภาพแปลงให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้นทำแปลงทดลองขนาด 3×4 ตารางเมตร ยกขอบแปลงสูง 30 เซนติเมตร และกำหนดให้แปลงทดลองแต่ละด้านห่างจากกันอย่างน้อย 1 เมตร เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสิ่งทดลอง ปลูกหญ้าแต่ละชนิดตามคำแนะนำของ กองอาหารสัตว์ (2545) โดยใช้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ระยะปลูก 50×50 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยรองพื้นโดยการหว่านให้ทั่วแปลง ประกอบด้วย ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 20 กิโลกรัม P_2O_5 /ไร่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 20 กิโลกรัม K_2O /ไร่

4. การเก็บตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ทางเคมี

วัตถุดิบ และสุ่มเก็บตัวอย่างหญ้าทั้ง 5 ชนิด (พื้นที่เก็บตัวอย่าง 1 ตารางเมตร) โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง หญ้าชนิดต่างๆ ภายหลังจากปลูกได้ 60 วัน และหลังจากนั้นทุกๆ 30 วัน จำนวน 4 ครั้ง โดยจะตัดหญ้าทั้ง 5 ชนิดที่ความสูง 5 เซนติเมตร จากพื้นดิน นำหญ้าชนิดต่างๆ ที่ได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมาอบด้วยตู้อบชนิด เป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดผ่านตะแกรงที่มีรูขนาด 1 มิลลิเมตร วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้งและโปรตีนหยาบ (AOAC, 1998) และ ผนังเซลล์ (neutral detergent fiber, NDF) และ ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber, ADF) (Van Soest *et al.*, 1991)

5. การคำนวณ และการวิเคราะห์ทางสถิติ

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าแพงโกล่า คำนวณโดยใช้วิธีวัด ประสิทธิภาพการผลิตพืช (agronomic efficiency) หรือประสิทธิภาพผลผลิต (yield efficiency) วิธีวัด ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจน (nitrogen use efficiency, NUE) และวิธีวัดประสิทธิภาพเชิงสรีระ (physiological efficiency) จากปุ๋ย (Fageria, 1992 และ Prihar *et al.*, 2000)

ประสิทธิภาพการผลิตพืช (กิโลกรัมผลผลิต/กิโลกรัมไนโตรเจน) = $(Y_f - Y_c) / F_n$

โดยที่ Y_f = ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)
 Y_c = ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)
 F_n = อัตราปุ๋ย N ที่ใส่ (กิโลกรัม/ไร่)

$$\text{ประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจน (\%)} = (N_f - N_c) \times 100 / F_n$$

โดยที่ N_f = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม N/ไร่)
 N_c = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม N/ไร่)
 F_n = อัตราปุ๋ย N ที่ใส่ (กิโลกรัม N/ไร่)

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (กิโลกรัมผลผลิต/กิโลกรัมไนโตรเจน)} = (Y_f - Y_c) / (N_f - N_c)$$

โดยที่ Y_f = ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)
 Y_c = ผลผลิตพืชที่ได้เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)
 N_f = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม N/ไร่)
 N_c = ไนโตรเจนทั้งหมดในพืชที่ไม่ใส่ปุ๋ย (กิโลกรัม N/ไร่)

วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ของตัวแปรต่างๆ ตามแผนการทดลองแบบสุ่ม
 ตลอดภายในบล็อก เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range
 Test

บทที่ 3

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. หญ้าเนเปียร์แคระ

1.1 ผลผลิตน้ำหนักรากและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แคระ

จากการศึกษาถึงระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักราก และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แคระ (Table 3) พบว่า การตัดครั้งแรกหลังจากการปลูกระดับการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งสูงสุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับการได้รับปุ๋ยอัตรา 32 กิโลกรัม N/ไร่ อย่างไรก็ตาม ที่อัตราการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ หญ้ามีผลผลิตสูงกว่า ($p<0.01$) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่

ในทำนองเดียวกัน การตัดหญ้าเนเปียร์แคระหลังจากการตัดครั้งแรก (regrowth) ทุกๆ 30 วัน หญ้ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยที่ระดับ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับที่ระดับ 32 กิโลกรัม N/ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระดับ ทำให้หญ้ามีผลผลิตสูงกว่า ($p<0.001$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่ำกว่า และกลุ่มควบคุม เมื่อพิจารณาในส่วนของผลผลิตวัตถุดิบแห้งรวม (total yield) หญ้ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งรวมสูงสุดแตกต่าง ($p<0.001$) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่ำกว่า ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นส่งผลให้ การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและจะทำให้น้ำหนักรากของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ มีรายงานว่า หญ้ากีนีสีม่วงที่ปลูกในชุดดินหุบกะพงให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น (จิต และคณะ, 2538 และ สมศักดิ์ และคณะ, 2546) สอดคล้องกับอีกหลายๆ การทดลองที่พบว่า หญ้าอาหารสัตว์จะมีผลผลิตวัตถุดิบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; Rao *et al.*, 2004 และ Faria *et al.*, 1997) อย่างไรก็ตาม การให้ธาตุอาหารแก่พืชหากมีความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสม อาจจะมีผลทำให้ผลผลิตลดลงจนเกิดการตอบสนองที่ลดน้อยถอยลง (diminishing response) ดังนั้น เมื่อธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชผลผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อมีการให้ไนโตรเจนในหน่วยแรก แต่การให้ไนโตรเจนในหน่วยที่ตามมาจะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของผลผลิตค่อยๆ ลดลง (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

ระดับการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้หญ้าเนเปียร์แคระที่อายุในช่วง 60 วันแรก มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบของหญ้าที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 16 และ 32 กิโลกรัม N/ไร่ อย่างไรก็ตาม หญ้ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 กิโลกรัม N/ไร่ นอกจากนี้ระดับการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้หญ้าเนเปียร์แคระที่ตัดทุกๆ 30 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุดแตกต่าง ($p<0.05$) กับการใส่ปุ๋ยที่ระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ซึ่งการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ไนโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมากขึ้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้โปรตีนรวมสูงขึ้น (มุกดา, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาหลายการทดลองที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้โปรตีนของหญ้าเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; เพ็ญศรี และคณะ, 2549; พิสุทธิ์

และคณะ, 2543 และ Rethman and Steenekkamp, 1997) ระดับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF ของหญ้า (กานดา และคณะ, 2549 และ พิสุทธิ และคณะ, 2543)

Table 3. Yield (kg DM/rai) and chemical composition (dry matter basis) of *Pennisetum purpureum* cv Mott received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Nitrogen levels (kg/rai)	Biomass	DM	CP	NDF	ADF
1 st cut (60 days after planting)					
0	617 ^c	20.02	6.62 ^b	72.68	43.82
8	648 ^{bc}	19.49	6.54 ^b	70.21	44.13
16	857 ^{bc}	20.67	8.81 ^{ab}	72.46	42.69
32	897 ^{ab}	18.72	10.32 ^a	72.43	42.38
64	1,148 ^a	17.75	10.63 ^a	70.94	42.95

