

การศึกษาวิจัยการจัดการเพิ่มผลผลิตพืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมตำบลเขาชะงุ้ม I การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของพืชอาหารสัตว์ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

วัลย์กานต์ เจียมเจตจรรณ^{1/} วิรัช สุขสรวณ^{2/} สมศักดิ์ เกาทอง^{3/}

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใส่กากอ้อยดำ (Filter cake) และปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมบริเวณตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2542 ถึงเดือนเมษายน 2545 แบ่งการทดลอง ออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองที่ 1 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าอะตราตัม และการทดลองที่ 2 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วคาวาลเคด โดยทั้ง 2 การทดลอง มีการจัดสิ่งทดลองแบบ 4x4 Factorial in randomized complete block 4 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วยปัจจัยที่ 1 ได้แก่กากอ้อยดำ 4 อัตราคือ 0 2 4 และ 6 ตันต่อไร่ ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา คือ 0 20 40 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี สำหรับหญ้าอะตราตัม และ 0 10 20 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี สำหรับถั่วคาวาลเคด

การทดลองที่ 1 หญ้าอะตราตัมที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย และโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด คือ 4,243 และ 304 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าอะตราตัม นั้น พบว่า หญ้าที่ใส่กากอ้อยดำอัตราต่างๆ กันจะมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ แต่เปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย NDF ลิกนิน และแมกนีเซียมไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าอะตราตัม เพิ่มขึ้นตามลำดับ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมไม่เปลี่ยนแปลง

การทดลองที่ 2 พบว่า ถั่วคาวาลเคดที่ใส่กากอ้อยดำอัตราสูงขึ้น จะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย และโปรตีนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยมีค่า 747 และ 116 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อใส่กากอ้อยดำอัตราสูงสุดคือ 6 ตันต่อไร่ สำหรับถั่วคาวาลเคดที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 737 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี สูงกว่าถั่วที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยและที่ใส่ปุ๋ยอัตราสูงกว่านี้ ทางด้านองค์ประกอบทางเคมีของถั่วคาวาลเคดนั้น พบว่า การใส่กากอ้อยดำมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่องค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ รวมทั้งผลผลิตโปรตีนของถั่วคาวาลเคดไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างกันไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตโปรตีน เปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย NDF และแมกนีเซียม

คำสำคัญ: หญ้าอะตราตัม ถั่วคาวาลเคด กากอ้อยดำ ปุ๋ยไนโตรเจน

เลขทะเบียนวิจัย 43(1) (43:1) – 0514 - 012

^{1/} กลุ่มวิเคราะห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

^{2/} กลุ่มวิจัยพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์

^{3/} ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

Study on Crop Management for Increasing Forage Yield in Degraded Soil Area at Tumbol Kao Cha-ngum

I. Response of Forage Crops to Filter Cake and Nitrogen Fertilizers in Degraded Soil Area

Walaikarn Jeimjetcharoon^{1/} Wiruch Suksaran^{2/} Somsak Paotong^{3/}

Abstract

The experiment was conducted to study the effect of filter cake and nitrogen fertilizer on the yield and chemical compositions of forage in degraded soil at Tumbol Kao Cha-ngum, Ratchaburi province from April 1999 - April 2002 (3 years). The study was divided into 2 experiments, that emphasized on Atratum (*Paspalum atratum*) and Cavalcade (*Centrosema pascuorum* cv Cavalcade). The treatments of both experiments were arranged in 4x4 factorial in randomized complete block with 4 replications. Factor A consisted of 4 filter cake rates viz 0, 2, 4 and 6 tons/rai and factor B was 4 nitrogen fertilizer rates viz 0, 20, 40 and 60 kg N/rai/year for Atratum (Exp. 1) and 0, 10, 20 and 30 kg N/rai/year for Cavalcade (Exp. 2).

The result of experiment 1 indicated that there were interaction between filter cake and nitrogen fertilizers on average dry matter yield and protein yield of Atratum. The application of filter cake and nitrogen fertilizer at the rate 4 tons/rai and 60 kg N/rai/year gave the highest dry matter yield and protein yield (4,243 and 304 kg/rai/year). For the forage nutritive value in Atratum, the application of filter cake at the rate 2-6 tons gave higher forage phosphorus and potassium concentration than control but did not affect on crude protein, NDF, lignin and magnesium concentration. Only crude protein concentration in Atratum was increased with increasing nitrogen fertilizers.

In the experiment 2, the result showed that average yield of Cavalcade was increased by increasing filter cake rates. Higher average dry matter yield and protein yield (747 and 116 kg/rai/year) were obtained from filter cake at the rate 6 tons/rai. For the forage nutritive value in Cavalcade, the chemical compositions were not increased with increasing filter cake rates, except phosphorus calcium and magnesium. The application of nitrogen fertilizer at the rates 10 kg N/rai/year gave more dry matter yield of Cavalcade (737 kg/rai/year) than 0, 20, and 30 kg N/rai/year. The increasing of nitrogen rates did not affect on protein yield, crude protein, NDF and magnesium concentration.

Key words : Atratum Cavalcade Filter cake Nitrogen fertilizer

Research Project No. 43(1) (43:1)-0514-012

^{1/} Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division.

^{2/} Forages Research Section, Animal Nutrition Division.

^{3/} Petchaburi Animal Nutrition Research and Development Centre, Petchaburi Province.

คำนำ

การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ดินบริเวณตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี อย่างไม่เหมาะสม ขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตทางการเกษตรลดลง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงทรงพระราชดำริให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องไปดำเนินการพัฒนาและฟื้นฟูพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ซึ่งมีผู้น้อมเกล้าถวายจำนวน 592 ไร่ และเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตส่งเสริมการเลี้ยงโคนม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงมอบหมายให้กรมปศุสัตว์ดำเนินการศึกษาวิจัย และพัฒนาพื้นที่ดินเสื่อมโทรมบริเวณเขาชะงุ้ม เพื่อเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ จากการสำรวจสภาพพื้นที่ดินในเบื้องต้น ปรากฏว่าเป็นพื้นที่ราบเชิงเขา มีความแปรปรวนของพื้นที่มาก พื้นที่ดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายถึงดินทรายมีเศษลูกกรังและกรวดปะปน การอุ้มน้ำต่ำ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรีย์วัตถุ 1.2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available P.) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) 5.0 และ 95 ppm ตามลำดับ ดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.5) ทั้งนี้ Ragland และคณะ(1986) รายงานว่าพืชที่ปลูกในสภาพ ดินทราย หรือดินเนื้อหยาบที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรีย์วัตถุต่ำ และเป็นดินกรดจะไม่ค่อยตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่เฉพาะปุ๋ยเคมีบางครั้งอาจเป็นการเพิ่มสภาพแวดล้อมที่ชะลอการเจริญเติบโตของพืชด้วย การปรับปรุงดินประเภทนี้ควรใส่อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด รวมทั้งวัสดุเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะช่วยดูดซับธาตุอาหารไว้ไม่ให้ถูกชะล้างได้ง่ายและเป็นการเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (สุรชัยและคณะ, 2535)

กากอ้อยดำ หรือกากขี้กรอง หรือกากตะกอน (filter-cake หรือ filter-mud หรือ press-mud) หมายถึง ตะกอนที่ได้จากการกรองแยกน้ำอ้อยในขบวนการทำใส (clarification process) ของโรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาล ประกอบด้วย ขี้ผึ้งและไขมัน 5-14 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 15-30 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 5-15 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 5-15 เปอร์เซ็นต์ เถ้า 9-20 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุ เช่น ซิลิคอน แคลเซียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์และใช้เป็นวัตถุปรับปรุงดินได้ ในการผลิตน้ำตาลที่ใช้กาก 100 ตัน จะมีกากอ้อยดำประมาณ 3.4 ตัน และจากการประเมินพบว่ากากอ้อยดำมีประมาณ 0.88 ล้านตันต่อปี โดยราคาซื้อขายประมาณ 700 บาทต่อตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2548) กากอ้อยดำจัดว่าเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีอินทรีย์วัตถุสูง เมื่อนำไปใส่ลงในดินอาจช่วยปรับโครงสร้างของดินให้อุ้มน้ำและการถ่ายเทอากาศดีขึ้น ทำให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้มากขึ้น (ถวิลและสมศักดิ์, 2525) ดังเช่น รายงานผลการทดลองของวิรัชและคณะ (2520) พบว่า การใส่กากอ้อยดำหรือปุ๋ยคอกอัตรา 2.6 ตัน (น้ำหนักแห้ง) ให้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองใกล้เคียงกันคือ 423 และ 448 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการใส่อินทรีย์วัตถุชนิดอื่นๆ และไม่ใส่อินทรีย์วัตถุ รวมทั้งช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและ Available P. ในดิน (สุนันทาและคณะ, 2520) ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินในระบบปลูกพืชหมุนเวียนลดลง (วิรัชและคณะ, 2531) ซึ่งช่วยให้ดินร่วนซุยเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น การนำกากอ้อยดำมาใช้เป็นวัสดุ

