Agricultural Sci.J. 41 (1) : 143-152 (2010) ว.วิทย.กษ. 41 (1) : 143-154 (2553)

ศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน

The Potential Use of Forage Legumes in Cropping System for Sustainable Lateritic Soils Management

ชื่นจิต แก้วกัญญา [1] สายัณห์ ทัดศรี [1] สุนันทา จันทกูล [1] สมเจตน์ จันทวัฒน์ [2] และ ชาญชัย มณีดุลย์ [3]

Chunjit Kaewkunya [1] , Sayan Tudsri [1], Sununtha Chuntakool [1],Somjate Juntawat [2] and Chanchai Maniddool [3]

Abstract

The experiment was conducted on lateritic soil area of Phon phisai soil series, under climatic con- dition of Sakhon NaKhon province during May 2005 and Nov. 2007, to investigate the potential of forage legumes for soil management in maize cropping system.The results showed that the highest total dry matter yields of forage legumes were found in hamata-hamata -maize systems (2 ton/ rai) and hence improved soil fertility of lateritic soil to enhance growth and yields of maize compared to the continuous maize system(control). This study showed that forage legumes ley pasture were the most suitable system to sustain maize cropping on Phon phisai soil series.

Keywords : Forage legumes, Cropping system, Lateritic soil, Phon phisai soil series

บทคัดย่อ

ดำเนินการทดลองบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ภายใต้สภาพอากาศจังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤษภาคม 2548-พฤศจิกายน 2550 โดยศึกษาศักยภาพของถั่วอาหารสัตว์เพื่อการจัดการดินในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลการทดลองพบว่า ระบบการปลูกถั่วฮามาต้า 2 ปี แล้วปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 สามารถให้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์รวมสูงสุด 2 ตัน/ไร่ และยังเป็นระบบที่สามารถปรับปรุงดินลูกรังให้ดีขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ดี เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง(แปลงควบคุม) การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าภายใต้สภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย สามารถจัดการให้เกิดความยั่งยืนได้โดยการใช้ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนพืชไร่เศรษฐกิจ

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University 10900 Thailand.

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
Department of Soil Science , Faculty of Agriculture, Kasetsart University 10900 Thailand.

[3] กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
Department of Livestock Development, Ministy of Agriculture and Cooperative.

รับเรื่อง : เมษายน 2552

* Corresponding author : chunjit_6@hotmail.com

คำนำ

ดินลูกรัง (lateritic soil) ถูกจัดว่าเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่ง เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร ดินชนิดนี้เป็นดินตื้น มีกรวดลูกรัง หรือเศษหินปะปนในระดับความลึกของรากทั่วไปทำให้จำกัดการหยั่งลึกของรากพืช และการเขตกรรม เป็นดินที่มีปริมาณอนุภาคดินละเอียดน้อยทำให้มีธาตุอาหาร และความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ และง่ายต่อการชะล้างของผิวหน้าดินเพราะมีชั้นกรวดอัดแน่นทำให้ดินมีความหนา แน่นรวมสูงแต่การแทรกซึมน้ำต่ำ (Potichan, 1991) นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษของธาตุเหล็ก อลูมินั่ม และแมงกานีส และมีความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสต่ำ เพราะเกิดการตรึงในดิน (บุญมา, 2536) ทำให้การปลูกพืชในพื้นที่ดินดังกล่าวได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ แต่ในสถานการณ์ปัจจุบันจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้พื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการทำการเกษตรลดน้อยลง จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินที่มีปัญหา ดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์จากที่ดินมีประสิทธิภาพสูงสุด จึงต้องหาวิธีในการจัดการทรัพยากรดินให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน

วิธีการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่ถือว่าประหยัดและเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายย่อยคือการปลูกพืชอาหารสัตว์สลับพืชไร่เศรษฐกิจ (ley farming system) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมมาสลับกับแปลงพืชอาหารสัตว์ (สายัณห์, 2547) ระบบนี้จะได้ผลผลิตจากพืชอาหารสัตว์เป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะโค และกระบือ หลังจากได้ประโยชน์แปลงพืชอาหารสัตว์ระยะหนึ่งแล้วยังได้ประโยชน์ จากการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะการปลูกถั่วอาหารสัตว์ (forage legumes) ซึ่งจะทำให้พืชไร่ที่ปลูกตามหลังมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น (จุติมา, 2548) เนื่องจากถั่วอาหารสัตว์สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้เช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่วอื่น ๆ เมื่อเศษซากพืชร่วงหล่น เกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้นได้ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน และสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นได้ (Mandal *et al*., 2003) ซึ่งถือว่าเป็นระบบการจัดการทรัพยากรดินที่ดี ช่วยให้ดินได้มีการพักตัวจากการไถพรวนเพื่อปลูกพืชไร่มากเกินไป และส่งผลดีต่อพืชเศรษฐกิจที่ปลูกตามหลัง จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น จึงได้ศึกษาการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในการปรับปรุงดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินศักยภาพชนิดถั่วอาหารสัตว์ที่ใช้ในระบบการปลูกสลับกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อนำไป สู่การจัดระบบการปลูกพืชที่มีความยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลองที่ฟาร์มวิจัย ด้านการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร เส้นรุ้งที่ 16°45′- 18°15′เหนือ และ เส้นแวงที่ 103°15′ - 104°30′ ตะวันออก ระหว่างเดือน พ.ค. 2548 – พ.ย. 2550 สภาพดินเป็นดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ที่เคยเป็นพื้นที่ปลูกพืชอาหารสัตว์แบบประณีตในปี พ.ศ. 2538-2541 แล้วปล่อยรกร้างจนเริ่มการทดลองนี้ในเดือน พ.ค. 2548 วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี คือ (1) ปีที่ 1 2และ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พร้อมใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำ (M-M-M) (แปลงควบคุม) (2) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วคาวาล์เคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca-Ca-M) (3) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วเซอราโตร (*Macroptilium atropurpureum*) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (S-S-M) (4) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วเซนโตรซีมา (*C. pubescens*) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce-Ce-M) (5) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H-H-M) (6) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วท่าพระ สไตโล (*S. guianensis* CIAT 184) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (T-T-M) และ (7) ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* (L.) Sweet.) ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (L-L-M) (กรรมวิธีที่ 2-7 ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน) โดยมีขนาดแปลงย่อย 4x5 เมตร

ก่อนไถเตรียมพื้นที่เก็บข้อมูลสมบัติทางกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวม และอัตราการแทรกซึมน้ำของดิน แล้วเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากนั้นใช้แทรกเตอร์เตรียม พื้นที่ปลูก (พ.ค. 2548) สุ่มเก็บดินอีกครั้งก่อนปลูก

ข้าวโพดตาม ในฤดูปลูกที่ 3 (28 ต.ค. 2549) ปลูกถั่วอาหารสัตว์ (ปีที่ 1) ดังนี้ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตรซีมา และฮามาต้า ใช้อัตราปลูก 3 กก./ไร่ ก่อนปลูกทำลายการพักตัวโดยแช่ในน้ำร้อน 80 ^{O}C นาน 10 นาที แล้วผึ่งให้แห้งในร่ม ถั่วแลบแลบใช้อัตราปลูก 4 กก./ไร่ เมล็ดถั่วทุกชนิดก่อนปลูกคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียมตามสายพันธุ์ ปลูกโดยวิธีการโรยเป็นแถวมีระยะห่างแถว 25 ซม. สำหรับถั่วแลบแลบหยอดเมล็ด 3-4 เมล็ด /หลุม ระยะปลูก 50x50 ซม. ถั่วทุกชนิดไม่มีการทำค้าง ในปีที่ 2 ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตรซีมา ฮามาต้า และท่าพระสไตโล หลังตัดครั้งสุดท้ายปล่อยให้ออกดอกและติดฝัก เมล็ดที่ร่วงหล่นลงในแปลงเมื่อได้รับปริมาณน้ำฝนในปีที่ 2 (ปลาย เม.ย. 2549) จะเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ (new seedling) สำหรับถั่วแลบแลบซึ่งเป็นพืชอายุปีเดียว มีการปลูกใหม่โดยการไถเตรียมแปลงและปลูกด้วยเมล็ดเช่นเดียวกับปีที่ 1 การเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ เก็บครั้งแรกเมื่อพืชอายุ 75 วันหลังปลูก และครั้งต่อไปทุก ๆ 45 วัน (3 ครั้ง/ปี) โดยตัดสูง 10 ซม. จากผิวดิน แล้วนำตัวอย่างอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70^{O}C นาน 48 ชั่วโมง เพื่อคำนวณหาผลผลิตน้ำหนักแห้ง หลังตัดครั้งแรกของปี ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) และยิปซัม อัตรา 30 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยการหว่าน สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใช้พันธุ์สุวรรณ 5 ปลูกโดยการหยอด 3-4 เมล็ด/หลุม มีระยะปลูก 50x50 ซม. เมื่อได้ 2 สัปดาห์ ถอนแยกเหลือ 2 ต้น/หลุม การจัดการ ในกรรมวิธีที่ 1 (แปลงควบคุม) ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รองก้นหลุมพร้อมปลูก หลังปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ โดยโรยข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ ในส่วนของกรรมวิธีที่ 2-7 เมื่อเข้าสู่ต้นฤดูฝน (29 พ.ค. 2550) ไถกลบถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกมาแล้ว 2 ปี แล้วปลูกข้าวโพดตาม โดยใช้ระยะเดียวกันกับกรรมวิธีที่ 1 หลังถอนแยกใส่ปุ๋ยสูตร 0-46-0, 0-0-60 และยิปซัมอัตรา 30 กก./ไร่ ตามลำดับ (ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน)

วิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน โดยวิธี Walkley Black Titration และไนโตรเจนทั้งหมดในพืช โดย Kjeldah method เพื่อหาค่า C:N ratio และศึกษาอัตราการย่อยสลายของพืชด้วยวิธี litter bag (Lousier and Parkinson, 1976) โดยนำถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด (อายุ 50 วัน หลังปลูก) ที่อบแห้งแล้วบรรจุในถุงตาข่ายไนลอนที่เย็บเป็นถุงขนาด 20X 20 ซม. บรรจุถุงละ 20 กรัม เย็บปากถุงให้สนิทแล้วนำถุงตาข่ายฝังในดินลึก 10 ซม. เป็นเวลา 45 วัน (15 ก.ค.-30 ส.ค. 2549) ตามวิธีของ Chairoj and Roongtanakiat (2004)

บันทึกข้อมูลผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน การเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 65 วันหลังปลูก องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ปีที่ 3)วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม STATISTIX 8 (Analytical software, 2003) และเปรียบเทียบความแตกต่างที่ระดับ 5 %

ผลการทดลอง

สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศตลอดการทดลองแสดงในตารางที่ 1 โดยในปี พ.ศ. 2548 ตั้งแต่เดือน ม.ค. -ธ.ค. มีอุณหภูมิเฉลี่ย 27.2 ๆC ปริมาณน้ำฝนรวม 1,841 มม./ปี โดยฝนตกมากที่สุดเฉลี่ย 3 เดือน 387 มม. และตกติดต่อกันในช่วงเดือน ก.ค.-ก.ย. หลังจากนั้นฝนจะลดลงอย่างรวดเร็ว และหยุดตกในเดือน พ.ย. ส่วนปีใน พ.ศ. 2549 สภาพภูมิอากาศตลอดปีมีอุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมต่ำกว่าปีที่ 1 (26.8 ^{O}C และ 1,331 มม. /ปี ตามลำดับ) และในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการทดลองอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 26.6 ^{O}C และมีปริมาณน้ำฝนรวมตลอดปี 1,398 มม. /ปี โดยฝนตกมากที่สุดในเดือน ส.ค. (339 มม.)

ผลผลิตน้ำหนักแห้ง สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์

เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตน้ำหนักแห้ง ระหว่างถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดดี ที่ปลูกทดสอบในสภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเอน พ.ค. 2548- ต.ค. 2549 จากตารางที่ 2 พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยถั่วฮามาต้าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมจากการเก็บเกี่ยว 2 ปี สูงสุด (2,000 กก./ไร่) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับถั่วคาวาลเคด และถั่วแลบแลบ สำหรับถั่วเซนโตรซีมาให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต่ำสุด (502 กก./ไร่) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) กับถั่วชนิดอื่น ๆ เมื่อนำถั่วอาหารสัตว์วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และหาสัดส่วน C: N พบว่า ถั่วเซนโตรมีค่า C:N สูงสุดแต่มี

ความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ กับถั่วคาวาลเคด สำหรับถั่วเซอราโตรซีมา ฮามาต้า และท่าพระสไตโล มีค่าใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 13.1-13.9 ส่วนถั่วแลบแลบมีค่าต่ำสุด และเมื่อคำนวณอัตราการย่อยสลาย พบว่า ถั่วแลบแลบ มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด (75.4%) และแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วท่าพระสไตโล แต่แตกต่างจากถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตรซีมา และถั่วฮามาต้า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

สำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกตามหลังถั่วอาหารสัตว์ ในปีที่ 3 (ตารางที่ 3) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบการปลูกพืชแบบต่าง ๆ พบว่า การปลูกตามถั่วแลบแลบ ฮามาต้า และท่าพระ สไตโล ทำให้ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด (87-88 ซม.) โดยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วคาวาลเคด ถั่วเซอราโตร และการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง (แปลงควบคุม) แต่การปลูกตามถั่วเซนโตรซีมาข้าวโพดมีความสูงน้อยที่สุด และสำหรับจำนวนใบต่อต้นผลเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับความสูง แต่ในส่วนของความเขียวใบซึ่งเป็นตัวบ่งถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช นั้นข้าวโพดที่ปลูกต่อเนื่องมีความเขียวใบสูงสุด ซึ่งเท่ากับปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า (42.7) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามหลังถั่วคาวาลเคด แลบแลบ ท่าพระสไตโล และเซนโตรซีมา ส่วนการปลูกตามหลังถั่วเซอราโตรข้าวโพดมีค่าความเขียวใบน้อยที่สุด

องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ในส่วนขององค์ประกอบผลผลิตข้าวโพด พบว่า จำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่ มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีจำนวนต้นระหว่าง6.5-6.6 ต้น/ตร.ม. และการปลูกข้าวโพดต่อเนื่องมีจำนวนเมล็ดต่อฝักสูงสุด แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า ส่วนน้ำหนักเมล็ด นั้น การปลูกตามหลังถั่วท่าพระสไตโลจะมีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุด แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ยกเว้นการปลูกตามหลังถั่วเซนโตรซีมา ซึ่งมีน้ำหนักต่ำสุด และเมื่อมีพิจารณาถึงผลผลิตข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วยผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักส่วนเหนือดินที่เก็บในระยะเก็บเกี่ยว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่แปลงควบคุมมีผลผลิตเมล็ดสูง สุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคด ส่วนการปลูกตามถั่วเซนโตรซีมามีผลผลิตเมล็ดต่ำสุด และสำหรับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินนั้น การปลูกตามหลังถั่วฮามาต้าข้าวโพดมีผลผลิตสูงสุด โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงควบคุมและปลูกตามถั่วคาวาลเคด ส่วนการปลูกตามถั่วเซนโตรซีมามีผลผลิตต่ำสุดเช่นเดียวกันกับผลผลิตเมล็ด (ตารางที่ 4)

Table 1 Rainfall and Average temperature during 2005 – 2007.

Y/ M.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
Rainfall (mm.)													
2548	0	0	18	77	304	268	385	389	387	14	0	0	1,841
2549	0	3	35	101	122	164	365	308	74	119	42	0	1,331
2550	0	9	9	15	119	216	149	339	307	228	7	0	1,398
Average temperature (^{o}C)													**Average**
2548	29.8	27.2	26.2	29.0	29.1	28.3	27.6	27.1	27.3	26.9	25.5	21.9	27.1
2549	22.9	27.4	27.4	28.7	28.1	29.2	27.8	27.3	27.5	26.6	26.3	22.2	26.8
2550	21.6	28.0	28.8	28.8	28.5	28.7	28.6	27.4	27.2	25.9	22.8	23.8	26.6

Table 2 Forage legumes dry matter production (kg/rai), C:N ratio and decomposition rate under different cropping systems.

Cropping systems	Dry matter yield (kg./rai)			C:N ratio	Decomposition rate (%)
	1st year	2nd year	Total yield		
M -M – M (Control)	-	-	-	-	-
Ca–Ca -M	1,020 a	561 b	1,581 b	14.8 ab	58.0 c
S – S – M	484 b	480 cd	890 cd	13.9 bc	62.2 c
Ce–Ce- M	268 c	234 d	503 d	16.8 a	62.0 c
H – H- M	1,072 a	928 a	2,000 a	13.1 bc	65.7 bc
T – T- M	950 a	723 ab	1,674 ab	13.2 bc	72.5 ab
L – L - M	900 a	475 cd	1,374 b	11.6 c	75.4 ab
F-test	*	*	*	*	*
C.V. (%)	20.9	29.1	18.9	11.8	8.04

Means within the same column followed by the different letters are significantly according to LSD ($P < 0.05$)

Table 3 Growth of maize on different cropping systems in 3rd year (2007) (65 Day after planting)

Cropping systems	Plant height (cm)	Leaf number (Leaf/stem)	SPAD-Unit
M - M - M	74 ab	6.4 ab	42.7 a
Ca –Ca - M	85 ab	6.6 ab	41.4 a
S – S - M	80 ab	6.3 ab	36.0 b
Ce– Ce -M	67 b	5.7 b	38.3 ab
H - H - M	87 ab	7.0 a	42.7 a
T – T - M	87 ab	6.7ab	37.7 ab
L – L - M	88 a	7.3 a	39.5 ab
F-test	*	*	*
C.V. (%)	16.5	11.1	8.9

Means within the same column followed by the different letters are significantly according to LSD ($P < 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และกายภาพบางประการของดินก่อนทดลอง และก่อนปลูกข้าว โพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 3 (มิ.ย. 2550) ตารางที่ 5 พบว่า ค่า pH ลดลงเล็กน้อยแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 5.30-5.47 สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุนั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แปลงที่ปลูกถั่วแลบแลบมีค่าสูงสุด (1.92 %) แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงถั่วเซอราโตร และฮามาต้า ส่วนการปลูกถั่วเซนโตรซีมาจะมีปริมาณต่ำสุด (1.33%) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสจะมีค่าต่ำกว่า ก่อนการทดลองและมีความแตก ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแปลงที่ปลูกถั่วฮามาต้ามีค่าสูงสุด แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงถั่วท่าพระสไตโล (22.07 และ