SEM	84	1.29	0.81	1.30	1.34
Significance	**	Ns	**	Ns	ns
Regrowth (30-day interval)¹					
0	183 ^c	20.95	6.65 ^b	70.15	43.42
8	252 ^b	21.00	6.97 ^b	70.86	44.20
16	268 ^b	22.15	7.27 ^b	69.86	43.08
32	331 ^a	21.94	7.12 ^b	71.62	43.16
64	349 ^a	22.05	8.30 ^a	73.61	45.72
SEM	18	0.83	0.30	1.13	0.70
Significance	***	Ns	*	Ns	ns
Total biomass production					
0	1,350 ^d				
8	1,657 ^{cd}				
16	1,930 ^{bc}				
32	2,221 ^b				
64	2,545 ^a				
SEM	104				
Significance	***				

¹ average from 4 cuts, DM; dry matter, CP; crude protein, NDF; neutral detergent fiber, ADF; acid detergent fiber, SEM; standard error of the mean, N = 4, ***; p<0.001, **; p<0.01, *; p<0.05, ns; non-significance

1.2. ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์แคว

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์แคว ได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตพืชหรือประสิทธิภาพผลผลิต ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย และประสิทธิภาพเชิงสรีระโดยอาศัยการอ้างอิงจากกลุ่มควบคุมแสดงใน Table 4 ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าที่เก็บเกี่ยวได้ (nitrogen in harvested yield) สูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับหญ้าเนเปียร์แควไม่มีผล ($p > 0.05$) ต่อประสิทธิภาพการผลิต ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย และประสิทธิภาพเชิงสรีระของหญ้าเนเปียร์แคว

โดยปกติประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำ แต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพของการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ของพืชนั้นจะมีค่าเฉลี่ยสำหรับพืชเขตร้อนอัตราร้อยละ 30-50 หากเป็นพืชพันธุ์ดีซึ่งให้ผลผลิตสูงอาจดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ได้ถึง 65 % ส่วนประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราเหมาะสมให้กับพืชที่ขาดแคลนธาตุอาหาร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ผลการทดลองนี้ไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Beyaert and Roy (2005) ที่พบว่า หญ้า Sorghum-Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L) Moench] มีความเข้มข้นของไนโตรเจนของหญ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นในหญ้า Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L) (Guillard et

al., 1995) และข้าวโพดอาหารสัตว์ (Nannen et al., 2011) ก็มีการตอบสนองในลักษณะเดียวกันนี้ นอกจากนี้ อุไรวรรณ และคณะ (2554) พบว่า ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าที่ปลูกในชุดดินเดียวกันนี้มีการตอบสนองในลักษณะเดียวกัน

Table 4. Nitrogen in harvested yield (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N), nitrogen use efficiency (%) and physiological nitrogen use efficiency (kg DM/ kg N) of *Pennisetum purpureum* cv Mott received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai)

Items	Nitrogen levels (kg/rai)				SEM	P
	8	16	32	64		
Nitrogen in harvested yield	19.50 ^c	24.06 ^c	31.35 ^b	42.26 ^a	1.65	***
Agronomic efficiency	38.36	36.22	27.22	18.67	5.32	ns
Nitrogen use efficiency	69.12	63.06	54.28	44.19	6.38	ns
Physiological nitrogen use efficiency	55.28	58.06	48.73	41.82	5.44	ns

SEM; standard error of the mean, N = 4, ***; p<0.001, ns; non-significance

2. หญ้า

2.1 ผลผลิตน้ำหนักแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า

จากการศึกษาถึงระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้ง และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า (Table 5) พบว่า ระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลต่อความสามารถในการตั้งตัวของหญ้า โดยสังเกตได้จากการที่หญ้ามีผลผลิตวัตถุแห้งในช่วงการเก็บเกี่ยวครั้งแรกหลังจากปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) อย่างไรก็ตาม ระดับการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นทำให้หญ้ามีการเจริญเติบโตหลังจากการตัดครั้งแรก (regrowth) ดีขึ้น (p<0.05) โดยหญ้าที่มีผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยระดับ 64 กิโลกรัม N/ไร่ แต่

ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับผลผลิตหญ้าที่ระดับ 32 กิโลกรัม N/ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระดับ ทำให้หญ้ามีผลผลิตสูงกว่า ($p<0.05$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นส่งผลให้ การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและจะทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นด้วย ผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อมีการให้ไนโตรเจนในหน่วยแรก แต่การให้ไนโตรเจนในหน่วยที่ตามมาจะมีผลทำให้การเพิ่มขึ้นของผลผลิตค่อยๆ ลดลง

การเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนช่วยให้หญ้าเริ่มขึ้นในช่วง 60 วันแรกของการเจริญเติบโตมีผลทำให้หญ้ามีโปรตีนหยาบเพิ่มขึ้น ($p<0.05$) และทำให้หญ้ามีเปอร์เซ็นต์ผนังเซลล์ลดลง แต่ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ลิกโนเซลลูโลส นอกจากนี้ ระดับการใส่ปุ๋ยสูงสุด (64 กิโลกรัม N/ไร่) มีผลทำให้หญ้าหลังจากการตัดครั้งแรก (regrowth) ทุกๆ 30 วัน มีผลทำให้หญ้ามีโปรตีนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในระดับที่ต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในหญ้า regrowth ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผนังเซลล์ ($p>0.05$)

การเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ไนโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมากขึ้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้โปรตีนรวมสูงขึ้น (มุกดา, 2544)

Table 5. Biomass yield (kgDM/rai) and chemical composition (% DM) of ruzi grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Nitrogen levels	Biomass	DM	CP	NDF	ADF
1st cut (60 days after planting)					
0	494.05	19.63	9.06 ^b	71.67 ^a	45.17
8	536.15	19.23	8.38 ^b	73.15 ^a	47.47
16	523.86	19.37	8.88 ^b	67.85 ^{ab}	45.20
32	548.13	18.74	10.19 ^a	64.34 ^b	42.77
64	534.35	19.43	11.13 ^a	64.93 ^b	45.61
SEM	23.63	0.49	0.34	1.77	1.96
Significance	ns	ns	***	*	ns
Regrowth (30-day interval)¹					
0	158.86 ^c	21.17	7.00 ^c	78.45	45.18
8	183.68 ^c	19.97	6.92 ^c	79.88	47.48
16	212.94 ^{bc}	20.75	7.79 ^b	76.20	45.20
32	265.03 ^{ab}	20.60	7.50 ^b	71.43	47.78
64	296.81 ^a	19.51	8.59 ^a	79.88	43.60
SEM	17.21	0.45	0.15	2.64	1.96
Significance	***	ns	***	ns	ns
Total biomass production					
0	1,129.49 ^b				
8	1,270.87 ^b				
16	1,316.74 ^b				
32	1,608.25 ^a				
64	1,630.54 ^a				
SEM	106.55				
Significance	***				