ปรับปรุงดินน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกร โดยเฉพาะเกษตรกรที่อยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงานน้ำตาล เช่นจังหวัดราชบุรี

จากการทดสอบและคัดเลือกพันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่เหมาะสมสำหรับบริเวณพื้นที่เสื่อมโทรมตำบลเขาชะงุ้มของอำเภอดำเนินสะดวก (2546) รายงานว่าหญ้าอะตราตัม (*Paspalum atratum*) สามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 3,362 กิโลกรัมต่อไร่ใกล้เคียงกับหญ้าปลัคคูลัม และหญ้างามบ้า (3,226 และ 3,156 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งมากกว่าหญ้าพันธุ์อื่นๆ ส่วนถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv Cavalcade) ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งในปีแรก 1,255 กิโลกรัมต่อไร่ ใกล้เคียงกับถั่วท่าพระสไตโล (1,176 กิโลกรัมต่อไร่) แต่มากกว่าถั่วชนิดอื่นๆ และจากรายงานการวิจัย พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักแห้งและโปรตีน ใน หญ้าเนเปียร์ (พิสุทธิ์และคณะ, 2547) หญ้าชิกแนลเลื่อย (ชิตและคณะ, 2547) ถั่วแรมสไตโล (พิสุทธิ์และคณะ, 2544) ถั่วไมยรา (ลักษณะและคณะ, 2541) ทั้งนี้เพราะพืชต้องการธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจนในปริมาณมาก เพื่อการเจริญเติบโตทางต้นและใบจะได้ดำเนินไปอย่างรวดเร็วและเมื่อพืชได้รับไนโตรเจนสูงขึ้น คาร์โบไฮเดรตที่ผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงก็จะถูกนำไปรวมกับไนโตรเจนที่พืชได้รับจากการดูดธาตุอาหารในดินไปใช้ในการสร้างโปรตีน (สมศักดิ์และธงชัย, 2548) ซึ่งแหล่งของไนโตรเจนที่พืชได้รับมาจากดินและปุ๋ยที่ใส่ลงในดิน นอกจากนี้พืชตระกูลถั่วยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ได้บางส่วนแต่ปริมาณของไนโตรเจนที่ได้รับอาจจะไม่เพียงพอความต้องการของพืช โดยเฉพาะในช่วงหลังจากปลูกหรือตัดถั่วใหม่ๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาอัตราของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอะตราตัมและถั่วคาวาลเคด ภายใต้สภาพดินร่วนปนทรายถึงดินทรายมีเศษลูกรังและกรวดปะปน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ กันที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของหญ้าอะตราตัมและถั่วคาวาลเคด ภายใต้สภาพพื้นที่ดินเสื่อมโทรม บริเวณตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี โดยแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองที่ 1 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าอะตราตัม และการทดลองที่ 2 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วคาวาลเคด

การทดลองที่ 1 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าอะตราดัมในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

การวางแผนการทดลอง

จัดสิ่งทดลองแบบ 4x4 Factorial in Randomized complete blocks มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยที่ 1 กากอ้อยดำ 4 อัตรา ได้แก่ 0 2 4 และ 6 ตันต่อไร่

ปัจจัยที่ 2 อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ คือ 0 20 40 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี

การวิเคราะห์ดิน และกากอ้อยดำ ก่อนการทดลอง

- สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ของดิน (กองวิเคราะห์ดิน, 2535) พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กล่าวคือ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ(OM) และ Total N 1.13 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ มี Avail.P (ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้) Exch.K (โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) และ Exch. Mg (แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ คือ 4.7 94 และ 104 ppm ตามลำดับ แต่มี Exch.Ca (แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้) สูงถึง 2,379 ppm. และมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.7)

- สุ่มเก็บตัวอย่างกากอ้อยดำ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่างๆ โดยวิเคราะห์วิเคราะห์ปริมาณ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) และทองแดง (Cu) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer, 1982) โพแทสเซียม (K) โดยเครื่อง Flame Photometer และฟอสฟอรัส (P) โดยวิธี phosphomolybdate (AOAC, 1965) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ Total N(กองวิเคราะห์ดิน, 2535)

การเตรียมแปลงทดลอง

ทำการไถตะ ไถพรวน ปรับระดับพื้นที่ให้สม่ำเสมอจัดแบ่งแปลงออกเป็น 4 blocks ตามความสม่ำเสมอของพื้นที่ โดยแต่ละ block จะประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 3x4 เมตร จำนวน 16 แปลง รวมแปลงย่อยทั้งหมด 64 แปลง และใส่กากอ้อยดำอัตราต่างๆ กัน ตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง แล้วพรวนดินกลบก่อนปลูกหญ้า 3-4 สัปดาห์

การใส่ปุ๋ยและดูแลแปลงหญ้า

ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยรองพื้นในอัตราเท่ากันทุกแปลง โดยใช้ในรูปของปุ๋ยทริบิลีซูปเปอร์ฟอสเฟต (45 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ใส่ชนิดละ 20 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนใช้ในรูปของปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) ใส่อัตราแตกต่างกันตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้ในแผนการทดลอง โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนครึ่งหนึ่งของอัตราที่กำหนดร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมด หว่านปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอให้ทั่วทั้งแปลงแล้วสับดินกลบก่อนปลูกหญ้า และปุ๋ยไนโตรเจนส่วนที่เหลือจะแบ่งใส่อีก 2 ครั้งๆ ละเท่าๆ กันภายหลังจากตัดหญ้าครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีในปีที่ 2 ดำเนินการเช่นเดียวกันกับปีที่ 1

โดยใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกในต้นฤดูฝนขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสม สำหรับการปลูกหญ้าอะตราดัม ปลูกด้วยเมล็ดหุลุมละ 3 ต้น ใช้ระยะปลูก 50x50 เซนติเมตร และปลูกซ่อมต้นหญ้าภายหลังจากปลูก 1-2 สัปดาห์ กำจัดวัชพืชหลังจากปลูก 21 วัน

การตัดวัดผลผลิต

ตัดหญ้าสูงจากพื้นดิน 15 เซนติเมตร โดยตัดหญ้าครั้งแรกเมื่ออายุ 60 วัน หลังจากนั้นตัดหญ้าทุก 40 – 45 วัน (ในช่วงเดือน เม.ย. – พ.ย.) เก็บผลผลิตหญ้าทั้งแปลง ยกเว้นแถวริมขอบแปลงด้านละ 1 แถว นำไปชั่งน้ำหนักสด และสุมหญ้าสดประมาณ 1 กิโลกรัม มาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อใช้ประกอบการคำนวณผลผลิตน้ำหนักแห้งของหญ้า บดตัวอย่างหญ้าแห้งให้ละเอียดแล้วส่งไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี

การบันทึกข้อมูล

- วัดปริมาณน้ำฝนในปีที่ 1 (ม.ค. – ธ.ค. 2542) และ ปีที่ 2 (ม.ค.- ธ.ค. 2543)
- วัดความสูงและความหนาแน่นของต้นหญ้าก่อนตัดหญ้าแต่ละครั้ง
- บันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของหญ้าอะตราดัม
- วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างหญ้าเช่น โปรตีน (CP) โดยวิธี Kjeldahl Method (AOAC, 1995) Acid detergent fiber (ADF) Neutral detergent fiber (NDF) ลิกนิน (Lignin) โดยวิธี Detergent analysis (Goering and Van Soest, 1970) ฟอสฟอรัส (P) โดยวิธี phosphomolybdate (AOAC, 1965) โพแทสเซียม (K) โดยเครื่อง Flame Photometer แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (Perkin-Elmer, 1982)
- ทำการสุมเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุและอื่นๆ เช่นเดียวกับดินก่อนการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Analysis of variance ของ 4x4 Factorial in randomized complete blocks และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และ LSD

ดำเนินการทดลองที่โครงการศึกษาและพัฒนาพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี ระหว่างเดือนเมษายน 2542 – เมษายน 2545 รวมระยะเวลา 3 ปี