18.87mg kg^{-1} ตามลำดับ) และโดยทั่วไปแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์จะมีปริมาณโพแทสเซียมในดินสูงกว่าแปลงที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกันอย่างต่อเนื่อง สำหรับสมบัติทางกาย ภาพของดิน นั้น ภายหลังดินมีค่าความหนารวมลดลงเล็กน้อย จาก 1.37 เป็น 1.30 กรัม/ลบ.ซม. แต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอัตราการแทรกซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกรรมวิธี โดยแปลงปลูกถั่วแลบแลบมีอัตราการแทรกซึมน้ำสูงสุด รองลงมา คือปลูกถั่วเซอราโตร และท่าพระสไตโล ในขณะที่แปลงถั่วฮามาต้ามีค่าต่ำสุดแต่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงถั่วคาวาลเคด และแปลงควบคุม

Table 4 Yield and yield component of maize from different cropping systems.

Cropping systems	Plant number (Plant/ m^2)	Seed number (seed/pod)	100 seed weight (g.)	Grain Yield (kg/rai)	
				Grain	Stover
M-M-M	6.6	322 a	23.6 ab	782 a	1,137 a
Ca-Ca-M	6.5	248 bc	23.0 ab	606 ab	954 ab
S-S-M	6.5	175 d	25.4 a	478 bc	629 cd
Ce-Ce-M	6.5	180 cd	18.1 b	333 c	517 d
H-H-M	6.6	286 ab	25.7 a	753 a	1,171 a
T-T-M	6.5	208 cd	25.8 a	560 b	775 bc
L-L-M	6.5	203 cd	24.1 ab	512 b	856 bc
F-test	ns	*	*	*	*
C.V. (%)	2.9	21.0	17.8	20.8	19.3

Means within the same column followed by the different letters are significantly according to LSD ($P < 0.05$)

Table 5 Some properties of lateritic soil before and after different treatments.

	pH (1:2 Soil:H_2O)	OM (%)	Avail. P (mg kg^{-1})	Exch. K (mg kg^{-1})	Bulk density (g $(cm^3)^{-1}$)	Infiltration rate (mm. min^{-1})
Before	5.47	1.83	27.31	70.46	1.37	1.12
Cropping systems						
M-M-M	5.43	1.59 bc	6.81 d	50.95 c	1.31	3.52 c
Ca-Ca-M	5.33	1.52 bc	9.55 d	96.53 a	1.31	3.59 c
S-S-M	5.31	1.70 ab	13.13 c	121.91 a	1.34	5.25 b
Ce-Ce-M	5.30	1.33 c	16.53 bc	94.20 a	1.29	3.35 c
H-H-M	5.31	1.73 ab	22.07 a	119.80 a	1.33	2.63 c
T-T-M	5.47	1.56 bc	18.87 ab	89.36 ab	1.30	4.91 b
L-L-M	5.57	1.92 a	6.33 d	60.84 bc	1.23	6.94 a
F-test	ns	*	*	*	ns	*
C.V. (%)	5.1	13.9	18.1	24.3	11.2	19.9

Means within the same column followed by the different letters are significantly according to LSD ($P < 0.05$)