¹ averaged over 4 cuts, DM; dry matter, CP; crude protein, NDF; neutral detergent fiber, ADF; acid detergent fiber, SEM; standard error of the mean, N = 4, ***; p<0.001, **; p<0.01, *; p<0.05, ns; non-significance

2.2 ประสิทธิภาพการผลิตพืชและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของหญ้าอูฐ

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าซี คำนวนโดยใช้วิธีวัดประสิทธิภาพการผลิตพืช หรือประสิทธิภาพผลผลิต และวิธีวัดประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย โดยอาศัยการอ้างอิงจากกลุ่มควบคุมแสดงใน Table 6 ผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีผลทำให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าที่เก็บเกี่ยวได้ (harvested biomass) สูงขึ้น ($p < 0.05$) ในขณะเดียวกัน ประสิทธิภาพการผลิตของหญ้ารูซี่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม การเพิ่มระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับหญ้ารูซี่ไม่มีผล ($p > 0.05$) ต่ออัตราการดูดใช้ประโยชน์ไนโตรเจนของหญ้า

โดยปกติประสิทธิภาพการผลิตและการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยของหญ้าจะลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้น ปุ๋ยส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปอย่างเปล่าประโยชน์และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผลการทดลองนี้ไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Beyaert and Roy (2005) ที่พบว่า หญ้า Sorghun-Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L) Moench] ความเข้มข้นของไนโตรเจนของหญ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น แต่ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจะลดลง และจะมีค่าต่ำที่สุดในแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยสูงสุด หญ้า Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) (Guillard *et al.*, 1995) และข้าวโพดอาหารสัตว์ (Nannen *et al.*, 2011) ก็มีการตอบสนองในลักษณะนี้ มุกดา (2544) รายงานว่า การสะสมไนโตรเจน และน้ำหนักรากของพืชจะเพิ่มขึ้นตามระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่ง ถ้าหากมีการให้ปุ๋ยในระดับที่เพิ่มมากขึ้นกว่าระดับที่เหมาะสมจะไม่ช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น หรือเพิ่มเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

Table 6. Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of ruzi grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Items	Nitrogen levels				SEM	P
	8	16	32	64		
Nitrogen in harvested grass	15.41 ^b	17.33 ^b	21.35 ^a	24.53 ^a	1.01	***
Agronomic efficiency	20.75 ^a	15.00 ^b	14.50 ^b	9.75 ^c	1.40	**
Nitrogen use efficiency	21.25	23.25	22.75	16.75	2.17	Ns
Physiological nitrogen use efficiency	99.25 ^a	63.25 ^b	65.50 ^b	59.25 ^b	4.40	***

***; $p < 0.001$, **; $p < 0.01$, ns; non-significance, SEM; standard error of the mean, N = 4)

3. หญ้ากินนีสีม่วง

3.1 ผลผลิตน้ำหนักรากและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง

จากการศึกษาถึงระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักราก และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง (Table 7) พบว่า การตัดครั้งแรก (60 วัน หลังจากการปลูก) การใส่ปุ๋ยอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ หญ้าให้ผลผลิตวัตถุดิบสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับการได้รับปุ๋ยอัตรา 32 กิโลกรัม N/ไร่ อย่างไรก็ตาม ที่อัตราการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ หญ้ามีผลผลิตสูงกว่า ($p < 0.001$) กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย

ระดับ 8 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่ นอกจากนี้ การตัดหญ้าหลังจากการตัดครั้งแรก (regrowth) ทุกๆ 30 วัน และผลผลิตวัตถุแห้งรวม (total dry matter production) ให้ผลการศึกษาในทำนองเดียวกันคือหญ้ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยที่ระดับ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุแห้งสูงกว่า ($p>0.001$) หญ้ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับต่ำกว่า และกลุ่มควบคุม ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นส่งผลให้ การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและจะทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ มีรายงานที่ หญ้ากินนีสีม่วงที่ปลูกในชุดดินหุบกะพงให้ผลผลิตวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น (ชิต และคณะ, 2538 และ สมศักดิ์ และคณะ, 2546) สอดคล้องกับอีกหลายๆ การทดลองที่พบว่า หญ้าอาหารสัตว์จะมีผลผลิตวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; Rao *et al.*, 2004 และ Faria *et al.*, 1997)

ระดับการใส่ปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้หญ้ากินนีสีม่วงที่อายุ 60 วัน หลังจากการปลูก และจากการตัด (regrowth) ทุกๆ 30 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p<0.05$) หญ้ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับต่ำกว่า และกลุ่มควบคุม การเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ไนโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมากขึ้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้พืชมีโปรตีนรวมสูงขึ้น (มุกดา, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาหลาย การทดลองที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้โปรตีนของหญ้าเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; เพ็ญศรี และคณะ, 2549; พิสุทธิ และคณะ, 2543 และ Rethman and Steenekamp, 1997) ระดับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผล ($p>0.05$) ต่อเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ NDF และ ADF ของหญ้า (กานดา และคณะ, 2549 และ พิสุทธิ และคณะ, 2543)

Table 7. Dry matter production (kgDM/rai) and chemical composition of guinea grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Nitrogen levels (kg/rai)	Biomass	DM	CP	NDF	ADF
1 st cut (60 days after planting)					
0	626 ^d	26.82	6.22 ^b	72.81	47.84
8	765 ^c	28.29	6.24 ^b	72.67	46.79
16	792 ^{bc}	26.37	6.09 ^b	71.44	46.69
32	926 ^{ab}	23.34	6.36 ^b	70.31	44.74
64	989 ^a	22.60	7.05 ^a	68.60	45.54
SEM	43.52	1.35	0.20	2.53	0.75

Significance	***	ns	*	ns	ns
Regrowth (30-day interval)¹					
0	162 ^c	26.52 ^{ab}	5.46 ^c	82.82	50.67
8	190 ^{bc}	28.52 ^a	5.54 ^c	83.72	50.20
16	232 ^b	26.95 ^{ab}	7.23 ^b	82.66	50.90
32	220 ^b	24.52 ^b	7.60 ^b	85.14	50.03
64	294 ^a	26.87 ^{ab}	9.74 ^a	83.37	50.05
SEM	13.15	0.77	0.53	1.42	0.67
Significance	***	*	***	ns	ns
Total biomass production					
0	1,273 ^d				
8	1,525 ^c				
16	1,721 ^b				
32	1,807 ^b				
64	2,164 ^a				
SEM	41.97				
Significance	***				