การทดลองที่ 2 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วคาวาลเคดในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

การวางแผนการทดลอง

จัดสิ่งทดลองแบบ 4x4 Factorial in randomized complete blocks จำนวน 4 ซ้ำ 2 ปัจจัย คือ

ปัจจัยที่ 1 กากอ้อยดำ 4 อัตรา คือ 0 2 4 และ 6 ตันต่อไร่

ปัจจัยที่ 2 ปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตราคือ 0 10 20 และ 30 กิโลกรัม N ต่อไร่ต่อปี

การเตรียมแปลงทดลองและการใส่ปุ๋ย

- สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) Total N Avail.P Exch.K Exch.Ca Exch.Mg และความเป็นกรด-ด่าง (pH) (กองวิเคราะห์ดิน, 2535) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ พบว่า มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดแก่ (pH 5.3) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ คือ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ Total N 1.1 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มี Avail.P Exch.K และ Exch.Mg ต่ำ คือ 5.3 96 และ 101 ppm ตามลำดับ และมี Exch.Ca อยู่ในระดับปานกลาง คือ 1,044 ppm

- ทำการเตรียมแปลงทดลอง ใส่กากอ้อยดำอัตราต่างๆ กัน ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

- ปุ๋ยไนโตรเจนซึ่งใช้ในรูปของปุ๋ยยูเรียจะใส่อัตราต่างๆ กัน คือ 0 10 20 และ 30 กิโลกรัม N ต่อไร่ต่อปี (ตามสิ่งทดลองที่กำหนดไว้) วิธีการใส่เช่นเดียวกับปุ๋ยอะตราดัมในปีที่ 1 ของการทดลองที่ 1

- ปลูกลั่วคาวาลเคดหลุมละ 3 ต้น ใช้ระยะปลูก 50 x 50 เซนติเมตร ปลูกซ่อมถั่วหลังจากปลูก 1-2 สัปดาห์ และทำการกำจัดวัชพืชหลังจากปลูกได้ 21 วัน สำหรับในปีที่ 2 จะทำการเตรียมดินในแปลงทดลองเดิม พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยเคมี ปลูกใหม่ และปฏิบัติดูแลรักษาแปลงถั่วคาวาลเคด เช่นเดียวกับในปีที่ 1

การตัดวัดผลผลิต

ทำการตัดต้นถั่วทั้งที่ปลูกในปีที่ 1 และปีที่ 2 เพื่อวัดผลผลิต และวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

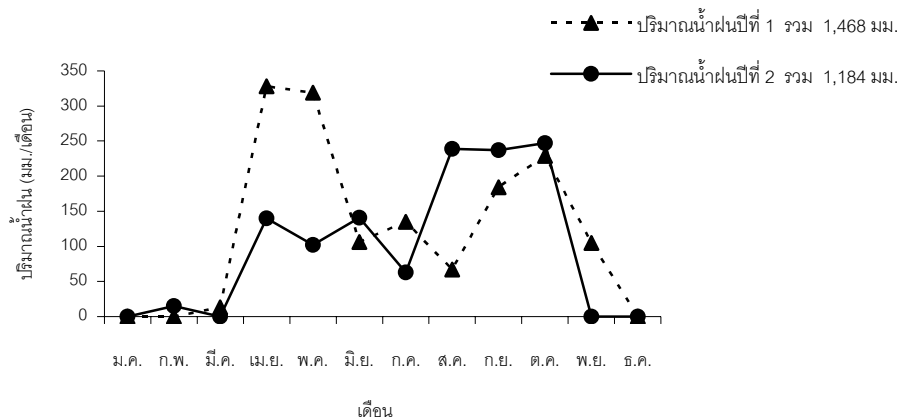
การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

- บันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของถั่วคาวาลเคด
- วิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างถั่วคาวาลเคด เช่นเดียวกับตัวอย่างถั่วอะตราดัม
- ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลอง เพื่อวิเคราะห์หาค่าต่างๆ เช่นเดียวกับดินก่อนการทดลอง
- ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของผลการทดลอง เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณน้ำฝน

การแพร่กระจายและปริมาณของฝนขณะทำการทดลองในปีที่ 1 (พ.ศ. 2542) และปีที่ 2 (พ.ศ. 2543) ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณและการแพร่กระจายของฝนทั้ง 2 ปี อยู่ในเกณฑ์ดี มีฝนตกค่อนข้างสม่ำเสมอมีฝนขาดช่วงบ้างตอนกลางฤดู โดยเริ่มมีฝนตกตั้งแต่เดือนเมษายน ในปีแรกมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,468 มิลลิเมตรต่อปี และสิ้นสุดฝนในเดือนพฤศจิกายน ส่วนในปีที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนรวมน้อยกว่า และมีช่วงฝนตกสั้นกว่าในปีแรก กล่าวคือมี ฝนตกรวม 1,184 มิลลิเมตรต่อปี และสิ้นสุดฝนตั้งแต่เดือนตุลาคม



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำฝนที่บริเวณสถานีพัฒนาที่ดิน ตำบลเขาชะงุ้ม อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี

ส่วนประกอบทางเคมีของกากอ้อยดำ (Filter cake)

จากการวิเคราะห์ พบว่า กากอ้อยดำมีส่วนประกอบทางเคมี ดังตารางที่ 1

การทดลองที่ 1 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าอะตราตัมในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินภายหลังการทดลองในปีที่ 2 ปรากฏว่าการใส่กากอ้อยดำอัตรา 2, 4 และ 6 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุกับ Total N ในดินเพิ่มขึ้นตามลำดับแบบสมการเส้นตรง โดยในดินที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4-6 ตันต่อไร่ จะมีอินทรีย์วัตถุกับ Total N สูงกว่าที่ไม่ใส่หรือใส่กากอ้อยดำ 2 ตันต่อไร่ ($P < 0.05$) แต่การใส่กากอ้อยดำอัตราต่างๆ กันไม่มีผลทำให้ปฏิกิริยาดิน (pH) Exch. K และ Exch. Mg ในดินเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.8-6.9 76-93 ppm. และ 100-127 ppm. ตามลำดับ สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ กันก็ไม่มีผลกระทบต่อค่า pH อินทรีย์วัตถุ Total N Exch. K และ Exch. Mg ในดิน แต่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง กากอ้อย

ดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อ Avail. P และ Exch. Ca. ในดิน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ pH ของดินที่สูงขึ้น มีผลให้ Avail. P และ Exch. Ca. ในดินเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันเมื่อดินมี Exch. Ca. เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลทำให้เกิดการตรึงฟอสเฟตโดยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (ถวิล, 2548)

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของกากอ้อยดำและคุณสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการทดลองปลูกหญ้าอะตราตัม โดยใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	ส่วนประกอบทางเคมีของกากอ้อยดำ									
	pH	Total N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
กากอ้อยดำ	7.3	2	1.3	0.58	2.99	0.35	1,115	36	5,699	155

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติทางเคมีของดิน						
	pH	OM (%)	Total N (%)	Avail. P (ppm)	Exch. K (ppm)	Exch. Ca (ppm)	Exch. Mg (ppm)
ดินหลังการทดลอง							
กากอ้อยดำ (ตัน/ไร่)							
0	6.8	1.9 ^c	0.09 ^c	7.4	76	1,398	100
2	6.8	2.3 ^{bc}	0.12 ^{bc}	14.5	81	1,871	123
4	6.9	2.8 ^{ab}	0.15 ^{ab}	12.1	76	1,488	119
6	6.9	3.2 ^a	0.16 ^a	13.5	93	2,768	127
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)							
0	7.0	2.5	0.12	11.5	92	1,364	129
20	7.2	2.6	0.14	11.9	78	2,328	110
40	6.7	2.6	0.13	11.7	75	1,646	130
60	6.6	2.5	0.13	12.5	81	2,187	100
กากอ้อยดำ X ปุ๋ย N	NS	NS	NS	**	NS	**	NS
CV (%)	12.3	33.7	31.4	26.5	31.1	52.6	44.7

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวดังเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT (P<0.05)

ความสูงของต้น

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้นหญ้าอะตราตัม ซึ่งวัดก่อนตัดหญ้าแต่ละครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยความสูงของต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่กากอ้อยดำอัตราสูงขึ้น โดยหญ้าอะตราตัมที่ใส่กากอ้อยดำอัตราสูงคือ 6 ตันต่อไร่ มีความสูงของต้นเฉลี่ย 136 เซนติเมตร สูงกว่าหญ้าที่ใส่กากอ้อยดำ 2 ตันต่อไร่ และที่

ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ ซึ่งมีความสูงของต้นเฉลี่ย 131 และ 126 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และจะเห็นได้ว่าการใส่กากอ้อยดำอัตราสูงคือ 4-6 ต้นต่อไร่ มีผลทำให้หญ้าอะตราดัมในปีแรกมีความสูงมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่และใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ต้นต่อไร่ แต่การทดลองในปีที่ 2 หญ้าอะตราดัมที่ใส่กากอ้อยดำทุกอัตรา (2-6 ต้นต่อไร่) มีความสูงไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) อย่างไรก็ตามหญ้าที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4-6 ต้นต่อไร่ ยังคงมีความสูงของต้นมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ ($P<0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นมีผลทำให้ความสูงเฉลี่ยของต้นหญ้าอะตราดัมเพิ่มขึ้น และจะเห็นได้ชัดในการทดลองปีที่ 1 ทั้งนี้หญ้าอะตราดัมที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงคือ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีความสูงของต้นเฉลี่ยสูงกว่าหญ้าที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี และสูงกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใส่กากอ้อยดำทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น มีความร่วนซุยและสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และยังช่วยปลดปล่อยไนโตรเจน พืชสามารถนำไปใช้ได้มากขึ้น ซึ่งเป็นไปในการทำงานของการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของหญ้าเนเปียร์แคว (Hsu และ Hong, 1993) แต่ไม่พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อความสูงของต้นหญ้าอะตราดัม

ตารางที่ 2 ความสูงของต้นและจำนวนต้นต่อกอของหญ้าอะตราดัม เมื่อได้รับกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ กัน

สิ่งทดลอง	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)			จำนวนต้นต่อกอ		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย
กากอ้อยดำ (ต้น/ไร่)						
0	121 ^b	132 ^b	126 ^c	31	33	32.2
2	123 ^b	137 ^{ab}	131 ^b	31	32	31.7
4	129 ^a	139 ^a	134 ^{ab}	31	32	31.4
6	132 ^a	140 ^a	136 ^a	30	32	31.0
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)						
0	116 ^d	133 ^b	126 ^c	26 ^b	31 ^b	28.9 ^c
20	124 ^c	137 ^{ab}	130 ^b	32 ^a	32 ^b	31.5 ^b
40	129 ^b	138 ^a	133 ^b	32 ^a	33 ^{ab}	32.2 ^{ab}
60	136 ^a	140 ^a	138 ^a	34 ^a	34 ^a	33.7 ^a
กากอ้อยดำ x ปุ๋ย N	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV%	4.9	5.4	4.1	12.3	6.6	7.3

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P<0.05$)

จำนวนต้นตอก

การแตกกอของหญ้าอะตราตัมคิดเป็นจำนวนต้นตอก เมื่อใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน แสดงไว้ในตารางที่ 2 ปรากฏว่า การใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กันไม่มีผลทำให้จำนวนต้นตอกเฉลี่ยของหญ้าอะตราตัมเพิ่มขึ้น ($P>0.05$) ส่วนหญ้าอะตราตัมที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20-60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีผลทำให้จำนวนต้นตอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอัตราของไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น หญ้าอะตราตัมที่ใส่ปุ๋ยอัตราสูงคือ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีจำนวนต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกับหญ้าที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี แต่สูงกว่าหญ้าที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี และที่ไม่ใส่ ($P<0.05$) แต่ในปีแรก จะพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 -60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ทำให้จำนวนต้นตอกใกล้เคียงกันและมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนการทดลองในปีที่ 2 หญ้าที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงคือ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีจำนวนต้นตอกมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่ และที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานผลการทดลองเกี่ยวกับหญ้ากินนีสีม่วง (สมศักดิ์ และคณะ, 2542) หญ้าซีตาเรียพันธุ์ Narok (Bahnisch และ Hamphreys, 1977) หญ้าไรต์พันธุ์ Callide (Loch, 1983) หญ้าเนเปียร์แคว (Hsu และ Hong, 1993) ที่ว่าจำนวนต้นตอกของหญ้างดกล่าวจะเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น แต่ไม่ปรากฏว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อจำนวนต้นตอกของหญ้าอะตราตัม

ผลผลิตน้ำหนักร้าง

การใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน จะมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าอะตราตัม ซึ่งตัดในช่วงเดือน เม.ย.-พ.ย. ของ ปีที่ 1 จำนวน 3 ครั้ง และ ปีที่ 2 จำนวน 5 ครั้ง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ปรากฏว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าอะตราตัมในปีที่ 1 และผลผลิตน้ำหนักร้างเฉลี่ย แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ร่วมดังกล่าวที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าอะตราตัมในปีที่ 2 จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 -6 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าอะตราตัมในปีที่ 2 ใกล้เคียงกัน และมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ ($P<0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างของหญ้าอะตราตัมในปีที่ 2 มากกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปีและมากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามลำดับ ($P<0.05$) ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางเดียวกันกับความสูงของต้นหญ้าอะตราตัมในปีที่ 2 (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เพราะการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น มีผลทำให้ผลผลิตหญ้าชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้น (ชิต และคณะ, 2539 ; วิรัช และคณะ, 2541; สายัณห์ และคณะ 2542 ก; สายัณห์ และคณะ 2542 ข)

อิทธิพลร่วมระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจน มีผลต่อผลผลิตน้ำหนักร้างเฉลี่ยของหญ้าอะตราตัม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ปรากฏว่า ในการทดลองที่ไม่ใส่กากอ้อยดำนั้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0

20 40 และ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี จะทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของหญ้าอะตราดัมเพิ่มขึ้นตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนการทดลองที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ตันต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยในอัตราสูงขึ้น ทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของหญ้าอะตราดัมเพิ่มขึ้นตามลำดับจนถึงอัตรา 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปีและจะไม่เพิ่มขึ้นต่อไปอีกเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงกว่านี้ สำหรับหญ้าอะตราดัมที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ จะสามารถตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงถึง 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี โดยให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงสุดคือ 4,243 กิโลกรัมต่อไร่ ($P<0.05$) แต่เมื่อใส่กากอ้อยดำเพิ่มขึ้นเป็น 6 ตันต่อไร่ กลับพบว่าไม่มีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ เนื่องจากพืชจะมีความต้องการธาตุอาหารในระดับหนึ่งเรียกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤติซึ่งเป็นระดับธาตุอาหารพอเพียงที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด เมื่อถึงระดับนี้แล้วแม้จะเพิ่มธาตุอาหารมากขึ้นก็จะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพืช แต่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษกับพืชได้ (พิชิต และ ปรีดา, 2535) นอกจากนี้ กากอ้อยดำมีปริมาณเหล็ก (Fe) อยู่มาก การใส่กากอ้อยดำในอัตราสูงอาจทำให้เกิดผลเสียได้ เพราะถ้าสภาวะความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนเป็นกรดจะทำให้เหล็กละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมากขึ้น จนส่งผลกระทบต่อการทำงานของคลอโรพลาสต์ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ (ถวิล, 2548) เป็นการรบกวนสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูงๆ บางครั้งกลับกลายเป็นการสร้างสิ่งแวดล้อมที่ชะลอการเจริญเติบโตของพืชด้วย (Ragland และคณะ, 1986)

ตารางที่ 3 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของหญ้าอะตราดัม เมื่อได้รับกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กก./ไร่)		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย
กากอ้อยดำ (ตัน/ไร่)			
0	2,362	3,595 ^b	2,978
2	2,590	3,881 ^{ab}	3,236
4	2,860	4,061 ^a	3,461
6	3,054	4,039 ^a	3,546
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)			
0	2,022	3,386 ^c	2,704
20	2,517	3,717 ^b	3,117
40	2,960	4,264 ^a	3,612
60	3,367	4,210 ^a	3,788
กากอ้อยดำ x ปุ๋ย N	**	NS	**
CV%	7.7	10.5	7.3

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (2 ปี) ของหญ้าอะตราดัม (กิโลกรัมต่อไร่)

ปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ ไร่/ปี)	กากอ้อยดำ (ตันต่อไร่)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
0	2,317 ^d	2,691 ^c	2,872 ^c	2,938 ^b	2,704
20	2,825 ^c	3,187 ^b	2,927 ^c	3,529 ^{ab}	3,117
40	3,171 ^b	3,616 ^a	3,802 ^b	3,859 ^a	3,612
60	3,601 ^a	3,449 ^a	4,243 ^a	3,860 ^a	3,788
เฉลี่ย	2,978	3,236	3,461	3,546	3,305
CV = 7.3%					