วิจารณ์

ผลผลิตถั่วอาหารสัตว์

ตลอดการศึกษามีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอและอุณหภูมิเหมาะสม (เฉลี่ย 1,607.2 มม. และ 25.7 °C ตามลำดับ)(ตารางที่ 1) ประกอบกับแปลงทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อยู่ในระดับปานกลาง (1.83 %) ทำให้ถั่วอาหารสัตว์เจริญเติบโตดี โดยเฉพาะถั่วในสกุล *Stylosanthes* ซึ่งได้แก่ ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล โดยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 2 ปี สูงถึง 2,000 และ1,674 กก./ไร่ ตามลำดับเนื่องจากเป็นถั่วที่ปรับตัวได้ดีในดินที่เป็นกรด โดยสกัดธาตุแคลเซียมจากดินที่เป็นกรดได้ดี และสามารถทนต่อดินที่มีอลูมินั่มสูง (Andrew and Norris, 1961) จึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพดินลูกรัง และสามารถออกดอก ผลิตเมล็ดร่วงหล่นลงแปลงจำนวนมาก เมื่อได้รับความชื้นในปีถัดไปเมล็ดจะงอกเป็นต้นใหม่ และเจริญเติบโตสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ดี ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีของถั่วอาหารสัตว์ ที่มีการนำไปใช้ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนเช่นเดียวกัน กับการใช้ถั่วอาหารสัตว์เพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวสาลีในระบบ ley farming ของประเทศออสเตรเลีย โดยมีถั่วหลายชนิดที่งอกเป็นต้นใหม่จากเมล็ดที่ร่วงหล่นและฝังอยู่ในดิน (seed bank) หลังไถกลบและย่อยสลายจะเกิดประโยชน์แก่พืชที่ปลูกตามได้ (Carr *et. al*, 2005) สำหรับถั่วเซนโตรซีมาที่ให้ผลผลิตรวมต่ำสุด (503 กก./ไร่) เนื่องจากเป็นถั่วที่ต้นอ่อนเจริญได้ช้ามาก (เฉลิมพล, 2530 ; Skerman, 1977) ประกอบกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีไม่เพียงพอต่อการเจริญในช่วงแรกของถั่ว (27.3 ppm) จึงทำให้วัชพืชที่เจริญเติบโตได้เร็วกว่าขึ้นปกคลุมพื้นที่ โดยสายัณห์ (2547) รายงานว่าการปลูกถั่วเซนโตรซีมาต้องได้รับฟอสฟอรัส 30 ppm จึงถือว่าเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าต้นอ่อนของถั่วจะได้รับพิษจากธาตุแมงกานีส ซึ่งเป็นธาตุที่สะสมอยู่มากในดินลูกรัง จนทำให้เกิดการเป็นพิษ โดยถั่วจะแสดงอาการเหลืองที่ขอบใบ (chlorosis) ในส่วนของใบอ่อนและลำต้น (Skerman, 1977) และถั่วเซนโตรซีมายังมีเถาขนาดเล็ก จึงทำให้มีผลผลิตต่ำอย่างชัดเจน (ตารางที่ 2)

ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเจริญเติบโตด้านความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ของข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิด ยกเว้นถั่วเซนโตรซีมา แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงควบคุม (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์

สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ จากการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว และจากการย่อยสลายส่วนต่าง ๆ ของพืชทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการบำรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว 2 ปีติดต่อกันแล้วไถกลบ โดยเฉพาะถั่วพร้า และถั่วพุ่ม เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นได้(อรพินท์, 2541)และเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตดีขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามมาด้วย โดยการปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคด แม้ผลผลิตจะไม่แตกต่างกับแปลงควบคุม แต่ก็ใกล้เคียงกับการปลูกภายใต้สภาพดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ที่ให้ผลผลิตเมล็ด 800 กก./ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ส่วนการปลูกตามหลังถั่วท่าพระ สไตโลจะให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วคาวาลเคด (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์สามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงขึ้นได้จากการตรึงไนโตรเจนและการย่อยสลายเศษซากพืชเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งได้จากปริมาณของชีวมวลพืชอาหารสัตว์ชนิดนั้น ๆ เป็นสำคัญ ส่งผลให้พืชที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนการปลูกตามหลังถั่วแลบแลบ ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและ ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกตามถั่วฮามาต้าและแปลงควบคุม (ตารางที่ 4) อาจเนื่องมาจากการปลูกตามหลัง ถั่วแลบแลบซึ่งเป็นถั่วอายุปีเดียวที่มีส่วนเหนือและใต้ดินขนาดใหญ่กว่า มีค่า C:N ratio ต่ำสุด และมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด จึงส่งผลให้ดินมีสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า (ความหนาแน่นรวมต่ำ และอัตราการแทรกซึมน้ำสูง) (ตารางที่ 5) เมื่อมีฝนตกจะก่อให้เกิดการสูญเสีย NO_3^--N จากการชะล้างไปกับน้ำสูงกว่า (Tyler and Thomas, 1977) และไหลลงสู่ดินชั้นล่าง ข้าวโพดจึงไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนเหนือดินของข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วแลบแลบ พบว่า มีปริมาณต่ำกว่าแปลงที่ปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง แปลงที่มีการปลูกถั่วฮามาต้า และคาวาลเคด (ผู้วิจัยยังไม่ได้ตีพิมพ์) และสำหรับการปลูกตามถั่วเซนโตรซีมาข้าวโพดเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำสุดเนื่องจากเป็นถั่วที่เจริญเติบโตได้ไม่ดีในสภาพดินลูกรังโดยมีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุด (503 กก. /ไร่) ส่งผลให้มีปริมาณเศษซากพืชร่วงหล่นที่ย่อยสลายเป็นอินทรียวัตถุน้อยกว่า นอกจากนี้อัตราการย่อยสลายของถั่วเซนโตรซีมายังน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วท่าพระสไตโล และถั่วแลบแลบ (ตารางที่ 2)