¹ average from 4 cuts, ***, p<0.001, **, p<0.01, *, p<0.05, ns; non-significance

3.2 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้ากินนีสีม่วง

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้ากินนีสีม่วง ได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตพืชหรือประสิทธิภาพผลผลิต ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย และประสิทธิภาพเชิงสรีระโดยอาศัยการอ้างอิงจากกลุ่มควบคุมแสดงใน Table 8 ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าที่เก็บเกี่ยวได้ (nitrogen in harvested yield) สูงกว่า (p< 0.001) กลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า ผลการทดลองนี้ไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Beyaert and Roy (2005) ที่พบว่า หญ้า Sorghum-Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L) Moench] มีความเข้มข้นของไนโตรเจนของหญ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในส่วนของการผลิต (agronomic efficiency) ของหญ้ากินนีสีม่วงกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่ ไม่แตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระดับดังกล่าวมีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ นอกจากนี้ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย (nitrogen use efficiency) ของหญ้ากินนีสีม่วงมีค่าสูงที่สุดเมื่อได้หญ้าได้รับปุ๋ยที่ระดับ 8 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่าง (p<0.001) กันกับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับสูงกว่า อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพเชิงสรีระ (physiological nitrogen use efficiency) ของหญ้ากินนีสีม่วงจากการศึกษาไม่มีความแตกต่างกัน (p>0.05) ในทุกระดับของการใส่ปุ๋ย

โดยปกติประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำแต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพของการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ของพืช แตกต่างกันไปตามชนิดดิน อัตราปุ๋ย วิธีการใส่ เวลาของการใส่ปุ๋ย และการจัดการโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยสำหรับพืชเขตร้อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30-50 หากเป็นพืชพันธุ์ดีซึ่งให้ผลผลิตสูงอาจดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ได้ถึง 65 เปอร์เซ็นต์ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) Guillard *et al.* (1995) พบว่า ข้าวโพด และ Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) จะมีค่าประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าลดลงจาก 50 % เหลือเพียง 17 % และจาก 54 % เหลือเพียง 29 % ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจาก 112 กิโลกรัม N/ha เป็น 448 กิโลกรัม N/ha ตามลำดับ และข้าวโพดอาหารสัตว์ (Nannen *et al.*, 2011) ก็มีการตอบสนองในลักษณะเช่นเดียวกันนี้ กานดา และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของหญ้ามูลาโตที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 0, 20, 40, 60, และ 80 กิโลกรัม N/ไร่ พบว่า หญ้ามูลาโตที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 20 กิโลกรัม N/ไร่ มีประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ อุไรวรรณ และคณะ (2554) พบว่า หญ้ารุชีที่ปลูกในชุดดินหุบกะพง เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการใส่ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนก็จะมีผลไปในทิศทางเดียวกัน

ประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ลดลงนั้นอาจแสดงถึงการตกค้างของไนเตรตและการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแก๊ส (gaseous loss or denitrification) (Horgan *et al.*, 2002) นอกจากนี้สารอนุพันธ์จากปุ๋ยส่วนหนึ่งที่อาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ Santamaria (2006) รายงานว่า ไนเตรตปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ของไนเตรตที่มนุษย์บริโภคทั้งหมดในแต่ละครั้ง จะเปลี่ยนเป็นสารพิษที่ก่ออันตรายกับร่างกาย โดยพบว่า ระดับไนเตรตในอาหารหรือน้ำดื่มมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่า ยังเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโรคเบาหวานที่เนื่องด้วยความผิดปกติของฮอร์โมนอินซูลินในเด็ก และอีกหลายๆ ความผิดปกติที่เกิดจากระดับไนเตรตในอาหารที่สูงเกินไป

Table 8. Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic nitrogen use efficiency (kg DM/kg N) and fertilizer nitrogen use efficiency (%) and physiological nitrogen use efficiency (kg DM/kg N) of guinea grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kgN/rai).

Items	Nitrogen levels (kg/rai)				SEM	P
	8	16	32	64		
Nitrogen in harvested grass	15.16 ^d	16.59 ^c	18.02 ^b	22.34 ^a	0.34	***
Agronomic nitrogen use efficiency	31.53 ^a	28.01 ^a	16.69 ^b	13.92 ^b	1.13	***
Fertilizer nitrogen use efficiency	34.48 ^a	26.20 ^b	17.56 ^c	15.52 ^c	1.72	***
Physiological nitrogen use efficiency	94.37	108.58	97.48	89.93	7.86	ns

***; p<0.001

4. หย้าแพงโกล่า

4.1 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของหย้าแพงโกล่า

จากการศึกษาถึงระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักรากแห้งและองค์ประกอบทางเคมีของหย้าแพงโกล่า (Table 9) พบว่า การตัดหญ้าครั้งแรกหลังจากการปลูกระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับผลผลิตหญ้าที่ระดับ 16 และ 32 กิโลกรัม N/ไร่ การใส่ปุ๋ยที่ระดับ 16 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตหญ้าไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยระดับ 8 กิโลกรัม N/ไร่ และการไม่ใส่ปุ๋ยหญ้าให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยระดับต่ำสุด (8 กิโลกรัม N/ไร่) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยระดับ 16, 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้หย้าแพงโกล่ามีผลผลิตสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ($p<0.01$)

การเพิ่มผลผลิตพืชขึ้นระดับธาตุอาหารพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งอย่างไรก็ตามการให้ธาตุอาหารแก่พืชหากมีความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสมอาจทำให้ผลผลิตพืชมีการตอบสนองที่ลดน้อยถอยลง (diminishing response) เมื่อธาตุไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนั้นผลผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อพืชได้รับไนโตรเจนในหน่วยแรก แต่การให้ไนโตรเจนในหน่วยที่ตามมาอาจจะส่งผลทำให้การเพิ่มขึ้นของผลผลิตค่อยๆ ลดลงได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) กานดา และคณะ (2549) ศึกษาการปลูกหญ้ามูลาใต้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมาในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบว่าผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของหญ้ามูลาใต้สูงสุดที่ระดับปุ๋ย 60 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่เมื่อเพิ่มไนโตรเจนเป็น 80 กก.N/ไร่ ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของหญ้าไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับการใส่ปุ๋ยระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม

ระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งของหญ้าที่ตัดทุกๆ 30 วัน (regrowth) และผลผลิตน้ำหนักรากแห้งรวม (total biomass production) ของหญ้ามียาเฉลี่ยสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นส่งผลให้ การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและจะทำให้ น้ำหนักรากแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นด้วย หญ้ากีนีสีม่วงที่ปลูกศึกษาทดลองในศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีในชุดดินหุบกะพงซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ หญ้ากีนีสีม่วงให้ผลผลิตวัตถุดิบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น (จิต และคณะ, 2538; สมศักดิ์ และคณะ, 2546) สอดคล้องกับอีกหลายๆ การทดลองที่พบว่าหญ้าชนิดต่างๆ จะมีผลผลิตวัตถุดิบแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; Rao *et al.*, 2004 และ Faria *et al.*, 1997)