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

- เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวเลขแนวนอน โดย $LSD_{0.05} = 342.8$

องค์ประกอบทางเคมี

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าอะตราดัม โดยเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ปี แสดงไว้ในตารางที่ 5 ไม่ปรากฏว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของหญ้าอะตราดัม และพบว่าหญ้าอะตราดัมที่ใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กันตั้งแต่ 2-6 ตันต่อไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.20-0.21 เปอร์เซ็นต์ และ 1.8-2.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ เนื่องจากในกากอ้อยดำมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ 1.3 และ 0.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใส่กากอ้อยดำในอัตราสูงคือ 6 ตันต่อไร่ มีผลทำให้เยื่อใย ADF เพิ่มขึ้นเป็น 40.2 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าหญ้าที่ไม่ได้ใส่และใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ตันต่อไร่ ($P < 0.05$) แต่การใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กันไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีน (CP) เยื่อใย NDF ลิกนิน แคลเซียม และแมกนีเซียมในหญ้าอะตราดัมเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.4-6.6 65.3-65.8 4.5-4.7 0.88-1.02 และ 0.73-0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้นมีผลทำให้ปริมาณโปรตีน เยื่อใย ADF และ NDF ในหญ้าอะตราดัมเพิ่มขึ้น กล่าวคือ หญ้าอะตราดัมที่ไม่ได้ใส่และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัม N ต่อไร่ต่อปี จะมีส่วนประกอบของโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่ต่ำกว่าหญ้าที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 และ 60 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ซึ่งมีโปรตีนเฉลี่ย 6.7 และ 7.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าชนิดอื่น ๆ ที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น (Burton และ Jackson, 1962 ; Chheda และ Akinola, 1971; French, 1957; Whitney และ Green, 1969; Andrede

และคณะ, 1997) และหญ้าอะตราดัมที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20-40 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี มีปริมาณเยื่อใย ADF กับ NDF ใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 39.3-39.5 กับ 65.0-65.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และจะเพิ่มเป็น 40.4 กับ 66.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ($P < 0.05$) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20-60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีผลทำให้ฟอสฟอรัสในพืชลดลง ($P < 0.05$) แต่ไม่มีผลกระทบต่อ ลิกนิน แคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียม เช่นเดียวกับที่พบในหญ้าชิกแนลลอนในดินชุดปากช่องของของศิริธรและคณะ (2541) ที่ว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีน และเยื่อใย ADF เพิ่มขึ้นเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสลดลง ส่วนเปอร์เซ็นต์แคลเซียมและโพแทสเซียมไม่เปลี่ยนแปลง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น อย่างไรก็ตามหญ้าอะตราดัมที่ใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน มีองค์ประกอบของฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม อยู่ในระดับที่เพียงพอกับความต้องการของโคเนื้อและโคนม ซึ่งปกติจะมีความต้องการฟอสฟอรัส แคลเซียม และโพแทสเซียมที่มีอยู่ในหญ้าระหว่าง 0.18-0.31 0.18-0.43 และ 0.65-0.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Church และ Pond, 1988)

ตารางที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าอะตราดัม เมื่อได้รับกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	องค์ประกอบทางเคมี ของหญ้าอะตราดัม (% on dry basis)							
	CP	ADF	NDF	Lignin	P	Ca	K	Mg
กากอ้อยดำ (ตัน/ไร่)								
0	6.4	39.2 ^b	65.6	4.7	0.17 ^b	0.95	1.6 ^c	0.76
2	6.5	39.2 ^b	65.4	4.5	0.20 ^a	1.02	1.9 ^{ab}	0.73
4	6.6	40.0 ^{ab}	65.3	4.7	0.20 ^a	0.88	2.0 ^a	0.78
6	6.6	40.2 ^a	65.8	4.6	0.21 ^a	0.92	1.8 ^b	0.76
ปุ๋ยไนโตรเจน(กก. N/ไร่/ปี)								
0	6.3 ^c	39.4 ^b	65.1 ^{ab}	4.6	0.22 ^a	0.96	1.9	0.64
20	6.2 ^c	39.5 ^b	65.6 ^{ab}	4.5	0.19 ^b	1.00	1.8	0.71
40	6.7 ^b	39.3 ^b	65.0 ^b	4.6	0.19 ^b	0.95	1.7	0.85
60	7.0 ^a	40.4 ^a	66.5 ^a	4.8	0.18 ^b	0.86	1.8	0.84
กากอ้อยดำ x ไนโตรเจน	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV%	6.5	2.8	2.9	8.1	10.7	22.2	12.5	15.5

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน ในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

- DM เฉลี่ย ของหญ้าอะตราดัมประมาณ 22.50 % (อานุกาพ, 2546)

ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ย

ผลการทดลองพบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยของหญ้าอะตราตัม (ตารางที่ 6) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปในแนวทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของหญ้า (ตารางที่ 4) โดยการใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ให้ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยของหญ้าอะตราตัมสูงสุด 304 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่พืชได้รับไนโตรเจน สูงหรือมีไนโตรเจนอยู่อย่างพอเพียง จะทำให้การผลิตโปรตีนและสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดำเนินไปอย่างรวดเร็ว (สมศักดิ์ และ ธงชัย , 2548)

ตารางที่ 6 ผลของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยของหญ้าอะตราตัม (กิโลกรัมต่อไร่)

ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)	กากอ้อยดำ (ตันต่อไร่)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
0	153 ^c	165 ^b	180 ^c	181 ^b	170
20	175 ^{bc}	196 ^b	182 ^c	221 ^b	193
40	194 ^b	251 ^a	258 ^b	266 ^a	242
60	246 ^a	240 ^a	304 ^a	268 ^a	264
เฉลี่ย	192	213	231	234	218
CV = 10.6%					

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

- เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวเลขตามแนวนอน โดย $LSD_{0.05} = 32.7$

การทดลองที่ 2 การตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วขาวเคดในพื้นที่ดินเสื่อมโทรม

คุณสมบัติทางเคมีของดิน

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังการทดลองตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 7 ปรากฏว่าการใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.1 – 6.3 แต่จะทำให้ปริมาณ Avail.P ในดินเพิ่มขึ้นตามลำดับแบบสมการเส้นตรง โดยในดินที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 และ 6 ตันต่อไร่ มี Avail.P สูงกว่าที่ไม่ใส่กากอ้อยดำ ($P < 0.05$) ในดินที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ จะมีปริมาณ Exch.Ca 549 ppm สูงกว่าในดินที่ใส่กากอ้อยดำอัตราสูงหรือต่ำกว่านี้ ($P < 0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน คือ 0 10 20 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ไม่มีผลทำให้ pH และ Avail.P ในดินเปลี่ยนแปลง แต่ในดินที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีปริมาณ Exch.Ca สูงกว่าดินที่ไม่ได้ใส่และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ตารางที่ 8) Total N (ตารางที่ 9)

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปรากฏว่าในการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 และ 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปีนั้น ถ้าไม่ใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด คือ 1.72 และ 1.42 เปอร์เซ็นต์ และจะเพิ่มขึ้นเป็น 2.75 และ 2.50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตรา 2 ตันต่อไร่ แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะลดลงถ้าใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตราสูงกว่านี้ ส่วนในการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปีนั้น การใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตรา 0 และ 2 ตันต่อไร่ จะมีอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าที่ใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตรา 4 ตันต่อไร่ ($P < 0.05$) ขณะที่การใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตราต่าง ๆ กันจะไม่มีผลทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลง หากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงถึง 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี เป็นที่น่าสังเกตว่าการใส่กากอ้อยดำอัตราสูง ๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินภายหลังการทดลองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใส่กากอ้อยดำในอัตราสูงขึ้น จะมีผลทำให้ดินร่วนซุยมีการระบายน้ำ-อากาศดี จุลินทรีย์ชนิดที่ต้องการอากาศจะเจริญเติบโตได้เร็วขึ้นโดยเฉพาะเมื่อมีการเตรียมดินปลูกถั่วใหม่ทุกปี จะเป็นการช่วยสร้างสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ยิ่งขึ้น เมื่อมีจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้กากอ้อยดำสลายตัวเร็วขึ้น โดยเฉพาะในกรณีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น จะช่วยทำให้ C : N ratio ของกากอ้อยดำลดลง ยังเป็นการส่งเสริมให้ขบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเกิดเร็วขึ้น (สมศักดิ์ และ ขวลิขิต, 2548)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการทดลองปลูกถั่วคาวลอค โดยใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติทางเคมีของดิน						
	pH	OM (%)	Total N (%)	Avail.P(ppm)	Exch.K(ppm)	Exch.Ca(ppm)	Exch.Mg (ppm)
ดินหลังการทดลอง							
กากอ้อยดำ (ตัน/ไร่)							
0	6.1	1.9	0.09	23.8 ^c	65	335 ^b	51
2	6.2	2.3	0.11	27.6 ^c	66	370 ^b	60
4	6.3	1.9	0.11	38.3 ^b	51	549 ^a	86
6	6.2	2.0	0.12	50.3 ^a	74	394 ^b	102
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)							
0	6.1	2.1	0.12	31.2	64	374 ^b	72
10	6.2	2.0	0.10	38.5	59	338 ^b	68
20	6.2	2.1	0.11	37.9	68	468 ^a	81
30	6.3	1.9	0.10	32.4	64	468 ^a	78
กากอ้อยดำ x ปุ๋ย N	NS	**	**	NS	**	NS	*
CV (%)	8.8	16.6	18.5	34.3	29.1	28.1	40.6