การย่อยสลายอินทรียวัตถุ และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

จากการหาองค์ประกอบทางเคมี แล้วหาอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด พบว่า มีค่า C:N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายทั้งสิ้น คือระหว่าง 11.6 -16.8 โดยถั่วที่มี C: N ratio สูงจะมีอัตราการย่อยสลายเกิดช้ากว่า (ถั่วเซนโตรซีมา คาวาลเคด และเซอราโตร) ส่วนถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ซึ่งมีปริมาณ C: N ratio ใกล้เคียงกันแม้จะมีอัตราการย่อยสลายที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม และถั่วแลบแลบซึ่งเป็นถั่วที่มีอัตรา C:N ต่ำสุด จึงมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด (ตารางที่ 2) โดยในระหว่างการทดลองมีปริมาณน้ำฝนสูง และมีสภาพอุณหภูมิเหมาะสม (ตารางที่ 1) ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของดินลูกรัง ชุดโพนพิสัย (ตารางที่ 5) โดยทำให้ดินมี pH เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ลดลงเล็กน้อย) แต่ในส่วนปริมาณอินทรียวัตถุที่มีค่าลดลงจาก 1.83 % เป็น 1.62 % เนื่องจากพื้นที่ทดลองถูกปล่อยทิ้งไม่ถูกรบกวนเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 ปี จึงมีอินทรียวัตถุสะสมอยู่มาก ซึ่งชั้นผิวดินภายใต้สภาพการไม่ไถพรวน หรือลดการไถพรวนเป็นเวลานานจะมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าสภาพที่มีการไถพรวนอย่างต่อเนื่อง และเมื่อมีการไถพรวนเตรียมพื้นที่ปลูกทำให้อินทรีย์คาร์บอนที่สะสมอยู่ ในดินถูกออกซิไดส์ให้เป็น CO_2 จึงทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง (Franzluebbers *et. al.*,1995) แต่อย่างไรก็ตาม ผลในระยะยาวการปลูกพืชตระกูลถั่ว จะสามารถสะสมไนโตรเจนจากการตรึงในอากาศได้มากขึ้น เมื่อเศษซากพืชร่วงหล่นเกิดการย่อยสลาย จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้น ซึ่งจะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นด้วย (Mandal *et. al*, 2003) ทั้งนี้ขึ้น กับปริมาณชีวมวลของพืชที่ร่วงหล่นลงดิน และอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นสำคัญ โดยจะเห็นจากหลังปลูกถั่วแลบแลบดินมีอินทรียวัตถุสูด (1.92 %) ส่วนแปลงปลูกถั่วเซนโตรซีมา ซึ่งให้ผลิตน้ำหนักแห้ง และอัตราการย่อยสลายต่ำสุด (503 กก./ไร่ และ 62.0 % ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) ดินจึง

มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุด (1.33%) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ภายหลังการปลูกพืช 2 ปี มีค่าลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสจะถูกตรึงได้ดีในดินลูกรัง (บุญมา, 2536) แต่ถึงอย่างไรก็ตามแปลงที่ปลูกถั่วฮามาต้าและท่าพระสไตโลจะมีค่าสูงสุด เพราะเป็นถั่วที่มีความต้องการฟอสฟอรัสต่ำกว่าถั่วเขตร้อนชนิดอื่น ๆ (สายัณห์, 2547) ส่วนปริมาณโพแทสเซียม นั้น โดยทั่วไปดินร่วนปนเหนียวจะมีปริมาณที่สูง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นพืชตระกูลหญ้าจะมีความสามารถในการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมได้ดีกว่าถั่วอาหารสัตว์ (กอบแก้ว, 2535) โดยข้าวโพดจะใช้ธาตุโพแทสเซียมเพื่อการออกดอกและผลิตเมล็ด (กรมวิชาการ, 2547) จึงทำให้หลงเหลือในดินน้อยกว่า และในส่วนของสมบัติกายภาพของดินพบว่า หลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงจาก1.37 เป็น 1.29 กรัม/ลบ.ซม. ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะว่าจากการปลูกถั่วติดต่อกันโดยไม่ไถพรวนประกอบกับถั่วมีระบบรากที่กระจายไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่ (macro pores) และมีความต่อเนื่อง (Tyler and Thomas, 1977) ดินจึงโปร่งส่งผลให้น้ำและอากาศไหลซึมลงสู่ดินได้ดีขึ้นโดยภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ โดยเฉพาะถั่วแลบแลบดินมีความหนาแน่นรวมลดลงมากที่สุด และมีอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุด (1.23 กรัม/ลบ.ซม. และ 6.94 มม./ชั่วโมง ตามลำดับ) (ตารางที่ 5) เพราะ ถั่วแลบแลบเป็นถั่วอายุปีเดียวที่มีใบ ลำต้น และรากขนาดใหญ่ มีอัตราการย่อยสลายเร็ว โดยเมื่อเกิดการย่อยสลายจะเพิ่มช่องว่างในดินได้มากที่สุด สำหรับการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 2 ปี ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง และอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้น เพราะการปลูกพืชโดยไถพรวนดินทำให้ปริมาณช่องว่างอากาศในดินที่ระดับความลึก 5-35 ซม. เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้ดีขึ้น (ธรรมนูญ, 2543)