หย้าแพงโกล่าที่การตัดครั้งแรกหลังจากการปลูกมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบไม่แตกต่างกัน ส่วนการตัดหลังจากตัดครั้งแรกที่อายุทุกๆ 30 วัน พบว่าระดับปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้หย้าแพงโกล่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงที่สุดโดยมีค่าเป็น 7.42 ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 32 กิโลกรัม N/ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ระดับทำให้หญ้ามียาเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า ($p<0.001$) กลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม ซึ่งการเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ไนโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมาก

ชั้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้โปรตีนรวมของพืชสูงขึ้น (มุกดา, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาหลายการทดลองที่พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้โปรตีนของหญ้าเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; เพ็ญศรี และคณะ, 2549; พิสุทธิ และคณะ, 2543; อุไรวรรณ และคณะ, 2554; Rethman *et al.*, 1997)

Table 9. Biomass production (kgDM/rai) and chemical composition of pangola grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Nitrogen levels	Biomass	DM	CP	NDF	ADF
1st cut (60 days after planting)					
0	368 ^c	24.69	6.24	76.57 ^{ab}	36.67 ^b
8	414 ^{bc}	23.50	5.99	72.03 ^c	45.92 ^{ab}
16	500 ^{ab}	24.76	6.51	75.81 ^{abc}	51.12 ^a
32	584 ^a	23.61	6.52	78.79 ^a	50.63 ^a
64	590 ^a	25.73	6.77	73.66 ^{bc}	43.40 ^{ab}
SEM	36	0.90	0.29	1.18	2.87
Significance	**	ns	ns	*	*
Regrowth (30-day interval)¹					
0	155 ^c	25.73	5.56 ^b	75.05	48.11
8	237 ^{bc}	25.60	5.86 ^b	74.30	48.14
16	260 ^b	25.97	6.17 ^b	76.93	47.12
32	263 ^b	26.68	7.16 ^a	75.49	48.55
64	393 ^a	27.27	7.42 ^a	77.90	50.11
SEM	29	0.55	0.26	1.71	2.75
Significance	**	ns	***	ns	ns
Total biomass production					
0	987 ^c				
8	1,363 ^{bc}				
16	1,540 ^b				
32	1,637 ^b				
64	2,162 ^a				
SEM	124				
Significance	***				

¹ average from 4 cuts, ***, p<0.001, **, p<0.01, *, p<0.05, ns; non-significance

4.2 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าแพงโกล่า

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าแพงโกล่าได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตพืช หรือประสิทธิภาพผลผลิต ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยและประสิทธิภาพเชิงสรีระโดยอาศัยการอ้างอิงจากกลุ่มควบคุมแสดงใน Table 10 ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในหญ้าที่เก็บเกี่ยวได้ (nitrogen in harvested biomass) สูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการผลิต (agronomic nitrogen use efficiency) ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย (fertilizer nitrogen use efficiency) และประสิทธิภาพเชิงสรีระ (physiological nitrogen use efficiency) ของหญ้าแพงโกล่ามีค่าสูงที่สุดในกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 8 กิโลกรัม N/ไร่ ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ย 16 กิโลกรัม N/ไร่ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยในระดับ 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่

โดยปกติประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำแต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพของการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ของพืช แตกต่างกันไปตามชนิดดิน อัตราปุ๋ย วิธีการใส่ เวลาของการใส่ปุ๋ย และการจัดการโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยสำหรับพืชเขตร้อนมีค่าอยู่ประมาณ 30-50 % หากเป็นพืชพันธุ์ดีซึ่งให้ผลผลิตสูงอาจดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ได้ถึง 65 % ส่วนประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราเหมาะสมให้กับพืชที่ขาดแคลนธาตุอาหาร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ผลการทดลองนี้ไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Beyaert and Roy (2005) ที่พบว่า หญ้า Sorghun-Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L) Moench] มีความเข้มข้นของไนโตรเจนของหญ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น Guillard *et al.* (1995) พบว่า ข้าวโพดและ Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) จะมีค่าประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าลดลงจาก 50 % เหลือเพียง 17 % และจาก 54 % เหลือเพียง 29 % ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจาก 112 กิโลกรัม N/ha เป็น 448 กิโลกรัม N/ha และข้าวโพดอาหารสัตว์ (Nannen *et al.*, 2011) ก็มีการตอบสนองในลักษณะนี้ กานดา และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของหญ้ามูลาไต้ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 0, 20, 40, 60, และ 80 กิโลกรัม N/ไร่ พบว่าหญ้ามูลาไต้ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 20 กิโลกรัม N/ไร่ มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ อุไรวรรณ และคณะ (2554) พบว่า หญ้ารูซี่ที่ปลูกในชุดดินหุบกะพง เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนก็จะมีผลไปในทิศทางเดียวกัน

ประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ลดลงนั้นอาจแสดงถึงการตกค้างของไนเตรตและการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแก๊ส (gaseous loss or denitrification) (Horgan *et al.*, 2002) นอกจากนี้สารอนุพันธ์จากปุ๋ยส่วนหนึ่งอาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์

Table 10. Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of pangola grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kgN/rai).

Items	Nitrogen levels				SEM	P
	8	16	32	64		
Nitrogen in harvested grass	12.73 ^b	15.61 ^b	17.54 ^b	25.53 ^a	1.87	**
Agronomic nitrogen use efficiency	46.96 ^a	34.52 ^{ab}	20.29 ^{bc}	18.35 ^c	4.48	**
Fertilizer nitrogen use efficiency	47.96 ^a	42.01 ^{ab}	27.04 ^b	26.00 ^b	6.06	*
Physiological nitrogen use efficiency	102.68 ^a	82.57 ^{ab}	72.54 ^b	71.42 ^b	6.35	*

**; $p < 0.01$, *; $p < 0.05$

5. หญ้าเนเปียร์

5.1 ผลผลิตน้ำหนักรวมและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์

จากการศึกษาถึงระดับของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักรวม และองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ (Table 11) พบว่า การตัดครั้งแรกหลังจากการปลูก ระดับการใส่ปุ๋ย 32 กิโลกรัม N/ไร่ ให้ผลผลิตวัตถุดิบสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับการได้รับปุ๋ยอัตรา 64 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่ อย่างไรก็ตาม ระดับปุ๋ยทั้ง 3 ระดับให้ผลผลิตวัตถุดิบของหญ้าเนเปียร์แตกต่าง ($p < 0.05$) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 8 กิโลกรัม N/ไร่ เนื่องจากธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่จำกัดการเจริญเติบโตของหญ้า ดังนั้นเมื่อเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่หญ้าจึงทำให้หญ้าเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นสูงสุด แต่การให้ไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปความต้องการอาจจะส่งผลทำให้การเพิ่มขึ้นของผลผลิตหญ้าน้อยลงได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) กานดา และคณะ (2549) ศึกษาการปลูกหญ้าหมูลาไต้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมาในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรวมเฉลี่ยของหญ้าหมูลาไต้สูงสุดที่ระดับปุ๋ย 60 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับกลุ่มควบคุม แต่ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนระดับ 80 กิโลกรัม N/ไร่

ระดับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 64 กิโลกรัม N/ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตวัตถุดิบของหญ้าที่ตัดทุกๆ 30 วัน (regrowth) ของหญ้ามียาเฉลี่ยสูงที่สุดแตกต่าง ($p < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำกว่าและกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ผลผลิตน้ำหนักรวม (total biomass production) ของหญ้าเนเปียร์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดที่ระดับปุ๋ย 64 กิโลกรัม N/ไร่ และไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 32 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่าง ($p < 0.05$) กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 และ 16 กิโลกรัม N/ไร่

Table 11. Biomass production (kg DM/rai) and chemical composition of Napier grass received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Nitrogen levels (kg/rai)	Biomass	DM	CP	NDF	ADF
1 st cut (60 days after planting)					
0	689 ^b	20.74 ^a	7.22 ^b	70.51	42.62
8	622 ^b	19.23 ^{ab}	6.72 ^b	73.38	44.27
16	1,038 ^a	20.23 ^a	7.62 ^b	70.98	43.83
32	1,128 ^a	16.81 ^c	7.71 ^b	68.79	43.51

64	934 ^a	18.05 ^{bc}	14.11 ^a	68.59	40.69
SEM	75	0.63	0.74	1.40	0.98
Significance	**	**	***	ns	ns
Regrowth (30-day interval)¹					
0	174 ^c	19.75	5.15 ^b	67.19	43.44 ^{ab}
8	212 ^{bc}	19.94	5.06 ^b	66.03	43.95 ^a
16	208 ^{bc}	18.67	5.63 ^b	65.42	42.20 ^{bc}
32	250 ^b	18.77	5.05 ^b	67.62	43.71 ^a
64	331 ^a	18.24	7.24 ^a	68.09	41.60 ^c
SEM	19	1.13	0.39	2.79	0.46
Significance	***	ns	**	ns	*
Total biomass production					
0	1,387 ^c				
8	1,469 ^c				
16	1,870 ^b				
32	2,125 ^a				
64	2,257 ^a				
SEM	64				
Significance	***				

¹ average from 4 cuts, DM; dry matter, CP; crude protein, NDF; neutral detergent fiber, ADF; acid detergent fiber, SEM; standard error of the mean, N = 4, ***; p<0.001, **; p<0.01, *; p<0.05, ns; non-significance

ยงยุทธ และคณะ (2551) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นส่งผลให้ การแตกแขนงของพืชเพิ่มขึ้นและจะทำให้น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้นด้วย หญ้ากีนีสีม่วงที่ปลูกศึกษาทดลองในศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีในชุดดินหุบกะพงซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ หญ้ากีนีสีม่วงให้ผลผลิตวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น (ชิต และคณะ, 2538; สมศักดิ์ และคณะ, 2546) และสอดคล้องกับอีกหลายๆ การทดลองที่พบว่าหญ้าชนิดต่างๆ จะมีผลผลิตวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; Rao *et al.*, 2004 และ Faria *et al.*, 1997)

หญ้าเนเปียร์ที่การตัดครั้งแรกและการตัดหลังจากตัดครั้งแรกที่อายุทุกๆ 30 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุดเมื่อได้รับปุ๋ยระดับ 64 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่าง (p<0.05) กับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับต่ำกว่า การเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อยกระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในดินมีผลทำให้พืชสามารถดูดใช้และสะสมธาตุไนโตรเจนในเนื้อเยื่อได้มากขึ้นเป็นการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่พืช ไนโตรเจนที่พืชได้รับเพิ่มมากขึ้นนั้นจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์โปรตีนทำให้โปรตีนรวมของพืชสูงขึ้น (มุกดา, 2544) สอดคล้องกับการศึกษาหลายการทดลองที่พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนทำให้โปรตีนของหญ้าเพิ่มขึ้น (ศศิธร และคณะ, 2541; เพ็ญศรี และคณะ, 2549; พิสุทธิ และคณะ, 2543; อุไรวรรณ และคณะ, 2555 และ Rethman *et al.*, 1997)

5.2 ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ ประสิทธิภาพการผลิตพืชหรือประสิทธิภาพผลผลิต (agronomic nitrogen use efficiency) ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ย (fertilizer nitrogen use efficiency) และประสิทธิภาพเชิงสรีระ (physiological nitrogen use efficiency) โดยอาศัยการอ้างอิงจากกลุ่มควบคุมแสดงใน Table 12 ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 64 กิโลกรัม N/ไร่ ทำให้ปริมาณโปรตีนในหญ้าที่เก็บเกี่ยวได้ (nitrogen in harvested yield) สูงที่สุด แตกต่าง ($p < 0.05$) กับกลุ่มกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพการผลิต ของหญ้าเนเปียร์มีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 16 กิโลกรัม N/ไร่ ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 32 กิโลกรัม N/ไร่ แต่แตกต่าง ($p < 0.05$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยของหญ้าเนเปียร์มีค่าสูงสุดที่ระดับปุ๋ย 16 กิโลกรัม N/ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) กับกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยระดับ 8, 32 และ 64 กิโลกรัม N/ไร่ ส่วนประสิทธิภาพเชิงสรีระของหญ้าเนเปียร์ไม่พบความแตกต่าง ($p > 0.05$) ระหว่างสิ่งทดลอง

โดยปกติประสิทธิภาพการผลิตพืชจะสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตราต่ำแต่เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นเรื่อยๆ ประสิทธิภาพของการผลิตพืชจะมีค่าลดลงตามลำดับ สำหรับประสิทธิภาพการดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ของพืช แตกต่างกันไปตามชนิดดิน อัตราปุ๋ย วิธีการใส่ เวลาของการใส่ปุ๋ย และการจัดการโดยทั่วไป อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยสำหรับพืชเขตร้อนมีค่าอยู่ประมาณ 30-50 % หากเป็นพืชพันธุ์ดีซึ่งให้ผลผลิตสูงอาจดูดธาตุไนโตรเจนมาใช้ได้ถึง 65 % (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ผลการทดลองนี้ไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Beyaert and Roy (2005) ที่พบว่า หญ้า Sorghum-Sudan grass [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] มีความเข้มข้นของไนโตรเจนของหญ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น Guillard *et al.* (1995) พบว่า ข้าวโพดและ Orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) จะมีค่าประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนลดลงตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าลดลงจาก 50 % เหลือเพียง 17 % และจาก 54 % เหลือเพียง 29 % ตามลำดับ เมื่อใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้นจาก 112 กิโลกรัม N/ha เป็น 448 กิโลกรัม N/ha และข้าวโพดอาหารสัตว์ (Nannen *et al.*, 2011) ก็มีการตอบสนองในลักษณะนี้ กานดา และคณะ (2549) ศึกษาประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยของหญ้ามูลาไต้ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 0, 20, 40, 60, และ 80 กิโลกรัม N/ไร่ พบว่าหญ้ามูลาไต้ที่ได้รับปุ๋ยอัตรา 20 กิโลกรัม N/ไร่ มีประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนสูงสุด และเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลดลง นอกจากนี้ อุไรวรรณ และคณะ (2554) พบว่า หญ้ารูซี่ที่ปลูกในชุดดินหุบกะพง เมื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนก็จะมีผลไปในทิศทางเดียวกัน

ประสิทธิภาพการดูดใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ลดลงนั้นอาจแสดงถึงการตกค้างของไนเตรตและการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแก๊ส (gaseous loss or denitrification) (Horgan *et al.*, 2002) นอกจากนี้สารอนุพันธ์จากปุ๋ยส่วนหนึ่งอาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Santamaria, 2006)

Table 12. Nitrogen in harvested grass (kg N/rai), agronomic efficiency (kg DM/kg N) and nitrogen use efficiency (%) of Napier grass grown on Hub-Kapong soil series and received different levels of nitrogen fertilizer (kg N/rai).