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8 อิทธิพลร่วมของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในดินหลังการทดลองปลูกถั่วขาวเคด (เปอร์เซ็นต์)

ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N /ไร่/ปี)	กากอ้อยดำ (ตัน /ไร่)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
0	1.72 ^c	2.75 ^a	1.99 ^a	1.69 ^c	2.03
10	1.42 ^d	2.50 ^b	1.90 ^b	1.69 ^c	1.88
20	2.48 ^a	2.31 ^c	1.64 ^c	1.96 ^b	2.10
30	2.06 ^b	1.77 ^d	1.56 ^d	2.12 ^a	1.88
เฉลี่ย	1.91	2.33	1.77	1.86	1.97
CV = 20.3 %					

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

- เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวเลขตามแนวนอนโดย $LSD_{0.05} = 0.61$

ตารางที่ 9 อิทธิพลร่วมของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อปริมาณ Total Nitrogen ในดินหลังการทดลองปลูกถั่วขาวเคด (เปอร์เซ็นต์)

ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N /ไร่/ปี)	กากอ้อยดำ (ตัน /ไร่)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
0	0.08 ^c	0.16 ^a	0.13 ^a	0.11 ^c	0.12
10	0.09 ^b	0.10 ^b	0.10 ^c	0.12 ^b	0.10
20	0.11 ^a	0.09 ^c	0.11 ^b	0.11 ^c	0.11
30	0.09 ^b	0.10 ^b	0.10 ^c	0.13 ^a	0.10
เฉลี่ย	0.09	0.11	0.11	0.12	0.11
CV = 18.7 %					

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

- เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวเลขตามแนวนอนโดย $LSD_{0.05} = 0.031$

ปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อ Total N ในดิน แสดงไว้ในตารางที่ 9 ปรากฏว่าในการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น จะมี Total N เหลืออยู่ในดินสูงสุดคือ 0.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่กากอ้อยดำรวมด้วยอัตรา 2 ตันต่อไร่ ไม่แตกต่างจากที่ใส่กากอ้อยดำรวมด้วยอัตรา 4 ตันต่อไร่ แต่สูงกว่าการทดลองที่ใส่กากอ้อยดำรวมด้วย 6 ตันต่อไร่ และสูงกว่าที่ไม่ใส่กากอ้อยดำ ตามลำดับ ($P < 0.05$)

ขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ นั้น จะต้องใส่กากอ้อยดำอัตราสูงถึง 6 ตันต่อไร่ จึงจะมีผลทำให้ Total N เพิ่มขึ้น ($P < 0.05$) สำหรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ และการใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้ Total N ในดินเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่อาจมีอัตราต่ำไม่เหลือที่จะสะสมในดิน หรืออาจเนื่องจากอิทธิพลจากการไถกลบในปีที่ 2 ทำให้คุณสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป

ผลผลิตน้ำหนักร้าง

การตัดถั่วควาลเคดในช่วงเดือน เม.ย.-พ.ย. เพื่อหาผลผลิตน้ำหนักร้างโดยตัดถั่วในปีที่ 1 ได้จำนวน 3 ครั้ง ปรากฏว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของถั่วควาลเคดในปีที่ 1 (ตารางที่ 10) จะเห็นได้ว่าการทดลองที่ใส่เฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนโดยไม่ใส่กากอ้อยดำนั้น ถั่วควาลเคดจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีที่อัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี และถ้าใส่กากอ้อยดำร่วมด้วยในอัตรา 2-4 ตันต่อไร่ ถั่วควาลเคดจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีที่อัตราเพียง 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี และการใส่กากอ้อยดำอย่างเดียวในอัตราสูง คือ 6 ตันต่อไร่ จะให้ผลผลิตน้ำหนักร้างของถั่วควาลเคดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองใส่กากอ้อยดำอัตรา 6 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 10-30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ($P > 0.05$)

ตารางที่ 10 ผลของกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตน้ำหนักร้างของถั่วควาลเคดในปีที่ 1 (กิโลกรัมต่อไร่)

ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N /ไร่/ปี)	กากอ้อยดำ (ตันต่อไร่)				เฉลี่ย
	0	2	4	6	
0	578 ^{ab}	813 ^{ab}	657 ^b	926	744
10	666 ^{ab}	884 ^a	925 ^a	955	857
20	708 ^a	712 ^{ab}	621 ^b	835	719
30	505 ^b	637 ^b	857 ^a	834	708
เฉลี่ย	614	762	765	888	757
CV = 16.8%					

- หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวดิ่งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)
- เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าตัวเลขตามแนวนอนโดย $LSD_{0.05} = 180.6$

การทดลองในปีที่ 2 มีช่วงฝนตกสั้นกว่าปีแรก 1 เดือน (ภาพที่ 1) จึงตัดถั่วคาวาลเคดได้เพียง 2 ครั้ง และไม่ปรากฏว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วคาวาลเคดในปีที่ 2 และ ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (2 ปี) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 ปรากฏว่า การใส่กากอ้อยดำอัตราสูงขึ้นมีผลทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของถั่วคาวาลเคดเพิ่มขึ้น กล่าวคือ การใส่กากอ้อยดำอัตรา 6 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 747 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างจากการใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ แต่มากกว่าการใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ตันต่อไร่ และที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ ($P < 0.05$) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 0 20 และ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วคาวาลเคดใกล้เคียงกัน คืออยู่ระหว่าง 645 – 658 กิโลกรัมต่อไร่ น้อยกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 737 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กันไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วคาวาลเคดในปีที่ 2 ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกันกับการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของถั่วแรมสไตโลในดินทรายชุดบ้านทอน (พิสุทธิ และคณะ, 2544) เนื่องจากบริเวณพื้นที่นี้ยังไม่เคยปลูกถั่วคาวาลเคดมาก่อน อาจจะมีจุลินทรีย์ชนิดที่จำเพาะสำหรับถั่วดังกล่าวอยู่ในดินน้อย ทำให้การเกิดปมในรากถั่วน้อย ต้นถั่วจึงจำเป็นต้องอาศัยไนโตรเจนจากแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนหรือกากอ้อยดำเพื่อเพิ่มผลผลิตของถั่วคาวาลเคดในปีแรก สำหรับในปีที่ 2 จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจเพิ่มจำนวน จนมีมากพอที่เกิดปมและมีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาให้พืชใช้อย่างพอเพียงจึงไม่ตอบสนองต่อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนในปีที่ 2 อนึ่งในการทดลองปีที่ 2 ตัดถั่วคาวาลเคดได้เพียง 2 ครั้ง ทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งน้อยกว่าปีแรก ซึ่งตัดได้ 3 ครั้ง

ตารางที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักร้างและผลผลิตโปรตีนของถั่วคาวาลเคดที่ปลูกในปีที่ 1 และปีที่ 2 เมื่อได้รับกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย (กก./ไร่)			ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ย (กก./ไร่)
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	เฉลี่ย	
กากอ้อยดำ (ตัน/ไร่)				
0	614	592	603 ^c	93 ^c
2	762	564	663 ^{bc}	99 ^{bc}
4	765	593	679 ^{ab}	108 ^{ab}
6	888	607	747 ^a	116 ^a
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)				
0	744	573	658 ^b	103
10	857	616	737 ^a	113
20	719	585	652 ^b	98
30	708	582	645 ^b	102
กากอ้อย x ปุ๋ย N	*	NS	NS	NS
CV (%)	16.8	16.8	14.2	16.2