สรุป

ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ (2 ปี) หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปีที่ 3 นับว่าเป็นระบบการปลูกพืชที่มีความเป็นไปได้ และนำไปสู่ความยั่งยืนในการผลิตพืชบนพื้นที่ดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบถั่วฮามาต้า-ถั่วฮามาต้า-ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากเป็นพืชอาหารสัตว์ที่สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมจากการเก็บเกี่ยว 2 ปีสูงสุด และสามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินให้ดีขึ้น ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกตามมีการเจริญเติบ โต และผลผลิตสูงใกล้เคียงกับการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง (แปลงควบคุม) ซึ่งระบบการผลิตดังกล่าวนอกจากจะมีรายได้ จากการจำหน่ายผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แล้ว ยังได้ประโยชน์จากถั่วอาหารสัตว์เพื่อการเลี้ยงปศุสัตว์ และการปรับปรุงบำรุงดินควบคู่กันไป จึงน่าจะเป็นระบบการจัดการดิน ที่สามารถนำไปสู่ความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2549

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ. 22 หน้า.

กอบแก้ว ตรงคงสิน. 2535. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 259 หน้า.

จุติมา เวชวิทย์วรากุล. 2548. การใช้พืชอาหารสัตว์ภายใต้สภาพการเล็มกินของโคเพื่อปลูกมันสำปะหลังอย่างยั่งยืนบนชุดดินโคราชที่จังหวัดขอนแก่น.วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัย ขอนแก่น, จังหวัดขอนแก่น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 หน้า.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2530. หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่. 165 หน้า.

ชลวุฒิ ละเอียด. 2541. การจัดการดินไร่และปุ๋ยข้าวโพดเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กสิกร. 71 (4): 339-343.

ธรรมนูญ แก้วคงคา. 2543. สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดโดยมีการไถ และไม่ไถพรวนและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ปีที่ 14. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญมา ดีแสง. 2536. ลักษณะของดินปนกรวดตามลำดับภูมิประเทศในบริเวณแอ่งสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547 . พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ. 534 หน้า.

อรพินท์ สุริยพันธุ์. 2541. ผลของพืชตระกูลถั่วที่ใช้ไถกลบและตัดคลุมดินที่มีต่อความอุดมสมบูรณ์ของธาตุไนโตรเจนในดิน. ว. ดินและปุ๋ย. 20 (16-23).

Analytical Software. 2003. STATISTIX 8 for windows. Tallahasee, FL, USA.

Andrew, C.S. and D.O. Norris. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legumes species. Aust. J. Agri. Res.12:40-55.

Carr, P.M.,W. W. Poland and T. J. Tisor. 2005. Forage legume regeneration from the soil seed bank in Western North Dakota. Agron. J. 97:505-513.

Chairoj P. and Roongtanakiat. 2004. Decomposition of vertiver shoot and effect of vertiver mulching on super sweet corn hybrid yield. Kesersart. J. (Nal. Sci.) 38:305-310.

Franzluebbers, A.J., F.M.Hons and D.A. Zuberer. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. Soil Sci.Soc.Am.J. 59:460-466.

Lousier, J.D. and D. Parkinson. 1976. Litter Decom position in a Cool Temperate Deciduous Forest. Can. J. Bot. 54:419-436.

Mandal, U.K., G. Singh, U.S. Victor and K.L.,Sharma. 2003. Greenmanuring : its effection soil proper ties and crop growth under rice-wheat crop ping system. Europ. J. Agronomy 19:225-237.

Potichan, A.1991. Morphology, Genesis and Charac teristic of Skeletal Soils in Sakon Nakhon Pro vince, Northeast Thailand. Ph.D.Thesis, Univer sity of Philippines. Los Banos.

Skerman, P.J. 1977. Tropical Forage Legumes FAO. Rome, Italy. 2: 609 p.

Tyler, D.D. and G.W. Thomas. 1977. Lysimeter mea surements of nitrate and chloride losses from soil under conventional and no-tillage corn. J. Environ. Qual. 6:63-66.