Items	Nitrogen levels (kg/rai)				SEM	P
	8	16	32	64		
Nitrogen in harvested grass	13.64 ^c	20.81 ^b	21.89 ^b	31.78 ^a	0.51	***
Agronomic nitrogen use efficiency	10.28 ^b	30.22 ^a	23.09 ^a	13.60 ^b	2.53	**
Fertilizer nitrogen use efficiency	17.43 ^c	53.53 ^a	30.14 ^b	30.52 ^b	2.85	***
Physiological nitrogen use efficiency	65.80	56.56	76.15	44.52	8.64	ns

SEM; standard error of the mean, N = 4, ***; p<0.001, **; p<0.01, ns; non-significance

บทที่ 4

สรุปผลโครงการ

จากผลการวิจัยเพื่อหาระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการผลิตหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อน 5 ชนิด ได้แก่ หญ้าเนเปียร์แคระ หญ้ารุชี หญ้ากินนีสีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้าเนเปียร์ ที่ปลูกในชุดดินหุบกระพง สรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับสูงขึ้นทำให้หญ้ามีผลผลิตรวมและผลผลิตโปรตีนของหญ้าอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในภาพรวมโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตราระหว่าง 16-32 กก.N/ไร่ หรือคิดเป็นปุ๋ยยูเรียประมาณ 35-70 กก./ไร่ โดยแบ่งปุ๋ย 50 เปอร์เซ็นต์ ใส่พร้อมปลูกและที่เหลือแบ่งใส่ทุกครั้งหลังตัด ซึ่งจะได้ผลผลิตหญ้าที่อยู่ในระดับดี มีคุณค่าทางโภชนาสูง และมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2545. หญ้าแพงโกล่า กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. 27 หน้า
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. รายงานการจัดการดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ : กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. 2545. หญ้ารัฐ. เอกสารคำแนะนำ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. 2552. เอกสารหมายเลข 2 คู่มือวิทยาการสำหรับเจ้าหน้าที่ หมู่บ้าน
หลักถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านอาหารสัตว์. 50 หน้า
- กานดา นาคมนิ, ฉายแสง ไผ่แก้ว และ แพรวพรรณ เครือมังกร. 2549. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างกันที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์และคุณภาพของหญ้ามูลาได้. รายงานผลงานวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 271-284.
- ฉลภา พัทธสินสุข, ญุฑาณ โคตรพรหม , วารุณี พานิชผล และ วรณา อ่างทอง. 2550.
การประเมินคุณค่าทางโภชนาการของหญ้าแพงโกล่าแห้ง. รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2550 กรมปศุสัตว์กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 222 – 233.
- ชิต ยุทธวรวิทย์, จุริรัตน์ สุจิตพานนท์, เกียรติศักดิ์ กล้าเอม และ พูลศรี ศุภระจิ. 2538. ความถี่ของการตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้างินนีสีม่วง. รายงาน
ผลงานวิจัยประจำปี 2538. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. 7 หน้า
- ทิพา บุญยะวิโรจ, จิระวัชร เข้มสวัสดิ์, แสงอรุณ สมุทรักษ์, สุมาลี ไหลรุ่งเรือง, อภิชาติ สุตিকা และ อัจฉรา
มาศพันธุ์. 2535. การตอบสนองต่อปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้ามอริซัส และหญ้านาเปียร์
ภายใต้ระบบการชลประทานในดินชุดราชบุรี. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2534. กองอาหารสัตว์
กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 303 – 316.
- ประสิทธิ์ วิไลพล. 2510. อิทธิพลของอายุการตัดในระยะต่างๆ กันที่มีต่อผลผลิตของหญ้านาเปียร์และ
ลูกผสมเนเปียร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ. 2534. อิทธิพลของชนิดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบ
ทางเคมีของหญ้างินนีและหญ้าขนที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสนในสภาพไร่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิสุทธิ สุขเกษม, กมลทิพย์ ดำคงเพชร และภิรมย์ บัวแก้ว. 2543. การตอบสนองต่อปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจน
ของหญ้างินนีแลน้อย. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2543 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. หน้า 35-50.
- เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์, อิทธิพล เผ่าไพศาล และประเสริฐ โพธิ์จันทร์. 2549. ผลของช่วงเวลาในการตัดและอัตรา
ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของหญ้านาเปียร์และการจัดการแบบ

- ประณีต. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2549 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 52-67.
- มณีนรัตน์ รักษาชนม์. 2550. การผลิตอาหารหยาบผสมที่มีหญ้าธูปช้างแห้งหรือฟางข้าวเป็นหลักเป็นอาหารชั้นสำหรับโคในระดับปานกลาง. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. โอเดียนสโตร์: กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิรัช สุขสรอายุ, ประเสริฐศักดิ์ นันทมขื่น, และจีระพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. 2542. ผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ต่างๆ อิทธิพลของระยะตัดที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 สายพันธุ์ ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 41-53
- ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมณี, วิรัช สุขสรอายุ และ อุดร ศรีแสง. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตหญ้าชิกแนลลอนในชุดดินปากช่อง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2541 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 229-242.
- สนทยา มูลศรีแก้ว. 2548. คุณค่าทางโภชนาและการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของหญ้าธูปช้างสำหรับโค. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สมศักดิ์ เกาทอง, วีระศักดิ์ จิโนแสง และ อานูภาพ เสี่ยงสาย. 2546. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญากินนิ่มม่วงในชุดดินหุบกะพง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี พ.ศ. 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 83-101.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 534 หน้า
- สายัณห์ ทัดศรี, นิพนธ์ ภาชนะวรรณ, นิรันดร์ บำรุง และหยาง เจิ้งไฉ. 2541. ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าซีพีแพงโกล่า ภายใต้สภาพการจัดการแตกต่างกัน. ผลกระทบของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและความถี่ของการตัด ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 32 : 21 – 32.
- สายัณห์ ทัดศรี, สุวนารถ สุขขะเกตุ และ อภิพรณ พุกภักดี. 2539. ผลผลิตและคุณภาพ ของหญ้าเลี้ยงสัตว์เขตร้อนบางชนิด. วิทยาศาสตร์. 30 : 239-302
- สุวนารถ สุขขะเกตุ. 2537. อิทธิพลของความถี่ในการตัดต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าชนิดที่มีลักษณะการเจริญเติบโตแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ, จีระศักดิ์ ขอบแต่ง และสมศักดิ์ เกาทอง. 2554. ผลผลิตองค์ประกอบทางเคมีและประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของหญ้าธูปช้างที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่างๆ. ประชุมวิชาการ ครั้งที่ 8 วันที่ 8-9 ธันวาคม 2554 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. หน้า 77-83.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis . 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Beyaert, R. P. and R. C. Roy. 2005. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage Sorghum-Sudangrass yield and nitrogen use. Agron. J. 97: 1493-1501.