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของถั่วคาวาลเคด ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ปี เมื่อใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน แสดงไว้ในตารางที่ 12 จะเห็นว่าการใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้ปริมาณโปรตีน (CP) เยื่อใย ADF NDF และ ลิกนิน ในถั่วคาวาลเคดเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15.0 – 16.0 31.9 – 34.5 48 - 50.3 และ 7.0 – 7.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม เฉลี่ยของถั่วคาวาลเคดเพิ่มขึ้น เมื่อใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสยังเพิ่มขึ้นเป็น 0.28 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใส่กากอ้อยดำอัตรา 6 ตันต่อไร่ ($P < 0.05$)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 0 – 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย NDF และแมกนีเซียม เฉลี่ยในถั่วคาวาลเคดเปลี่ยนแปลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 15.1-15.9 47.9-51.4 และ 0.33 – 0.37 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงคือ 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี จะมีผลทำให้เยื่อใย ADF ลิกนิน และฟอสฟอรัสเฉลี่ยในถั่วคาวาลเคดลดลง

โดยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF และ ลิกนิน เฉลี่ยลดลงจากระดับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสเฉลี่ยลดลงจากระดับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ($P < 0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์แคลเซียมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี ซึ่งอาจเนื่องจากความเป็นกรด-ด่างของดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อย ส่งผลต่อการดูดธาตุอาหารในดินไปใช้ของถั่วคาวาลเคด ซึ่งพืชตระกูลถั่วจะชอบดินที่เป็นกลางและด่างเล็กน้อย ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าถั่วคาวาลเคดที่ได้จากการทดลองนี้ทั้งหมดมีคุณภาพดีตามวิธีจัดแบ่งคุณภาพอาหารหยาบสำหรับโคนม โดยพิจารณาจากโปรตีนตามคำแนะนำของจินดาและคณะ (2538) และมีปริมาณธาตุอาหารตามที่กล่าวมาแล้ว อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่พอเพียงกับความต้องการของโคเนื้อและโคนม (Whiteman, 1980)

ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วคาวาลเคด เมื่อได้รับกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน

สิ่งทดลอง	องค์ประกอบทางเคมีของถั่วคาวาลเคด (%) (On dry basis)						
	CP	ADF	NDF	Lignin	P	Ca	Mg
กากอ้อยดำ (ต้น/ไร่)							
0	15.4	33.7	49.6	7.2	0.23 ^c	0.89 ^{ab}	0.33 ^b
2	15.0	34.6	50.3	7.3	0.24 ^{bc}	0.84 ^b	0.33 ^b
4	16.0	32.8	48.0	7.0	0.26 ^b	1.04 ^a	0.37 ^a
6	15.5	33.6	50.0	7.3	0.28 ^a	0.93 ^{ab}	0.37 ^a
ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N/ไร่/ปี)							
0	15.7	34.9 ^a	51.4	7.5 ^a	0.26 ^{ab}	0.84 ^b	0.34 ^{ab}
10	15.3	34.0 ^{ab}	50.4	7.3 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.90 ^{ab}	0.33 ^b
20	15.1	32.5 ^{ab}	48.3	7.0 ^b	0.27 ^a	0.94 ^{ab}	0.35 ^{ab}
30	15.9	32.2 ^b	47.9	6.9 ^b	0.24 ^b	1.01 ^a	0.37 ^a
กากอ้อยดำ x ปุ๋ย N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	7.9	8.0	6.7	7.5	12.5	18.5	12.6

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในแนวตั้งเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ($P < 0.05$)
 - DM เฉลี่ย ของถั่วคาวาลเคดประมาณ 17.99 % (อานูภาพ, 2546)

ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ย

ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยของถั่วคาวาลเคดที่ใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กัน จะเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปในทำนองเดียวกับกับผลผลิตน้ำหนักร้างเฉลี่ยของถั่วคาวาลเคดดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 จะเห็นว่า

ถั่วคาวาลเคดที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 6 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ย 116 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าระดับที่ไม่ใส่และใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ตันต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างจากถั่วคาวาลเคดที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ ($P < 0.05$) สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้ผลผลิตโปรตีนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 98-113 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกากอ้อยดำช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่ดินและยังช่วยให้ดินมีความร่วนซุย พืชดูดไนโตรเจนไปใช้ได้มากขึ้น ทำให้การผลิตโปรตีนและสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบดำเนินไปอย่างรวดเร็ว

สรุปผลการทดลอง

การทดลองใส่กากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน จะมีผลกระทบต่อผลผลิตน้ำหนักรวมทั้งองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าอะตราดัม และถั่วคาวาลเคด ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 2 ปี ในพื้นที่ ดินเสื่อมโทรม บริเวณตำบลเขาชะงุ้ม จังหวัดราชบุรี ผลการทดลองพอสรุปได้ดังนี้

การทดลองที่ 1 ในหญ้าอะตราดัม พบว่า มีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตน้ำหนักรวม และผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยของหญ้าอะตราดัม โดยการใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี จะให้ผลผลิตน้ำหนักรวมและผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยสูงสุด คือ 4,243 และ 304 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้การใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กัน ยังมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมี โดยหญ้าอะตราดัมที่ใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 – 6 ตันต่อไร่ จะมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าที่ไม่ได้ใส่กากอ้อยดำ ขณะที่เปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย NDF ลิกนิน และแมกนีเซียมไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนในหญ้าอะตราดัมเพิ่มขึ้นตามลำดับ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง คือ 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี มีผลทำให้เยื่อใย ADF เพิ่มขึ้น ขณะที่เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสลดลง แต่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน แคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมเปลี่ยนแปลง

การทดลองที่ 2 ในถั่วคาวาลเคด พบว่า ผลผลิตน้ำหนักรวมและผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอัตราของกากอ้อยดำที่สูงขึ้น โดยเมื่อใส่กากอ้อยดำอัตราสูงสุด 6 ตันต่อไร่ ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมและผลผลิตโปรตีนเฉลี่ย คือ 747 และ 116 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี กลับให้ผลผลิตน้ำหนักรวมเฉลี่ยสูงสุด คือ 737 กิโลกรัมต่อไร่ มากกว่าที่ไม่ใส่และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงกว่านี้ แต่ผลผลิตโปรตีนเฉลี่ยมีค่าไม่แตกต่างกัน คือ อยู่ระหว่าง 98-113 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน สำหรับการใส่กากอ้อยดำอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย ADF NDF และลิกนินเปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อใส่กากอ้อยดำอัตรา 4-6 ตันต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กัน ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน เยื่อใย NDF และแมกนีเซียม ขณะที่เปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF ลิกนิน และฟอสฟอรัสลดลง แต่แคลเซียมเพิ่มขึ้น เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง 30 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี

ข้อเสนอแนะ

1. ในการปลูกหญ้าอะตราบัม ถึงแม้ว่า การใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปีจะทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากและผลผลิตโปรตีนสูงที่สุด แต่ถ้าต้องซื้อกากอ้อยดำและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีราคาแพง อาจต้องใส่น้อยลงเพื่อให้ได้ผลผลิตและผลตอบแทนที่เหมาะสม และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่ให้ลดลง โดยใส่กากอ้อยดำอัตรา 2 ตันต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี

2. สำหรับถั่ววาลเคด เป็นพืชตระกูลถั่ว สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ได้ อาจใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเฉพาะในปีแรกเพียง 10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี หลังจากปีที่ 2 จุลินทรีย์จำพวกไรโซเบียมในดินจะเพิ่มจำนวนมากขึ้นและสามารถตรึงไนโตรเจนให้ถั่ววาลเคดใช้ได้ อาจจะไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอีกต่อไป อย่างไรก็ตามควรใส่กากอ้อยดำอัตรา 4 ตันต่อไร่ หรือมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

- กองวิเคราะห์ดิน. 2535. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของกลุ่มเคมีดินที่ 2. ฝ่ายการพิมพ์ กองแผนงาน และการพิมพ์ กรมพัฒนาที่ดิน. 71 หน้า.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ไชยสถ์ นาคสกุล และสมจิตร อินทรมณี. 2538. เอกสารคำแนะนำเรื่อง เทคนิคการให้อาหารโคนม. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 31 หน้า.
- ชิต ยุทธวรวิทย์ จุริรัตน์ สัจจิตานนท์ เกียรติศักดิ์ กล้าเอม และพูนศรี ศุภระจุ. 2539. ความถี่ของการตัดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2538. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 83 - 89.
- ชิต ยุทธวรวิทย์ วิรัช สุขสราญ และสมศักดิ์ เกาทอง. 2547. ผลของอัตราปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์แควในชุดดินหุบกะพง. โครงการประชุมสัมมนาวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 19 ประจำปี 2547. มหกรรมเนื่อ นม ไช ปศุสัตว์ ไทย ปลอดภัยสู่ครัวโลก วันที่ 26-30 พฤษภาคม 2547 ณ พิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติ อําเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี.
- ถวิล ครุฑกุล และสมศักดิ์ บุญดาว. 2525. การใช้กากขี้กรองโรงงานน้ำตาลปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินสัดหีบ. ใน การจัดการบำรุงชุดดินกำแพงแสนเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ถวิล ครุฑกุล. 2548. ฟอสฟอรัสในดิน. ใน ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 294 - 306.
- พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พากเพียร. 2535. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช. ใน คู่มือการ ปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ.ดร.สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน กรุงเทพฯ. หน้า 157- 190.
- พิสุทธิ สุขเกษม วิรัช สุขสรานญ ฉายแสง ไผ่แก้ว และจิรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์. 2544. อิทธิพลของปุ๋ย ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตของถั่วแรมสไตโล. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 125 - 138.
- พิสุทธิ สุขเกษม กมลทิพย์ ดำคงเพชร และภิรมย์ บัวแก้ว. 2547. การตอบสนองต่อปุ๋ยคอกและปุ๋ย ไนโตรเจนของหญ้าชิกแนลเลื่อย. โครงการประชุมสัมมนาวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 19 ประจำปี 2547. มหกรรมเนื้อ นม ไข่ ปศุสัตว์ไทย ปลออดภัยสู่ครัวโลก วันที่ 26-30 พฤษภาคม 2547 ณ พิพิธภัณฑ์การเกษตรเฉลิมพระเกียรติ อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี.
- ลักขณา วุฒิพราชนุกอไพ วีระพล พูนพิพัฒน์ และสมศักดิ์ เกาทอง. 2541. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนและ ปุ๋ยคอกที่มีต่อผลผลิตต้นถั่วไมยรา. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุ สัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 194 - 215.
- วิรัช สุขสรานญ ไพฑูรย์ พลสนะ และเกียรติศักดิ์ มูลคำภา. 2520. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทาง ฟิสิกส์ของดินชุดราชบุรีโดยใช้อินทรีย์วัตถุ. รายงานประจำปี 2520. สำนักงานเกษตรภาคกลาง สำนักงานปลัด กระทรวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 148 -156.
- วิรัช สุขสรานญ พวงเพชร สุขคณา สุนันทา พลสนะ และเชษฐพงศ์ นนทพันธุ์. 2531. การศึกษา อินทรีย์วัตถุที่มีต่อคุณสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดินชุดราชบุรี ภายใต้ระบบการปลูกพืชต่าง ๆ กัน. รายงานประจำปี 2530. สำนักงานเกษตรภาคกลาง สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวง เกษตรและ สหกรณ์. หน้า 65 - 72.
- วิรัช สุขสรานญ จิรพัฒน์ วงศ์พิพัฒน์ และเถลิงศักดิ์ โนนทวงศ์. 2541. การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของหญ้ากินนีสีม่วงในชุดดินอุบลบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2540. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 99 -117.
- ศศิธร ถิ่นนคร กานดา นาคมนี วิรัช สุขสรานญ และอุดร ศรีแสง. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตหญ้าชิกแนลลอนในชุดดินปากช่อง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 229 - 242.

- สุนันทา ปทุมทิพย์ พวงเพชร สุขคณา และไพฑูรย์ พลสนะ. 2520. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินโดยใช้อินทรีย์วัตถุปี 2520. รายงานผลงานประจำปี 2520. สำนักงานเกษตรภาคกลาง สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 169 - 190.
- สุรัชย์ หมั่นสังข์ เจริญ เจริญจำรัสชีพ และจุมพล ยูวะนิม. 2535. การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดและดินกรด. ใน คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ.ดร.สรสิทธิ์ วัชรโยธาน กรุงเทพฯ. หน้า 35 - 44.
- สายนันท์ ทัดศรี นิพนธ์ ภาชนะวรรณ นิรันดร์ บำรุง และหยางเจิ้งไฉ. 2542 ก. ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าซีพีแพงโกล่าภายใต้สภาพการจัดการแตกต่างกัน. II ผลกระทบของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและความถี่ของการตัด. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) ปีที่ 33 : 21 - 32.
- สายนันท์ ทัดศรี นิรันดร์ บำรุง และหยางเจิ้งไฉ. 2542 ข. ผลผลิตและคุณภาพของหญ้าซีพีแพงโกล่าภายใต้สภาพการจัดการแตกต่างกัน. III ผลกระทบของการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย.) ปีที่ 33 : 303 - 309.
- สมศักดิ์ เกาทอง วิรัช สุขสราญ และวีระศักดิ์ จิโนแสง. 2542. การเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดหญ้างินนีสีม่วง (3) อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดหญ้างินนีสีม่วง. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 120-132.
- สมศักดิ์ วังไฉ และ ธงชัย มาลา. 2548. ไนโตรเจนในดิน. ใน ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 279 - 293.
- สมศักดิ์ วังไฉ และ ขวาลิต ฮงประยูร. 2548. อินทรีย์วัตถุในดิน. ใน ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 241 - 255.
- อานูภาพ เส็งสาย สมศักดิ์ เกาทอง วิรัช สุขสราญ และฉายแสง ไผ่แก้ว. 2546. การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์หญ้าและถั่วอาหารสัตว์บริเวณพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ตำบลเขาชะงุ้ม จังหวัดราชบุรี. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 17 - 31.
- Andrede, J.B., C.L. Justo, J.L.V. Coutinho, R.M. Peres, E. Ferra Junios, V.T. Paulino, W. Henrique, J.C. Werner and H.B. Mattos. 1997. Effect of nitrogen and potash fertilizer on dry matter yield and mineral composition of Pangola grass. Proc. XVII Int. Grassld. Cong. pp 10 - 11.

- Association of Official Analysis Chemists. 1965. Official Methods of Analysis, 10th ed. Benjamin Franklin Station, Washington, D.C. 20044. USA. 957 pp.
- Association of Official Analysis Chemists. 1984. Official Methods of Analysis, 14th ed. Verginia, USA. 1141 pp.
- AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. (Volume I) Verginia, USA.
- Bahnisch, L.M. and Humphreys, L.R. 1977. Urea application and time of harvest effects on seed production of *Setaria ancep* cv. Narok. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17: 621-628.
- Burton, G.W. and J.E. Jackson. 1962. Effect of rate and frequency of apply six nitrogen sources on Coastal bermudagrass. Agron. J. 54:40 - 43.
- Chheda, H.R. and J.O. Akinola. 1971. Effects of cutting frequency and level of applied nitrogen on crude protein production recovery by three *Cynodon* strains. W. Afr. J. Biol. Appl. Chem. 14 : 31 - 38.
- Church, D.C. and W.G. Pond. 1988. Basic Animal Nutrition and Feeding. Third Edition. John Wiley & Son. New York. 472 pp.
- French, M.H. 1957. Nutritional value of tropical grasses and fodders, Herb. Abst. 27:1 - 9.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, procedure and some application). United State Department of Agriculture Handbook No. 379. pp 1-11.
- Hsu, F.H. and K.Y. Hong. 1993. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on forage yield and quality of dwarf napiergrass. Proceeding of the XVII International Grassland Congress 1993: 864 - 865.
- Loch, D.S. 1983. Constraints on seed production of *Chloris gayana* cultivars. Ph.D. thesis, Univ. Old.
- Perkin Elmer. 1982. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin Elmer Corp. Norwalk, C.T. 06856, USA.

- Ragland, J.L., I.A. Craig and P.Chouangcham. 1986. Northeast Rain fed Agricultural Development Project Final Quarterly report No.16 University of Kentucky Technical Assistance Team. 207 pp.
- Whitney, A.S. and R.E. Green. 1969. Pangola grass performance under different levels of nitrogen fertilization in Hawaii. Agron. J. 61: 577 - 81.
- Whiteman, P.C. 1980. Tropical Pasture Science. Oxford University Press, Walton Street, New York. 322 pp.