- Enoh, M. B., C. Kijora. K. J., Peters and S. Yonkeu. 2005. Effect of stage of harvest on DM yield, nutrient content, *in vitro* and *in situ* parameters and their relationship of native and *Brachiaria* grasses in the Adamawa Plateau of Cameroon. *Livestock Research for Rural Development* 17(1).
- Fageria, N.K. 1992. *Maximizing Crop Yields*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Faria, J.R., Gonzalez, B. and Faria, J. 1997. Effect of N and P on yield and swards of dwarf elephant grass *Pennisetum purpureum* cv. Mott. In: *Proceedings of the XVII international Grassland Congress*, Canada.
- Guillard, K., Griffin, G.F., Allinson, D.W., Rafey, M.M., Yamartino, W.R. and Pietrzyk, S.W. 1995. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U.S. Northeast: I. Dry matter yield, N uptake, apparent N recovery, and N use efficiency. *Agron. J.* 87:193–199.
- Horgan, B. P., Branham, B. E. and Mulvaney, R. L. 2002. Direct measurement of denitrification using ¹⁵N-labeled fertilizer applied to turfgrass. *Crop Science*, 42,1602–1610.
- Munoz, G. R., Powel, U. M. and Kelling, K. A. 2003. Nitrogen budget and soil N dynamics after multiple applications of unlabeled or ¹⁵Nitrogen-enriched dairy manure. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67,817–825.
- Nannen, D. U., Herrmann, A., Loges, R., Dittert, K. and Taube, F. 2011. Recovery of mineral fertilizer N and slurry N in continuous silage maize using the N-15 and difference methods. *Nutr. Cycl. Agroecosys* 89:269-280.
- Pongtongkam, P., S. Nilratnisakorn, S. Piyachoknakul, A. Thongpan, J. Aranananth, K. Kowitwanich and S. Tadsri. 2005. Inducing Salt Tolerance in Purple Guinea Grass (*Panicum maximum* TD58) via Gamma Irradiation and Tissue Culture. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)*. 39 : 681 – 688.
- Prihar, S.S., Gajri, P.R., Benbi, D.K. and Arora, V.K. 2000. *Intensive Cropping Efficient Use of Water, Nutrients and Tillage*. Food Products Press. New York.
- Rao, I. M., Miles, J. W., Plazas, C., Ricaurte, J. and Garcia, R. 2004. Genotypic variation in dry season Tolerance in *Brachiaria* accessions and hybrids in the Llanos of Colombia. *CIAT-IP 5 Annual Report 2004*. International Center for Tropical Agriculture .p. 86.
- Rethman, N. F. G. and Steenekamp, W. A. J. 1997. Nutritive value of guinea grass cultivars in the winter as influenced by nitrogen fertilization. In: *Proceedings of the XVII international Grassland Congress*, Canada. p. 17-1-17-2
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *J Sci. Food Agric.* 86:10–17.
- Tudsri, S., Pooreesrisak, S., Somprasit, P. and Witayanuparmyuenyoung. 1988. Nitrogen fertilizer responses of pasture grasses in Muak Lek area. *Thai. J. Soil and Fert.* 8 : 125 – 133.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral

detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74 : 3583-3597.

ภาคผนวก

เอกสารพิมพ์เผยแพร่

ประวัติผู้วิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ

การศึกษา

ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่

ประวัติการทำงาน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยศิลปากร (พ.ศ. 2547-ปัจจุบัน)

หัวข้อที่สนใจ

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการทรัพยากรดิน

2. อาจารย์พิรวิทย์ เชื้อวงษ์บุญ

การศึกษา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพสัตวแพทย์ โรงเรียนสัตวแพทย์ กรมปศุสัตว์ 2535-2536

ศิลปศาสตรบัณฑิต (รัฐศาสตร์) ม.รามคำแหง 2537-2540

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการเพาะขยายพันธุ์สัตว์) ม.มหิดล 2539-2541

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สัตวศาสตร์) ม.ขอนแก่น 2541-2544

ประวัติการทำงาน

อาจารย์ประจำสาขาวิชาสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร (พ.ศ. 2546-ปัจจุบัน)

หัวข้อที่สนใจ

สรีรวิทยาระบบสืบพันธุ์

3. รองศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ ประสานพานิช

การศึกษา

ปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาโท	M.Agr.St. (Tropical Dairy Production) The University of Queensland ประเทศ Australia (ทุนรัฐบาลออสเตรเลีย)
ปริญญาเอก	วท.ด. (สัตวศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)

ประวัติการทำงาน

อาจารย์ประจำคณะเกษตร ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
(พ.ศ. 2537-ปัจจุบัน)

หัวข้อที่สนใจ

จัดการฟาร์มและการปรับปรุงระบบการผลิตโคนม และการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์เพื่อลด
ต้นทุนการผลิตนมดิบ

4. นายสมศักดิ์ เกาทอง

การศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปริญญาโท เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ประวัติการทำงาน

ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี อ. ชะอำ จ. เพชรบุรี (2552-2554)

หัวหน้ากลุ่มพัฒนาระบบและจัดการอาหารสัตว์ (2554-ปัจจุบัน)

หัวข้อที่สนใจ

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชอาหารสัตว์และ การเพิ่มศักยภาพการจัดการอาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ของเกษตรกรรายย่อย

5. นายจิระศักดิ์ ขอบแต่ง

การศึกษา

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) เกียรตินิยมอันดับ 1 สาขาวิชาสัตวศาสตร์

	คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่
ปริญญาโท	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะทรัพยากรธรรมชาติ
	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ (ทุน สวทช)
ปริญญาโท	MSc. Animal Production Systems, Wageningen University and Research Center, The Netherlands (ทุน กพ.)

ประวัติการทำงาน

นักวิชาการสัตวบาล (พ.ศ. 2547-ปัจจุบัน)

หัวข้อที่สนใจ

การจัดการอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตการจัดการการผลิตสัตว์เพื่อลดภาวะโลกร้อน
และการพัฒนาระบบปศุสัตว์แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม