ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่นา)

ปริญญา

พืชไร่นา	พืชไร่นา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง ศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน

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

นามผู้วิจัย นางสาวชื่นจิต แก้วกัญญา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ ....

(ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D.)

กรรมการ ....

(รองศาสตราจารย์สุนันทา จันทกูล, Ph.D.)

กรรมการ ....

(ศาสตราจารย์ (พิเศษ) สมเจตน์ จันทวัฒน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยะ กิตติภาดากุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** __________ **พ.ศ.** ______

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน

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

โดย

นางสาวชื่นจิต แก้วกัญญา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่นา)
พ.ศ. 2557

ชื่นจิต แก้วกัญญา 2557: ศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (พืชไร่นา) สาขาพืชไร่นา ภาควิชาพืชไร่นา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D. 307 หน้า

ดินลูกรัง (lateritic soil) เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำสำหรับการทำการเกษตร อันเป็นผลจากองค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีของดิน ปัจจุบันจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่เพื่อการเกษตรลดลง จึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดินที่มีปัญหาเหล่านี้ ดังนั้นจึงได้ศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน ในสภาพชุดดินโพนพิสัย ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2548 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2551 วัตถุประสงค์หลักของการศึกษาครั้งนี้เพื่อหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดระบบการปลูกพืชในสภาพดินลูกรัง ที่ทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดทั้งทางด้านการผลิตพืช การผลิตสัตว์ และผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ มีข้อบ่งชี้ความยั่งยืน คือ การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินที่ดีขึ้น การเพิ่มผลผลิตชีวมวลรวมของพืช และผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ การศึกษาครั้งนี้มีระบบการปลูกพืช 2 ระบบ ประกอบด้วย 1) ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และ 2) ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตำรับการทดลองประกอบด้วยถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด คือ 1) คาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) 2) เซอราโตร (*Macroptilium atropurpureus*) 3) เซนโตร (*C. pubescens*) 4) ฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) 5) ท่าพระสไตโล (*S. guianensis* cv. Tha Phra) และ 6) แลบแลบ (*Lablab purpureus*) การทดลองครั้งนี้ใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 เป็นพืชหลัก

ผลการทดลองพบว่า ถั่วฮามาต้า เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงสุดในด้านการปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง ภายใต้สภาพแวดล้อมจังหวัดสกลนคร โดยหลังจากปลูกถั่วฮามาต้าดินมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ ในทางที่ดีขึ้น โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน อัตราการแทรกซึมน้ำ ปริมาณความชื้นในดิน และปริมาณแบคทีเรียในดิน สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งจากผลผลิต 2 ปี สูงถึง 2,000 กิโลกรัม/ไร่ การปลูกร่วมกับพืชไร่เศรษฐกิจ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) ทั้งในลักษณะการปลูกทับลงบนพื้นที่โดยไม่มีการไถพรวน (H+M+M) และการปลูกหมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H-H-M) สามารถให้ผลผลิตชีวมวลรวมทั้งระบบสูงถึง 4,052 กิโลกรัม/ไร่ และ 3,927 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ในด้านผล ตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ พบว่า ระบบ H+M+M และ H-H-M ให้รายได้สุทธิ 2,807.5 และ 2,279 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ ระบบการปลูกพืชดังกล่าว นอกจากจะมีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตข้าวโพดแล้ว ยังได้ประโยชน์จากถั่วอาหารสัตว์เพื่อการปศุสัตว์และการปรับปรุงบำรุงดินควบคู่กันไป ซึ่งถือว่าเป็นระบบการจัดการดินลูกรังที่สามารถนำไปสู่ความยั่งยืนได้

ลายมือชื่อนิสิต	ลายมือชื่อประธานกรรมการ	___ / ___ / ___

Chunjit Kaewkunya 2014: The Potential Use of Forage Legumes in Cropping Systems for Sustainable Management of Lateritic Soils. Doctor of Philosophy (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Sayan Tudsri, Ph.D. 307 pages.

Lateritic soil has poor soil quality for agriculture as a result of its physical and chemical properties. At present, many people are adversely affected by the lack of agricultural land to meet demand. Therefore, it is necessary to utilize these problem soils and this study investigated the efficiency of a cropping system using forage legumes for sustainable lateritic soil management in the Phon Phisai soil series at the Kasetsart University Chalermprakiat Changwat Sakhon Nakhon campus from May, 2005 to March, 2008. The main objectives of this study were to acquire suitable technology in crop management based on the lateritic soils to benefits plant production, animal production, and economic compensation. The sustainability indices were based on the modification of some soil properties for increasing the biomass yield and economic values. There were two cropping systems involved in this research were: (1) forage legumes cropped with maize in no-tillage farming, and (2) the crop forage legumes under rotation farming. The treatments involved six forage legumes: (1) Cavalcade (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade), (2) Siratro (*Macroptilium atropurpureus*), (3) Centro (*C. pubescens*), (4) Hamata (*Stylosanthes hamata* cv. Verano), (5) Tha phra stylo (*S. guianensis* cv. Tha Phra), and (6) Lablab ((*Lablab purpureus*). Maize (Suwan 5) was used as the main crops.

The results showed that the Hamata (Stylosanthes hamata cv. Verano) had the highest potential as a forage legume for lateritic soil improvement under Sakon Nakhon province. The chemically, physically, and biologically soil properties were augmented after Hamata cropping especially the total nitrogen content, cation exchange capacity, infiltration rate, soil moisture content, and quality of bacteria in the soil. Moreover, this treatment reported 2,000 kg/rai of dry matter yield within two years. Hamata cropping with economic crop (maize) based on direct seeding without tillage (H+M+M), and ley farming (H-H-M) reported 4,052 kg/rai and 3,927 kg/rai of total biomass, respectively. The economic returns (net income) were 2,807.5 and 2,279 baht/rai/year in H+M+M and H-H-M systems, respectively. Besides contributing to soil improvement, the cropping system produced extra income from the maize and yielded forage legumes for livestock production. Therefore, the cropping system had high potential to be applied for the sustainable management of lateritic soils.

____________________ ____________________ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้เวลายาวนานมากกว่าจะได้มีโอกาสนำเสนอเป็นรูปเล่ม ซึ่งมีบุคคลสำคัญหลายท่านที่คอยช่วยเหลือ สนับสนุน และให้กำลังใจจนทำให้ได้มีโอกาสในครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณศาตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ซึ่งเป็นบุคคลสำคัญที่สนับสนุน และช่วยเหลือทุกอย่าง ศาตราจารย์ (พิเศษ) ดร. สมเจตน์ จันทวัฒน์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา จันทกูล กรรมการ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับงานทดลอง การเรียบเรียง ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง รองศาสตราจารย์ ดร.สมนึก วงศ์ทอง ผู้แทนบัณฑิต ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รองศาสตราจารย์ ดร.สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับงานทดลอง และที่สำคัญท่านอาจารย์ชาญชัย มณีดุลย์ ซึ่งในขณะที่ท่านยังมีชีวิตอยู่ได้ให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะต่างๆ ที่สำคัญซึ่งทำให้งานทดลองครั้งนี้ครบถ้วนและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ดร.วัณณนา สุนทรนฤรังษี อาจารย์ประจำภาควิชาภาษาต่างประเทศ คณะมนุษยศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องภาษาอังกฤษซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่สุดของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณกองทุนพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2547 ที่กรุณาให้ทุนการศึกษา และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ประจำปี 2550 ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการทดลอง ตลอดจนนิสิตสาขาทรัพยากรเกษตรชีวภาพ ปีการศึกษา 2548-2550 ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือให้งานทดลองนี้สำเร็จลงได้

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยการสนับสนุนและกำลังใจอันดียิ่งจากครอบครัว พ่อ-แม่ ญาติพี่น้อง ลูกศิษย์ ตลอดจนกัลยาณมิตรทุกท่าน ประโยชน์ที่พึงได้จากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่บุพการี ครู อาจารย์ ผู้มีอุปการคุณ ตลอดจนนักวิชาการทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดองค์ความรู้และประสบการณ์ให้ข้าพเจ้าทั้งทางตรงและทางอ้อม

ชื่นจิต แก้วกัญญา

กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ตารางผนวกที่

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า

สารบัญภาพ (ต่อ)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADF	=	ปริมาณลิกโนเซลลูโลส
ADL	=	ปริมาณลิกนิน
Avail. P	=	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
°C	=	องศาเซลเซียส
CEC	=	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน
CF	=	เยื่อใยหยาบ
C:N	=	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
CP	=	โปรตีนรวม
DM	=	วัตถุแห้ง
EC	=	ค่าการนำไฟฟ้า
Exch. K	=	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
LSD	=	least significant different
N	=	ไนโตรเจน
NDF	=	ปริมาณผนังเซล
OC	=	อินทรียคาร์บอน
OM	=	อินทรียวัตถุ
pH	=	ปฏิกิริยาดิน

ศักยภาพศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช เพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน

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

คำนำ

ดินลูกรัง (lateritic soil) จัดอยู่ในกลุ่มดินปนกรวด (skeletal soil) ถูกจำแนกเป็นดินที่มีปัญหาเนื่องจากมีอนุภาคขนาดกรวดของลูกรังจำนวนมากอยู่ในระดับตื้น ทำให้กำจัดการชอนไชของรากพืชและเป็นปัญหาในการเกษตรกรรม ปริมาณอนุภาคดินละเอียดมีน้อยทำให้มีธาตุอาหารและความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ และง่ายต่อการชะล้างของผิวหน้าดิน มีชั้นกรวดอัดแน่นทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมเพิ่มขึ้น และการซาบซึมน้ำต่ำ (Potichan, 1991) นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษของธาตุเหล็ก อลูมินั่ม และแมงกานีส มีความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสต่ำเพราะเกิดการตรึงในดิน (บุญมา, 2536) การแจกกระจายของดินลูกรังในประเทศไทยพบประมาณ 68,765 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 13.4 ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบกระจายอยู่ทั่วไป พื้นที่ส่วนใหญ่ของดินปนกรวดอยู่ทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่ร้อยละ 42 ของพื้นที่ดินปนกรวดทั้งประเทศ (Vijarsorn, 1984) เนื่องจากดินลูกรังเป็นดินที่มีปัญหาทำให้การปลูกพืชได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่น ๆ แต่ในหลายพื้นที่มีการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ข้าว พืชไร่ ไม้ผล และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ และพื้นที่บางส่วนถูกทิ้งร้างปล่อยให้พืชพรรณตามธรรมชาติขึ้นทดแทน (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540 ก) การปลูกพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบพืชเชิงเดี่ยวโดยปลูกติดต่อกันเป็นเวลานาน มีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้ดินเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมตามมา วิธีการจัดการดินลูกรังเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรที่มีความเป็นไปได้ ลงทุนไม่สูงนัก และเป็นการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมกับศักยภาพของดินคือ การทำเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ซึ่งปัจจุบันในพื้นที่เหล่านี้เกษตรกรใช้เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์แต่เป็นทุ่งหญ้าคุณภาพต่ำ

พืชอาหารสัตว์นอกจากจะมีความสำคัญในการเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ แล้วยังมีประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ (บุญฤา, 2545) ดินที่ปกคลุมด้วยพืชอาหารสัตว์จะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และรักษาความชื้นในดินได้ (นงลักษณ์, 2541; สายัณห์, 2547ก) และที่สำคัญการปลูกถั่วอาหารสัตว์ (forage legumes) ซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยอาศัยจุลินทรีย์ *Rhizobium* spp.ที่อาศัยอยู่ในปมเช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ เมื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชรวมถึงปมรากหลุดร่วงลงดินเกิดการย่อยสลายแล้วจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (People *et al*., 1995) และเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้น (Mandal *et al*., 2003) การปลูกพืชตระกูลถั่วจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน และการลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้อีกทางหนึ่ง ถึงแม้ว่าการปลูกพืชอาหารสัตว์จะมีผลดีตามที่กล่าวมาแต่เกษตรกรไทยไม่นิยมปฏิบัติ เนื่องจากโดยทั่วไปเกษตรกรปลูกพืชเป็นอาชีพหลัก และเลี้ยงปศุสัตว์เป็นอาชีพรอง การส่งเสริมให้เกษตรกรทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ถาวรเพื่อเลี้ยงปศุสัตว์โดยตรงอย่างประเทศที่พัฒนาแล้วเป็นไปได้ยาก ดังนั้นจึงต้องหาทางส่งเสริมการปลูกพืชอาหารสัตว์แบบผสมผสานกับการปลูกพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ ที่น่าจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์ร่วมกับพืชไร่สามารถปฏิบัติได้ในรูปแบบของการปลูกหมุนเวียนกับพืชเศรษฐกิจ (crop-pasture rotation, C-PR) หรือการปลูกพืชอาหารสัตว์สลับพืชไร่ (ley farming) เป็นการเปลี่ยนระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมมาสลับกับแปลงพืชอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นระบบที่ปฏิบัติกันมาอย่างยาวนานในประเทศแถบยุโรป อเมริกา และออสเตรเลีย (สายัณห์, 2547ก) โดยระบบนี้จะได้ผลผลิตจากพืชเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ หลังจากได้ประโยชน์แปลงพืชอาหารสัตว์ระยะหนึ่งแล้วยังได้ประโยชน์จากการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกทางหนึ่ง (Doyl *et al*., 1993) ส่งผลให้พืชหลักที่ปลูกตามมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Zhang and Evans, 2004) จึงนับได้ว่าเป็นวิธีจัดการเพื่อใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งนำไปสู่ความยั่งยืนได้อีกรูปแบบหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture) คือการจัดการทรัพยากรเพื่อการเกษตรโดยมีเป้าหมายเพื่อตอบสนองต่อความจำเป็นของมนุษย์ และในขณะเดียวกันก็รักษาและฟื้นฟูคุณภาพสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (วิฑูรย์, 2547)

ปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงรูปแบบ วิธีการ และประโยชน์ที่ได้รับจากการใช้พืชอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินที่มีปัญหา โดยเฉพาะในพื้นที่ดินลูกรัง ซึ่งพบแพร่กระจายมากในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อจัดระบบการปลูกพืชในสภาพดินลูกรัง ที่ทำให้เกิด

ประโยชน์สูงสุดทั้งด้านการผลิตพืช การผลิตสัตว์ และผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจในระบบการทำฟาร์ม ซึ่งจะนำไปสู่ความยั่งยืนทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของถั่วอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกพืชต่าง ๆ ที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ข้อบ่งชี้ความยั่งยืน

1. ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชที่ปลูกร่วมกัน

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินไปในทางที่ดีขึ้น

3. ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐกิจของระบบการปลูกพืชแบบต่าง ๆ

การตรวจเอกสาร

1. ดินลูกรัง และดินปนกรวด

1.1 ความหมายของดินลูกรัง

ดินลูกรัง หรือ ดินศิลาแลง (lateritic soil) หมายถึง ดินที่เกิดจากการสลายตัวมาเป็นระยะเวลานานภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นเป็นส่วนใหญ่ มีองค์ประกอบของเหล็ก และอะลูมินั่มออกไซด์ในปริมาณสูง อันเป็นผลมาจากกระบวนการเกิดศิลาแลง (laterization) (คณะกรรมการปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541; ราชบัณฑิตยสถาน, 2544) ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวสีแดง ไม่พบชั้นซึมชะ (eluvial horizon) ในหน้าตัดดิน (คณะกรรมการปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541) ลักษณะของดินที่ปรากฏมีการเชื่อมระหว่างเหล็กทุติยภูมิกับอนุภาคดิน ซึ่งมีการผันแปรของการเชื่อมตัวอย่างมาก (Person, 1970) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในบริเวณที่หินพื้นเป็นหินตะกอนเนื้อละเอียดจะเป็นสภาพที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการของศิลาแลงในรูปแบบต่าง ๆ มาก ลูกรัง หรือ หินเหล็ก (ironstone) ที่พบอยู่ในหน้าตัดดินลูกรังเป็นวัสดุที่เกิดจากกระบวนการทางดินที่ส่วนใหญ่มักมีลักษณะเป็นก้อนอิสระที่เกาะกันหลวม ๆ (loose form) มีส่วนประกอบของเหล็กออกไซด์อยู่มาก โดยหากพบเป็นวัสดุที่เชื่อมตัวกันแน่น หรือเป็นแผ่นแข็งต่อเนื่องจะเรียกว่า ศิลาแลง (lateritic) (เอิบ, 2542; Soil Survey Staff, 1999) ดินลูกรังเป็นดินที่มีปริมาณฮิวมัสต่ำมาก และประกอบด้วยแผ่นซิลิกาที่พบในชั้นดิน และหรือเกิดจากการชะล้างพังทลายของแร่ปฐมภูมิ (primary minerals) หรือ silicate clays จัดอยู่ในอันดับ oxisols หรือ ultisols และในการจำแนกดินของ FAO คือ Nitisols, Acrisols และ Luvisols (FAO-UNESCO, 1998) ดินลูกรังจัดเป็นดินที่มีปัญหาทางด้านการเกษตรกรรมอยู่ในกลุ่มของดินปนกรวด เนื่องจากมีองค์ประกอบทางกายภาพ และเคมีที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช เป็นดินตื้นที่มีชิ้นส่วนหลายขนาดมากกว่า 2 มม. มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 35 โดยปริมาตร ปะปนอยู่ในดินเนื้อละเอียด ภายในชั้นความลึก 50 ซม. จากผิวดิน (Vijarnsorn, 1984; Soil Survey Staff, 1999)

1.2 กระบวนการเกิดดินลูกรัง

สุมิตรา (2548ก) รายงานว่า กระบวนการเกิดดินลูกรัง (laterization) ประกอบด้วยกระบวนการสะสมและการแยกตัวของเหล็กและอลูมินัมออกไซด์ ภายใต้สภาพออกซิเดชั่น-รีดักชั่น (oxidation-reduction) ภายในชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน (Buol *et al.* ,1989; Driessen and Deckers, 2001) ที่มีสภาพภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิด พืชพรรณ สภาพภูมิประเทศ สภาพการระบายน้ำและเวลาทางธรณี เป็นปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ควบคุมการเกิดดินลูกรัง

1) กระบวนการสะสม (accumulation process) กระบวนการที่วัตถุต้นกำเนิดผุพังสลายตัวปลดปล่อยธาตุต่าง ๆ ออกมาในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง ทำให้ซิลิกาละลายและถูกชะพัดพาออกไปจากหน้าตัดดิน (desilication) พร้อมกับแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม จึงทำให้มีการสะสมออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมในสภาพของคอลลอยด์ (ferrallitization) ในรูปเฟอร์ริกออกไซด์ กระบวนการนี้ได้ผ่านระยะเวลาอันยาวนานในสภาพแวดล้อมที่เปียกและแห้งสลับกันภายในชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน ทำให้มีปริมาณการตกตะกอนของเหล็กและอะลูมินัมออกไซด์สะสมเพิ่มมากขึ้น (Buol *et al.* ,1989; Aleva, 1994)

2) กระบวนการแยกตัว (segregation process) การแยกตัวของเหล็กภายใต้สภาพออกซิเดชั่น-รีดักชั่น ทำให้เกิดจุดประในดิน (redoximorphic) เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำในช่วงเวลาหนึ่ง ในสภาพรีดักชั่น เหล็กออกไซด์ในรูปเฟอร์รัส (Fe_2O) จะเคลื่อนย้ายออกทำให้เกิดเป็นปื้นสีซีดในดิน และไปตกตะกอนสะสมเป็นจุดประสีแดงของเหล็กออกไซด์ในรูปเฟอร์ริก (Fe_2O_3) ในบริเวณที่เป็นช่องว่างเล็ก ๆ หรือบนผิวเคลือบของอนุภาคดินในสภาพออกซิเดชั่น เมื่อกระบวนการนี้ผ่านระยะเวลาอันยาวนานในสภาพแวดล้อมที่เปียกและแห้งสลับกันภายในชั้นดินที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน ทำให้การแยกตัวของเหล็กสมบูรณ์ขึ้น จุดประขนาดเล็กจะมีขนาดใหญ่ขึ้น รวมทั้งมีความเข้มข้นของเหล็กและอลูมินัมออกไซด์มากขึ้นจนเพียงพอที่เกิดเป็นศิลาแลงอ่อน (plinthite) ในชั้นดิน

3) กระบวนการเคลื่อนย้ายของเหล็ก (translocation) ศิลาแลงอ่อนเกิดจากการเคลื่อนย้ายมาสะสมของเหล็กออกไซด์ในทิศทางขึ้นและลงภายในหน้าตัดดิน ซึ่งถือว่าเป็นแนวคิดดั้งเดิมของการเกิดดินลูกรัง (ศิลาแลง) ในปัจจุบันนี้พบว่า ยังอาจเกิดจากการสะสมของเหล็กที่มีการ

เคลื่อนย้ายของน้ำใต้ดินตามแนวระดับมาจากหน้าตัดดินอื่นซึ่งอยู่ในบริเวณพื้นที่สูงกว่ามาสะสมในบริเวณที่ต่ำกว่าด้วย

4) การแข็งตัวของศิลาแลงอ่อนเป็นลูกรัง หรือศิลาแลง การแข็งตัวของศิลาแลงอ่อน (plinthite) ในดินเกิดขึ้นได้จาก 2 กระบวนการ คือเกิดการสูญเสียน้ำ (dehydration) ในบางส่วนหรือทั้งหมดของเซสควิออกไซด์ (เหล็กและอลูมินัมออกไซด์) และแร่ทุติยภูมิ (secondary minerals) ซึ่งทำให้ออกไซด์อิสระของเหล็กเกิดความเข้มข้น และเกิดการตกผลึก (crystallization) ของสารคอลลอยด์สัณฐานของเหล็กไปเป็นแร่เหล็กที่มีผลึกสมบูรณ์ ได้แก่ เกอไทต์ (Fe_2O_3. H_2O) และฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) จับตัวกันเป็นก้อนอย่างต่อเนื่อง (Mahalingalyer and Williams, 1991)

1.3 ลักษณะและสมบัติของดินลูกรัง

1.3.1 สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกายภาพของดินลูกรัง รวมถึงตัวของลูกรังและพลินไทต์ในชั้นดินสามารถสังเกตได้ง่ายในภาคสนาม และยังช่วยบ่งชี้ถึงสภาพแวดล้อมและการเกิดศิลาแลงได้ สมบัติทางกายภาพที่สำคัญของดินลูกรัง ได้แก่

1) โครงสร้างดิน ดินลูกรังมักเป็นดินที่มีโครงสร้างดี มีการขยายตัวน้อย เนื่องจากแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นชนิดที่มีกิจกรรมต่ำ (low activity clay) และมีสารเชื่อมเคลือบบนอนุภาคดินเป็นพวกเซสควิออกไซด์ ออกไซด์ของเหล็กช่วยให้อนุภาคดินเกาะกันเป็นเม็ดดินได้ดีขึ้น ทำให้การเพิ่มขึ้นของเหล็กออกไซด์มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของช่องว่างขนาดใหญ่ มีผลให้ดินมีสภาพการระบายน้ำและอากาศได้ดี (Schwertman and Taylor, 1989) ลูกรัง หรือศิลาแลงมีโครงสร้างแตกต่างกันได้มาก แต่สามารถสรุปได้เป็น 3 แบบ คือ 1) เป็นสารแข็งที่เป็นก้อนกลมอิสระอยู่ในเนื้อดิน (loose laterite) 2) เป็นสารแข็งที่โครงร่างเกาะกันและมีลักษณะต่อเนื่อง (vermicular or cellular laterite) และ 3) เป็นสารแข็งที่เกิดจากการเชื่อมตัวของวัตถุที่มีอยู่เดิม (recemented laterite) (ประเทือง, 2532)

2) สีดิน และลูกรัง ดินลูกรังส่วนใหญ่จะมีสีแดงถึงสีน้ำตาลแดง ซึ่งสีจะแตกต่างกันไปขึ้นกับออกไซด์ของเหล็ก อะลูมินัม ไทเทเนียม และแมกนีเซียมในรูปที่น้ำเข้าไปในโครงสร้างของแร่ต่างกัน (สุมิตรา, 2548ข อ้างถึงYoung, 1976) สีแดงถึงน้ำตาลแดงของศิลาแลงโดยทั่วไปแสดงถึงออกไซด์ของเหล็กที่เป็นแร่ฮีมาไทต์ ส่วนสีน้ำตาลหรือสีเหลืองมากกว่าสีแดง

เป็นออกไซด์ของเหล็กที่เป็นแร่เกอไทต์ และแร่ไลมอไนต์ (สุมิตรา, 2548ค อ้างถึง Gidigasu, 1976) Ball and Gilkes (1985) พบว่า สีของศิลาแลงบริเวณภูเขา Saddleback ในออสเตรเลียตะวันตก มีสีตั้งแต่น้ำตาลเข้ม (7.5 YR 3/4) สีแดงเข้ม (2.5 YR 3/6) จนถึงสีเหลืองปนน้ำตาล (10 YR 6/8)

3) ความแข็ง การแข็งตัวของศิลาแลงมีค่าความแปรปรวนสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ 1) องค์ประกอบและปริมาณการตกผลึกของสารที่เป็นองค์ประกอบ 2) การจัดเรียงตัวขององค์ประกอบต่าง ๆ 3) โครงสร้างของศิลาแลง และ 4) อายุ (Aleva, 1994)

4) ค่าความถ่วงจำเพาะ ความถ่วงจำเพาะของศิลาแลงอยู่ระหว่าง 2.67-3.46 ค่ามากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณของเหล็กออกไซด์ในดิน กล่าวคือถ้ามีปริมาณมากจะมีค่าความถ่วงจำเพาะสูง สำหรับในประเทศไทยความถ่วงจำเพาะโดยเฉลี่ยของศิลาแลงมีค่าประมาณ 3.0 (ประเทือง, 2532)

1.3.2 สมบัติทางเคมี องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของศิลาแลง คือ ออกไซด์ของเหล็ก อะลูมินัม และซิลิกา สมบัติทางเคมีส่วนใหญ่จึงมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบเหล่านี้ สุมิตรา (2548ข) อ้างถึง Young (1976) รายงานว่า ดินศิลาแลงมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญตามสัดส่วนดังนี้ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ระหว่างร้อยละ 40-90 อลูมินัมออกไซด์ (Al_2O_3) ร้อยละ 5-50 และซิลิการ้อยละ 30 ซึ่งอยู่ในรูปควอร์ตซ์ หรือแร่ในกลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต สำหรับไทเทเนียมออกไซด์ (TiO_2) พบเพียงเล็กน้อยคือน้อยกว่าร้อยละ 1-5 ส่วนปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และแมงกานีส อาจพบหรือไม่พบก็ได้ แต่ถ้าพบมีน้อยกว่าร้อยละ 1

ในประเทศไทย พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ในช่วงร้อยละ 20-60 (สุมิตรา, 2548ง อ้างถึง Pendleton and Sharasuvana, 1946) สำหรับดินลูกรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่า ส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุซิลิคอน และมีแนวโน้มของค่าลดลงในดินล่าง รองลงมา คือ อะลูมินัม และไทเทเนียม ตามลำดับ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในดินล่าง และสำหรับปริมาณโซเดียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และแคลเซียมในดินลูกรังจะมีค่าต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่ถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดิน โดยที่ปริมาณโพแทสเซียม > แมกนีเซียม > แคลเซียม > โซเดียม (วันเพ็ญ, 2533) และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง อยู่ในช่วง 4.1-6.6 ถูกจัดว่าเป็นดินกรดรุนแรงถึงเป็นกลาง ค่าปฏิกิริยาดินมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำจนถึงค่อนข้างสูงในช่วง

0.2-32.3 ก./กก. มีปริมาณ Avail. P ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูงในช่วง 0.3-13.0 มก./กก. และปริมาณ Exch. K ในระดับต่ำมากถึงสูงในช่วง 13-100 มก./กก. ปริมาณ CEC ในชั้นดินบนมีปริมาณแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำจนถึงสูงคือระหว่าง 3.26 - 21.01 เซนติโมล/กก. และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน (สุมิตรา, 2548ก)

1.4 สภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของดินลูกรัง

การแพร่กระกระจายของดินลูกรังจะพบกว้างขวางในเขตร้อน หรือในช่วงเส้นรุ้งที่ 23 องศาเหนือ ถึง 23 องศาใต้ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในพื้นที่ระหว่างเส้นอุณหภูมิเท่า (isotherm) ที่ 20 °C ของเขตนี้ยกเว้นเขตทะเลทราย หรือเขตที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำ แม้จะปรากฏอยู่บ้างเป็นหย่อม ๆ แต่เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตกาลที่มีภูมิอากาศที่เหมาะสมมากกว่า (ประเทือง, 2532) ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 3.42 ล้าน ตร.กม. หรือร้อยละ 7 ของพื้นที่เขตร้อนทั้งหมด (สุมิตรา, 2548จ อ้างถึง Sanchez, 1976) ประเทศไทยอยู่ในคาบสมุทรอินโดจีน เขตเอเซียตะวันออกเฉียงใต้ มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่ฤดูฝนและฤดูร้อนสลับกันเป็นระยะเวลาค่อนข้างยาวนาน เหมาะแก่การเกิดดินลูกรัง การแจกกระจายของดินลูกรังในประเทศไทยพบประมาณ 68,765 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 13.4 ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบกระจายอยู่ทั้งประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่ของดินปนกรวดอยู่ทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และพบเล็กน้อยในภาคกลางและภาคใต้ (ประเทือง, 2532; บุญมา, 2536; Vijarnsorn, 1984)

ดินลูกรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นประเภทดินปนกรวดศิลาแลง ครอบคลุมพื้นที่ในภาคไม่น้อยกว่า 29,000 ตร.กม. (11.9 ล้านไร่) ประมาณ 3 ใน 4 ของพื้นที่ดังกล่าวพบอยู่ในแอ่งสกลนคร (สุมาลี, 2546 ข อ้างถึง กรมพัฒนาที่ดิน, 2527) โดยแพร่กระจายอยู่ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 45 ของพื้นที่ทั้งหมด พวกที่มีกรวดเป็นศิลาแลงหรือลูกรังมักพบในบริเวณที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด หรือพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบ มีพื้นที่ประมาณ 23,268 ตร.กม. หรือร้อยละ 14 ของพื้นที่ทั้งหมด (พิชัย และไพบูลย์, 2531) ดินลูกรังส่วนใหญ่พบแพร่กระจายในพื้นที่ 6 จังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ มุกดาหาร หนองคาย นครพนม สกลนคร และอุดรธานี ซึ่งมีพื้นที่ 8,534,256 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 27.7 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีชุดดินโพนพิสัย (Pp) เป็นชุดดินลูกรังที่มีพื้นที่มากที่สุด คือ 4,528,821 ไร่ และจังหวัดนครพนมเป็นจังหวัดที่มีดินลูกรังครอบคลุมพื้นที่มากที่สุด (61.8 % ของพื้นที่ทั้งจังหวัด) (สมเจตน์, 2542)

1.5 สภาพปัญหาของดินลูกรัง และดินปนกรวด

ถึงแม้ว่าดินลูกรังถูกจัดว่าเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่ง แต่ดินเหล่านี้พอที่จะนำมาใช้ในการเกษตรได้ พื้นที่มากกว่าครึ่งของดินเหล่านี้ถูกแผ้วถางเพื่อการปลูกพืชไร่หลาย ๆ ชนิด การใช้พื้นที่ขึ้นอยู่กับภูมิศาสตร์และสัณฐานธรณีของพื้นที่ แต่ผลผลิตพืชจะลดลงเรื่อย ๆ หลังจากปลูกพืชติดต่อกันหลาย ๆ ปี ดังนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ปลูกพืชไร่จะถูกทิ้งไว้ว่างเปล่าเป็นป่าละเมาะและมีวัชพืชและหญ้าธรรมชาติขึ้น โดยผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินปนกรวดขึ้นอยู่กับการจัดการดิน แต่ได้ผลผลิตน้อยกว่าสภาพการจัดการดินทั่ว ๆ ไป จากข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน (2540 ก) ได้แบ่งสภาพปัญหาดินลูกรังเป็นด้าน ๆ ดังนี้

1. ปัญหาเกี่ยวกับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถของดินที่ให้ธาตุอาหารพืช (nutrient supplying power) หรือความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งสามารถประเมินได้จากคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน คือ ค่า CEC ที่เกิน 5 miliequivalents /100 ก. มีน้อยมาก ค่าความอิ่มตัวของเบส (base saturation ; BS) เกิน 35 % มีน้อย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแคลเซียม และแมกนีเซียม มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก สำหรับโพแทสเซียม และปริมาณอินทรียวัตถุจะแตกต่างกันอย่างมาก โดยทั่ว ๆ ไปที่ลุ่มจะมีปริมาณอินทรียวัตถุน้อยกว่าที่ดอน มี Fe^{++} และ Mn^{++} ที่มีปริมาณสูง ซึ่งจะเป็นพิษต่อพืชในช่วงน้ำขังในนาข้าว

2. ปัญหาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของดิน เนื้อดินและปริมาณชิ้นส่วนหยาบ จะมีอิทธิพลต่อการเก็บความชื้น การแทรกซึมน้ำเข้าสู่ดิน (infiltration) น้ำไหลบ่า (runoff) และการใช้ที่ดินเป็นส่วนทำให้ปริมาตรของเนื้อดินลดลง ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำและปริมาณธาตุอาหารลดลง ชั้นล่างแน่นทึบทำให้ยากต่อการไถพรวน และการเจริญเติบโตของรากพืช รวมทั้งน้ำซึมผ่านได้ยาก เป็นดินที่มีก้อนหินกรวด ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ การแทรกซึมของน้ำเร็วปานกลาง ความลึกของดินซึ่งเป็นข้อจำกัดรากพืชในการชอนไชไปหาน้ำและธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิต จึงเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการปลูกพืช

3. ปัญหาเกี่ยวกับการกร่อน หรือชะล้างพังทลายของหน้าดิน (soil erosion) ถือว่าเป็นปัญหาที่รุนแรงในบริเวณพื้นที่การเกษตรในที่ดอนที่มีสภาพพื้นที่ลุ่ม ๆ ดอน ๆ และรุนแรงยิ่งขึ้นในบริเวณพื้นที่ภูเขา การชะล้างพังทลายของดินเริ่มรุนแรงในพื้นที่ที่มีความลาดชันตั้งแต่ 5% ขึ้นไป

ที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยไม่มีมาตรการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ซึ่งดินลูกรังจะมีศักยภาพในการถูกชะล้างของหน้าดินเป็นไปอย่างรวดเร็วและง่าย เนื่องจากดินชั้นบนตื้น การชะล้างพังทลายของดินเกิดปัญหาตามมาหลายอย่าง คือ สมบัติทางเคมี และกายภาพของดินเสื่อมลงอย่างรวดรวดเร็ว ทำให้ไม่สามารถเพาะปลูกต่อไปได้ รวมทั้งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ

1.6 แนวทางการแก้ไขปัญหา การใช้ประโยชน์และการจัดการดินลูกรัง

จากปัญหาส่วนใหญ่ของดินลูกรังที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ให้กำเนิดดิน เช่น วัตถุต้นกำเนิดดิน สภาพพื้นที่ ภูมิอากาศ และพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุม เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีกรวดหินและลูกรังขัดขวางต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ขาดความชื้น สภาพพื้นที่แห้งแล้ง ดังนั้นการใช้แนวทางในแก้ไขปัญหาต้องขึ้นอยู่กับเกษตรกร ซึ่งเกษตรกรหัวก้าวหน้าสามารถนำแนวทางระบบการจัดการดินลูกรังที่มีการลงทุนต่ำ (low input sustainable agriculture) หรือ เกษตรกรรมถาวร (permanent agriculture) โดยปรับระบบเกษตรให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในพื้นที่ ซึ่งหมายถึง ดิน น้ำ ภูมิอากาศ และสิ่งมีชีวิต ให้มีความสัมพันธ์กันเพื่อช่วยเหลือเกื้อกูลในการทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น เนื่องจากเกษตรกรจำเป็นต้องใช้พื้นที่ดินลูกรังและดินปนกรวดในการผลิตพืช ถึงแม้ว่าผลผลิตของพืชที่ได้ในพื้นที่ดินดังกล่าวค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่น ๆ เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องหาวิธีจัดการดินลูกรังเหล่านี้ให้สามารถเพิ่มผลผลิตของพืชเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน (2540 ก) รายงานวิธีการจัดการดินลูกรังเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตรกรรมตามความเหมาะสมไว้ ดังนี้

1. การใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวไร่ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วพุ่ม และ พืชรากตื้นอื่น ๆ โดยที่ดินต้องมีหน้าดินหนาประมาณ 20 ซม. ขึ้นไปและเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี หรือดีปานกลาง

2. การปลูกพันธุ์ไม้พุ่มตระกูลถั่วบำรุงดินเป็นแถบขวางความลาดเทของพื้นที่ ได้แก่ กระถินยักษ์ แคฝรั่ง ถั่วมะแฮะ แคบ้าน ขี้เหล็กบ้าน กระถินณรงค์ และขี้เหล็กอเมริกัน เป็นต้น โดยมีระยะห่างระหว่างแถว 50 ซม. ระหว่างต้น 20 ซม. และเมื่อต้นพืชสูง 1 ม. ตัดแต่งกิ่งให้เหลือ

ความสูง 50 ซม. กิ่งที่ตัดแต่งใช้คลุมดินระหว่างแถว ส่วนในฤดูแล้งไม่มีการตัดแต่งกิ่งจนกว่าจะถึงฤดูฝน

3. การปลูกไม้ยืนต้น และไม้ผลบางชนิด ส่วนมากใช้ปลูกบริเวณที่มีชั้นลูกรังไม่จับกันแน่นมากนัก โดยไม้ยืนต้นที่ควรพิจารณา ได้แก่ ยูคาลิปตัส กระถินต่าง ๆ นุ่น สะเดา มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ มะขาม มะขามเทศ และไผ่ เป็นต้น สำหรับดินลูกรังที่พบในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,400 มม./ปี ขึ้นไป สามารถปลูกยางพาราได้ โดยเฉพาะพื้นที่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ต้องเตรียมหลุมปลูกที่ลึกและกว้างพร้อมกับใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงในหลุมเพื่อให้ต้นไม้ตั้งตัวได้เร็วขึ้น ในบางพื้นที่อาจมีการปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมระหว่างแถวของพืชหลักเพื่อช่วยกำจัดวัชพืชและเพิ่มธาตุอาหารแก่ดิน โดยพืชที่ปลูกร่วมต้องดูแลง่าย ปกคลุมพื้นที่ได้เร็วทนทานต่อโรคและแมลง และไม่เป็นที่อยู่อาศัยของโรคแมลงที่เป็นอันตรายต่อพืชหลัก (Hatfield and Stewart, 1994)

4. การปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ดินเหล่านี้ส่วนใหญ่เกษตรกรได้เปลี่ยนเป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติเพื่อการปศุสัตว์ ถ้าพิจารณาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน สภาพแวดล้อม และสภาพทางเศรษฐกิจ และสังคมในปัจจุบันเห็นว่าเหมาะสมมาก แต่ยังเป็นทุ่งหญ้าคุณภาพต่ำ การปรับปรุงทุ่งหญ้าสามารถทำได้โดยการนำพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาทดลองปลูก เช่นหญ้ารูซี่ผสมถั่วฮามาต้า โดยเฉพาะดินลูกรังในที่ดอนที่มีหน้าดินหนาเกิน 15 ซม. ขึ้นไป ซึ่งนับว่าเป็นการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับศักยภาพของดินประเภทนี้

5. การทำนา สำหรับดินลูกรังประเภทนี้พบในที่ราบเรียบและที่ราบต่ำ มีหน้าดินหนา 15 ซม. และเป็นดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี ในช่วงฤดูฝนน้ำขังแฉะเป็นเวลานานยากต่อการระบายน้ำออก การปลูกข้าวเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งถ้ามีการใช้ปุ๋ยร่วมด้วยจะทำให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

6. การปลูกพืชคลุมดินเพื่อปรับปรุงดินลูกรังที่เสื่อมโทรม เนื่องจากในบางพื้นที่ทำการเกษตรไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงควรนำมาจัดการโดยเน้นเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อฟื้นฟูสภาพของดิน โดยการปลูกพืชคลุมดิน พืชที่ปกคลุมดินสามารถช่วยป้องกันการชะล้างพังทลาย และการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากอิทธิพลของน้ำได้ เศษซากพืชที่ตายบริเวณ

ผิวดินช่วยให้เกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารและทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่มากขึ้น (เฉลิมชัย, 2546ข อ้างถึง Anonymous, 1999)

7. ป่าธรรมชาติ บางพื้นที่มีลักษณะเป็นป่าธรรมชาติ เกษตรกรไม่ควรนำพื้นที่มาใช้เพาะปลูก เนื่องจากการใช้พื้นที่ทำการเกษตรที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้ดินเสีย ซึ่งเป็นการยากที่จะฟื้นฟูให้ดินมีสภาพเหมือนเดิม (กองสำรวจดินและจำแนกดิน, 2544)

8. การสร้างแหล่งกักเก็บน้ำ ในบางพื้นที่ดินลูกรังมีชั้นดินเหนียวอยู่ตอนล่างในชั้นหน้าตัดดิน สามารถเก็บกักน้ำไว้ใช้ในช่วงแห้งแล้งที่ขาดแคลนน้ำได้ดี จึงเหมาะที่จะพัฒนาเป็นแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ได้ (กองสำรวจดินและจำแนกดิน, 2544)

ข้อเสนอแนะเพื่อการจัดการดินลูกรัง

ดินลูกรังเป็นดินตื้น มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ สภาพเป็นกรด มีชั้นหินกรวดลูกรังเป็นอุปสรรคต่อรากพืช ดินไม่อุ้มน้ำ ทำให้ขาดความชุ่มชื้น การใช้ประโยชน์ดินลูกรังขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อมและระดับการจัดการ การเกษตรที่ลงทุนต่ำ เกษตรกรรมถาวร และเกษตรผสมผสานจึงเป็นแนวทางของการจัดการที่เหมาะสม นอกจากนี้ การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรจำเป็นต้องมีการใช้เทคโนโลยี หรือมีการจัดการดินและพืชที่เหมาะสม ได้แก่ ชลประทาน การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการใช้ปุ๋ยในรูปที่เหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด ในการพัฒนาดินลูกรังมาใช้ในการเพาะปลูกพืชหลายอย่างได้มีการศึกษาวิจัยวิธีการจัดการและการพัฒนาพันธุ์พืช หรือคัดเลือกพันธุ์พืชมาปลูกให้เหมาะสมกับสภาพของดินและสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตพืชที่ปลูกบนดินลูกรังจึงควรคำนึงถึงด้านการจัดการและการพัฒนาพันธุ์หรือคัดเลือกพันธุ์พืช ให้มีความสามารถทนทานต่อสภาพของดินลูกรัง ซึ่งการจัดการดินลูกรังเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเพิ่มผลผลิตพืชและรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น นั้น สุมาลี (2546 ก) รายงานว่า สามารถทำได้ดังนี้

1. การปรับปรุงสภาพดินให้มีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ซึ่งทำได้โดยการลดความเป็นกรดโดยการใช้ปูน การเพิ่มอินทรียวัตถุ การเพิ่มค่า CEC ของดิน โดยการผสมหินบะซอลต์บดลงในดินบน และการใช้ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟตติดต่อกันในระยะยาว ซึ่งช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารประจุบวกที่ใส่ลงในดินได้

2. การใช้ปุ๋ยในรูปที่อยู่ในดินได้นานพอที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยไม่สูญเสียหรือถูกตรึง ซึ่งมักเกิดได้ง่ายในดินประเภทนี้

3. การจัดการพืช ควรเลือกชนิดพืชให้เหมาะสมและเสี่ยงต่อการลงทุนน้อยที่สุด กรณีทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ควรทำเป็นทุ่งหญ้าผสมถั่ว สำหรับไม้ยืนต้น และไม้ผล สามารถปลูกได้โดยขุดหลุมให้กว้างและลึกเป็นพิเศษ เช่น มะม่วง มะม่วงหิมพานต์ มะขาม ขนุน เป็นต้น และในบริเวณที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่า 1,600 มม./ปี สามารถปลูกยางพารา และปลูกสร้างสวนป่า โดยพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ได้แก่ กระถินณรงค์ สน ยูคาลิปตัส ประดู่ และสัก เป็นต้น

2. ลักษณะของชุดดินโพนพิสัย (Phon Phisai series : Pp)

ชุดดินโพนพิสัย (Phon Phisai Series : Pp) จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 49 จำแนกดินเป็น Loamy-skeletal over clayey, Kaolinitic, isohyperthermic Typic (Oxyaquic Plinthic) Paleustults เกิดจากตะกอนชะมาทับถมบนหินตะกอนเนื้อละเอียดบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน (กองสำรวจดิน, 2540) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-6% พืชพรรณตามธรรมชาติ และการใช้ประโยชน์พื้นที่เป็นป่าเต็งรัง และปลูกพืชไร่ การแพร่กระจายของดินพบมากทางตอนเหนือของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย สัณฐานดินเป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรัง มีการระบายน้ำดีปานกลาง น้ำซึมผ่านได้ปานกลางในดินบน และช้าในดินล่าง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน อาจมีกรวดปน สีน้ำตาลปนเทาเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวหรือดินเหนียวที่มีลูกรังปะปนเป็นปริมาณมากกว่า 35% มีสีแดงปนเหลืองถึงสีแดง ใต้ชั้นดินลงไปประมาณ 100 ซม. พบชั้นดินเหนียวสีเทาหรือสีขาวที่มีจุดประสีแดง และน้ำตาลปนเหลืองขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นชั้นศิลาแลงอ่อน ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ คือ ดินบนค่อนข้างเป็นทราย ดินตื้นเสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลาย (ณรงค์ และคณะ, 2539) อนิรุทธ์ และอนุกูล (2544) รายงานจากการสำรวจและจำแนกดินบริเวณ พื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร (มก.ฉกส.) ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร พบว่า ชุดดินโพนพิสัย (Pp) มีพื้นที่ประมาณ 1,136 ไร่ หรือ 29.7% ของพื้นที่ทั้งหมด ลักษณะเป็นดินตื้นถึงชั้นลูกรังที่มีปริมาณหนาแน่นมากกว่า 35% โดยปริมาตร การระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านลงดินได้ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนหนา 10-15 ซม. สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนลูกรัง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงกรดปานกลาง มีค่า pH ประมาณ 6.0-6.5 ดินล่างตอนบนมีสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนลูกรังมาก (40-60

% โดยปริมาตร) ลึกลงไปดินมีสีแดงเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว และมีลูกรังปนมาก (60% โดยปริมาตร) pH ประมาณ 6.0-6.5 ดินล่างตอนล่างที่ระดับความลึกประมาณ 0.9-1.2 ม. จากผิวดิน เป็นดินเหนียวสีเทาอ่อนถึงสีขาว มีจุดประสีแดงและสีเหลือง พบศิลาแลงอ่อน (plinthite) สีแดงปะปนอยู่ประมาณ 25-30 % โดยปริมาตร ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก มีค่า pH ประมาณ 4.5 ลักษณะที่เป็นข้อจำกัดหลายประการสำหรับการปลูกพืชบนชุดดินโพนพิสัย หรือดินปนกรวด คือ เนื้อดินมีชิ้นส่วนหยาบปะปน ซึ่งทำให้มีปริมาตรเนื้อดินละเอียดลดลง เป็นการลดแหล่งน้ำและธาตุอาหารของพืช เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช และการเขตกรรม ดินเกิดการกร่อนได้ง่าย เนื่องจากมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ การแทรกซึมน้ำช้า และมีความแตกต่างในด้านความหนาแน่นของดินล่างกับดินบน ดังนั้นการปลูกพืชในดินเหล่านี้จึงมีข้อจำกัดมากกว่าดินทั่วไป (บุญมา, 2536)

ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ชุดดินโพนพิสัย ชุดดินนี้ส่วนใหญ่เป็นป่าเต็งรัง บางแห่งใช้ปลูกพืชไร่และไม้โตเร็ว ทุ่งหญ้าธรรมชาติ ปัจจุบันบริเวณดังกล่าวใช้ปลูกพืชไร่ ทุ่งหญ้าธรรมชาติ ที่รกร้างว่างเปล่า ป่าเต็งรัง หรือใช้ปลูกไม้โตเร็ว ปัญหาในการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ ดินตื้นปนลูกรังแน่นทึบ มีชั้นศิลาแลงและหินพื้นน้ำซึมผ่านชั้นดินได้ปานกลางถึงช้า การอุ้มน้ำของดินต่ำถึงปานกลาง ดินมีการกัดกร่อนมากที่ความลาดชันสูง ความอุดมสมบูรณ์ดินต่ำ จึงมีศักยภาพค่อนข้างไม่เหมาะสมถึงไม่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยทั่วไป เนื่องจากเป็นดินตื้น ถึงตื้นมากถ้าใช้ปลูกพืชไร่ต้องมีหน้าดินบนหนาไม่ต่ำกว่า 15 ซม. โดยการปลูกพืชไร่ควรเลือกพืชที่มีรากตื้น เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และอื่น ๆ ส่วนกรณีใช้ปลูกไม้ผล หรือไม้ยืนต้น ควรขุดหลุมปลูกให้มีขนาดไม่น้อยกว่า 75x75x75 ซม. แล้วนำหน้าดินจากที่อื่นมาผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ใส่ลงในหลุมปลูกอัตราประมาณ 20-30 กก./หลุม ก่อนปลูก (กองสำรวจดิน, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ณรงค์ และคณะ (2539); อนิรุทธ์ และ อนุกูล (2544) ที่รายงานว่า ชุดดินโพนพิสัยจัดว่าไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจ เนื่องจากมีข้อจำกัดหลายประการควรคงสภาพไว้เป็นป่าธรรมชาติและใช้ปลูกไม้โตเร็ว ถ้าจำเป็นต้องนำมาใช้ในการเกษตรควรมีการจัดการที่ดีและเหมาะสมโดยใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์เพื่อช่วยปรับสภาพโครงสร้างของดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินตลอดจนเพิ่มแร่ธาตุอาหารให้กับดิน และต้องจัดหาแหล่งน้ำให้เพียงพอสำหรับพืช

3. บทบาท และความสำคัญของพืชอาหารสัตว์ต่อการปรับปรุงบำรุงดิน

ตัวชี้วัดความยั่งยืนในด้านผลิตภาพ (productivity) สามารถใช้ผลผลิตพืช และคุณภาพของดินเป็นตัวชี้วัด (นันทิยา และ ณรงค์, 2547 อ้างถึง Hess *et al*., 2000) ดังนั้น พืชจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในหลาย ๆ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคงอยู่และการเสื่อมสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินจะเกิดการเสื่อมโทรมเร็วหรือช้ามากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดพืชและความหนาแน่นของต้นพืชที่ปกคลุมผิวดิน พืชชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประโยชน์เพื่อช่วยยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีขึ้นถือว่าเป็น " พืชบำรุงดิน" โดยปกติพืชบำรุงดินเป็นพืชตระกูลถั่ว ทั้งนี้เพราะพืชตระกูลถั่วมีลักษณะเด่นกว่าพืชจำพวกอื่นที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศแล้วสะสมไว้ลงสู่ดินทำให้ดินได้รับไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และเป็นประโยชน์กับพืชหลักชนิดอื่นที่ปลูกร่วมหรือปลูกตามหลัง และถ้ามีปริมาณมากพอจะช่วยให้พืชที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตงอกงามและให้ผลผลิตสูง พืชอาหารสัตว์นอกจากจะมีความสำคัญในการเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ เป็นต้น แล้วยังมีประโยชน์อย่างยิ่งในการการอนุรักษ์ดินและน้ำ (บุญฤา, 2545) ดินที่ปกคลุมด้วยพืชอาหารสัตว์ช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และรักษาความชื้นในดินได้ (นงลักษณ์, 2541) เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดินได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยอาศัยจุลินทรีย์ไรโซเบียมในปมราก การปลูกพืชตระกูลถั่วจึงเป็นหนทางหนึ่งเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินซึ่งเป็นการลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้อีกทางหนึ่ง

ดังนั้นการใช้พืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะถั่วอาหารสัตว์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เพื่อปรับปรุงบำรุงดิน เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีการเจริญเติบโตในส่วนลำต้นเหนือดินและระบบรากที่อยู่บริเวณผิวดินชั้นบนเอื้อประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ รากถั่วซึ่งมีอยู่ในบริเวณดินบนยังช่วยยึดเหนี่ยวดินให้เกาะกันอย่างเหนียวแน่นไม่หลุดลอยง่ายเป็นการช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน นอกจากนี้สภาพพื้นที่ที่มีการจัดทำเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ถาวร (permanent pasture) ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่มีการไถพรวนดินเป็นระยะเวลานานทำให้มีสภาพคล้ายกับระบบนิเวศธรรมชาติ (natural ecosystem) โดยในเขตอบอุ่น (temperate) การปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน นั้นพืชตระกูลถั่วมีความสำคัญกว่าพืชตระกูลหญ้า และในเขตร้อนการปลูกถั่วอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินนับวันเพิ่มความสำคัญมากยิ่งขึ้น (Hare, 2000) โดยสามารถสรุปประโยชน์พืชอาหารสัตว์ในด้านการปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของดินได้ดังนี้

3.1 การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติทางฟิสิกส์ หรือกายภาพดิน (physical property) เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนย้ายถ่ายเทอากาศในดิน ความร้อน น้ำ และปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ซึ่งมีผลกระทบทั้งทางตรง และทางอ้อมต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช สมบัติทางกายภาพเป็นสมบัติที่มองเห็นและสัมผัสได้ เช่น เนื้อดิน (soil texture) และโครงสร้างดิน (soil structure) รวมทั้งสมบัติอื่น ๆ ที่เป็นผลต่อเนื่องจากสมบัติพื้นฐาน 2 ประการข้างต้น เช่นความหนาแน่นรวม (bulk density) ความพรุน (porosity) การแทรกซึมน้ำ (infiltration) และความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพของดินส่วนใหญ่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นและเหมาะสมกับการเพาะปลูกได้ถ้ามีการจัดการที่เหมาะสม (วิโรจ, 2531)

การใช้พืชอาหารสัตว์ โดยเฉพาะถั่วอาหารสัตว์เป็นทางเลือกหนึ่งในการใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้ เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีการเจริญเติบโตในส่วนลำต้นเหนือดินและระบบรากที่อยู่บริเวณผิวดินชั้นบน โดยส่วนของใบและลำต้นเหนือดินจะช่วยรับแรงปะทะของเม็ดฝนไว้ไม่ให้ตกกระทบถึงผิวดินโดยตรงอันจะก่อให้เกิดการอัดแน่นของเนื้อดินเมื่อน้ำฝนตกกระทบใบพืช น้ำฝนจะค่อย ๆ ไหลไปตามลำต้นและซึมไปตามช่องว่างในดิน ช่วยลดอัตราเร็วของน้ำฝนที่ไหลบ่าบนผิวดิน ทำให้มีตะกอนดินเกิดขึ้นน้อย เพิ่มการแทรกซึมน้ำของดินและลดการระเหยของน้ำ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้น และรากถั่วที่อยู่ในบริเวณดินบนยังช่วยยึดเหนี่ยวดินให้เกาะกันอย่างเหนียวแน่นไม่หลุดลอยง่าย เป็นการช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน (Gliski and Lipiec, 1994)

การศึกษาของ เฉลิมชัย (2546ก) พบว่า การปลูกถั่วฮามาต้า (*S. hamata* cv.Verano) และคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) บนดินลูกรังชุดดินโพนพิสัย ในพื้นที่ มก.ฉกส. ทำให้ดินโปร่งขึ้น โดยภายหลังการทดลองเป็นระยะเวลา 10 เดือน ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงจาก 1.86 ก./ลบ.ซม. เป็น 1.69 ก./ลบ.ซม. ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ ภาคภูมิ (2546ก) ที่ทดลองในชุดดิน และสถานที่เดียวกัน โดยวิธีปรับปรุงดินด้วยพืชตระกูลถั่วคลุมดิน 2 ชนิด ได้แก่ ถั่วคุดซู และถั่วฮามาต้า และหญ้าแฝก พบว่า ภายหลังการทดลอง 9 เดือน การปลูกพืชคลุมดินทุกชนิดทำให้การซาบซึมน้ำของดิน และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทาง

ที่เพิ่มขึ้น คือจาก 2.65 เป็น 6.84 มม./ชม. และจาก 9.36 เป็น 16.17 % ตามลำดับ และความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงจาก 1.67 เป็น 1.60 ก./ลบ.ซม. ตามลำดับ

การศึกษาผลของการจัดดินต่อสมบัติของดินคล้ายชุดมาบบอนที่มีเนื้อร่วนหยาบ ระหว่างเดือนมีนาคม 2547-เมษายน 2550 พบว่า หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดพันธุ์ สุวรรณ 5 ในปีที่ 2 ชั้นดินบนที่ปลูกถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus*) เป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก มีความหนาแน่นรวมลดลงกว่าแปลงที่ปลูกหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว คือ 1.46 และ 1.78 ก./ลบ.ซม. ตามลำดับ ส่งผลให้ดินมีความพรุนรวม (total porosity) เพิ่มขึ้น 43 และ 31% ตามลำดับ นอกจากนี้ ดินยังมีความแน่น (soil compaction) ลดลงจาก 3.31 เป็น 2.87 เมกะปาสคาล ตามลำดับ (กิ่งกานท์, 2552) ทั้งนี้เป็นผลมาจากรากพืชซึ่งรากพืชมีความสามารถในการชอนไชดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่มีระบบรากแก้ว เช่น ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) และถั่วในสกุล *Stylosanthes* เช่น ถั่วท่าพระสไตโล (*S. guianensis* cv. Tha Phra) และถั่วฮามาต้า (*S. hamata* cv. Verano) รากพืชเหล่านี้ทำให้ดินเกิดรูพรุนในชั้นดินที่แน่นได้เป็นผลให้พืชที่ปลูกตามมามีการชอนไชของรากได้สะดวกขึ้น (นิภา, 2540ก)

การศึกษาของ Lesturgez *et al.* (2004) พบว่า การปลูกถั่วอาหารสัตว์สกุล *Stylosanthes* มีอิทธิพลหลักต่อช่องว่างขนาดใหญ่ในดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งชั้นดินแน่นทึบ (20-40 ซม.) ซึ่งรากข้าวโพดไม่สามารถแทงผ่านชั้นดินแน่นทึบได้ รากของถั่วในสกุลนี้มีความสามารถในการแทงผ่านชั้นแน่นทึบหลังจากปลูกไม่นาน และเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ของดิน ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกในฤดูกาลถัดมามีการเจริญเติบโตดีขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีพืชหลายชนิดที่มีความสามารถในการแทงทะลุผ่านดินที่แข็งได้ และสามารถปรับปรุงดินให้มีความแน่นทึบน้อยลงได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Lal (1995) รายงานผลของการใช้พืชตระกูลถั่ว และพืชตระกูลหญ้าคลุมดินต่อสมบัติทางกายภาพของดิน Tropical Lixisol ทางภาคตะวันตกของประเทศไนจีเรีย พบว่า การปลูกถั่วคุดซู (*Pueraria phaseoloides*) เป็นเวลา 2 ปี ทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม คือ ความหนาแน่นของดินลดลง 1.07 เท่า การแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น 1.09 เท่า ดังนั้นเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้พืชอาหารสัตว์คลุมดินซึ่งถือว่าเป็นสิ่งคลุมดินที่มีชีวิต โดยเฉพาะการปลูกพืชตระกูลถั่วแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนปลูกพืชหลักส่งผลดีต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินได้อย่างชัดเจน

3.2 การปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดิน (chemical property) เป็นตัวควบคุมความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชในดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน และสร้างสภาพแวดล้อมทางเคมีที่เหมาะสมเพื่อการเจริญเติบโตของพืช โดยสมบัติดังกล่าวมีความแตกต่างกันออกไปขึ้นกับวัตถุต้นกำเนิด สภาพแวดล้อม ตลอดจนวิธีการเขตกรรมและการใช้ที่ดิน อย่างไรก็ตาม สมบัติทางเคมีของดินสามารถปรับปรุงให้ดีเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ถ้ามีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสม (วิโรจ, 2531) ในเขตอบอุ่นการปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินพืชวงศ์ถั่วมีความสำคัญกว่าพืชวงศ์หญ้า เนื่องจากความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศของเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในปมราก เมื่อเศษซากพืชที่ร่วงหล่นเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้นโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนซึ่งทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุให้สูงขึ้น พืชตระกูลถั่วเขตอบอุ่นที่มีระบบรากลึก เช่น ถั่วอัลฟัลฟา (alfalfa) สวีทโคลเวอร์ (sweet clover) และถั่วลูพิน (lupines) พืชเหล่านี้มีรากที่ลึกหลายฟุต และลึกกว่ารากพืชหลักที่นิยมปลูกหมุนเวียน รากพืชตระกูลถั่วมีขนาดใหญ่เมื่อตายไปจะถูกย่อยสลายกลายเป็นอาหารให้แก่พืชที่ปลูกฤดูถัดมา โดยทำให้เกิดเป็นช่องทางเดินของรากพืชที่ปลูกตามในฤดูถัดมา นอกจากนี้รากพืชยังสามารถทำให้เกิดเม็ดดินได้เป็นอย่างดี (Allison, 1973) การย่อยสลายของพืชตระกูลถั่วช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินร่วยซุย และอุ้มน้ำได้ดี ความหนาแน่นของดินลดลง และเพิ่มช่องว่างในดินได้ (Mandal *et al*., 2003) ทำให้พืชปลูกสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในสารละลายดินได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ภาคภูมิ (2546ก) รายงานว่า การจัดการดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 9 เดือน พบว่า คุณสมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่เพิ่มขึ้นได้แก่ ค่า pH เปลี่ยนจาก 4.83 เป็น 5.39 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter ; OM) เพิ่มขึ้นจาก 1.84 เป็น 2.39 % ตามลำดับ ปริมาณ Avail. P จาก 7.91 เป็น 8.19 มก./กก. ตามลำดับ และ Exch. K จาก 0.17 เป็น 0.26 เซนติโมล/ก. ตามลำดับ นอกจากนี้ได้มีการยืนยันโดยรายงานของ เฉลิมชัย (2546ก) ที่จัดการดินโดยการปลูกถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคด บนชุดดินโพนพิสัย ซึ่งพบการเปลี่ยนแปลงดังนี้ ค่า pH เพิ่มขึ้น จาก 4.97 เป็น 5.36 ปริมาณ OM และ Avail. P เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จาก 1.43 เป็น 2.12 % และ 6.2 เป็น 19.1 มก./กก. ตามลำดับ แต่มีปริมาณ Exch. K ได้ลดลงเล็กน้อย จาก 67.8 เป็น 65.1 มก./กก. สอดคล้องกับ ชื่นจิต และคณะ (2555) รายงานว่าการปลูกถั่วแลบแลบ เป็นเวลา 90 วัน ในสภาพพื้นที่ดินลูกรัง ชุดโพนพิสัย ทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ จาก 5.21 เป็น 5.24

และปริมาณ OM เพิ่มขึ้นจาก 1.34 เป็น 1.51 % ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณ Avail. P ในดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน คือ จาก 4.89 เป็น 12.4 พีพีเอ็ม ตามลำดับ และการศึกษาในชุดดินโคราช พบว่า การปลูกถั่วท่าพระสไตโล (*S. guianensis* CIAT 184) ภายใต้สภาพการเล็มกินของโค เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่า pH ของดินมีค่าใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง ส่วนปริมาณ OM เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 0.79 เป็น 0.84 % ตามลำดับ (จุติมา, 2548)

กิ่งกานท์ (2552) รายงานว่า บนสภาพชุดดินมาบบอน การจัดการดินโดยใช้ถั่วแลบแลบ เป็นปุ๋ยพืชสดเพื่อปลูกปลูกข้าวโพด พันธุ์สุวรรณ 5 ร่วมกับใส่ปุ๋ยเคมี โดยภายหลังการปลูกข้าวโพดในปีที่ 1 พบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี ของดินบนระดับ 0-15 ซม. เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว เห็นได้ว่า ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 4.8 เป็น 4.9 ปริมาณ OM ลดลงจาก 9.3 เป็น 8.1 มก./กก. Total N เพิ่มขึ้นจาก 0.056 เป็น 0.067 % ตามลำดับ Avail. P เพิ่มขึ้นจาก 17.70 เป็น 20.93 มก./กก. และปริมาณ Exch. K ลดลงเล็กน้อยแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือจาก 66.56 เป็น 64.34 มก./กก. ตามลำดับ

สถาบันวิจัยยาง (2556) กล่าวถึงประโยชน์ของการใช้พืชคลุมดินตระกูลถั่ว คือ นอกจากได้ประโยชน์ในการควบคุมวัชพืชแล้ว ยังให้เศษซากจำนวนมากย่อยสลายเป็นอินทรัยวัตถุและแร่ธาตุเป็นห่วงโซ่อาหารแก่ระบบนิเวศน์ โดยการศึกษาในประเทศมาเลเซียมีรายงานใน 3 ปี หลังจากการปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่ว 3 ชนิด คือ คาโลโปโกเนียม เซนโตรซีมา และเพอราเรีย ในระหว่างแถวยางพารา เมื่อใบและเถาพืชคลุมดินสลายตัวจะให้ธาตุไนโตรเจนแก่ดิน 36.7 กก./ไร่ ซึ่งเท่ากับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 174 กก./ไร่ และในระยะเวลา 5 ปี จะสลายตัวให้อินทรียวัตถุและปลดปล่อยไนโตรเจนลงดินถึง 56.5 กก./ไร่ หรือคิดเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 269 กก./ไร่

นอกจากนี้ ยังมีรายงานการศึกษาในต่างประเทศตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน เช่น จากการปลูกพืชเพื่อฟื้นฟูดินในตอนใต้ของประเทศไนจีเรีย โดยการปลูกปอเทือง (*Crotalaria juncea*) หนึ่งฤดูสามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินถึง 12 % เพิ่มปริมาณ Avail. P = 0.688 กก./ไร่ และเพิ่มโพแทสเซียม 7.248 กก./ไร่ ซึ่งเทียบเท่ากับปริมาณธาตุอาหารที่เกิดจากการปล่อยให้ดินฟื้นตัวเองตามธรรมชาตินานถึง 4 ปี (Agboola, 1980) และ Watanabe (1984) กล่าวว่าการเพิ่มอินทรียวัตถุจากเศษพืชตระกูลถั่วทำให้เกิดการปลดปล่อยไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในพืช และนอกจากนี้ยังสามารถเกิดกรดอินทรีย์รูปแบบต่าง ๆ ในระหว่างที่เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งละลายกับน้ำทำปฏิกิริยาทางเคมี

กับแคลเซียม และแมกนีเซียมเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนต (Singh *et al*., 1992) และ Yunus (1992) ศึกษาผลของการใช้ถั่วแลบแลบ และถั่วเหลืองเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตข้าวโพดในระบบการปลูกพืชตระกูลถั่วแซมข้าวโพดเป็นเวลาต่อเนื่อง 3 ปี ในดินชุด Red dish brown lateritic ซึ่งมีสภาพค่อนข้างเป็นกรด พบว่า ปริมาณ Avail. P ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง แต่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีแนวโน้มสูงขึ้น และจากรายงานของ Griffin *et al.* (2000) พบว่า ระบบการปลูกพืชที่มีการปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินสามารถตรึงไนโตรเจน และเป็นแหล่งไนโตรเจนแก่พืชที่ปลูกตามซึ่งไม่ใช่พืชตระกูลถั่วได้ ซึ่งวิธีการนี้ช่วยให้เกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ หรืออาจไม่ต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้ Kouatika *et al.* (2005) ศึกษาวิธีการปรับปรุงดินโดยการใช้พืชตระกูลถั่ว พบว่า ดินมีความเป็นกรดลดลง ปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และดินมีลักษณะร่วนซุย โดยการคลุมดินด้วยต้นสาบเสือ (*Chromolaena odorata)* และถั่วคุดซู (*Pueraria phaseoloides*) ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกตามในกระถางทดลองมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เนื่องจากพืชเหล่านั้นไปเพิ่มน้ำหนักของอนุภาคอินทรียวัตถุหยาบ และเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้น

3.3 การปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน

ดินมีลักษณะเป็นวัสดุพรุนที่มีทั้งอากาศ น้ำ และสารอาหารต่าง ๆ มากมาย จึงเป็นแหล่งธรรมชาติที่เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีพ และเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตมากมาย นับตั้งแต่พืชชั้นสูงขนาดใหญ่เล็กที่หยั่งรากลึกลงไปในดิน สัตว์ชนิดต่าง ๆ ตลอดจนจุลินทรีย์หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็น จำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้มีมหาศาล ในดินเพียงไม่กี่ลูกบาศก์นิ้วอาจมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่หลายพันล้านเซลล์ การดำรงคงอยู่ของสิ่งมีชีวิตจำนวนมหาศาลก่อให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ มากมายที่มีผลกระทบต่อสมบัติ ประสิทธิภาพของผืนดินในการให้ผลผลิตทางการเกษตรตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยเฉพาะจุลินทรีย์ในดินที่มีบทบาทสำคัญหลักในการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ทำให้เกิดฮิวมัส และทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุต่าง ๆ เช่นไนโตรเจน คาร์บอน ฟอสฟอรัส ออกซิเจน กำมะถัน และแคลเซียม โดยชนิด ปริมาณ และการกระจายตัวของจุลินทรีย์ในดินขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในดิน ได้แก่ ธาตุอาหาร ความชื้น อุณหภูมิ สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง และความลึกของดิน โดยความลึกของดินเกี่ยวเนื่องกับธาตุอาหาร อากาศ และแสง ดินชั้นบนจะมีธาตุอาหาร อากาศ และแสงมากกว่าดินชั้นล่าง (กรรณิการ์, 2543) ซึ่งกิจกรรมเกี่ยวข้องกับการย่อยสลายของเศษซากพืชนั้น มากหรือน้อยขึ้นกับชนิด และเอ็นไซม์ของจุลินทรีย์ในดินที่อาศัยอยู่

ร่วมกัน และเอ็นไซม์ที่ขับออกมาย่อยสลายเศษซากพืชด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ในระหว่างการย่อยสลายเศษวัสดุอินทรีย์จะมีกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินนั้นทำให้โครงสร้างของพืชหรือวัสดุอินทรีย์เกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนที่จะถูกย่อย การย่อยสลายเกิดขึ้นเร็วหรือช้าจึงขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างภายในเนื้อเยื่อของวัสดุอินทรีย์นั้น ๆ เป็นสำคัญ ซึ่งการปลูกพืชตระกูลถั่วทำให้ดินมีสภาพโปร่ง ร่วนซุย ระบายน้ำได้สะดวก จึงส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (สถาบันวิจัยยาง, 2537) กล่าวโดยสรุปสิ่งมีชีวิตในดินอาจแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักคือ พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ แต่ละกลุ่มก็มีบทบาทที่มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในระบบนิเวศของดิน โดยเฉพาะในวัฏจักรของคาร์บอนที่พืชมีบทบาทเป็นผู้ผลิตปฐมภูมิ (primary producer) สัตว์มีบทบาทหน้าที่เป็นผู้บริโภค (consumer) และสำหรับจุลินทรีย์ทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย (decomposer) ช่วยให้เศษซากพืช ซากสัตว์สลายตัวและแปรสภาพคาร์บอนในสารอินทรีย์ให้กลับไปอยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ตามเดิม ทำให้วัฏจักรคาร์บอนเกิดความสมดุล และนอกเหนือจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอน แล้วสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นยังก่อให้เกิดกระบวนการอื่น ๆ อีกมากมายที่ส่งผลกระทบต่อเนื่องถึงสมบัติของดิน และสภาพแวดล้อมในดิน ซึ่งผลกระทบมากน้อยแตกต่างกันไปตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตทั้ง 3 กลุ่ม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548) โดยเฉพาะจุลินทรีย์ดิน (soil microbes) ซึ่งมีความสำคัญมากที่สุดในการทำให้เกิดกระบวนการต่าง ๆ ขึ้นในดิน (สมเจตน์, 2551)

การปลูกพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะถั่วอาหารสัตว์สามารถปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพ (biological property) ของดินได้ เนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถเป็นแหล่งคาร์บอน และไนโตรเจนชั้นดีให้กับจุลินทรีย์ดิน เพื่อใช้สำหรับการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณ โดยนำไปเป็นสารประกอบโครงสร้างของเซลล์ โชคชัย (2545) รายงานผลกระทบของวิธีการเตรียมดินเพื่อปลูกถั่วเหลืองต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชลประทาน พบว่าการเตรียมดินทุกวิธีส่งผลกระทบต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินทันที โดยเฉพาะการเผาตอซังข้าวจุลินทรีย์ดินลดลงอย่างเห็นได้ชัด ส่วนการคลุมแปลงด้วยฟางข้าวทำให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์สูงกว่าวิธีการอื่น ๆ

ขนิษฐา (2544) พบว่า การจัดการทางการเกษตรด้วยระบบเกษตรยั่งยืนโดยเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยหมัก กับการใช้ปุ๋ยหมักธรรมชาติจากพืชผักทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น และพบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดิน โดยพบไส้เดือนดินมากที่สุด รองลงมาคือสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบ และกิ้งกือ เป็นต้น และมีแนวโน้มว่าปริมาณจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ เช่น

แบคทีเรีย และแอคทีโนมัยซีท เพิ่มมากขึ้น ภาคภูมิ (2546ก) รายงานว่า การจัดการดินด้วยตำรับที่แตกต่างกัน คือ การปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ประจวบคีรีขันธ์ พันธุ์สุราษฎร์ธานี ถั่วคุดซู และถั่วฮามาต้า รวมทั้งการปลูกหญ้าแฝกทั้ง 2 พันธุ์ ร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 2 ชนิด เปรียบเทียบกับสภาพแปลงว่างเปล่า ภายหลังจากมีการจัดการดิน 9 เดือน ดินมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้น คือ จาก 0.67×10^6 เป็น 1.78×10^6 โคโลนี/ดิน 1 ก. ตามลำดับ

นอกจากนี้ Biederbeck *et al.* (2005) ศึกษาอิทธิพลของพืชตระกูลถั่วที่มีผลต่อจำนวนประชากรและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินภายใต้สภาพอากาศแห้งแล้งที่มีการปลูกข้าวสาลี โดยเปรียบเทียบกับสภาพที่ไถพักฟื้นดินโดยไม่ปลูกพืช และการปลูกข้าวสาลีอย่างต่อเนื่อง พบว่า การปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินได้แก่ ถั่วเลนทิล (black lentil) ชิคกิง เวท (chicking vetch) และฟีดพี (feed pea) มีจำนวนประชาการจุลินทรีย์ในดินเพิ่มมากที่สุด

Bodovololona *et al*. (2008) ศึกษาผลของการใช้วัสดุคลุมดินที่มีชีวิต (living mulches) ต่อสมบัติจุลินทรีย์ดินในการปลูกพืชแบบหยอดเมล็ดลงแปลงโดยตรง (direct seeded) จากผลเปรียบการเทียบกิจกรรมของเอ็นไซม์ในดินระหว่างระบบการปลูกพืชโดยหยอดเมล็ดลงบนพื้นที่ที่ไม่ไถพรวน (direct seeding mulch-based cropping systems; DMC) แบบต่าง ๆ เทียบกับวิธีการไถพรวนปกติ (conventional tillage; CT) และการพักพื้นที่โดยธรรมชาติ (natural fallows; NF) พบว่า ระบบ DMC ที่ใช้เศษเหลือทางการเกษตร คือข้าวโพด และถั่วเหลือง คลุมดินมีปริมา ß-glucosidase สูงสุด คือ 27.5 ไมโครกรัม (กลูโคส)/ก. ดิน/ไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสถิติกับระบบ CT และระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (ข้าวโพด-ถั่วเหลือง) ซึ่งมีปริมาณ ß-glucosidase เท่ากับ 10.9 ไมโครกรัม (กลูโคส)/ก. ดิน/ไร่ การมีทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกพืชคลุมดินจะมีจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตในดินโดยเฉพาะไส้เดือนดินมากกว่าแปลงที่ไถพรวนดินอย่างต่อเนื่อง (Lee, 1985) สิ่งมีชีวิตในดินเหล่านี้เป็นตัวชี้วัดสุขภาพของดินซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินมีชีวิต

4. รูปแบบ วิธีการ และประโยชน์ของการปลูกพืชอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช

ระบบการปลูกพืช (cropping system) หมายถึง การปลูกพืชให้มากครั้งในพื้นที่ที่กำหนดในเวลาที่กำหนด เช่น 1 ปี แต่ระบบการปลูกพืชดังกล่าวต้องมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติที่เกษตรกรมีอยู่ และสอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนก่อให้เกิดรายได้และผลผลิตให้แก่เกษตรกรสูงกว่าการปลูกพืชดั้งเดิมที่เคยปฏิบัติอยู่ (อภิพรรณ, 2544) การปลูกพืช

ชนิดเดียวติดต่อกันในหลาย ๆ ฤดูโดยไม่มีการปรับปรุงดินทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตพืชลดต่ำลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้อาจเพราะพืชมีการดูดใช้ธาตุอาหารจากดินในสัดส่วนเดิมตลอดเวลาไม่เปลี่ยนแปลง และระบบรากก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในการจำกัดพื้นที่การดูดใช้ธาตุอาหารจากดิน พืชดูดใช้ธาตุอาหารพืชจากดินในระดับเดียวกันในทุก ๆ ฤดูปลูก (ชรินทร, 2540) ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าการนำเอาพืชตระกูลถั่วเข้าร่วมในระบบการปลูกพืชทั้งในรูปการปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) การปลูกพืชแซม (intercrop) หรือการใช้เป็นปุ๋ยพืชสด (green manure) ซึ่งจะช่วยให้พืชหลักมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงขึ้นได้เพียงพอกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ทั้งยังสามารถช่วยลดหรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ตลอดจนช่วยลดความรุนแรงของโรคพืชและแมลงศัตรูพืชหลักได้ นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง (Buresh and De Datta, 1991) ถึงแม้ว่ามีงานวิจัยมากมายยืนยันผลของการใช้พืชตระกูลถั่วในการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช โดยเฉพาะในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ชลวุฒิ, 2541) แต่การนำไปปฏิบัติยังมีน้อยมาก นื่องจากมีความยุ่งยากในทางปฏิบัติ การเสียค่าใช้จ่ายและค่าเสียโอกาสในการปลูกพืชตระกูลถั่วบำรุงดินและการไถกลบพืชตระกูลถั่วบำรุงดินผลจะอยู่ได้เพียงฤดูเดียว เพราะมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง เศษซากพืชตระกูลถั่วจึงย่อยสลายอย่างรวดเร็ว ประกอบกับความชื้นในดินและอุณหภูมิที่สูงของเขตร้อนจึงส่งเสริมการย่อยสลายให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้การใช้พืชตระกูลถั่วบำรุงดินจะเห็นผลในปีที่สองขึ้นไป ดังนั้นการปรับปรุงบำรุงดินด้วยพืชตระกูลถั่วต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่องซึ่งหมายถึงต้องปลูกพืชตระกูลถั่วทุกปีและต้องใช้เมล็ดในปริมาณมากจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกษตรกรไม่ค่อยนิยมปฏิบัติ (สุขุม, 2547) การใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชจึงน่าเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงบำรุงดินในระบบการปลูกพืช โดยรูปแบบและวิธีการปลูกพืชอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช ตลอดจนประโยชน์ที่ได้รับมีดังนี้

4.1 การปลูกพืชแซม (intercropping)

การปลูกพืชแซม หมายถึง การปลูกพืชชนิดหนึ่งลงไปในระหว่างแถวพืชชนิดหนึ่ง โดยจำนวนแถวที่ปลูกแซมไม่จำเป็นต้องอยู่ในลักษณะของแถวหนึ่งกับอีกแถวหนึ่งก็ได้ อาจปลูกแซมในลักษณะสองแถวของพืชแซมระหว่างหนึ่งแถวของพืชหลัก หรืออาจปลูกแซมสี่แถวของพืชหลัก ทำให้สัดส่วนของแถวที่ปลูกแซมจึงไม่แน่นอน (อภิพรรณ, 2544) ซึ่งพืชที่ปลูกร่วมกันจะมีผลกระทบระหว่างกัน (Preston, 2003) โดยมีวัตถุประสงค์ของการปลูกพืชแซม คือให้พืชใช้ปัจจัยการผลิตที่มีอย่างจำกัด และใช้ปัจจัยสภาพแวดล้อมเช่น แสงแดด น้ำ และอุณหภูมิที่มีอยู่ให้ได้มากที่สุด และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยประโยชน์ที่ได้รับ คือ ลดการชะล้างหน้าดิน โดยลดแรง

ปะทะของเม็ดฝนกับผิวดินโดยตรง และลดปริมาณความเร็วของน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวหน้าดิน ซึ่งการคลุมดินในแปลงปลูกพืชจะช่วยลดการชะล้างของหน้าดิน ในขณะเดียวกันก็เพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินภายในตัว การปลูกพืชแซมในแถวพืชหลักจะช่วยลดอุณหภูมิดินสามารถเพิ่มความชื้นในดิน ซึ่งเป็นการส่งเสริมกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินได้อีกทางหนึ่ง และนอกจากนี้ยังเป็นการลดปัญหาวัชพืชได้

สำหรับการใช้พืชตระกูลถั่วในระบบการปลูกพืชแซม นั้น พืชที่ปลูกร่วมมีโอกาสได้รับไนโตรเจนโดยตรงจากการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่วน้อยมาก และเกิดขึ้นค่อนข้างยาก แต่พืชที่ปลูกร่วมนั้นส่วนใหญ่มักได้รับไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วโดยทางอ้อม คือได้จากการย่อยสลายของเนื้อเยื่อ และปมที่หลุดร่วงจากรากพืชตระกูลถั่ว (Allison, 1973) Hatch and Murray (1994) พบว่า มีการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนจากรากไวส์โคเวอร์ (white clover) ที่สลายตัวแล้วไปยังบริเวณรากของหญ้าไรส์ (rye grass) และ นิภา (2540ข) อ้างถึง Ismaili and Weaver (1987) พบว่า ธาตุไนโตรเจนที่ถั่วเซอราโตร ตรึงได้ถูกเคลื่อนย้ายไปให้ kleingrass ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับอิทธิพลของการแข่งขันกับอนินทรีย์ไนโตรเจน คือ 14 และ 5% เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่ต่ำ และสูง ตามลำดับ นอกจากนี้ Giller *et al.* (1991) รายงานว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกข้าวโพดแซมด้วยพืชตระกูลถั่วที่มีปมราก และมีการเคลื่อนย้ายธาตุไนโตรเจนที่ได้จากกระบวนการตรึงไนโตรเจนในปมรากถั่วไปยังข้าวโพดมีปริมาณน้อยกว่า 5%

ในปัจจุบันนี้มีการปลูกธัญพืชชนิดต่าง ๆ มากมาย เช่น ข้าวโพด ข้าวไร่ และข้าวฟ่าง เป็นต้น โดยพื้นที่ระหว่างแถวพืชเหล่านี้เกษตรกรอาจปลูกพืชอาหารสัตว์ได้ การปลูกพืชอาหารสัตว์แซมลงในช่องว่างระหว่างแถวพืชหลัก หรือการปลูกพืชอาหารสัตว์ร่วมกับพืชไร่ นั้นสามารถทำได้ทั้งปลูกร่วมแบบเป็นแถวเป็นแนว ปลูกคาบเกี่ยว หรือปลูกตามกัน (สายัณห์, 2547ก) โดยไม่ทำให้ผลผลิตของพืชหลักลดลง แต่ได้ผลผลิตของพืชอาหารสัตว์เพิ่มขึ้นด้วย และในขณะเดียวกันก็สามารถอนุรักษ์ดินเพื่อป้องกันการเกิดการกร่อนของดินไปในตัว (วิโรจ, 2531) สำหรับในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ทีมงานนักวิจัยของมหาวิทยาลัยขอนแก่น และผู้เชี่ยวชาญจากออสเตรเลีย ได้ศึกษาวิธีการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวไร่ ปอแก้ว มันสำปะหลัง และพืชไร่อื่น ๆ ซึ่งจะเกิดผลดี โดยการปลูกถั่วเวอราโนสไตโลหลังกำจัดวัชพืช หรือประมาณ 2 สัปดาห์ หลังปลูกมันสำปะหลัง โดยที่ผลผลิตไม่ลดลง เนื่องจากถั่วเวอราโนสไตโล (*S. hamata* cv. Verrano) สามารถเพิ่มอินทรียวัตถุและธาตุไนโตรเจนให้แก่ดิน (Wilaipon *et al.*, 1981)

นิภา (2540ก) พบว่า การปลูกข้าวโพดแซมด้วยไมยราบไร้หนาม ถั่วมะแฮะ และถั่วแลบแลบ ที่ปลูกในชุดดินปากช่อง ทำให้ข้าวโพดมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าการปลูกข้าวโพดอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ และอำนาจ และคณะ (2543) รายงานจากการศึกษาผลของการปลูกถั่วลิสง และปุ๋ยพืชสด 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วแลบแลบ ไมยราบ ถั่วมะแฮะ ถั่วนิ้วนางแดง และถั่วพร้า แซมข้าวโพดไร่ที่ปลูกในระบบแถวคู่ โดยปล่อยให้ถั่วเจริญเติบโตต่อไปหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่าในการปลูกปีแรกถั่วที่ปลูกแซมส่วนใหญ่ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดลดลง กล่าวคือ ผลผลิตข้าวโพดที่มีถั่วลิสง ถั่วแลบแลบ ไมยราบ ถั่วมะแฮะ ถั่วนิ้วนางแดง และถั่วพร้าแซม เป็น 102 92 86 79 73 และ 73% ตามลำดับ ของผลผลิตข้าวโพดที่ปลูกเดี่ยว ตามลำดับ แต่ในการปลูกครั้งที่ 2 3 และ 4 การปลูกข้าวโพดแซมไมยราบให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าการปลูกข้าวโพดแบบเดี่ยว 190 147 และ 200% ตามลำดับ และการปลูกข้าวโพดแซมถั่วมะแฮะช่วยปรับปรุงผลิตภาพของดินได้มากที่สุด โดยในระบบการปลูกพืชแซมต้องคำนึงถึงระยะเวลาในการปลูกพืชแซม และความหนาแน่นของพืชที่ปลูกร่วมเป็นสำคัญ ซึ่ง Maluleke *et al.* (2004) ศึกษาความหนาแน่น และวันปลูกถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus* cv. Rongai) ที่เมือง Limpopo ในแอฟริกาใต้ ที่ส่วนใหญ่เกษตรกรรายย่อยผลิตข้าวโพดเป็นพืชเชิงเดี่ยว พบว่า ถั่วแลบแลบสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแห้งแล้ง และมีศักยภาพในระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การทดสอบที่เมือง Dalmada ช่วงเวลาระหว่างปี 2001/02 การปลูกถั่วแซมที่ระยะเวลา 28 วัน หลังปลูกข้าวโพด ระยะปลูกแซมระหว่างแถวข้าวโพด 2 ต้น/ม. สามารถให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกร่วมไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว คือ 159.8 และ 172.2 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่จากการศึกษาที่เมือง Syferkuil พบว่า เวลาและระยะปลูกเดียวกันทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว คือ 258.4 และ 138.1 กก./ไร่ ตามลำดับ

4.2 การปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation)

การปลูกพืชหมุนเวียน หมายถึง การปลูกพืชสองชนิด หรือมากกว่าลงบนพื้นที่เดียวกันแต่ปลูกไม่พร้อมกัน โดยมีการจัดลำดับพืชที่ปลูกอย่างมีระเบียบ การปลูกพืชหมุนเวียนเริ่มครั้งแรกใน ปี ค.ศ. 1730 ที่ประเทศอังกฤษ และในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ระบบการปลูกพืชหมุนเวียนที่ดีจะทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น โดยมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นร้อยละ 75 ของการใช้ปุ๋ย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพนั้นอยู่ขึ้นกับธรรมชาติของชนิดพืชหมุนเวียน (อภิพรรณ, 2544) และนอกจากนี้ ศักดา และคณะ (2530) กล่าวว่า การปลูกพืชหมุนเวียนเป็นการปลูกพืชโดยใช้พืชต่างชนิดปลูกหมุนเวียนในพื้นที่แห่งเดียวกัน โดยจัดชนิดพืช และเวลาปลูกให้เหมาะสม และต้องใช้พืช

ที่มีระบบรากลึกสลับกับพืชที่มีระบบรากตื้น เช่น ปลูกพืชไร่เศรษฐกิจหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่ว หรือตระกูลหญ้า

การปลูกพืชอาหารสัตว์สลับ หรือหมุนเวียนกับพืชหลัก (ley farming) หรือ (crop-pasture rotation, C-PR) เป็นระบบการปลูกพืชหมุนเวียนรูปแบบหนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พืชอาหารสัตว์ และได้ปุ๋ยบำรุงดินควบคู่กัน โดยต้องใช้เวลาปลูกถั่วอาหารสัตว์ซ้ำ 2-3 ปี แล้วจึงปลูกพืชหลักตามโดยไม่ต้องไถกลบ ทั้งนี้ต้องแบ่งพื้นที่สำหรับปลูกถั่วอาหารสัตว์เพียงเสี้ยวหนึ่งของแปลงหมุนเวียนไป 2-3 ปี จนทั่วแปลง ถั่วอาหารสัตว์จะสะสมปุ๋ยในแปลงโดยธรรมชาติ ซึ่งการปลูกพืชอาหารสัตว์สลับ หรือหมุนเวียนกับพืชหลัก คือการใช้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินในรูปแบบหนึ่ง (ชาญชัย, 2546) ถือได้ว่าการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนในระบบการปลูกพืชเป็นระบบการเกษตรยั่งยืนรูปแบบหนึ่ง เนื่องจากการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนพืชหลักเป็นการบำรุงรักษา หรือฟื้นคืนสมบัติของดินให้ดีขึ้นได้ และเป็นการเพิ่มองค์ประกอบอินทรีย์ในดิน (Haynes *et al*., 1991) เป็นวิธีการจัดการดินเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน และได้ไนโตรเจนจากถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งเกิดประโยชน์กับพืชหลักที่ปลูกตามหลัง (Hare, 2000) โดยถั่วอาหารสัตว์สามารถผลิตเมล็ดร่วงหล่นลงดินเป็นการสร้างคลังเมล็ดในดินและพร้อมที่จะงอกเมื่อมีฝนหรือความชื้นในดิน ซึ่งการสร้างคลังเมล็ด (seed bank) ถือว่าเป็นการปรับปรุงบำรุงดินที่ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด และสามารถผลิตมวลชีวภาพได้สูงที่สุด เนื่องจากมีเมล็ดอยู่ในดินแล้วจึงพร้อมงอกทันทีเมื่อได้รับฝนแรกของปี ทำให้ได้เปรียบในด้านเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าโดยคลังเมล็ดในดินสามารถรักษาให้คงอยู่ตลอดไป (สุขุม, 2547) ได้มีการยืนยันจากการศึกษาในประเทศออสเตรเลีย ซึ่งมีการใช้ถั่วอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวสาลีในระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์สลับ หรือหมุนเวียนกับพืชหลัก มีถั่วหลายชนิดที่งอกเป็นต้นใหม่จากเมล็ดที่ร่วงหล่นและฝังอยู่ในดินและงอกเป็นต้นใหม่เมื่อได้รับความชื้นในฤดูถัดไป หลังไถกลบและย่อยสลายจะเกิดประโยชน์แก่พืชที่ปลูกตามได้ (Carr *et al*., 2005) นอกจากนี้ยังได้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์เป็นอาหารสัตว์ด้วย จึงนับว่าเป็นระบบการเกษตรผสมผสานแบบการปลูกพืช-เลี้ยงสัตว์ (โค-กระบือ) ซึ่งนิยมปฏิบัติในระบบการทำฟาร์มขนาดเล็ก ซึ่งนับว่าเป็นทางเลือกหนึ่งในการสร้างความมั่นคงให้กับเกษตรกรไทยและเป็นการใช้ทรัพยากรที่ดินได้อย่างยั่งยืน การปลูกพืชอาหารสัตว์สลับ หรือหมุนเวียนกับพืชหลักเป็นระบบที่นิยมปฏิบัติกันมานานแล้วในต่างประเทศเริ่มแรกในประเทศอังกฤษ (สายัณห์, 2547ก) และในปัจจุบันนี้ยังเป็นที่นิยมในต่างประเทศ เนื่องจากเป็นระบบการปลูกพืชที่ช่วยอนุรักษ์และปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ประหยัด และเหมาะสำหรับเกษตรกรรายย่อย เนื่องจากการปลูกพืชสลับทุ่งหญ้าเป็นการเปลี่ยนระบบการผลิตพืชเศรษฐกิจแบบดั้งเดิมมาสลับกับแปลงพืชอาหารสัตว์ ผลผลิตจากแปลงพืช

อาหารสัตว์สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร หลังจากใช้ประโยชน์จากแปลงพืชอาหารสัตว์ระยะหนึ่งแล้วไถกลบลงดินเป็นปุ๋ยพืชสดซึ่งจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้นได้ (จุติมา, 2548) และช่วยเพิ่มความสามารถในการผลิตภาพของดินมากขึ้นอีกด้วย

จุติมา (2548) พบว่า การไถกลบแปลงถั่วท่าพระสไตโล ภายหลังสิ้นสุดการเล็มกินของโคแล้วปลูกมันสำปะหลังในชุดดินโคราช ที่จังหวัดขอนแก่น ได้รับผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดสูงกว่าการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 3.46 และ 1.44 ตัน/ไร่ ตามลำดับ โดยมีรายงานว่าในประเทศอาร์เจนตินาการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนในระบบการปลูกพืชอาจช่วยให้ดินที่เสื่อมโทรมจากระบบการปลูกพืชแบบไถพรวนปกติฟื้นคืนสภาพได้ จากการศึกษาระบบหมุนเวียนพืชและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (crop-pasture) อัตราส่วน 50:50 และ 75:25 โดยการปลูกทุ่งหญ้า 3-4 ปี ทำให้ปริมาณอินทรียคาร์บอนในดิน (soil organic carbon, SOC) เพิ่มขึ้น 36.7 และ 37.7 ก/กก. ตามลำดับ ส่วนในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนแบบปกติ (ไถพรวน) ติดต่อกัน 6-7 ปี ปริมาณ SOC รวมในดินลดลงไม่น้อยกว่า 50 % และการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 3 ปี ทำให้ค่าไลท์แฟรคชันคาร์บอน (light-fraction carbon; LFC) ค่ามวลชีวภาพไนโตรเจนของจุลินทรีย์ (MBN; microbial biomass nitrogen) และค่าดัชนีความเสถียรของเม็ดดิน (ASI; aggregate stability index) มีค่า 0.9 ก./กก. 39.0 มก./กก. และ 43.9 ตามลำดับ โดยเพิ่มขึ้น 91-95 % และเพิ่มขึ้น 95-98 % เมื่อปลูก 4 ปี โดยค่าทั้ง 3 ที่กล่าวมานี้เป็นดัชนีการประเมินคุณภาพของดินซึ่งถ้ามีค่าสูงแสดงว่าดินมีคุณภาพดี (Guillermo *et al.*, 1997)

Whitbread and Clem (2004) รายงานว่า การปลูกข้าวฟ่างบนชุดดิน Vertisol ในรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยการปลูกตามหลังถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนที่ปลูก 2 ปี ได้แก่ ถั่ว *Macrotyloma daltonii* และ *Vigna trilobata* ซึ่งถั่วทั้ง 2 ชนิดนี้เมล็ดร่วงและงอกเป็นต้นใหม่และถั่วแลบแลบซึ่งเมล็ดไม่ร่วงต้องปลูกใหม่ จากการวิเคราะห์ดินที่ความลึก 0-90 ซม. พบว่า ปริมาณ NO_3^-- N อยู่ระหว่าง 5.8 -16.3 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกตามทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.8 กก./ไร่ และการปลูกตามหลังการปลูกอาหารสัตว์ทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดข้าวฟ่าง 4 ฤดูปลูก สูงถึง 480 กก./ไร่ ส่วนการปลูกตามทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ทั่วไปให้ผลผลิต 320 กก./ไร่ ซึ่งการปลูกในแปลงถั่วแลบแลบทำให้ข้าวฟ่างที่ปลูกตามมีผลผลิตเมล็ดสูงกว่าปลูกตามถั่ว *M. daltonii* และถั่ว *V. trilobata* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในปี 2000/01 และ 2001/02 ให้ผลผลิตเมล็ดสูงถึง 859.9 และ 640.6 กก./ไร่ ตามลำดับ

German and Guillermo (2008) ศึกษาผลของการปลูกพืชหมุนเวียนพืชอาหารสัตว์ (C-PR) ต่อสมบัติทางกายภาพของดินชุด Mollisols ที่เมือง Balcarce ประเทศอาร์เจนตินา โดยแปลงปลูกพืชตั้งแต่ปี 1976 และนำตัวอย่างดินในปี 2000 2003 และ 2006 ศึกษา พบว่า ดินมีความหนาแน่นรวมในสภาพการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนพืชหลัก (ปลูกพืชหลัก 50 % ทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 50 %) และปลูกพืชหลัก 75 % ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 25 % ของพื้นที่ มีค่าเท่ากับ 1.06-1.33 เมกะกรัม/ลบ.ม. ที่ระดับความลึก 0 ถึง 5 ซม. และ 1.14-1.33 เมกะกรัม/ลบ.ม. ที่ระดับความลึก 0 ถึง 20 ซม. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแปลงในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง (ปลูกพืชหลัก 100 %) และการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียน 3 ปี ทั้งในสภาพปลูกแบบไม่ไถพรวน หรือการไถพรวนปกติ ค่าดัชนีความเสถียรของเม็ดดินเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับแปลงควบคุม (ปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ต่อเนื่อง) ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนในระยะสั้นเป็นกลยุทธในการฟื้นคืนสภาพทางกายภาพของหน้าดินได้

ระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนพืชหลักนอกจากประโยชน์ต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นยังมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจโดย McCosker *et al*. (2001) ศึกษาผลของการปลูกพืชหมุนเวียนระยะสั้นโดยใช้ถั่วแลบแลบ ซึ่งเป็นถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับพืชไร่เศรษฐกิจ ได้แก่ ข้าวฟ่าง เปรียบเทียบกับระบบการปลูกพืชปกติ ในพื้นที่ฟาร์มในเขตตอนกลางของรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ระหว่างปี 1998-2000 พบว่า การปลูกข้าวฟ่างอย่างต่อเนื่อง 3 ปี (ใส่ปุ๋ย 9.6 กก. N /ไร่) ได้กำไรขั้นต้นสะสม 445.62 ดอลล่าร์สหรัฐ ส่วนการปลูกพืชหมุนเวียน (ถั่วแลบแลบ-ข้าวฟ่าง-ถั่วแลบแลบ) ในปีที่ 1-2-3 ตามลำดับ โดยไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน มีกำไรขั้นต้นสะสมสูงกว่าคือ 519.55 ดอลล่าร์สหรัฐ

4.3 การปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดิน (no-tillage, zero tillage)

การปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดิน หมายถึง การปลูกพืชชนิดใดชนิดหนึ่งลงบนพื้นดิน โดยการไม่มีการไถพรวนเตรียมดินล่วงหน้าดังที่เคยปฏิบัติกันอยู่ทั่ว ๆ ไป ซึ่งการปลูกพืชแบบนี้เป็นการรบกวนดินน้อยที่สุด และใช้วิธีการปลูกพืชลงดินให้แทรกผ่านซากวัชพืชที่คลุมดินอยู่เพียงการใช้จอบหรือเสียมขุดเจาะดินเป็นหลุมเล็กตื้น ๆไว้ เท่านั้น การปลูกพืชวิธีนี้ต้องกำจัดวัชพืชและทิ้งเศษวัชพืชคลุมดินไว้ (ชุมพล และประพัฒน์, 2532) การไม่ไถพรวนดินเป็นวิธีการหนึ่งของการไถพรวนอนุรักษ์ (conservation tillage) ซึ่งหมายถึงการไถพรวนที่เมื่อนำไปปฏิบัติแล้วทำให้เกิการสูญเสียดิน และน้ำน้อยกว่าการไถพรวนแบบปกติ (conventional tillage) (Gebhardt *et al*., 1985) แต่การไถพรวนอนุรักษ์ปัจจุบันหมายถึง การไถพรวนซึ่งเมื่อไถพรวนและปลูกพืชแล้วจะมีเศษเหลือของพืชปกคลุมดินตั้งแต่ 30 % ขึ้นไป (Williams *et al*., 2011)

มนุษย์ได้ใช้วิธีการไถพรวนดิน และไม่ไถพรวนดินในการผลิตอาหารจากดินมาตั้งแต่เริ่มปลูกพืชเกษตรประมาณ 10,000 ปี มาแล้ว ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงจากการล่าสัตว์ และเก็บรวบรวมของป่า มาเป็นปลูกพืชเกษตร การปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดินในระยะเริ่มแรกของการทำการเกษตร ได้แก่การทำให้เกิดเป็นหลุมที่ผิวดินโดยกิ่งไม้ หรือท่อนไม้ แล้วหยอดเมล็ดพืชลงไปในหลุมแล้วกลบด้วยดิน เกษตรกรอื่นๆ ได้ใช้วิธีการขูดผิวดินด้วยท่อนไม้ หรือกิ่งไม้ เป็นการไม่ไถพรวนเพื่อหยอดเมล็ดพืชใต้ผิวดิน เกษตรกรจำนวนมากในประเทศกำลังพัฒนาได้ใช้วิธีการเหล่านี้ปลูกพืชเกษตร แต่การปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดินมีการปฏิบัติน้อยมาก จนกระทั่งปี ค.ศ. 1943 (พ.ศ. 2486) จึงได้มีการฟื้นคืนตัวเรื่องการเพาะปลูกโดยไม่มีการไถพรวนดิน เนื่องจากมีสิ่งตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1943 ชื่อเรื่อง Plowman's Folly ซึ่งแต่งโดย นักเกษตร ชื่อ Edward Faulkner ซึ่งได้ท้าทายถึงความจำเป็นของการไถพรวน จึงมีผลทำให้เกิดการพัฒนาสารเคมีปราบวัชพืชภายหลังสงครามโลกครั้งที่สอง เช่น 2,4-D, Atrasine และ Paraquat และงานวิจัยเกี่ยวกับการเกษตรไม่ไถพรวนได้เริ่มในช่วงปี ค.ศ. 1960-1969 (Huggins and Reganold, 2008)

Phillips *et al.* (1980) ได้รายงานถึงประโยชน์ของการทำการเกษตรโดยไม่ไถพรวนดินดังนี้ 1) ลดการชะล้างพังทลายของดิน หรือการกร่อนโดยลม และน้ำ 2) เพิ่มพื้นที่เพาะปลูกสำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถว (row crops) เพราะสามารถปลูกได้บนพื้นที่มีความลาดชัน ซึ่งเมื่อปลูกโดยไถพรวนดินทำให้เกิดการกร่อนดินได้ง่าย 3) ลดการใช้พลังงานที่จำเป็น และการลงทุนเกี่ยวกับเครื่องจักรกลลดลง 4) ปรับปรุงเวลาปลูก และเวลาเก็บเกี่ยว และ 5) พืชที่ปลูกสามารถใช้น้ำในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ Huggins and Reganold (2008) รายงานถึงประโยชน์ ของการไม่ไถพรวนดิน ดังต่อไปนี้ 1) อนุรักษ์น้ำในดิน 2) ปรับปรุงสุขภาพของดิน 3) ลดการเกิดมลพิษจากตะกอน และปุ๋ยในทะเลสาบ และแม่น้ำลำคลอง ต่างๆ 4) มีการกักเก็บคาร์บอนชั่วคราวของดินเพิ่มขึ้น

การไม่ไถพรวน หรือการไถพรวนให้น้อยที่สุด (minnimum tillage) นับว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถทำให้ระบบการเกษตรเกิดความยั่งยืนได้ เนื่องจากช่วยลดอัตราการสูญเสียหน้าดินรักษาความชื้นในดินได้เป็นอย่างดี และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Johnston *et al*., 2002) การลดการไถพรวนควบคู่กับการใช้เศษเหลือจากพืชปกคลุมดินนอกจากจะลดการเกิดกษัยการของดินแล้ว

ยังสามารถเพิ่มความหลากหลายชนิดของสิ่งมีชีวิตในดิน (Verhulst *et al.,* 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลชีพ (micro organism) นอกจากนี้ การไม่ไถพรวนยังลดการสูญเสียจากการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นการประหยัดพลังงาน เงินตรา และเวลาของเกษตรกร โดยระบบการปลูกพืชแบบไม่ไถพรวนสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ถึง 15-20 % (Landers *et al.*, 2001)

สำหรับข้อเสียของการทำการเกษตรไม่ไถพรวนดิน มีดังต่อไปนี้ 1) ปริมาณแมลงศัตรูพืช และโรคพืชต่าง ๆ อาจมีมากกว่าการไถพรวนปกติ 2) ต้องมีความสามารถในการจัดการมากกว่าจึงจะทำให้ประสบผลสำเร็จ 3) สำหรับเขตหนาว และเขตอบอุ่น ในฤดูใบไม้ผลิการไม่ไถพรวนดินซึ่งมีเศษซากพืชปกคลุมผิวดินทำให้อุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 2.5 ซม. ลดลงมากถึง 6 °C ซึ่งทำให้การปลูกพืชล่าช้าออกไป แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับเขตร้อนการที่อุณหภูมิดินลดลงอาจเป็นผลดีต่อปลูกพืช เพราะว่าในเขตร้อนอุณหภูมิดินมักสูงเกินอุณหภูมิที่พืชเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (Phillips *et al.*, 1980) นอกจากนี้ Huggins and Reganold (2008) รายงานถึงข้อเสีย หรือข้อจำกัดของการไม่ไถพรวนดิน ดังต่อไปนี้ 1) ลำบากในการเปลี่ยนแปลงจากการไถพรวนไปเป็นไม่ไถพรวน 2) อุปกรณ์ต่างๆ มีราคาแพง 3) ทำให้ศัตรูพืช (โรค แมลง และวัชพืช) เปลี่ยนแปลงไปในทางที่คาดหมายไม่ถึง 4) ในระยะเริ่มแรกของการเจริญเติบโตของพืชปลูกต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และ 5) อาจทำให้การงอกของต้นกล้าช้าลง และผลผลิตลดลง

Robertson *et al.* (1976) รายงานว่า การทำการเกษตรแบบไม่ไถพรวนดินไม่ประสบความสำเร็จเป็นเพราะสาเหตุหนึ่ง หรือมากกว่าของสาเหตุดังต่อไปนี้ 1) ดินเนื้อละเอียด 2) โครงสร้างของดินเลว 3) มีการระบายน้ำไม่พอเพียง 4) คาดคะเนปริมาณ OM ในดินน้อยเกินไป 5) ดินเกิดการชะล้างพังทลาย หรือการกร่อน 6) ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเป็นกรด และ 7) สารเคมีปราบวัชพืชไม่มีประสิทธิภาพ หรือ สภาพดินฟ้าอากาศรุนแรง

Nelson *et al.* (1976) กล่าวว่า เนื้อดินที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำการเกษตรแบบไม่ไถพรวน ได้แก่ ดินร่วน และร่วนปนทราย (sandy loamy) และมีการระบายน้ำดี แต่สำหรับดินทรายปนร่วน (loamy sands) และดินทราย เหมาะสมแต่ต้องมีการชลประทาน ส่วนดินที่มีเนื้อละเอียด (fined-texture soils) และดินที่มีสีดำ รวมทั้งมีการระบายน้ำเลว ไม่มีความเหมาะสมกับการปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดิน และการปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนต้องใช้อัตราเมล็ด 1- 15 % ของการปลูกแบบไถพรวนปกติ

Hendrix *et al.* (1986) รายงานว่า ดินที่ไม่ไถพรวนมีคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีแยกเป็นชั้น ซึ่งธาตุอาหารพืชอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าความลึกระดับอื่น ดินที่ได้รับการพรวนจะมีการเน่าเปื่อยผุพังของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น และธาตุอาหารอยู่ในสารประกอบอนินทรียเพิ่มขึ้น การดูดใช้ธาตุอาหารของพืชที่ปลูก และวัชพืชมีมากกว่าในดินที่ได้รับการไถพรวนปกติ เศษเหลือของพืชซึ่งอยู่ในระบบไม่ไถพรวนดินธาตุอาหารพืชจะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์มากกว่า เช่น ธาตุอาหารพืชถูกจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ ซึ่งธาตุอาหารพืชนี้มาจากการเน่าเปื่อยของอินทรียวัตถุ จึงทำให้ธาตุอาหารพืชเหล่านี้ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกจนกว่าธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาจากมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดิน ดินที่ได้รับการไถพรวนอัตราการเน่าเปื่อยและเกิดจากการกระทำของแบคทีเรียซึ่งมีจำนวนมาก และมีกิจกรรมเมตาบอลิกมาก สำหรับดินที่ไม่มีการไถพรวนการเน่าเปื่อยจะเกิดจากราเป็นส่วนใหญ่

ภายใต้สภาพลดการไถพรวนดิน หรือไม่ไถพรวนดิน นั้น ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อพืชจะลดลง เนื่องจากอัตราการเกิด Nitrification และ Mineralization ลดลง แต่อัตราการเกิด Nitrogen immobilization และการถ่ายเทอากาศน้อยลงทำให้เกิดการสูญเสียไนเตรตไนโตรเจน (NO_3^--N) จำนวนมากขึ้นจากกระบวนการ Denitrification (Doran, 1980)

Thomas and Frye (1984) รายงานว่า ภายใต้สภาพการไม่ไถพรวนดิน อัตราของ Nitrogen mineralization ลดลงเพราะว่าดินไม่ได้ถูกรบกวน และเศษเหลือของพืชตกค้างอยู่ที่ผิวดิน ซึ่งเกิดการเน่าเปื่อยช้ากว่าเศษเหลือที่อยู่ในดิน การที่มีเศษเหลือของพืชเป็นชั้นที่ผิวดิน และเป็นการอนุรักษ์อินทรียวัตถุในดินบริเวณใกล้ผิวดิน ด้วยวิธีการลดการไถพรวน หรือไม่ไถพรวนดิน ทำให้มีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินในชั้นเหล่านี้เป็นสาเหตุทำให้ปุ๋ยไนโตรเจนเกิด Immobilization มากกว่าดินที่ได้รับการไถพรวน หรือไถพรวนตื้น (Carter and Rennie, 1987)

Balesdent *et al.* (1990) รายงานว่า การไถพรวนดินส่งเสริมให้ดินสูญเสียอินทรียวัตถุไปอย่างรวดเร็ว และยังเป็นการทำลายความเสถียรภาพของเม็ดดิน (soil aggregate) ส่วนการไม่ไถพรวน การลดการไถพรวน และการทิ้งเศษเหลือของพืชที่ปกคลุมดินไว้ในแปลงจะช่วยลดการสูญเสียอินทรียวัตถุของดิน โดยพบว่าชั้นผิวดินภายใต้สภาพที่ไม่ไถพรวน หรือลดการไถพรวนเป็นเวลานานจะมีอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าสภาพที่มีการไถพรวนอย่างต่อเนื่อง (Franluebbers *et al.*, 1995) การศึกษาอย่างต่อเนื่องโดย Govaerts *et al.* (2005) ศึกษาวิธีการจัดการพืชในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ข้าวโพด-ข้าวสาลี ระหว่างปี 1997-2002 ซึ่งระบบการปลูกพืชไม่มีการไถพรวนควบคู่

กับการทิ้งเศษซากพืชลงในแปลงทั้งหมด ทำให้ข้าวสาลีมีผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าระบบปลูกพืชหมุนเวียนที่นำเศษซากข้าวโพดออกจากแปลงทั้งหมด และเหลือเศษซากข้าวสาลีลงแปลงในปี 1997-2001 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือเท่ากับ 894.6 และ 674.9 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่ระบบการไถพรวนแบบปกติและมีการกำจัดเศษซากพืชให้ผลผลิตเพียง 706.2 กก./ไร่ ทั้งนี้เนื่องจากการลดการไถพรวนทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น

นอกจากนี้ ยังมีงานทดลองระยะยาวซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุของดินในระดับความลึก 1.25 ซม. จากผิวดินในแปลงทดลองปลูกข้าวโพดโดยไม่ไถพรวนสูงกว่าแปลงไถพรวน 2.5 เท่า ในดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (dark silty clay loam) (Dick, 1983) สอดคล้องกับ ธรรมนูญ (2543) ที่ศึกษาสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของชุดดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดโดยมีการไถและไม่ไถพรวนและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ปีที่ 14 ซึ่งพบว่า การปลูกข้าวโพดโดยไม่ไถพรวนทำให้ความชื้น ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมดในดินชั้นบนสูงกว่าการไถพรวนดินอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์สุวรรณ 5 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อมีการไถและไม่ไถพรวน ขัดแย้งกับ Burayu and Chinawong (2005) ที่พบว่า การผลิตเทฟซึ่งเป็นธัญพืชในเขตที่ราบลุ่มแห้งแล้งภาคกลางของประเทศเอธิโอเปีย ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี จากแปลงปลูกแบบไม่ไถพรวนเท่ากับ 27.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการปลูกโดยไถพรวนปกติที่ให้ผลผลิต 16.1 กก./ไร่ และได้ผลกำไรสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผลผลิตพืชในระบบการไม่ไถพรวนจะมากกว่าการไถพรวนแบบปกติ (conventional tillage) เนื่องจากการไม่ไถพรวนช่วยให้อินทรียวัตถุ และธาตุอาหารอื่น ๆ สลายตัวไปอย่างช้า ๆ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าการไถพรวนแบบปกติ (ชุมพล และ ประพัฒน์, 2537)

อีกรูปแบบหนึ่งของการปลูกพืชร่วมกับพืชอาหารสัตว์คือการปลูกพืชแบบไม่ไถพรวนโดยการหยอดเมล็ดพืชลงในแปลงที่ปกคลุมด้วยพืชอาหารสัตว์โดยตรง (direct seeding mulch based cropping systems; DMC) วิธีการนี้พืชหลักจะเจริญเติบโตร่วมกับพืชอาหารสัตว์ โดยพืชที่คลุมดินที่เป็นพืชตระกูลถั่วป้องกันการเกิดการชะล้างพังทะลายของดิน เพิ่มอัตราการแทรกซึมน้ำของดิน ลดการคายระเหยน้ำของดิน ช่วยปรับอุณหภูมิดิน และส่งเสริมกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน ลดปัญหาวัชพืช สามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ และเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืชที่ปลูกร่วม (CIRAD, 2012) ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถปรับปรุงและฟื้นฟูคุณภาพของดินโดยหลักการของระบบนี้ คือ การมีเศษอินทรีย์ปกคลุมดินอย่างถาวร แล้วปลูกพืชโดยไม่ไถพรวน (Minten and Ralison, 2003)

5. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช

Harper (1977) ได้แบ่งปฏิสัมพันธ์ของพืชที่ปลูกร่วมกันออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. ปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบ (negative interaction) เป็นผลเนื่องจากพืชที่อยู่ร่วมกันเกิดการแข่งขันใช้ปัจจัยในการเจริญเติบโตที่เหมือนกันทำให้ปัจจัยเหล่านั้นไม่เพียงพอ เช่น แสง น้ำ ธาตุอาหาร หรือพืชชนิดใดชนิดหนึ่งปลดปล่อยสารอัลลีโลพาธิก (allylopathic) ลงสู่ดินแล้วไปมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกร่วมกัน

2. ปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวก (positive intraction) เป็นผลเนื่องจากพืชที่อยู่ร่วมกันเอื้อประโยชน์ต่อกัน เช่น พืชตระกูลถั่วปลดปล่อยไนโตรเจนลงสู่ดิน และพืชที่ปลูกร่วมดูดธาตุไนโตรเจนไปใช้ได้

3. ปฏิสัมพันธ์ที่เป็นกลาง (neutral interaction) เป็นผลเนื่องจากพืชที่อยู่ร่วมกันไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันไม่ว่าจะเป็นด้านให้ประโยชน์หรือให้โทษใด ๆ ซึ่งลักษณะนี้ในความเป็นจริงเกิดขึ้นไม่ได้

สายัณห์ (2547ก) กล่าวถึงสิ่งที่ควรพิจารณาเมื่อปลูกพืชอาหารสัตว์ร่วมธัญพืชต่าง ๆ ดังนี้

1. ชนิดพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วม ถั่วอาหารสัตว์ แต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการปลูกร่วมกับธัญพืชแตกต่างกัน ถั่วประเภทต้นตั้ง เช่น แกรมสไตโล และขอนแก่นสไตโล มีความเหมาะสมในการปลูกร่วมกับข้าวไร่ มากกว่า ถั่วเถาเลื้อย ประเภทเลื้อยพัน เช่น ถั่วเซนโตร เนื่องจากมีความสามารถในการแข่งขันสูง และเลื้อยพันต้นข้าว (ศุภชัย และคณะ, 2535) โดยจากการรายงานของ Wortmann and Ugen-Adrogu (1990) พบว่า ข้าวโพดสามารถทำให้ถั่วที่มีลักษณะเลื้อยพันที่ปลูกร่วมมีผลผลิตลดลงได้ แต่ถั่วที่มีลักษณะทรงพุ่มกลับส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดที่ปลูกร่วมลดลงได้เช่นกัน

2. ความหนาแน่นของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูก ธัญพืช เช่นข้าวไร่ มีการเจริญเติบโตเร็วกว่าพืชวงศ์ถั่ว เช่น ถั่วสะไตโล ธัญพืชได้เปรียบในด้านการแก่งแย่งปัจจัยในการเจริญ เติบโตของพืช จากการศึกษาของ Maluleke *et al.* (2004) พบว่า ถั่วแลบแลบสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแห้งแล้ง

และมีศักยภาพในระบบการปลูกพืชแซมร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยความหนาแน่นของถั่วที่เหมาะสมในระบบการปลูกพืชแซม คือ 2-4 ต้น/เมตร และเมื่อเพิ่มความหนาแน่นของต้นถั่วจะทำให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งข้าวโพดลดลง โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกแซม คือ 28 วันหลังจากปลูกข้าวโพด

3. การยืดเวลาปลูกพืชอาหารสัตว์ การปลูกพืชอาหารสัตว์ให้ช้าลงจนกว่าธัญพืชเจริญได้ดีก่อนจะช่วยให้การแก่งแย่งแข่งขันของพืชทั้งสองชนิดสมดุลยิ่งขึ้น สายัณห์ (2547ข) อ้างถึง Schaller (1955) รายงานว่า การปลูกถั่วลูเซิน เรดคลอบเวอร์ หลังจากปลูกข้าวไปแล้ว 4 วัน และ 6 วัน ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดจาก 597 ไปเป็น 800 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับการปลูกถั่วคาวาลเคด ถั่วไมยรา และถั่วฮามาต้า แซมระหว่างแถวข้าวโพดหวาน ในชุดดินโพนพิสัย นั้น ควรปลูกถั่วอาหารสัตว์เมื่อข้าวโพดงอก ประมาณ 7 วัน เนื่องจากถั่วอาหารสัตว์มีการเจริญเติบโตช้าในระยะแรก (พัชชา, 2548) นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาการปลูกอาหารสัตว์ร่วมกับพืชไร่ในระบบการปลูกพืชแซมบนสภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย โดย แพรวพรรณ (2550) พบว่า วันปลูกถั่วคาวาลเคดแซมระหว่างแถวข้าวโพดหวาน พันธุ์ซุปเปอร์สวีท ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกร่วมกัน และการปลูกข้าวโพดหวานอย่างเดียวทำให้ได้ผลผลิตสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการปลูกถั่วคาวาลเคดแซม และการปลูกถั่วหลังข้าวโพดงอก 2 สัปดาห์ ทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วสูงสุด คือ 533 กก./ไร่ และจากสถานที่เดียวกัน เอกพล (2551) ศึกษาอิทธิพลวันปลูกถั่วแลบแลบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานในระบบการปลูกพืชแซม พบว่า การปลูกถั่วแลบแลบ หลังจากข้าวโพดงอก 2 สัปดาห์ ทำให้ถั่วที่ปลูกมีผลผลิตน้ำหนักแห้งจากการตัด 3 ครั้งสูงสุดไม่แตกต่างทางสถิติกับการปลูกพร้อมกับข้าวโพด คือ 1,772 และ 1,504 กก./ไร่ ตามลำดับ

4. อายุของธัญพืช จากการศึกษาพบว่า การปลูกถั่วสะไตโลในข้าวไร่พันธุ์ซึ่งออกดอกเร็ว (early flowering) ทำให้ผลผลิตของถั่วสูงกว่าปลูกในพันธุ์ข้าว ที่ออกดอกช้า ทั้งนี้เนื่องจากข้าวไร่ออกดอกช้าย่อมหมายถึงจะมีการแข่งขันมากกว่านั่นเอง เพราะฉะนั้นควรเลือกธัญพืชที่ออกดอกและให้ผลผลิตเร็วกว่า

5. ระยะระหว่างแถวและทิศทางของแถวปลูก การแก่งแย่งแสงเป็นปัจจัยที่ทำให้ ผลผลิตวัตถุแห้งของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกลดต่ำลง ซึ่งจะมีมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยของระยะระหว่างแถว และทิศทางของแถวปลูก การขยายระยะระหว่างแถวปลูกให้มากขึ้นจะช่วยเพิ่มให้

แสงแดดส่องลงมายังพืชอาหารสัตว์ให้มากยิ่งขึ้น ทำให้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์สูงขึ้น แต่อาจจะทำให้พืชหลักหรือธัญพืชที่ปลูกผลผลิตลดลงได้ นิภา (2540ก) รายงานว่า การวางแถวพืชตามแนวเหนือ-ใต้ ทำให้ข้าวโพดบังร่มถั่วลิสงมากกว่าการวางแถวพืชตามแนวตะวันออก-ตะวันตก โดยการปลูกถั่วแลปแลปแซมข้าวโพดในปีที่หนึ่ง ทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลงโดยการเลื้อยพันขึ้นไปบังแสง และลดปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อข้าวโพด ในขณะที่การปลูกถั่วมะแฮะแซมทำให้ผลผลิตข้าว โพดลดลงโดยการบังแสงข้าวโพดเท่านั้น

6. การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 12 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตวัตถุแห้งของถั่วสะไตโลลดลงจาก 541 กก./ไร่ เป็น 198 กก./ไร่ ในขณะเดียวกันแสงแดดที่ส่องผ่านจะลดลงตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ (Shelton and Humphreys, 1972) เพราะฉะนั้นเห็นว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยในเรื่องของความสมดุลของการแข่งขันระหว่างพืชทั้งสองชนิดอันเกิดจากการเพิ่มผลผลิตวัตถุแห้งและอิทธิพลของร่มเงาที่มีต่อพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นการปลูกพืชอาหารสัตว์โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วร่วมกับธัญพืชย่อมช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารแก่สัตว์ให้สูงขึ้น ในขณะที่ผลผลิตของพืชหลักไม่มีผลกระทบมากนัก (สายัณห์, 2540)

6. ลักษณะ ความสำคัญของถั่วอาหารสัตว์ และพืชหลักที่ศึกษา

6.1 ถั่วคาวาลเคด (Cavalcade) (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ถั่วคาวาลเคด หรือ ถั่วเซนจูเรียน (Centurion) (วีระศักดิ์ และ จรูญโรจน์, 2542) เป็นถั่วลูกผสมโดยมีสายพันธุ์พ่อแม่มาจากประเทศบราซิล ซึ่ง ดร. Bob Clements จาก CSIRO เป็นผู้ผสมพันธุ์ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และหมู่เกาะคาริบเบียน นำเข้าประเทศไทยครั้งแรกโดยกรมปศุสัตว์ ในปี พ.ศ. 2523 แต่ปลูกไม่แพร่หลาย หลังจากนั้นกรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้นำเข้าอีกครั้งจากประเทศออสเตรเลีย เมื่อปี พ.ศ. 2540 ซึ่งปัจจุบันนี้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายและเป็นที่นิยมในกลุ่มเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ และโคนม โดยใช้เลี้ยงสัตว์ในรูปของถั่วสด และแห้ง (กองอาหารสัตว์, 2542)

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วคาวาลเคด เป็นพืชฤดูเดียว มีการเจริญเติบโตแบบเถาเลื้อย เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่เถายาวประมาณ 2 ม. ใบมี 3 ใบย่อย ลักษณะเป็นรูปหอกเรียวยาว ขนาดใบกว้าง 0.5-1.0 ซม. ยาว 5-10 ซม. มีใบดก สัดส่วนใบมากกว่าลำต้น เมื่อแห้งใบไม่ร่วงจึงเหมาะสำหรับทำเป็นถั่วแห้งอัดฟ่อน เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดอนดินมีความอุดมสมบูรณ์ และน้ำไม่ท่วมขัง (กรมปศุสัตว์, 2545) ถั่วสกุลนี้มีอีกสายพันธุ์หนึ่งที่มีลักษณะคล้ายกัน ได้แก่ ถั่วบันดี (*C. pascuorum* cv. Bundy) ซึ่งทั้งสองสายพันธุ์สามารถแยกความแตกต่างได้โดยถั่วคาวาลเคดบริเวณลำต้นไม่มีขนขึ้นปกคลุม ต่างจากพันธุ์บันดีที่มีขนขึ้นปกคลุมลำต้น ดอกมีสีม่วง และสีขาว ออกดอกและผลิตเมล็ดเมื่อช่วงแสงในเวลากลางวันเริ่มสั้น (ธวัช และคณะ, 2542)

3) การใช้ประโยชน์

ถั่วคาวาลเคดสามารถใช้ประโยชน์ได้ในปีเดียวหากดูแลรักษาแปลงอย่างดีสามารถตัดได้ 3 ครั้ง โดยการตัดครั้งแรกควรตัดเมื่อถั่วมีอายุ 60 ถึง 90 วัน ตัดครั้งต่อไปทุก ๆ 45 ถึง 60 วัน ตัดสูงจากพื้น 10-20 ซม. โดยใช้เคียวเกี่ยว ใช้มีดหวด ใช้เครื่องตัดหญ้าสะพายไหล่ หรือเครื่องตัดหญ้าติดท้ายรถแทรกเตอร์ ถั่วคาวาลเคดเหมาะสำหรับใช้เลี้ยงโค กระบือ ในรูปถั่วสด หรือถั่วแห้ง (กรมปศุสัตว์, 2547) การทดลองใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารสำเร็จ โดยใช้ถั่วในระดับ 40 50 60 และ 70 % ในสูตรอาหารโคให้นมลูกผสมโฮสไตร์ฟรีเซียน พบว่า การเพิ่มระดับถั่วคาวาลเคดแห้งในสูตรอาหารทำให้ปริมาณอาหารที่โคกินได้ในรูปของวัตถุแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุภาพ, 2549) เกษตรกรนิยมปลูกถั่วคาวาลเคดมากกว่าถั่วบันดี เนื่องจากสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ดีกว่า เมื่อต้นถั่วเติบโตตัดโดยใช้เครื่องตัดแบบโรตารี่แล้วตากให้แห้งในแปลงจนความชื้นเหลือไม่เกินร้อยละ 10 จึงใช้เครื่องม้วนเป็นก้อนกลม ในพื้นที่ 1 ไร่ ได้ถั่วแห้ง 1,120 กก. การอัดแท่งถั่วคาวาลเคดต้องพ่นน้ำให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 12 หั่นให้มีขนาดเล็กลงและผสมสารเบนโทไนท์เพื่อลดการเกิดแก๊สในกระเพาะสัตว์ แล้วอัดด้วยเครื่องอัดแท่ง เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีโปรตีนสูงกว่าหญ้าแห้ง เมื่อใช้เลี้ยงสัตว์ระหว่างรอการขนส่งจะทำให้สัตว์น้ำหนักไม่ลด หรืออาจมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นได้ ผลพลอยได้จากการผลิตถั่วคาวาลเคดอัดแห้ง คือ การผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วคาวาลเคด หลังจากการตัดต้นถั่วแห้งแล้ว เมล็ดถั่วที่ร่วงลงในแปลงสามารถเก็บรวบรวมโดยใช้เครื่องดูด ในพื้นที่ 1 ไร่ สามารถเก็บเมล็ดถั่วได้ 56 กก. ซึ่งสามารถนำไปจำหน่ายได้ (Skerman *et al*., 1997)

นอกจากนี้การปลูกถั่วคาวาลเคดสามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินที่เพาะปลูกให้ดีขึ้นได้ (Tarawali and Pamo, 1992) โดยการปลูกถั่วคาวาลเคดสามารถตรึงไนโตรเจนในระบบได้ถึง 12.8-16.0 กก. N/ไร่ (Thiagalingam *et al.* , 1997)

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ถั่วคาวาลเคดโดยทั่วไปให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1,000-1,300 กก./ไร่ น้ำหนักสด 4,000-5,200 กก./ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการ โดยการตัดครั้งที่ 1 และ 2 ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งครั้งละประมาณ 400-500 กก./ไร่ และการตัดครั้งที่ 3 ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 200-300 กก./ไร่ (กรมปศุสัตว์, 2545) การปลูกในสภาพพื้นที่ดินลูกรังชุดดินโพนพิสัยภายใต้การใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15อัตรา 50 กก./ไร่ จากการเก็บเกี่ยว 4 ครั้ง สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 1,490 กก./ไร่ และถ้าใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนขาว และปุ๋ยคอกอัตรา 50 500 และ 1,000 กก./ไร่ ตามลำดับ ร่วมกับการคลุมฟาง อัตรา 480 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงถึง 1,697 กก./ไร่ และมีปริมาณโปรตีนเฉลี่ย 12.7 และ 13.2 % ตามลำดับ (เฉลิมชัย,2546 ก) และจากการประเมินถั่วอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งลักษณะดินร่วนปนทราย ระหว่างปี 1997-2000 พบว่า ฤดูฝนปีแรกการทดสอบในพื้นที่ของที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี และที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยียโสธร จังหวัดยโสธร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 736 และ 640 กก./ไร่ ตามลำดับ (Hare *et al.* , 2003)

การศึกษาผลระยะเวลาในการพักแปลงเพื่อปล่อยให้เมล็ดร่วงต่อผลผลิตและคุณภาพถั่วในปีที่ 2 พบว่า การพักแปลงในเดือนตุลาคม และพฤศจิกายน เพื่อปล่อยให้เมล็ดร่วงและงอกใหม่ในฤดูถัดมาให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 822 และ 799 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่แปลงปลูกใหม่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 905 กก./ไร่ โดยถั่วคาวาลเคดมีปริมาณโปรตีนระหว่าง 16.0-16.6 % ปริมาณ DM ADF และ NDF เฉลี่ย 25.11 38.62 และ 56.36 % ตามลำดับ (เพ็ญศรี และเกียรติศักดิ์, 2551)

ข้อดีของถั่วคาวาลเคดคือสามารถนำมาทำถั่วแห้งได้ดี เนื่องจากมีลำต้นเลื้อยพัน ใบดก และใบไม่ร่วงง่ายเหมือนถั่วฮามาต้า (กองอาหารสัตว์, 2542) เมื่อนำมาตากแห้งถั่วคาวาลเคดแห้งอัดฟ่อนจึงมีคุณภาพดี มีสีเหลืองปนเขียว กลิ่นหอม มีใบมาก และมีคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง โดยมีส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้ ที่อายุการตัด 45 วัน มีปริมาณ CP=17.2 CF=28.2 ไขมัน (EE) =1.8

NDF=47.4 และ ADF=31.5 % ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ และที่อายุการตัด 60 วัน มีปริมาณ CP=15.9 CF=31.4 ไขมัน (EE) =1.8 NDF=49.2 และ ADF=33.4 % ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ (กองอาหารสัตว์, 2547) และจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดแห้งที่ผลิตโดยเกษตรกรในจังหวัดขอนแก่น ที่มีอายุการตัด 90 วัน โดยทำการศึกษากับโคบราห์มันที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ขอนแก่น พบว่า ถั่วคาวาลเคดแห้งมี CP= 14.5 % มีปริมาณยอดโภชนะที่ย่อยได้ หรือ TDN = 56.0 % และปริมาณพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ หรือ ME = 9.2 เมกะจูน/กก. สำหรับโคที่มีน้ำหนักประมาณ 450-500 กก. ถ้าให้กินถั่วคาวาลเคดแห้งเพียงอย่างเดียวสามารถกินได้วันละ 8-10 กก./ตัว หรือประมาณ 1.8% ของน้ำหนักตัว เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีโปรตีนที่ค่อนข้างสูง และมีโปรตีนหยาบย่อยได้ดีถึง 71% จึงจัดเป็นอาหารหยาบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี อย่างไรก็ตามถ้าให้โคกินเฉพาะถั่วคาวาลเคดเพียงอย่างเดียวการใช้ประโยชน์จากโปรตีนอาจไม่เต็มที่ เนื่องจากถั่วคาวาลเคดมีปริมาณพลังงานค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการใช้ถั่วคาวาลเคดเพื่อเลี้ยงสัตว์ จึงควรมีการเสริมด้วยอาหารพลังงาน เช่น มันสำปะหลังเพื่อช่วยปรับสมดุลของโปรตีน และพลังงาน ซึ่งอาจทำให้การใช้ประโยชน์จากโปรตีนในถั่วคาวาลเคดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดแห้ง และหมัก โดย วันวิสา (2552) พบว่า ถั่วคาวาลเคดแห้งมี DM = 95.2 CP=11.5 ไขมัน (EE) =2.4 NDF =54.7 และ ADF=33.0 % ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนถั่วคาวาลเคดหมักมีวัตถุแห้ง (DM)= 24.2 CP=16.3 ไขมัน (EE) =2.3 NDF=39.8 และ ADF=35.2.% ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

6.2 ถั่วเซอราโตร (Siratro) (*Macroptilium atropurpureum*s, *Phaseolus atropurpureus*)

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ถั่วเซอราโตรเป็นถั่วลูกผสมระหว่างพันธุ์ C.P.I. 16877 กับ C.P.I. 16879 จากเม็กซิโก โดยการผสมพันธุ์ของ ดร. E.M. Hutton แห่ง CSIRO ประเทศออสเตรเลีย และนำปลูกเพื่อเป็นการค้าตั้งแต่ ค.ศ. 1960 นำเข้าประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2505 โดยนำเมล็ดมาจากประเทศออสเตรเลีย (สายัณห์, 2547ก) ถั่วเซอราโตรเป็นพืชพื้นเมืองของอเมริกากลางและใต้ (เฉลิมพล, 2530ก)

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเซอราโตรเป็นถั่วประเภทเถาเลื้อยพัน ประเภทข้ามปี มีรากเจริญตามข้อ ใบสีเขียวเข้ม เป็นแบบใบประกอบ 3 ใบ ขอบใบย่อยด้านข้างสองใบมีลักษณะเป็นหยัก (lobe) (เฉลิมพล, 2530ก) ระบบรากลึกและมีรากงอกบริเวณข้อที่สัมผัสดิน ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด ดอกจัดอยู่ในแบบ raceme สีแดงเข้ม ก้านของช่อดอกยาว 10-30 ซม. ในหนึ่งช่อดอกมีดอกย่อย 6-12 ดอก ดอกย่อยแต่ละดอกจะติดที่ปลายก้านดอก ก้านดอกย่อยยาว 1 มม. ฐานดอกมีลักษณะคล้ายทรงกระบอก มีขนยาว 8-9 มม. กว้าง 3 มม. ดอกเปลี่ยนจากสีแดงเข้มเป็นสีม่วงเข้มถึงดำตามอายุของดอก ฝักเป็นรูปทรงกระบอกยาว 7.6 ซม. ภายในมีเมล็ด 12-13 เมล็ด/ฝัก ฝักเมื่อแก่จะแตกง่าย เมล็ดร่วงลงสู่ดิน เมล็ดมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงดำ ลักษณะค่อนข้างแบน ขนาด 4x2.5x5 มม. (สายัณห์, 2547ก) ใน 1 กก. มีจำนวน 75,000 เมล็ด (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข)

3) การใช้ประโยชน์

ถั่วเซอราโตรใช้ปลูกเพื่อเป็นพืชอาหารสัตว์ โดยปลูกร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ซึ่งนิยมกันมากในต่างประเทศ เช่น ออสเตรเลีย และประเทศในแถบทวีปแอฟริกา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ถั่วเซอราโตรปลูกในทุ่งหญ้าร่วมกับหญ้ากินนี และหญ้ารูซี่ได้ผลดีมาก ถั่วชนิดนี้เป็นพืชคลุมที่ทนทานต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีกว่าพืชคลุมตระกูลถั่วชนิดอื่นใช้ปลูกคลุมดินในสวนไม้ผล สวนไม้ยืนต้น สวนชา และกาแฟปลูกคลุมดินป้องกันการชะล้างพังทลายของดินตามไหล่ถนน และคลุมดินตามพื้นที่ว่างเปล่า แต่เนื่องจากมีลักษณะเป็นเถาเลื้อยจึงไม่นิยมปลูกเป็นพืชแซม (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข) มีการใช้ปลูกคลุมดิน และปลูกผสมร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าธรรมชาติที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่พืชไร่นาเก่า บริเวณที่สูงชัน และสวนไม้ผล เป็นต้น ในทุ่งหญ้านิยมปลูกร่วมกับหญ้ากินนี และหญ้ากรีนแพนนิคช่วยให้ทุ่งหญ้าคุณภาพดีขึ้น (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2532) รายงานจากฮาวาย พบว่า ระบบการปลูกถั่วเซอราโตรอย่างเดียว สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 42.2 กก. N /ไร่ ในขณะที่การปลูกร่วมถั่วผสมหญ้าตรึงได้ 19.4 กก. N/ ไร่ และเคลื่อนย้ายไปสู่หญ้าประมาณ 6-11% โดยการเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นหลังจาก 6 เดือน (FAO, 2014a)

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของถั่วชเซอราโตรอาจสูงถึง 1,000-1,500 กก./ไร่ โดยในการปลูกร่วมระหว่างหญ้าโร้ดกับถั่วเซอราโตร สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักกห้งถึง 1,400 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตและความคงทนของถั่วชนิดนี้จะลดน้อยลงในสภาพที่มีการปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มอย่างรุนแรง หรือจากตัดในระดับชิดผิวดินบ่อยครั้ง (สายัณห์, 2547ก) ถั่วเซอราโตรสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 1,752 กก./ไร่ และในประเทศอินเดีย รายงานว่าการวิเคราะห์ตัวอย่างถั่วเซอราโตรในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กัน มีปริมาณ CP เฉลี่ย 23 % ปริมาณ CF = 30.4 % และฟอสฟอรัส 0.21% (เฉลิมพล, 2523) สำหรับการย่อยได้เมื่อทดลองกับแกะ พบว่า มีการย่อยได้ของ CP = 82.9 % และ CF = 39.5% ของวัตถุแห้ง ส่วนถั่วที่เก็บเกี่ยวทุก ๆ 7-9 สัปดาห์ เพื่อใช้ทำถั่วแห้งมีปริมาณ CP ระหว่าง 13.8 -20.0 % และปริมาณ CF ระหว่าง 33.1-40.7 % (Lima *et al.*, 1972)

6.3 ถั่วเซนโตร หรือ ถั่วลาย (Centrosema) (*Centrosema pubescens* Benth)

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ถั่วเซนโตร หรือ เซนโตรซีมา หรือ ถั่วลาย มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้เขตร้อน อเมริกากลาง และหมู่เกาะคาริบเบียน แพร่กระจายไปในที่ต่าง ๆ ของเขตร้อนชื้นในโลกหลายแห่ง รวมทั้งในประเทศไทยยังไม่พบหลักฐานว่าใครนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย แต่มีผู้ปลูกเป็นพืชคลุมดินในสวนยางพาราของภาคใต้มาเป็นเวลานานแล้ว ถั่วชนิดนี้ปัจจุบันที่ปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ดั้งเดิม (Common centrosema) และพันธุ์เบลแลลโต (Belalto) (สายัณห์, 2547ก) ซึ่งพันธุ์เบลแลลโตได้จากการคัดเลือกโดยการรวบรวมพันธุ์จากประเทศคอสตาริกา ซึ่งทนทานต่อสภาพอากาศหนาวเย็น และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิม (เฉลิมพล, 2530ข อ้างถึง Grof and Harding, 1970) รายงานถิ่นกำเนิดของถั่วเซนโตร ซึ่งสอดคล้องกัน คือ มีแหล่งถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ พบขึ้นเองตามทุ่งหญ้าธรรมชาติตามริมฝั่งแม่น้ำ ตามริมถนนและที่อื่นๆ ถั่วชนิดนี้ถูกนำเข้าไปทางตอนใต้ของเอเชียเมื่อประมาณ 100 ปีที่ผ่านมา

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเซนโตรเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีอายุหลายปี ลักษณะเป็นเถาเลื้อย โดยเลื้อยไปตามดิน และเลื้อยพันต้นไม้อื่น บริเวณข้อของลำต้นที่สัมผัสดินสามารถงอกรากได้ ใบประกอบด้วย 3 ใบย่อย สีเขียวเข้มรูปไข่ปลายแหลม ด้านท้องใบมีขนเล็กน้อย ดอกมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ช่อดอกเป็นแบบ raceme เกิดอยู่ระหว่างมุมใบ โดยมีก้านช่อดอกชูขึ้นมา ดอกมีสีม่วงเข้มหรือชมพูขาวขึ้นอยู่กับพันธุ์ ในหนึ่งช่อดอกมีดอกย่อย 3-5 ดอก ฝักมีรูปร่างแบนและตรงคล้ายฝักดาบ ยาว 8-15 ซม. กว้าง 0.8-1.0 ซม. ฝักเมื่อสุกแก่เปลือกฝักจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ภายในฝักมีเมล็ด 15-20 เมล็ด สีน้ำตาลดำ และมีลายค่อนข้างชัดเจน เมล็ดกว้าง 6 มม. ยาว 6.5 มม. โดย 1 กก. มีจำนวนประมาณ 40,000 เมล็ด (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดิน และน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข)

3) การใช้ประโยชน์

เนื่องจากถั่วเซนโตรเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีลักษณะเถาเลื้อย ลำต้นแข็งแรงไม่ขาดง่าย จึงเหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ปลูกเป็นพืชคลุมดินในบริเวณไหล่ถนน พื้นที่ว่างเปล่า สวนไม้ยืนต้น และสวนไม้ผล มักปลูกร่วมกับถั่วคาโลโปโกเนียมได้ผลดี ในต่างประเทศนิยมปลูกร่วมกับหญ้ากินนี หญ้าบัฟเฟิล และหญ้ารูซี่ เป็นการช่วยเพิ่มโปรตีนให้กับสัตว์เลี้ยง ไม่นิยมปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด เพราะเถาของลำต้นมักพันผานไถ ไม่สะดวกในการไถกลบลงดินและไม่นิยมปลูกเป็นพืชแซมในพื้นที่พืชไร่ เพราะชอบเลื้อยพันพืชหลักทำให้พืชหลักไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรและได้ผลผลิตต่ำ แต่นิยมปลูกเป็นพืชคลุมดินในสวนยางพารา ซึ่งนอกจากจะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ควบคุมวัชพืช ลดการใช้สารเคมีในสวนยาง แล้วยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน และเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน โดยการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และการสลายตัวของเศษซากพืช ถั่วเซนโตรเป็นพืชที่เจริญเติบโตช้าแต่ทนความแห้งแล้ง อายุยืนยาวหลายปีและทนต่อสภาพร่มเงาจึงนิยมปลูกแซมระหว่างแถวยางพารา (สถาบันวิจัยยาง, 2556) ถั่วเซนโตรสามารถสร้างปมและตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ดี และให้ไนโตรเจนแก่ดินสูงโดยถั่วสามารถสร้างปมที่รากโดยเชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์ CB 1923 (วรรณกรณ์, 2529ก อ้างถึง Bowen, 1959a) ซึ่งการสร้างปมจะเกิดตลอดระยะการเจริญเติบโตของถั่ว (วรรณกรณ์, 2529ข อ้างถึง Bowen, 1959b) โดยถั่วเริ่มมีปมภายหลังการงอกแล้ว 2 สัปดาห์ และทำหน้าที่ได้ดีในระยะที่ถั่วกำลังเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้โดยเชื้อไรโซเบียมที่ปมรากถั่วอาจสูงถึง 43.0 กก. N/ไร่/ปี (วรรณกรณ์,

2529ค อ้างถึง Watson, 1957) ซึ่ง Moore (1962) รายงานว่า ถั่วเซนโตรสามารถ ตรึงไนโตรเจนได้ 37.6 กก. N/ไร่/ปี เมื่อถั่วอายุได้ 5 เดือนขึ้นไป นอกจานี้ Whitney *et al.* (1966) พบว่า ถั่วเซนโตรในระยะก่อนออกดอกตรึงไนโตรเจนได้ 32.6 กก. N/ไร่/ปี สำหรับในสภาพทุ่งหญ้าผสมถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนได้ 22-45 กก./ไร่/ปี (สายัณห์, 2547ก)

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ถั่วเซนโตรให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 1-1.2 ตัน/ไร่ สามารถทำถั่วแห้งได้โดยการตัดภายหลังจากออกดอกและก่อนติดเมล็ด แต่มีปัญหาในเรื่องใบร่วงในระหว่างการทำแห้ง สำหรับเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้งประมาณ 53.5% ถั่วเซนโตรมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดระหว่างสัปดาห์ที่ 6-8 มีอัตราการสะสมน้ำหนักแห้ง 32.8 กก./ไร่/วัน (สายัณห์, 2547ก) นอกจากนี้ เฉลิมพล (2530ก) รายงานว่า ผลผลิตวัตถุแห้งของถั่วเซนโตร ในสภาพปลูกเดี่ยว ๆ นั้นค่อนข้างผันแปรมากไปตามสถานที่ เช่น ประเทศบราซิลให้ผลผลิต 480-720 กก./ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียมที่ใส่ ในประเทศกานาให้ผลผลิต 1.2 ตัน/ไร่ และในออสเตรเลีย พันธุ์ Belto ให้ผลผลิตมากกว่า 1.9 ตัน/ไร่ สำหรับผลผลิตจากฟาร์มควรอยู่ระหว่าง 320-800 กก./ไร่ ถั่วเซนโตรให้คุณค่าทางอาหารสัตว์ค่อนข้างสูงโดยมีปริมาณ CP ระหว่าง 11-24 % ลำต้นมีขนาดเล็กจึงไม่ค่อยมีเยื่อใยมากถึงแม้ว่าพืชแก่

6.4 ถั่วฮามาต้า หรือเวอราโนสะไตโล (Verano, Hamata) (*Stylosanthes hamata* cv. Verano)

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ถั่วเวอราโนสะไตโล หรือถั่วคาริบเบียนสะไตโล (Caribbean stylo) ในประเทศไทยเรียกว่าถั่วฮามาต้า เป็นพืชพื้นเมืองของหมู่เกาะอินเดียตะวันตก อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ (บุญฤา, 2526) พบขึ้นตามธรรมชาติบริเวณชายฝั่งทะเลของอเมริกา เวเนซูเอลา โคลัมเบีย และฮอนดูราส ด้านชายฝั่งทะเลแคริบเบียน (Humphreys, 1974) นำเข้าประเทศไทยครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2514 โดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สายัณห์, 2547ก)

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วฮามาต้าเป็นถั่วอายุ 1-3 ปี (short lived perennial or annual perennial mixture) แต่ในสภาพที่มีการตัดหรือปล่อยสัตว์แทะเล็มอาจมีนิสัยเป็นพืชค้างปี ลักษณะการเจริญเติบโตเป็นพุ่มเตี้ยลำต้นกึ่งตั้งตรง (Hare and Waranyuwat, 1980) และเมื่ออายุมากขึ้นจะมีกิ่งก้านแผ่ออกทางด้านข้างประกอบด้วย กิ่งและใบที่มีขนาดเล็กจำนวนมาก (Burt *et al*., 1971) ใบเป็นใบรวมประกอบด้วยสามใบย่อยรูปร่างคล้ายหอก มีลักษณะค่อนข้างยาวแต่ปลายใบเรียวแหลมไม่มีขนปกคลุม (กองอาหารสัตว์, 2538) ลำต้นมีขนาดเล็กผิวเกลี้ยงอาจมีขนเล็กน้อย สูงถึง 100 ซม. แต่โดยทั่วไปสูงประมาณ 60 ซม. จำนวนกิ่งที่แตกจากแกนกลางและอยู่สูงจากพื้นดินไม่เกิน 5 ซม. อยู่ระหว่าง 5.8-6.2 กิ่ง การแตกกิ่งก้านเป็นแบบ Sympodial branching type คือการแตกกิ่งก้านใบมาจากตาที่อยู่ในซอกใบ (สายัณห์, 2547ก) ดอกมีสีเหลืองออกดอกตลอดปี ช่อดอกประกอบด้วยดอก 8-14 ดอก อยู่รวมที่ปลายกิ่ง ทยอยออกดอกไปเรื่อย ๆ แต่ช่วงที่ออกดอกมากที่สุดคือตั้งแต่เดือนตุลาคม เป็นต้นไป หลังออกดอกยังมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบต่อไปเรื่อย ๆ (กองอาหารสัตว์, 2537) ถั่วฮามาต้าสามารถปรับตัวได้ดีในดินที่เป็นกรด และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากถั่วสามารถสกัดแคลเซียมจากดินที่เป็นกรดได้ดี และยังทนต่อสภาพดินที่มีอลูมินัมสูงได้ดีอีกด้วย (Andrew and Noris, 1961)

3) การใช้ประโยชน์

การตัดถั่วฮามาต้ามาใช้เลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรกเมื่อถั่วมีอายุ 60-75 วัน หลังปลูกโดยตัดสูงจากพื้นดิน 10-15 ซม. หรือปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มครั้งแรกเมื่อถั่วอายุ 70-80 วัน หลังจากนั้นจึงตัดหรือปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มเป็นช่วง ๆ ทุก 30-45 วัน ถั่วชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงโคกระบือ ในรูปถั่วสดหรือแห้ง (กรมปศุสัตว์, 2547) การปลูกถั่วร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้า ไม่ว่าจะเป็นทุ่งหญ้าธรรมชาติหรือทุ่งหญ้าพัฒนาแล้ว ถั่วช่วยให้คุณภาพทุ่งหญ้ามีประสิทธิภาพสูงต่อการเลี้ยงสัตว์ ถั่วฮามาต้าสามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้เกือบทุกชนิด เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ แกะ และไก่ เป็นต้น ในโคพื้นเมืองที่กินฟางข้าวเสริมด้วยถั่วฮามาต้าแห้งในปริมาณเล็กน้อย (0.5-1.5 กก./ตัว/วัน) ทำให้โคกินอาหารเพิ่มขึ้นและสามารถรักษาน้ำหนักตัวไว้ได้ในช่วงแล้ง เมื่อเปรียบเทียบกับโคที่กินฟางข้าวอย่างเดียวที่น้ำหนักลดลง (จุติมา, 2548) และสามารถใช้เลี้ยงกระต่ายได้โดยให้ผลดีกว่าการเลี้ยงด้วยหญ้าขน หรือถั่วเซอราโตรสด (ฉายแสง และคณะ, 2527)

นอกจากการใช้ประโยชน์ในด้านเป็นพืชอาหารสัตว์แล้ว ถั่วฮามาต้ายังสามารถปรับปรุงดินในระยะยาวจากการร่วงหล่นของเศษพืชลงดิน ลดปัญหาการชะช้างพังทลายของดินในทุ่งหญ้าอีกด้วย และถั่วยังสามารถอยู่ร่วมกับเชื้อไรโซเบียมซึ่งเป็นจุลลินทรีย์ดินชนิดหนึ่งที่ก่อประโยชน์ให้กับพืชอาศัยได้ (Carvalho *et al.,* 1980) เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมจะแทรกเข้าไปในรากถั่ว และเจริญเติบโตเป็นเส้นสาย (mycelium) ช่วยรากพืชหาน้ำและธาตุอาหารต่างๆ ได้โดยการผลิตกรด เช่น กรดไนตริก กรดแลกติก ไปละลายธาตุอาหารในดิน และดูดไปสะสมไว้เพื่อส่งต่อพืชอาศัยต่อไป (ธงชัย, 2535) และถั่วฮามาต้ามีการสะสมปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเอาไว้ในต้นในปริมาณ 1.06 0.02 และ 1.88 % ตามลำดับ (ประเสริฐ, 2543) การปลูกถั่วฮามาต้าเพื่อเป็นพืชคลุมดินในระหว่างแถวพืชไร่ในลักษณะสิ่งคลุมดินชีวภาพ เช่น มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และ ฝ้าย จะมีประสิทธิภาพในการคลุมดินดีมากแต่จำเป็นต้องมีการจัดการที่ดี เนื่องจากการปกคลุมดินมีส่วนในการแข่งขันกับพืชหลักทำให้ผลผลิตพืชหลักไม่เพิ่มขึ้น จึงควรตัดต้นถั่วให้ชิดดิน โดยตัดเดือนละครั้ง การปลูกถั่วฮามาต้าโดยการปลูกในระหว่างแถวพืชหลักใช้หว่านเป็นแถบอัตรา 1-2 กก./ไร่ ปลูกก่อนข้าวโพด หรือข้าวฟ่าง 30-35 วัน และปลูกหลังมันสำปะหลัง 30 วัน ตัดแต่งต้นถั่วครั้งแรกเมื่ออายุ 45 วัน โดยใช้เครื่องตัดหญ้าขนาดเล็ก (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำและการจัดการดิน, 2540ข) ในระบบการปลูกพืชรายงานจากแอฟริกาตะวันตก และตอนเหนือออสเตรเลียภายใต้สภาพการทดลองการปลูกถั่วฮามาต้าในระบบการการปลูกพืชได้ประโยชน์จากไนโตรเจนถึง 14.4 กก./ไร่ (Skerman *et al.*, 1988) โดยถั่วฮามาต้าสามารถตรึงไนโตรเจนในรูปของไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ได้ 5.4-25.2 กก. N/ไร่/ปี

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ถั่วฮาม้าตาเจริญเติบโตได้ดีมากในช่วงฤดูฝน ผลผลิตของถั่วในแต่ละสภาพพื้นที่แตกต่างกันออกไป โดยทั่วไปผลผลิตในปีที่ 2 จะเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 1,300-1,600 กก./ไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน และวิธีการจัดการดินเป็นสำคัญ จากการปลูกในสภาพพื้นที่ดินลูกรังชุดดินโพนพิสัย เพื่อศึกษาผลของการจัดการดิน พบว่า การปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-5 อัตรา 50 กก./ไร่ สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 871 กก./ไร่ และถ้าใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปูนขาว และปุ๋ยคอกอัตรา 50 500 และ 1,000 กก./ไร่ ตามลำดับ จะให้ผลผลิตสูงถึง 1,078 ในขณะที่แปลงควบคุมให้ผลผลิตเพียง 660 กก./ไร่ โดยมีปริมาณ CP เฉลี่ย 13.8 และ 14.1 % ตามลำดับ (เฉลิมชัย, 2546ก)

การประเมินถั่วอาหารสัตว์บนพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ซึ่งมีสภาพดินร่วนปนทราย ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543 พบว่า ในฤดูฝนปีแรก การทดสอบในพื้นที่ของที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี และที่วิทยาลัยเกษตรกรรมและเทคโนโลยียโสธร จังหวัดยโสธร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 592 และ 624 กก./ไร่ ตามลำดับ และผลผลิตเพิ่มขึ้นในฤดูฝนปีที่สอง โดยสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 976 และ 832 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยผลผลิตสูงกว่าถั่วคาวาลเคดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Hare *et al.*, 2003) และจากการปลูกในระบบพืชหมุนเวียนกับมันสำปะหลังภายใต้สภาพการแทะเล็มกินของโค ที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พบว่า ในฤดูฝนปีที 1 และ 2 ภายใต้สภาพการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ถั่วฮามาต้าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 280 และ 350 กก./ไร่ ตามลำดับ (จุติมา, 2548)

ถั่วฮามาต้ามีคุณค่าทางอาหารสูง โดยมีปริมาณ CP ระหว่าง 12-20 % และสูงในส่วนของใบ การตัดถั่วที่อายุอ่อนจะมีสัดส่วนใบมากทำให้มีปริมาณโปรตีน และอัตราการย่อยได้สูง การตัดที่ 30 วัน ถึงแม้จะมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 20 % แต่เมื่อคำนึงถึงผลผลิตโปรตีนต่อไร่เห็นว่าการตัดที่ 45 วัน ให้ผลผลิตสูงกว่า ดังนั้นควรตัดถั่วฮามาต้าทุก 45 วัน โดยตัดสูงจากพื้นดิน 10 ซม. นอกจากใช้ในรูปสดแล้วถั่วที่ตัดทุก 45 วัน ยังสามารถนำไปทำถั่วแห้งคุณภาพดีได้ (จรูญ โรจน์ และคณะ, 2531) และการศึกษาในระบบผลิตแบบอินทรีย์ พบว่า ถั่วฮามาต้า อายุ 6 สัปดาห์ หลังตัดครั้งแรก ที่ปลูกร่วมกับหญ้าอาหารสัตว์มีปริมาณ CP=15.21 NDF=51.55 ADF=33.78 ADL= 6.29 และเถ้า 10.24% ตามลำดับ (สุรเดช และคณะ, 2557)

Wilaipon (1994) รายงานว่า ถั่วฮามาต้าที่ตัดในช่วงทุก ๆ 45 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 852 กก./ไร่ มีปริมาณ CF =31.3 % ADF= 41.5 % และ ADL = 6.9 % และเมื่อยืดอายุการตัดออกเป็น 75 วัน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1,260 กก./ไร่ และมี CF ADF และ ADL เพิ่มขึ้นเป็น 35.7 41.5 และ 8.1% ตามลำดับ ในขณะที่ NDF มีค่าใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 57.5-57.8% ระดับ CP ที่อายุการตัด 45 วัน มีค่าสูงกว่า 75 วัน คือ มีค่า 14.2 และ 12.4 % ตามลำดับ โดยในส่วนใบจะสูงกว่าในส่วนของช่อดอก

6.5 ถั่วท่าพระสไตโล (Tha Phra stylo) (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha Phra)

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ถั่วสไตโล มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้และอเมริกากลาง ถั่วสไตโลสายพันธุ์ CIAT 184 เป็นถั่วอาหารสัตว์ในสกุลเดียวกันกับถั่วเวอราโนสไตโล และแกรมสไตโล ที่ได้รับการพัฒนาพันธุ์โดยสถาบันการเกษตรเขตร้อนนานาชาติ (International Center Tropical Agriculture; CIAT) ประเทศโคลัมเบีย ปัจจุบันสายพันธุ์นี้ถูกนำไปปลูกเลี้ยงสัตว์ในประเทศแถบเขตร้อนหลาย ๆ ประเทศ (กอบแก้ว, 2544) นำเข้าประเทศไทยในปี พ.ศ. 2536 โดยกรมปศุสัตว์ และปลูกครั้งแรกที่ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ขอนแก่น (สายัณห์, 2547ก)

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วท่าพระสไตโลเป็นถั่วที่มีอายุ 2-3 ปี ขนาดต้นและทรงพุ่มใหญ่กว่าถั่วฮามาต้า (กรมปศุสัตว์, 2547) ลำต้นตั้งตรงหรือกึ่งตั้ง แตกกิ่งก้านได้ดี มีความสูงประมาณ 1 ม. มีระบบรากแก้วแข็งแรง การเรียงตัวของใบเป็นแบบใบรวมที่ประกอบด้วยสามใบย่อย (trifoliate leaf) ใบมีลักษณะยาวแต่แคบตอนปลายแหลม ช่อดอกรวมอยู่ที่ปลายกิ่ง ดอกมีขนาดเล็กสีเหลืองเข้ม ออกดอกประมาณปลายเดือนตุลาคม ถึงต้นพฤศจิกายน และติดเมล็ดดีมาก (จุรีรัตน์ และคณะ, 2538) การตัดส่วนยอดของถั่วในระยะเวลาที่เหมาะสมก่อนที่ถั่วออกดอก จะทำให้แตกกิ่งแขนงเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้จำนวนดอกเพิ่มขึ้นมีผลให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น (พิสุทธิ์ และคณะ, 2546)

3) การใช้ประโยชน์

การตัดถั่วท่าพระสไตโลไปใช้เลี้ยงสัตว์ ควรตัดครั้งแรกที่อายุ 70-90 วัน หลังปลูก และตัดครั้งต่อไปทุก ๆ 45-60 วัน โดยตัดสูงจากพื้นดิน 15-20 ซม. โดยทั่วไปให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งปีละ 1.5-2.5 ตัน/ไร่ โดยให้ผลผลิตทางคุณภาพสูงในช่วงฤดูฝน คือระหว่างเดือน มิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม หลังจากนั้นผลผลิตจะลดลงในช่วงฤดูแล้งแต่ถ้ามีการให้น้ำ หรือในพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของฝนดี เช่น ในภาคใต้จะให้ผลผลิตค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี ถั่วท่าพระสไตโลนำไปใช้ประโยชน์ได้ในรูปอาหารหยาบและใช้ผสมในสูตรอาหารข้น การใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบให้สัตว์กินได้ในหลายรูปแบบทั้งในสภาพถั่วสด โดยอาจตัดสดมาให้กินในคอกหรือปล่อย

เล็มกิน นอกจากนี้สามารถใช้ในรูปถั่วแห้ง หรือหมักก็ได้ โดยให้กินได้อย่างเต็มที่ควรมีการให้หญ้าแห้งและหญ้าสดร่วมด้วยอย่างน้อย 10 % ของวัตถุแห้งที่กิน เพื่อช่วยเพิ่มเยื่อใยให้พอกับความต้องการของสัตว์ ส่วนการใช้ถั่วท่าพระสไตโลผสมในสูตรอาหารข้นสามารถใช้ถั่วแห้งเป็นแหล่งโปรตีนจากพืชได้ประมาณ 2 % ในสูตรอาหารโค สำหรับเป็ดและไก่โดยทั่วไปสามารถใช้ถั่วท่าพระสไตโลเป็นส่วนประกอบสูตรอาหารได้ประมาณ 5 % (กรมปศุสัตว์, 2549) และจากการศึกษาการใช้ถั่วท่าพระสไตโลร่วมกับอาหารข้นในสัดส่วนต่างๆ ต่อสมรรถภาพการผลิตและต้นทุนค่าอาหารของแพะพื้นเมืองไทย พบว่า การเพิ่มระดับถั่วท่าพระสไตโลในอาหารข้น 20 40 60 และ 80 % ตามลำดับ ทำให้แพะมีอัตราการเจริญเติบโต 110.34 95.66 93.84 และ 60.84 ก./ตัว/วัน และมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1 กก. เท่ากับ 47.70 49.12 41.04 และ 45.38 บาท/กก. สำหรับระดับ 20 40 60 และ 80 % ตามลำดับ (เศกสรรค์, 2554) นอกจากการประโยชน์ในด้านการเป็นอาหารสัตว์แล้ว ถั่วท่าพระสไตโลเป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้เช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่น ๆ การศึกษาที่ประเทศยูกันดา พบว่าสภาพไม่ใส่ปุ๋ยเคมีระบบทุ่งหญ้าผสมถั่วสามารถให้ไนโตรเจน 26.4 กก. N/ไร่ (FAO, 2014 b)

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ถั่วท่าพระสไตโลสามารถจริญเติบโตได้ดี โดยให้ผลผลิตสูงกว่าถั่วเวอราโน (ฮามาต้า) และแกรมสไตโล จากการประเมินถั่วอาหารสัตว์บนพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2543 พบว่า ฤดูฝนปีแรกทดสอบในพื้นที่ของที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี และที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยียโสธร จังหวัดยโสธร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 544 และ 624 กก./ไร่ และในฤดูฝนปีที่สองให้ผลผลิต 1,136 และ 400 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยให้ผลผลิตสูงกว่าถั่วคาวาลเคด และถั่วคาโลโป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.05$) (Hare *et al*., 2003) และการศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อผลผลิตถั่วท่าพระสไตโล พบว่า ถั่วท่าพระสไตโลไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยการใส่อัตรา 0-30 กก. P_2O_5 /ไร่/ปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งระหว่าง 2,253.1-2,385.2 กก./ไร่/ปี ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม อัตรา 10 กก. K_2O/ไร่/ปี ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 2,442.4 กก./ไร่/ปี (ศุภชัย และคณะ, 2553)

จากการปลูกในระบบพืชหมุนเวียนกับมันสำปะหลังภายใต้สภาพการแทะเล็มกินของโค ที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีขอนแก่น อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ระหว่างเดือนเมษายน 2545-มีนาคม 2548 พบว่า ในฤดูฝนปีที 1 และ 2 ภายใต้สภาพการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

ถั่วท่าพระสไตโลที่ตัดสูงจากพื้น 0-15 ซม. ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 520 และ 540 กก./ไร่ ตามลำดับ (จุติมา, 2548)

กรมปศุสัตว์ (2547) รายงานว่าถั่วท่าพระสไตโล สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงถึง 1.5-2.5 ตัน/ไร่/ปี และมีปริมาณ CP ระหว่าง 14-18 % และการที่อายุการตัด 45 วัน มีปริมาณ CP= 17.57 % แคลเซียม 0.13 % และฟอสฟอรัส 0.27% ในขณะที่ เศกสรรค์ (2554) รายง่านว่า ถั่วท่าพระสไตโล มีคุณค่าโภชนะ ดังนี้ DM= 87.9 % CP=16.73 % CF=35.54 NDF และ ADF = 52.68 และ 42.81 % ตามลำดับ และการศึกษาคุณค่าทางโภชนะของใบถั่วท่าพระสไตโล โดย พิมพาพร และคณะ (2552) พบว่า ใบถั่วแห้งอายุ 60 วัน มีปริมาณ CP=20.4 NDF=43.7 ADF=31.1 ADL = 5.35 และเถ้า 9.4 % ตามลำดับ และมีการย่อยได้ของวัตถุแห้ง CP CF NDF และ ADF เท่ากับ 66.4 67.4 61.8 และ 51.4 % ตามลำดับ นอกจากนี้ยังโภชนะที่ย่อยได้ 59.9 % ใบถั่วท่าพระสไตโลจึงจัดเป็นอาหารหยาบที่เป็นแหล่งโปรตีนที่ดี เนื่องจากมีโปรตีนสูงและโปรตีนที่สามารถย่อยได้ดี

6.6 ถั่วแลบแลบ หรือ ถั่วแปบ (Dolichos, Lablab, Batao) (*Dolichos lablab, Phaseolus purpureus, Lablab purpureus*)

1) ประวิติและแหล่งที่มา

ถั่วแปบ หรือถั่วแลบแลบ แบ่งออกเป็น 2 จำพวก คือ ถั่วแปบสวน (garden type) และถั่วแปบไร่ (field type) (คณะกรรมการกำหนดมาตรการ และจัดทำเอกสารอนุรักษ์ ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข) มีแหล่งดั่งเดิมอยู่ในแอฟริกาตะวันออก ปัจจุบันแพร่กระจายไปในเขตร้อนและกึ่งร้อนของโลก (สายัณห์, 2547ก) นิยมปลูกในประเทศอินเดีย ต่อมามีการนำไปปลูกในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย และแพร่กระจายไปในประเทศอังกฤษ ซูดาน ฟิลิปปินส์ บราซิล โคลัมเบีย เวเนซูเอลา อาร์เจนตินา ฝรั่งเศส เม็กซิโก และเอลซาวาดอร์ (Skerman, 1977) สำหรับประเทศไทยมีรายงานว่า มีปลูกที่สถานีกสิกรรมแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ นานแล้ว โดยนำเข้าจากประเทศพม่า ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2509 และนำมาจากรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย เมื่อเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2510 ต่อมากองส่งเสริมการเลี้ยงสัตว์ได้สั่งถั่วแลบแลบจากประเทศออสเตรเลีย โดยนำเข้าเป็นจำนวนมากในเดือนกันยายน พ.ศ. 2510 (ชาญชัย, 2511)

2) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วแลบแลบเป็นพืชประเภทฤดูเดียว (annual) หรือข้ามปีอายุสั้น (biennial) เป็นพุ่มหรือเถาเลื้อยพันสูงประมาณ 0.9-1.8 ม. มีระบบรากแก้ว (tap root system) และมีรากแขนงมากมาย ลำต้นตั้งตรง อวบน้ำ ใบเป็นใบประกอบ 3 ใบ มีขนาดใหญ่ยาว 3-15 ซม. กว้าง 1.5-14 ซม. ดอกมีสีม่วงหรือขาว (เฉลิมพล, 2530ก) เกิดตามซอกใบที่อยู่ตอนบน ปลายยอด และกิ่งแขนงของลำต้น ช่อดอกเป็นแบบ raceme เป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสงสั้น ออกดอกประมาณปลายเดือนพฤศจิกายน ในฝักมีเมล็ด 2-4 เมล็ด มีขนาดใหญ่มีสีขาว แดงน้ำตาล หรือ ดำ กว้าง 6-8 มม. ยาว 10-12 มม. มีขั้วเมล็ด (hilum) ขนาดใหญ่เห็นชัดเจน ใน 1 กก. มีจำนวน 4,000-4,500 เมล็ด ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข)

3) การใช้ประโยชน์

ถั่วแลบแลบจัดว่าเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีประโยชน์หลายทาง (dual purpose legume) เช่นเดียวกับพืชตระกูลส่วนใหญ่ คือ ฝักและเมล็ดสามารถใช้เป็นอาหารมนุษย์ ทุกส่วนของพืชสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ และสามารถปลูกกับธัญพืชในระบบการเกษตรขนาดเล็ก นอกจากใช้เป็นอาหารคุณภาพดี แล้วสามารถใช้เป็นพืชปุ๋ยสดเพื่อความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ เนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ (Anonymus, 2006) เป็นพืชตระกูลถั่วที่ได้รับความนิยมสูงสุดพืชหนึ่ง และใช้แพร่หลายที่สุดในประเทศออสเตรเลีย (Loch and Ferguson, 1999) เป็นถั่วอาหารสัตว์ที่มีปริมาณโปรตีนสูง ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเทียบได้กับถั่วอัลฟัลฟ่า มีโภชนะสูงและใช้ทำหญ้าหมักได้ดี ปลูกร่วมกับหญ้าในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ช่วยปรับปรุงคุณภาพและโภชนะของทุ่งหญ้าได้ดีมาก โดยหว่านถั่วพร้อมเมล็ดหญ้าแล้วไถพรวนกลบ

Stemford *et al.* (1994) รายงานว่า การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมมีผลทำให้จำนวนปม น้ำหนักแห้ง และการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และนอกจากนี้การใช้ถั่วแลบแลบเป็นปุ๋ยพืชสดยังทำให้ NH_4^+ ในดินเพิ่มขึ้น ถ้าปลูกแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชบำรุงดินจะได้คุณภาพของปุ๋ยพืชสดที่ดีเยี่ยม ทั้งในด้านการปรับปรุงบำรุงดิน และการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541)

การไถกลบถั่วแลบแลบที่อายุไถกลบให้ผลผลิตน้ำหนักสดประมาณ 2,000-5,000 กก. (ประชา, 2535) และให้ปริมาณไนโตรเจนรวมประมาณ 9-10 กก./ไร่ (ชุมพล และ ประพัฒน์, 2537) ศุภาวรรณ (2548 ข) อ้างถึง NAS. (1979) รายงานว่า ในประเทศโคลัมเบีย หลังจากถั่วอายุ 4-6 เดือน สามารถให้ปุ๋ยพืชสด 4 ตัน/ไร่ ส่วนในประเทศบราซิลได้ผลผลิต 6.4 ตัน/ไร่ และ 5.6 ตัน/ไร่ และมีรายงานว่าถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ 29-38 กก. N/ไร่ (Summerfield, 1980) โดยที่ระยะเวลา 6 8 และ 12 สัปดาห์ สามารถตรึงไนโตรเจนได้ 7 14.6 และ 38.4 กก./ไร่ ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่จะถูกเคลื่อนย้ายไปยังใบ (Musa, 1980) และการปลูกร่วมกับข้าวโพด Sukthumrong *et al.* (1987) รายงานว่า ข้าวโพดที่ปลูกในบริเวณที่เคยปลูกถั่วแลบแลบมาก่อนจะให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ปลูกถั่วลิสง ไมยราบไร้หนาม และแปลงที่ไม่เคยปลูกพืชตระกูลถั่วมาก่อน

การใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารหยาบสำหรับสัตว์ นั้น สามารถปล่อยให้สัตว์แทะเล็มได้ ซึ่งทนต่อการแทะเล็มได้มากกว่าถั่วพุ่ม โดยการใช้ประโยชน์ต้องอยู่ในระยะก่อนออกดอก (Anonymous, 2006) รายงานว่า เมื่อปลูกถั่วแลบแลบเป็นเวลา 10 สัปดาห์ สามารถให้สัตว์เข้าแทะเล็มได้ หลังจากนั้นใบถั่วสามารถเจริญเติบโตใหม่ได้ โดยการนำไปให้สัตว์กินนั้นไม่ควรให้สัตว์กินถั่วขณะหิวเพราะท้องจะอืด โดยเฉพาะเมื่อถั่วกำลังเจริญเติบโตแตกใบใหม่ (regrowth) ควรผสมถั่วกับหญ้าให้เป็นอาหารแก่สัตว์ หรืออาจพ่นสารที่ต้านทานต่อการเกิดโรคท้องอืดก่อน ฝักถั่วที่กำลังสุกแก่เหมาะสำหรับให้วัวแทะเล็มเพราะเมล็ดมีคุณค่าโภชนาการสูง การศึกษาในเขตกึ่งร้อนของรัฐควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ระหว่างปี 1998-2002 พบว่า โคขุนที่แทะเล็มแปลงถั่วแลบแลบอย่างเดียว จากช่วงเวลา 70-200 วัน มีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นจาก 0.35 เป็น 0.86 กก./ตัว/วัน (Whitbread and Clem, n.d.) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในรูปหมัก (silage) และแห้ง (hay) เลี้ยงสัตว์ได้ เพราะเป็นถั่วที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าถั่วอื่น ๆ โดยสามารถนำมาใช้เป็นอาหารหมักได้ (สุขุม, 2533) ถั่วชนิดนี้มีลำต้นที่เจริญเติบโตเร็วให้ทรงพุ่มใหญ่สามารถนำมาทำเป็นถั่วแห้งเพื่อเก็บรักษาใบและลำต้นไว้เป็นอาหารเมื่อยามขาดแคลนได้ดี (Andrea and Pablo, 1999) โดยฟาร์มโคนมขนาดเล็กในประเทศยูกันดามีการปรับปรุงผลผลิตนมโดยใช้ถั่วแลบแลบแห้งเลี้ยงในช่วงฤดูแล้ง (NARO, 1997) นอกจากนี้ Eduvie *et al.* (2002) รายงานว่า การเสริมถั่วแลบแลบแห้งซึ่งมี DM CP NDF และ ADF เท่ากับ 93.0 13.5 57.0 และ 38.7% ตามลำดับ เพื่อเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม ทำให้น้ำหนักตัวโคเพิ่มขึ้น 411±1.4 ก./วัน ในขณะกลุ่มที่ไม่เสริมน้ำหนักตัวเพิ่มเพียง 127±1.8 กรัม/วัน และการศึกษาการใช้ถั่วแลบแลบแห้งร่วมกับหญ้าแพงโกล่าแห้งสัดส่วน 50:50 เป็นแหล่งอาหารหยาบสำหรับเลี้ยงแกะทำให้การกินได้ของโปรตีน (CPI) และการย่อยของโภชนะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ชื่นจิต และคณะ, 2556)

นอกจากที่กล่าวมาแล้วยังมีการใช้ประโยชน์สำหรับมนุษย์นอกจากจะรับประทานฝักสด แล้วยังนำเมล็ดแช่น้ำประมาณ 6 ชั่วโมง ผึ่งลมให้แห้ง ทอด คั่วในน้ำมันหรือในกระทะทรายร้อน เมื่อสุกดีแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น รับประทานได้โดยตรงรสชาติมันกรอบและหอม บางแห่งใส่ถุงพลาสติกวางขายในท้องตลาดนิยมรับประทานในหมู่นักท่องเที่ยว (คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน, 2540ข) โดยในเมล็ดมีโปรตีนประมาณ 20-28 % และมีวิตามิน เอ บี และซี สูง (Anonymous, 2006)

4) ผลผลิตและคุณภาพ

ถั่วแลบแลบเจริญเติบโตเร็วสามารถตัด หรือปล่อยสัตว์ลงแทะเล็มได้ภายใน 7-10 สัปดาห์ หลังปลูก มีความทนทานต่อการแทะเล็มของสัตว์ Murtagh and Dougherty (1968) รายงานว่า เขตกึ่งร้อนในสภาพแห้งแล้งถั่วชนิดนี้ให้ผลผลิตของใบแห้ง 64-354 กก./ไร่ แต่ผลผลิตรวมทั้งต้นและใบอยู่ระหว่าง 102-739 ก.ก./ไร่ และภายใต้สภาพการให้น้ำผลผลิตน้ำหนักสดควรอยู่ระหว่าง 2.4-3.2 ตัน/ไร่ หรือสูงถึง 6.4 ตัน (Toutain, 1973) เนื่องจากลำต้นและใบถั่วมีเยื่อใยสูงสามารถใช้ทำเป็นอาหารหมัก (silage)ได้ Ryley (1966) รายงานว่า ที่รัฐควีนส์แลนด์สามารถใช้ถั่วแลบแลบอย่างเดียวเป็นอาหารหมักให้แก่สัตว์ โดยที่ใช้ข้าวฟ่างเพียงอย่างเดียวให้ CP ระหว่าง 4-5 % แต่ถ้าใช้ถั่วต่อข้าวฟ่างอัตราส่วน 1: 2 ให้ CP= 8.1 % และสามารถให้ CP= 11% เมื่อใช้สัดส่วนของถั่วต่อข้าวฟ่าง อัตราส่วน 2 :1 ซึ่งเกษตรกรในประเทศออสเตรเลียผลิตถั่วแลบแลบแห้งโดยการตัดหั่นละเอียด และทำให้แห้งเพื่อเก็บไว้เลี้ยงสัตว์ ซึ่งในต้นถั่วแห้งมีไนโตรเจน 1.17% และในใบมีไนโตรเจน 4.52 % (ปริมาณ CP = 7.31% และ 28.25 %)

สุขุม (2533) พบว่า ถั่วแลบแลบ และไมยราบ มีปริมาไนโตรเจนสูงกว่าถั่วอื่น ๆ โดยสามารถนำมาเป็นอาหารหมักได้ และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วแลบแลบพันธุ์ Rongai ที่ตัดทุก ๆ 40 วัน พบว่า มีปริมาณ CP ADF และ NDF = 17.37 39.94 และ 52.68 % ตามลำดับ (ศุภาวรรณ, 2548ก) ในขณะที่ถั่วแลบแลบที่อายุ 75 วันหลังปลูก มีปริมาณวัตถุแห้ง CP CF เยื่อใย NDF และ ADF = 89.63 15.0 23.85 46.61 และ 37.84 % ตามลำดับ (ชื่นจิต และคณะ 2556) และจากรายงานของ Stuart (2002) พบว่า ถั่วแลบแลบตัดครั้งแรกอายุ 61 วัน ตัดครั้งที่สองอายุ 49 วัน (หลังตัดครั้งแรก) และตัดครั้งที่สามที่อายุ 98 วัน (หลังตัดครั้งแรก) มีปริมาณ CP= 21.9 16.5 และ 12.5% ตามลำดับ นอกจากนี้ Andrea and Pablo (1999) รายงานว่า การปลูกถั่วแลบแลบ

ร่วมกับข้าวโพดแล้วตัดทำถั่วแห้ง พบว่าทำให้ผลผลิตนมของโคเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งโดยทั่วไปในใบถั่วแลบแลบมีปริมาณ CP ระหว่าง 21-28 (เฉลี่ย 26%) (Anonymous, 2006)

จากการศึกษาการหมักถั่วแลบแลบร่วมกับข้าวโพดทำให้อาหารหยาบหมักมี CP เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 12.6 % โดยสูงกว่าการหมักข้าวโพดอย่างเดียว (Contreras *et al.*, 2009a) และจากการศึกษาระบบการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วแลบแลบพันธุ์ Rongai ด้วยความหนาแน่นที่แตกต่างกันแล้วนำพืชที่ได้จากระบบการปลูกดังกล่าวมาทำเป็นพืชหมักและทดสอบประสิทธิภาพ พบว่าปริมาณโปรตีนของพืชหมักเพิ่มขึ้นตามปริมาณถั่วแลบแลบที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณการย่อยได้ของวัตถุแห้งในพืชหมักผสมข้าวโพดร่วมกับถั่วแลบแลบจะน้อยกว่าข้าวโพดหมักอย่างเดียว คือ 796 และ 834 ก./กก. น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ แต่ปริมาณ NDF ของพืชหมักผสมไม่พบความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดหมักอย่างเดียว (Contreras *et al*, 2009b) และการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพอาหารหยาบโดยการหมักถั่วแลบแลบร่วมกับอ้อยอาหารสัตว์ในสัดส่วนต่างๆ พบว่า ปริมาณโปรตีนของพืชหมักเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของถั่วที่เพิ่มขึ้น โดยอ้อยอาหารสัตว์ อายุ 90 วัน หลังปลูก ที่หมักร่วมกับถั่วแลบแลบในสัดส่วน 75:25 50:50 และ 25:75 โดยน้ำหนัก มีปริมาณ CP= 9.06 10.25 และ 12.67% ตามลำดับ และจากการประเมินคุณภาพทางด้านกายภาพของพืชหมักตามเกณฑ์มาตรฐานของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ พบว่าพืชอาหารสัตว์หมักทุกสูตรอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (ชื่นจิต และคณะ, 2554)

6.7 ข้าวโพดสุวรรณ 5

1) ประวัติและแหล่งที่มา

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 เป็นข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดที่ได้รับการสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2527-2528 โดยการนำพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและต้านทานโรคราน้ำค้างได้ดี จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 4 พันธุ์ กับพันธุ์จากศูนย์ปรับปรุงข้าวโพดและข้าวสาลีนานาชาติ (CIMMYT) 1 พันธุ์ โดยใช้ลูก full-sib ที่ดีจำนวน 60 และ 10 คู่ ตามลำดับมาผสมรวมกัน จากนั้นดำเนินการปรับปรุงพันธุ์แบบ S_1 family selection จำนวน 3 รอบ และในช่วงปี พ.ศ. 2528-2535 ได้ทดสอบผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์ส่งเสริมทั้งในสถานีทดลอง และไร่เกษตรกรต่าง ๆ พบว่า พันธุ์สุวรรณ 5 สามารถให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่า พันธุ์สุวรรณ 1 (7 %) พันธุ์สุวรรณ 3 (4 %) และพันธุ์นครสวรรค์ 1 (16 %) จากจำนวน 141 (8 ปี) 125 (6 ปี) และ 60 (3 ปี) การทดลอง ตามลำดับ พันธุ์สุวรรณ 5 เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเมล็ด (grain yield) สูงพันธุ์หนึ่ง มีลำต้นสูงใหญ่ใบกว้างและยาว เหมาะในการทำพืชอาหารสัตว์ โดยนำต้นทั้งต้นมาหมัก (corn silage) และใช้เลี้ยงโค โดยให้ผลผลิตของน้ำหนักแห้ง และปริมาณอาหารที่ย่อยได้ต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ได้รับการรับรองพันธุ์จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และกรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2536 และ 2537 ตามลำดับ และส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในปี พ.ศ. 2536 ภาครัฐและเอกชนอื่น ๆ ได้นำพันธุ์นี้ไปผลิตเมล็ดพันธุ์และจำหน่ายแก่เกษตรจนถึงปัจจุบันนี้ (โชคชัย, ม.ป.ป.)

2) ลักษณะประจำพันธุ์

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 มีความต้านทานโรคราน้ำค้างและโรคราสนิมได้ดี อายุเก็บเกี่ยว 110-120 วัน มีลำต้นสูงใหญ่ สูงประมาณ 2.10-2.40 ม. ความสูงฝัก 110 ซม. อายุถึงวันออกไหม 54 วัน มีระบบรากและลำต้นแข็งแรง ใบยังคงมีสีเขียวเข้มขณะที่เปลือกหุ้มฝักแห้ง มีฝักใหญ่ และยาวสม่ำเสมอ เมล็ดมีสีส้มเหลืองชนิดหัวแข็งถึงกึ่งหัวแข็ง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 839-1,168 กก./ไร่ มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด 78% (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

3) การปลูก และการจัดการ

กรมวิชาการเกษตร (2547) รายงานถึงการปลูก การจัดการ การดูแลรักษา ตลอดจนการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พันธุ์สุวรรณ 5 ดังนี้

1) การปลูก และการจัดการดูแลรักษา สามารถปฏิบัติเช่นเดียวกับข้าวโพดไร่พันธุ์อื่น ๆ กล่าวคือ การเตรียมดิน ควรไถและพรวนดินเพื่อปรับระดับดินให้สม่ำเสมอ และคราดเก็บเศษซากพืช ก่อนปลูก ถ้าดินมีความเป็นกรดด่างต่ำกว่า 5.5 ควรหว่านปูนขาวในอัตรา 100 กก./ไร่ สำหรับดินร่วนทราย และอัตรา 200-400 กก./ไร่ สำหรับดินร่วน หรือดินเหนียว แล้วไถกลบ การปลูกสามารถปลูกด้วยแรงงานคน ระยะระปลูก 75x25 ซม. อัตราปลูก 8,500 ต้น/ไร่ ใช้เมล็ดพันธุ์ 3-4 กก./ไร่ หยอดเมล็ด 1-2 เมล็ด แล้วกลบดินให้แน่น เมื่อเมล็ดงอกประมาณ 14 วันหลังปลูก ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น ส่วนวิธีการปลูกโดยใช้รถแทรกเตอร์ลากจูงเครื่องปลูกพร้อมใส่ปุ๋ยติดท้าย ปรับให้มีระยะปลูก 75x25 ซม. จำนวน 1 ต้น/หลุม หรืออัตราปลูกประมาณ 10,600 ต้น/ไร่ ใช้เมล็ด 2-3 กก. โดยไม่ถอนแยก

2) การดูแลรักษา กรณีดินร่วน หรือดินร่วนทราย ให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-18-8 หรือ 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ รองก้นหลุมพร้อมปลูก ถ้าเป็นดินเหนียวสีแดง หรือ ดินเหนียวสีน้ำตาล ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 หรือ 16-16-8 อัตรา 50 กก./ไร่ รองก้นหลุมพร้อมปลูก และให้ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ โดยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ ศัตรูพืชที่สำคัญของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 คือหนอนเจาะลำต้นข้าวโพด ลักษณะการทำลายตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนสีทองแดง วางไข่เป็นกลุ่มซ้อนกันคล้ายเกล็ดปลา หนอนเริ่มทำลายส่วนยอดช่อดอกตัวผู้และลำต้น ทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต หักล้มง่าย เมื่อมีการระบาดรุนแรงจะเข้าทำลายฝัก พบการทำลายในแหล่งปลูกทั่วไป มักจะระบาดรุนแรงในสภาพอากาศแห้งแล้ง หรือฝนทิ้งช่วงเป็นเวลานาน การป้องกันกำจัด ถ้าพบการทำลายในช่วงก่อนข้าวโพดออกดอกตัวผู้ หรืออายุ 50-60 วัน ควรพ่นสารไซเพอร์เมทริน (15 % อีซี) อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ล. หรือใช้สารไตรฟลูมูรอน (25 % อีซี) อัตรา 30 ก./น้ำ 20 ล. โดยฉีดพ่นเมื่อพบข้าวโพดถูกทำลาย 40-50 % ในระยะก่อนออกดอกตัวผู้ หรือพบรูเจาะ 3 รู/ต้น

3) การเก็บเกี่ยว ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม เมื่อข้าวโพดแก่จัด หรือแห้งทั้งแปลง 7 วัน เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ 23 % ถ้าต้องการใช้พื้นที่ปลูกพืชอื่นตามข้าวโพดควรเก็บเกี่ยวเมื่อใบข้าวโพดเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าวทั้งแปลง เมล็ดจะมีความชื้นต่ำกว่า 25% ไม่ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังฝนตกเพราะเมล็ดจะมีความชื้นสูงควรปล่อยให้ฝักและต้นแห้งก่อน

4) การใช้ประโยชน์ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 มีลักษณะเด่น คือ ให้ผลผลิตสูง สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมทั่วไป โดยให้ผลผลิตน้ำหนักต้นสด และน้ำหนักแห้งสูง ต้านทานโรคราน้ำค้าง และโรคทางใบอื่น ๆ มีระบบรากและลำต้นที่แข็งแรงไม่หักล้มง่าย และที่สำคัญคือสามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้นาน 1-3 ชั่ว มีความเหมาะสมในการใช้ผลิตเมล็ดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ นอกจากนี้ข้าวโพดยังมีลำต้นสูงใหญ่ ใบขนาดใหญ่ กว้างและยาว ให้ผลผลิตต้นสดสูงและคุณภาพดี เหมาะในการทำพืชอาหารสัตว์ โดยนำต้นมาหมักและใช้เลี้ยงโคสามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งและปริมาณการย่อยได้ต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ (กิ่งกานท์, 2552)

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช 2 ระบบ คือ ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

โดยมีรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลองดังนี้

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืช ปุ๋ยเคมี สารปรับปรุงดิน สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และเชื้อไรโซเบียม ประกอบด้วย

1.1 ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)

1.2 ถั่วเซอราโตร (*Macroptilium atropurpureum)*

1.3 ถั่วเซนโตร (*C. pubescens*)

1.4 ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano)

1.5 ถั่วท่าพระสไตโล (*S. guianensis* cv. Tha Phra)

1.6 ถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus*) พันธุ์ Highworth

1.7 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5

1.8 ปุ๋ยเคมีสูตรเสมอ (15-15-15)

1.9 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

1.10 ทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46 % P_2O_5)

1.11 โพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O)

1.12 แคลฟอสพลัส (CaO = 33, S = 14, P_2O_5 = 0.02% , Mg = 260 มก./กก.)

1.13 โดโลไมท์ ($Ca\,Mg\,(CO_3)_2$)

1.14 คาร์โบฟูราน 3% จี

1.15 เชื้อไรโซเบียมตามชนิดถั่ว ได้แก่ คาวาลเคด เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ Specific CB 1923 เซอราโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล สายพันธุ์ cowpea type เซนโตร เชื้อสายพันธุ์ Specific CB 1103 และแลบแลบ สายพันธุ์ Specific CB 756

2. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง ประกอบด้วย

ตลับเมตร ไม้ปักแปลง เชือกฟาง จอบ เสียม ช้อนปลูก ถังพลาสติก ถุงพลาสติก ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย เครื่องหยอดเมล็ดแบบมือ (jab) เครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยง กรรไกรตัดหญ้า กรรไกรตัดแต่งกิ่ง กรอบสุ่ม (quadrat) ขนาด 50x50 ซม. ไม้บรรทัด ไม้วัดความสูง ปากกา และเครื่องวัดความเขียวใบ (Chlorophyll meter รุ่น MINOLTA SPAD-502) เป็นต้น

3. วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างดินและพืช ประกอบด้วย

เครื่องบดตัวอย่างพืช ครกบดตัวอย่างดิน ตะแกรงร่อนดินขนาด 2.00 และ 0.5 มม. เครื่องชั่งขนาด 25 และ 1 กก. ตามลำดับ เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 2 และ 3 ตำแหน่ง และตู้อบความร้อน (hot air oven) เป็นต้น

4. เครื่องมือ อุปกรณ์ และสารเคมีในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และพืช

4.1 สมบัติทางเคมีของดิน และองค์ประกอบทางเคมีของพืช ประกอบด้วย

4.1.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity; EC) เครื่อง multi-parameter analyzer รุ่น CONSORT C830

4.1.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และอินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley-Black Tritration

4.1.3 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน และพืช ใช้ชุดย่อยสลายตัวอย่าง (block digestor) และเครื่องกลั่นไนโตรเจน (micro kjeldahl distillation apparatus)

4.1.4 ปริมาณฟอสฟอรัส เครื่อง Spectrophotometer

4.1.5 ปริมาณโพแทสเซียม เครื่อง Atomic absorption spectropho- tometer

4.1.6 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchang capacity; CEC) ใช้เครื่องกลั่นไนโตรเจน (mimicro kjeldahl distillation apparatus)

4.1.7 ปริมาณเยื่อใยหยาบ CF (crude fiber) ตามวิธี Proximate analysis และเยื่อใย NDF (neutral detergent fiber) และ ADF (acid detergent fiber) วิธี Van Soest System

4.2 อุปกรณ์วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย

4.2.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) และความชื้นในดิน (soil moisture content) ใช้ stainless core ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 ซม ยาว 5 ซม.

4.2.2 อัตราแทรกซึมน้ำของดิน (infiltration rate) ได้แก่ ท่อเหล็กวงแหวนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 16 ซม. (ring infiltrometer) ฆ้อนยาง ไม้รอง และนาฬิกาจับเวลา เป็นต้น

4.2.3 การหาเนื้อดิน (soil texture) ได้แก่ กระบอกตวงขนาด 1,000 มล. น้ำกลั่น และแท่งแก้ว เป็นต้น

4.2.4 การวัดสีดิน (soil color) ใช้สมุดบันทึกสีมันเซลล์ (munsell color)

4.3 อุปกรณ์วิเคราะห์สมบัติทางชีวภาพของดิน ประกอบด้วย

4.3.1 อุปกรณ์ศึกษาจุลินทรีย์ดิน ได้แก่ อาหารเลี้ยงเชื้อ และวัสดุ อุปกรณ์ในการเลี้ยงเชื้อ เช่น จานเลี้ยงเชื้อ แท่งแก้ว ปิเปตต์ ตู้เขี่ยเชื้อ หม้อนึ่งความดันไอ เครื่องเซนตริฟิวจ์ และกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น

5. อุปกรณ์ในการศึกษาอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในพืช คือ ถุงตาข่ายไนลอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ตร.มม. ขนาด 20 x 20 ซม.

6. วัสดุและอุปกรณ์สำนักงาน กล้องถ่ายรูป และครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล เป็นต้น

วิธีการ

ระบบที่ 1 ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน

1.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 6 ตำรับทดลอง ประกอบด้วย

ตำรับที่ 1 พืชธรรมชาติ+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (N+M+M) (T1)
ตำรับที่ 2 ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca+M+M) (T2)
ตำรับที่ 3 ถั่วเซอราโตร (*Macroptilium atropurpureum*) + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (S+M+M) (T3)
ตำรับที่ 4 ถั่วเซนโตร (*C. pubescens*) + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ +ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce+M+M) (T4)
ตำรับที่ 5 ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) (T5)
ตำรับที่ 6 ถั่วท่าพระสไตโล (*S. guianensis* cv. Tha Phra) +ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (T+M+M) (T6)

1.2 การเตรียมพื้นที่ก่อนปลูก

1.2.1 ฤดูปลูกที่ 1 (ปี พ.ศ. 2548)

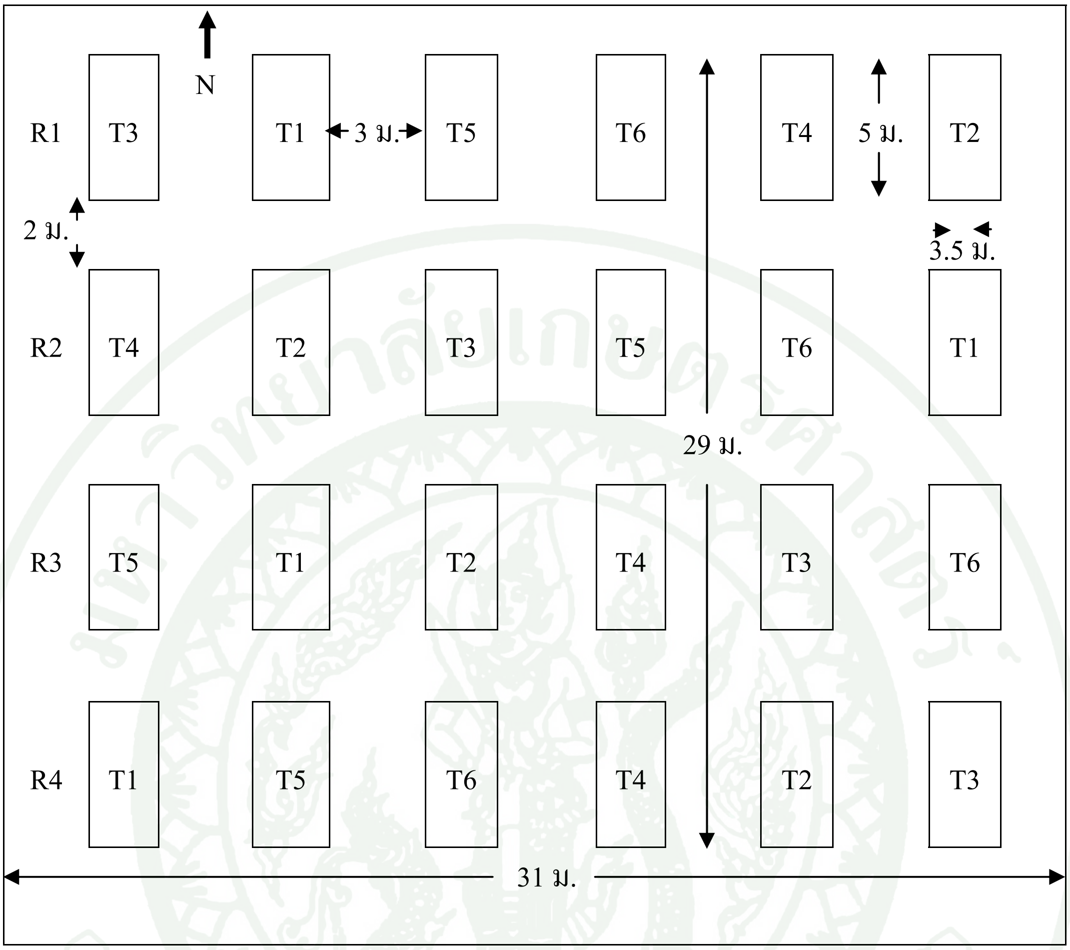
ภายหลังการไถเตรียมดิน ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง ด้วยการหว่านปูนโดโลไมท์ อัตรา 200 กก./ไร่ แบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยขนาด 3.5 x 5 ม. จำนวน 24 แปลงย่อย ระยะห่างระหว่างซ้ำ 3 ม. ภายในซ้ำ 2 ม. ใช้พื้นที่ทดลองทั้งหมด 899 ตร.ม. โดยเตรียมพื้นที่ปลูกในวันที่ 5 มิถุนายน 2548 (ภาพที่ 1 และภาพที่ 2)

ภาพที่ 1 การเตรียมพื้นที่ทดลอง ณ ฟาร์มสัตว์ อุทยาน 50 พรรษา มหาวชิราลงกรณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

1.2.2 ฤดูปลูกที่ 2 และ 3 (ปี พ.ศ. 2549-2550)

ฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือน พฤษภาคม-พฤศจิกายน 2549 ภายหลังการสุ่มเก็บเกี่ยว ผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ครั้งสุดท้ายจากฤดูปลูกที่ 1 ในวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 ตัดทั้งแปลงด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยงแล้วกวาดออกจากแปลงเพื่อให้ถั่วฟื้นตัว หลังจากนั้นปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์และวัชพืชเจริญเติบโตตามปกติ ตัดอีกครั้งในวันที่ 4 มิถุนายน 2549 โดยนำมวลชีวภาพทั้งหมดคลุมลงแปลงเดิมใช้คราดเกลี่ยให้กระจายให้สม่ำเสมอทั่วแปลงย่อยตามตำรับทดลองเพื่อปลูกข้าวโพดทับลงในแปลงทั้งหมดต่อไปโดยไม่มีการเตรียมดินตามวิธีปกติ (ภาพที่ 3 ก)

ฤดูปลูกที่ 3 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2549 ถึง พฤศจิกายน 2550 หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ และแปลงควบคุมครั้งสุดท้ายในฤดูปลูกที่ 2 (วันที่ 9 ตุลาคม 2549) ปล่อยให้พืชเจริญเติบร่วมกับข้าวโพดต่อไป เก็บเกี่ยวข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว ที่อายุ 110 วันหลังปลูก (วันที่ 24 ตุลาคม 2550) โดยเก็บเกี่ยวเฉพาะฝักทิ้งเปลือกและตอซังลงบนแปลงเดิม ปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์เจริญเติบโตต่อไปหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด ก่อนปลูกข้าวโพดในรอบที่ 2 วิธีการโดยการตัดถั่วอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตขึ้นใหม่ในทุกแปลงย่อยตามตำรับทดลองด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยงแล้วใช้คราดเกลี่ยให้กระจายคลุมลงบนแปลงเดิม โดยทำในวันที่ 24 มิถุนายน 2550 และปลูกข้าวโพดทับลงแปลงโดยไม่ไถพรวน ปฏิบัติเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 2



T1 คือ พืชธรรมชาติ+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (N+M+M)

T2 คือ ถั่วคาวาลเคด+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca+M+M)

T3 คือ ถั่วเซอราโตร+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (S+M+M)

T4 คือ ถั่วเซนโตร+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce+M+M)

T5 คือ ถั่วฮามาต้า+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) และ

T6 คือ ถั่วท่าพระสไตโล+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (T+M+M)

ภาพที่ 2 แผนผังการทดลองการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ประกอบด้วย 6 ตำรับทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ

1.3 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก

ก่อนปลูกเตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหาสัตว์โดยการทำลายการพักตัวของเมล็ดด้วยการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 8-10 นาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมตามสายพันธุ์ชนิดถั่ว (รายละเอียดตามอุปกรณ์ข้อ 1.15) ใช้อัตราปลูกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่งอกได้ (pure live seed; PLS) คือ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และเซนโตร อัตรา 4 กก./ไร่ ฮามาต้าอัตรา 3 กก./ไร่ และท่าพระสไตโล อัตรา 2 กก./ไร่

1.4 การปลูก

1.4.1 ฤดูปลูกที่ 1 (ปี พ.ศ. 2548)

ตำรับทดลองที่ 1 แปลงพืชธรรมชาติ (แปลงควบคุม) หลังจากเตรียมพื้นที่ปลูกปล่อยให้พืชในแปลงเจริญเติบโตตามธรรมชาติ ก่อนปลูกย่อยดินให้ละเอียดด้วยแรงงานคน แล้วโรยเมล็ดเป็นแถวระยะห่างระหว่างแถว 25 ซม. ซึ่งได้ทั้งหมด 15 แถว/แปลงย่อย โดยปลูกวันที่ 10 มิถุนายน 2548

1.4.2 ฤดูปลูกที่ 2 และ 3 (ปี พ.ศ. 2549-2550)

ฤดูปลูกที่ 2 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 ทับลงบนแปลงทดลองที่ตัดพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดคลุมทับแปลงเรียบร้อยแล้ว ปลูกโดยการหยอดเมล็ดด้วยเครื่องหยอดเมล็ดแบบมือ จำนวน 2-3 เมล็ด/หลุม ระยะปลูก 75x25 ซม. ซึ่งได้จำนวน 5 แถว 20 หลุม (วันที่ 6 มิถุนายน 2549) หลังข้าวโพดงอก 1 สัปดาห์ ถอนแยกเหลือ 1 ต้น/หลุม ซึ่งมีจำนวนต้นข้าวโพดทั้งหมด 100 ต้น/แปลง ปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เจริญเติบโตร่วมกัน (ภาพที่ 3 ข-ง)

ฤดูปลูกที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 ทับลงบนแปลงเดิมที่ตัดคลุมด้วยพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ ในแต่ละตำรับทดลองเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 2 ในวันที่ 25 มิถุนายน 2550 วิธีการปลูกปฏิบัติเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 2

ภาพที่ 3 การปลูกและการจัดการระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ก) วิธีการตัดพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์จากฤดูปลูกที่ 1 คลุมลงบนแปลงเดิม

ข) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยวิธีการหยอดเมล็ดด้วยเครื่องหยอดแบบมือ

ค) การงอกของข้าวโพดบนแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ และแปลงพืชธรรมชาติ

ง) การเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกร่วมกันอายุ 1 เดือน หลังปลูก (กรกฎาคม 2549)

1.5 การใส่ปุ๋ย และการจัดการดูแลรักษา

1.5.1 ฤดูปลูกที่ 1 (ปี พ.ศ. 2548)

ตำรับทดลองที่ 1 (แปลงควบคุม) หลังจากเตรียมดินแล้วปล่อยให้พืชธรรมชาติเจริญเติบโตไม่มีการใส่ปุ๋ย และกำจัดวัชพืช ในส่วนของตำรับทดลองที่ 2-6 หลังปลูกถั่วอาหารสัตว์ 2 สัปดาห์ หว่านปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ เพื่อช่วยกระตุ้นให้ถั่วเจริญเติบโตได้เร็วและสามารถแข่งขันกับวัชพืชในแปลงได้ (เฉลิมชัย, 2546ก) หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก (23 สิงหาคม 2548) ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต (46 % P_2O_5) โพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา 30 กก./ไร่ และซัลเฟอร์ (14 % S) จากปุ๋ยแคลฟอสพลัส อัตรา 25 กก./ไร่ โดยวิธีการหว่านทั่วแปลง มีการกำจัดวัชพืชด้วยมือและใช้จอบถาก ครั้งแรกหลังปลูก 2 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 หลัง จากครั้งแรก 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์แต่ละชนิดเจริญแข่งขันกับวัชพืชโดยไม่กำจัดวัชพืช เพื่อประเมินความสามารถในการปรับตัวของพืชอาหารสัตว์แต่ละชนิด ไม่มีการให้น้ำตลอดการทดลอง

1.5.2 ฤดูปลูกที่ 2 และ 3 (ปี พ.ศ. 2549-2550)

ตำรับทดลองที่ 1 (แปลงควบคุม) หลังจากปลูกข้าวโพดทับบนแปลงพืชธรรมชาติแล้วปล่อยให้เจริญเติบโตร่วมกันไม่มีการใส่ปุ๋ย และกำจัดวัชพืช ตำรับทดลองที่ 2-6 กำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ และใช้จอบถาก เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน หลังปลูก หว่านปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 30 กก./ไร่ และซัลเฟอร์ อัตรา 25 กก./ไร่ ระบบการให้น้ำอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียวไม่มีการชลประทานตลอดการทดลอง

1.6 ข้อมูลที่ศึกษา

1.6.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์

ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด โดยการชั่งน้ำหนักเมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่มีชีวิต (pure live seed; PLS) จากสมการ

$$\text{PLS} = \frac{\text{ความงอก (\%) x ความบริสุทธิ์ของเมล็ด (\%)}}{100}$$

วัดความสามารถในการตั้งตัวของต้นอ่อนในสภาพแปลงทดลองที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังปลูก จากสมการ

$$\text{การตั้งตัว (establishment) (\%)} = \frac{\text{จำนวนต้นจากเมล็ดที่มีชีวิต /ไร่} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่มีชีวิต /ไร่}}$$

1.6.2 การเจริญเติบโตของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์

1.6.2.1 พืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์

1) จำนวนต้น โดยสุ่มนับจำนวนต้นพืชภายในพื้นที่กรอบสุ่ม ขนาด 50 x 50 ซม. สุ่มภายในพื้นที่แปลงทดลองจำนวน 4 จุด/แปลงย่อย แล้วรวมเป็นจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตร.ม. โดยเริ่มบันทึกข้อมูลเมื่อพืชมีอายุ 2 สัปดาห์ หลังปลูก คือวันที่ 24 มิถุนายน 2548 และนับครั้งต่อไปที่อายุ 6 11 17 24 32 และ 42 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ

ฤดูปลูกที่ 2 และ 3 สุ่มนับจำนวนต้นพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ สัตว์ที่เจริญเติบโตในช่องว่างระหว่างแถวข้าวโพดโดยใช้กรอบสุ่ม ขนาด 50x50 ซม. สุ่มจำนวน 4 จุดต่อแปลงย่อย แล้วคำนวณเป็นจำนวนต้นต่อพื้นที่ 1 ตร.ม. ในฤดูปลูกที่ 2 บันทึกข้อมูลครั้งแรกวันที่ 15 มิถุนายน 2549 และครั้งต่อไปทุกวันที่ 15 ของเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2549 รวม 6 ครั้ง สำหรับฤดูปลูกที่ 3 นับจำนวนต้นถั่วอาหารสัตว์ทุก ๆ วันที่ 15 ตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม 2550-ตุลาคม 2550 รวมทั้งหมด 5 ครั้ง

2) ความสูง วัดความสูงของพืชโดยไม้วัดความสูงวัดจากผิวดินโดยการรวบทั้งต้นแล้ววัดส่วนยอดที่สูงที่สุดของต้นนั้น สุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ยโดยเริ่มวัดหลังปลูก 2 6 11 17 24 32 และ 42 สัปดาห์ หลังปลูก

3) ความสามารถในการคลุมดิน การประเมินความสามารถในการคลุมดินของพืช (%) ใช้วิธีการประเมินด้วยสายตา แล้วให้คะแนน โดยใช้เกณฑ์ดังนี้ ระดับ 1 หมายถึง มีการเจริญเติบโตน้อยมาก ต้นแผ่คลุมพื้นดินไม่ถึง 25% ของแปลงทดลอง ระดับ 2 หมายถึง มีการเจริญเติบโตน้อย ต้นแผ่คลุมพื้นที่ 25% ของแปลงย่อย ระดับ 3 หมายถึง มีการเจริญเติบโตปานกลาง ต้นแผ่ครอบคลุมพื้นที่ 50% ของแปลงย่อย ระดับ 4 หมายถึง มีการเจริญเติบโตดี ต้นแผ่คลุมแน่นทึบครอบคลุมพื้นที่ 75% ของแปลงย่อย และระดับ 5 หมายถึง มีการเจริญเติบโตดีมาก ต้นแผ่คลุมแน่นทึบมากครอบคลุมพื้นที่ 100% ของแปลงย่อย (ภาคภูมิ, 2546ก) ระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลเช่นเดียวกับการศึกษาจำนวนต้นพืช

1.6.2.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) วัดความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด โดยการรวบปลายยอดส่วนที่สูงที่สุดของต้นแล้วใช้ไม้เมตรวัดความสูงจากโคนต้น สุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาคาเฉลี่ย บันทึกข้อมูลทุกวันที่ 15 ของเดือน โดยฤดูปลูกที่ 2 ในวันที่ 15 และ 30 กรกฎาคม วันที่ 15 และ 30 สิงหาคม และ วันที่ 15 กันยายน 2549 สำหรับในฤดูที่ 3 บันทึกข้อมูลในวันที่ 15 และ 30 กรกฎาคม วันที่ 15 และ 30 สิงหาคม และวันที่ 15 กันยายน 2550 ตามลำดับ รวมบันทึกข้อมูล 5 ครั้ง/ฤดูปลูก

2) จำนวนใบเฉลี่ย สุ่มนับจำนวนใบที่คลี่กางเต็มที่จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาคาเฉลี่ย โดยบันทึกข้อมูลภายหลังจากวัดความสูงของข้าวโพดทั้ง 2 ฤดูปลูก

3) ปริมาณความเขียวของใบ (SPAD-Unit) โดยใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์พืช (chlorophyll meter) รุ่น MINOLTA SPAD-502 ซึ่งเป็นเครื่องวัดการดูดกลืนแสงสีเขียวที่คลอโรฟิลล์ดูดไว้ แสดงผลเป็นตัวเลข โดยวัดบริเวณกึ่งกลางใบที่คลี่กางเต็มที่ในตำแหน่งใบที่อยู่ส่วนกลางของลำต้น (ภาพที่ 4) จำนวน 2-3 ใบต่อต้น สุ่มวัด 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย บันทึกข้อมูลในวันเดียวกับการวัดความสูง

ภาพที่ 4 การวัดความเขียวใบข้าวโพดด้วยเครื่อง Chlorophyll meter รุ่น MINOLTA SPAD-502

1.6.3 ผลผลิตพืช

1.6.3.1 พืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์

ฤดูปลูกที่ 1 เก็บเกี่ยวผลผลิตพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด โดยใช้กรอบสุ่มขนาด 50x50 ซม. สุ่มพืชอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตภายในแปลงทดลองหลังปลูก 75 วัน (วันที่ 23 สิงหาคม 2548) จำนวน 4 จุด/แปลงย่อย (1 ตร.ม.) ใช้กรรไกรตัดหญ้าตัดเฉพาะภายในพื้นที่กรอบสุ่ม โดยตัดสูงจากพื้นดิน 15 ซม. นำแต่ละจุดรวมใส่ถุงพาสติก 1 ถุงต่อแปลงย่อย นำไปชั่งน้ำหนักสดทั้งหมด แล้วจึงแยกวัชพืชออกจากถั่วอาหารสัตว์และชั่งน้ำหนักสดถั่วอาหารสัตว์อีกครั้งก่อนสุ่มตัวอย่างประมาณ 200 ก. ใส่ถุงกระดาษเพื่อนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C จนน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 72 ชั่วโมง) นำไปชั่งหาน้ำหนักแห้งเพื่อคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่ต่อไป ภายหลังการสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละครั้งใช้เครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยงตัดพืชภายในแปลงทดลอง โดยตัดในระดับความสูงเท่ากับพื้นที่สุ่มเก็บผลผลิต หลังจากนั้นคราดพืชที่ตัดทั้งหมดออกจากแปลง (ภาพที่ 5) สุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 หลังจากตัดครั้งแรก 45 วัน (วันที่ 9 ตุลาคม 2548) หลังสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วตัดพืชทั้งแปลงแล้วนำออกทั้งหมด ปล่อยให้พืชฟื้นตัวผ่านช่วงแล้งเก็บเกี่ยวผลผลิตอีกครั้งในวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 รวมเก็บเกี่ยวผลผลิต 3 ครั้ง

ภาพที่ 5 วิธีการเก็บเกี่ยวและจัดการผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ในสภาพแปลงทดลอง

ก) การใช้กรรไกรตัดหญ้าสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์

ข) การจัดการแปลงทดลองภายหลังการสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์

ฤดูปลูกที่ 2 และ 3 เก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประมาณ 1 เดือน สุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ และพืชในแปลงควบคุม ในวันที่ 5 กรกฎาคม 2549 โดยใช้กรอบสุ่ม ขนาด 50 x 50 ซม. สุ่มภายในพื้นที่ระหว่างแถวข้าวโพด จำนวน 4 จุด/แปลงย่อย โดยใช้กรรไกรตัดพืชเฉพาะภายในกรอบสุ่ม (ภาพที่ 6 ก) แล้วนำไปหาผลผลิตน้ำหนักแห้งเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 1 หลังจากนั้นปล่อยให้พืชเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งต่อไปทุก 45 วัน หลังการตัด คือวันที่ 18 สิงหาคม และ 9 ตุลาคม 2549 ตามลำดับ รวมทั้งหมด 3 ครั้ง ภายหลังการสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตทุกครั้งตัดพืชที่เหลือด้วยเครื่องตัดหญ้าแบบเหวี่ยงแล้วคราดออกจากแปลง (ภาพที่ 6 ข) แล้วปล่อยให้พืชอาหารสัตว์เจริญร่วมกับข้าวโพดต่อไป เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2550 ตัดพืชอาหารสัตว์คลุมแปลงเดิม ในวันที่ 24 มิถุนายน (ฤดูปลูกที่ 3) ปล่อยให้เจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของปีในวันที่ 10 สิงหาคม และทุก ๆ 45 วัน โดยครั้งสุดท้ายในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2550 รวมการเก็บเกี่ยวผลผลิต 3 ครั้ง

ภาพที่ 6 วิธีการเก็บเกี่ยว และจัดการผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยสัตว์

ก) การใช้กรรไกรตัดหญ้าสุ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ในระหว่างแถวข้าวโพด

ข) การใช้เครื่องตัดหญ้าตัดถั่วอาหารสัตว์ออกจากแปลงทดลอง

1.6.3.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เก็บข้อมูลผลผลิตเมล็ด และองค์ประกอบผลผลิต เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว (อายุ 110 หลังปลูก) คือในวันที่ 24 ตุลาคม 2549 และ 23 ตุลาคม 2550 ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ นับจำนวนฝักต่อต้นในพื้นที่เก็บเกี่ยว (3 ตร.ม.) แล้วเก็บฝักทั้งหมดในพื้นที่เก็บเกี่ยวปอกเปลือกทิ้งไว้ในแปลง สุ่มฝักข้าวโพดจำนวน 10 ฝัก/แปลงย่อย เพื่อนับจำนวนเมล็ดทั้งหมด แล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นจำนวนเมล็ดต่อฝัก นำฝักข้าวโพดทั้งหมดลดความชื้นโดยการตากแดดในลานตากก่อนนำมากะเทาะเมล็ดเมื่อความชื้นลดลงเหลือ 15 % สุ่มเมล็ดจำนวน 500 เมล็ด/แปลงย่อย ชั่งแล้วหาค่าเฉลี่ยให้ได้น้ำหนัก 100 เมล็ด แล้วนำไปคำนวณผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่ 1 ไร่ และหาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (shelling percentage)

น้ำหนักตอซังแห้ง ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักข้าวโพดออกจากแปลงในแต่ละปี ชั่งน้ำหนักตอซังภายในพื้นที่เก็บเกี่ยว (3 ตร.ม.) ในแต่ละแปลงย่อยแล้วทิ้งไว้บนแปลงเดิม นำข้อมูลที่ได้คำนวณเป็นน้ำหนักตอซังต่อไร่

1.6.4 องค์ประกอบทางเคมีของพืช

1.6.4.1 พืชอาหารสัตว์

พืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวครั้งแรก (75 วัน หลังปลูก) จากทุกแปลงย่อย หลังจากหาน้ำหนักแห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดที่มีขนาดตะแกรงขนาด 1.00 มม. นำตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก (ซิบล็อค) เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืช ดังต่อไปนี้

1) ไนโตรเจน (total N) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเนื้อเยื่อพืช (total N) โดยวิธีเจลดาล (Kjeldahl method) (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) แล้วคำนวณหาปริมาณโปรตีนรวม (CP; crude protein) และปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในพืช จากสมการ

$$\text{CP} = \text{Total N} \times 6.25$$

$$\text{ปริมาณ N ที่สะสมในพืช (กก./ไร่)} = \frac{\text{\% N ในพืช} \times \text{น้ำหนักแห้งพืช (กก./ไร่)}}{100}$$

2) ปริมาณเยื่อใยหยาบ CF (crude fiber) โดยวิธี Proximate analysis (อังคณา และ ดวงสมร, 2532)

3) ปริมาณเยื่อใย ADF (acid detergent fiber) และ Neutral detergent fiber (NDF) ตามวิธี Goering and Van Soest (1970)

4) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon ; OC)โดยวิธี Walkley and Black Titration (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

1.6.4.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

โดยการสุ่มข้าวโพดทั้งต้นในระยะออกดอก (60 วัน หลังปลูก) จำนวน 4 ต้น/แปลงย่อย เพื่อนำไปวิเคราะห์การสะสมธาตุอาหารในพืช โดยนำตัวอย่างอบที่อุณหภูมิ 70 ˚C เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มม. เก็บตัวอย่างใส่ถุงเพื่อนำไปวิคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1) ไนโตรเจน (N) ใช้วิธีเจลดาล (Kjeldahl method) (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2) ฟอสฟอรัส (P) ใช้วิธี Vanadomolybdate yellow color วัดปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายตัวอย่างพืชโดยให้ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ammonium molybdate และ ammonium metavanadate ได้สารประกอบเชิงซ้อนสีเหลืองใส วัดความเข้มข้นของสีเหลืองที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3) โพแทสเซียม (K) วิธีการโดยย่อยด้วยกรดผสมไนตริกเพอร์คลอริก (HNO_3-$HClO_4$) แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophoto meter โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (ช่วงความเข้มข้น 0-15 พีพีเอ็ม) (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

1.6.5 การย่อยสลายของพืช

ศึกษาการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์อาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และพืชธรรมชาติ (แปลงควบคุม) ที่ตัดปกคลุมผิวดิน โดยวิธี litter bag method (Lousier and Parkinson, 1976) โดยการสุ่มตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ที่ตัดคลุมแปลงในฤดูปลูกที่ 1 และ 2 ก่อนปลูกข้าวโพดทับ นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 ˚C นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำถุงตาข่ายที่ทำจากไนล่อนเย็บเป็นถุงขนาด 20x20 ซม. (ช่องตาข่ายขนาด 1 มม.) บรรจุพืชที่อบแห้งเรียบร้อยแล้วถุงละ 20 ก. เย็บปากถุงให้สนิทแล้วนำไปวางทับลงบนแปลงทดลองตามตำรับการทดลอง (ฤดูปลูกที่ 1 วันที่ 10 มิถุนายน 2549 และฤดูปลูกที่ 2 วันที่ 1 กรกฎาคม 2550) (ภาพที่ 7) เก็บถุงตัวอย่างเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในแต่ละฤดูปลูก

หลังจากนั้นตัดถุงตาข่ายเพื่อนำเอาตัวอย่างที่เหลือในถุงไปอบในตู้อบความคุมอุณหภูมิ 80 °C นาน 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณหาอัตราการย่อยสลายของพืชจากสูตร

$$\text{อัตราการย่อยสลายของพืช (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักพืชแห้งที่หายไป}}{\text{น้ำหนักพืชแห้งเมื่อเริ่มต้น}} \times 100$$

ภาพที่ 7 วิธีการศึกษาอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์ที่วางบนแปลงทดลอง

1.6.6 ข้อมูลดิน

ก่อนไถเตรียมพื้นที่ปลูกพืชทดลอง ในวันที่ 28 พฤษภาคม 2548 สุ่มตัวอย่างดินชั้นบนลึก 0-15 ซม. จาก 10-15 จุด รวมเป็นตัวอย่างดินรวม (composite soil sample)ได้ตัวอย่างดินหนักประมาณ 1-2 กก. (นิภา, 2540ก) สำหรับตัวอย่างดินหลังปลูกพืชทดลองภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชครั้งสุดท้ายในแต่ละฤดูปลูก คือวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 และ 20 พฤศจิกายน 2550 เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มภายในดินชั้นบนลึก 0-15 ซม. ในทุกแปลงย่อย 4 จุด/แปลงย่อย รวมคลุกเคล้าให้เข้ากันให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กก. /แปลงย่อย แล้วนำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dry) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มม. เพื่อนำไปวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สำหรับตัวอย่างที่วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมด บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. สำหรับสมบัติทางกายภาพของดิน ใช้ soil core เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม

ของดิน ความชื้นในดิน และใช้ ring infiltro meter เพื่อหาอัตราการแทรกซึมน้ำของดินก่อนและหลังการทดลอง โดยมีวิธีการวิเคราะห์ดังนี้

1.6.6.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) ปฏิกิริยาดิน (soil pH) ใช้อัตราส่วนน้ำ 1 : 2 โดยใช้เครื่อง pH meter (muliparameter analyzer CONSERT C830) (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (electrical conductivity, EC) ใช้น้ำและดิน อัตราส่วน 1 : 5 และวัดด้วยเครื่อง muliparameter analyzer CONSERT C830 (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) โดยวิธีของ Walkly and Black (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

4) ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N) วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โดยวิธีเจลดาล (Kjeldahl method) (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

5) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity ; CEC) โดยการชะล้างอิออนบวกที่แลกเปลี่ยนได้ในดินด้วย 1 *N* NH_4 OAc ที่เป็นกลาง และกลั่นด้วย Kjeldahl distillation apparatus (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

6) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (available P) โดยวิธี Bray II (นิภา, 2540ค อ้างถึง Bray and Kurtz, 1945)

7) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangable K) โดยใช้ 1 *N* NH_4OAc ที่ pH 7.0 เป็นสารสกัดแล้ววัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophoto-meter (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.6.6.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธี Core method (นิภา, 2540ง อ้างถึง Blake and Hartge, 1986)

2) อัตราการแทรกซึมของน้ำ (infiltration rate) โดยวิธี Falling head method (วิชา, 2535)

3) ปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture content) โดยวิธี Gravimetric method (กองวิเคราะห์ดิน, 2540)

1.6.6.3 สมบัติทางชีวภาพของดิน

เป็นการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ดินในกลุ่มของแบคทีเรีย โดยการเตรียมตัวอย่างดินในบริเวณแปลงทดลองโดยใช้จอบปาดหน้าดินบริเวณจุดที่จะสุ่มเก็บตัวอย่างออกประมาณ 1 ซม. เพื่อขจัดอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายอยู่บนผิวดินทิ้ง เจาะหน้าดินลึก 0-15 ซม. ด้วย stainless core ที่สะอาดปราศจากเชื้อโรค สุ่มเก็บดินภายในพื้นที่แปลงก่อนไถพรวนดินประมาณ 10-15 จุด นำใส่ถังพลาสติกคลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วสุ่มเก็บใส่ถุงพลาสติกประมาณถุงละ 200 ก. จำนวน 4 ถุง และในส่วนของตัวอย่างดินหลังการทดลอง สุ่มเก็บภายในแปลงทดลองที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ในเดือน ตุลาคม 2548 และกรกฎาคม 2549 จำนวน 4 จุด/แปลงย่อย นำมารวมกันเป็น 1 ถุง รวมทั้งสิ้น 20 ถุง แล้วนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ หรือเก็บตัวอย่างในตู้เย็นแต่ไม่ควรเก็บนานเกิน 2 สัปดาห์ (วันทนีย์, 2540)

วิธีการศึกษาจำนวนประชากรของแบคทีเรียทั้งหมดในดิน ตรวจนับโดยวิธี soil dilution plate count และแบ่งกลุ่มของแบคทีเรียโดยดูลักษณะของสี และขอบของโคโลนี (วันทนีย์, 2540)

ระบบที่ 2 ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 7 ตำรับทดลอง ที่จัดระบบการปลูกแบบต่าง ๆ รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำรับการทดลองการศึกษาระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตำรับการทดลอง (Treatment)	ปีที่ 1 (พ.ศ. 2548)	ปีที่ (พ.ศ. 2549)	ปีที่ 3 (พ.ศ. 2550)
1. M-M-M	ข้าวโพด	ข้าวโพด	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. Ca-Ca-M	ถั่วคาวาลเคด	ถั่วคาวาลเคด	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. S-S-M	ถั่วเซอราโตร	ถั่วเซอราโตร	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
4. Ce-Ce-M	ถั่วเซนโตร	ถั่วเซนโตร	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
5. H-H-M	ถั่วฮามาต้า	ถั่วฮามาต้า	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
6. T-T-M	ถั่วท่าพระสไตโล	ถั่วท่าพระสไตโล	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
7. L-L-M	ถั่วแลบแลบ	ถั่วแลบแลบ	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

หมายเหตุ M คือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Ca คือ ถั่วคาวาลเคด S คือ ถั่วเซอราโตร Ce คือ ถั่วเซนโตร H คือ ถั่วฮามาต้า T คือ ถั่วท่าพระสไตโล และ L คือ ถั่วแลบแลบ

2.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก

เมล็ดพันธุ์ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ก่อนปลูกเตรียมเมล็ดโดยการทำลายการพักตัวของเมล็ดด้วยการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 8-10 นาที ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมตามสายพันธุ์ชนิดถั่ว (รายละเอียดตามอุปกรณ์ข้อ 1.15) ใช้อัตราปลูกแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ที่งอกได้ (pure live seed; PLS) คือ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และเซนโตร อัตรา 4 กก./ไร่ ฮามาต้า อัตรา 3 กก./ไร่ ท่าพระ

สไตโล อัตรา 2 กก./ไร่ สำหรับเมล็ดถั่วแลบแลบไม่ต้องผ่านการทำลายการพักตัว คลุกเชื้อไรโซเบียมตามสายพันธุ์แล้วปลูกในอัตรา 4 กก./ไร่

2.3 การเตรียมพื้นที่ก่อนปลูก

ภายหลังการเตรียมดินแล้วปรับสภาพ pH ด้วยการหว่านปูนโดโลไมท์ อัตรา 200 กก./ไร่ หลังจากนั้นแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยขนาด 4x5 ม. จำนวน 28 แปลงย่อย ระยะห่างระหว่างซ้ำ 3 ม. ภายในซ้ำ 2 ม. รวมพื้นที่ทั้งหมด 1,160 ตร.ม. (ภาพที่ 8) โดยการเตรียมพื้นที่ปลูกในวันที่ 1 มิถุนายน 2548

2.4 การปลูก

2.4.1 ตำรับทดลองที่ 1 (M-M-M)

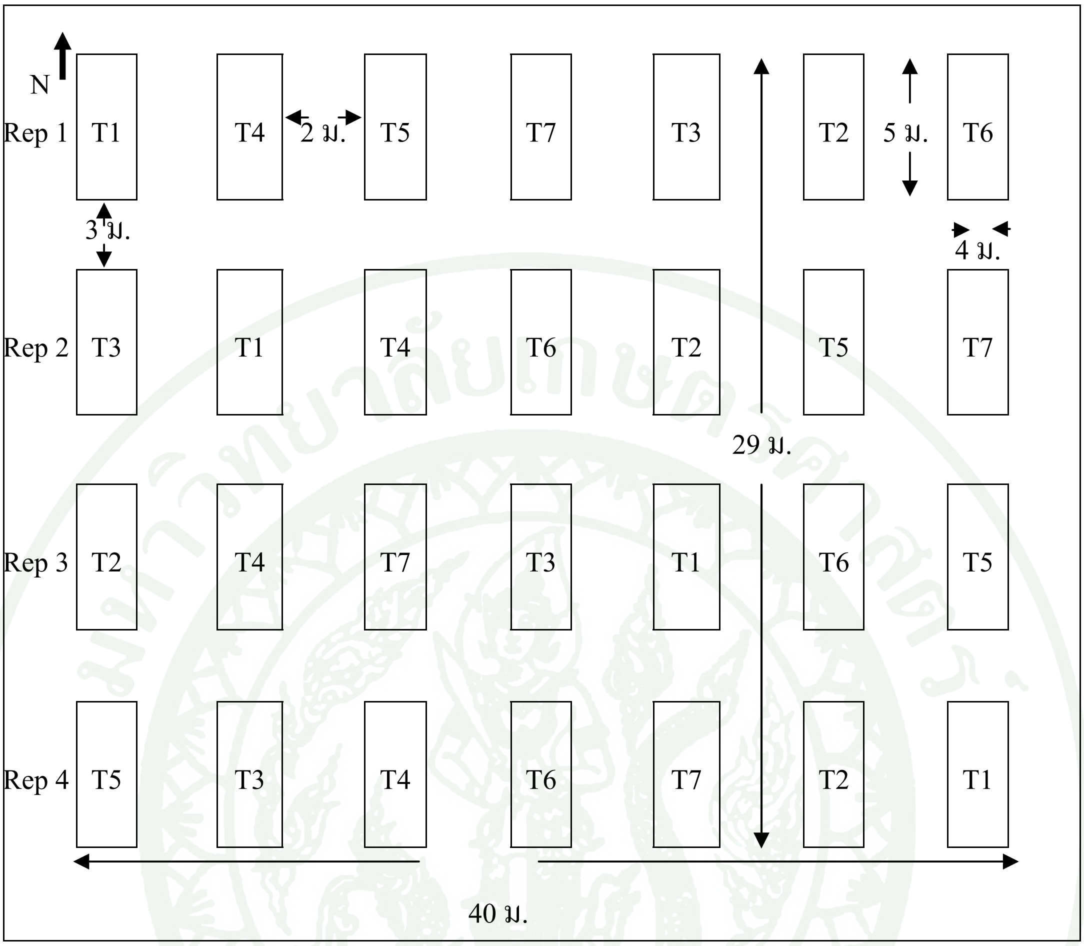
ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 บนแปลงที่เตรียมเรียบร้อยแล้วในวันที่ 11 มิถุนายน 2548 วันที่ 9 มิถุนายน 2549 และ 21 มิถุนายน 2550 สำหรับการปลูกในปีที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ โดยใช้ระยะปลูก 50x50 ซม. ปลูกด้วยเครื่องหยอดเมล็ดแบบมือ หยอดเมล็ดจำนวน 3-4 เมล็ด/หลุม จำนวนทั้งหมด 9 แถว 10 หลุม เมื่อข้าวโพดงอก 2 สัปดาห์ หลังปลูก ถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น/หลุม ซึ่งได้ข้าวโพดทั้งหมด 180 ต้น/แปลง ปฏิบัติเช่นเดียวกันตลอดทั้ง 3 ปี

2.4.2 ตำรับทดลองที่ 2-7

ในปีที่ 1 วันที่ 11 มิถุนายน 2548 ปลูกถั่วทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล (ตำรับทดลองที่ 2-6) ปลูกโดยวิธีการโรยเป็นแถวแล้วเกลี่ยดินกลบ ระยะห่างระหว่างแถว 25 ซม. จำนวน 16 แถว/แปลงย่อย สำหรับถั่วแลบแลบ (ตำรับทดลองที่ 7) ใช้ระยะปลูก 50x50 ซม. ปลูกโดยใช้จอบขุดหลุมลึกประมาณ 10 ซม. หยอดเมล็ด 3-4 เมล็ด/หลุม ซึ่งได้จำนวน 8 แถว 10 หลุม

ปีที่ 2 ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ครั้งที่ 2 วันที่ 9 ตุลาคม 2548 พักแปลงโดยไม่มีการตัดเพื่อปล่อยให้พืชอาหารสัตว์ออกดอกและผลิตเมล็ด ในระหว่างเดือน มกราคม- มีนาคม 2549 เมื่อได้รับความชื้นจากน้ำฝนในเดือนพฤษภาคม เมล็ดถั่วทั้ง 5 ชนิด ยกเว้น ถั่วแลบแลบ จะงอกเป็นต้นกล้าใหม่ (new seedling) และเจริญเติบโตต่อไปโดยไม่มีการปลูกซ้ำ ส่วนถั่วแลบแลบซึ่งเป็นถั่วประเภทปีเดียวที่ฝักส่วนใหญ่ไม่แตก ดังนั้นจึงต้องปลูกใหม่เช่นเดียวกับการปลูกในปีที่ 1 โดยปลูกในวันที่ 9 มิถุนายน 2549

ปีที่ 3 แปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ยกเว้นแปลงถั่วแลบแลบ หลังจาก ปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์ฟื้นตัวในช่วงแล้งและเจริญเติบโตเมื่อได้รับน้ำฝนในช่วงเดือน เมษายน ถึง เดือนพฤษภาคม 2550 ไถกลบถั่วอาหารสัตว์รวมทั้งวัชพืชที่ปกคลุมลงในแปลงเดิมเพื่อเพิ่ม อินทรียวัตถุลงในดิน สำหรับถั่วแลบแลบไถกลบเศษซากต่าง ๆ ที่อยู่บนแปลงฝังกลบ แล้วคราด ปรับพื้นที่แปลงอีกครั้งเพื่อปลูกข้าวโพดด้วยเมล็ดในแปลงเดิมตามตำรับทดลอง ในวันที่ 21 มิถุนายน 2550 โดยการปลูกปฏิบัติตามวิธีการในตำรับทดลองที่ 1 (M-M-M) (ภาพที่ 9)



T1 คือ ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี (แปลงควบคุม) (M-M-M)

T2 คือ ปลูกถั่วคาวาลเคด 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (Ca-Ca-M)

T3 คือ ปลูกถั่วเซอราโตร 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (S-S-M)

T4 คือ ปลูกถั่วเซนโตร 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (Ce-Ce-M)

T5 คือ ปลูกถั่วฮามาต้า 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (H-H-M)

T6 คือ ปลูกถั่วท่าพระสไตโล 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (T-T-M) และ

T7 คือ ปลูกถั่วแลบแลบ 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 (L-L-M)

ภาพที่ 8 แผนผังแปลงทดลองระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วย 7 ตำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ

ภาพที่ 9 การไถกลบถั่วอาหารสัตว์เพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 3 (พฤษภาคม 2550)
ก) การไถกลบถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกคลุมดิน 2 ปี ก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ข) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเครื่องหยอดเมล็ดแบบมือ

2.5 การใส่ปุ๋ย และการดูแลรักษา

2.5.1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกอย่างต่อเนื่อง (T1: M-M-M) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ หลังถอนแยก โดยการโรยข้างแถวแล้วกลบโคนต้นด้วยจอบ พร้อมการกำจัดวัชพืช และใส่ปุ๋ยยูเรีย (46% N) อัตรา 10 กก./ไร่ เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน หลังปลูก โดยโรยข้างแถวแล้วกลบโคนต้นพร้อมกำจัดวัชพืช ครั้งที่ 2 โดยใช้จอบถาก ป้องกันกำจัดหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญโดยการหยอดฟูราดาน 3 จี ลงบนส่วนยอดในระยะก่อนออกดอก ไม่มีการชลประทานตลอดการทดลอง

2.5.2 ถั่วอาหารสัตว์ (T 2-T7) ปีที่ 1 กำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือ และจอบถาก หลังถั่วอาหารสัตว์งอกประมาณ 2 สัปดาห์ ภายหลังจากการตัดเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก (25 สิงหาคม 2548) หว่านปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 30 กก./ไร่ และซัลเฟอร์ อัตรา 25 กก./ไร่ สำหรับการจัดการถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 2 ถั่วทั้ง 5 ชนิด ยกเว้นถั่วแลบแลบ หลังจากตัดสุ่มเก็บผลผลิตครั้งสุดท้ายของปีที่ 1 (9 พฤษภาคม 49) หว่านปุ๋ยสูตรและอัตราเดียวกันกับปีที่ 1 ส่วนถั่วแลบแลบเมื่ออายุประมาณ 30 วัน หลังปลูก (10 กรกฎาคม 2549) ใส่

ปุ๋ยเคมีสูตรและอัตราเดียวกันกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่กล่าวมา โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบโคนต้นพร้อมกำจัดวัชพืช ไม่มีการชลประทานในทุกตำรับทดลอง

2.5.3 ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 3 (T2-T7) ภายหลังข้าวโพดงอกประมาณ 15 วัน คือวันที่ 7 กรกฎาคม 2550 ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุปเปอร์ฟอสเฟต โพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 30 กก./ไร่ โดยวิธีการโรยข้างแถวแล้วกลบโคนต้นพร้อมกำจัดวัชพืชโดยใช้จอบถาก ป้องกันกำจัดหนอนเจาะลำต้นข้าวโพดโดยการหยอดฟูราดาน 3 จี ลงบนส่วนยอดข้าวโพดในระยะก่อนออกดอก อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวตลอดการทดลอง

2.6 ข้อมูลที่ศึกษา

2.6.1 ข้อมูลพืช : ถั่วอาหารสัตว์

1) คุณภาพเมล็ดพันธุ์

2) จำนวนต้นพืช

3) ความสูง

4) ความสามารถในการคลุมพื้นดิน

ข้อ 1) วิธีการศึกษาเช่นเดียวกับระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 (ข้อ 1.6.1 หน้า 66) ข้อ 2) - 4) วิธีการศึกษาเช่นเดียวกับระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 (ข้อ 1.6.2.1 หน้า 66-67) สุ่มบันทึกข้อมูลทุกวันที่ 15 ของเดือน โดยในปีที่ 1 เริ่มวันที่ 15 มิถุนายน-15 พฤศจิกายน 2548 รวมการเก็บข้อมูล 6 ครั้ง/ปี หลังจากนั้นปล่อยให้ถั่วอาหารสัตว์เจริญเติบโตออกดอกผลิตเมล็ดและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตปีที่ 2 ในวันที่ 15 มิถุนายน ถึง 15พฤศจิกายน 2549 รวม 6 ครั้ง

5) ผลผลิตพืชอาหารสัตว์

โดยปีที่ 1 เก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง ในวันที่ 26 สิงหาคม และ 9 ตุลาคม 2548 และ 5 พฤษภาคม 2549 สำหรับในปีที่ 2 เก็บเกี่ยวทั้งหมด 3 ครั้งเช่นเดียวกันกับปีที่ 1 โดยเก็บวันที่ 14 กรกฎาคม 20 สิงหาคม และ 1 ตุลาคม 2549 ตามลำดับ รายละเอียดบรรยายไว้ในวิธีการเรื่องการศึกษาข้อมูลผลผลิตพืชอาหารสัตว์ระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.3.1 (หน้า 68)

6) องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอาหารสัตว์

ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ที่นำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในปีที่ 1ได้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรก (75 วัน หลังปลูก; 25 สิงหาคม 2548) และในปีที่ 2 ได้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของปี คือวันที่ 14 กรกฎาคม 2549 โดยวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังต่อไปนี้

6.1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเนื้อเยื่อพืช

6.2) ปริมาณเยื่อใยหยาบ (crude fiber ; CF)

6.3) ADF และ NDF

6.4) อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon; OC)

ข้อ 6.1) - 6.4) วิธีการปฏิบัติเช่นเดียวกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.4.1 (หน้า 71)

7) อัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์

ศึกษาการย่อยสลายอินทรียวัตถุของถั่วอาหารสัตว์โดยวิธีการฝังกลบลงในดินตามวิธี litter bag method (Lousier and Parkinson, 1976) โดยการสุ่มตัวอย่างพืชถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งแรกของปีที่ 2 (วันที่ 14 กรกฎาคม 2549) นำไปอบที่

อุณหภูมิ 70 °C นาน 48 ชั่วโมง บรรจุพืชที่อบแห้งเรียบร้อยแล้วถุงละ 20 ก. ในถุงตาข่ายที่ทำจากผ้าไนล่อนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตาข่าย 1 มม. เย็บปากถุงให้สนิทแล้วนำไปฝังลงดินลึก 10-15 ซม.ในสภาพแปลงทดลองเป็นเวลา 45 วัน ตามวิธีของ Chairoj and Roongtanakiat (2004) (ภาพที่ 10) เมื่อครบเวลาที่กำหนดเก็บถุงตัวอย่าง แล้วนำตัวอย่างที่เหลือในถุงอบในตู้อบอุณหภูมิ 80 °C เวลา 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งแล้วคำนวณหาอัตราการย่อยสลายจากสูตร

$$\text{อัตราการย่อยสลายของพืช (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักพืชแห้งที่หายไป}}{\text{น้ำหนักพืชแห้งเมื่อเริ่มต้น}} \times 100$$


ภาพที่ 10 การศึกษาอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุของถั่วอาหารสัตว์โดยการฝังกลบลงในดิน

2.6.2 ข้อมูลพืช : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) ความสูง วัดความสูงต้นข้าวโพดที่ปลูกในระบบต่าง ๆ โดยรวบปลายยอดส่วนที่สูงที่สุดแล้วใช้ไม้เมตรวัดจากพื้น สุ่มวัดจำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย แล้วหาค่าเฉลี่ย บันทึกข้อมูลในปีที่ 1 และ 2 ในตำรับทดลองที่ 1 (M-M-M) และในปีที่ 3 (T1-T7) โดยเก็บข้อมูลทุกวันที่ 12 และ 24 ในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม ของทุกปี (พ.ศ. 2548 2549 และ 2550 ตามลำดับ)

2) จำนวนใบ นับจำนวนใบที่คลี่กลางเต็มที่ โดยบันทึกข้อมูลในวันเดียวการกับการวัดความสูงต้นข้าวโพด

3) ปริมาณความเขียวของใบ วัดด้วยเครื่องวัดคลอโรฟิลล์พืช (chlorophyll meter) โดยทำการวัดในวันเดียวกันกับการบันทึกข้อมูลความสูงและจำนวนใบ

ข้อ 2) และ 3) รายละเอียดวิธีการศึกษาได้บรรยายไว้ในการบันทึกข้อมูลข้าวโพด ในระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.2.2 (หน้า 67-68)

4) ผลผลิตเมล็ดและองค์ประกอบผลผลิต การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดข้าวโพด จาก T1(M-M-M) ในปีที่ 1 และ 2 ในวันที่ 11 ตุลาคม 2548 และ 9 ตุลาคม 2549 ตามลำดับ สำหรับปีที่ 3 ทุกตำรับทดลอง (T1-T7) เก็บเกี่ยววันที่ 18 ตุลาคม 2550 ข้าวโพดมีอายุ 115 วัน หลังปลูก บันทึกข้อมูลจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดต่อไร่ โดยวิธีการปฏิบัติเช่นเดียวกับระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.3.2 (หน้า 70) และศึกษาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (shelling percentage)

5) น้ำหนักตอซัง ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักออกจากแปลงในแต่ละฤดูปลูกตามรายละเอียด ในข้อ 4) ชั่งน้ำหนักตอซังภายในพื้นที่เก็บเกี่ยวต่อแปลงย่อย แล้วนำข้อมูลคำนวณเป็นน้ำหนักตอซังต่อพื้นที่ 1 ไร่

6) องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดที่นำมาวิเคราะห์ทางเคมีได้จากการปลูกในปีที่ 3 (21 มิถุนายน 2550) โดยสุ่มจำนวน 4 ต้นต่อแปลงย่อย จากทุกตำรับทดลอง (T1-T7) นำส่วนเหนือดินข้าวโพดที่ปลูกในระยะออกดอก (60 วัน หลังปลูก) โดยวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) วิธีการเตรียมตัวอย่างและวิธีศึกษา ดังรายละเอียดที่บรรยายในการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดในระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.4.2 (หน้า 72)

2.6.3 การเก็บข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง โดยก่อนไถเตรียมดินปลูกพืชทดลอง วันที่ 28 พ.ค. 2548 สุ่มตัวอย่างดินชั้นบนลึก 0-15 ซม. จาก 10-15 จุดต่อซ้ำ แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างดินรวม (composite soil sample) ได้ตัวอย่างดินหนักประมาณ 1-2 กก. (นิภา, 2540 ก) เก็บดินอีกครั้ง

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชครั้งสุดท้ายของทุกปี (เดือนพฤศจิกายน ของปี 2548, 2549 และ 2550 ตามลำดับ) เก็บหน้าดินชั้นบนลึก 0-15 ซม.ในทุกแปลงย่อย โดยสุ่มเก็บจำนวน 4 จุดต่อแปลงย่อย คลุกเคล้าให้เข้ากันให้ได้ประมาณ 1 กก./แปลงย่อย รวมทั้งหมด 28 แปลงย่อย แล้วนำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dry) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.00 มม. สำหรับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ และไนโตรเจนบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในแต่ละตำรับทดลอง ตามวิธีการของทัศนีย์ และ จงรักษ์ (2542) ดังต่อไปนี้

2.6.3.1 สมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย pH OM CEC ปริมาณ Total N Avail. P และ Exch. K

รายละเอียดได้บรรยายไว้ในวิธีการเรื่องการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินจากระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.6.1 (หน้า 74)

2.6.3.2 สมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย

1) ความหนาแน่นรวม

2) อัตราการแทรกซึมน้ำ

3) ปริมาณความชื้นในดิน

การบันทึกข้อมูลด้านกายภาพของดิน โดยเก็บข้อมูลก่อนไถเพื่อเตรียมแปลงทดลอง และหลังการทดลองเก็บข้อมูลในแต่ละแปลงย่อยทุกตำรับทดลอง (28 แปลงย่อย) โดยทำภายหลังการเก็บข้อมูลพืชของทุกปี (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 2549 และ 2550 ตามลำดับ) รายละเอียดได้บรรยายไว้ในวิธีการเรื่องการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดิน จากระบบการปลูกพืชแบบที่ 1 ข้อ 1.6.6.2 (หน้า 75)

4) ประเภทของเนื้อดิน (soil texture) วิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (soil partical size distribution) โดยวิธีไปเปต (pipette method) (Day, 1965) นำผลวิเคราะห์ที่ได้ไปแจกแจงประเภทเนื้อดิน (soil texture class) โดยการเปรียบเทียบกับเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA texture class) (Soil Survey Staff, 1975) ตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์ได้จากที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยศึกษาก่อนการทดลองและเมื่อสิ้นสุดการทดลองในปีที่ 3

5) สีดิน (soil color) โดยใช้ munsell soil color (ยุพาพร, 2546) บันทึกข้อมูลดินก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองในปีที่ 3 โดยปฏิบัติก่อนการสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์หาเนื้อดิน

3. การวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

วิเคราะห์อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลง (ratio of change) ของดินโดยวิธีการคำนวณเลียนแบบอัตราการเปลี่นแปลงของพืช ซึ่งคำนวณจากสูตรที่รายงานโดย ภาคภูมิ (2546ข) อ้างถึง Sighn and Yadava (1974) ดังนี้

$$\text{Ratio of change} = \log [10 \times (\text{post data value} / \text{pre data value})]$$

แล้วนำค่าที่คำนวณได้มาพิจารณา หากค่าที่คำนวณได้ เท่ากับ 1 แสดงว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการทดลอง (เมื่อกำหนดให้ค่าก่อนการทดลองเท่ากับ 1) หากค่าที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้มีการเปลี่ยนแปลงไป ในทางที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการทดลอง หากค่าที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้มีการเปลี่ยนแปลงไป ในทางที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าก่อนการทดลอง

4. ศึกษาค่าดัชนีการเกษตร (agronomic index) ของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด โดยพิจารณาให้คะแนนจากลักษณะที่ปรากฏของพืชต่อปัจจัยสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ตามวิธีของ ประวิตร (ม.ป.ป.) อ้างถึง Humphrey (1981)

5. ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ ประกอบด้วย ต้นทุน รายได้ และรายได้สุทธิ (กำไร)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบค่า F-test โดยวิธี ANOVA และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (least significant difference) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95 % โดยโปนแกรมสำเร็จรูป STATISTIX 8.0 (Analytical Sofware, 2003)

สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดลอง และประวัติพื้นที่ทดลอง

สถานที่ทดลองอยู่ในฟาร์มสัตว์ ภายในพื้นที่ อุทยาน 50 พรรษามหาวชิราลงกรณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร (มก.ฉกส.) ซึ่ง มก.ฉกส. ก่อตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2539 โดยเป็นวิทยาเขตแห่งที่ 4 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตั้งอยู่เลขที่ 59 หมู่ 1 ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร บนทางหลวงหมายเลข 22 (สกลนคร-นครพนม) ห่างจากตัวจังหวัด 19 กม. มีพื้นที่ประมาณ 4,700 ไร่ (นิรนาม, 2547)

ประวัติการใช้ที่ดิน พื้นที่ทดลองเป็นชุดดินโพนพิสัย (Phon Phisai series : Pp) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียวปนลูกรัง จัดว่าเป็นดินตื้นถึงตื้นมาก (ตื้นกว่า 25-50 ซม.) โดยเป็นชุดดินที่ครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดภายใน มก.ฉกส. (1,136 ไร่ หรือ 29.7 %) (นิรนาม, 2547) พื้นที่ทดลองมีการใช้ประโยชน์เป็นแหล่งผลิตอาหารสัตว์คุณภาพดี (หญ้ารูซี่ กินนีสีม่วง ถั่วคาวาลเคด และฮามาต้า) ของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์ จังหวัดสกลนคร ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2538 -2540 และปล่อยทิ้งไว้โดยไม่ได้ใช้ประโยชน์จนกระทั่งเริ่มการทดลองในเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548

2. ห้องปฏิบัติการ

2.1 ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร (มก.ฉกส.)

2.2 ห้องปฏิบัติการวิจัยวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มก.ฉกส.

2.3 ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มก.ฉกส.

2.4 ห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

2.5 ห้องวิเคราะห์ตัวอย่างดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 จังหวัดขอนแก่น

2.6 ห้องปฏิบัติการสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มต้นการทดลองเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548 สิ้นสุดการทดลองเดือน มีนาคม พ.ศ. 2551

ผลและวิจารณ์

ผล

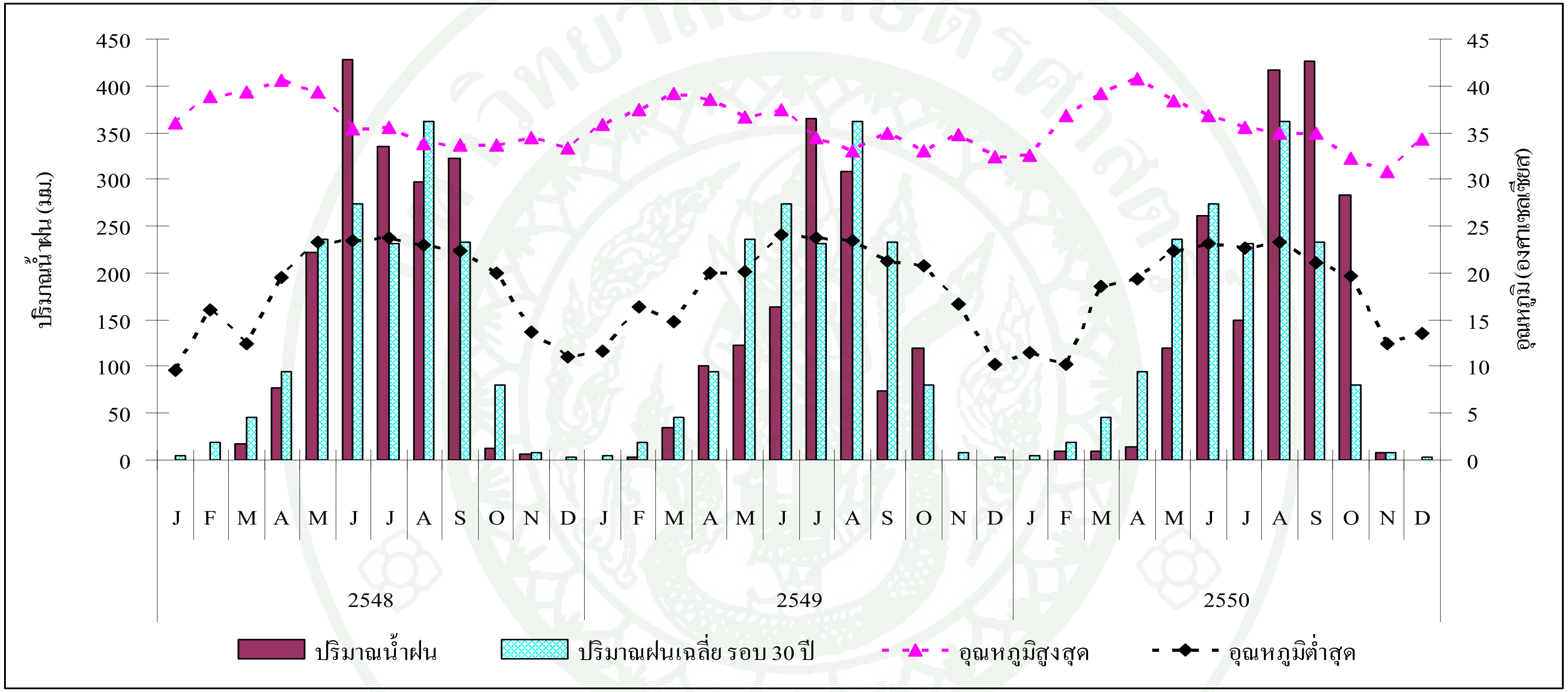
สภาพภูมิอากาศ

จากการบันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่จำเป็นต่อการผลิตพืช ซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด ตลอดการทดลอง คือตั้งแต่เดือนมกราคม 2548-ธันวาคม 2550 โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลเฉลี่ยในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533) จากสถานีตรวจอากาศ จังหวัดสกลนคร ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 1 พบการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ปี 2548 ซึ่งเป็นระยะเริ่มการทดลองมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,719.4 มม./ปี ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี ที่มีค่า 1,586.7 มม./ปี โดยฝนเริ่มตกเล็กน้อยในเดือนมีนาคม และสูงสุดในเดือนมิถุนายน คือ 428.3 มม. ฝนตกหนักติดต่อกันตลอด 4 เดือน คือระหว่างเดือนมิถุนายน-กันยายน และลดลงอย่างมากในเดือนตุลาคม ซึ่งมีค่าเพียง 13.2 มม. สำหรับในปีที่ 2 ของการทดลอง (พ.ศ. 2549) ฝนเริ่มตกเล็กน้อยในเดือนกุมภาพันธ์ และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สูงสุดในเดือนกรกฎาคม คือ 365 มม. โดยใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยรอบ 30 ปี ซึ่งมีค่า 362 มม. ปริมาณฝนลดลงในดือนกันยายนมีเพียง 74 มม. และเพิ่มขึ้นเป็น 119 มม. ในเดือนตุลาคม หลังจากนั้นไม่มีฝนตก โดยมีปริมาณฝนรวมตลอดปี 1,291 มม./ปี ซึ่งต่ำกว่าปี 2548 และค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี อย่างเห็นได้ชัด อย่างไรก็ตามเมื่อเข้าสู่ปีที่ 3 (พ.ศ. 2550) ปริมาณฝนรวมทั้งปีเพิ่มขึ้นเป็น 1,695.6 มม./ปี โดยมีการกระจายน้ำฝนดังนี้ ฝนเริ่มตกหนักในเดือนพฤษภาคม คือ 119 มม. และสูงสุดในเดือนสิงหาคม กันยายน ต่อเนื่องจนถึงตุลาคม โดยมีปริมาณ 417 426.5 และ 283.5 มม./เดือน ตามลำดับ และลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงไม่มีฝนในเดือนพฤศจิกยน และธันวาคม การกระจายตัวของฝน และปริมาณฝนรวมมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยในรอบ 30 ปี คือมีปริมาณฝนรวม 1,587 มม./ปี

สำหรับอุณหภูมิตลอดการทดลองทั้ง 3 ปี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก กล่าวคือ อุณหภูมิสูงสุด ในปี 2548 มีค่าระหว่าง 33.4-40.6 °C โดยสูงสุดในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนธันวาคม ในปี 2549 อุณหภูมิลดลงเล็กน้อย คืออยู่ระหว่าง 32.4-39.2 °C สูงสุดเดือนมีนาคม และต่ำสุดเดือนธันวาคม และสำหรับปี 2550 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายของการทดลอง พบว่า อุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน ซึ่งสูงถึง 40.7 °C และต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน (30.8 °C) สำหรับอุณหภูมิต่ำสุดมีค่า

ระหว่าง 9.6-23.7 °C สำหรับปี 2548 ต่ำสุดในเดือนมกราคม สูงสุดในเดือนกรกฎาคม ส่วนปี 2549 มีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 10.2-24.0 °C ต่ำสุดเดือนธันวาคม และสูงสุดเดือนมิถุนายน และในปี 2550 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการทดลองเห็นว่าอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกับ 2 ปีที่ผ่านมา โดยต่ำที่สุด คือ 10.3 °C ในเดือนกุมภาพันธ์ และสูงที่สุดคือ 23.3 °C ในเดือนสิงหาคม ตามลำดับ



ภาพที่ 11 ลักษณะสภาพภูมิอากาศสำคัญในระหว่างเดือน มกราคม 2548- ธันวาคม 2550 [1/] เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ในรอบ 30 ปี (2504-2533)[2/]

ที่มา: [1/] สถานีตรวจอากาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ; [2/] สำนักงานสถิติจังหวัดสกลนคร (2548)

ระบบที่ 1 การปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน

1. การเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์ก่อนการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ฤดูปลูกที่ 1)

1.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 2 เห็นได้ว่า ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล มีน้ำหนักเมล็ดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเซนโตรมีน้ำหนักสูงสุด เท่ากับ 25.50 มก./เมล็ด ในขณะที่ฮามาต้า และท่าพระสไตโลมีน้ำหนักเพียง 2.93 และ 2.73 มก./เมล็ด อย่างไรก็ตาม ฮามาต้ามีจำนวนเมล็ดที่มีชีวิตต่อไร่ และจำนวนต้นจากเมล็ดที่มีชีวิตต่อไร่ สูงสุด ถึง 1,365,189 เมล็ด/ไร่ และ 188,800 ต้น/ไร่ ในขณะที่เซนโตรมีค่าต่ำสุด และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการตั้งตัวของต้นอ่อนที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังปลูก พบว่า คาวาลเคด มีการตั้งตัวได้สูงสุด คือ 60.8% รองลงมาคือ เซอราโตร 39.3% และฮามาต้าตั้งตัวได้ต่ำสุด คือ 13.8%

ตารางที่ 2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ชนิดพืช	น้ำหนักเมล็ด (มก./เมล็ด)	จำนวนเมล็ดมีชีวิตต่อไร่	จำนวนต้นจากเมล็ดที่มีชีวิตต่อไร่	การตั้งตัวของเมล็ดที่มีชีวิต (%)
ถั่วคาวาลเคด	20.25	197,531	120,000	60.8
ถั่วเซอราโตร	13.56	294,985	116,000	39.3
ถั่วเซนโตร	25.50	156,863	40,800	26.0
ถั่วฮามาต้า	2.93	1,365,189	188,800	13.8
ถั่วท่าพระสไตโล	2.73	732,601	164,320	22.4

1.2 จำนวนต้น

การศึกษาจำนวนต้นถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล รวมถึงพืชธรรมชาติ (แปลงควบคุม) ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การศึกษาที่อายุ 2 6 และ 11 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่อายุ 2 สัปดาห์ หลังปลูก (24 มิถุนายน 2548) ถั่วท่าพระสไตโล มีจำนวนต้นสูงสุดคือ 197 ต้น/ตรม. ในขณะที่พืชธรรมชาติมีจำนวนน้อยที่สุด คือ 13 ต้น/ตรม. จำนวนต้นต่อพื้นที่ของถั่วอาหารสัตว์มีจำนวนลดลงเมื่ออายุมากขึ้น ในขณะที่พืชธรรมชาติมีจำนวนต้นเพิ่มมากขึ้น ที่อายุ 6 และ 11 สัปดาห์ หลังปลูก พืชธรรมชาติ มีจำนวนต้นสูงใกล้เคียงกับถั่วฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโล และสูงกว่าถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีจำนวนต่ำสุด ที่อายุ 17 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง เห็นได้ว่า พืชธรรมชาติ และถั่วฮามาต้า มีจำนวนต้นสูงใกล้เคียงกันคือ 111 และ 105 ต้น/ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่เหลือโดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีจำนวนต่ำสุดเพียง 15 ต้น/ตร.ม. และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งการเก็บข้อมูลที่อายุ 24 และ 32 สัปดาห์ หลังปลูก พบว่า พืชทุกชนิดมีจำนวนต้นต่อพื้นที่ลดลง และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วฮามาต้ามีจำนวนต้นสูงสุด คือ 63 และ 31 ต้น/ตรม. ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วคาวาลเคดต้นตายทั้งแปลง อย่างไรก็ตามในเดือน เมษายน 2549 (ที่อายุ 42 สัปดาห์ หลังปลูก) พืชทุกชนิดมีจำนวนต้นเพิ่มขึ้น และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยถั่วฮามาต้ามีจำนวนต้นเก่ารวมต้นที่งอกใหม่สูงถึง 919 ต้น/ตร.ม. ในขณะที่ถั่วคาวาลเคดมีจำนวนต้นที่งอกใหม่ 66 ต้น/ตรม. ตามลำดับ ส่วนถั่วเซนโตรมีจำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่น้อยที่สุดคือ 9 ต้น/ตร.ม. (ภาพที่ 12)

ตารางที่ 3 จำนวนต้นพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548- พฤษภาคม 2549

ตำรับ ทดลอง [2]	จำนวนต้นพืช (ต้น/ตร.ม.) /สัปดาห์ หลังปลูก (วัน/เดือน/ปี) [1]						
	2 (24/6/48)	6 (22/7/48)	11 (25/8/48)	17 (7/9/48)	24 (3/12/48)	32 (27 /1/49)	42 (6 /4/49)
N+M+M	13e	163a	223a	111a	35b	14b	379b
Ca+M+M	92c	73ab	75bc	37c	25b	0d	66c
S+M+M	86c	53b	73bc	37c	26b	15b	34c
Ce+M+M	50d	34b	26c	15d	11c	9c	9c
H+M+M	140b	116ab	118ab	74b	63a	31a	919a
T+M+M	197a	100ab	103ab	105a	70a	15b	44c
F-test	*	*	*	**	*	*	**
C.V. =	20.2 %	21.8 %	23.7 %	23.0 %	22.6 %	16.5 %	16.1 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 9 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลอง โดยที่

N+M+M คือ พืชธรรมชาติ+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Ca+M+M คือ ถั่วคาวาลเคด+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

S+M+M คือ ถั่วเซอราโตร+ข้าวโพดเลี้ยง+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Ce+M+M คือ ถั่วเซนโตร+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

H+M+M คือ ถั่วฮามาต้า+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

T+M+M คือ ถั่วท่าพระสไตโล+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ภาพที่ 12 การเจริญเติบโตของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ในระหว่างเดือน ธันวาคม 2548-พฤษภาคม 2549

ก) สภาพแปลงทดลองในเดือน มกราคม-มีนาคม 2549

ข) เมล็ดถั่วคาวาลเคดที่ร่วงลงดิน ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549

ค) การงอกของต้นกล้าถั่วคาวาลเคดในเดือนเมษายน 2549

ง) การงอกของต้นกล้าถั่วฮามาต้า ในเดือนเมษายน 2549

จ) การงอกของต้นกล้าพืชธรรมชาติ ในเดือนเมษายน 2549

ฉ) การเจริญเติบโตของพืชในสภาพแปลงทดลอง ในเดือนพฤษภาคม 2549

1.3 ความสูง

การศึกษาความสูงถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงพืชธรรมชาติ ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548- พฤษภาคม 2549 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการศึกษาที่อายุ 2 6 11 17 24 32 และ 42 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยที่ระยะ 2 สัปดาห์ หลังปลูก เห็นได้ว่าถั่วคาวาลเคดมีความสูงมากที่สุด คือ 10 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีความสูงต่ำสุดเพียง 3 ซม. เมื่ออายุมากขึ้นพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการปรับตัวได้แตกต่างกัน โดยที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังปลูก ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนเห็นได้ว่าถั่วเซอราโตร คาวาลเคด และท่าพระสไตโล มีความสูงใกล้เคียงกันคือ 106 97 และ 96 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอีก 2 ชนิดที่เหลือ และพืชธรรมชาติ ในช่วงปลายฤดูฝนการบันทึกข้อมูลที่ 17 สัปดาห์ หลังปลูก พบว่า ถั่วคาวาลเคด และเซอราโตร สามารถปรับตัวได้ดีจึงมีความสูงใกล้เคียงกันคือระหว่าง 82 และ 79 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วเซนโตร และถั่วฮามาต้า ซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกัน คือ 46 และ 49 ซม. เมื่อเข้าสู่ช่วงแล้งที่อายุ 24 สัปดาห์ หลังปลูก เห็นได้อย่างชัดเจนว่าพืชอาหารสัตว์ทุกชนิดมีการเจริญเติบโตลดลง โดยถั่วเซอรามีความสูงมากที่สุดคือ 48 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วคาวาวาลเคดที่มีความสูงเพียง 5 ซม. และที่อายุ 32 สัปดาห์ หลังปลูก ไม่สามารถเก็บข้อมูลถั่วคาวาลเคดได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเข้าสู่ช่วงต้นฤดูฝนปีที่ 2 จากการเก็บข้อมูลที่อายุ 42 สัปดาห์ หลังปลูก เห็นได้ว่าถั่วเซอราโตร พืชธรรมชาติ และถั่วเซนโตร สามารถปรับตัวได้ดีจึงมีความสูงใกล้เคียงกัน คือ 22 19 และ18 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วคาวาลเคด ฮามาต้า และท่าพระสไตโลซึ่งมีความสูงใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 7-11 ซม.

ตารางที่ 4 ความสูงของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549

ตำรับ ทดลอง [2]	ความสูง (ซม.)/ สัปดาห์ หลังปลูก (วัน/เดือน/ปี) [1]						
	2 (24/6/48)	6 (22/7/48)	11 (25/8/48)	17 (7/9/48)	24 (3/12/48)	32 (27 /1/49)	42 (6 /4/49)
N+M+M	6b	28b	50b	58ab	26bc	29ab	19a
Ca+M+M	10a	44a	97a	82a	5d	0d	11bc
S+M+M	7b	33b	106a	79ab	48a	24ab	22a
Ce+M+M	6b	15c	14c	46b	23c	16b	18ab
H+M+M	3c	25bc	48b	49b	23c	9cd	9c
T+M+M	5bc	33b	96a	57ab	39ab	31a	7c
F-test	**	**	**	**	**	**	**
C.V. =	16.7 %	14.6 %	16.2 %	26.8 %	37.0 %	35.2 %	27.1 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

1.3 การคลุมดิน

การศึกษาความสามารถในการคลุมดินของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงพืชธรรมชาติ ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ที่อายุ 2 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วคาวาลเคด และเซอราโตร มีการเจริญเติบโตได้เร็วจึงคลุมดินได้สูงถึง 39 และ 41 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากถั่วชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะพืชธรรมชาติ ซึ่งคลุมดินต่ำสุดเพียง 10 % ถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด รวมถึงพืชธรรมชาติมีการเจริญเติบโตได้ดีมาก โดยที่อายุ 6 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง เห็นได้ว่าถั่วคาวาลเคด และเซอราโตร คลุมดินได้สูงถึง 95 และ 90% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่คลุมดินได้น้อยที่สุด คือ 44% และที่ 11 หลังปลูก ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และพืชธรรมชาติคลุมดินได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิด ยกเว้นถั่วเซนโตรคลุมดินได้สูงถึง 94-100% ใกล้เคียงกับพืชธรรมชาติ ในขณะที่ถั่วเซนโตรคลุมดินต่ำสุดเพียง 50% ที่ 17 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด และพืชธรรมชาติสามารถคลุมพื้นดินได้สูงถึง 85-93% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเซนโตรที่คลุมพื้นที่ได้ต่ำสุดเพียง 29% เมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งพืชธรรมชาติ และถั่วเกือบทุกชนิดมีการเจริญเติบโตลดลง โดยที่อายุ 24 สัปดาห์ หลังปลูก พืชธรรมชาติมีการคลุมดินสูงสุดคือ 40% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเซอราโตรที่คลุมดินได้ต่ำสุดเพียง 24% ถั่วเซอราโตร และท่าพระสไตโลสามารถปรับตัวได้ดีที่สุดในฤดูแล้ง โดยที่อายุ 32 สัปดาห์ หลังปลูก สามารถคลุมดินสูงสุดคือ 36 และ 29% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วคาวาลเคดซึ่งต้นตายทั้งแปลง อย่างไรก็ตามเมื่อได้รับความชื้นจากน้ำฝนในปีที่ 2 (พฤษภาคม 2549) ที่อายุ 42 สัปดาห์ หลังปลูก พืชธรรมชาติ ถั่วเซอราโตร และถั่วฮามาต้า สามารถคลุมดินได้สูงถึง 93 85 และ 78% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วท่าพระสไตโลที่มีการคลุมดินต่ำสุด และใกล้เคียงกับถั่วเซนโตร คือ 26 และ 30% ตามลำดับ สำหรับถั่วคาวาลเคดต้นใหม่ที่งอกคลุมดินได้ 49%

ตารางที่ 5 การคลุมดินของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549

ตำรับ ทดลอง [2]	ความสามารถในการคลุมพื้นดิน (%) /สัปดาห์ หลังปลูก (วัน/เดือน/ปี) [1]						
	2 (24/6/48)	6 (22/7/48)	11 (25/8/48)	17 (7/9/48)	24 (3/12/48)	32 (27 /1/49)	42 (6 /4/49)
N+M+M	10c	86b	96a	90a	40a	8d	93a
Ca+M+M	39a	95a	100a	85a	26ab	0d	49b
S+M+M	41a	90ab	100a	93a	34ab	36a	85a
Ce+M+M	14bc	44d	50b	29b	24b	21b	30bc
H+M+M	18b	74c	94a	91a	39a	11c	78a
T+M+M	20b	82bc	98a	85a	25ab	29ab	26c
F-test	*	**	**	*	*	*	*
C.V. =	21.9 %	6.8 %	5.1 %	10.5 %	26.5 %	32.6 %	21.3 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

2. การเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน

2.1 การเจริญเติบโตของพืชอาหารสัตว์ก่อนตัดคลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ศึกษาข้อมูลการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนต้น ความสูง และการคลุมดินของถั่วอาหารสัตว์ และพืชธรรมชาติก่อนตัดคลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน ใน 2 ฤดูปลูก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 6 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เมล็ดพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ที่ร่วงหล่นลงในแปลงเดิมจากฤดูปลูกที่ 1เมื่อได้รับความชื้นในฤดูปลูกที่ 2 (เดือนพฤษภาคม 2549) งอกเป็นต้นใหม่จำนวนมากและพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยถั่วฮามาต้ามีจำนวนต้นสูง คือ 462 ต้น/ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีจำนวนต้นเพียง 5 ต้น/ตร.ม

พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งสำหรับความสูงของพืชชนิดต่างๆ โดยถั่วเซนโตรมีความสูงมากที่สุด คือ 74 ซม. ในขณะที่ถั่วฮามาต้ามีความสูงต่ำสุดเพียง 24 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์อื่น ๆ

ความสามารถในการคลุมพื้นดินของพืชมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยถั่วเซอราโตร และพืชธรรมชาติคลุมดินสูงถึง 100% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วคาวาลเคด ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ที่คลุมดินได้ใกล้เคียงกัน คือ 66 56 และ 56% ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วเซนโตรคลุมดินต่ำกว่าถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมา คือ 39% แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

สำหรับปี พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นฤดูปลูกที่ 3 จากการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนต้น ความสูง และการคลุมดินของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดโดยไม่ไถพรวนดิน พบแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ถั่วฮามาต้าที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) มีจำนวนต้นที่งอกใหม่รวมถึงต้นเก่าขึ้นอย่างหนาแน่น โดยก่อนการตัดคลุมแปลงในวันที่ 24 มิถุนายน 2550 มีจำนวนต้นสูงถึง 2,733 ต้น/ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงพืชธรรมชาติ ส่วนถั่วเซนโตรมีจำนวนต้นต่ำสุด เพียง 19 ต้น/ตร.ม.

ในส่วนของความสูงเห็นว่าถั่วเซอราโตร และเซนโตรมีความสูงใกล้เคียงกันคือ 38 และ 39 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอีก 3 ชนิดซึ่งมีความสูงระหว่าง 20-28 ซม.

เมื่อพิจารณาถึงการคลุมดินภายใต้สภาพการปลูกพืชร่วมกัน เห็นได้ว่าแปลงควบคุม ถั่วคาวาลเคด ฮามาต้า และเซอราโตร สามารถคลุมดินสูงใกล้เคียงกันคือ 84 78 75 และ 60% ตามลำดับ ส่วนถั่วท่าพระสไตโลคลุมดินได้น้อยที่สุดคือ 18% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากถั่วเซนโตร

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ก่อนตัดคลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในฤดูปลูกที่ 2 (ปี พ.ศ. 2549) และฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)

ตำรับทดลอง [2]	จำนวนต้นพืช [1] (ต้น/ตร.ม.)	ความสูง [1] (ซม.)	การคลุมดิน [1] (%)
ฤดูปลูกที่ 2 (4 มิ.ย. 2549)			
N+M+M	269b	33d	100a
Ca+M+M	37c	40cd	66bc
S+M+M	25c	65b	100a
Ce+M+M	5c	74a	39c
H+M+M	462a	24e	56c
T+M+M	26c	45c	56c
F-test	**	**	**
C.V. =	21.5 %	17.9 %	17.9 %
ฤดูปลูกที่ 3 (24 มิ.ย.2550)			
N+M+M	760b	31bc	84a
Ca+M+M	331c	28cd	78a
S+M+M	66d	38ab	60a
Ce+M+M	13d	39a	24b
H+M+M	2,733a	20e	75a
T+M+M	190cd	23de	18b
F-test	**	**	**
C.V. =	21.8 %	16.6 %	20.5 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

2.2 การเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.2.1 จำนวนต้น

ศึกษาการเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์จำนวน 5 ชนิด ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในด้านจำนวนต้น จากทั้ง 2 ฤดูปลูก แสดงผลการทดลองในตารางที่ 7 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549) หลังจากตัดพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดคลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดทับโดยไม่ไถพรวนดิน และปล่อยให้พืชเจริญเติบโตร่วมกัน เห็นได้ว่าทุกช่วงที่ศึกษา คือ 4 9 14 19 และ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยถั่วฮามาต้าที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด (H+M+M) มีจำนวนต้นสูงสุดตลอดการศึกษาแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ โดยมีจำนวนต้น 294 251 165 158 และ 151 ต้น/ตร.ม. สำหรับอายุ 4 9 14 19 และ 24 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วเซนโตรที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (Ce+M+M) มีจำนวนต้นต่อพื้นที่น้อยที่สุดตลอดการศึกษา คือ 9 11 12 7 และ 8 ต้น/ตร.ม. สำหรับอายุ 4 9 14 19 และ 24 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ

ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550) การตัดถั่วอาหารสัตว์ และพืชธรรมชาติ คลุมแปลงเดิมเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนตำรับทดลองเดิมจากฤดูปลูกที่ 1 และ 2 จากการศึกษาที่ระยะเวลา 4 9 และ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พบว่าจำนวนต้นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ 4 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลงถั่วฮามาต้ามีจำนวนต้นสูงสุดถึง 2,175 ต้น/ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากพืชธรรมชาติ และถั่วอีก 4 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดซึ่งมีจำนวนต้นต่ำสุดคือ 17 ต้น/ตร.ม. จำนวนต้นต่อพื้นที่ของพืชทุกชนิดมีจำนวนลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น โดยที่ 9 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติมีจำนวนต้นสูงสุด คือ 804 ต้น/ตร.ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีจำนวนต้นเพียง 13 ต้น/ตร.ม. และที่อายุ 14 และ 18 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติ และถั่วฮามาต้า มีจำนวนต้นสูงใกล้เคียงกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีจำนวนต้นน้อยที่สุด

ตารางที่ 7 จำนวนต้นพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

	จำนวนต้นพืช (ต้น/ตร.ม.) / ระยะเวลา หลังตัดคลุมแปลง (สัปดาห์) [1/]								
	ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					ฤดูปลูกที่ 3 (2550)			
ตำรับทดลอง [2]	4 (2 ก.ค.)	9 (6 ส.ค.)	14 (10 ก.ย.)	19 (19 ต.ค.)	24 (23 พ.ย.)	4 (22 ก.ค.)	9 (26 ส.ค.)	14 (30 ก.ย.)	18 (28 ต.ค.)
N+M+M	198b	241a	147a	122b	116b	913b	804a	138a	161a
Ca+M+M	101c	49b	48b	45c	42c	248c	128c	93b	70b
S+M+M	12d	18bc	18c	8d	10d	36d	19d	10c	11c
Ce+M+M	9d	11c	12c	7d	8d	17d	13d	17c	17c
H+M+M	294a	251a	165a	158a	151a	2,175a	687b	149a	152a
T+M+M	19d	20bc	16c	13d	11d	77d	50cd	20c	20c
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	*
C.V.=	13.7 %	24.3 %	17.8 %	25.9 %	23.9 %	15.9 %	22.4 %	19.1 %	20.1 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%; [2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

2.2.2 ความสูง

การเจริญเติบโตด้านความสูงถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยง สัตว์ รวมทั้งพืชธรรมชาติที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด จากทั้ง 2 ฤดูปลูก แสดงไว้ในตารางที่ 8 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความสูงของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด ในฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม-พฤศจิกายน 2549 จากการศึกษาที่อายุ 4 9 14 19 และ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ 4 สัปดาห์ ถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีความสูงมากที่สุดคือ 53 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญาทางสถิตกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีความสูงต่ำสุดเพียง 27 ซม. ถั่วเซอราโตรที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดมีความสูงสม่ำเสมอโดยที่ 9 และ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง มีความสูง 65 และ 98 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับตำรับทดลงอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีความสูงน้อยที่สุด คือ 38 และ 46 ซม. สำหรับ 9 และ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลงตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ปลายฤดูฝน (เดือนตุลาคม) เห็นได้ว่าพืชทุกชนิดมีความสูงลดลง แต่อย่างไรก็ตาม ถั่วเซอราโตรยังมีความสูงมากที่สุด และถั่วฮามาต้ามีความสูงน้อยที่สุดแตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยที่ 19 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ถั่วเซอราโตรมีความสูงมากที่สุดคือ 77 ซม. และถั่วฮามาต้าสูง 42 ซม. และที่อายุ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูหนาวถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด มีการเจริญลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยถั่วท่าพระสไตโลที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (T+M+M) มีความสูงมากที่สุดใกล้เคียงกับพืชธรรมชาติ คือ 44 และ 51 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือที่มีความสูงระหว่าง 26-37 ซม.

ในช่วงฤดูปลูกที่ 3 ระหว่างเดือน มิถุนายน-ตุลาคม 2550 ถั่วอาหาสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงพืชธรรมชาติที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ 4 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติ และถั่วเซนโตร มีความสูงใกล้เคียงกันคือระหว่าง 38 และ 34 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ที่มีความสูงต่ำสุดคือ 16 และ 19 ซม. ตามลำดับ ผลการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันตลอดการศึกษา โดยในเดือนสิงหาคม (9 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง) พืชธรรมชาติ ถั่วคาวาลเคด ถั่วเซอราโตร และถั่วเซนโตรที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดมีความสูงใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 44-54 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโลที่มีความสูงใกล้เคียงกัน คือ

28 และ 32 ซม. ตามลำดับ และที่อายุ 14 และ 18 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติ และถั่วเซนโตรที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงมากกว่าถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีความสูงเพียง 40 และ 46 ซม.ตามลำดับ สำหรับ 14 และ 18 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง

ตารางที่ 8 ความสูงของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

	ความสูง (ซม.) / ระยะเวลา หลังตัดคลุมแปลง (สัปดาห์) [1]								
	ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					ฤดูปลูกที่ 3 (2550)			
ตำรับทดลอง [2]	4 (2 ก.ค.)	9 (6 ส.ค.)	14 (10 ก.ย.)	19 (19 ต.ค.)	24 (23 พ.ย.)	4 (22 ก.ค.)	9 (26 ส.ค.)	14 (30 ก.ย.)	18 (28 ต.ค.)
N+M+M	45ab	52b	56cd	45cd	51a	38a	54a	68a	75a
Ca+M+M	39bc	48bc	58cd	53bcd	31c	28bc	46a	54bc	65ab
S+M+M	53a	65a	98a	77a	37bc	28bc	44ab	54bc	64ab
Ce+M+M	38bc	45bc	80b	58bc	27c	34ab	48a	63ab	71a
H+M+M	27c	38c	46d	42d	26c	16d	28c	40d	46c
T+M+M	37bc	49b	64bc	62b	44ab	19cd	32bc	47cd	55bc
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C.V.=	20.3 %	14.1 %	16.3 %	17.0 %	23.9 %	23.0 %	19.1 %	15.5 %	14.4 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

2.2.3 การคลุมพื้นดิน

การเจริญเติบโตทางด้านการคลุมดินของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549) และฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550) แสดงในตารางที่ 9 โดยมีรายละเอียดดังนี้

ที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ในฤดูปลูกที่ 2 พืชธรรมชาติ (N+M+M) ถั่วฮามาต้า (H+M+M) และถั่วเซอราโตร (S+M+M) สามารถคลุมดินได้สูงถึง 90 88 และ 83% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่นๆ ที่เหลือ โดยเฉพาะส่วนถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ที่คลุมดินได้น้อยที่สุดเพียง 30% ถั่วฮามาต้าเจริญเติบโตได้ดีในช่วงฤดูฝนโดยที่อายุ 9 และ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง สามารถคลุมดินได้สูงถึง 80 และ 91 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่คลุมดินต่ำสุดเพียง 24 และ 28 % สำหรับอายุ 9 และ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ตามลำดับ พืชอาหารสัตว์ทุกชนิดมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออายุมากขึ้น โดยที่อายุ 19 และ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติและถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดคลุมแปลงได้ใกล้เคียงกันคือระหว่าง 45-60% และ 68- 53% สำหรับที่อายุ 19 และ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ตามลำดับ ยกเว้นถั่วเซนโตรที่เจริญร่วมกับข้าวโพดคลุมดินได้ต่ำสุดคือ 20 และ 28% สำหรับที่อายุ 19 และ 24 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชชนิดอื่น ๆ

การปลูกข้าวโพดทับบนแปลงพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์เดิมในปีที่ 2 (ฤดูปลูกที่ 3) พบว่าในช่วงแรกของการศึกษา คือที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง พืชธรรมชาติที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดคลุมดินได้สูงสุดและใกล้เคียงกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) คือ 85 และ 78% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วท่าพระสไตโลที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด (T+M+M) ซึ่งคลุมดินได้เพียง 10 % พืชธรรมชาติ ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้าที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดมีการเจริญเติบโตดีสม่ำเสมอสามารถคลุมดินได้ดีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ โดยที่อายุ 9 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลงคลุมดินได้ระหว่าง 90-98% ที่อายุ 14 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง คลุมดินระหว่าง 80-88% ตามลำดับ และที่อายุ 18 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง คลุมดินได้สูงถึง 85-95% ในขณะที่ถั่วท่าพระสไตโลคลุมดินได้เพียง 19 15 และ 20 % สำหรับที่อายุ 9 14 และ 18 สัปดาห์ หลังตัดคลุมแปลง ตามลำดับ

ตารางที่ 9 การคลุมดินพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง [2]	ความสามารถในการคลุมดิน (%) /ระยะเวลา หลังตัดคลุมแปลง (สัปดาห์) [1]								
	ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					ฤดูปลูกที่ 3 (2550)			
	4 (2 ก.ค.)	9 (6 ส.ค.)	14 (10 ก.ย.)	19 (19 ต.ค.)	24 (23 พ.ย.)	4 (22 ก.ค.)	9 (26 ส.ค.)	14 (30 ก.ย.)	18 (28 ต.ค.)
N+M+M	90a	83a	84b	46a	60a	85a	95a	80a	85a
Ca+M+M	70b	50b	58b	45a	53a	78ab	90a	85a	91a
S+M+M	83a	53b	60b	60a	68a	48c	59b	35b	40b
Ce+M+M	30c	24c	28c	20b	28b	24d	29c	24bc	28b
H+M+M	88a	80a	91a	55a	64a	66b	98a	88a	95a
T+M+M	59c	38b	66b	58a	65a	10d	19c	15c	20b
F-test	*	*	*	*	*	*	*	**	*
C.V.=	20.4 %	23.4 %	16.2 %	22.8 %	26.3 %	22.8 %	18.8 %	21.2 %	23.3%

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

3. ผลผลิต

3.1 ผลผลิตน้ำหนักแห้งของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกทดสอบในสภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1

ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ซึ่งปลูกบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 10 และภาพที่ 13 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 25 สิงหาคม 2548 ซึ่งพืชมีอายุ 78 วัน หลังปลูก ปรากฏว่าน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด อยู่ระหว่าง 186-534 กก./ไร่ และเซนโตรให้น้ำหนักแห้งต่ำสุด คือ 186 กก./ไร่ ในขณะที่คาวาลเคดให้น้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 534 กก./ไร่ และพบว่าถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดให้น้ำหนักแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้ ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้าให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ถั่วท่าพระสไตโลและถั่วเซอราโตรให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ถั่วเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงควบคุม

การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 9 ตุลาคม 2548 ที่อายุ 45 วัน หลังตัดครั้งแรก เห็นได้ว่า ถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดใกล้เคียงกันคือ 311 และ 306 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่ว 3 ชนิดที่เหลือ รวมทั้งพืชธรรมชาติ โดยถั่วเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 100 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ

หลังผ่านช่วงฤดูแล้งเข้าสู่ต้นฤดูฝนปีที่ 2 คือวันที่ 9 พฤษภาคม 2549 การเก็บเกี่ยวผลผลิตพืชอาหารสัตว์ครั้งที่ 3 เห็นได้ว่าถั่วเซอราโตรให้ผลผลิตสูงสุดคือ 144 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากชนิดอื่นๆ ที่เหลือ รองลงมาคือถั่วฮามาต้าที่ให้ผลผลิต 85 กก./ไร่ ในขณะที่ถั่วคาวาลเคดไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

สำหรับผลผลิตรวม 3 ครั้ง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เห็นได้ว่าถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตสูงสุด คือ 840 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ที่ให้ผลผลิต

น้ำหนักแห้งใกล้เคียงกันคือ 779 และ 725 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับถั่วเซนโตรให้ผลผลิตรวมจากการตัดทั้ง 3 ครั้งต่ำสุดคือ 309 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงพืชธรรมชาติที่มีน้ำหนักแห้งรวม 505 กก./ไร่

ตารางที่ 10 ผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549

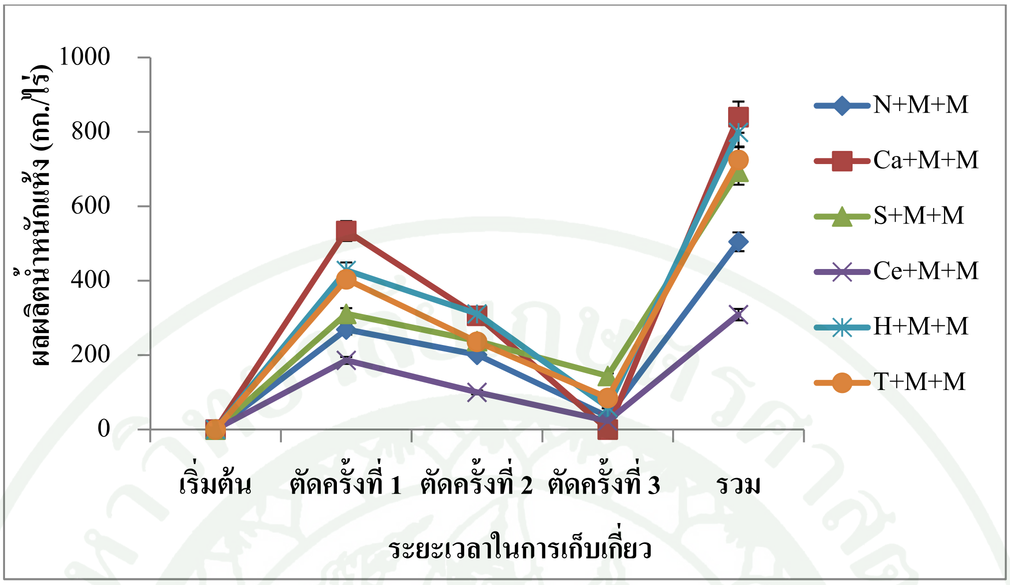
ตำรับทดลอง [2/] / (วัน-เดือน-ปี)	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]			
	ครั้งที่ 1 (25 ส.ค. 2548)	ครั้งที่ 2 (9 ต.ค. 2548)	ครั้งที่ 3 (9 พ.ค. 2549)	ผลผลิตรวม (กก./ไร่)
N+M+M	269cd	201b	35d	505c
Ca+M+M	534a	306a	0e	840a
S+M+M	311bc	238b	144a	693b
Ce+M+M	186d	100c	23d	309d
H+M+M	428ab	311a	60c	799ab
T+M+M	404b	236b	85b	725ab
F-test	*	*	*	**
C.V. =	21.8 %	18.7 %	22.6 %	14.3 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 13 ผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ จากการตัด 3 ครั้ง

3.2 ผลผลิตและปริมาณการสะสมไนโตรเจนของพืชอาหารสัตว์ที่ตัดคลุมแปลงก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อเข้าสู่ฤดูปลูกที่ 2 ในวันที่ 4 มิถุนายน 2549 และฤดูปลูกที่ 3 วันที่ 24 มิถุนายน 2550 ตัดพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด คลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน โดยผลผลิตของพืชที่ตัดคลุมแปลง และปริมาณการสะสมไนโตรเจนในพืชแสดงในตารางที่ 11 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในฤดูปลูกที่ 2 ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมทั้งพืชธรรมชาติให้ผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยถั่วฮามาต้ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 312 กก./ไร่ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วท่าพระสไตโลที่ให้ผลผลิต 281 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเซอราโตร พืชธรรมชาติ และถั่วคาวาลเคด ที่มีผลผลิตใกล้เคียงกันคือระหว่าง 198-240 กก./ไร่ ในขณะที่ถั่วเซนโตรมีผลผลิตต่ำสุดคือ 98 กก./ไร่

สำหรับผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ที่ตัดคลุมแปลงก่อนปลูกข้าวโพดทับในฤดูปลูกที่ 3 พบว่าถั่วคาวาลเคดที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (Ca+M+M) มีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดใกล้เคียงกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) และพืชธรรมชาติ (N+M+M) คือ 141 138 และ 134 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอีก 3 ชนิด ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 42-69 กก./ไร่

เมื่อนำผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชอาหารสัตว์ที่ได้คำนวณเป็นปริมาณการสะสมไนโตรเจน เห็นได้ว่าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ รวมถึงพืชธรรมชาติที่ตัดคลุมแปลงมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนเป็นในแนวทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักแห้ง กล่าวคือ ในปีฤดูปลูกที่ 2 (มิถุนายน 2549) ถั่วฮามาต้าที่ตัดคลุมแปลงมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนสูงสุด และใกล้เคียงกับถั่วท่าพระสไตโล คือ 9.20 และ 8.28 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชธรรมชาติ และถั่วชนิดอื่นๆ ที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ที่มีการสะสมไนโตรเจนต่ำสุดเพียง 2.25 กก./ไร่

สำหรับฤดูปลูกที่ 3 ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และพืชธรรมชาติมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่าถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้าที่เจริญร่วมกับข้าวโพด มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนใกล้เคียงกันคือ 3.65 และ 4.05 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากพืชชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วเซนโตร และท่าพระสไตโลที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (T+M+M) ซึ่งมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนต่ำสุดเพียง 0.95 และ 1.15 กก./ไร่

ตารางที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และการสะสมไนโตรเจนของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ก่อนตัดคลุมแปลงเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 (ปี พ.ศ. 2549 และ 2550)

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]		ปริมาณการสะสมไนโตรเจน (กก./ไร่) [1]	
	4 มิ.ย. 2549	24 มิ.ย. 2550	4 มิ.ย. 2549	24 มิ.ย. 2550
N+M+M	200bc	134a	4.68c	2.83b
Ca+M+M	198c	141a	4.50c	3.65a
S+M+M	240bc	69b	6.68b	1.93c
Ce+M+M	98d	42b	2.25d	0.95d
H+M+M	312a	138a	9.20a	4.05a
T+M+M	281ab	42b	8.28ab	1.15d
F-test	**	**	**	**
C.V. =	19.0 %	19.8 %	21.5 %	20.8 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

3.3 ผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน

ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ระหว่างเดือนมิถุนายน 2549-พฤศจิกายน 2550 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 และภาพที่ 14 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1 ในวันที่ 5 กรกฎาคม 2549 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลองเห็นได้ว่า ถั่วฮามาต้าที่เจริญบนแปลงปลูกข้าวโพด (H+M+M) ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 374 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด (Ce+M+M) ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุดเพียง 48 กก./ไร่ และต่ำกว่าพืชธรรมชาติ (N+M+M) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 ฤดูปลูกที่ 2 วันที่ 18 สิงหาคม 2549 พบว่าถั่วฮามาต้า ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงใกล้เคียงกัน คือ 241 234 และ 222 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุดเพียง 63 กก./ไร่

สำหรับผลผลิตน้ำหนักแห้งจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ฤดูปลูกที่ 2 วันที่ 9 ตุลาคม 2549 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ถั่วฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโลที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกัน คือ 397 และ 371 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่มีผลผลิตต่ำสุด คือ 100 กก./ไร่

เมื่อพิจารณาผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมจากเก็บเกี่ยวในฤดูปลูกที่ 2 พบว่า ถั่วฮามาต้าที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้ผลผลิตสูงถึง 1,012 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากระบบการปลูกถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งมีผลผลิตรวม 896 กก./ไร่ และสำหรับถั่วเซนโตรที่เจริญร่วมกับข้าวโพดให้ผลผลิตต่ำสุด คือ 211 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วฮามาต้า ท่าพระสไตโล และคาวาลเคด และพืชธรรมชาติ ตามลำดับ (ภาพที่ 14 ก)

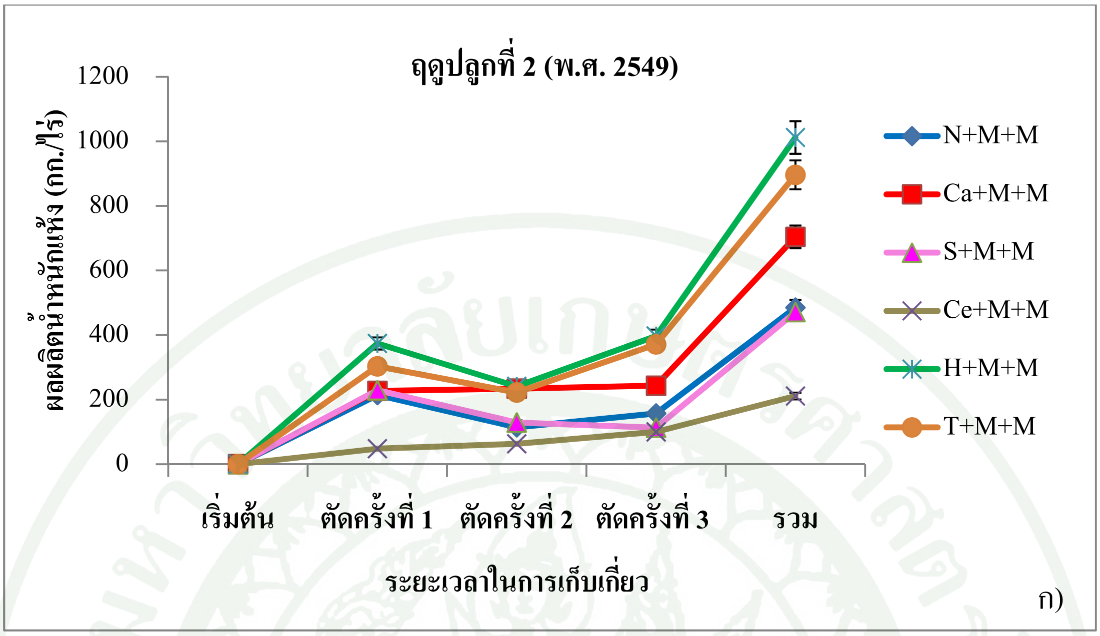
การเก็บข้อมูลผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 2 (ฤดูปลูกที่ 3) จากการเก็บข้อมูลผลผลิตเพื่อเป็นอาหารสัตว์รวม 3 ครั้ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีรายละเอียดคือ ถั่วคาวาลเคด ถั่วฮามาต้า และพืชธรรมชาติที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตรวมสูงใกล้เคียงกัน คือ 689 659 และ 607 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วเซอราโตร เซนโตร และท่าพระสไตโลที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งให้ผลผลิตรวมใกล้เคียงกันคือระหว่าง 99-174 กก./ไร่ และเมื่อพิจารณาถึงการกระจายผลผลิต

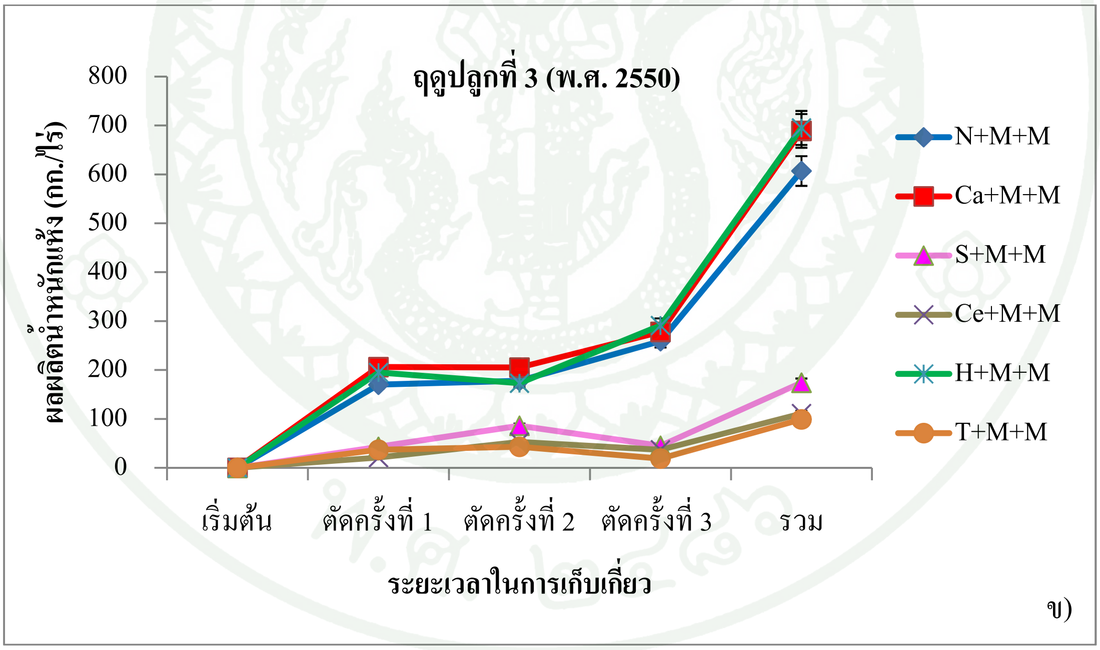
พบว่า การเก็บเกี่ยวครั้งแรก วันที่ 10 สิงหาคม 2550 ถั่วคาวาลเคดที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด มีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับถั่วฮามาต้าที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด คือ 206 และ 195 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่เหลือโดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ 21 กก./ไร่ และจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 วันที่ 24 กันยายน 2550 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่า พืชธรรมชาติ ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้า ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 173-205 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่นที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วท่าพระสไตโลซึ่งมีผลผลิตต่ำ คือ 43 กก./ไร่ และการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 3 วันที่ 15 พฤศจิกายน 2550 ผลการทดลองเป็นไปในลักษณะเดียวกันครั้งที่ 2 กล่าวคือ ถั่วฮามาต้า ถั่วคาวาลเคด และพืชธรรมชาติ ที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้ผลผลิตแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 291 278 และ 259 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนถั่วท่าพระสไตโลที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุดคือ 19 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับถั่วเซอราโตร และเซนโตร ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด ซึ่งให้ผลผลิต 45 และ 37 กก./ไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 14 ข)

ตารางที่ 12 ผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตพืชอาหารสัตว์ (กก./ไร่) [1]							
	ฤดูปลูกที่ 2				ฤดูปลูกที่ 3			
	ตัดครั้งที่ 1 (5 ก.ค. 49)	ตัดครั้งที่ 2 (18 ส.ค. 49)	ตัดครั้งที่ 3 (9 ต.ค. 49)	ผลผลิตรวม	ตัดครั้งที่ 1 (10 ส.ค.50)	ตัดครั้งที่ 2 (24 ก.ย. 50)	ตัดครั้งที่ 3 (15 พ.ย.50)	ผลผลิตรวม
N+M+M	214c	114bc	157c	485c	170b	178a	259a	607a
Ca+M+M	227c	234a	243b	704b	206a	205a	278a	689a
S+M+M	229c	129b	113c	471c	43c	86b	45b	174b
Ce+M+M	48d	63c	100c	211d	21c	53bc	37b	111b
H+M+M	374a	241a	397a	1,012a	195ab	173a	291a	659a
T+M+M	303b	222a	371a	896ab	37c	43c	19b	99b
F-test	**	*	**	**	*	**	**	**
C.V.=	20.2 %	21.3 %	23.1 %	20.8 %	21.3%	21.1%	21.1%	20.2 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %; ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %; [1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %; [2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3





ภาพที่ 14 ผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย
ก) ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549) และ ข) ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)

3.4 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชอาหารสัตว์

เมื่อพิจารณาผลผลิตชีวมวลรวมของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ประกอบด้วยถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ที่ผลิตได้จากระบบการปลูกพืชร่วมโดยไม่ไถพรวนดิน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2550 รวม 3 ฤดูปลูก จากตารางที่ 13 และ ภาพที่ 15 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีรายละเอียดคือ ถั่วฮามาต้ามีผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุดคือ 2,470 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$) โดยถั่วฮามาต้ามีผลผลิตชีวมวลสูงสุดตลอดทั้ง 3 ฤดูปลูก คือ 799 1,012 และ 659 กก./ไร่ สำหรับฤดูปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตชีวมวลรวม 2,233 ในขณะที่ถั่วเซนโตรมีผลผลิตชีวมวลต่ำสุดตลอดการทดลอง คือ 631 กก./ไร่ (309 211 และ 111 กก./ไร่ สำหรับฤดูปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ) (ภาพที่ 15)

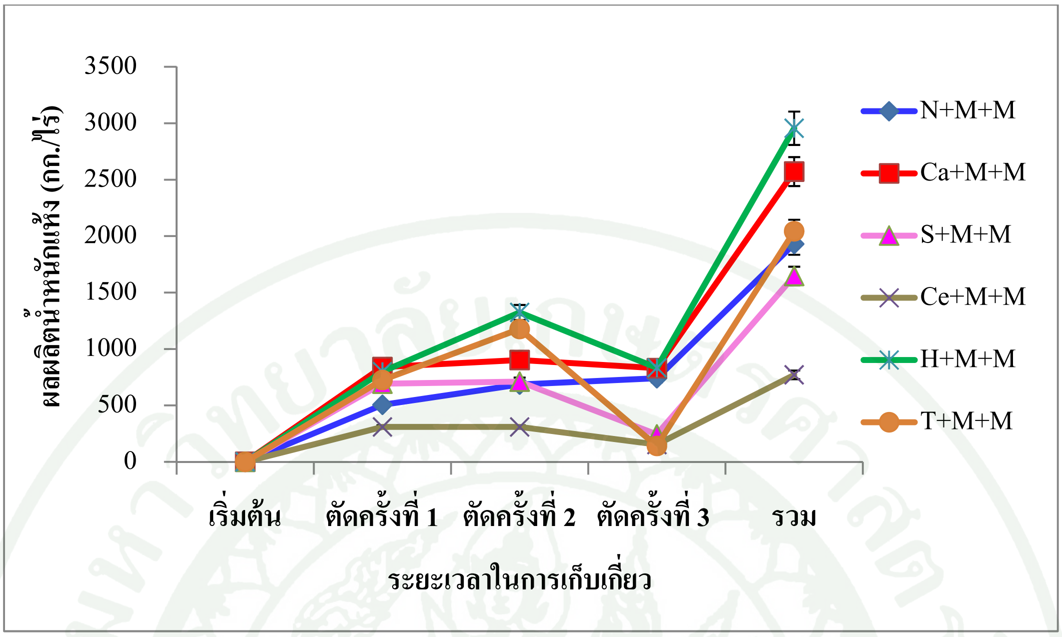
ตารางที่ 13 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับการทดลอง [2/]	ผลผลิตพืชอาหารสัตว์ (กก./ไร่) [1]			
	ฤดูปลูกที่ 1 พ.ศ. 2548	ฤดูปลูกที่ 2 พ.ศ. 2549	ฤดูปลูกที่ 3 พ.ศ. 2550	ผลผลิตรวม
N+M+M	505c	485c	607a	1,597c
Ca+M+M	840a	704b	689a	2,233b
S+M+M	693b	471c	174b	1,338d
Ce+M+M	309d	211d	111b	631e
H+M+M	799ab	1,012a	659a	2,470a
T+M+M	725ab	896ab	99b	1,720c
F-test	**	**	**	**
C.V. =	14.3 %	20.8 %	20.1 %	7.9 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 15 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

3.5 เสถียรภาพผลผลิตชีวมวลรวมของถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

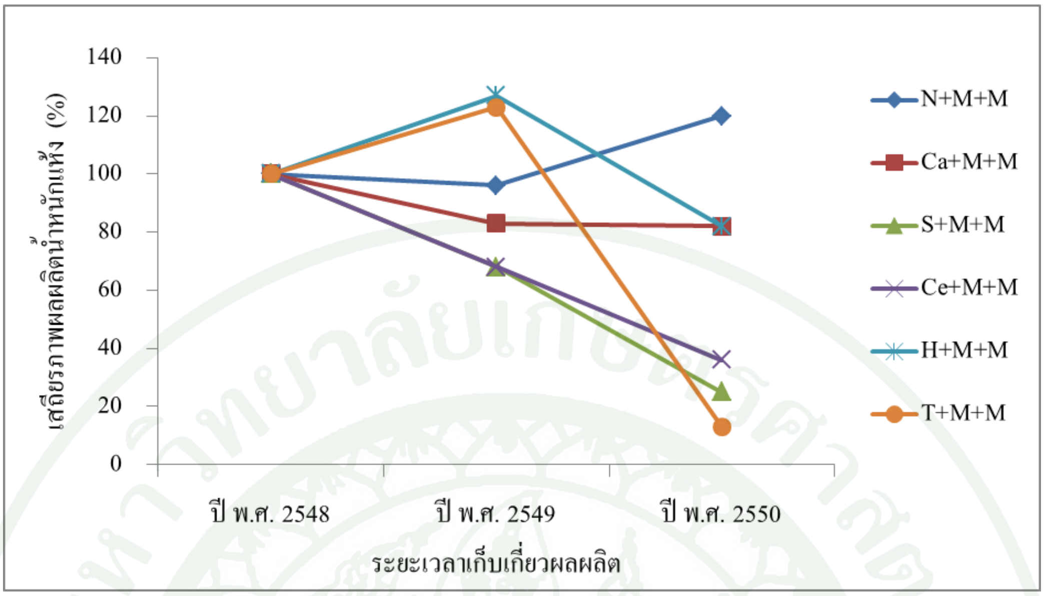
เมื่อนำผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์จากการผลิตทั้ง 3 ฤดูปลูก คำนวณหาเสถียรภาพของผลผลิต (yield stability) แสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 16 ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่าถั่วฮามาต้ามีเสถียรภาพของผลผลิตสูงสุดคือ 100 127 และ 83 % สำหรับฤดูปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ รองรองลงมาคือถั่วคาวาลเคด 100 83 และ 82 % สำหรับฤดูปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ สำหรับถั่วท่าพระสไตโลมีเสถียรภาพของผลผลิตต่ำสุดคือ 100 123 และ 13 % สำหรับฤดูปลูกที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 เสถียรภาพผลผลิตชีวมวลรวมของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับการทดลอง [1]	เสถียรภาพของผลผลิตชีวมวลรวม (%)		
	ฤดูปลูกที่ 1 พ.ศ. 2548	ฤดูปลูกที่ 2 พ.ศ. 2549	ฤดูปลูกที่ 3 พ.ศ. 2550
N+M+M	100	96	120
Ca+M+M	100	83	82
S+M+M	100	68	25
Ce+M+M	100	68	36
H+M+M	100	127	82
T+M+M	100	123	13
F-test	-	-	-
C.V. =	-	-	-

หมายเหตุ - ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

[1] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 16 เสถียรภาพผลผลิตชีวมวลรวมของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

4. การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกัน

4.1 ความสูง

ความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกทับบนแปลงพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด จากการบันทึกข้อมูลในระหว่างเดือนกรกฎาคม-กันยายน 2549 (ฤดูปลูกที่ 2) จากตารางที่ 15 พบว่า ในระยะ 3 สัปดาห์แรก หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกทับในแปลงถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด รวมถึงแปลงควบคุมยกเว้นแปลงถั่วเซนโตร มีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือระหว่าง 25-29 ซม. แต่เมื่อข้าวโพดมีอายุมากขึ้นการปลูกบนแปลงถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีความสูงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) ซึ่งทั้งสองระบบจะมีความสูงมากกว่าข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือ และแปลงควบคุม โดยในช่วง 9 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และฮามาต้า มีความสูงใกล้เคียงกันคือ 124 และ 101 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) มีความสูงต่ำสุดเพียง 65 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในช่วงท้ายของการศึกษา ที่อายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกบนแปลงถั่วเซอราโตรยังมีความสูงมากที่สุดใกล้เคียงจากแปลงถั่วฮามาต้า คือ 147

และ 126 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากข้าวโพดที่ปลูกบนแปลงถั่วคาวาลเคด ท่าพระสไตโล แปลงควบคุม ตามลำดับ และแปลงถั่วเซนโตรซึ่งมีความสูงต่ำสุดเพียง 73 ซม.

การศึกษาในฤดูปลูกที่ 3 (ปี พ.ศ. 2550) พบว่า ที่อายุ 3 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) มีความสูงมากที่สุดและใกล้เคียงกับปลูกร่วมถั่วอาหารสัตว์อื่น ๆ คือระหว่าง 33-40 ซม. แต่แตกต่างทางสถิติจากแปลงควบคุม (N+M+M) ที่ข้าวโพดมีความสูงต่ำสุดคือ 32 ซม. และที่อายุ 5 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดรวมถึงแปลงพืชธรรมชาติมีความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ มีความสูงระหว่าง 48-63 ซม.โดยที่แปลงถั่วฮามาต้า ข้าวโพดมีความสูงมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกบนแปลงถั่วเซนโตรที่มีความสูงต่ำสุดเพียง 37 ซม. เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตมากขึ้นการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้ามีความสูงใกล้เคียง คือ 71 และ 74 ซม. สำหรับการบันทึกที่อายุ 7 สัปดาห์ หลังปลูก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงถั่วเซนโตร ท่าพระสไตโล และแปลงควบคุม และเมื่ออายุ 9 และ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และฮามาต้า ยังมีความสูงใกล้เคียงกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่มีความสูงต่ำสุดตลอดการทดลอง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยไม่ไถพรวนดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2549 -2550

ตำรับทดลอง [2]	ความสูง (ซม.) / ระยะเวลา หลังปลูกข้าวโพด (สัปดาห์) [1]				
	3	5	7	9	12
(วัน-เดือน)	(15 ก.ค.)	(30 ก.ค.)	(15 ส.ค.)	(30 ส.ค.)	(15 ก.ย.)
ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)					
N+M+M	26ab	38b	53c	69c	90c
Ca+M+M	27ab	39b	63bc	73bc	103bc
S+M+M	29a	64a	91a	124a	147a
Ce+M+M	24b	33b	48c	60c	73c
H+M+M	28ab	53a	76ab	101ab	126ab
T+M+M	25ab	39b	56c	70c	98bc
F-test	*	*	**	**	*
C.V =	11.1 %	17.4 %	18.9 %	23.3 %	21.6 %
ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)					
N+M+M	32b	48ab	56bc	80bc	98b
Ca+M+M	40a	58a	71a	107a	142a
S+M+M	35ab	53a	69ab	100ab	131a
Ce+M+M	33ab	37b	50c	65c	78b
H+M+M	34ab	63a	74a	103a	140a
T+M+M	35ab	50ab	56bc	73c	81b
F-test	**	**	**	**	**
C.V. =	14.1 %	19.4 %	14.4 %	15.9 %	15.1 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

4.2 จำนวนใบ

ฤดูปลูกที่ 2 ที่อายุ 3 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมทั้งแปลงควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือมีจำนวนระหว่าง 2.7-3.0 ใบ/ต้น แต่เมื่ออายุมากขึ้นการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) ข้าวโพดมีจำนวนใบเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วชนิดอื่น ๆ และแปลงควบคุม (N+M+M) โดยที่อายุ 5 สัปดาห์ หลังปลูกมีจำนวนใบเฉลี่ย 4.9 ใบ/ต้น ขณะที่ตำรับทดลองอื่นๆ มีจำนวนใกล้เคียงกันคือ 4.2-4.5 ใบ/ต้น และที่อายุ 7 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีใบเฉลี่ยสูงสุด 6.8 ใบ/ต้น ไม่แตกต่างทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) และถั่วฮามาต้า ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) มีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 5.4 ใบ/ต้น ข้าวโพดที่ปลูกร่วมในทุกตำรับทดลองมีจำนวนเพิ่มขึ้น โดยที่ 9 สัปดาห์ หลังปลูก การปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีจำนวนใบสูงสุดและใกล้เคียงกับปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า คือ 12.3 และ 11.5 ใบ/ต้น ตามลำดับ ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ข้าวโพดมีจำนวนใบเฉลี่ยต่ำสุดเพียง 8.3 ใบ/ต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล มีจำนวนใบใกล้เคียงกันคือ 13.4 12.6 และ 11.8 ใบ/ต้น ตามลำดับ ส่วนการปลูกบนแปลงถั่วเซนโตรมีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 9.3 ใบ/ต้น แตกต่างทางสถิติจาก 3 ตำรับทดลองที่กล่าวมา (ตารางที่ 16)

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ และพืชธรรมชาติบนแปลงเดิมในฤดูปลูกที่ 3 ตารางที่ 16 พบว่า จำนวนใบข้าวโพดที่ปลูกในทุกแปลงไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) คือ มีจำนวนเฉลี่ย 2.6 3.6 และ 11.6 ใบ/ต้น สำหรับสัปดาห์ที่ 3 5 และ 9 หลังปลูก ตามลำดับ แต่ที่อายุ 7 สัปดาห์ หลังปลูก (15 สิงหาคม 2550) ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) มีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุด คือ 8.0 ใบ/ต้น แตกต่างทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่มีจำนวนใบต่ำสุด คือ 6.4 ใบ/ต้น ในขณะที่การปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์อีก 4 ชนิดที่เหลือ รวมถึงแปลงควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกัน และที่อายุ 9 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิด รวมถึงแปลงควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 8.5-11.0 ใบ/ต้น แต่เมื่อระยะสุดท้ายของการศึกษาที่อายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก เห็นได้ว่าข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคดมีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดคือ 12.5 ใบ/ต้น แตกต่างทางสถิติจากการปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วเซนโตร ซึ่งมีจำนวนใบเฉลี่ย 9.8 และ 9.1 ใบ/ต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 16 จำนวนใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยไม่ไถพรวนดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง [2] / วัน-เดือน	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) / ระยะเวลา หลังปลูกข้าวโพด (สัปดาห์) [1]				
	3 (15 ก.ค.)	5 (30 ก.ค.)	7 (15 ส.ค.)	9 (30 ส.ค.)	12 (15 ก.ย.)
ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)					
N+M+M	2.9	4.5b	5.6b	9.6bc	10.2bc
Ca+M+M	2.9	4.2b	6.2ab	9.1c	10.5bc
S+M+M	3.0	4.9a	6.8a	12.3a	13.4a
Ce+M+M	2.7	4.3b	5.6b	8.3c	9.3c
H+M+M	2.9	4.9a	6.2ab	11.5ab	12.6a
T+M+M	3.0	4.2b	5.4b	9.7bc	11.8ab
F-test	ns	**	**	*	**
C.V =	7.7 %	6.1 %	10.3 %	13.5 %	11.9 %
ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)					
N+M+M	2.7	3.6	7.0ab	9.0	9.8b
Ca+M+M	3.0	3.9	8.0a	11.0	12.5a
S+M+M	2.8	3.7	7.8ab	9.8	10.4ab
Ce+M+M	2.5	3.5	6.4b	8.5	9.1b
H+M+M	2.5	3.6	7.6ab	10.8	11.2ab
T+M+M	2.4	3.4	7.4ab	9.0	10.2ab
F-test	ns	ns	*	ns	*
C.V. =	19.2 %	11.2 %	13.3 %	12.8 %	14.6 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

4.3 ความเขียวใบ

จากการวัดค่าความเขียวใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549) ตารางที่ 17 พบว่า ที่อายุ 3 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) มีค่าความเขียวใบสูงสุด คือ 25.5 SPAD-Unit แตกต่างทางสถิติจากการปลูกบนแปลงควบคุม (N+M+M) แปลงถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) โดยเฉพาะถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ที่ค่าความเขียวใบต่ำสุดเพียง 15.9 SPAD-Unit ค่าความเขียวใบเพิ่มขึ้นเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตขึ้น โดยที่อายุ 5 สัปดาห์ หลังปลูก การปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีค่าสูงสุด และใกล้เคียงกับการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า คือ 28.8 และ 25.8 SPAD-Unit ตามลำดับ รองลงมาคือการปลูกบนแปลงถั่วคาวาลเคดซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแปลงอื่น ๆ ที่เหลือ คือระหว่าง 17.6-22.4 SPAD-Unit ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และถั่วฮามาต้า มีค่าความเขียวใบสูงตลอดการทดลอง โดยที่อายุ 9 สัปดาห์ หลังปลูก สูงถึง 28.3 และ 25.3 SPAD-Unit ตามลำดับ ในขณะที่ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรมีความเขียวใบต่ำสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับระยะสุดท้ายของการสุ่มข้อมูล ที่อายุ 12 สัปดห์ หลังปลูก ความเขียวใบมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และถั่วฮามาต้ายังคงมีความเขียวใบใกล้เคียงกันและสูงกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยเฉพาะปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่มีค่าต่ำสุดตลอดการทดลอง

การศึกษาในฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550) พบว่า ที่อายุ 3 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่เจริญเติบโตร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) มีปริมาณความเขียวใบสูงสุด คือ 24.8 SPAD-Unit แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร และแปลงควบคุม และที่อายุ 5 สัปดาห์ การปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้ายังมีค่าความเขียวสูงสุดคือ 29.9 SPAD-Unit แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ ยกเว้นการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่มีค่าต่ำสุดคือ 23.3 SPAD-Unit เมื่อข้าวโพดมีอายุมากขึ้นการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) มีความเขียวสูงสุด คือ 22.5 และ 33.7 SPAD-Unit จากที่อายุ 7 และ 9 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า และถั่วเซอราโตร ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร มีค่าความเขียวใบต่ำสุด และในช่วงสุดท้ายของการบันทึกข้อมูล ที่อายุ 12 สัปดาห์ หลังปลูก ความเขียวใบข้าวโพดลดลง โดยข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคดยังคงมีความเขียวใบสูงสุด คือ 27.1 และ 26.2 SPAD-Unit ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงถั่วชนิดอื่น ๆ รวมถึงแปลงควบคุม โดยเฉพาะที่ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรซึ่งมีค่าความเขียวใบต่ำสุดตลอดการทดลองเช่นเดียวกับในฤดูปลูกที่ 2 (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ความเขียวใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยไม่ไถพรวนดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง [2] /วัน-เดือน	ค่าความเขียวใบ (SPAD- Unit) / ระยะเวลา หลังปลูกข้าวโพด (สัปดาห์) [1]				
	3 (15 ก.ค.)	5 (30 ก.ค.)	7 (15 ส.ค.)	9 (30 ส.ค.)	12 (15 ก.ย.)
ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)					
N+M+M	18.1bc	19.7c	17.8c	20.7bc	17.6b
Ca+M+M	20.5abc	22.4bc	18.5bc	21.2bc	18.6b
S+M+M	23.3ab	28.8a	27.5a	28.3a	25.2a
Ce+M+M	15.9c	17.6c	18.2bc	17.9c	14.6c
H+M+M	25.5a	25.8ab	23.1bc	25.3ab	25.0a
T+M+M	17.8bc	19.6c	18.8bc	19.2c	17.8b
F-test	**	**	*	*	**
C.V =	17.3 %	16.8 %	10.1 %	15.0 %	9.8 %
ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)					
N+M+M	17.6b	24.6ab	16.7b	27.6ab	21.7b
Ca+M+M	22.6ab	28.3ab	22.5a	33.7a	26.2a
S+M+M	23.5ab	27.8ab	18.9ab	28.7ab	20.7b
Ce+M+M	16.6b	23.3b	15.7b	24.9b	20.6b
H+M+M	24.8a	29.9a	20.3ab	30.9ab	27.1a
T+M+M	20.7ab	28.4ab	17.2b	25.5b	20.7b
F-test	**	*	*	*	**
C.V. =	16.1 %	14.0 %	18.6 %	15.4 %	12.8 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

4.4 ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.4.1 ผลผลิตเมล็ด

เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีแรก ในวันที่ 24 ตุลาคม 2549 (ฤดูปลูกที่ 2) ตารางที่ 18 ภาพที่ 17 เห็นได้ว่าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดคือ 451 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกบนแปลงถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ส่วนข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ (N+M+M) ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ 22 กก./ไร่ แตกต่างทางสถิติจากการปลูกบนแปลงถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดยกเว้นถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ซึ่งให้ผลผลิต 52 กก./ไร่

สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 2 (ฤดูปลูกที่ 3) พบว่าผลผลิตเมล็ดข้าวโพดใตแต่ละตำรับการทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) ให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด คือ 170 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่น ๆ โดยเฉพาะการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำสุดเพียง 13 กก./ไร่

เมื่อรวมผลผลิตจากทั้ง 2 ฤดูปลูก เห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซอราโตร ให้ผลผลิตเมล็ดรวมสูงสุดคือ 548 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า คาวาลเคด ท่าพระสไตโล และถั่วเซนโตร คือ 403 173 128 และ 65 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกบนแปลงควบคุม (N+M+M)ให้ผลผลิตเมล็ดรวมต่ำสุดคือ 51 กก./ไร่ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล และถั่วเซนโตร

สำหรับเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ และแปลงควบคุมไม่พบความแตกต่างทางสถิติจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูก ($P> 0.05$) คือมีค่าระหว่าง 77.2- 81.4% และ 78.4-80.7% สำหรับการปลูกข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยที่ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้ามีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเฉลี่ยสูงถึง 81.1% รองลงมาคือการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และคาวาลเคด คือ 80.8 และ 80.0% ตามลำดับ ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรมีเปร์เซ็นต์การกะเทาะเฉลี่ยต่ำสุด คือ 79.6%

ตารางที่ 18 ผลผลิตเมล็ด และเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ โดยไม่ไถพรวนดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง[2]	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่) [1]			เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด (%)	
	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	รวม	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550
N+M+M	22d	29d	51d	78.7	80.2
Ca+M+M	75c	98c	173c	80.1	79.8
S+M+M	451a	133b	584a	81.4	80.2
Ce+M+M	52cd	13e	65d	77.2	79.6
H+M+M	233b	170a	403b	81.4	80.7
T+M+M	88c	40d	128cd	79.5	78.4
F-test	**	**	*	ns	ns
C.V. =	23.5 %	21.5 %	23.5 %	7.2 %	6.5 %

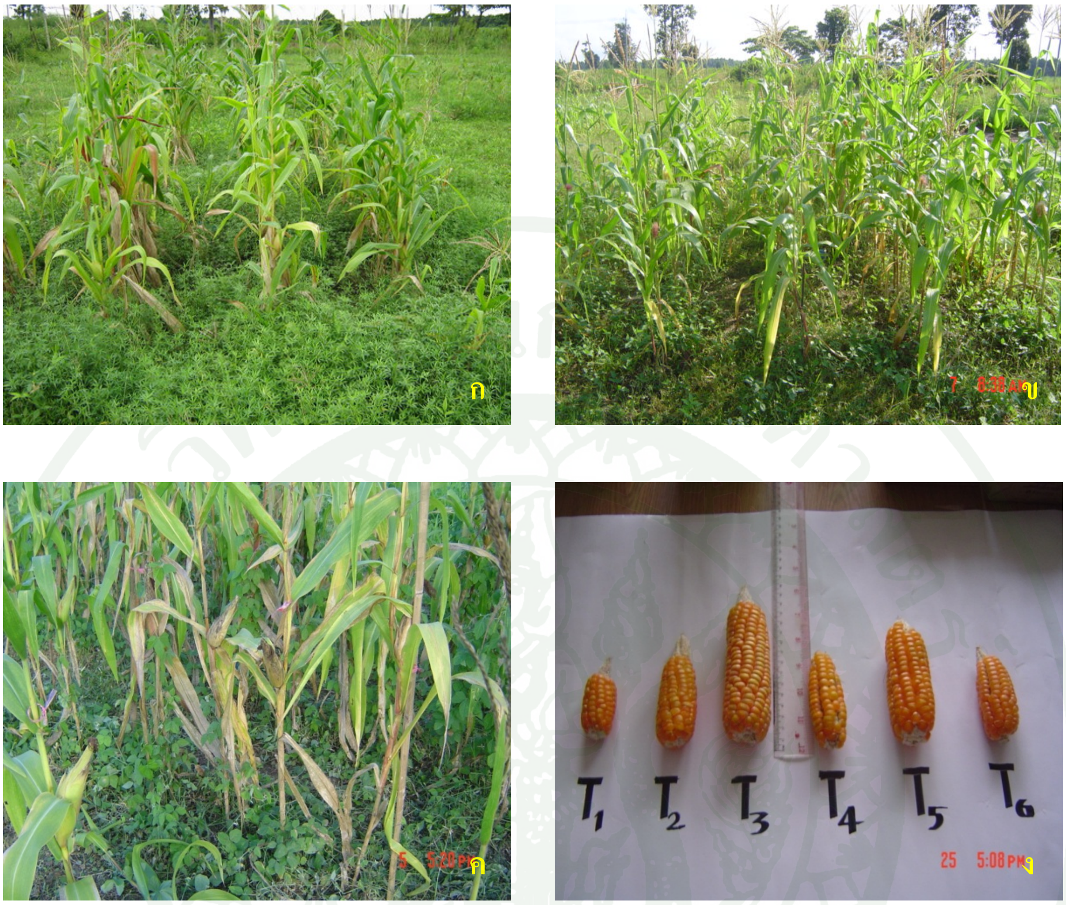
หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher’s LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 17 การเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกันโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ก) ถั่วฮามาต้า+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข) ถั่วเซอราโตร+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ค) การเจริญเติบโตในระยะฝักแก่ (ถั่วเซอราโตร+ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)

ง) เปรียบเทียบขนาดฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปอกเปลือกในตำรับทดลองต่าง ๆ

4.4.2 องค์ประกอบผลผลิต

การบันทึกข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยวปีที่ 1 วันที่ 24 ตุลาคม 2549 (ฤดูปลูกที่ 2) และฤดูปลูกที่ 3 วันที่ 23 ตุลาคม 2550 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 19 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

องค์ประกอบผลผลิตในด้านจำนวนฝักต่อต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกันโดยไม่ไถพรวน จากฤดูปลูกที่ 2 เห็นได้ว่าข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยสูงสุด 1.2 ฝัก/ต้น ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) และถั่วฮามาต้า (H+M+M)ที่มีจำนวนเท่ากัน คือ 1.1 ฝัก/ต้น ในขณะที่การปลูกในแปลงควบคุม (N+M+M) ข้าวโพดมีจำนวนฝักต่อต้นต่ำสุดคือ 0.8 ฝัก/ต้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดยกเว้นการปลูกร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) ที่มีจำนวนฝักเฉลี่ย 0.9 ฝัก/ต้น

ในฤดูปลูกที่ 2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ มีจำนวนเมล็ดต่อฝักสอดคล้องกับผลผลิตเมล็ด และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ กล่าวคือข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีจำนวนมล็ดต่อฝักสูงสุดคือ 194 เมล็ด/ฝัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ข้าวโพดมีจำนวนเมล็ดต่ำสุดเพียง 41 เมล็ด/ฝัก อย่างไรก็ตาม การปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิดมีจำนวนเมล็ดต่อฝักสูงกว่าแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

สำหรับน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ โดยข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีน้ำหนักสูงสุด และใกล้เคียงกับการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า คือ 25.0 และ 24.5 ก./100 เมล็ด ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ รวมถึงแปลงควบคุมที่มีน้ำหนักเมล็ดใกล้เคียงกันคือระหว่าง 18.0-20.8 ก./ 100 เมล็ด

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ และพืชธรรมชาติเดิมในฤดูปลูกที่ 3 พบว่า มีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ยเท่ากับฤดูปลูกที่ 2 คือระหว่าง 0.8-1.2 ฝัก/ต้น โดยข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้ามีจำนวนฝักเฉลี่ยสูงสุด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงอื่น ๆ ที่มีค่าใกล้เคียงกันคือ 1.0-1.1 ฝัก/ต้น ยกเว้นการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตรที่มีค่าต่ำสุดเพียง 0.8 ฝัก/ต้น

ในส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้ามีจำนวนสูงสุดคือ 204 เมล็ด/ฝัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ ($P<0.05$) รองลงมาคือการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และถั่วคาวาลเคด ซึ่งมีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ 151 และ 143 เมล็ด/ฝัก ส่วนการปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติมีจำนวนน้อยที่สุดเช่นเดียวกับฤดูปลูกที่ 2 คือ 65 เมล็ด/ฝัก

สำหรับน้ำหนักเมล็ด พบว่าข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีน้ำหนักสูงสุดคือ 25.3 ก./100 เมล็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงควบคุมที่ข้าวโพดมีน้ำหนักเมล็ดน้อยที่สุด คือ 20.7 ก./100 เมล็ด ในขณะที่ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์อีก 4 ชนิดที่เหลือ มีน้ำหนักเมล็ดใกล้เคียงกับการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร และแปลงควบคุม คือระหว่าง 22.2-24.1 ก./100 เมล็ด

ตารางที่ 19 องค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง [2]	จำนวนฝัก [1] (ฝัก/ต้น)	จำนวนเมล็ดต่อฝัก [1] (เมล็ด/ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด [1] (กรัม)
ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)			
N+M+M	0.8c	15e	18.0b
Ca+M+M	1.1ab	38d	20.1b
S+M+M	1.2a	194a	25.0a
Ce+M+M	0.9bc	41d	19.5b
H+M+M	1.1ab	124b	24.5a
T+M+M	0.9bc	57c	20.8b
F-test	*	**	**
C.V =	17.6 %	12.6 %	10.3 %
ฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550)			
N+M+M	1.0ab	65c	20.7b
Ca+M+M	1.1a	143b	23.5ab
S+M+M	1.1a	151b	25.3a
Ce+M+M	0.8b	74c	22.2ab
H+M+M	1.2a	204a	24.1ab
T+M+M	1.0ab	82c	22.6ab
F-test	*	**	*
C.V. =	16.9 %	17.0 %	12.1 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

4.5 น้ำหนักแห้งตอซัง

ผลผลิตน้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยไม่ไถพรวนดิน ในปี พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2550 (ฤดูปลูกที่ 2 และ 3) แสดงในตารางที่ 20 และมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ในฤดูปลูกที่ 1 น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดมีความสอดคล้องกับผลผลิตเมล็ด กล่าวคือ การปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) ได้น้ำหนักแห้งตอซังสูงสุด คือ 570 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่น ๆ ($P<0.05$) รองลงมาคือการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) คือ 320 กก./ไร่ สำหรับการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์อีก 3 ชนิดที่เหลือ รวมถึงแปลงควบคุมมีน้ำหนักแห้งตอซังใกล้เคียงกันคือระหว่าง 163-202 กก./ไร่

สำหรับการปลูกข้าวโพดในฤดูปลูกที่ 3 (พ.ศ. 2550) น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างตำรับทดลอง โดยการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) มีน้ำหนักแห้งตอซังสูงสุดคือ 373 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับอื่นๆ โดยเฉพาะการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ที่ให้น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดต่ำสุด และใกล้เคียงกับแปลงควบคุม (N+M+M) คือ 96 และ 134 กก./ไร่ ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงน้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมจากทั้ง 2 ฤดูปลูก เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีน้ำหนักแห้งรวมสูงสุดคือ 872 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า คาวาลเคด และท่าพระสไตโล ที่มีน้ำหนักแห้งรวม 693 437 และ 371 กก./ไร่ ส่วนที่ปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร มีน้ำหนักแห้งตอซังรวมต่ำสุดและใกล้เคียงกับแปลงควบคุม คือ 232 และ 299 กก./ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 20 น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ ชนิดต่างๆ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับการทดลอง [2]	น้ำหนักแห้งตอซัง (กก./ไร่) [1]		
	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2550	รวม
N+M+M	165c	134de	299cd
Ca+M+M	202c	235c	437c
S+M+M	570a	302b	872a
Ce+M+M	163c	96e	259d
H+M+M	320b	373a	693b
T+M+M	176c	195cd	371c
F-test	*	**	*
C.V. =	18.6 %	19.6 %	19.0 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

4.6 ผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน

จากการศึกษาระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับพืชธรรมชาติ (แปลงควบคุม) และถั่วอาหารสัตว์จำนวน 5 ชนิด เป็นระยะเวลา 2 ฤดูปลูก ในส่วนของผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งประกอบด้วย ผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักแห้งตอซัง แสดงในตารางที่ 21 และมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุด คือ 1,456 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือ การปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) ให้ผลผลิตชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวม 1,095 กก./ไร่ ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ข้าวโพดให้ผลผลิตรวมต่ำสุด คือ 324 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิดที่เหลือ

ตารางที่ 21 ผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับการทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]		
	ผลผลิตเมล็ด	ผลผลิตตอซัง	รวม
N+M+M	51d	299cd	350de
Ca+M+M	173c	437c	610c
S+M+M	584a	872a	1,456a
Ce+M+M	65d	259d	324e
H+M+M	403b	693b	1,096b
T+M+M	128cd	371c	499cd
F-test	*	*	*
C.V. =	23.5 %	19.0 %	14.7 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

5. ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกัน

ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชที่ปลูกในระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมถั่วอาหารสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในระหว่างเดือนพฤษภาคม 2548-ตุลาคม 2550 แสดงในตารางที่ 22 ภาพที่ 18 และมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ผลผลิตชีวมวลรวมของถั่วอาหารสัตว์จากผลิต 2 ฤดูปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยระบบการปลูกถั่วฮามาต้าร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) สามารถให้ผลิตผลผลิตชีวมวลของถั่วอาหารสัตว์สูงสุดคือ 2,956 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือ ระบบการปลูกถั่วคาวาลเคดร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca+M+M) โดยให้ผลผลิต 2,572 กก./ไร่ ในขณะที่ระบบการปลูกถั่วเซนโตรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce+M+M) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมต่ำสุด คือ 771 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ รวมถึงแปลงควบคุม

สำหรับผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย ผลผลิตเมล็ด และตอซัง พบว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุดคือ 1,456 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่น ๆ รองลงมาคือ การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วฮามาต้าให้ผลผลิตรวม 1,096 กก./ไร่ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซนโตรให้ผลผลิตชีวมวลรวมต่ำสุด คือ 324 กก./ไร่

เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตชีวมวลรวมทั้งระบบ พบว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับฮามาต้าให้ผลผลิตรวม (ถั่วอาหารสัตว์ + ข้าวโพด) สูงสุดคือ 4,052 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่น ๆ รองลงมาคือ ระบบการปลูกถั่วคาวาลเคด และเซอราโตรร่วมกับข้าวโพด ที่ให้ผลผลิตชีวมวลรวมใกล้เคียงกันคือ 3,182 และ 3,103 กก./ไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซนโตรซึ่งให้ผลผลิตชีวมวลรวมต่ำสุดเพียง 1,095 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงพืชธรรมชาติ (N+M+M)

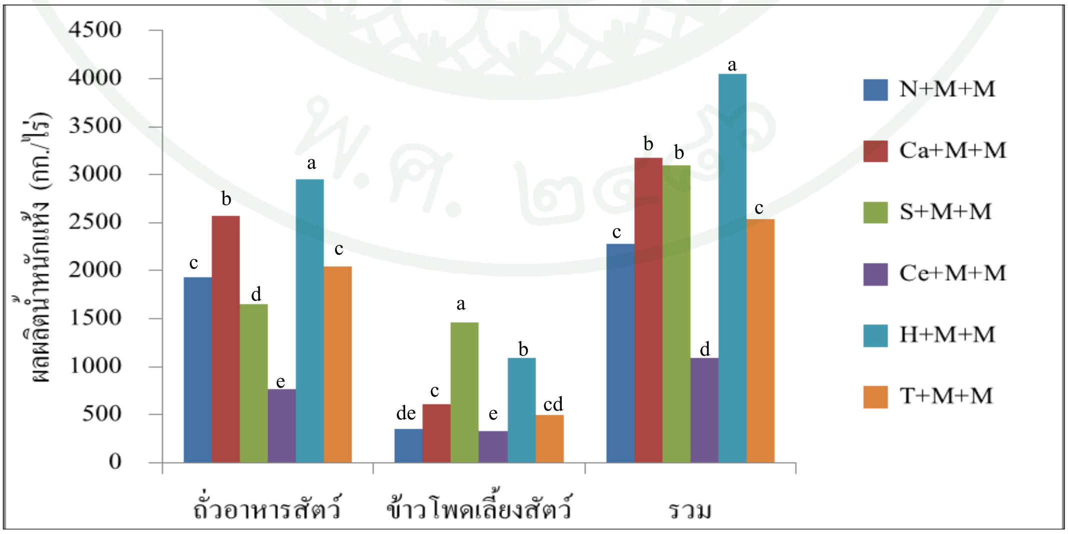
ตารางที่ 22 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกันโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับการทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]		
	พืชอาหารสัตว์	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	รวม
N+M+M	1,931c	350de	2,281c
Ca+M+M	2,572b	610c	3,182b
S+M+M	1,647d	1,456a	3,103b
Ce+M+M	771e	324e	1,095d
H+M+M	2,956a	1,096b	4,052a
T+M+M	2,043c	499cd	2,542c
F-test	**	**	**
C.V. =	10.0 %	14.7 %	7.4%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 18 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชในระบบการปลูกร่วมกันโดยไม่ไถพรวนดิน

6. องค์ประกอบทางเคมีของพืช

6.1 องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอาหารสัตว์ในปีฤดูปลูก 1

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และพืชธรรมชาติ ที่ได้จากการปลูกบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1 แสดงในตารางที่ 23 และมีรายะเอียด ดังต่อไปนี้

ปริมาณโปรตีนรวม (CP) ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณ CP สูงกว่าพืชธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างถั่วอาหารสัตว์ พบว่า ถั่วเซอราโตร มีปริมาณ CP สูงสุด คือ 21.0 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วท่าพระสไตโลที่มี CP ต่ำสุด คือ 15.2 % และสำหรับถั่วเซนโตร ฮามาต้า และคาวาลเคดมีปริมาณ CP ใกล้เคียงกันกับถั่วเซอราโตร และถั่วฮามาต้า คือ 17.1 17.4 และ 17.8 % ตามลำดับ ในขณะพืชธรรมชาติมีปริมาณโปรตีนต่ำสุดเพียง 6.2 %

สำหรับปริมาณเยื่อใยหยาบ (CF) พบว่า ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโลมีปริมาณสูงสุด คือ 36.6 % ในขณะที่พืชธรรมชาติมีปริมาณต่ำสุด คือ 29.0 % อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P>0.05$)

ในส่วนของ NDF พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือถั่วท่าพระสไตโล มีปริมาณ NDF สูงสุด คือ 52.2 % รองลงมาคือถั่วคาวาลเคด และถั่วเซนโตรซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันคือ 51.2 และ 51.9 % ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วเซอราโตรมีปริมาณ NDF ต่ำสุดคือ 43.4 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมา

สำหรับปริมาณเยื่อใย ADF เห็นได้ว่า ถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณสูงสุด คือ 47.0% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ รวมถึงพืชธรรมชาติที่มีปริมาณ 37.5% ในขณะที่ถั่วเซนโตรที่มีปริมาณต่ำสุดเพียง 31.7% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น ๆ

ตารางที่ 23 ปริมาณโปรตีนรวม (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) NDF และ ADF ของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ปลูกบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในฤดูปลูกที่ 1

ตำรับทดลอง [2]	CP [1]	ปริมาณเยื่อใย (%)		
	(%)	CF	NDF [1]	ADF [1]
N+M+M	6.2c	29.0	46.6bc	37.5bc
Ca+M+M	17.1ab	32.6	51.2ab	34.9cd
S+M+M	21.0a	35.4	43.4c	35.2cd
Ce+M+M	17.8ab	31.2	51.9ab	31.7d
H+M+M	17.4ab	36.6	48.8abc	39.3b
T+M+M	15.2b	36.6	52.2a	47.0a
F-test	*	ns	*	*
C.V. =	19.8 %	16.2 %	7.6 %	6.4 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

6.2 องค์ประกอบทางเคมีของพืชอาหารสัตว์ที่ตัดคลุมแปลง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของถั่วอาหารสัตว์ และพืชธรรมชาติที่ฟื้นตัวหลังตัด 45 วัน ในฤดูปลูกที่ 2 แสดงในตารางที่ 24 และมีรายะเอียด ดังต่อไปนี้

อินทรียคาร์บอน (OC) ถั่วเซนโตรที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด (Ce+M+ M) มีปริมาณ OC สูงสุดคือ 38.52 % ในขณะที่ถั่วท่าพระสไตโลที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด (T+M+M) มีปริมาณต่ำสุด คือ 37.75 % อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ไนโตรเจน (Total N) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ถั่วฮามาต้าที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพด (H+M+M) มีปริมาณไนโตรเจนสะสมในเนื้อเยื่อพืชสูงสุด คือ 2.96 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเซนโตรที่ปลูกร่วมกับข้าวโพด (Ce+M+M) และพืชธรรมชาติ (N+M+M) ซึ่งมีปริมาณต่ำสุด คือ 2.29 และ 2.21% ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ซึ่งเป็นค่าที่มีผลโดยตรงต่ออัตราการย่อยของอินทรียวัตถุในพืช จะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยพืชธรรมชาติมีค่า C:N สูงสุด คือ 17.9 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และในบรรดาถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ นั้น ถั่วเซนโตรมีค่า C:N สูงสุด ส่วนถั่วฮามาต้ามีค่าต่ำสุด คือ 16.8 และ 12.9 ตามลำดับ

ตารางที่ 24 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ตัดคลุมแปลง ในฤดูปลูกที่ 2

	องค์ประกอบในพืช (%) [1]		
ตำรับทดลอง [2]	คาร์บอน	ไนโตรเจน	คาร์บอน:ไนโตรเจน[1]
N+M+M	38.03	2.12c	17.9a
Ca+M+M	38.14	2.61b	14.6c
S+M+M	38.00	2.76ab	13.8cd
Ce+M+M	38.52	2.29c	16.8b
H+M+M	38.20	2.96a	12.9e
T+M+M	37.75	2.90a	13.0de
F-test	ns	**	**
C.V. =	4.3 %	6.3 %	4.0 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

6.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย แสดงในตารางที่ 25 และมีรายะเอียด ดังต่อไปนี้

ไนโตรเจน (Total N) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนเหนือดินในระยะออกดอก (60 วัน หลังปลูก) สูงที่สุดและใกล้เคียงกับการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) คือ 1.47 และ 1.39 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงแปลงพืชธรรมชาติ (N+M+M) ที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดต่ำสุดเพียง 1.14 %

ฟอสฟอรัส (Total P) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เจริญเติบโตร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) ถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) และถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) รวมถึงพืชธรรมชาติ (N+M) มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในส่วนต้นเหนือดินใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.42-0.49 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกบนแปลงถั่วฮามาต้า (H+M+M) ซึ่งมีปริมาณต่ำสุด คือ 0.30 %

โพแทสเซียม (Total K) ระดับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงแปลงควบคุมไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) คือมีค่าระหว่าง 3.45-3.87 %

ตารางที่ 25 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนเหนือดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติและถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยไม่ไถพรวน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ตำรับทดลอง [2]	ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช (%) [1]		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
N+M+M	1.14c	0.42ab	3.57
Ca+M+M	1.47a	0.48a	3.57
S+M+M	1.26bc	0.49a	3.87
Ce+M+M	1.19c	0.36bc	3.45
H+M+M	1.39ab	0.30c	3.68
T+M+M	1.20c	0.47a	3.74
F-test	**	**	ns
C.V. =	7.8 %	14.4 %	16.6 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher’s LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

7. อัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์

การศึกษาอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตจากฤดูปลูกที่ 1 และเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1 (อายุ 45 วัน หลังตัดครั้งแรก) แล้วคลุมทับลงบนแปลงเดิมในฤดูปลูกที่ 2 และฤดูปลูกที่ 3 ระหว่างวันที่ 18 สิงหาคม -24 ตุลาคม 2549 แสดงในตารางที่ 26 และมีรายละเอียดดังนี้

ฤดูปลูกที่ 2 ถั่วฮามาต้าที่คลุมทับแปลงที่ปลูกข้าวโพด (H+M+M) มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด คือ 78.8 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) ที่มีอัตราการย่อยสลายต่ำสุดคือ 63.3 % สำหรับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) ถั่วเซอราโตร (S+M+M) และพืช

ธรรมชาติ (N+M+M) มีอัตราการย่อยสลายไม่แตกต่างกันทางสถิติจากถั่วทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาคือมีอัตราการย่อยสลายระหว่าง 67.8-73.7 %

สำหรับฤดูปลูกที่ 3 ถั่วฮามาต้าที่วางทับบนแปลงที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล และถั่วเซอราโตร คือ 76.6 73.9 และ 72.5 % ตามลำดับ ส่วนถั่วเซนโตรที่วางบนแปลงที่เจริญเติบโตร่วมกับข้าวโพดมีอัตราการย่อยสลายต่ำสุดคือ 57.2 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมา

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยจากทั้ง 2 ฤดูปลูก เห็นได้ว่าถั่วฮามาต้าที่วางทับบนแปลงที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดคือ 77.7 % รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับถั่วเซอราโตร คือ 73.8 และ 72.9 % ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วเซนโตรมีอัตราการย่อยสลายต่ำสุด และใกล้เคียงกับถั่วคาวาลเคด คือ 60.3 และ 64.6% สำหรับถั่วเซนโตร และคาวาลเคด ตามลำดับ

ตารางที่ 26 อัตราการย่อยสลายของพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่คลุมบนแปลงปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน ในระหว่างปี พ.ศ. 2549-2550

ตำรับทดลอง [2] / ระยะเวลา	อัตราการย่อยสลาย (%) [1]		
	ฤดูปลูกที่ 2 (18 ส.ค. -24 ต.ค. 49)	ฤดูปลูกที่ 3 (20 ส.ค. -28 ต.ค. 50)	เฉลี่ย
N+M+M	67.8ab	67.0abc	67.4
Ca+M+M	66.2b	62.9bc	64.6
S+M+M	73.2ab	72.5ab	72.9
Ce+M+M	63.3b	57.2c	60.3
H+M+M	78.8a	76.6a	77.7
T+M+M	73.7ab	73.9ab	73.8
F-test	*	*	-
C.V. =	11.7 %	11.1%	-

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

- ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

8. สมบัติบางประการของดิน

8.1 สมบัติทางเคมี

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินซึ่งประกอบด้วย ปฏิกิริยาดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) ก่อนและหลังการทดลองในแต่ละปี มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ปฏิกิริยาดิน (pH) จากตารางที่ 27 พบว่า สภาพแปลงที่มีพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ คลุมดินเป็นระยะเวลาประมาณ 1 ปี ดินมี pH เฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง คือ เพิ่มจาก 5.4 เป็น 5.7 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง (P>0.05) คือ มีค่าระหว่าง 5.4-6.3 เมื่อการปลูกถั่วอาหารสัตว์เป็นระยะเวลานานขึ้นจากการศึกษาสมบัติของดินเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือน พฤศจิกายน 2550 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 ในทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะแปลงพืชธรรมชาติร่วมกับข้าวโพด (N+M+M) ดินมี pH สูงสุด และใกล้เคียงกับการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) คือ เท่ากับ 6.4 และ 6.0 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับตำรับทดลองที่เหลือที่มีค่าใกล้เคียงกันคือระหว่าง 5.6-5.8 (ภาพที่ 19 ก)

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) การปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ รวมถึง แปลงพืชธรรมชาติทำให้ดินมีค่า EC ลดลง โดยภายหลังการทดลอง 1 ปี แปลงพืชธรรมชาติเจริญเติบโตดินมีค่า EC สูงสุดคือ 0.67 เดซิซีเม็น/ม. แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงที่ปลูกถั่วชนิดอื่นๆ (P>0.05) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.54-0.62 เดซิซีเม็น/ม. ค่า EC ของดินจากเกือบทุกตำรับทดลองเพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการทดลอง โดยแปลง N+M+M มีค่าสูงสุดคือ 0.84 เดซิซีเม็น/ม. แตกต่างทางสถิติกับแปลงปลูกถั่วคาวาลเคดแซมข้าวโพด (Ca+M+M) ที่ดินมีค่าต่ำสุดเพียง 0.5 เดซิซีเม็น/ม. ในขณะที่ตำรับทดลองที่เหลือท่มีค่า EC ใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.59-0.66 เดซิซีเม็น/ม. แต่อย่างไรก็ตามค่า EC ดินน้อยกว่าก่อนการทดลอง (ตารางที่ 27 และ ภาพที่ 19 ข)

ตารางที่ 27 ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินที่ปลูกพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

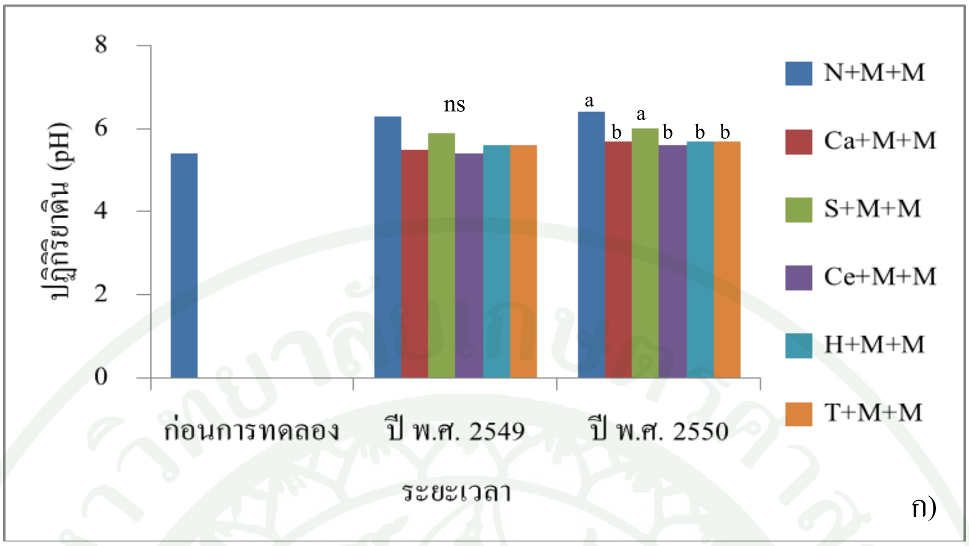
ตำรับทดลอง [2]	pH[1]		EC (เดซิซีเม็น/ม.)[1]	
ก่อนทดลอง (พ.ค. 2548)	5.4		1.04	
หลังทดลอง	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550
N+M+M	6.3	6.4a	0.67	0.84a
Ca+M+M	5.5	5.7b	0.62	0.53b
S+M+M	5.9	6.0a	0.58	0.72ab
Ce+M+M	5.4	5.6b	0.54	0.59ab
H+M+M	5.6	5.7b	0.55	0.66ab
T+M+M	5.6	5.7b	0.60	0.65ab
F-test	ns	*	ns	*
C.V. =	11.9 %	6.8 %	28.8 %	25.6%

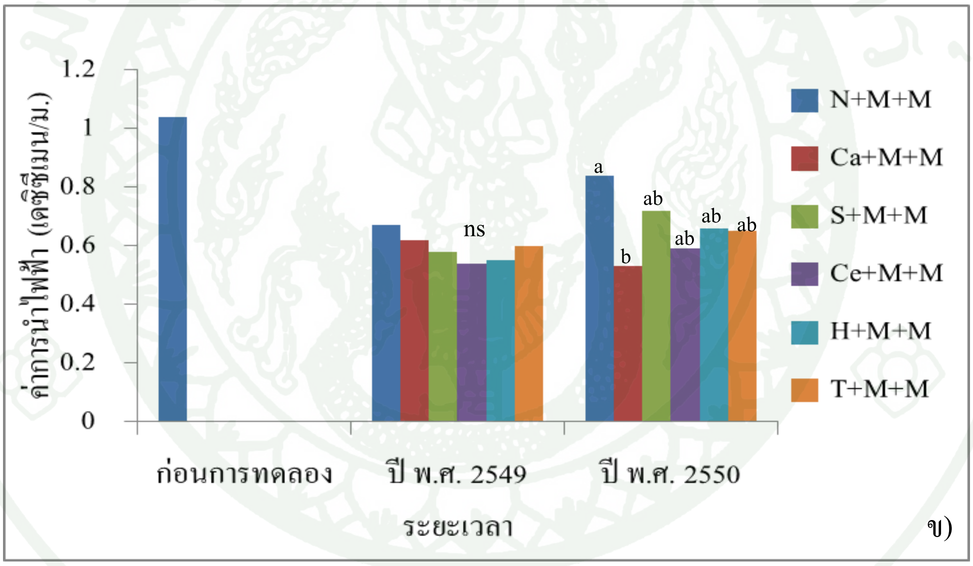
หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3





ภาพที่ 19 ค่า pH และ EC ของดินที่ปลูกพืชธรรมชาติและถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ตารางที่ 28 และภาพที่ 20 ก แสดงให้เห็นว่า การปลูกถั่วท่าพระสไตโล 1 ปี มีปริมาณ OM สูงสุดคือ 1.99 % ใกล้เคียงกับแปลงปลูกถั่วเซอราโตร และถั่วเซนโตรที่มีปริมาณเท่ากันคือ 1.95 % โดยการปลูกถั่วทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณOM แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงพืชธรรมชาติที่มีปริมาณต่ำสุดคือ 1.54 % ปริมาณ OM ของดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลองเมื่อระยะเวลานานขึ้น โดยแปลงที่ปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล

(T+M+M) ปริมาณสูงสุดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) และถั่วเซนโตร (Ce+M+M) คือ เท่ากับ 2.24 2.16 และ 1.99 % ตามลำดับ และในแปลงที่ปลูกกับถั่วชนิดอื่น ๆ ที่เหลือมีปริมาณ OM เท่ากันคือ 1.92% โดยไม่แตกต่างทางสถิติจากแปลงพืชธรรมชาติซึ่งมีค่า 1.98 % แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ OM ของดินต่ำกว่าก่อนทำการทดลอง

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) หลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมทั้งแปลงพืชธรรมชาติ 1 ปี ดินมี Total N ใกล้เคียงกัน คือ 0.092 เป็น 0.091 % และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดมีปริมาณ Total N สูงกว่าแปลงพืชธรรมชาติ โดยการปลูกถั่วเซอราโตร เซนโตร และท่าพระสไตโลมีปริมาณใกลเคียงกันและมากกว่าแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือระหว่าง 0.98-0.99 % และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในปีพ.ศ. 2550 ปริมาณ Total N เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองเล็กน้อยในทุกตำรับทดลองแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) คือมีค่าอยู่ระหว่าง 0.093-0.108 % (ตารางที่ 28 และภาพที่ 20 ข)

ตารางที่ 28 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ของดินที่ปลูกพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

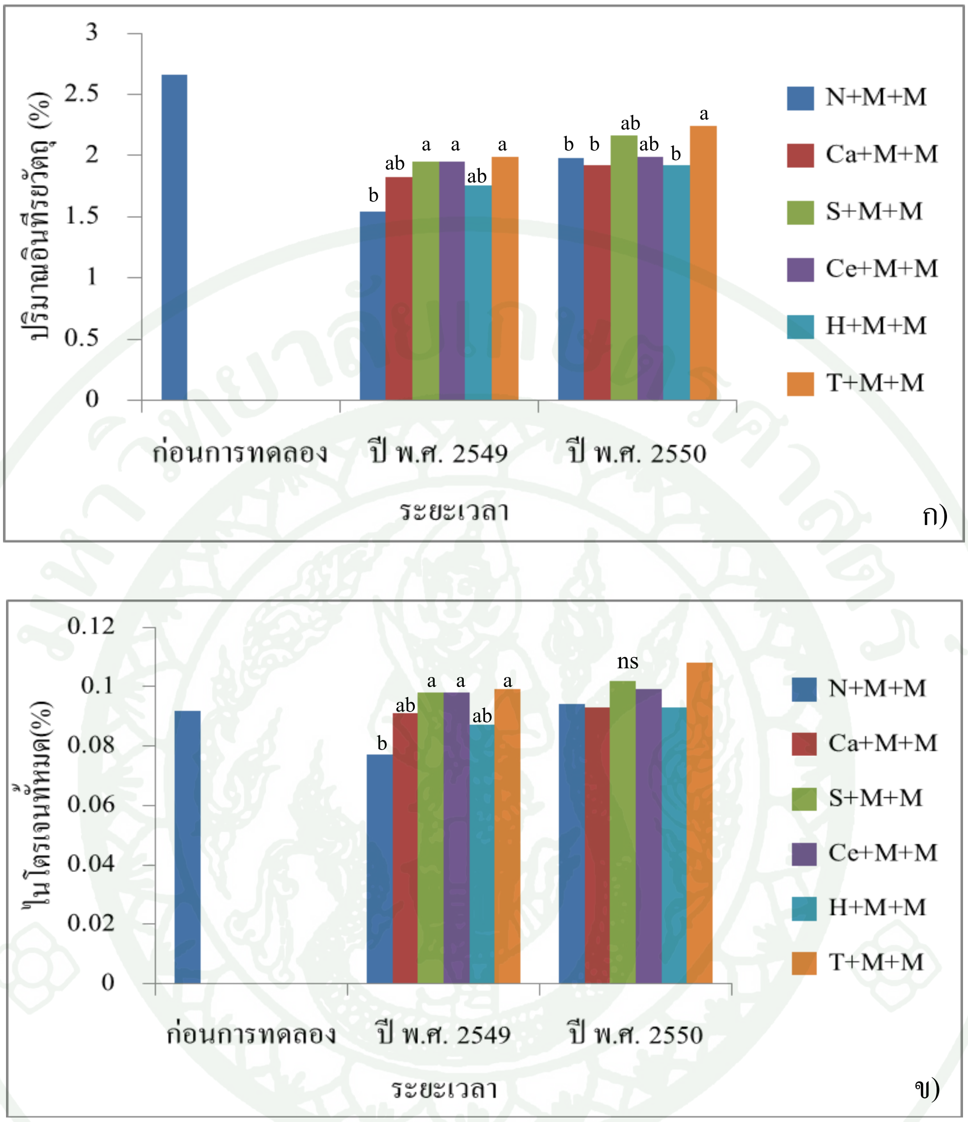
ตำรับทดลอง [2]	OM (%) [1]		Total N (%) [1]	
ก่อนทดลอง (พ.ค. 2548)	2.66		0.092	
หลังทดลอง	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550
N+M+M	1.54b	1.98b	0.077b	0.094
Ca+M+M	1.82ab	1.92b	0.091ab	0.093
S+M+M	1.95a	2.16ab	0.098a	0.102
Ce+M+M	1.95a	1.99ab	0.098a	0.099
H+M+M	1.76ab	1.92b	0.087ab	0.093
T+M+M	1.99a	2.24a	0.099a	0.108
F-test	*	*	*	ns
C.V. =	12.4 %	8.3 %	12.6 %	18.3 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 20 ปริมาณ OM และ Total N ของดินที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ตารางที่ 29 และภาพที่ 21 ก แสดงให้เห็นว่า หลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และพืชธรรมชาติคลุมดิน 1 ปี ทำให้ค่า CEC ดินเพิ่มขึ้น จาก 5.57 เป็น 12.51 เซนติโมล/กก. โดยแปลงที่ปลูกถั่วเซอราโตรมีปริมาณสูงสุดคือ 13.83 เซนติโมล/กก. แตกต่างทางสถิติกับแปลงปลูกถั่วเซนโตรมีค่าต่ำสุด คือ 10.97 เซนติโมล/กก. ในขณะแปลงที่ปลูกถั่วทั้ง 4 ชนิด และแปลงพืชธรรมชาติดินมีค่า CEC ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติกับ 2 ตำรับทดลองที่กล่าวมา คือมีค่าระหว่าง 12.02-12.48 เซนติโมล/กก. เมื่อระยะ

เวลานานขึ้นในระยะสุดท้ายของการทดลองเห็นได้ว่าค่า CEC ของดินเพิ่มขึ้นในทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) มีค่าสูงถึง 20.23 เซนติโมล/กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) ที่มีค่า CEC ต่ำสุดเพียง 15.48 เซนติโมล/กก. สำหรับตำรับทดลองที่เหลือค่า CEC มีปริมาณใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติ

ปริมาณฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) ภายหลังการทดลองปลูกพืชเป็นดินมีปริมาณ Avail. P ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่าการปลูกถั่วคาวาลเคดทำให้ดินมีปริมาณ Avail. P สูงสุด คือ 16.14 มก./กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกถั่วฮามาต้าซึ่งมีปริมาณต่ำสุดคือ 9.79 มก./กก. อย่างไรก็ตามการปลูกถั่วอาหารสัตว์อีก 3 ชนิดที่เหลือรวมทั้งแปลงพืชธรรมชาติดินมีปริมาณ Avail. P ใกล้เคียงกันคือระหว่าง 11.62-13.08 มก./กก. ดินที่มีพืชปกคลุมยาวนานขึ้นมี Avail. P เพิ่มขึ้นในทุกตำรับทดลองโดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนพฤศจิกายน 2550 มีค่าระหว่าง 14.81-19.67 มก./กก. และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P>0.05$) (ตารางที่ 29 และภาพที่ 21 ข)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) ตารางที่ 29 และภาพที่ 21 ค แสดงให้เห็นว่าภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และการมีพืชธรรมชาติขึ้นเจริญเติบโต (แปลงควบคุม) ดินมีปริมาณ Exch. K เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการปลูกถั่วเซอราโตรมีปริมาณสูงสุดคือ 119.95 มก./กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมทั้งแปลงควบคุม ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันคือระหว่าง 84.40-95.55 มก./กก. Exch. K ในดินเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกตำรับทดลองเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2550) โดยเฉพาะแปลงปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) และแปลงควบคุม (N+M+M) ที่มีค่าสูงถึง 158.49 และ 158.01 มก./กก. ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันคือระหว่าง 135.16-140.02 มก./ก

ตารางที่ 29 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) ของดินที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

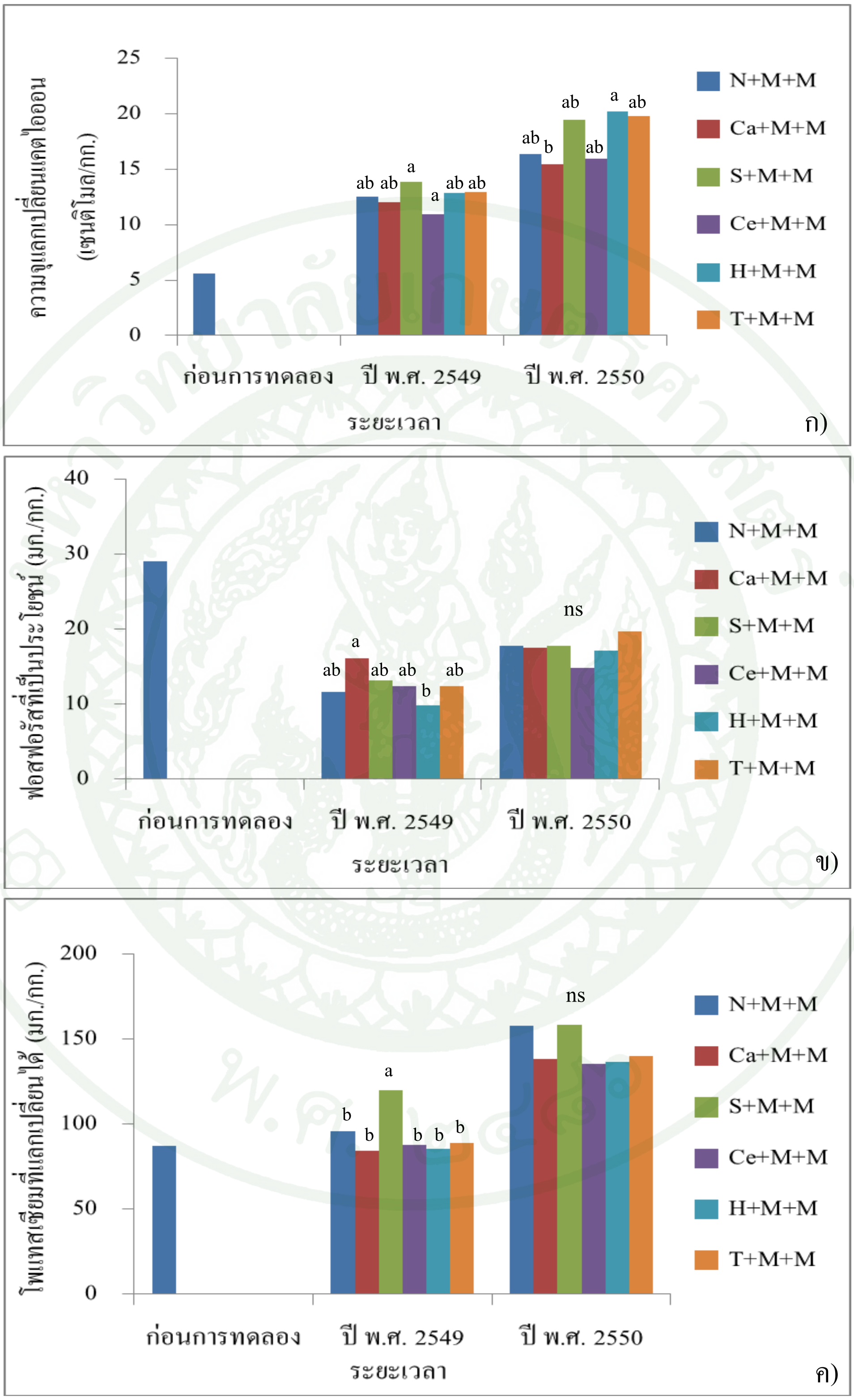
ตำรับทดลอง[2]	CEC[1] (เซนติโมล/กก.)		Avail. P[1] (มก./กก.)		Exch. K[1] (มก./กก.)	
ก่อนทดลอง (พ.ค. 2548)	5.57		29.0		87.3	
หลังทดลอง	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย.2550
N+M+M	12.48ab	16.32ab	11.62ab	17.79	95.55b	158.01
Ca+M+M	12.02ab	15.48b	16.14a	17.43	84.40 b	138.32
S+M+M	13.83a	19.42ab	13.08ab	17.69	119.95a	158.49
Ce+M+M	10.97b	15.98ab	12.33ab	14.81	87.60b	135.16
H+M+M	12.82ab	20.23a	9.79b	17.05	85.40b	136.38
T+M+M	12.90ab	19.82ab	12.39ab	19.67	88.55b	140.02
F-test	*	*	*	ns	*	ns
C.V. =	15.3 %	16.8 %	24.5 %	24.9 %	14.9%	13.1 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 21 ปริมาณ CEC (ก) Avail. P (ข) และ Exch. K (ค) ของดินที่ปลูกพืชร่วมกันโดยไม่ไถพรวน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

8.2 สมบัติกายภาพของดิน

การวิเคาระห์สมบัติทางกายภาพของดินซึ่งประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน อัตราการแทรกซึมน้ำ และปริมาณความชื้นในดินก่อนและหลังการทดลองในแต่ละปี แสดงในตารางที่ 30 และภาพที่ 22 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความหนาแน่นรวม (bulk density) เมื่อมีการไถพรวนดินเพื่อปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ และปล่อยให้พืชธรรมชาติเจริญเติบโต ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 1.29 เป็น 1.33 ก./ลบ.ซม. ตามลำดับ โดยแปลงปลูกถั่วเซนโตรมีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุดคือ 1.39 ก./ลบ.ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้าที่มีค่าต่ำใกล้เคียงกัน คือ 1.29 และ 1.31 ก./ลบ.ซม. ตามลำดับ แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้นโดยสิ้นสุดการทดลองความหนาแน่นรวมของดินลดลงในทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะแปลงปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) ความหนาแน่นรวมต่ำสุดคือ 1.16 กรัม/ลบ.ซม. แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง (P>0.05) โดยมีค่าความหนาแน่นรวมดินระหว่าง 1.16-1.26 ก./ลบ.ซม. (ภาพที่ 22 ก)

อัตราการแทรกซึมน้ำ (infiltration rate) เห็นได้ว่าหลังปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิดรวมทั้งแปลงควบคุม ดินมีอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1.38 เป็น 3.82 มม./นาที ตามลำดับ โดยเฉพาะแปลงปลูกถั่วคาวาลเคดซึ่งมีอัตราการแทรกซึมน้ำสูงสุดคือ 4.2 มม./นาที ในขณะที่ปลูกถั่วเซอราโตรดินมีอัตราการแทรกซึมน้ำต่ำสุด (3.4 มม./นาที) แต่อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง (P>0.05) และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2550) ทุกตำรับทดลองดินมีค่าอัตราการแทรกซึมน้ำใกล้เคียงกันคือระหว่าง 3.17- 4.21 มม./นาที (P>0.05) (ภาพที่ 22 ข)

ปริมาณความชื้นในดิน (soil moisture content) การปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และแปลงควบคุม 1 ปี ทำให้ปริมาณความชื้นในดินเฉลี่ยลดลงจาก 19.27 เป็น 15.27 % โดยน้ำหนักแปลงที่ปลูกถั่วคาวาลเคดมีความชื้นในดินสูงสุดและใกล้เคียงกับแปลงปลูกถั่วเซอราโตร คือเท่ากับ 18.47 และ 17.60 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงปลูกถั่วเซนโตรซึ่งมีความชื้นต่ำสุด ส่วนการปลูกถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโลดินมีความชื้นใกล้เคียงกับถั่วทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณความชื้นในดินในทุกตำรับทดลองลดลงอย่างมากเมื่อปลูกพืช

นานขึ้น โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองความชื้นในดินเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 7.56 % โดยน้ำหนัก การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) มีความชื้นในดินสูงสุด แตกต่างทางสถิติกับการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) ที่มีปริมาณต่ำสุด คือ 8.60 และ 5.84 % โดยน้ำหนัก ในขณะที่ตำรับทดลองอื่นๆ ปริมาณความชื้นในดินใกล้เคียงกับ 2 ตำรับทดลองที่กล่าวมา (ภาพที่ 22 ค)

ตารางที่ 30 สมบัติทางกายภาพบางประการของดินที่ปลูกพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

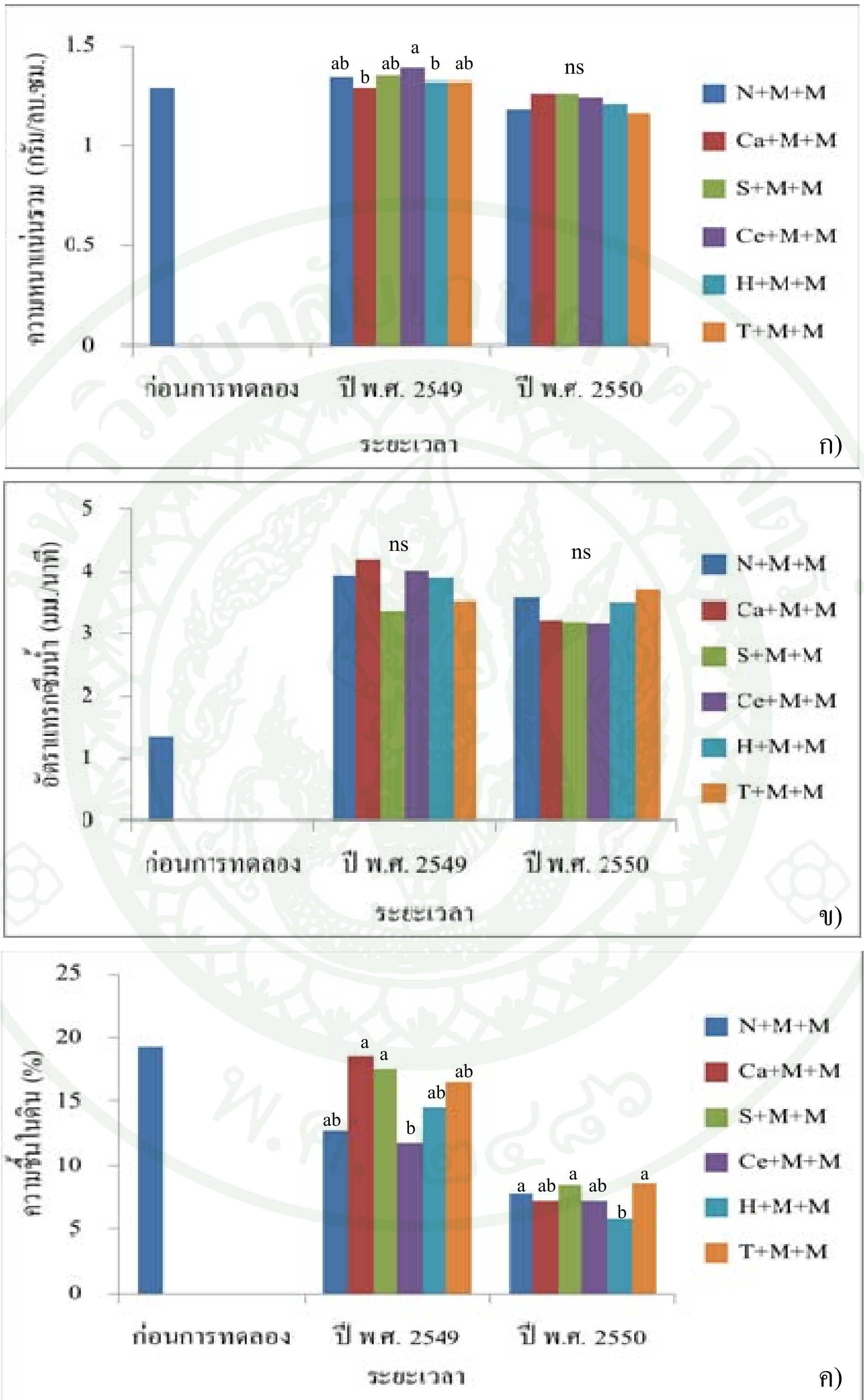
ตำรับทดลอง[2]	ความหนาแน่นรวม[1] (กรัม /ลบ.ซม.)		อัตราการแทรกซึมน้ำ (มม./นาที)		ความชื้นในดิน[1] (% โดยน้ำหนัก)	
ก่อนทดลอง (พ.ค 2548)	1.29		1.37		19.27	
หลังทดลอง	มิ.ย 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย. 2550	มิ.ย. 2549	พ.ย.2550
N+M+M	1.34ab	1.18	3.93	3.57	12.71ab	7.90a
Ca+M+M	1.29b	1.26	4.21	3.21	18.47a	7.30ab
S+M+M	1.35ab	1.26	3.38	3.19	17.60a	8.44a
Ce+M+M	1.39a	1.24	4.02	3.17	11.73b	7.29ab
H+M+M	1.31b	1.21	3.90	3.52	14.58ab	5.84b
T+M+M	1.32ab	1.16	3.53	3.70	16.51ab	8.60a
F-test	*	ns	ns	ns	*	*
C.V. =	20.8 %	18.4 %	15.6 %	20.7 %	18.7 %	19.5 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3



ภาพที่ 22 สมบัติทางกายภาพบางประการของดินที่ปลูกพืชร่วมกันโดยไม่ไถพรวนดิน
ก) ความหนาแน่นรวม ข) อัตราการแทรกซึมน้ำ และ ค) ปริมาณความชื้นในดิน

8.3 สมบัติทางชีวภาพของดิน

ศึกษาสมบัติทางชีวภาพบางประการ คือ ปริมาณ และจำนวนกลุ่มของแบคทีเรียในดิน จากตารางที่ 31 และ ภาพที่ 23 พบว่าดินมีปริมาณแบคทีเรียเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่า จากการศึกษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน การปลูกเซนโตรและถั่วท่าพระสไตโลดินมีมีปริมาณแบคทีเรียในดินสูงสุดคือ 11.18×10^4 และ 11.90×10^4 โคโลนี//ดิน 1 ก. ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกถั่วฮามาต้าดินมีปริมาณต่ำสุดคือ 6.71×10^4 โคโลนี/ดิน 1 ก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลานานขึ้นกลับพบว่า การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) ดินมีปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ 13.23×10^4 โคโลนี/ดิน 1 ก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล (T+M+M) ซึ่งมีปริมาณแบคทีเรียในดินต่ำสุดเพียง 6.45×10^4 โคโลนี/ดิน 1 ก. (ภาพที่ 23 ก)

เมื่อแบ่งกลุ่มแบคทีเรียดินโดยดูจากความแตกต่างของลักษณะโคโลนี พบว่า ภายหลังการทดลองประมาณ 6 เดือน จำนวนกลุ่มของแบคทีเรียเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกตำรับทดลอง โดยแปลงปลูกถั่วฮามาต้ามีจำนวนสูงสุด และใกล้เคียงกับการปลูกถั่วเซนโตร คือ 10.1 และ 8.2 กลุ่ม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ ที่มีจำนวนใกล้เคียงกันคือ 5.8-6.3 กลุ่ม และเมื่อปลูกพืชเป็นระยะเวลานานขึ้นเห็นได้ว่าจำนวนกลุ่มของแบคทีเรียในดินลดลงในทุกตำรับทดลองคือมีจำนวนระหว่าง 4.75-5.75 กลุ่ม และไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P>0.05$) (ภาพที่ 23 ข)

ตารางที่ 31 สมบัติทางชีวภาพบางประการของดินที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในเดือนตุลาคม 2548 และกรกฎาคม 2549

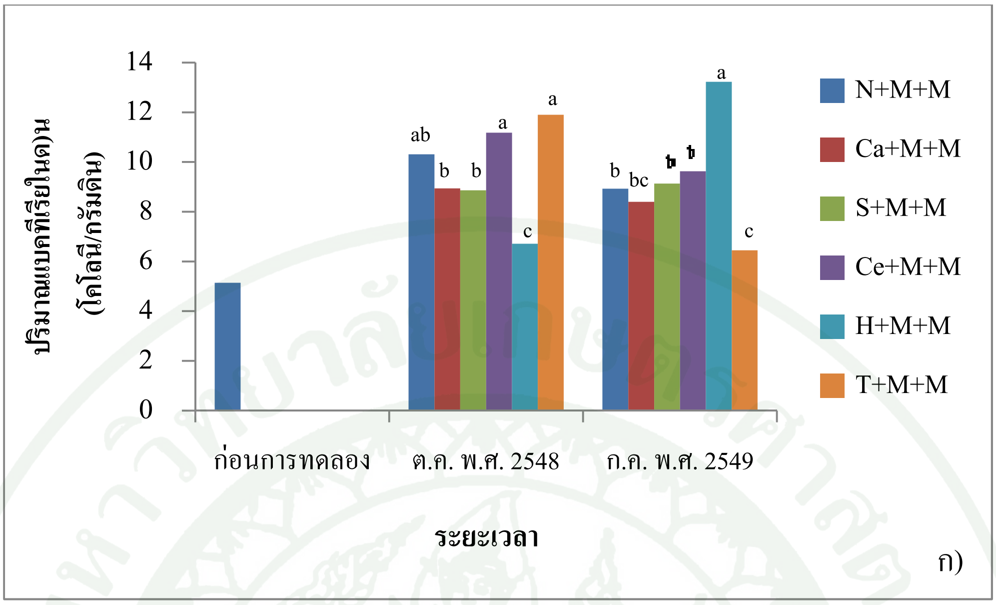
ตำรับทดลอง[2]	ปริมาณแบคทีเรียในดิน ($x\ 10^4$ โคโลนี/ดิน 1 ก.)		จำนวนกลุ่มแบคทีเรีย (กลุ่ม)	
ก่อนทดลอง (พ.ค. 2548)	5.14		5.03	
หลังทดลอง	ต.ค. 2548	ก.ค. 2549	ต.ค. 2548	ก.ค. 2549
N+M+M	10.31ab	8.93b	6.3b	4.75
Ca+M+M	8.94b	8.40bc	6.1b	5.50
S+M+M	8.86b	9.13b	5.8b	4.75
Ce+M+M	11.18a	9.63b	8.2a	5.00
H+M+M	6.71c	13.23a	10.1a	4.75
T+M+M	11.90a	6.45c	5.9b	5.75
F-test	*	*	*	ns
C.V. =	13.4 %	14.8%	18.9 %	30.8%

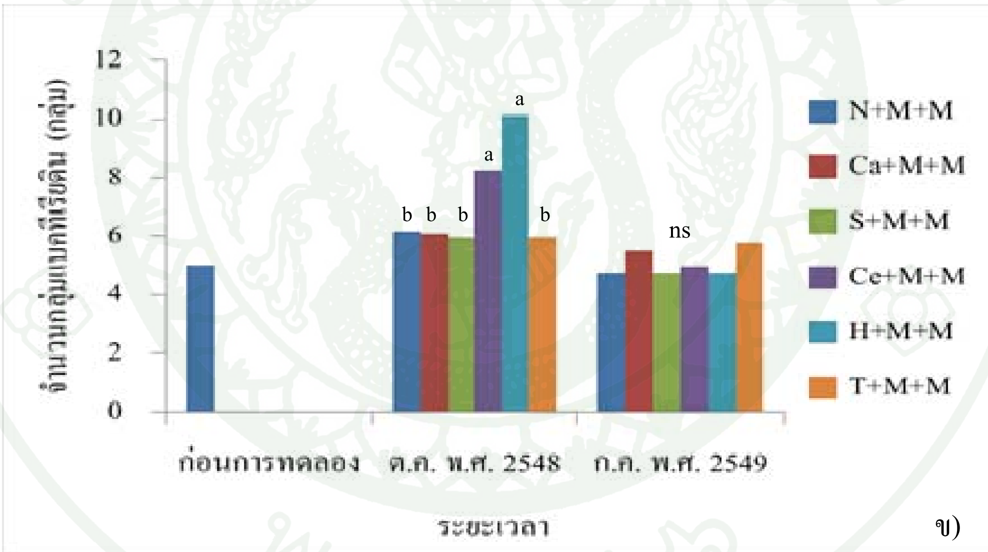
หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3





ภาพที่ 23 สมบัติชีวภาพบางประการของดินที่ปลูกพืชร่วมกันโดยไม่ไถพรวนดิน
ก) ปริมาณแบคทีเรียในดิน และ ข) จำนวนกลุ่มแบคทีเรียในดิน

8.4 อัตราการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ในพื้นที่แปลงก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองซึ่งใช้ระยะเวลา 2 ปี 6 เดือน แล้วนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลง (ratio of change) จากตารางที่ 32 เห็นได้ว่าหลังจากปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตรมาต้า และท่าพระสไตโล สมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น โดยสมบัติทางเคมีของดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น คือ ค่า pH CEC ปริมาณ Total N และ Exch. K สำหรับสมบัติทางกายภาพของดินพบว่าดินมีความหนาแน่นรวมลดลง และอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้น และมีปริมาณแบคทีเรียในดินเพิ่มขึ้นในปริมาณมาก ส่วนจำนวนกลุ่มของแบคทีเรียคงที่

ตารางที่ 32 อัตราการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินที่ปลูกพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2548-พฤศจิกายน 2550

สมบัติของดิน	ก่อนการทดลอง (พฤษภาคม 2548)	สิ้นสุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2550)	อัตราการเปลี่ยนแปลง
สมบัติทางเคมี			
ปฏิกิริยาดิน (pH)	5.4	5.7	เพิ่มขึ้น
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมน/ม.)	1.04	0.67	ลดลง
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	2.66	2.04	ลดลง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.092	0.098	เพิ่มขึ้น
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอิออนบวก (CEC) (เซนโมล/กก.)	5.57	17.9	เพิ่มขึ้น
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	29.0	17.4	ลดลง
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	87.3	144.4	เพิ่มขึ้น
สมบัติทางกายภาพ			
ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	1.29	1.23	ลดลง
การแทรกซึมของน้ำ (มม./นาที)	1.37	3.39	เพิ่มขึ้น
ความชื้นในดิน (% โดยน้ำหนัก)	19.3	7.56	ลดลง
สมบัติทางชีวภาพ		(กรกฎาคม 2549)	
ปริมาณแบคทีเรียในดิน (x 10^4 โคโลนี/ดิน 1 ก.)	5.14	9.30	เพิ่มขึ้น
จำนวนแบคทีเรีย (กลุ่ม)	5.0	5.1	คงที่

9. ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

จากการบันทึกข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจที่สำคัญซึ่งประกอบด้วย ต้นทุน รายได้ และรายได้สุทธิ จากระบบการผลิตที่แตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 33 และมีรายละเอียด ดังนี้

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ ทั้ง 5 ชนิด คือ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล มีต้นทุนรวมใกล้เคียงกันคือระหว่าง 5,120-5,380 บาท/ไร่/ 3 ปี หรือ 1,707 -1,793 บาท/ไร่/ปี ซึ่งสูงกว่าระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับพืชธรรมชาติ (N+M+M) ที่มีต้นทุนรวมเพียง 550 บาท/ไร่/ปี แต่อย่างไรก็ตามแปลงควบคุมมีรายได้รวมต่ำกว่าการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด และใกล้เคียงกับการปลูกถั่วเซนโตรร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce+M+M) คือ 1,217 และ 1,159 บาท/ไร่/ปี สำหรับแปลงควบคุม และ Ce+M+M ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ เห็นได้ว่า การปลูกถั่วฮามาต้าร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) มีรายได้รวมสูงสุด คือ 13,803.5 บาท/ไร่/3 ปี (4,601 บาท/ไร่/ปี) รองลงมาคือการปลูกถั่วคาวาลเคดร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca+M+M) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับถั่วเซอราโตรร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (S+M+M) คือ 3,565 และ 3,526 บาท/ไร่/ปี บาท/ไร่/ปี ในขณะที่การปลูกถั่วเซนโตรร่วมกับข้าวโพดให้รายได้รวมต่ำสุด และต่ำกว่าแปลงควบคุม ตามที่กล่าวข้างต้น

สำหรับรายได้สุทธิ หรือกำไรจากระบบการปลูกพืช เห็นได้ว่าการปลูกถั่วฮามาต้าร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ 8,422.5 บาท/ไร่/3 ปี หรือ 2,807.5 บาท/ไร่/ปี ในขณะที่การปลูกถั่วเซนโตรร่วมข้าวโพดให้กำไรสุทธิต่ำสุด คือ -548 บาท/ไร่/ปี โดยต่ำกว่าระบบควบคุมที่มีกำไรสุทธิ 667 บาท/ไร่/ปี

ตารางที่ 33 รายละเอียดต้นทุน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน บนลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2548 -พฤศจิกายน 2550

รายการ[1] (บาท/ไร่/ 3 ปี)	ระบบการปลูกพืช [2]					
	N+M+M	Ca+M+M	S+M+M	Ce+M+M	H+M+M	T+M+M
1. จ้างเตรียมแปลง	500	500	500	500	500	500
2. ค่าเมล็ดพันธุ์	200	460	460	460	470	380
3. ค่าปุ๋ยเคมี	0	2,910	2,910	2,910	2,910	2,910
5. จ้างแรงงานปลูกและจัดการ	600	900	900	900	900	900
6. จ้างแรงงานเก็บเกี่ยว	350	580	550	350	600	500
7. รวมต้นทุน	1,650	5,350	5,320	5,120	5,380	5,190
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่/ปี)	550	1,783	1,773	1,707	1,793	1,730
8. ผลผลิตพืชอาหารสัตว์	1,931	2,572	1,647	771	2,956	2,043
9. ผลผลิตเมล็ดข้าวโพด	51	173	584	65	403	128
10. ผลผลิตตอซัง	299	437	872	259	693	371
11. ผลผลิตรวมทั้งระบบ	1,982	2,745	2,231	836	3,359	2,171
12. รายได้ถั่วอาหารสัตว์	2,897	9,002	5,765	2,699	10,346	7,151
13. รายได้เมล็ดข้าวโพด	306	1,038	3,504	390	2,418	768
14. รายได้ตอซัง	448.5	655.5	1,308	388.5	1,039.5	556.5
15. รายได้รวม	3,652	10,696	10,577	3,478	13,804	8,476
รายได้รวม (บาท/ไร่/ปี)	1,217	3,565	3,527	1,159	4,601	2,825
16. รายได้สุทธิ (15-7)	2,002	5,345	5,257	-1,643	8,423	3,286
รายได้สุทธิ (บาท/ไร่/ปี)	667	1,781	1,752	-548	2,808	1,095

ตารางที่ 33 (ต่อ)

หมายเหตุ [1] 1) เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ราคา 20 บาท/กก. อัตราปลูก 5 กก./ไร่

2) เมล็ดถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และเซนโตร ราคา 65 บาท/กก. อัตราปลูก 4 กก./ไร่

3) เมล็ดถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ราคา 90 บาท/กก. อัตราปลูก 3 และ 2 กก./ไร่ สำหรับฮามาต้า และท่าพระสไตโล ตามลำดับ

4) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ราคา 850 บาท/กระสอบ

5) ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 ราคา และ 0-0-60 อัตรา 30 กก./ไร่ ราคา 650 บาท/กระสอบ

6) แคลฟอสพลัส และโดโลไมท์ 250 บาท/ไร่

7) ค่าจ้างไถเตรียมพื้นที่พร้อมปลูก 500 บาท/ไร่

8) ค่าจ้างแรงงานวันละ 150 บาท/คน/วัน ใช้แรงงาน 2 คน/ไร่/วัน

9) ถั่วอาหารสัตว์ ราคา 3.5 บาท/ กก. พืชธรรมชาติราคา 1.5 บาท/กก.

10) เมล็ดข้าวโพด ราคา 6 บาท/กก. ตอซังข้าวโพด ราคา 1.5 บาท/กก.

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ระบบการปลูกพืช เหมือนกับตารางที่ 3

ระบบที่ 2 การปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. การเจริญเติบโตของพืช

1.1 ถั่วอาหารสัตว์

1) คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์

ถั่วอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการตั้งตัวของต้นอ่อนแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดเป็นสำคัญ โดยเมล็ดที่มีขนาดใหญ่จะมีความสามารถในการตั้งตัวสูงกว่า จากตารางที่ 34 เห็นได้ว่าที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วแลบแลบซึ่งเมล็ดมีน้ำหนักมากที่สุด คือ 290 มก./เมล็ด สามารถตั้งตัวได้สูงสุดถึง 92.7% ในขณะที่ถั่วท่าพระสไตโล และฮามาต้า ที่มีน้ำหนักเมล็ดต่ำสุดเพียง 2.73 และ 2.93 มก./เมล็ด ตามลำดับ จึงทำให้การตั้งตัวของเมล็ดที่มีชีวิตต่ำสุดเพียง 17.6 และ 14.0% ตามลำดับ

ตารางที่ 34 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่อายุ 11 สัปดาห์ หลังปลูกบนดินลูกรัง ชุดโพนพิสัย

ชนิดพืช	จำนวนเมล็ดที่มีชีวิต/ไร่	จำนวนต้นจากเมล็ดที่มีชีวิต/ไร่	การตั้งตัวเมล็ดที่มีชีวิต (%)	น้ำหนักเมล็ด (มก./ เมล็ด)
ถั่วคาวาลเคด	197,531	105,600	53.4	20.25
ถั่วเซอราโตร	294,985	84,800	28.7	13.56
ถั่วเซนโตร	156,863	40,000	25.4	25.50
ถั่วฮามาต้า	1365,186	192,200	14.0	2.93
ถั่วท่าพระสไตโล	732,601	129,600	17.6	2.73
ถั่วแลบแลบ	22,414	20,800	92.7	290.00

2) จำนวนต้น

การศึกษาจำนวนต้นถั่วอาหารสัตว์จำนวน 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และถั่วแลบแลบ ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนในฤดูปลูกที่ 1 (มิถุนายน-พฤศจิกายน 2548) และฤดูปลูกที่ 2 (มิถุนายน-พฤศจิกายน 2549) แสดงในตารางที่ 35 และภาพที่ 24 รายละเอียด ดังต่อไปนี้

ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน 2548 จากการศึกษาจำนวนต้นของถั่วอาหารสัตว์ที่อายุ 2 และ 4 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยถั่วฮามาต้ามีจำนวนต้นสูงสุดคือ 158 และ 148 ต้น/ตร.ม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะถั่วแลบแลบที่มีจำนวนต้นต่ำสุดเพียง 18 และ 16 ต้น/ตร.ม. สำหรับที่อายุ 2 และ6 หลังปลูก ตามลำดับ เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตขึ้นจำนวนต้นต่อพื้นที่ลดลงอย่างไรก็ตามถั่วฮามาต้ายังมีจำนวนต้นสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอีก 5 ชนิดที่เหลือ โดยมีจำนวน 120 112 65 และ 56 ต้น/ตร.ม. สำหรับที่อายุ 10 14 18 และ 22 สัปดาห์หลังปลูก ตามลำดับ ส่วนถั่วแลแลบมีจำนวนต้นน้อยที่สุดตลอดการศึกษา คือ 13 10 7 และ 2 ต้น/ตร.ม. สำหรับที่อายุ 10 14 18 และ 22 สัปดาห์ หลังปลูก ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากถั่วเซนโตร

เมื่อเข้าสู่ฤดูปลูกที่ 2 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน 2549 ถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิดยกเว้นถั่วแลบแลบมีเมล็ดร่วงหล่นลงบนแปลงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2548 โดยเมล็ดเหล่านี้เจริญเติบโตเป็นต้นใหม่เมื่อได้รับน้ำฝนในปีที่ 2 คือในเดือน เมษายน 2549 จากการสุ่มเก็บข้อมูลที่อายุ 4 9 14 19 24 และ 29 สัปดาห์ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันในทุกช่วง คือ ถั่วฮามาต้า (H-H-M) มีจำนวนต้นสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ (P<0.05) ตลอดการทดลอง คือ 216 207 133 136 115 และ 96 ต้น/ตร.ม. สำหรับที่อายุ 4 9 14 19 24 และ 29 สัปดาห์ ตามลำดับ และสำหรับถั่วแลบแลบซึ่งส่วนใหญ่เมล็ดไม่ร่วงลงแปลงจึงต้องปลูกใหม่ในปีที่ 2 ทำให้มีจำนวนต้นต่อพื้นที่โดยเฉลี่ยต่ำสุดเพียง 8-7 ต้น/ตร.ม. อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติจากถั่วเซอราโตร (S-S-M) เซนโตร (Ce-Ce-M) และท่าพระสไตโล (T-T-M)

ตารางที่ 35 จำนวนต้นถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

ตำรับทดลอง [2]	จำนวนต้น (ต้น/ตร.ม.)											
	ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์) [1/]						ระยะเวลาหลังตัดผลผลิตครั้งสุดท้ายของปีที่ 1 (สัปดาห์) [1/]					
	ฤดูปลูกที่ 1 (2548)						ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					
	2	6	10	14	18	22	4	9	14	19	24	29
	(25 มิ.ย.)	(22 ก.ค.)	(19 ส.ค.)	(16 ก.ย.)	(14 ต.ค.)	(11 พ.ย.)	(2 มิ.ย.)	(9 ก.ค.)	(13 ส.ค.)	(17 ก.ย.)	(22 ต.ค.)	(26 พ.ย.)
M-M-M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca-Ca-M	93b	84c	66c	52b	28b	23c	38b	49b	42b	30b	51b	44b
S-S-M	58c	56d	53c	48b	22b	19c	13c	10c	12c	14c	14c	12c
Ce-Ce-M	50c	35e	25d	19c	11c	7d	7c	7c	13c	10c	15c	12c
H-H-M	158a	148a	120a	112a	65a	56a	216a	207a	133a	136a	115a	96a
T-T-H	105b	116b	81b	65b	67a	40b	14c	9c	13c	8c	6c	5c
L-L-M	18d	16e	13d	10c	7c	2d	0c	8c	8c	7c	7c	7c
F-test	**	**	*	*	*	*	**	**	**	**	**	**
C.V. =	20.9 %	17.4 %	15.8 %	23.8 %	18.3 %	22.3 %	21.3 %	14.5 %	17.7 %	19.7 %	22.1 %	16.5 %

ตารางที่ 35 (ต่อ)

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

- ไม่มีข้อมูล

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ เชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher’s LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลอง คือ

M-M-M ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี

Ca-Ca-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วคาวาลเคด ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

S-S-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วเซอราโตร ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Ce-Ce-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วเซนโตร ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

H-H-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วฮามาต้า ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

T-T-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วท่าพระสไตโล ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

L-L-M ปีที่ 1 และ 2 ปลูกถั่วแลบแลบ ปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ภาพที่ 24 การเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วอาหารสัตว์ที่ร่วงหล่นลงแปลงเมื่อได้รับความชื้นในฤดูปลูกที่ 2 (ปี พ.ศ. 2549)
ก) ถั่วคาวาลเคด ข) ถั่วเซนโตร ค) ถั่วฮามาต้า และ ง) ถั่วท่าพระสไตโล

3) ความสูง

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของถั่วอาหารสัตว์จำนวน 6 ชนิด ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนในฤดูปลูกที่ 1 และ 2 (พ.ศ. 2548 และ 2549) ได้แสดงในตารางที่ 36 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ในฤดูปลูกที่ 1 เห็นได้ว่าระยะ 2 และ 4 สัปดาห์แรก ถั่วแลบแลบ (L-L-M) มีความสูงมากที่สุดคือ 18 และ 36 ซม. ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วชนิดอื่น ๆ (P<0.05) รองลงมาคือถั่วคาวาลเคด สำหรับถั่วชนิดอื่น ๆ ที่เหลือมีความสูงใกล้เคียงกันคือระหว่าง 3-5 ซม. และ 10-14 ซม. สำหรับที่ 2 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ พืชทุกชนิดมีความสูงเพิ่มขึ้น โดยที่ 10 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วแลบแลบมีความสูงถึง 152 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือถั่วเซอราโตร และคาวาลเคด ส่วนถั่วฮามาต้ามีความสูงน้อยสุด คือ 48 ซม. แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากถั่วท่าพระสไตโล และถั่วเซนโตร และที่อายุ 14 สัปดาห์หลังปลูก พืชอาหารสัตว์ทุกชนิดมีความสูงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) คือมีความสูงระหว่าง 27-33 ซม. และที่อายุ 18 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วเซนโตรมีความสูงมากที่สุด คือ 50 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วคาวาลเคดที่มีความสูงน้อยสุด คือ 35 ซม. ส่วนถั่วอาหารสัตว์อีก 4 ชนิดที่เหลือมีความสูงใกล้เคียงกันคือระหว่าง 45-48 ซม. โดยไม่แตกต่างทางสถิติจากถั่วทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา และที่อายุ 22 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วเซอราโตรมีความสูงมากที่สุด คือ 52 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วทุกชนิดที่ใช้ทดลองยกเว้นถั่วแลบแลบ (40 ซม.) ในขณะที่ถั่วฮามาต้าที่มีความสูงต่ำสุด อย่างไรก็ตามมีความสูงใกล้เคียงกับถั่วท่าพระสไตโล และถั่วเซนโตร

สำหรับการเจริญเติบโตของถั่วอาหารสัตว์ในฤดูปลูกที่ 2 (มิถุนายน-พฤศจิกายน 2549) พบว่าความสูงที่อายุ 4 9 14 และ 19 สัปดาห์ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยที่ 4 และ 9 สัปดาห์ ถั่วเซอราโตร (S-S-M) มีความสูงมากที่สุดมากที่สุด คือ 114 และ 137 ซม. ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วแลบแลบ (L-L-M) ซึ่งไม่มีข้อมูล แต่เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นถั่วแลบแลบมีความสูงมากที่สุด โดยที่ 14 สัปดาห์ หลังปลูก มีความสูง 161 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ ในขณะที่ถั่วฮาม้าต้า (H-H-M) มีความสูงน้อยสุดใกล้เคียงกับถั่วท่าพระสไตโล และถั่วคาวลาเคด คือ 52 61 และ 62 ซม. ตามลำดับ ที่อายุ 19 สัปดาห์ ถั่วแลบแลบที่มีความสูงมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับถั่วท่าพระสไตโล และเซอราโตร คือ 45 42 และ 40 ซม. และในช่วงปลายเดือนตุลาคม 2549 (24 สัปดาห์) ถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิดมีความสูงลดลง อย่างไรก็ตามถั่วเซอราโตรยังมีความสูงมากที่สุด คือ 63 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วคาวาลเคด เซนโตร และฮามาต้า ในขณะที่ถั่วแลบแลบ และท่าพระสไตโล มีความสูงใกล้เคียงกับถั่วเซอราโตร และในช่วงสุดท้ายของการศึกษาที่อายุ 29 สัปดาห์ พบว่า ถั่วเซอราโตรมีความสูงมากที่สุดคือ 57 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่ว 5 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีความสูงน้อยที่สุดคือ 21 ซม.

ตารางที่ 36 ความสูงของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

ตำรับทดลอง [2]	ความสูง (ซม.)											
	ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์) [1/]						ระยะเวลาหลังตัดผลผลิตครั้งสุดท้ายของปีที่ 1 (สัปดาห์) [1/]					
	ฤดูปลูกที่ 1 (2548)						ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					
	2 (25 มิ.ย.)	6 (22 ก.ค.)	10 (19 ส.ค.)	14 (16 ก.ย.)	18 (14 ต.ค.)	22 (11 พ.ย.)	4 (2 มิ.ย.)	9 (9 ก.ค.)	14 (13 ส.ค.)	19 (17 ก.ย.)	24 (22 ต.ค.)	29 (26 พ.ย.)
Ca-Ca-M	10b	30b	80bc	27	35b	36bc	41c	50c	62c	35bcd	49bc	35bc
S-S-M	5c	14c	95b	30	48a	52a	114a	137a	117b	40abc	63a	57a
Ce-Ce-M	5c	14c	53d	31	50a	25cd	65b	107b	105b	32cd	47bc	32c
H-H-M	3c	10d	48d	33	46ab	21d	26d	37c	52c	27d	37c	21d
T-T-H	4c	14c	62cd	33	45ab	26cd	35cd	45c	61c	45a	51ab	34bc
L-L-M	18a	36a	152a	31	47a	40ab	0e	35c	161a	42ab	58ab	41b
F-test	*	*	*	ns	*	*	**	**	**	**	*	*
C.V. =	15.2 %	9.6 %	14.4 %	18.3 %	17.4 %	16.5 %	16.1 %	16.3 %	17.5 %	15.2 %	16.7 %	13.9 %

ตารางที่ 36 (ต่อ)

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

4) การคลุมดิน

ในฤดูปลูกที่ 1 จากตารางที่ 37 เห็นได้ว่าการเก็บข้อมูลที่อายุ 2 สัปดาห์ หลังปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยถั่วเซอราโตร และคาวาลเคด มีความสามารถในการคลุมดินได้สูงใกล้เคียงกัน คือ 40 และ 36% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะถั่วเซนโตร ที่คลุมดินได้ต่ำสุด และใกล้เคียงกับฮามาต้า คือ 15 และ 17% ตามลำดับ เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ที่ 6 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วคาวาลเคด แลบแลบ และท่าพระสไตโล คลุมดินได้สูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 86 73 และ 68% ตามลำดับ ส่วนถั่วเซนโตร คลุมดินได้น้อยที่สุด คือ 50% และที่ 10 สัปดาห์ หลังปลูก ถั่วเกือบทุกชนิดคลุมดินสูงถึง 94-100% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วเซนโตรที่คลุมดินได้ต่ำสุดเพียง 44% และเมื่ออายุ 18 สัปดาห์ หลังปลูก ฮามาต้า และแลบแลบคลุมดินได้ 91 และ 85% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ ถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิดคลุมดินลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว โดยที่อายุ 22 สัปดาห์ หลังปลูก ฮามาต้าคลุมดินได้ 35% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับอื่นๆ รองลงมาคือเซอราโตร และคาวาลเคด สำหรับแลบแลบคลุมดินได้ต่ำสุดโดยใกล้เคียงกับเซนโตร และท่าพระสไตโล คือ 10 15 และ 15% ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาในฤดูปลูกที่ 2 (มิถุนายน-พฤศจิกายน 2549) ที่อายุ 4 สัปดาห์ และ 9 สัปดาห์ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดย 4 สัปดาห์ ถั่วเซอราโตร (S-S-M) และฮามาต้า (H-H-M) สามารถคลุมดินได้ดีที่สุดคือ 79% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ โดยเฉพาะแลบแลบ (L-L-M) ซึ่งไม่ยังไม่งอก ฮามาต้า และเซอราโตรคลุมดินได้สูงอย่างต่อเนื่อง โดยที่ 9 สัปดาห์ คลุมพื้นดินได้ถึง 100% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะแลบแลบที่คลุมดินได้เพียง 20% และที่อายุ 14 และ 19 สัปดาห์ ฮามาต้า และเซอราโตรคลุมดินได้สูงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 81 70 และ 73 60 % ตามลำดับ สำหรับ 14 และ 19 สัปดาห์ ตามลำดับ ถั่วฮามาต้าคลุมดินได้สูงสุดตลอดการศึกษา โดยที่ 24 และ 29 สัปดาห์ คลุมดินได้สูงถึง 100 และ 90% ในขณะที่เซนโตรที่คลุมดินได้ต่ำสุดคือ 34 และ 38% สำหรับที่ 24 และ 29 สัปดาห์ ตามลำดับ

ตารางที่ 37 การคลุมดินของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

ตำรับทดลอง [2]	ความสามารถในการคลุมดิน (%)											
	ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์) [1/]						ระยะเวลาหลังตัดผลผลิตครั้งสุดท้ายของปีที่ 1 (สัปดาห์) [1/]					
	ฤดูปลูกที่ 1 (2548)						ฤดูปลูกที่ 2 (2549)					
	2 (25 มิ.ย.)	6 (22 ก.ค.)	10 (19 ส.ค.)	14 (16 ก.ย.)	18 (14 ต.ค.)	22 (11 พ.ย.)	4 (2 มิ.ย.)	9 (9 ก.ค.)	14 (13 ส.ค.)	19 (17 ก.ย.)	24 (22 ต.ค.)	29 (26 พ.ย.)
Ca-Ca-M	36ab	86a	100a	85ab	65b	24b	51b	69b	50b	40cd	68b	73ab
S-S-M	40a	65bc	94a	80b	54c	25b	79a	100a	70a	60ab	68b	68b
Ce-Ce-M	15d	50c	44b	30c	21d	15c	24c	35c	30c	31de	34c	38c
H-H-M	17cd	64bc	95a	90ab	91a	35a	79a	100a	81a	73a	100a	90a
T-T-H	23c	68abc	96a	90ab	60bc	15c	25c	35c	28c	20e	35c	59b
L-L-M	31bc	73ab	100a	95a	85a	10c	0d	20d	50b	50bc	70b	66b
F-test	**	*	*	*	**	**	**	**	*	*	**	*
C.V. =	16.2 %	20.8 %	9.1 %	12.7 %	10.4 %	21.1 %	22.4 %	15.8 %	21.6 %	22.2 %	21.2 %	20.0 %

ตารางที่ 37 (ต่อ)

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

1.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) ความสูง

การเจริญเติบโตทางด้านความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 38 และมีรายละเอียด ดังนี้

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกอย่างต่อเนื่อง (M-M-M) (แปลงควบคุม) ในปีที่ 1 มีความสูงมากกว่าที่ปลูกในปีที่ 2 ในทุกช่วงที่บันทึกข้อมูล โดยในช่วงสุดท้ายของการบันทึกข้อมูล มีความสูง 175 และ 159 ซม. สำหรับการบันทึกในวันที่ 24 สิงหาคม 2548 และ 2549 ตามลำดับ และในส่วนการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ในปีที่ 3 พบว่า ในช่วงแรกของการเจริญเติบโต จากการเก็บข้อมูลที่อายุ 2 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด ยกเว้นถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) มีความสูงแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงควบคุม คือมีความสูงระหว่าง 46-50 ซม. สำหรับที่ปลูกตามถั่วเซนโตรมีความสูงต่ำสุด คือ 42 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า (H-H-M) และถั่วแลบแลบ (L-L-M) ข้าวโพดมีความสูงมากขึ้นโดยที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วแลบแลบมีความสูงมากที่สุดคือ 88 ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วเซนโตรที่มีความสูงน้อยสุด คือ 67 ซม. สำหรับการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ชนิดที่เหลือ รวมทั้งการปลูกอย่างต่อเนื่อง ข้าวโพดมีความสูงใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างทางสถิติกับ 2 ตำรับทดลองที่กล่าวมา คือมีความสูงระหว่าง 74-87 ซม. และเมื่อเข้าสู่ระยะออกดอก คือในวันที่ 12 สิงหาคม 2550 ข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วฮามาต้ามีความสูงมากที่สุดแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกตามถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) และแปลงควบคุม คือ 152 135 และ 136 ซม. ตามลำดับ และในระยะสุดท้ายของการสุ่มข้อมูลในวันที่ 24 สิงหาคม 2550 เห็นได้ว่าการปลูกตามถั่วฮามาต้าข้าวโพดมีความสูงมากที่สุด คือ 192 ซม. ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงควบคุม แปลงปลูกตามคาวาลเคด ท่าพระสไตโล (T-T-M) และแลบแลบ ซึ่งมีความสูง 177 176 172 และ 170 ซม. ตามลำดับ ส่วนการที่ปลูกตามถั่วเซนโตรข้าวโพดมีความสูงน้อยที่สุด คือ 151 ซม.

ตารางที่ 38 ความสูงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ความสูง (ซม.) / ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์)[1]			
	2 (12 ก.ค.)	4 (24 ก.ค.)	6 (12 ส.ค.)	9 (24 ส.ค.)
ปีที่ 1 : 2548 (M-M-M)	48	81	123	175
ปีที่ 2 : 2549 (M-M-M)	37	64	105	159
ปีที่ 3 : 2550				
M-M-M	46ab	74ab	136ab	177ab
Ca-Ca-M	47ab	85ab	135ab	176ab
S-S-M	47ab	80ab	121bc	164bc
Ce-Ce-M	42b	67b	105c	151c
H-H-M	50a	87ab	152a	192a
T-T-M	47ab	87ab	128bc	172abc
L-L-M	48a	88a	123bc	170abc
F-test	*	*	*	*
C.V =	9.4 %	16.5 %	12.3 %	9.4 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

2) จำนวนใบ

ผลการศึกษาจำนวนใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกหมุนเวียนถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ระยะเวลา 2 4 6 และ 9 สัปดาห์ หลังปลูก แสดงในตารางที่ 39 และมีรายละเอียดดังนี้

การปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่องในปีที่ 1 และ 2 ข้าวโพดมีจำนวนใบต่อต้นเฉลี่ยใกล้เคียงกัน โดยในช่วงแรกของการบันทึกข้อมูลมีใบเฉลี่ย 5.4 และ 5.7 ใบ/ต้น ตามลำดับ และเมื่อพืชอายุมากขึ้นมีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเป็น 12.0 และ 10.2 ใบ/ต้น สำหรับการเก็บข้อมูลในวันที่ 24 สิงหาคม 2548 และ 2549 ตามลำดับ สำหรับระบบการปลูกหมุนเวียนปีที่ 3 พบว่า ช่วงแรกของการเจริญเติบโตข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด และแปลงควบคุมมีจำนวนใบเฉลี่ยต่อต้นแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือระหว่าง 4.8-5.3 ใบ/ต้น เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตมากขึ้น การเก็บข้อมูลในวันที่ 12 สิงหาคม 2550 พบว่าการปลูกตามหลังถั่วฮามาต้ามีจำนวนใบเฉลี่ยสูงสุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิดรวมถึงแปลงควบคุม คือมีจำนวนระหว่าง 10.7-11.9 ใบ/ต้น ยกเว้นการปลูกตามหลังถั่วเซนโตรที่มีจำนวนใบน้อยที่สุด คือ 9.8 ใบ/ต้น และในระยะสุดท้ายของการบันทึกข้อมูลจำนวนใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับทดลอง คือมีจำนวนระหว่าง 12-13 ใบ/ต้น ตามลำดับ

ตารางที่ 39 จำนวนใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) / ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์)[1]			
	2 (12 ก.ค.)	4 (24 ก.ค.)	6 (12 ส.ค.)	9 (24 ส.ค.)
ปีที่ 1 : 2548 (M-M-M)	5.4	7.1	10.2	12.0
ปีที่ 2 : 2549 (M-M-M)	5.7	6.4	9.8	10.2
ปีที่ 3 : 2550				
M-M-M	5.1	6.4ab	10.7ab	12.5
Ca-Ca-M	5.3	6.6ab	11.3ab	13.0
S-S-M	4.9	6.3ab	10.8ab	12.3
Ce-Ce-M	4.8	5.7b	9.8b	12.0
H-H-M	5.2	7.0a	11.9a	12.5
T-T-M	5.0	6.7ab	11.0ab	12.5
L-L-M	5.0	7.3a	10.9ab	12.7
F-test	ns	*	*	ns
C.V =	6.2 %	11.1 %	10.8 %	12.3 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

3) ความเขียวใบ

ในส่วนของความเขียวใบข้าวโพด จากตารางที่ 40 พบว่า ระบบการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน (M-M-M) มีความเขียวใบมากขึ้นเมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น และสูงสุดใน ช่วงระยะออกดอก (12 สิงหาคม) สูงถึง 44.72 และ 44.25 SPAD-Unit สำหรับปี 2548 และ 2549 ตามลำดับ ค่าความเขียวใบลดลงเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น และเป็นในลักษณะเดียวกันเมื่อปลูกในระบบหมุน เวียนกับถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลองพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงที่ศึกษา โดยที่ 2 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) และปลูกตามแลบแลบ (L-L-M) มีความเขียวใบสูงสุดคือ 37.52 และ 38.35 SPAD-Unit ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการปลูกตามเซนโตร (Ce-Ce-M) ที่มีค่าต่ำสุด คือ 33.37 SPAD-Unit สำหรับการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ รวมถึงแปลงควบคุม ข้าวโพดมีความเขียวใบไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ 2 ตำรับทดลองที่กล่าวมา คือมีค่าระหว่าง 35.77-36.72 SPAD-Unit สำหรับที่อายุ 4 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดในแปลงควบคุม (M-M-M) และการปลูกตามถั่วฮามาต้า (H-H-M) มีค่าความเขียวใบสูงสุด คือ 42.7 SPAD-Unit แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วเซอราโตร (S-S-M) ที่มีความเขียวน้อยที่สุด คือ 36.0 SPAD-Unit ในระยะออกดอก คือ 6 สัปดาห์ หลังปลูก ข้าวโพดในแปลงควบคุม และการปลูกตามถั่วฮามาต้า มีความเขียวใบสูงสุด คือ 46.2 และ 44.8 SPAD-Unit ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะการปลูกตามท่าพระสไตโล และเซนโตรที่มีความเขียวเพียง 33.5 และ 32.8 SPAD-Unit ตามลำดับ และในระยะสุดท้ายของการบันทึกข้อมูล (9 สัปดาห์ หลังปลูก) ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วฮามาต้ามีความเขียวใบสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์อีก 5 ชนิด ($P<0.05$) และมีค่าใกล้เคียงกับแปลงควบคุม (M-M-M) คือ 40.9 และ 42.7 SPAD-Unit ตามลำดับ

ตารางที่ 40 ความเขียวใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ความเขียวใบข้าวโพด (SPAD-Unit / ระยะเวลา หลังปลูก (สัปดาห์)[1]			
	2 (12 ก.ค.)	4 (24 ก.ค.)	6 (12 ส.ค.)	9 (24 ส.ค.)
ปีที่ 1 : 2548 (M-M-M)	36.12	40.31	44.72	38.51
ปีที่ 2 : 2549 (M-M-M)	31.58	36.24	44.25	38.34
ปีที่ 3 : 2550				
M-M-M	36.72ab	42.7a	46.2a	42.7a
Ca-Ca-M	37.52a	41.4a	41.5bc	34.6b
S-S-M	36.27ab	36.0b	34.7de	31.0bc
Ce-Ce-M	33.37b	38.3ab	32.8e	29.0bc
H-H-M	34.77ab	42.7a	44.8a	40.9a
T-T-M	35.77ab	37.7ab	33.5e	28.5c
L-L-M	38.35a	39.5ab	37.6cd	31.4bc
F-test	*	*	*	*
C.V =	7.4 %	8.9 %	7.0 %	11.8 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

2. ผลผลิตพืช

2.1 ถั่วอาหารสัตว์

ผลผลิตน้ำหนักแห้งพืชอาหาสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตรเซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และแลบแลบ ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน จากการเก็บเกี่ยวทั้ง 2 ฤดูปลูก แสดงในตารางที่ 41 และภาพที่ 25 โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

การเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์จากการปลูกในฤดูปลูกที่ 1 ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2548-พฤษภาคม 2549 รวม 3 ครั้ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 วันที่ 24 สิงหาคม 2548 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง พบว่า ถั่วแลบแลบ (L-L-M) ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงสุดคือ 711 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น ๆ รองลงมาคือ คาวาลเคด (Ca-Ca-M) คือ 516 กก./ไร่ ส่วนเซนโตร(Ce-Ce-M) ให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 117 กก./ไร่

การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 วันที่ 9 ตุลาคม 2548 ถั่วฮามาต้า (H-H-M) และคาวาลเคด ให้ผลผลิตสูงใกล้เคียงกัน คือ 454 และ 411 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ ที่เหลือโดยเฉพาะเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 126 กก./ไร่

สำหรับครั้งที่ 3 เก็บเกี่ยวในวันที่ 5 พฤษภาคม 2549 เห็นได้ว่า เซอราโตร และฮามาต้าให้ผลผลิตสูงสุด คือ 85 และ 89 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือท่าพระสไตโล (51 กก./ไร่) สำหรับคาวาลเคด และแลบแลบไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

เมื่อพิจารณาผลผลิตรวมจากการผลิตตลอดฤดูจากการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ถั่วฮามาต้า คาวาลเคด ท่าพระสไตโล และแลบแลบ มีผลผลิตน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 1,072 1,029 950 และ 900 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่พบความแตกต่างทางสถิติจากเซอราโตรที่มีผลผลิตรวม 484 กก./ไร่ และเซนโตรที่มีผลผลิตรวมต่ำสุด คือ 268 กก./ไร่

สำหรับผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ที่เจริญเติบโตในฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2549 ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ 3 ครั้ง โดยครั้งแรก วันที่ 14 กรกฎาคม 2549 พบว่า ฮามาต้า ท่าพระสไตโล (T-T-M) และคาวาลเคดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงใกล้เคียงกัน คือ 339 309 และ 300 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือโดยเฉพาะแลบแลบ ที่ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้

สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 ในวันที่ 20 สิงหาคม พบว่าฮามาต้าให้ผลผลิตสูงสุด คือ 324 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับแลบแลบที่ให้ผลผลิต 285 กก./ไร่ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะถั่วเซนโตรที่ให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 69 กก./ไร่

การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้ายในวันที่ 11 ตุลาคม 2549 ถั่วฮามาต้ายังให้ผลผลิตสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับถั่วชนิดอื่น ๆ คือ 265 กก./ไร่ รองลงมาคือ ท่าพระสไตโล และแลบแลบ คือ 205 และ 190 กก./ไร่ ตามลำดับ สำหรับเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุดเช่นเดียวกับครั้งที่ 1 และ 2 คือให้ผลผลิต 46 กก./ไร่

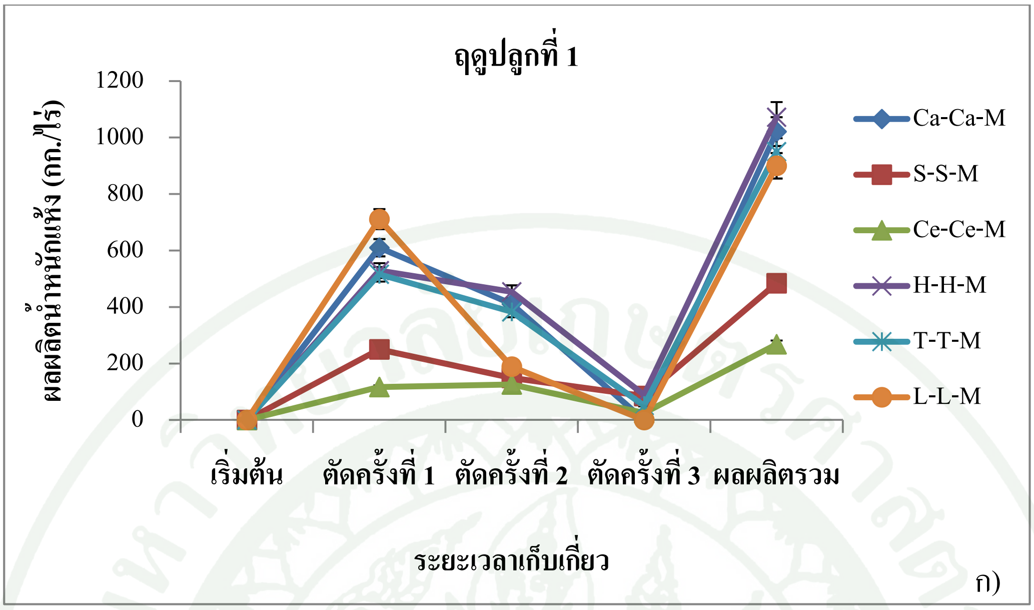
ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์รวมจากการเก็บเกี่ยวตลอดฤดูปลูก พบความแตกต่างอย่างงมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยฮามาต้ามีผลผลิตสูงสุด คือ 928 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือ ท่าพระสไตโล (723 กก./ไร่) สำหรับเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุดจากการตัดทั้ง 3 ครั้ง ทำให้มีผลผลิตรวมต่ำสุด คือ 234 กก./ไร่ ส่วนแลบแลบซึ่งปลูกใหม่ในปี พ.ศ. 2549 ให้ผลผลิตรวม 475 กก./ไร่ โดยผลผลิตใกล้เคียงกับคาวาลเคด และเซอราโตร

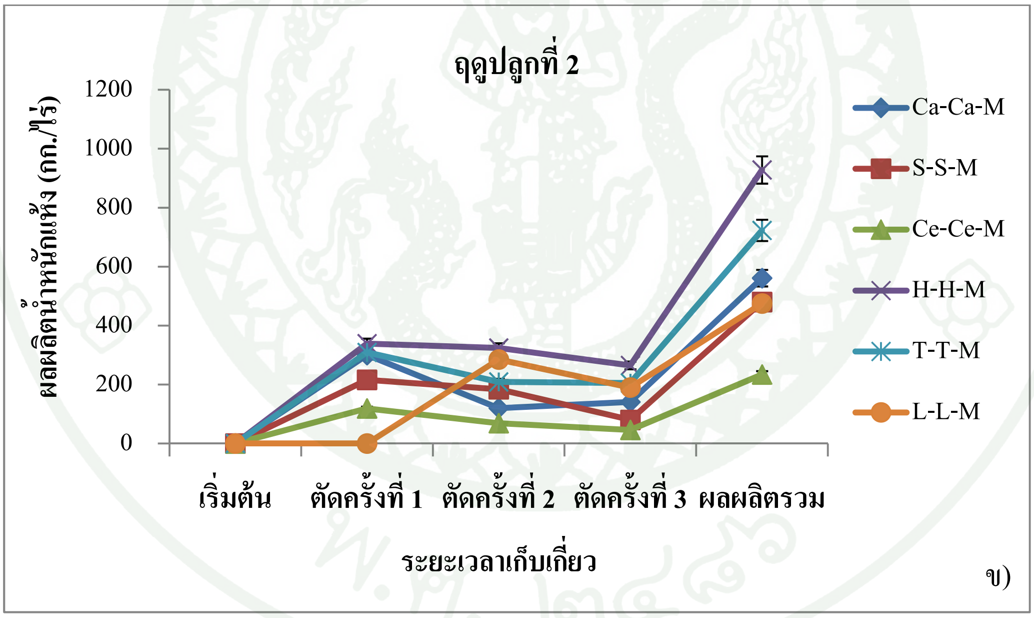
ตารางที่ 41 ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในปี พ.ศ. 2548 และ 2549

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1/]							
	ฤดูปลูกที่ 1 (พ.ศ. 2548)				ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)			
	ครั้งที่ 1 24 ส.ค. 48	ครั้งที่ 2 9 ต.ค. 48	ครั้งที่ 3 9 พ.ค. 49	ผลผลิตรวม	ครั้งที่ 1 14 ก.ค. 49	ครั้งที่ 2 20 ส.ค. 49	ครั้งที่ 3 11 ต.ค. 49	ผลผลิตรวม
Ca-Ca-M	610b	411ab	0d	1,020a	300a	120cd	141c	516c
S-S-M	250c	149c	85a	484b	216b	184bc	80d	480c
Ce-Ce-M	117d	126c	25c	268b	119c	69d	46e	234d
H-H-M	529b	454a	89a	1,072a	339a	324a	265a	928a
T-T-H	516b	383b	51b	950a	309a	209b	205b	723b
L-L-M	711a	189c	0d	900a	0d	285a	190b	475c
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	13.7	16.3	22.9	20.9	14.2 %	21.7 %	11.1 %	16.4 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 % โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%, [2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35





ภาพที่ 25 ผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในปี พ.ศ. 2548 และ 2549
ก) ฤดูปลูกที่ 1 (พ.ศ .2548) และ ข) ฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2549)

1) ผลผลิตชีวมวลรวม และเสถียรภาพผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหาสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ที่ปลูกในระบบการปลูกหมุนใน 2 ฤดูปลูก และนำผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์จากการผลิตทั้ง 2 ฤดูปลูก คำนวณหาเสถียรภาพของผลผลิต (yield stability) แสดงในตารางที่ 42 ซึ่งเห็นได้ว่าถั่วเซอราโตรมีเสถียรภาพของผลผลิตพสูงสุดถึง 99% รองลงมาคือเซนโตร และฮามาต้า คือ 87 % ในขณะที่แลบแลบ และคาวาลเคดมีเสถียรภาพของผลผลิตใกล้เคียงกันคือ 53 และ 51 % ตามลำดับ

ตารางที่ 42 ผลผลิตชีวมวลรวม และเสถียรภาพของผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในปี พ.ศ. 2548 และ 2549

	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)		เสถียรภาพของผลผลิต (%)	
	ฤดูปลูกที่ 1	ฤดูปลูกที่ 2	ฤดูปลูกที่ 1	ฤดูปลูกที่ 2
ตำรับการทดลอง [2]	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549	พ.ศ. 2548	พ.ศ. 2549
Ca-Ca-M	1,020a	516c	100	51
S-S-M	484b	480c	100	99
Ce-Ce-M	268b	234d	100	87
H-H-M	1,072a	928a	100	87
T-T-H	950a	723b	100	76
L-L-M	900a	475c	100	53
F-test	**	**	-	-
C.V. (%)	20.9	16.4 %	-	-

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

2.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) ผลผลิตเมล็ด

ในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง (M-M-M) พบว่า การปลูกในปีที่ 1 (พ.ศ. 2548) สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15% ได้ 648 กก./ไร่ และในปีที่ 2 (พ.ศ. 2549) ผลผลิตลดลงคือ 598 กก./ไร่ สำหรับการปลูกปีที่ 3 ในปี พ.ศ. 2550 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่า การปลูกข้าวโพดต่อเนื่องให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า (H-H-M) และคาวาลเคด (Ca-Ca-M) คือ 782 753 และ 606 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกตามถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) ให้ผลผลิตเมล็ดต่ำสุด คือ 333 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ยกเว้นการปลูกตามเซอราโตร (S-S-M) ที่ให้ผลผลิตเมล็ด 478 กก./ไร่ (ตารางที่ 43)

2) องค์ประกอบผลผลิต

ในด้านองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย จำนวน ฝักต่อต้น เมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด แสดงในตารางที่ 43 และมีรายละเอียดต่อไป ดังนี้

จำนวนฝักข้าวโพดที่ปลูกในระบบการปลูกแบบต่อเนื่องในปีที่ 1 และ 2 มีจำนวนเฉลี่ยใกล้เคียงกับการปลูกในระบบหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ในปีที่ 3 คือ ระหว่าง 1.0-1.2 ฝัก/ต้น ($P>0.05$)

สำหรับจำนวนเมล็ดต่อฝักข้าวโพดที่ปลูกในปีที่ 1 และ 2 (ระบบปลูกต่อเนื่อง) มีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ 231 และ 259 เมล็ด/ฝัก ตามลำดับ สำหรับการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 3 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า การปลูกพืชต่อเนื่องข้าวโพดมีจำนวนเมล็ดสูงสุด คือ 322 เมล็ด/ฝัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเกือบทุกตำรับทดลองยกเว้นการปลูกหมุนเวียนถั่วฮามาต้า (H-H-M) คือ 286 เมล็ด/ฝัก และสำหรับการปลูกหมุนเวียนถั่วเซอราโตร(S-S-M) ให้เมล็ดต่ำสุดคือ 175 เมล็ด/ฝัก

ในส่วนของน้ำหนักเมล็ด เห็นได้ว่าระบบการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง ในปีที่ 1 และ 2 มีน้ำหนัก 24.3 และ 20.8 ก./100 เมล็ด ตามลำดับ และการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ในปีที่ 3 พบว่า การปลูกตามหลังถั่วท่าพระสไตโล (T-T-M) ให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุด คือ 25.8 ก./100 เมล็ด แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกแบบอื่น ๆ ที่มีน้ำหนักระหว่าง 23.0-25.4 ก./100 เมล็ด ในขณะที่การปลูกตามถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) มีน้ำหนักต่ำสุด คือ 18.1 ก./100 เมล็ด

3) เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การกะเทาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบต่างกันๆ จากตารางที่ 44 เห็นได้ว่า ข้าวโพดที่ปลูกในปีที่ 1 และ 2 มีเปอร์เซ็นต์การกะเทาะใกล้เคียงกันคือ 83.7 และ 79.8 % ตามลำดับ สำหรับการปลูกในปีที่ 3 ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และใกล้เคียงกับการปลูกในปีที่ 1 และ 2 คือ มีค่าระหว่าง 78.4-85.1 %

4) น้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพด

สำหรับน้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดจากตารางที่ 44 เห็นได้ว่า ปีที่ 1 มีน้ำหนักแห้งตอซังสูงกว่าปีที่ 2 คือ 945 และ 815 กก./ไร่ ตามลำดับ และสำหรับในปีที่ 3 พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วฮามาต้า (H-H-M) ให้น้ำหนักแห้งตอซังสูงสุดคือ 1,174 กก./ไร่ ใกล้เคียงกับการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง (M-M-M) และปลูกหมุนเวียนถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ที่มีน้ำหนักแห้งตอซัง 1,137 และ 954 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกหมุนเวียนถั่วเซอราโตร (S-S-M) และเซนโตร (Ce-Ce-M) ซึ่งน้ำหนักแห้งตอซังมีเพียง 692 และ 517 กก./ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 43 ผลผลิตเมล็ด และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	จำนวนเมล็ด (เมล็ด/ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (ก.)
ปีที่ 1 : 2548 (M-M-M)	648	1.1	231	24.3
ปีที่ 2 : 2549 (M-M-M)	598	1.2	259	20.8
ปีที่ 3 : 2550				
M-M-M	782a [1]	1.2	322a [1]	23.6ab [1]
Ca-Ca-M	606ab	1.1	248bc	23.0ab
S-S-M	478bc	1.0	175d	25.4a
Ce-Ce-M	333c	1.0	180cd	18.1b
H-H-M	753a	1.2	286ab	25.7a
T-T-M	560b	1.0	208cd	25.8a
L-L-M	512b	1.1	203cd	24.1ab
F-test	**	ns	**	*
C.V. =	20.8 %	16.6 %	21.0 %	17.8 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

ตารางที่ 44 เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเมล็ด และน้ำหนักแห้งตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548- 2550

ตำรับทดลอง [2]	การกะเทาะเมล็ด (%)	หนักแห้งตอซัง [1] (กก./ไร่)
ปีที่ 1 : 2548 (M-M-M)	83.7	945
ปีที่ 2 : 2549 (M-M-M)	79.8	815
ปีที่ 3 : 2550		
M-M-M	78.4	1,137 a
Ca-Ca-M	81.0	954 ab
S-S-M	83.2	692 cd
Ce-Ce-M	79.5	517 d
H-H-M	80.7	1,174 a
T-T-M	80.0	775 bc
L-L-M	85.1	856 bc
F-test	ns	**
C.V. =	5.6 %	19.3 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

5) ผลผลิตชีวมวลรวมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากระบบการปลกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2550 ในส่วนของผลผลิตชีวมวลข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วยผลผลิตเมล็ด และตอซัง แสดงตารางที่ 45 และภาพที่ 26 และ 27 โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ระบบการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) ให้ผลผลิตรวมสูงสุด คือ 4,925 กก./ไร่ โดยเป็นส่วนของเมล็ด และตอซัง เท่ากับ 2,028 และ 2,897 กก./ไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ ที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน รองลงมาคือ ระบบการปลูกถั่วฮาต้า 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 (H-H-M) ซึ่งให้ผลผลิตข้าวโพดรวม 1,927 กก./ไร่ (เมล็ด 753 และตอซัง 1,174 กก./ไร่) ในขณะที่ระบบการปลูกถั่วเซนโตร 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 (Ce-Ce-M) ให้ผลผลิตข้าวโพดรวมต่ำสุด คือ 850 กก./ไร่ (เมล็ด 333 และตอซัง 517 กก./ไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ

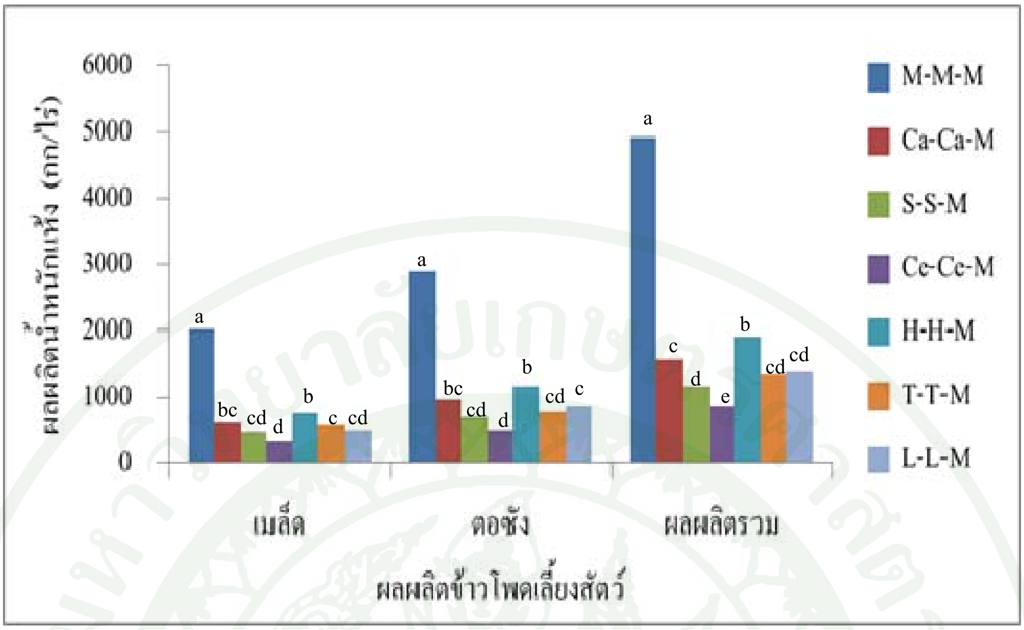
ตารางที่ 45 ผลผลิตชีวมวลของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]		
	เมล็ด	ตอซัง	รวม
M-M-M	2,028a	2,897a	4,925a
Ca-Ca-M	606bc	954bc	1,560c
S-S-M	478cd	692cd	1,170d
Ce-Ce-M	333d	517d	850e
H-H-M	753b	1,174b	1,927b
T-T-M	560c	775cd	1,335cd
L-L-M	512cd	856c	1,368cd
F-test	**	**	**
C.V. =	17.2%	16.5%	10.9%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 26 ผลผลิตชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ภาพที่ 27 การเจริญเติบโตทางด้านใบและลำต้น (ก) และลักษณะฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ข) ที่ปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในปี พ.ศ. 2550

3. ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน

ผลผลิตชีวมวลรวมจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และแลบแลบ หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 เป็นระยะเวลา 3 ฤดูปลูก ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 แสดงในตารางที่ 46 และภาพที่ 28 โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ผลผลิตชีวมวลรวมของถั่วอาหาสัตว์จากการผลิต 2 ฤดูปลูก พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด พบว่าถั่วฮามาต้า ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมสูงสุดคือ 2,000 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ ในขณะที่ถั่วเซนโตรให้ผลผลิตต่ำสุดเพียง 502 กก./ไร่

สำหรับผลผลิตชีวมวลรวมของข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วย ผลผลิตเมล็ด และตอซัง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ระบบการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) สามารถผลิตชีวมวลรวมซึ่งประกอบด้วยผลผลิตเมล็ดและตอซังข้าวโพด สูงสุด คือ 4,925 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดหมุนเวียน โดยเฉพาะระบบการปลูกหมุนเวียนถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) ที่ให้ผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพดเพียง 850 กก./ไร่

เมื่อพิจารณาผลผลิตชีวมวลรวมทั้งระบบ (ถั่วอาหารสัตว์ +ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ระบบการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี ให้ผลิตชีวมวลรวมสูงสุดคือ 4,925 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกหมุนเวียน พบว่า ระบบการปลูกถั่วฮามาต้า 2 ปี และข้าวโพดในปีที่ 3 (H-H-M) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุดคือ 3,927 กก./ไร่ ส่วนระบบการปลูกถั่วเซนโตร 2 ปี และตามด้วยข้าวโพดในปีที่ 3 ให้ผลผลิตรวมต่ำสุดเพียง 1,352 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากทุกตำรับทดลอง

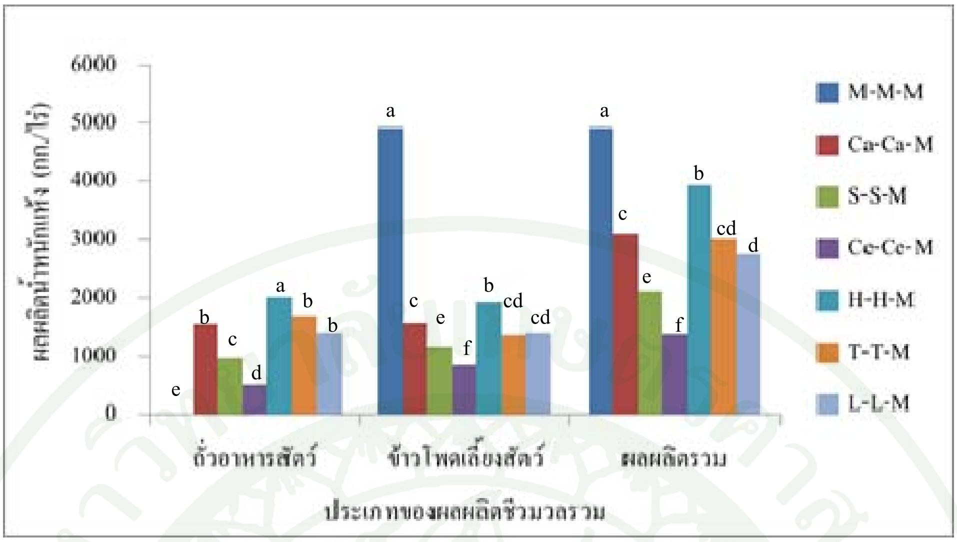
ตารางที่ 46 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548- 2550

ตำรับทดลอง [2]	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กก./ไร่) [1]		
	ถั่วอาหารสัตว์	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	รวม
M-M-M	0e	4,925a	4,925a
Ca-Ca-M	1,536b	1,560c	3,096c
S-S-M	964c	1,170d	2,116e
Ce-Ce-M	502d	850e	1,352f
H-H-M	2,000a	1,927b	3,927b
T-T-M	1,673b	1,335cd	3,008cd
L-L-M	1,375b	1,368cd	2,743d
F-test	**	**	**
C.V. =	17.6%	10.9%	7.3%

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 28 ผลผลิตชีวมวลรวมของพืชที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

4. องค์ประกอบทางเคมีของพืช

4.1 ถั่วอาหารสัตว์

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของพืชที่ใช้สำหรับประเมินคุณค่าทางโภชนะของถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณโปรตีนรวม (CP) เยื่อใยหยาบ (CF) เยื่อใย NDF และ ADF แสดงในตารางที่ 47 และ 48 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ปริมาณโปรตีนรวม (CP) ในฤดูปลูกที่ 1 พบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ถั่วแลบแลบ มีปริมาณ CP สูงสุดคือ 23.3 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือถั่วเซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และคาวาลเคด ที่มีปริมาณ CP ใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 16.5-19.9% ตามลำดับ ส่วนถั่วท่าพระสไตโล มีปริมาณต่ำสุดคือ 15.0%

การวิเคราะห์พืชที่เจริญเติบโตในปีที่ 2 จากการตัดครั้งแรก (เก็บเกี่ยว 14 กรกฎาคม 2549) ผลสอดคล้องกับปีที่ 1 คือถั่วแลบแลบมีปริมาณ CP สูงสุดใกล้เคียงกับเซนโตร คือ 20 และ 18.5% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ในขณะที่คาวาลเคดมีปริมาณต่ำสุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากท่าพระสไตโล และเซอราโตร โดยเฉลี่ยจาก 2 ปี เห็นได้ว่าแลบแลบมีปริมาณ CP สูงสุด คือ 20.2% รองลงมาคือเซนโตร และเซอราโตรที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 18.7 และ 18.2% ตามลำดับ สำหรับท่าพระสไตโล และคาวาลเคดมีปริมาณ CP เฉลี่ยต่ำสุดใกล้เคียงกัน คือ 15.4 และ 15.6% ตามลำดับ

2) สำหรับปริมาณเยื่อใยหยาบ (CF) ของถั่วอาหารสัตว์ชนิดทั้ง 6 ชนิด ตารางที่ 47 เห็นว่าในปีที่ 1 คาวาลเคดมี CF สูงสุดคือ 36.8% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ เซนโตร และแลบแลบซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 30.5 และ 26.7% ตามลำดับ ในขณะที่ถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 33.7-35.6% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับคาวาลเคด

สำหรับในปีที่ 2 ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดมีปริมาณ CF สูงกว่าที่ปลูกในปีที่ 1 โดยถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณสูงสุดใกล้เคียงกับถั่วเซนโตร คาวาลเคด และฮามาต้า คือ 43.6 42.9 42.3 และ 42.3% ตามลำดับ โดยทั้งหมดนี้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเซอราโตร และถั่วแลบแลบซึ่งมีปริมาณ CF ต่ำสุด คือ 37.8 และ 33.1% ตามลำดับ โดยเฉลี่ยจากทั้ง 2 ปี พบว่าท่าพระสไตโล คาวาลเคด และฮามาต้า มีปริมาณ CF ใกล้เคียงกัน คือ 39.6 39.5 และ 38.0% ตามลำดับ โดยสูงกว่าถั่วเซนโตร และเซอราโตร ซึ่งมีปริมาณ 36.7 และ 36.0% ตามลำดับ และแลบแลบมีปริมาณ CF เฉลี่ยต่ำสุดคือ 29.9%

ตารางที่ 47 ปริมาณโปรตีนรวม (CP) และเยื่อใยหยาบ (CF) ของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ที่ปลูกหมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

ตำรับทดลอง [2]	Curde protein (CP) (%) [1/]			Curde fiber (CF) (%) [1/]		
	ฤดูปลูกที่ 1 (26 ส.ค. 48)	ฤดูปลูกที่ 2 (14 ก.ค. 49)	เฉลี่ย	ฤดูปลูกที่ 1 (26 ส.ค. 48)	ฤดูปลูกที่ 2 (14 ก.ค. 49)	เฉลี่ย
Ca-Ca-M	16.5bc	14.6d	15.6	36.8a	42.3ab	39.5
S-S-M	19.9b	16.4bcd	18.2	34.2ab	37.8bc	36.0
Ce-Ce-M	18.9b	18.5ab	18.7	30.5bc	42.9a	36.7
H-H-M	17.7bc	17.7bc	17.7	33.7ab	42.3ab	38.0
T-T-H	15.0c	15.8cd	15.4	35.6ab	43.6a	39.6
L-L-M	23.3a	20.1a	20.2	26.7c	33.1c	29.9
F-test	**	**	-	*	**	-
C.V. =	11.0 %	8.7 %	-	10.6 %	7.8 %	-

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

- ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

3) NDF ตารางที่ 48 เห็นได้ว่า ในปีที่ 1 และปีที่ 2 ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดมีปริมาณเ NDF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในปีที่ 1 มีค่าระหว่าง 44.16-47.98% และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในปีที่ 2 คือระหว่าง 46.21-53.14 % ตามลำดับ โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยจากทั้ง 2 ปี เห็นได้ว่า คาวาลเคดมี NDF สูงสุด รองลงมา คือ เซนโตร 50.06 และ 48.83% ตามลำดับ สำหรับแลบแลบมี NDF ต่ำสุด คือ 45.51 % ในขณะที่ถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 46.2-47.7 %

4) ADF ในปีที่ 1 ถั่วท่าพระสไตโลมีปริมาณ ADF สูงสุดคือ 41.98 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซนโตรที่มีปริมาณต่ำสุด คือ 31.62% สำหรับถั่วอีก 4 ชนิดที่เหลือมี ADF ใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 34.04-38.31% และไม่แตกต่างทางสถิติกับถั่ว 2 ชนิดที่กล่าวมา สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชในปี 2 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ท่าพระสไตโลยังมีปริมาณ ADF สูงสุด คือ 44.15 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแลบแลบที่มีค่าต่ำสุด คือ 36.34 % ส่วนถั่วอีก 4 ชนิดที่เหลือมีค่าใกล้เคียงกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมา คือ มีระหว่าง 37.08-41.78 % จึงทำให้ท่าพระสไตโลมีปริมาณ ADF เฉลี่ย 2 ปี สูงถึง 43.1 % และแลบแลบมีปริมาณเฉลี่ยต่ำสุด 35.2 % (ตารางที่ 48)

ตารางที่ 48 ปริมาณ NDF และ ADF ของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549

ตำรับทดลอง [2]	NDF (%)			ADF (%) [1/]		
	ฤดูปลูกที่ 1 (26 ส.ค. 48)	ฤดูปลูกที่ 2 (14 ก.ค. 49)	เฉลี่ย	ฤดูปลูกที่ 1 (26 ส.ค. 48)	ฤดูปลูกที่ 2 (14 ก.ค. 49)	เฉลี่ย
Ca-Ca-M	47.98	52.13	50.1	34.71ab	40.08ab	37.4
S-S-M	44.60	46.21	45.4	36.71ab	37.08ab	36.9
Ce-Ce-M	46.83	50.86	48.8	31.62b	41.78ab	36.7
H-H-M	44.16	48.33	46.2	38.31ab	40.95ab	39.6
T-T-H	44.23	51.14	47.7	41.98a	44.15a	43.1
L-L-M	44.72	46.31	45.5	34.04 ab	36.34b	35.2
F-test	ns	ns	-	*	**	-
C.V. =	11.3 %	10.4 %	-	14.9 %	12.8 %	-

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

- ไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

5) อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon; OC)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของถั่วอาหารสัตว์ในส่วนของปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ตารางที่ 49 เห็นได้ว่า ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ มีค่าระหว่าง 37.0-38.5% โดยถั่วเซนโตรมีปริมาณสูงสุด และแลบแลบมีปริมาณต่ำสุดแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

6) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

ในส่วนของปริมาณ Total N ในถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยถั่วแลบแลบมีปริมาณสูงสุด คือ 3.19 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากคาวาลเคด และเซนโตรซึ่งมีปริมาณต่ำสุด 2.57 และ 2.29 % ตามลำดับ ส่วนฮามาต้า ท่าพระสไตโล และเซอราโตรมีปริมาณใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 2.73-2.92 % ตามลำดับ (ตารางที่ 49)

7) สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

เมื่อพิจารณาสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ซึ่งเป็นค่าที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลายของพืชเห็นได้ว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเมื่อเปรียบเทียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่า ถั่วเซนโตรมีค่า C:N สูงสุดและใกล้เคียงกับคาวาลเคด คือ 16.8 และ 14.8 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเซอราโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 13.1-13.9 ในส่วนของแลบแลบมีค่า C:N ต่ำสุด คือ 11.6 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากฮามาต้า ท่าพระสไตโล และเซอราโตร (ตารางที่ 49)

8) อัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์

ตารางที่ 49 แสดงผลการศึกษาอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ที่ฝังกลบลงดินเป็นเวลา 45 วัน พบว่า ถั่วแลบแลบมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดโดยใกล้เคียงกับท่าพระสไตโล คือ 75.4 และ 72.5% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากเซอราโตร เซนโตร และคาวาลเคดซึ่งมีอัตราการย่อยสลายต่ำสุด คือ 62.2 62.0 และ 58.0% ตามลำดับ

ตารางที่ 49 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด สัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ และอัตราการย่อยสลายของพืชที่ฝังกลบในดิน

ชนิดถั่วอาหารสัตว์	อินทรีย์คาร์บอน (OC) (%)	ไนโตรเจน [1/] (Total N) (%)	C:N [1/]	อัตราการย่อยสลาย [1/] (%)
ถั่วคาวาลเคด	38.12	2.57bc	14.8ab	58.0c
ถั่วเซอราโตร	38.00	2.73ab	13.9bc	62.2c
ถั่วเซนโตร	38.50	2.29c	16.8a	62.0c
ถั่วฮามาต้า	38.20	2.92ab	13.1bc	65.7bc
ถั่วท่าพระสไตโล	37.80	2.86ab	13.2bc	72.5ab
ถั่วแลบแลบ	37.00	3.19a	11.6c	75.4a
F-test	ns	*	**	*
C.V. =	4.3 %	13.7 %	11.8 %	8.4 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) ปริมาณไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในส่วนเหนือดินข้าวโพดที่ปลูกตามในปีที่ 3 ตารางที่ 50 แสดงให้เห็นว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลองที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด คือ 1.64% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิตจากปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิด รองลงมาคือข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วฮามาต้า (H-H-M) และคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ที่มีปริมาณใกล้เคียงกันคือ 1.28 และ 1.18 % ตามลำดับ โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองที่เหลือที่มีปริมาณใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.92-0.88%

2) ปริมาณฟอสฟอรัส

ข้าวโพดที่ปลูกตามในปีที่ 3 มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนของเนื้อเยื่อแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ โดยข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วคาวาลเคดที่ปลูกติดต่อกัน 2 ปี (Ca-Ca-M) มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในส่วนเหนือดินสูงสุด คือ 0.31% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองอื่นๆ รองลงมาคือการปลูกตามท่าพระสไตโล (T-T-M) แปลงควบคุม (M-M-M) และการปลูกตามเซนโตร (Ce-Ce-M) ที่มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 0.23-0.22% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากตำรับทดลองที่เหลือซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.18-0.20% (ตารางที่ 50)

3) ปริมาณโพแทสเซียม

ตารางที่ 50 แสดงให้เห็นว่าปริมาณโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อข้าวโพดที่ปลูกในปีที่ 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยยิ่งสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เห็นได้ว่าข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วคาวาลเคดมีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุด คือ 3.66% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงควบคุม และการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์อีก 5 ชนิดที่เหลือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วท่าพระสไตโล ที่มีปริมาณต่ำสุดคือ 2.18 %

ตารางที่ 50 ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากระบบการปลูกหมุนเวียนกับถั่วอาหารสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย จากการปลูกในปีที่ 3 (17 ตุลาคม 2550)

ตำรับทดลอง [2]	ปริมาณธาตุอาหาร (%) [1]		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
M-M-M	1.64a	0.23b	2.35bc
Ca-Ca-M	1.18b	0.31a	3.66a
S-S-M	0.88c	0.19d	2.68b
Ce-Ce-M	0.92c	0.22bc	2.57b
H-H-M	1.28b	0.18d	2.52bc
T-T-M	0.92c	0.23b	2.18c
L-L-M	0.88c	0.20cd	2.73b
F-test	**	**	**
C.V. =	12.1 %	8.6 %	9.9 %

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

5. สมบัติบางประการของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนการทดลอง โดยสุ่มดินในเดือนพฤษภาคม 2548 ตารางที่ 51 พบว่า ดินมีค่า pH 5.47 มีค่า EC เท่ากับ 0.51 เดซิซีเมน/ม. สำหรับปริมาณ OM เท่ากับ 1.83% Total N เท่ากับ 0.084% และค่า CEC เท่ากับ 5.31 เซนติโมล/กก. สำหรับปริมาณ Avail. P และ Exch. K มีปริมาณ 27.31 และ 70.46 มก./กก. ตามลำดับ

ตารางที่ 51 สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนการทดลองปลูกพืชหมุนเวียน

pH (1:2; ดิน : น้ำ)	EC เดซิซีเมน/ม.	OM	Total N	CEC เซนติโมล/กก.	Avail. P	Exch. K
		------- (%) -------			------มก./กก. ------	
5.47	0.51	1.83	0.084	5.31	27.31	70.46

5.1 สมบัติทางเคมีของดิน

1) ปฏิกิริยาดิน (pH)

การวิเคราะห์ปฏิกิริยาดินในช่วงสุดท้ายของการทดลองในแต่ละปี คือ ในเดือนพฤศจิกายน ตั้งแต่ปี 2548-2550 ตารางที่ 52 และภาพที่ 29 ก พบว่า การปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด 1 ปี ดินมีค่า pH ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากแปลงที่ปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง (M-M-M) คือมีค่าระหว่าง 5.16-5.56 ภายหลังการปลูกพืชทุกชนิดในปีที่ 2 ค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยการปลูกถั่วแลบแลบติดต่อกัน 2 ปี (L-L-M) ดินมีค่า pH สูงสุดส่วนการปลูกเซนโตร (Ce-Ce-M) มีค่า pH ต่ำที่สุด คือ 5.57 และ 5.29 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง และในปีที่ 3 (พฤศจิกายน 2550) ภายหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในแปลงที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับแปลงที่ปลูกถั่วแลบแลบ 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 คือ 6.41 และ 6.10 ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองอื่นๆ มีค่าระหว่าง 5.82-5.87 อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P>0.05$)

2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

สำหรับค่า EC ซึ่งแสดงถึงความเค็มของดิน ภายหลังการปลูกพืชปีที่ 1 (พ.ย. 2548) ระบบการปลูกถั่วฮามาต้า (H-H-M) ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดคือ 0.56 เดซิซีเมน/ม. ไม่แตกต่างทางสถิติจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์อีก 5 ชนิดที่เหลือรวมถึงแปลงควบคุมซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 0.45-0.55 เดซิซีเม็น/ม. แต่ปีที่ 2 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยแปลงที่ปลูกถั่วคาวาลเคดติดต่อกัน 2 ปี (Ca-Ca-M) ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดคือ 0.78 เดซิซีเม็น/ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงควบคุม ซึ่งมีค่า EC ใกล้เคียงกับระบบการปลูกแบบอื่นๆ คือ ระหว่าง 0.65-0.72 เดซิซีเมน/ม. และสำหรับปีที่ 3 พบว่า การปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง 3 ปี

ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดถึง 1.12 เดซิซีเม็น/ม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดหมุนเวียนซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันคืออยู่ระหว่าง 0.63-0.74 เดซิซีเม็น/ม. (ตารางที่ 52 ภาพที่ 29 ข)

ตารางที่ 52 ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

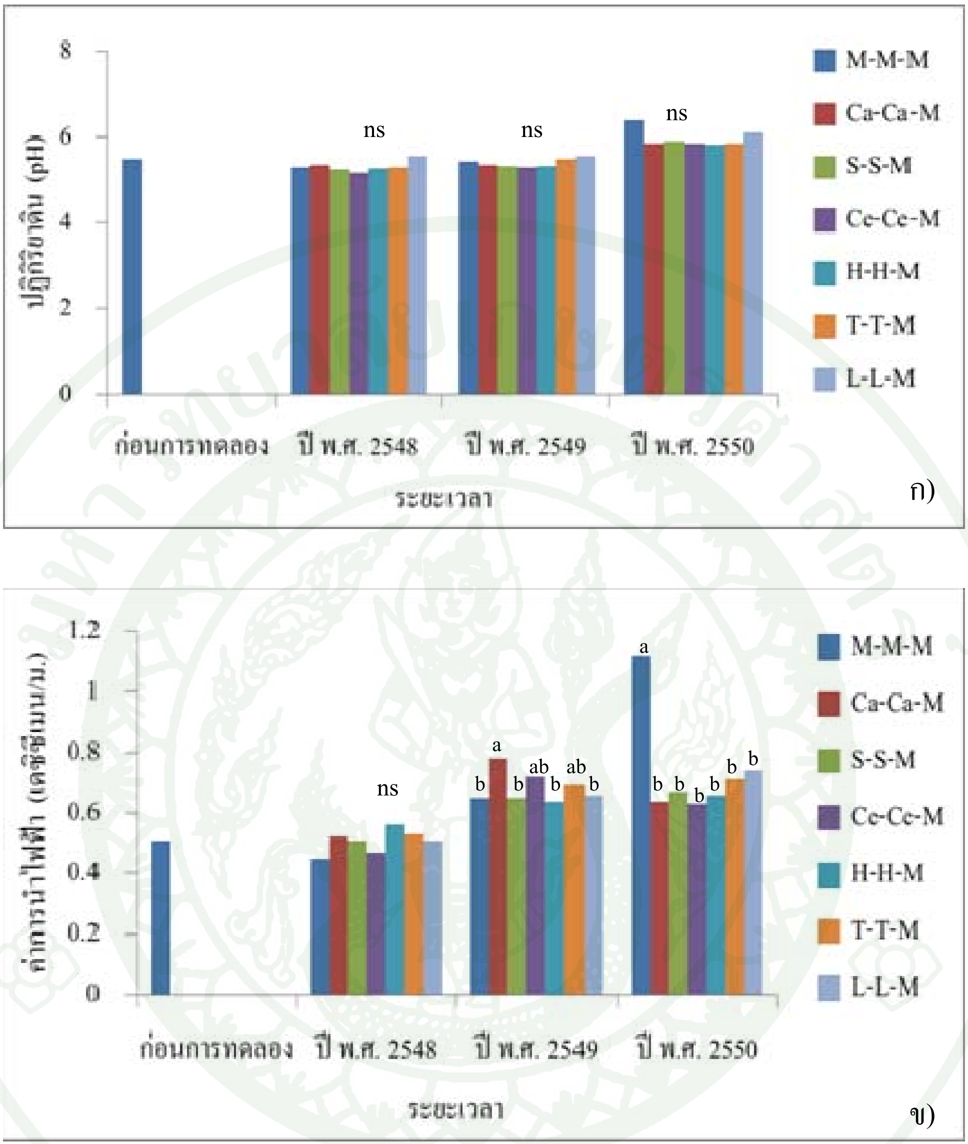
ตำรับทดลอง [2]	pH			EC (เดซิซีเม็น/ม.) [1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	5.28	5.43	6.41	0.45	0.65b	1.12a
Ca-Ca-M	5.35	5.35	5.86	0.52	0.78a	0.64b
S-S-M	5.23	5.31	5.91	0.51	0.65b	0.67b
Ce-Ce-M	5.16	5.29	5.87	0.47	0.72ab	0.63b
H-H-M	5.25	5.31	5.82	0.56	0.64b	0.66b
T-T-M	5.29	5.47	5.87	0.53	0.69ab	0.71b
L-L-M	5.56	5.57	6.10	0.51	0.66b	0.74b
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*
C.V. =	6.0 %	4.8 %	5.1 %	12.8 %	10.5 %	18.1 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 29 pH (ก) และ EC ของดิน (ข) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM)

หลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด รวมถึงการปลูกข้าวโพดในปีแรกดินมีปริมาณ OM ไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีค่าระหว่าง 1.52-1.73% แต่ในปีที่ 2 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลองโดยการปลูกถั่วแลบแลบติดต่อกัน 2 ปี (L-L-M) ดินมีปริมาณ OM สูงสุด คือ 1.92% สูงกว่าก่อนการทดลอง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกท่าพระสไตโล (T-T-M) คาวาลเคด (Ca-Ca-M) และเซนโตร (Ce-Ce-M) ที่มีปริมาณเท่ากับ 1.56 1.52 และ 1.33% ตามลำดับ สำหรับการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน (M-M-M) ดินมีปริมาณ OM ไม่แตกต่างทางสถิติการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิดติดต่อกัน 2 ปี คือ 1.59% และหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหมุนเวียนในปีที่ 3 (พฤศจิกายน 2550) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระบบการปลูกถั่วคาวาลเคด 2 ปี และปลูกข้าวโพดในปีที่ 3 (Ca-Ca-M) และระบบการปลูกฮามาต้าหมุเวียน (H-H-M) ดินมีปริมาณ OM สูงใกล้เคียงกัน คือ 1.86 และ 1.85 % ตามลำดับ ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่องที่มีปริมาณ OM ต่ำสุด คือ 1.65 % ส่วนตำรับทดลองที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนอีก 4 ระบบที่เหลือดินมีปริมาณ OM อยู่ระหว่าง 1.70-1.80 % แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วคาวาลเคดและฮามาต้า (ตารางที่ 53 ภาพที่ 30 ก)

4) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

ตารางที่ 53 และภาพที่ 30 ข เห็นว่าปีที่ 1 การปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด รวมทั้งการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (แปลงควบคุม) ดินมีปริมาณ Total N สูงใกล้เคียงกันคือระหว่าง 0.76-0.86% แต่ในปีที่ 2 การปลูกถั่วแลบแลบติดต่อกัน 2 ปี (L-L-M) ดินมีปริมาณ Total N เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนคือ 0.096% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงที่ปลูกคาวาลเคด และเซนโตรที่มีปริมาณต่ำสุด คือ 0.076 และ 0.066% ตามลำดับ และภายหลังการปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 (พฤศจิกายน 2550) ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองเล็กน้อยแต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ($P>0.05$) โดยมีปริมาณระหว่าง 0.086-0.095%

ตารางที่ 53 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

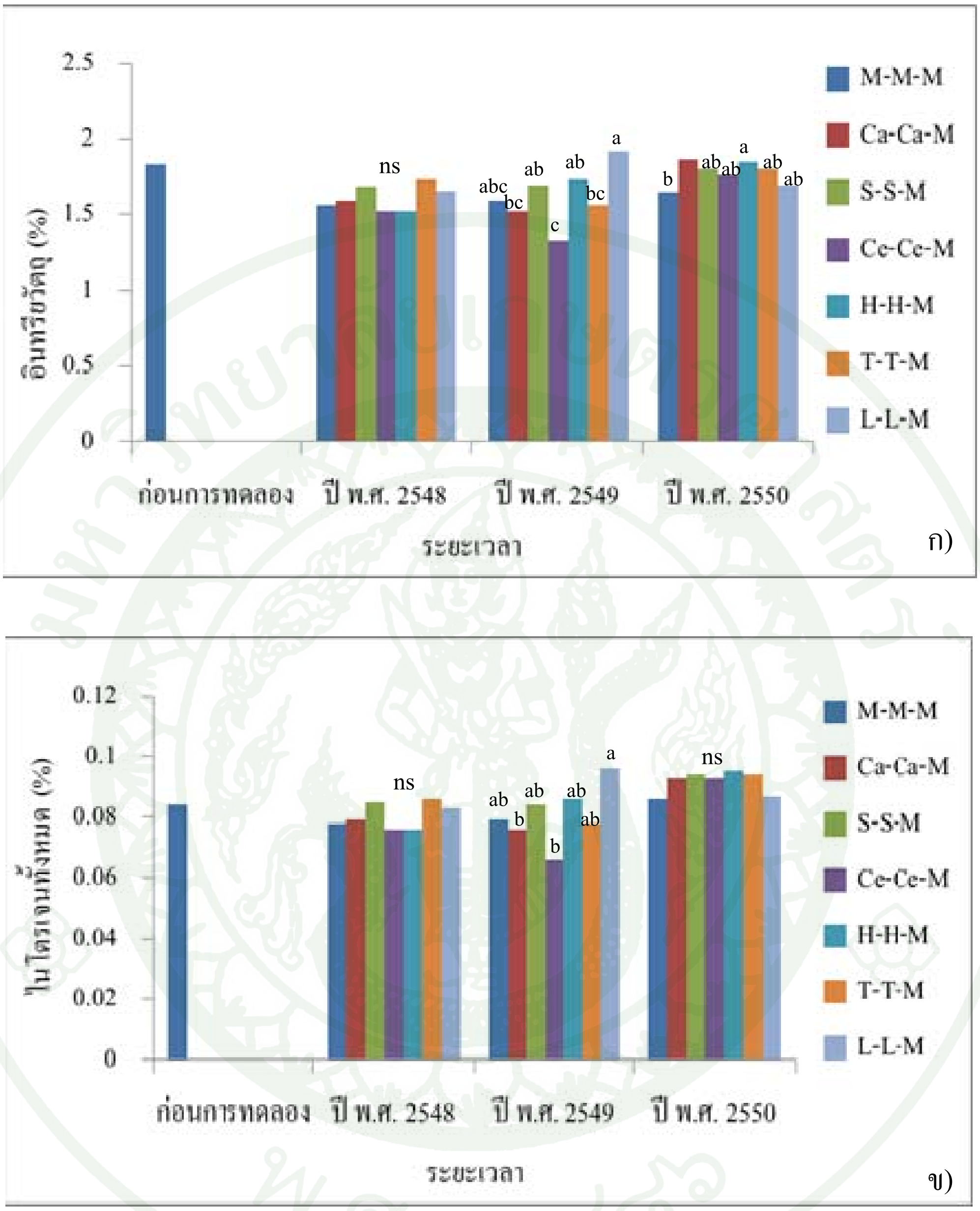
ตำรับทดลอง [2]	OM (%) [1]			Total N (%) [1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	1.56	1.59abc	1.65b	0.078	0.079ab	0.086
Ca-Ca-M	1.59	1.52bc	1.86a	0.079	0.076b	0.093
S-S-M	1.69	1.70ab	1.80ab	0.085	0.084ab	0.094
Ce-Ce-M	1.52	1.33c	1.76ab	0.076	0.066b	0.093
H-H-M	1.52	1.73ab	1.85a	0.076	0.086ab	0.095
T-T-M	1.73	1.56bc	1.80ab	0.086	0.078ab	0.094
L-L-M	1.66	1.92a	1.70ab	0.083	0.096a	0.087
F-test	ns	*	*	ns	*	ns
C.V. =	23.1 %	13.9 %	6.3 %	21.5 %	16.2 %	9.3 %

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 30 ปริมาณ OM (ก) และ Total N (ข) ในดินจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

5) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วอาหารสัตว์เป็นเวลา 1 ปี ดินมีค่า CEC เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกตำรับทดลอง และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกถั่วท่าพระสไตโล (T-T-M) ดินมีค่า CEC สูงสุด คือ 15.06 เซนติโมล/กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการปลูกฮามาต้า (H-H-M) การปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง (M-M-M) และการปลูกเซอราโตร (S-S-M) มีค่า CEC ต่ำใกล้เคียงกัน คือ 11.67 11.57 และ 10.85 เซนติโมล/กก. ตามลำดับ สำหรับในปีที่ 2 (พฤศจิกายน 2549) ดินมีค่า CEC ลดลงจากปีที่ 1 แต่มากกว่าก่อนการทดลอง โดยการปลูกถั่วแลบแลบ 2 ปี (L-L-M) ดินมีค่า CEC สูงสุดคือ 10.04 เซนติโมล/กก. ไม่แตกต่างทางสถิติจากเกือบทุกตำรับทดลองยกเว้นแปลงการปลูกฮามาต้า 2 ปี ที่มีค่าต่ำสุดและใกล้เคียงกับแปลงควบคุม คือ 7.04 และ 8.77 เซนติโมล/กก. ตามลำดับ และภายหลังการปลูกข้าวโพดหมุนเวียนในปีที่ 3 เมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือนพฤศจิกายน 2550 เห็นได้ว่าดินมีค่า CEC เพิ่มขึ้น โดยการปลูกถั่วคาวาลเคด 2 ปี (Ca-Ca-M) มีค่าสูงสุด 16.18 เซนติโมล/กก. ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเกือบทุกตำรับทดลองยกเว้นแปลงที่ปลูกตามถั่วฮามาต้าที่มีค่า CEC ต่ำสุดเพียง 11.80 เซนติโมล/กก. แต่อย่างไรก็ตามปริมาณ CEC ของดินในทุกตำรับทดลองมีปริมาณสูงกว่าก่อนการทดลอง (ตารางที่ 54 และภาพที่ 31)

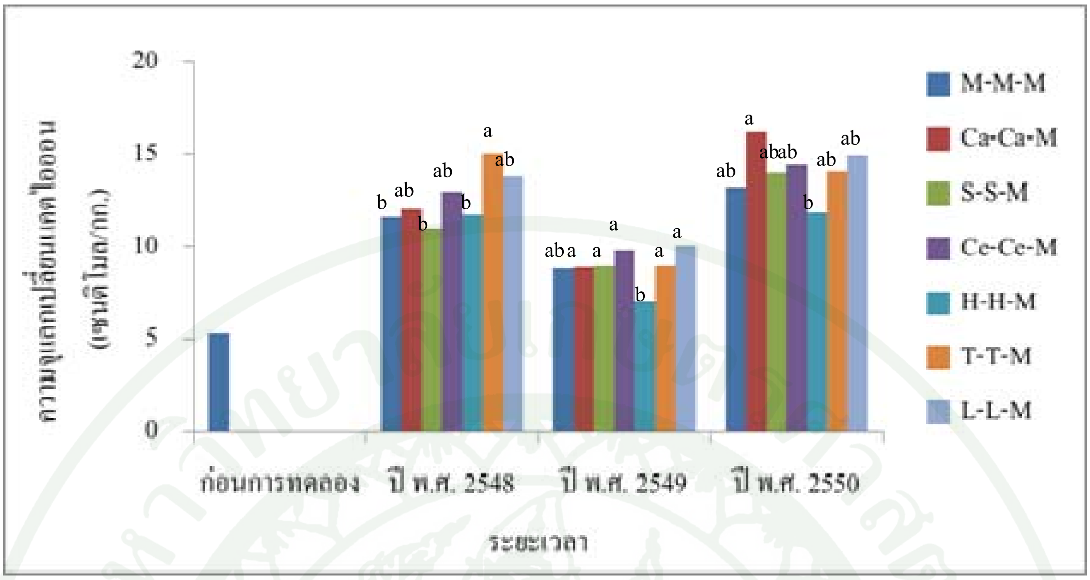
ตารางที่ 54 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน (CEC) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	CEC (เซนติโมล/กก.) [1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	11.57b	8.77ab	13.22ab
Ca-Ca-M	11.98ab	8.84a	16.18a
S-S-M	10.85b	8.90a	13.95ab
Ce-Ce-M	12.96ab	9.82a	14.41ab
H-H-M	11.67b	7.04b	11.80b
T-T-M	15.06a	8.93a	14.01ab
L-L-M	13.78ab	10.04a	14.93ab
F-test	*	*	*
C.V. =	17.7 %	13.6 %	12.8 %

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 31 ปริมาณ CEC ในดินจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

6) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P)

ตารางที่ 55 และภาพที่ 32 ก เห็นได้ว่าหลังจากปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ ดินมีปริมาณ Avail. P ลดลงจากก่อนทดลองอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่าภายหลังการปลูกถั่วฮามาต้า (H-H-M) 1 ปี ดินมีปริมาณ Avail. P สูงสุด คือ 23.33 มก./กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) กับการปลูกถั่วชนิดอื่น ๆ รวมถึงแปลงควบคุม (M-M-M) โดยเฉพาะคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ที่มีปริมาณ Avail. P ต่ำสุดคือ 7.36 มก./กก. สำหรับในปีที่ 2 แปลงฮามาต้าดินยังคงมีปริมาณ Avail. P สูงสุดและใกล้เคียงการปลูกท่าพระสไตโล (T-T-M) คือ 22.07 และ 18.87 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนการปลูกแลบแลบ (L-L-M) มีปริมาณ Avail. P ในดินน้อยที่สุดใกล้เคียงกับแปลงปลูกข้าวโพดติดต่อกัน (M-M-M) และแปลงถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) คือระหว่าง 6.33-9.55 มก./กก. สำหรับการเก็บข้อมูลดินในปีที่ 3 หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในเดือน พฤศจิกายน 2550 พบว่าปริมาณ Avail. P ในดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง กล่าวคือ แปลง Ca-Ca-M ดินมีปริมาณสูงสุดคือ 11.81 มก./กก. แตกต่างทางสถิติจากแปลง T-T-M และแปลง M-M-M ที่มีปริมาณต่ำสุดคือ 8.35 และ 7.87 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองอื่นๆ ที่เหลือมีปริมาณไม่แตกต่างทางสถิติจาก

แปลง Ca-Ca-M อย่างไรก็ตามภายหลังการปลูกพืชดินมีปริมาณ Avail. P ต่ำกว่าก่อนการทดลองในทุกตำรับทดลอง

7) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K)

ดินที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วอาหารสัตว์เกือบทุกชนิด ยกเว้นถั่วเซนโตรและฮามาต้าเป็นเวลาประมาณ 1 ปี มีปริมาณ Exch. K น้อยกว่าก่อนการทดลอง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างตำรับทดลอง โดยดินที่ปลูกเซนโตร (Ce-Ce-M) มีปริมาณ Exch. K สูงถึง 154.63 มก./กก. รองลงมาคือการปลูกฮามาต้า (H-H-M) (79.30 มก./กก.) ส่วนการปลูกแลบแลบ (L-L-M) ดินมี Exch. K ต่ำที่สุดคือ 38.61 มก./กก. แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองอื่นๆ ที่เหลือ ซึ่งมีค่าระหว่าง 38.39-60.9 มก./กก. สำหรับภายหลังการปลูกพืชในปีที่ 2 (พฤศจิกายน 2549) แปลงถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ดินมีปริมาณ Exch. K สูงกว่าแปลงควบคุม (M-M-M) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการปลูกถั่วอาหารสัตว์ พบว่า การปลูกเซอราโตร (S-S-M) มีปริมาณ Exch. K สูงสุด คือ 121.91 มก./กก. ส่วนการปลูกแลบแลบมีปริมาณต่ำสุดคือ 60.84 มก./กก. และภายหลังการทดลองในปีที่ 3 เห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทุกตำรับทดลองมีปริมาณ Exch. K ในดินสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างเห็นได้ชัดโดยที่ ระบบ S-S-M ยังคงมี Exch. K ในดินสูงสุดคือ 128.76 มก./กก. ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติจากเกือบทุกตำรับทดลอง ยกเว้นแปลง Ce-Ce-M และแปลง H-H-M ที่มีปริมาณ Exch. K ต่ำสุด คือ 90.03 และ 70.21มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 55 และภาพที่ 32 ข)

ตารางที่ 55 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail P) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exch. K) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

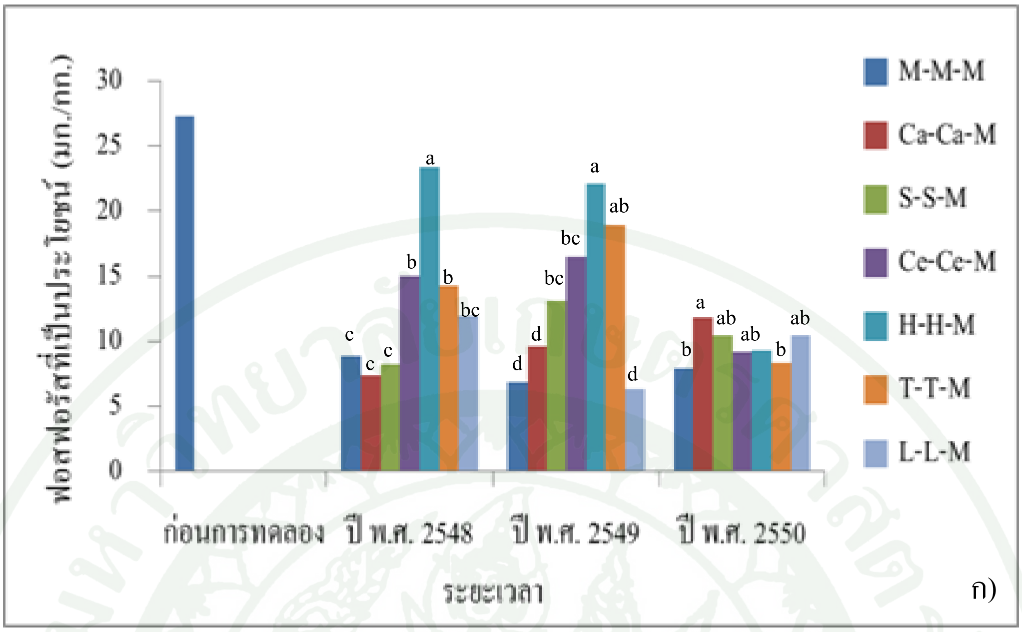
ตำรับทดลอง [2]	Avail. P (มก./กก.)[1]			Exch. K (มก./กก.)[1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	8.87c	6.81d	7.87b	38.39c	50.95c	114.76ab
Ca-Ca-M	7.36c	9.55d	11.81a	39.05c	96.53a	118.73ab
S-S-M	8.19c	13.13bc	10.50ab	52.55bc	121.91a	128.76a
Ce-Ce-M	14.98b	16.53bc	9.17ab	154.63a	94.20a	90.03bc
H-H-M	23.33a	22.07a	9.28ab	79.30b	119.80a	70.21c
T-T-M	14.30b	18.87ab	8.35b	60.92bc	89.36a	96.34bc
L-L-M	11.89bc	6.33d	10.50ab	38.60c	60.84bc	95.33bc
F-test	*	*	*	*	*	**
C.V. =	24.3	18.1	22.8	31.5	24.3	20.2

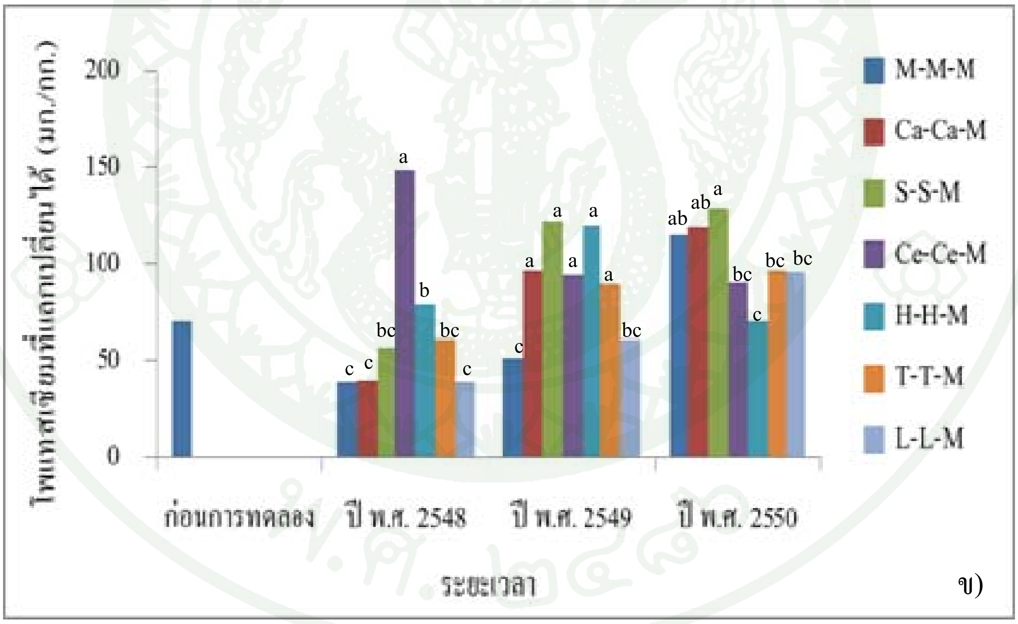
หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35





ภาพที่ 32 ปริมาณ Avail. P (ก) และ Exch. K ในดิน (ข) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

5.2 สมบัติทางกายภาพ

จากการวิเคราะหสมบัติทางกายภาพของดินก่อนการทดลอง จากตารางที่ 56 เห็นว่าดินมีความหนาแน่นรวม 1.32 ก./ลบ.ซม. อัตราการแทรกซึมน้ำ 1.12 มม./นาที และมีปริมาณความชื้น 18.5 % โดยน้ำหนัก สำหรับประเภทเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งมีสีน้ำตาลดำ

ตารางที่ 56 สมบัติทางกายภาพบางประการของดินก่อนการทดลองปลูกพืชหมุนเวียน

ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	อัตราการแทรกซึมน้ำ (มม./นาที)	ความชื้นดิน (% โดยน้ำหนัก)	เนื้อดิน	สีดิน
1.37	1.12	18.5	(sand = 65% , silt = 25%, clay = 10 %)	Dark brown (7.5 YR 3/2)

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

หลังการปลูกพืชหมุนเวียน จากตารางที่ 57 และภาพที่ 33 ก พบว่า ในปีที่ 1 หลังปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ดินมีความหนารวมแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง (M-M-M)โดยมีค่าระหว่าง 1.24- 1.39 ก./ลบ.ซม. ค่าเฉลี่ยลดลงกว่าก่อนการทดลองเล็กน้อย สำหรับปีที่ 2 ดินมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยลดลง โดยการปลูกถั่วแลบแลบติดต่อกัน 2 ปี (L-L-M) ดินมีความหนาแน่นรวมต่ำสุด คือ 1.23 ก./ลบ.ซม. และการปลูกเซอราโตรติดต่อกัน 2 ปี (S-S-M) ความหนาแน่นรวมดินสูงสุด คือ 1.34 ก./ลบ.ซม. แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง (P>0.05) และหลังจากปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามในปีที่ 3 ในเดือนพฤศจิกายน 2550 เห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นรวมดินเฉลี่ยลดลงจากก่อนการทดลอง โดยการปลูกข้าวโพดตามถั่วเซอราโตร (S-S-M) ดินมีความหนาแน่นรวมสูงสุด คือ 1.37 ก./ลบ.ซม. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับดินที่ปลูกในระบบ L-L-M ที่มีความหนาแน่นรวมต่ำสุด คือ 1.25 ก./ลบ.ซม. สำหรับตำรับทดลองอื่นๆ ที่เหลือไม่พบความแตกต่างทางสถิติจาก 2 ตำรับทดลองที่กล่าวมาโดยมีค่าระหว่าง 1.30-1.35 ก./ลบ.ซม.

2) การแทรกซึมน้ำ (infiltration)

สำหรับอัตราการแทรกซึมน้ำของดิน พบว่า ภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 1 ปี มีอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองในทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะการปลูกถั่วฮามาต้า (H-H-M) ที่มีอัตราสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากดินที่ปลูกข้าวโพด (M-M-M) คือ 4.11 และ 2.92 มม./นาที ตามลำดับ สำหรับแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์อีก 5 ชนิดที่เหลือมีอัตราการแทรกซึมน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติจากแปลง H-H-M และแปลงควบคุม ส่วนภายหลังการปลูกพืชในปีที่ 2 (พฤศจิกายน 2549) แปลงที่ปลูกถั่วแลบแลบ (L-L-M) มีอัตราการแทรกซึมน้ำสูงสุด คือ 6.94 มม./นาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากทุกตำรับทดลอง โดยเฉพาะแปลง H-H-M ที่มีค่าต่ำสุดเพียง 2.63 มม./นาที และในปีที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการทดลองเห็นว่าระบบ L-L-M ดินมีอัตราการแทรกซึมน้ำสูงสุดคือ 6.31 มม./นาที แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถติจากระบบการปลูกข้าวโพดหมุนเวียนถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ซึ่งมีอัตราการแทรกซึมน้ำต่ำสุด คือ 4.03 มม./นาที (ตารางที่ 57 และภาพ 33 ข)

3) ความชื้นในดิน (soil moisture)

หลังการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 3 ปี จากตารางที่ 58 และภาพที่ 33 ค เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ดินมีความชื้นลดลงจากก่อนการทดลอง โดยหลังจากปลูกพืช 1 ปี พบว่า ดินที่ปลูกถั่วเซอราโตรมีความชื้นสูงสุด และใกล้เคียงกับแปลงปลูกท่าพระสไตโล ฮามาต้า และปลูกข้าวโพด คือ 11.35 10.46 10.41 และ 10.24 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ส่วนปลูกเซนโตรดินมีความชื้นต่ำที่สุดเพียง 7.42 % โดยน้ำหนัก แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากที่กล่าวมา และในปีที่ 2 จากการเก็บความชื้นดินในเดือน พฤศจิกายน 2549 เห็นได้ว่าดินมีความชื้นลดลงเล็กน้อย โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกัน (M-M-M) ดินมีความชื้นสูงสุด และใกล้เคียงกับการปลูกเซอราโตร(S-S-M) คือ 8.27 % และ 8.22 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากการปลูกแลบแลบ (L-L-M) ที่มีความชื้นในดินต่ำสุดคือ 6.37 % โดยน้ำหนัก และสำหรับแปลงฮามาต้าท่าพระสไตโล และคาวาลเคด มีปริมาณความชื้นดินไม่แตกต่างต่างกันทางสถิติจากแปลงควบคุมและเซอราโตร ภายหลังการปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 ในเดือนพฤศจิกายน 2550 พบว่า ดินมีความชื้นเฉลี่ยใกล้เคียงกับปีที่ 2 โดยระบบ S-S-M มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ 8.98% โดยน้ำหนักไม่แตกต่างทางสถิติจากตำรับทดลองอื่น ๆ ยกเว้นแปลง Ce-Ce-M และ L-L-M ซึ่งมีปริมาณความชื้นใกล้เคียงกัน คือ 6.90 และ 6.96 % โดยน้ำหนัก ตามลำดับ

ตารางที่ 57 ความหนาแน่นรวม และอัตราการแทรกซึมน้ำของดินจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)			อัตราการแทรกซึมน้ำ (มม./นาที) [1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	1.35	1.31	1.31ab	2.92b	3.52c	4.18b
Ca-Ca-M	1.39	1.31	1.34ab	3.22ab	3.59c	4.03b
S-S-M	1.45	1.34	1.37a	3.50ab	5.25b	4.66ab
Ce-Ce-M	1.24	1.29	1.30ab	3.44ab	3.35c	4.31b
H-H-M	1.34	1.33	1.35ab	4.11a	2.63c	4.88ab
T-T-M	1.31	1.30	1.34ab	3.11ab	4.91b	5.44ab
L-L-M	1.34	1.23	1.25b	3.68ab	6.94a	6.31a
F-test	ns	ns	*	*	*	*
C.V. =	20.1	11.2	5.6	22.2	19.9	25.4

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

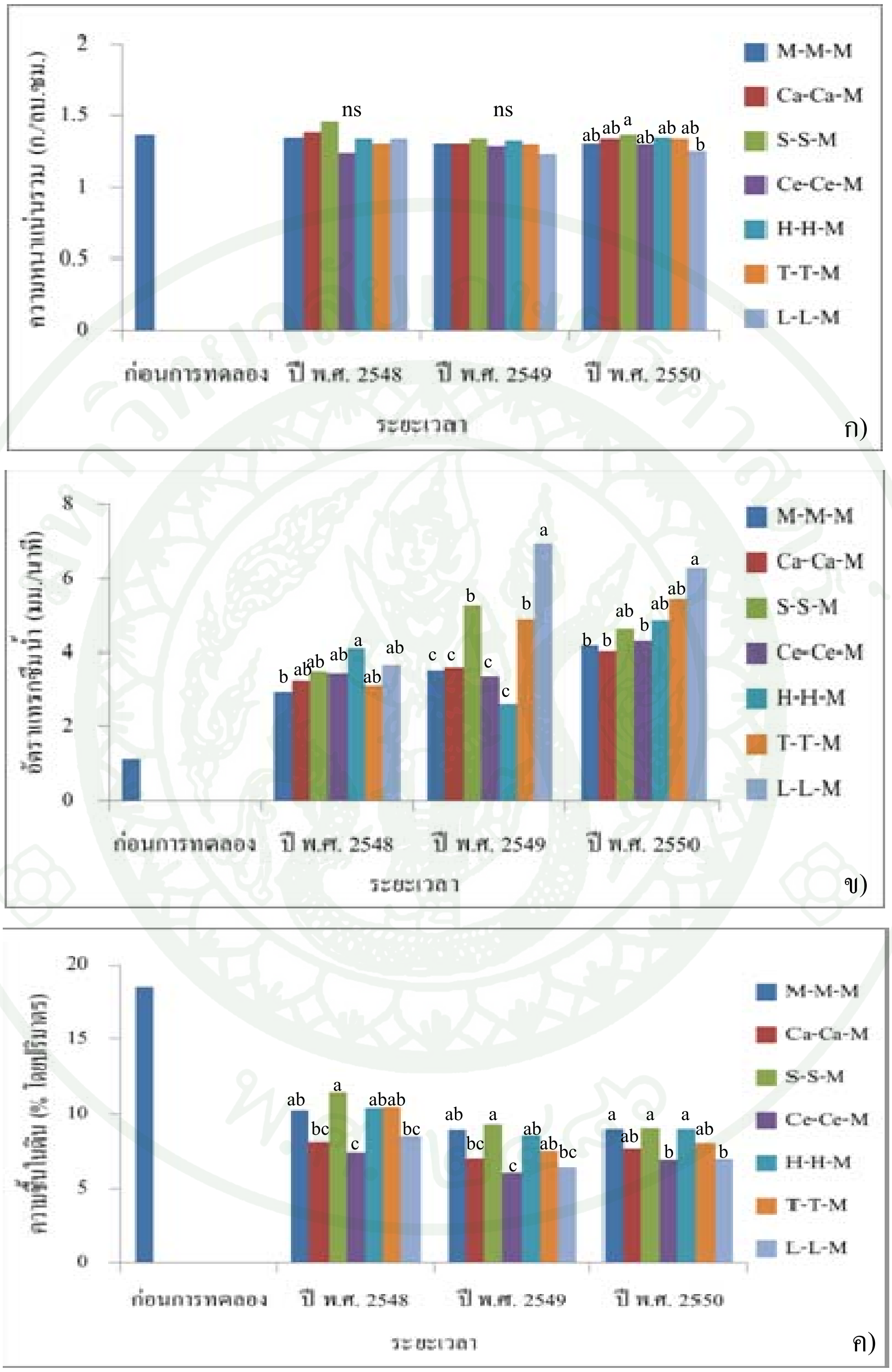
ตารางที่ 58 ปริมาณความชื้นในดินจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ตำรับทดลอง [2]	ปริมาณความชื้นในดิน (% โดยน้ำหนัก) [1]		
	ปีที่ 1 (พ.ย. 48)	ปีที่ 2 (พ.ย. 49)	ปีที่ 3 (พ.ย. 50)
M-M-M	10.24ab	8.87ab	8.92a
Ca-Ca-M	8.13bc	7.02bc	7.67ab
S-S-M	11.35a	9.29a	8.98a
Ce-Ce-M	7.42c	5.97c	6.90b
H-H-M	10.41ab	8.48ab	8.96a
T-T-M	10.46ab	7.52ab	8.10ab
L-L-M	8.42bc	6.37bc	6.96b
F-test	*	*	*
CV. (%)	16.77	19.6	14.5

หมายเหตุ * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95%

[1] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35



ภาพที่ 33 ความหนาแน่นรวม (ก) อัตราการแทรกซึมน้ำ (ข) และปริมาณความชื้นในดิน (ค) จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

4) เนื้อดิน และสีดิน (soil texture and soil color)

จากตารางที่ 59 เห็นได้ว่าหลังจากปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 เนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) โดยที่เนื้อดินมีปริมาณดินเหนียว (clay) เพิ่มขึ้นจากเดิม 10 % เป็น 20 % แต่ในระบบการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง (M-M-M) ถึงแม้ว่ามีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 10 % เป็น 16 % แต่ยังเป็นดินร่วนปนทรายเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง สำหรับของสีดินภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนสีดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจากสีน้ำตาลปนเทา (Dark brown (7.5 YR 3/2)) เป็นสีน้ำตาลปนเทาเข้ม (Dark brown (7.5 YR 3/4)) ในขณะที่ระบบการปลูกข้าวโพดต่อเนื่องสีดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง (ภาพที่ 34)

ตารางที่ 59 ประเภทเนื้อดิน และสีของดินจากระบบการปลูกพืชหมุนเวียนแบบต่างๆ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548- 2550

	เนื้อดิน (soil texture)	สีดิน (soil color)
หลังทดลอง (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550)		
ตำรับทดลองที่ 1 :	Sandy loam	Dark brown (7.5 YR 3/2)
ข้าวโพดต่อเนื่อง (M-M-M)	(sand 64 % , silt 20 % ,clay 16 %)	
ตำรับทดลองที่ 2-7 :	Sandy clay loam	Dark brown (7.5 YR 3/4)
ปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน	(sand 56%, silt 24%, clay 20 %)	

ภาพที่ 34 ลักษณะทางกายภาพของดิน (เนื้อดิน และสีดิน) ที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน (ก และ ข) และจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกัน 3 ปี (ค และ ง)

5.3 อัตราการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ในพื้นที่แปลงก่อนการทดลอง และภายหลังการทดลองซึ่งใช้ระยะเวลา 2 ปี 6 เดือน นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลง (ratio of change) จากตารางที่ 60 เห็นได้ว่าสมบัติทางเคมีของดินโดย ค่า pH ลดลงเล็กน้อย จาก 5.47 เป็น 5.36 แต่ค่า EC เพิ่มขึ้น ในส่วนของปริมาณ OM ลดลงเล็กน้อยจาก 1.83 เป็น 1.80 % ตามลำดับ แต่มีปริมาณ Total N เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับค่า CEC ของดินเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ จาก 5.31 เป็น 14.07 เซนติโมล/กก. ตามลำดับ และในส่วนของปริมาณ Avail. P และ Exch. K มีอัตราการเปลี่ยนแปลงในทางที่ตรงข้ามกัน คือ เมื่อสิ้นสุดการทดลองดินมีค่า ลดลง Avail. P เหลือเพียง 9.64 มก./กก. แต่มีปริมาณ Exch. K เพิ่มขึ้นจาก 70.46 เป็น 101.77 มก./กก.

ตามลำดับ และสำหรับสมบัติทางกายภาพของดิน เห็นได้ว่าความหนาแน่นรวมของดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่มีอัตราการแทรกซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 1.12 เป็น 4.38 มม./นาที สำหรับความชื้นในดินนั้นมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด คือ จาก 18.50 เป็น 8.07 % โดยน้ำหนัก และในส่วนของเนื้อดิน และสีดิน ภายหลังการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากเดิมดินร่วนปนทราย (sandy loam) เป็นเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และจากสีน้ำตาลปนเทา (7.5 YR 3/2) เป็นสีน้ำตาลปนเทาเข้ม (7.5 YR 3/4) ตามลำดับ

ตารางที่ 60 อัตราการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2548-พฤศจิกายน 2550

สมบัติของดิน	ก่อนการทดลอง (พฤษภาคม 2548)	สิ้นสุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2550)	อัตราการเปลี่ยนแปลง
สมบัติทางเคมี			
ปฏิกิริยาดิน (pH)	5.47	5.36	ลดลง
ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมน/ม.)	0.51	0.68	เพิ่มขึ้น
ปริมาณอินทรียวัตถุ (%)	1.83	1.77	ลดลง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.08	0.09	เพิ่มขึ้น
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอิออนบวก (CEC) (เซนโมล/กก.)	5.31	14.07	เพิ่มขึ้น
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	29.82	9.64	ลดลง
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	70.46	101.77	เพิ่มขึ้น
สมบัติทางกายภาพ			
ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)	1.32	1.32	คงที่
การแทรกซึมของน้ำ (มม./นาที)	1.12	4.38	เพิ่มขึ้น
ความชื้นในดิน (% โดยน้ำหนัก)	18.50	8.07	ลดลง
เนื้อดิน	Sandy loam	Sandy clay loam	-
สีดิน	Dark brown (7.5 YR 3/2)	Dark brown (7.5 YR 3/4)	-

6. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

จากการบันทึกข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ ต้นทุนรวม รายได้รวม และรายได้สุทธิ (กำไร) จากระบบการปลูกพืชหมุนเวียนต่างๆ ในตารางที่ 61 แสดงให้เห็นว่า ระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) มีต้นทุนรวมสูงสุดคือ 8,210 บาท/ไร่/ 3 ปี (2,737 บาท/ไร่/ปี) ส่วนระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนมีต้นทุนรวมต่ำกว่า คือ ระหว่าง 1,950-2,153 บาท/ไร่/ปี อย่างไรก็ตาม ระบบการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง 3 ปี มีรายได้รวมสูงสุด คือ 16,514 บาท/ไร่/ 3 ปี หรือ 5,505 บาท/ไร่/ปี รองลงมา คือ การปลูกถั่วฮามาต้า 2 ปี ตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีที่ 3 (H-H-M) คือ 4,426 บาท/ไร่/ปี ในขณะที่ระบบการปลูกถั่วเซนโตร 2 ปี และตามด้วยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce-Ce-M) มีรายได้รวมต่ำสุดคือ 1,510 บาท/ไร่/ปี

เมื่อพิจารณารายได้สุทธิ หรือกำไร พบว่า ระบบการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง (แปลงควบคุม) มีรายได้สุทธิสูงสุด คือ 2,279 ในส่วนของระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน พบว่าการปลูกถั่วฮามาต้าติดต่อกัน 2 ปี และปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 3 มีกำไรสูงสุด คือ 2,273 บาท/ไร่/ปี ในขณะที่ระบบ Ce-Ce-M ให้กำไรสุทธิต่ำสุด คือ -440 บาท/ไร่/ปี

ตารางที่ 61 รายละเอียดต้นทุน และผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2550

รายการ [1]	ระบบการปลูกพืช [2]						
(บาท/ไร่/ 3 ปี)	M-M-M	Ca-Ca-M	S-S-M	Ce-Ce-M	H-H-M	T-T-M	L-L-M
1. ค่าจ้างเตรียมแปลง	1,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2. ค่าเมล็ดพันธุ์	300	360	360	360	370	280	420
3. ค่าปุ๋ยเคมี	2,510	3,090	3,090	3,090	3,090	3,090	3,090
4. ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช	1,200	300	300	300	300	300	300
5. ค่าจ้างแรงงานปลูกและจัดการ	1,800	600	600	600	600	600	600
6. ค่าจ้างแรงงานเก็บเกี่ยว	900	1,100	850	500	1,100	1,000	1,000
7. รวมต้นทุน	8,210	6,450	6,200	5,850	6,460	6,270	6,410
ต้นทุนรวม (บาท/ไร่/ปี)	2,737	2,150	2,067	1,950	2,153	2,090	2,137
8. ผลผลิตพืชอาหารสัตว์	0	1,536	964	502	2,000	1,673	1,375
9. ผลผลิตเมล็ดข้าวโพด	2,028	606	478	333	753	560	512
10. ผลผลิตตอซัง	2,897	954	692	517	1174	775	856
11. ผลผลิตรวมทั้งระบบ	2,028	2,142	1,442	835	2,753	2,233	1,887
12. รายได้จำหน่ายพืชอาหารสัตว์	0	5,376	3,374	1,757	7,000	5,855.5	,812.5
13. รายได้จำหน่ายข้าวโพด	12,168	3,636	2,868	1,998	4,518	3,360	3,072
14. รายได้ตอซัง	4,346	1,431	1,038	776	1,761	1,162	1,284
15. รายได้รวม	16,514	10,443	7,280	4,531	13,279	10,378	9,169
รายได้รวม (บาท/ไร่/ปี)	5,505	3,841	2,427	1,510	4,426	3,459	3,056
16. รายได้สุทธิ (15-7)	8,304	3,993	986	-1320	6,819	4,109	2,759
กำไร (บาท/ไร่/ปี)	2,768	1,331	329	-440	2,273	1,370	920

ตารางที่ 61 (ต่อ)

หมายเหตุ [1] 1) เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ราคา 20 บาท/กก. ใช้อัตราปลูก 5 กก./ไร่

2) เมล็ดถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และเซนโตร ราคา 65 บาท/กก. อัตราปลูก 4 กก./ไร่

3) เมล็ดถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ราคา 90 บาท/กก. อัตราปลูก 3 และ 2 กก./ไร่ สำหรับฮามาต้า และท่าพระสไตโล ตามลำดับ

4) ถั่วแลบแลบ ราคา 40 บาท/กก. อัตราปลูก 4 กก./ไร่

5) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ราคา 850 บาท/กระสอบ และ 46-0-0 ราคา 600 บาท/กระสอบ 6) ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 ราคา และ 0-0-60 อัตรา 30 กก./ไร่ ราคา 650 บาท/กระสอบ 7) แคลฟอสพลัส และโดโลไมท์ 250 บาท/ไร่

8) ค่าจ้างไถเตรียมพื้นที่พร้อมปลูก 500 บาท/ไร่

9) ค่าจ้างแรงงานวันละ 150 บาท/คน/วัน ใช้แรงงาน 2 คน/ไร่/วัน

10) ราคาจำหน่าย ถั่วอาหารสัตว์ 3.5 บาท/ กก. เมล็ดข้าวโพด 6 บาท/กก. และตอซังข้าวโพด 1.5 บาท/กก.

[2] คำอธิบายสัญลักษณ์ระบบการปลูกพืช เหมือนกับตารางที่ 35

7. เปรียบเทียบผลผลิตชีวมวลรวมของพืชเฉลี่ยจากระบบการปลูกพืชทั้ง 2 ระบบ

จากการศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช 2 ระบบ คือ ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในสภาพดินลูกรังชุดดินโพนพิสัย ในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตชีวมวลรวมของพืชซึ่งประกอบด้วย พืชอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากตารางที่ 62 เห็นได้ว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตชีวมวลรวมเฉลี่ยสูงสุด คือ 3,026 กก./ไร่ โดยเป็นพืชอาหารสัตว์ 1,150 กก./ไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1,876 กก./ไร่ (เมล็ด+ตอซัง) อย่างไรก็ตามเมื่อมองถึงผลผลิตพืชอาหารสัตว์เห็นได้ว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยสูงถึง 1,987 กก./ไร่ แต่ให้ผลผลิตชีวมวลรวมข้าวโพด (เมล็ด+ตอซัง) เพียง 723 กก./ไร่

ตารางที่ 62 ผลผลิตชีวมวลรวมเฉลี่ยของพืชที่ได้จากระบบการปลูกพืชที่แตกต่างกัน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ผลผลิตพืช (กก./ไร่/ 3 ฤดูปลูก)	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
พืชอาหารสัตว์	1,987	1,150
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เมล็ด+ตอซัง)	723	1,876
รวมทั้งหมด	2,710	3,026

8. เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินเฉลี่ยจากระบบการปลูกพืชทั้ง 2 ระบบ

จากการศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน ในระหว่างเดือนพฤษภาคม 2548- พฤศจิกายน 2550 พบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และกายภาพของดิน จากตารางที่ 63 เห็นได้ว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีกว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เล็กน้อย โดยปริมาณ OM Total N CEC Avail. P Exch. K มากกว่า และความหนาแน่นรวมของดินน้อยกว่า

ตารางที่ 63 การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชต่างๆ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

สมบัติของดิน	ชุดดิน[1] โพนพิสัย	ก่อนการทดลอง	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
สมบัติทางเคมี				
pH	4.83	5.43	5.74	5.91
EC (เดซิซีเมน/ม.)	-	0.80	0.63	0.68
OM (%)	1.84	2.24	2.05	1.80
Total N (%)	0.105	0.09	0.10	0.09
CEC (เซนโมล/กก.)	-	5.44	18.19	14.21
Avail. P (มก./กก.)	7.91	29.41	17.33	9.64
Exch. K (มก./กก.)	-	78.88	141.67	99.90
สมบัติทางกายภาพ				
Bulk density (ก./ลบ.ซม.)	1.67	1.31	1.23	1.33
Infiltration rate (มม./นาที)	-	1.24	3.36	4.94
Soil moisture content (% โดยน้ำหนัก)	-	18.9	7.49	7.93

ที่มา: [1] ภาคภูมิ (2546ก)

9. เปรียบเทียบผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเฉลี่ยจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่าง พ.ศ. 2548-2550

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุน รายได้ และรายสุทธิเฉลี่ยจากการใช้ถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล จากระบบการปลูกพืช 2 ระบบ คือ การปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตลอดการทดลอง แสดงในตารางที่ 64 โดยพบว่า ระบบการปลูกทั้ง 2 มีต้นทุนรวมแตกต่างกันโดยที่ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีต้นทุนรวมเฉลี่ยสูงกว่า คือ 2,096 บาท/ไร่/ปี แต่ทั้ง 2 ระบบมีผลผลิตชีวมวลรวม (ถั่วอาหรสัตว์ + ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) เฉลี่ยจากทั้ง 3 ปี ใกล้เคียงกันคือ 928.6 และ 916.6 กก./ไร่ สำหรับระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ แต่เมือพิจารณาถึงรายได้จากการจำหน่ายผลผลิต กลับพบว่า ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดินให้รายได้รวมเฉลี่ย สูงกว่า คือ 3,125.5 บาท/ไร่ ทำให้ระบบดังกล่าวมีรายได้สุทธิ หรือกำไรมากกว่า คือ 1,351 บาท/ไร่ ส่วนระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้รายได้สุทธิ 973.7 บาท/ไร่

ตารางที่ 64 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเฉลี่ยจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด จากระบบการปลูกพืชทั้ง 2 ระบบ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2550

รายการ [1] (บาท/ไร่)	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน (T2-T6) [2]				ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (T2-T6) [3]			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย
1. ค่าจ้างเตรียมแปลง	500	0	0	166.7	500	0	500	333.3
2. ค่าเมล็ดพันธุ์	246	100	100	148.7	246	0	100	115.3
3. ค่าปุ๋ยเคมี	970	970	970	970.0	1,030	1,030	1,030	1,030
4. ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช	0	0	0	0	0	0	300	100.0
5. ค่าจ้างแรงงานปลูกและจัดการ	300	300	300	300.0	300	0	300	200.0
6. ค่าจ้างเก็บเกี่ยวถั่วอาหารสัตว์	137	137	137	137	340	340	0	227
7. ค่าจ้างเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0	100	60	53.3	0	0	270	90
8. รวมต้นทุน (บาท/ไร่)	2,153	1,607	1,567	1,775.7	2,416	1,370	2,500	2,096
9. ผลผลิตถั่วอาหารสัตว์	673	885	432	663.0	759	576	0	445.0
10. ผลผลิตเมล็ดข้าวโพด	0	180	91	90.3	0	0	546	192.0
11. ผลผลิตตอซังข้าวโพด	0	286	240	175.3	0	0	839	279.6
12. ผลผลิตรวม	673	1,351	763	928.6	759	576	1,385	916.6
13. รายได้ถั่วอาหารสัตว์	2,355.5	3,097.5	1,512	2,320.5	2,656.5	2,016	0	1,555.5

ตารางที่ 64 (ต่อ)

รายการ [1] (บาท/ไร่)	ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน (T2-T6) [2]				ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (T2-T6) [3]			
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	เฉลี่ย
14. รายได้เมล็ดข้าวโพด	0	1,080	546	542.0	0	0	3,276	1,092.0
15. รายได้ตอซัง	0	429	360	263.0	0	0	1,258.5	419.5
16. รายได้รวม (บาท/ไร่)	2,355.5	4,606.5	2,418	3,125.5	2,656.5	2,016	4,534.5	3,067.0
17. รายได้สุทธิ (16-8)	202.5	2,999.5	851	1,351	240.5	646	2,034.5	973.7

หมายเหตุ [1] รายละเอียดเหมือนกับตารางที่ 61

[2] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 3

[3] คำอธิบายตำรับทดลองเหมือนกับตารางที่ 35

วิจารณ์

1. การเจริญเติบโตและผลผลิตถั่วอาหารสัตว์

การปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และแลบแลบ ในสภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีเหมาะสม (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 1) ถั่วอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการงอก และการตั้งตัวแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดหรือน้ำหนักเมล็ดเป็นสำคัญ โดยเมล็ดขนาดใหญ่สามารถตั้งตัวได้สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของนักวิจัยหลายท่าน เช่น Tudsri (1976) พบว่า ความแข็งแรงของต้นกล้ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของเมล็ด และ Springer *et. al*. (2001) รายงานว่าเมล็ด Eastern gama grass ที่มีขนาดใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง และมีต้นกล้าที่สมบูรณ์และแข็งแรงกว่าเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณสารอาหารที่สะสมในเมล็ดมากกว่า (วันชัย, 2537) เพราะฉะนั้นเมล็ดพืชที่มีขนาดใหญ่ เช่น ถั่วแลบแลบ คาวาลเคด เซนโตร และเซอราโตร จึงมีต้นอ่อนที่แข็งแรงและสามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ดี (ตารางที่ 2 และ 34) อย่างไรก็ตามถั่วในสกุลสไตโล (ฮามาต้า และท่าพระสไตโล) ถึงแม้ว่ามีเมล็ดขนาดเล็กที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วชนิดอื่น ๆ แต่เป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพดินลูกรัง จึงมีจำนวนต้นต่อพื้นที่สูง และสามารถงอกได้เร็ว โดยเฉพาะถั่วฮามาต้าที่มีเมล็ดที่ร่วงและสะสมในดินเป็นจำนวนมากเมื่อได้รับน้ำฝนในปีที่ 2 จะงอกเป็นต้นใหม่จำนวนมากกว่าถั่วชนิดอื่นๆ ส่งผลให้มีจำนวนต้นต่อพื้นที่สูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทุกช่วงที่ศึกษา สอดคล้องกับรายงานของ นิลุบล (2551ก) ที่พบว่าภายหลังจากการได้รับน้ำฝนในเดือนเมษายน และพฤษภาคม 2548 ถั่วเวอราโนสไตโลมีจำนวนต้นสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วท่าพระสไตโล คาวาลเคด และแลบแลบ คือมีจำนวน 544 72 54 และ 21 ต้น/ตรม. ทั้งนี้เนื่องจากถั่วเวอราโนสไตโลเป็นถั่วอายุ 1-3 ปี การคงอยู่ในแปลงสำหรับปีที่ 2 ขึ้นอยู่กับจำนวนต้นที่เหลือจากปีแรกรวมกับจำนวนต้นที่งอกจากเมล็ดที่ร่วง ซึ่งต่างจากถั่วท่าพระสไตโลซึ่งเป็นถั่วอายุหลายปี การคงอยู่ของถั่วขึ้นอยู่กับต้นเดิมเป็นส่วนใหญ่ และพบว่ามีเมล็ดที่ร่วงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยมาก เมื่อระยะเวลาศึกษายาวนานขึ้นถั่วฮามาต้ามีเมล็ดสะสมในแปลงมากขึ้นเห็นได้ชัดจากการปลูกร่วมกับข้าวโพดฤดูปลูกที่ 3 ในเดือนกรกฎาคม 2550 จำนวนต้นสูงถึง 2,175 ต้น/ตรม. ตามลำดับ (ตารางที่ 7) สำหรับถั่วเซนโตรถึงแม้ว่ามีขนาดเมล็ดใหญ่กว่าถั่วสกุลสไตโลทั้ง 2 ชนิด แต่มีการเจริญเติบในสภาพดินลูกรังได้ไม่ดี เพราะว่ามีเมล็ดที่มีชีวิตต่ำกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกในแปลงต่ำ ตลอดจนที่อายุ 1-2 เดือนถั่วจะเจริญเติบโตช้า (สถาบันวิจัยยาง, 2556) จึงไม่สามารถแข่งขันกับวัชพืชได้ ประกอบกับเมล็ดที่ใช้

ปลูกเป็นเมล็ดใหม่ที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงปลายเดือน เมษายน 2548 และนำมาปลูกในเดือนพฤษภาคม โดยเมล็ดดังกล่าวยังมีการพักตัว ถึงแม้ผ่านการทำลายการพักตัวก่อนปลูกแล้วก็ตาม โดยได้รับการยืนยันจากรายงานของ Tihomir *et al*. (2005) ที่พบว่าเมล็ดพันธุ์ถั่วอัลฟัลฟา 3 พันธุ์ ที่เก็บรักษา 0 ปี มีอัตราการงอกเฉลี่ยต่ำกว่าเมล็ดที่เก็บรักษา 2 ปี อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ 69.7 และ 82.9% สำหรับ 0 และ 2 ปี ตามลำดับ และในส่วนของถั่วแลบแลบ ซึ่งเมล็ดขนาดใหญ่โดยมีน้ำหนักมากถึง 290 มก./เมล็ด แต่มีจำนวนต้นต่อพื้นที่โดยเฉลี่ย 7 ต้น/ตรม. (ตารางที่ 34 และ 35) เนื่องจากใช้อัตราปลูก 4 กก./ไร่ และปลูกโดยวิธีการหยอด (2-3 เมล็ด/หลุม ระยะปลูก 50 x 50 ซม.) และที่สำคัญถั่วแลบแลบเป็นพืชฤดูเดียว ซึ่งส่วนใหญ่ฝักไม่แตก หรือฝักที่แตกเมล็ดที่ร่วงหล่นลงแปลงไม่สามารถงอกเป็นต้นได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมโดยทั่วไปเมล็ดถั่วงอกได้ดีที่สุดเมื่อปลูกลึกลงในดิน 2.5-5.0 ซม. (นิลุบล, 2551ข อ้างถึง Skerman, 1997)

สำหรับความแตกต่างในด้านความสูงของพืช นั้นเป็นผลเนื่องจากความแตกต่างในลักษณะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของพืช โดยถั่วอาหารสัตว์ที่ใช้ทดลองแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ประเภทลำต้นที่เป็นแบบเถาเลื้อยหรือเลื้อยพัน และประเภทกึ่งตั้งตามที่กล่าวข้างต้น นอกจากนี้การเจริญเติบโตของพืชยังขึ้นอยู่กับการปรับตัวในสภาพพื้นที่ปลูกเป็นสำคัญ โดยจะเห็นได้ชัดเจนจากถั่วเซนโตรซึ่งเป็นถั่วประเภทเถาเลื้อยแต่มีความสูงน้อยกว่า หรือไม่แตกต่างทางสถิติจากถั่วฮามาต้าและท่าพระสไตโล ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถั่วสกุลสไตโล (ฮามาต้า และท่าพระสไตโล) มีความสามารถในการเจริญเติบโต และปรับตัวได้ดีในสภาพดินลูกรังซึ่งมีสภาพเป็นกรดอ่อน และมีธาตุเหล็กสูง นอกจากนี้ยังสามารถสกัดธาตุแคลเซียมจากดินที่เป็นกรดได้ดี และมีความทนทานต่อสภาพดินที่มีอลูมินั่มสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ (Aadrew and Norris, 1961)

ในส่วนของความสามารถคลุมพื้นดินของพืช (ตารางที่ 5 9 และ 37) ซึ่งพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างชนิดพืช โดยถั่วประเภทเถาเลื้อย (ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร และแลบแลบ) มีการคลุมพื้นที่ได้เร็วกว่าถั่วประเภทกึ่งตั้ง (ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล) เนื่องจากถั่วประเภทเถาเลื้อยมีลักษณะเลื้อยไปตามผิวดินและมีรากเจริญตามข้อที่สัมผัสดิน โดยเฉพาะถั่วเซอราโตร ซึ่งเป็นถั่วประเภทข้ามปีที่มีระบบรากแก้วลึกและขนาดใหญ่ และใบจะตั้งฉากกับดวงอาทิตย์เพื่อลดการคายน้ำเมื่อกระทบแล้งจึงทนแล้งได้ดีมาก (สายัณห์, 2547ก) โดยในฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์-เมษายน) ถั่วเซอราโตรสามารถคลุมดินได้สูงกว่าพืชชนิดอื่น ซึ่ง มีรายงานว่า ในฤดูแล้งของจังหวัดเชียงใหม่ ถั่วเซอราโตรยังมีใบสีเขียวอยู่ตลอดฤดูกาล (เฉลิมพล, 2523ก) สำหรับถั่วฮามาต้า นั้นการที่มีจำนวนต้นที่หนาแน่นกว่าพืชชนิดอื่น ๆ จึงทำให้สามารถคลุมดินได้ดีถึงแม้ว่าปลูกในระบบการปลูก

ร่วมกับข้าวโพดก็ตาม ซึ่งเห็นได้ชัดจากฤดูปลูกที่ 3 โดยเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2550 ถั่วฮามาต้าที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (H+M+M) คลุมพื้นดินได้ถึง 98 88 และ 95% ตามลำดับ (ตารางที่ 9) และในระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเดือน กรกฎาคม และตุลาคม 2549 สามารถคลุมดินได้ถึง 100 % (ตารางที่ 37) ในส่วนของถั่วเซนโตรถึงแม้ว่าเป็นถั่วประเภทเถาเลื้อยแต่การคลุมดินต่ำกว่า เนื่องจากสาเหตุที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อพิจารณาในด้านผลผลิตน้ำหนักแห้งถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกอย่างเดียว เห็นว่าการทดลองในฤดูปลูกที่ 1 ก่อนการปลูกข้าวโพดร่วม จากการตัดรวม 3 ครั้ง ถั่วคาวาลเคด ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) คือ 840 799 725 กก./ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) และจากการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูปลูกที่ 2 และ 3 ถั่วฮามาต้า ให้ผลผลิตรวมสูงสุด คือ 1,012 และ 659 กก./ไร่ (ตารางที่12) และจากระบบการปลูกหมุนเวียนในปีที่ 1 ถั่วฮามาต้า คาวาลเคด ท่าพระสไตโล และแลบแลบ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 1,072 1,020 950 และ 900 กก./ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 42) โดยผลผลิตที่ได้ใกล้เคียงกับรายงานของนักวิจัยหลายท่าน เช่น Skerman (1998) รายงานว่า ถั่วคาวาลเคดให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากันหรือมากกว่าถั่วฮามาต้า และ Hare *et al*. (2003) พบว่า ในชุดดินร้อยเอ็ด ถั่วคาวาลเคดและฮามาต้า ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งจากการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูฝน และฤดูแล้งปีแรก 800 กก./ไร่ และจากการทดสอบในสภาพดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเดือนมีนาคม 2544 ถึง มกราคม 2545 ภายใต้การปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ จากการเก็บเกี่ยวถั่วคาวาลเคด 4 ครั้ง ได้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 1,490 กก./ไร่ (372.5 กก./ไร่/ครั้ง) และถั่วฮามาต้าได้ 874 กิโลกรัมต่อไร่ (218.5 กก./ไร่/ครั้ง) (เฉลิมชัย, 2546ก) นอกจากนี้ จุติมา (2548) กล่าวว่า ถั่วฮามาต้าสามารถให้ผลผลิตแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ โดยทั่วไปผลผลิตในปีที่ 2 จะเพิ่มขึ้น โดยสามารถให้ผลผลิตสูงถึง 1.3 -1.6 ตัน/ไร่/ปี และถั่วท่าพระสไตโลให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 1.5 -2.5 ตัน/ไร่/ปี สำหรับถั่วคาวาลเคด เนื่องจากถั่วคาวาลเคดเป็นพืชที่มีอายุฤดูเดียว ใบดก มีส่วนของใบมากกว่าลำต้นสามารถเจริญติบโตได้ดีในดินที่ดอนทนสภาพแห้งแล้งได้ดีผลิตน้ำหนักแห้งได้สูงสุดในช่วงฤดูฝน หลังการออกดอกและติดเมล็ดถั่วจะตาย (กรมปศุสัตว์, 2547) จึงถือเป็นข้อด้อยของถั่วประเภทปีเดียวที่ไม่เหมาะสมในการปลูกเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งต่างจากถั่วฮามาต้าที่เป็นถั่วประเภทข้ามปีอายุสั้น 1-2 ปี ลักษณะเป็นทรงพุ่มเตี้ยแตกกิ่งก้านสาขามาก ออกดอกติดเมล็ดและร่วงหล่นลงดินเป็นจำนวนมาก โดยเมล็ดเหล่านี้จะงอกเป็นต้นใหม่เมื่อได้รับน้ำฝนในปีถัดมา และยังคงความเขียวในช่วงฤดูแล้ง สอดคล้องรายงานของ Gillard *et al.* (1980) ที่กล่าวว่า ถั่วฮามาต้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแห้งแล้งที่มีข้อจำกัด ซึ่งบางครั้งไม่สามารถปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ได้ดี โดยสามารถปรับตัวได้ดีในดินที่เป็นกรด และดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเมื่อเทียบกับถั่วเซอราโตร ถั่วเซนโตร และถั่วกลายซีน (สายัณห์, 2547ก) และที่สำคัญคือมีความสามารถในการสกัดธาตุแคลเซียมจากดินที่เป็นกรดได้ดี และมีความทนทานต่อสภาพดินที่มีอลูมินั่มสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ (Aadrew and Norris, 1961) ทำให้ให้ถั่วฮามาต้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดภายใต้สภาพแวดล้อมจำกัดต่าง ๆ (ภาคภูมิ, 2546ก) โดยที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงในสภาพดินลูกรัง ทั้งในระบบการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และการปลูกระบบหมุนเวียน จึงถือว่าเหมาะสมที่สุดในการปลูกภายใต้ชุดดินโพนพิสัย มีศักยภาพในการปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญและผลผลิตของถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งสามารถยืนยันจากรายงานของ มัทยา (2551) ที่พบว่า ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า ที่ปลูกร่วมกับสบู่ดำ บนชุดดินปากช่อง จากการเก็บเกี่ยว 6 ครั้ง ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 1,980 และ 1,035 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด และแลบแลบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของถั่วเซนโตรที่ให้ผลผลิตรวมต่ำสุดจากทุกการทดลอง เนื่องจากความสามารถในการปรับตัว และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวข้างต้น ประกอบกับถั่วมีลำต้นและเถาขนาดเล็กกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนเมื่อศึกษาดัชนีการเกษตรตามเกณฑ์ของ ประวิตร (ม.ป.ป.) อ้างถึง Humphrey (1981) โดยถั่วฮามาต้ามีค่าดัชนีการเกษตรสูงสุด และถั่วเซนโตรมีค่าต่ำสุด (ตารางผนวกที่ 4)

2. การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดร่วมกับพืชอาหารสัตว์โดยไม่ไถพรวน ประโยชน์ที่ได้รับคือการเพิ่มพืชอาหารสัตว์ให้มากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่ไม่สามารถปลูกพืชอาหารสัตว์อย่างอื่นได้ ทำให้เพิ่มจำนวนสัตว์ให้มากขึ้น และยังได้ประโยชน์จากการตรึงไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วที่ปลูกร่วม (สายัณห์, 2547ก) นอกจากถั่วอาหารสัตว์จะเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินโดยการสลายตัวของปมรากถั่วและระบบรากใต้ดินแล้วยังเพิ่มอินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารพืชอื่น ๆ ให้แก่ดิน (บุญฤา, 2545) จากการปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วอาหารสัตว์จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล รวมถึงแปลงพืชธรรมชาติ (แปลงควบคุม) โดยไม่ไถพรวน ตารางที่ 15-17 เห็นว่าการปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) และฮามาต้า (H+M+M) ข้าวโพดมีความสูง จำนวนใบต่อต้น และดัชนีความเขียวใบสูงใกล้เคียงกัน ทั้งนี้เนื่องจากก่อนปลูกแปลงที่ปลูกถั่วเซอราโตร ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างสูง คือ 1.95% และ 119.95 มก./กก. ตามลำดับ (ตารางที่ 28 และ 29) และถั่วเซอราโตรมีการเจริญแบบเถาเลื้อยที่มีข้อที่

สัมผัสดินจึงมีการคลุมดินได้ดีกว่าวัชพืช ประกอบกับถั่วมีใบที่ร่วงหล่นง่าย และมีอัตราการย่อยสลายเฉลี่ยสูงถึง 72.9% (ตารางที่ 26) นอกจากนี้ถั่วเซอราโตรยังมีปมที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดี (Tudsri, 1976) ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่า โดยเห็นได้จากค่าความเขียวใบสูงสุดถึง 28.3 SPAD-Unit ซึ่งความเขียวใบจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณคลอโรฟิลล์ และเปอร์เซ็นการรอดชีวิตของพืช (Toojinda *et al*., 2003) ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรมีผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักแห้งตอซังรวม 2 ฤดูปลูกสูงสุด คือ 584 และ 872 กก./ไร่ ตามลำดับ (รวม 1,456 กก./ไร่) (ตารางที่ 21) ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้าข้าวโพดมีความสูง จำนวนใบเฉลี่ยต่อต้น และดัชนีความเขียวใบใกล้เคียงกับการปลูกในแปลงถั่วเซอราโตร เพราะถั่วฮามาต้ามีอัตราการย่อยสลายใกล้เคียงกับถั่วเซอราโตร คือ 76.8% ประกอบกับการปลูกข้าวโพดร่วมในปีที่ 1 ถั่วฮามาต้ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงถึง 1,012 กก./ไร่ (ตารางที่ 12) จึงมีเศษพืชที่ร่วงหล่นเป็นอินทรียวัตถุสะสมในดินสูง แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตรวม 2 ฤดูปลูก ให้ผลผลิตรวม 1,096 กก./ไร่ (403 และ 693 กก./ไร่ สำหรับเมล็ด และตอซัง ตามลำดับ) (ตารางที่ 22) ทั้งนี้เนื่องจากถั่วฮามาต้าสามารถเจริญเติบโตได้ดีมากโดยในระยะเก็บเกี่ยวข้าวโพด (เดือนตุลาคม) มีจำนวนต้นสูงถึง 158 ต้น/ตรม. และในระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ดซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกหนักถึง 308 มม./เดือน (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 1) ส่งผลให้ความชื้นในแปลงสูงมากทำให้ใบและต้นข้าวโพดเน่าจากเชื้อราและมีแมลงศัตรูพืชโดยเฉพาะมดและปลวกจำนวนมากเข้าทำลายรากและลำต้นพืช ซึ่งจากรายงานของ Sekamatte *et al.* (2003) พบว่า การปลูกข้าวโพดแซมพืชตระกูลถั่วจะพบปัญหาการกัดทำลายต้นข้าวโพดจากมด และปลวกซึ่งทำให้ต้นหักล้มก่อนเมล็ดสุกแก่ จึงไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้เต็มที่ ซึ่งสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้ข้าวโพดมีฝักขนาดเล็ก และมีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยกว่าแปลงที่ปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตรอย่างเห็นได้ชัด คือ 124 และ 194 เมล็ด/ฝัก ตามลำดับ (ตารางที่ 19) ส่วนการปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) ท่าพระสไตโล (T+M+M) เซนโตร (Ce+M+M) และพืชธรรมชาติ (N+M+M) (แปลงควบคุม) ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและมีผลผลิตเมล็ด และตอซังต่ำกว่า เนื่องจากพืชทั้ง 4 ชนิดมีใบที่หลุดร่วงยาก เพราะมีปริมาณเยื่อใยสูงจึงมีอัตราการย่อยสลายต่ำกว่าส่งผลให้การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะไนโตรเจนต่ำกว่า ทำให้ข้าวโพดที่ปลูกเจริญเติบโตช้ากว่าพืชอาหารสัตว์ และวัชพืชที่เจริญร่วมกันส่งผลให้มีผลผลิตรวมถึงมีองค์ประกอบผลผลิตต่ำกว่า

สำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ 2 ปี ซึ่งเรียกว่าระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนพืชไร่เศรษฐกิจ ข้าวโพดที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ทั้ง ชนิด ได้แก่ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร ฮามาต้า

ท่าพระสไตโล และแลบแลบ ยกเว้นเซนโตร มีความสูง จำนวนใบต่อต้น และความเขียวใบไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี ซึ่งเป็นแปลงควบคุม (M-M-M) ใกล้เคียงกับการปลูกในปีที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 38-40) แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้จากการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว และจากการย่อยสลายส่วนต่าง ๆ รวมถึงปมที่รากของพืชทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตดีขึ้น เช่นเดียวกันกับการบำรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว 2 ปีติดต่อกันแล้วไถกลบโดยเฉพาะถั่วพร้า และถั่วพุ่ม เป็นการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นได้ (อรพินท์, 2541) และจากการศึกษาในประเทศออสเตรเลีย มีการใช้ถั่วอาหารสัตว์เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวสาลีในระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนพืชไร่เศรษฐกิจ พบว่ามีถั่วหลายชนิดที่งอกเป็นต้นใหม่จากเมล็ดที่ร่วงหล่นและฝังอยู่ในดิน และงอกเป็นต้นใหม่เมื่อได้รับความชื้นในฤดูถัดไป หลังไถกลบและย่อยสลายจะเกิดประโยชน์แก่พืชที่ปลูกตามได้ (Carr *et al.*, 2005) จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตดีจะส่งผลให้มีผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักตอซังเพิ่มขึ้นตามมาด้วย โดยการปลูกตามหลังถั่วฮามาต้า (H-H-M) และถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ให้ผลผลิตเมล็ดไม่แตกต่างทางสถิติจากแปลงควบคุม (M-M-M) คือ 753 606 และ 782 กก./ไร่ สำหรับการปลูกตามถั่วฮามาต้า คาวาลเคด และแปลงควบคุม ตามลำดับ (ตารางที่ 43) โดยผลิตเมล็ดที่ได้ใกล้เคียงกับการปลูกภายใต้สภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง และการจัดการตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 สามารถให้ผลผลิตเมล็ด 800 กก./ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) แต่จากการทดลองครั้งนี้ผลผลิตเมล็ดมากกว่าการรายงานของ กิ่งกานท์ (2552) ส่วนการปลูกตามหลังถั่วท่าพระสไตโล (T-T-M) ผลผลิตแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการปลูกตามถั่วคาวาลเคด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์สามารถปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงขึ้นได้จากการตรึงไนโตรเจน และการย่อยสลายเศษซากพืชเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งได้จากปริมาณของชีวมวลพืชอาหารสัตว์ชนิดนั้น ๆ เป็นสำคัญส่งผลให้พืชที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับรายงาน Gibson (1988) ที่พบว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีการปลูกมันสำปะหลังซ้ำซากหลายปี เมื่อเว้นการปลูก 2 ปี แล้วปลูกถั่วอาหารสัตว์ ได้แก่ ถั่วฮามาต้า ถั่วเซอราโตร ปอเทือง และไมยราบไร้หนาม ทดแทนสามารถเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังจาก 2.4 ตัน/ไร่ เป็น 4.6 ตัน/ไร่ เช่นเดียวกับ จุติมา (2548) ที่พบว่า การไถกลบแปลงถั่วท่าพระสไตโล ภายหลังสิ้นสุดการเล็มกินของโคแล้วปลูกมันสำปะหลังในชุดดินโคราช ที่จังหวัดขอนแก่น ผลผลิตหัวสดจะสูงกว่าการปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 3.46 และ 1.44 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สำหรับการปลูกตามหลังถั่วแลบแลบ (L-L-M) ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำกว่าการปลูกตามถั่วฮามาต้า และแปลงควบคุม ซึ่งเป็นผลจากการปลูก

ตามหลังถั่วแลบแลบซึ่งเป็นถั่วอายุปีเดียวที่มีลำต้นขนาดใหญ่กว่า และค่า C:N ratio ต่ำสุด จึงมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด (11.6 และ 75.4 % ตามลำดับ) (ตารางที่ 49) ส่งผลให้ดินมีสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า คือมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ และอัตราการแทรกซึมน้ำสูง (ตารางที่ 57) เมื่อมีฝนตกจะก่อให้เกิดการสูญเสีย NO_3^--N จากการชะล้างไปกับน้ำสูงกว่า และไหลลงสู่ดินชั้นล่าง (Tyler and Thomas, 1977) ทำให้ข้าวโพดไม่สามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะไนโตรเจนได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในส่วนเหนือดินของข้าวโพดที่ปลูกตามหลังถั่วแลบแลบที่มีปริมาณต่ำกว่าแปลงที่ปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่อง แปลงที่มีการปลูกถั่วฮามาต้า และคาวาลเคด อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 50) และการปลูกตามถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) ข้าวโพดเจริญเติบโตและมีผลผลิตต่ำสุด เนื่องจากเป็นถั่วที่เจริญเติบโตได้ไม่ดีในสภาพดินลูกรังโดยมีผลผลิตน้ำหนักแห้งต่ำสุดเพียง 503 กก./ไร่ ส่งผลให้มีปริมาณชีวมวลที่ร่วงหล่นและย่อยสลายเป็นอินทรียวัตถุน้อยกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบกับถั่วชนิดนี้มีอัตราการย่อยสลายน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถั่วท่าพระสไตโล และถั่วแลบแลบ ตามลำดับ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ในลักษณะการปลูกแซมโดยไม่ไถพรวนดิน ในฤดูปลูกที่ 1 (พ.ศ. 2549) และฤดูปลูกที่ 2 (พ.ศ. 2550) แสดงอาการขาดธาตุไนโตรเจนทุกตำรับทดลอง โดยมีลักษณะลำต้นที่เล็ก ใบและลำต้นมีสีเขียวอ่อน จำนวนใบต่อต้นความสูงต้นรวมทั้งองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักตอซัง น้อยกว่าที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกหมุนเวียน ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับการทดลองที่ได้รายงานมาแล้วโดย Doran (1980); Thomas and Frye (1984); Carter and Rennie (1987) และการทดลองระบบการปลูกพืชแซมระหว่างข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับถั่วอาหารสัตว์จำนวน 5 ชนิด ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการเจริญเติบโต และผลผลิตต่ำมากเป็นเพราะไม่ได้รับการจัดการที่ดีกว่า (Phillips *et al*., 1980)

3. องค์ประกอบทางเคมีของพืช

เมื่อพิจารณาถึงองค์ประกอบทางเคมีที่ใช้ในการประเมินคุณภาพหรือคุณค่าโภชนะของพืชอาหารสัตว์ เห็นได้ว่าถั่วอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณโปรตีนรวมในส่วนเหนือดิน (ทั้งต้น) สูงกว่าพืชธรรมชาติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพืชธรรมชาติเป็นวัชพืชประเภทใบแคบและใบกว้าง (ตารางผนวกที่ 2) โดยถั่วอาหารสัตว์มีปริมาณระหว่าง 15.2-23.3% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดสัดส่วนใบต่อลำต้น และอายุของพืชเป็นสำคัญ ถั่วอาหารสัตว์ที่มีปริมาณใบมากกว่าลำต้น เช่น

ถั่วเซอราโตร และถั่วแลบแลบมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากถั่วที่มีส่วนของลำต้นมากกว่าใบ ซึ่งได้แก่ ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล (ตารางที่ 23 และ 47) อย่างไรก็ตาม ปริมาณโปรตีนรวมในถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิดที่ทดลองถือว่าเพียงพอสำหรับการดำรงชีพของสัตว์เคี้ยงเอื้องที่มีความต้องการโปรตีน ระหว่าง 8-10 % และเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 12-25% และเพียงพอสำหรับโคนมที่ให้น้ำนมซึ่งมีความต้องการโปรตีน 15 % (Walton, 1984)

สำหรับปริมาณเยื่อใยหยาบ (CF) พบว่า มีค่าระหว่าง 26.7-36.6 % โดยที่ถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล มีปริมาณ CF สูงสุด เนื่องจากถั่วในสกุลสไตโลมีสัดส่วนของลำต้นสูงกว่าใบ และถั่วแลบแลบมีปริมาณเยื่อใยต่ำสุด (26.7%) ในขณะที่ส่วนของปริมาณ NDF มีค่าระหว่าง 43.4-52.2 และ ADF ระหว่าง 31.7-47.0 % (ตารางที่ 23 และ 48) ใกล้เคียงกับรายงานของชื่นจิต และคณะ (2554) ที่ศึกษาศักยภาพของถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนเพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดี และการปรับปรุงดินลูกรัง โดยถั่วแลบแลบมีปริมาณโปรตีนรวม (CP) เยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 23.85 46.10 และ 37.84 % ตามลำดับ เนื่องจากถั่วแลบแลบมีส่วนของใบสูงกว่าลำต้นซึ่งเห็นได้จากการที่มีปริมาณโปรตีนสูงสุด และในส่วนคุณภาพของถั่วเซอราโตรที่ปลูกครั้งนี้ใกล้เคียงกับรายงานของ Lima *et al.* (1972) ที่ถั่วเซอราโตรแห้ง (Hay) มีปริมาณโปรตีนรวม ระหว่าง 13.8-20.0 % และมีปริมาณเยื่อใยหยาบ ระหว่าง 33.1-40.7 % โดยจากการทดลองในครั้งนี้ถั่วอาหารสัตว์ที่อายุ 75 วัน หลังปลูก มีปริมาณ NDF และ ADF ใกล้เคียงกับรายงานของ สุรเดช และคณะ (2557) คือ ถั่วฮามาต้ามีปริมาณ CP NDF และ ADF เท่ากับ 15.21 51.58 และ 33.78% ตามลำดับ และถั่วคาวาลเคดแห้งอายุ 45 วัน มีปริมาณโปรตีน 18% และเยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 52 และ 37% ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2545) ทั้งนี้คุณภาพอาหารสัตว์ยังขึ้นอยู่กับอายุการตัดเป็นสำคัญ โดยถั่วคาวาลเคดแห้งตัดที่อายุ 75 วัน หลังตัดครั้งแรก มีปริมาณ CP ไขมัน NDF และ ADF เท่ากับ 11.5 2.4 54.7 และ 33.2% ตามลำดับ (วันวิสา, 2552)

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนเหนือดินของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน ตารางที่ 25 ข้าวโพดที่นำมาวิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่างในระยะออกดอก คืออายุ 60 วัน หลังปลูก เห็นว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจน และธาตุฟอสฟอรัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยข้าวโพดร่วมกับถั่วคาวาลเคด (Ca+M+M) มีปริมาณธาตุไนโตรเจนสะสมสูงสุดแต่ไม่แตกต่างทางสถิติจากปลูกร่วมกับถั่วฮามาต้า (H+M+M) คือ 1.47 และ 1.39% ตามลำดับ ในขณะที่แปลงพืชธรรมชาติมีปริมาณต่ำสุดเพียง 1.14% โดยปริมาณการดูดธาตุอาหารไนโตรเจนของข้าวโพดขึ้นอยู่

กับปริมาณการสะสมไนโตรเจนของถั่วอาหารสัตว์ที่ตัดคลุมแปลงก่อนปลูกข้าวโพด (ตารางที่ 11) และการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนลงในดินเป็นสำคัญ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถั่วอาหารสัตว์สามารถเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้พืชหลักได้ (People, 1995) โดยอาศัยกระบวนการตรึงไนโตรเจนของถั่วอาหารสัตว์จากอากาศมาใช้โดยแบคทีเรีย *Rhizobium* spp. ที่อาศัยอยู่ในปมราก ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของธาตุไนโตรเจน โดย Grifill *et al.* (2000) กล่าวว่า ในระบบการผลิตพืชที่มีการใช้พืชตระกูลถั่วซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนได้เป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับพืชที่ปลูกตามเป็นการช่วยเกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน หรืออาจไม่ต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเลย ในส่วนของปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนเหนือดินข้าวโพด นั้น การปลูกร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีปริมาณสูงสุด คือ 0.49 % ไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับทดลองอื่น ๆ ยกเว้นการปลูกร่วมกับถั่วเซนโตร (Ce+M+M) และถั่วฮามาต้า (H+M+M) ซึ่งมีปริมาณต่ำสุด 0.36 และ 0.30 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วฮามาต้าใช้ธาตุฟอสฟอรัสเพื่อการเจริญเติบโตในปริมาณสูงเนื่องจากมีจำนวนประชากรต่อพื้นที่สูงสุดตลอดการทดลอง และมีผลผลิตชีวมวลสูงสุด โดยสังเกตจากดินก่อนการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เหลืออยู่ในดินต่ำสุดเพียง 9.79 มก./กก. (ตารางที่ 29) ทำให้ข้าวโพดดูดใช้ได้น้อยกว่าการปลูกร่วมกับพืชชนิดอื่น ๆ ถึงแม้จะใส่ปุ๋ยซุปเปอร์ฟอสเฟต (P_2O_5) อัตรา 30 กก./ไร่ แต่ไม่เพียงพอ และสำหรับปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินของข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ นั้นมีปริมาณใกล้เคียงกันคือระหว่าง 3.45-3.87 มก./กก. ทั้งนี้เนื่องจากดินก่อนการทดลองปลูกข้าวโพดทับแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงแปลงควบคุมมีปริมาณ Exch. K ได้อยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 29)

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน (ตารางที่ 50) เห็นได้ว่าระบบการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง (M-M-M) มีปริมาณไนโตรเจนสะสมสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ทุกชนิด เนื่องจากได้รับไนโตรเจนจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร รองลงมาได้แก่การปลูกตามถั่วฮาม้าต้า (H-H-M) และถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) เพราะระบบดังกล่าวสามารถให้ผลผลิตชีวมวลรวมจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตน้ำหนักแห้งรวม 2 ปี สูงถึง 2,000 และ 1,536 กก./ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 46) ซึ่งมีเศษซากพืชร่วงหล่นลงแปลงภายหลังการตัดเก็บเกี่ยวผลผลิตเป็นจำนวนมาก รวมถึงรากและปมเมื่อเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินได้ (บุญฤา, 2545) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกตาม (People, 1995) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกตามหลังถั่วคาวาลเคดมีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสะสมสูงสุด

คือ 0.31 และ 3.66 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์อื่น ๆ และการปลูกข้าวโพดต่อเนื่องซึ่งเป็นแปลงควบคุม ถึงแม้ว่าถั่วคาวาลเคดสามารถดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสสูงสุดซึ่งเห็นได้จากการวิเคราะห์ดินหลังปลูกถั่วอาหารสัตว์ 2 ปี (พฤศจิกายน 2549) พบว่ามีปริมาณต่ำสุดเพียง 9.55 มก./กก. (ตารางที่ 55) แต่เมื่อมีปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกายภาพและชีวภาพ ตลอดจนระยะเวลาที่เหมาะสมโดยภายหลังการไถกลบก่อนปลูกข้าวโพดในปีที่ 3 ซึ่งมีเศษซากต่าง ๆ ของถั่วที่สะสมมาจากการปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2548 เกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ทำให้ข้าวโพดที่ปลูกตามสามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถั่วคาวาลเคดเป็นพืชที่มีใบหลุดร่วงยาก ย่อยสลายและปลดปล่อยอินทรียสารค่อนข้างช้ากว่าถั่วอื่น ๆ (กรมปศุสัตว์, 2547) การย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในปีที่ 1 และ 2 และภายหลังการไถกลบก่อนปลูกข้าวโพดในปีที่ 3 ถั่วคาวาลเคดที่สะสมในดินเกิดการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารให้พืชที่ปลูกตามได้อย่างเต็มที่

4. อัตราการย่อยสลายอินทรียสารในพืช

ในส่วนของอัตราการย่อยสลายอินทรียสารในพืชอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงพืชธรรมชาติ ที่คลุมบนแปลงทดลอง จากการศึกษาทั้ง 2 ปี ตารางที่ 26 เห็นว่าถั่วฮามาต้า ท่าพระสไตโล และเซอราโตร มีอัตราการย่อยสลายเฉลี่ยสูงสุดคือ 77.7 73.8 และ 72.9% ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วทั้ง 3 ชนิด มีค่า C:N ratio ต่ำสุด เพียง 12.9 13.0 และ 13.8 ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยแรกที่ควบคุมอัตราการย่อยสลายของเศษพืชคือคุณภาพของเศษพืช ซึ่งคือ C:N ratio โดยพืชที่มีค่าต่ำจะมีอัตราการย่อยสลายเร็ว และมีมวลที่สูญหายไปมากที่สุด นอกจากปัจจัยด้านคุณภาพของพืชแล้วสมบัติทางกายภาพ และเคมีบางประการของดินมีผลต่ออัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุเช่นกัน (ยงยุทธ และคณะ, 2547) ปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน โดยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลลินทรีย์ ได้แก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกลาง ค่าความชื้นดินเท่ากับ 60 % ของความจุความชื้นดิน และอุณหภูมิที่เหมาะสม 25-35 ˚C (Brady and Well, 2002) จึงทำให้พืชปุ๋ยสดถูกย่อยสลายได้ดี และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ออกมาให้พืชหลักได้ เป็นการทดแทนปุ๋ยเคมีได้ส่วนหนึ่ง (กมลาภา, 2549)

การศึกษาอัตราการย่อยสลายของถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ที่ฝังกลบจากระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ตารางที่ 49 เห็นว่ามีค่า C:N ratio อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายทั้งสิ้น คือระหว่าง 11.6 -16.8 โดยถั่วที่มี C: N ratio สูงอัตราการย่อยสลายเกิดช้ากว่า เช่น ถั่วเซนโตร คาวาลเคด และ เซอราโตร ส่วนถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโล ซึ่งมีปริมาณ C: N ratio ใกล้เคียงกันแม้จะมีอัตราการย่อยสลายที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม และถั่วแลบแลบซึ่งเป็นถั่วที่มีอัตรา C:N ต่ำสุด คือ 11.6 จึงมีอัตราการย่อยสลายสูงสุดคือ 75.4% โดยในระหว่างการทดลองมีปริมาณน้ำฝนสูง และมีสภาพอุณหภูมิเหมาะสม (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 1) ส่งเสริมให้เกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และ Ibewiro *et al.* (2000) รายงานว่าจากการศึกษาการย่อยสลายและการใช้ถั่วแลบแลบเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับดินปลูกข้าวโพด 2 ฤดู พบว่า ถั่วแลบแลบสลายตัวได้อย่างรวดเร็วมากกว่า 60% โดยน้ำหนักแห้ง ภายในเวลา 28 วัน

5. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน

5.1 สมบัติทางเคมี

5.1.1 ปฏิกิริยาดิน (pH) การไถพรวนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยเพื่อปลูกถั่วอาหารสัตว์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในระหว่างเดือน พฤษภาคม 2548-2549 โดยภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด และแปลงพืชธรรมชาติ ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากก่อนการทดลอง 5.4 เป็น ระหว่าง 5.5-6.3 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง และจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทับบนแปลงที่มีพืชธรรมชาติ และถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด จากฤดูปลูกที่ 1 โดยไม่มีการไถพรวน เมื่อสิ้นสุดการทดลองในเดือน พฤศจิกายน 2550 ดินมีค่า pH เพิ่มมากขึ้นคือระหว่าง 5.7-6.4 (ตารางที่ 28) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน แสดงในตารางผนวกที่ 3 (1) พบว่า ดินหลังการทดลองมีปฏิกิริยดินเป็นกรดปานกลาง เนื่องจากการมีพืชคลุมดินโดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วซึ่งมีระบบรากแก้วที่หยั่งลึกและแตกแขนงภายในดินทำให้การแทรกซึมน้ำของดินสูงขึ้นจนเกิดการชะละลายกรดอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดให้ลงไปสะสมในดินล่างแทนดินบนที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ และการที่มีพืชคลุมดินไว้ยังทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจทำให้ด่างที่แลกเปลี่ยนได้สามารถละลายออกมามากขึ้น (ภาคภูมิ, 2546ก) โดยผลเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับ รายงานของ นิลุบล (2551ก) ที่ศึกษาผลของการปลูกถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนร่วมกับสบู่ดำ ที่ปลูกบนชุดดินปากช่อง โดยที่ดินก่อนการทดลองมีค่า pH ระหว่าง 6.2-

6.3 และภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วฮามาต้า ท่าพระสไตโล คาวาลเคด และถั่วแลบแลบ ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือ ระหว่าง 6.2-6.5

จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เปรียบเทียบกับการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) ซึ่งเป็นแปลงควบคุม (ตารางที่ 51 และ 52) เห็นได้อย่างชัดเจนว่าจากการวิเคราะห์ดินภายหลังการทดลองในแต่ละปี ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในเดือนพฤศจิกายน 2550 ซึ่งเป็นระยะสิ้นสุดการทดลอง ดินที่วิเคราะห์มีค่า pH ระหว่าง 5.82-6.41 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากแปลงที่มีการปลูกถั่วอาหารสัตว์ปกคลุมดินตลอด 2 ปี ระบบรากแก้วที่หยั่งลึกลงดินเมื่อเศษซากพืชตายย่อยสลายเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินทำให้ดินร่วนซุยเพิ่มช่องว่างในดินเป็นการเพิ่มการแทรกซึมน้ำของดินให้สูงขึ้นจนเกิดการชะละลายกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดให้ลงไปสะสมในดินล่างมากขึ้น และการที่ดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากการปกคลุมดินด้วยถั่วอาหารสัตว์ตามเหตุผลที่อ้างโดย ภาคภูมิ (2546ก) รายละเอียดตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และสำหรับแปลงควบคุมที่ดินมีค่า pH สูงสุดถึง 6.4 อาจเนื่องมาจากการไถพรวนดินทุกปีเป็นการเพิ่มช่องว่างในดินบน และเศษรากข้าวข้าวโพดที่ย่อยสลายในดินจะเป็นการเพิ่มช่องว่างในดินได้อีกทางหนึ่ง และเกิดจากสารอินทรีย์บางชนิดที่เกิดจากการสลายตัวของเศษซากต่าง ๆ รวมถึงรากข้าวโพด มีสมบัติเป็นตัวรีดิวส์ ไปรีดิวส์เฟอริกออกไซด์ และแมงกานีสออกไซด์ และน้ำต้องดึงโปรตอนจากดินมาใช้ และการแปรสภาพแอนไอออนอินทรีย์ เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำต้องดึงโปรตอนเช่นกัน ซึ่งกระบวนการทั้งสองมีผลทำให้โปรตอนในดินลดลง pH ของดินจึงเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

5.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเค็มของดิน พบว่า ภายหลังการทดลองปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้งในระบบการปลูกร่วมโดยไม่ไถพรวนดิน และปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีค่าลดลง ซึ่งเกิดจากพืชได้ดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้ธาตุอาหารที่มีอิทธิพลต่อการนำไฟฟ้ามีปริมาณลดลง และจากการวิเคราะห์ดินภายหลังการปลูกพืช 2 ปี จากระบบการปลูกหมุนเวียน พบความแตกต่างระหว่างตำรับทดลอง อาจเนื่องมาจากความ สามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ ของพืชแตกต่างกัน และภายหลังการไถกลบและปลูกข้าวโพด ตามในปีที่ 3 เห็นได้อย่างชัดเจนว่าดินที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) และมีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างสม่ำเสมอตามอัตราแนะนำมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าแปลงที่ปลูกตามถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากระบบดังกล่าวไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และมีการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่

ต่ำกว่า ดังนั้นจึงมีธาตุอาหารต่างๆ ที่ตกค้างในดินน้อยกว่าแปลงควบคุม แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ถือว่าไม่เค็ม คือมีค่าน้อยกว่า 2 เดซิซีเมน/ม. (ตารางผนวกที่ 3 (2))

5.1.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ก่อนการทดลองดินค่อนข้างมีความอุดมสมบูรณ์ โดยเห็นได้จากมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง คือ 2.66 % (ตารางที่ 28) ซึ่งเป็นผลมาจากการปรับปรุงดินด้วยถั่วปุ๋ยพืชสด และมีการปลูกพืชอาหารสัตว์อย่างปราณีต ในระหว่าง พ.ศ. 2538-2540 หลังจากนั้นปล่อยให้วัชพืชธรรมชาติขึ้นปกคลุมดิน การไถพรวนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยเพื่อปลูกถั่วอาหารสัตว์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในระหว่างเดือน พฤษภาคม 2548- 2549 ภายหลังการทดลองปลูกถั่วอาหารสัตว์ประมาณ 1 ปี มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยลดลง คือ 1.89% โดยการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ดินมีปริมาณสูงกว่าแปลงพืชธรรมชาติ ซึ่งมีทั้งพืชตระกูลหญ้าและอื่นๆ (ภาคผนวกที่ 2) การที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงเนื่องจากพื้นที่ทดลองถูกปล่อยทิ้งไม่ถูกรบกวนเป็นเวลานานมีอินทรียวัตถุสะสมอยู่มากซึ่งชั้นผิวดินภายใต้สภาพการไม่ไถพรวน หรือลดการไถพรวนเป็นเวลานานมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าสภาพที่มีการไถพรวนอย่างต่อเนื่อง เมื่อไถพรวนเตรียมพื้นที่ปลูกก่อนการทดลองทำให้อินทรีย์คาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินถูกออกซิไดส์ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง (Franzluebbers *et al.*, 1995) หรือเกิด Biological oxidation ของฮิวมัสทำให้อินทรียวัตถุลดลง (Alexander, 1997) และการไถพรวนทำให้การเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอากาศและแร่ธาตุในดิน ดังนั้นการไถมีผลทำให้เศษซากย่อยสลายได้เร็วและเกิดการปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็ว (Nira and Nishimune, 1993) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับ กิ่งกานท์ (2552) ศึกษาผลของการจัดการหญ้าแฝก พืชปุ๋ยสด ปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพด และสมบัติของดินคล้ายชุดดินมาบบอน พบว่า หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในปีที่ 1 ในตำรับที่มีการใช้ถั่วพุ่ม และถั่วแลบแลบเป็นปุ๋ยพืชสด โดยมีการปลูกและไม่ปลูกหญ้าแฝกร่วมด้วย ส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยลดลงจากก่อนการทดลอง คือ 1.19 % เหลือเพียง 0.92 และ 0.82 % สำหรับการปลูก และไม่ปลูกหญ้าแฝกร่วม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามผลในระยะยาวการปลูกพืชตระกูลถั่วสามารถสะสมไนโตรเจนจากการตรึงในอากาศได้มากขึ้น และเมื่อเศษซากพืชร่วงหล่นเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินให้สูงขึ้น ซึ่งจะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินให้สูงขึ้นด้วย (Mandal *et al.*, 2003) โดยเห็นได้จากการเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (พฤศจิกายน 2550) คือมีปริมาณ OM ระหว่าง 1.92-2.24% และพบความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณชีวมวลของพืชที่ร่วงหล่นลงดิน และอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นสำคัญ โดยเห็นได้

จากระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ภายหลังการปลูกถั่วแลบแลบติดต่อกัน 2 ปี ดินมีอินทรียวัตถุสูง คือ 1.92% ส่วนแปลงปลูกถั่วเซนโตรซึ่งให้ผลิตน้ำหนักแห้งรวม 2 ปี ต่ำสุดเพียง 502 กก./ไร่ และมีอัตราการย่อยสลายต่ำสุด คือ 62.0% ดินจึงมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุดเพียง 1.33% และหลังจากปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 ตำรับทดลองที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์ 2 ปี แล้วปลูกข้าวโพดตามโดยเฉลี่ยแล้วมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน ทั้งนี้เนื่องจากการจัดระบบปลูกพืชที่มีการนำระบบทุ่งหญ้าเข้ามาสลับกับการปลูกพืชไร่ช่วยเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ การศึกษาของ ปัทมา (2534) พบว่า การใช้ที่ดินในแปลงที่เดิมเคยปลูกมันสำปะหลังแต่เปลี่ยนมาปลูกพืชอาหารสัตว์คือหญ้ากินนีติดต่อกัน 3 ปี ในดินชุดน้ำพองซึ่งมีเนื้อร่วนทราย ทำให้มีคาร์บอนอินทรีย์ 3.19 ก./กก. (OM = 5.5 ก./กก.) ในขณะที่แปลงปลูกมันสำปะหลังอย่างต่อเนื่องมีคาร์บอนอินทรีย์เพียง 2.03 ก./กก. (OM= 3.5 ก./กก.) และมีรายงานว่าในประเทศอาร์เจนตินาการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียนในระบบการปลูกพืชอาจช่วยให้ดินที่เสื่อมโทรมจากระบบการปลูกพืชแบบไถพรวนปกติฟื้นคืนสภาพได้ โดยจากการศึกษาระบบหมุนเวียนพืชและทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (crop-pasture) 50:50 และ 75:25 โดยการปลูกทุ่งหญ้า 3-4 ปี ทำให้ปริมาณอินทรียคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น 36.7 และ 37.7 ก./กก. ตามลำดับ ส่วนในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนแบบปกติ (ไถพรวน) ติดต่อกัน 6-7 ปี ปริมาณอินทรียคาร์บอนรวมในดินลดลงไม่น้อยกว่า 50 % (Guillermo *et al.*, 1997) จากที่กล่าวมาเห็นได้ว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์นอกจากจะทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังช่วยรักษาระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่ให้ลดลงอย่างรวดเร็วได้ซึ่งเห็นได้จากการทดลองอย่างต่อเนื่อง 3 ปี

5.1.4 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total N) ก่อนการทดลองที่วิเคราะห์ได้อยู่ในระดับต่ำ และภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์เป็นเวลาประมาณ 1 ปี ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใกล้ลดลงเล็กน้อย คือ 0.092 และ 0.080 % โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ตารางผนวกที่ 3 (4)) อยู่ในระดับต่ำมาก ทั้งนี้ธาตุไนโตรเจนจัดว่าเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช หากในดินมีอยู่ในปริมาณต่ำทำให้ระดับความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติของดินอยู่ในระดับต่ำด้วย ซึ่งโดยทั่วไปแล้วดินในอันดับอุลติโซลส์ (Ultisols) (ชุดดินโพนพิสัย) เป็นดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ (เอิบ, 2533) สอดคล้องกันการรายงานของ ภาคภูมิ (2546ก) ที่ศึกษาอิทธิพลของหญ้าแฝก และพืชคลุมดิน (ถั่วคุดซู และฮามาต้า) ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของชุดดินโพนพิสัย พบว่า ภายหลังการทดลองจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเฉลี่ยลดลงจากก่อนการทดลอง คือจาก 0.105 เป็น 0.091 % ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลายาวนานขึ้นดินที่มีถั่วอาหารสัตว์ปกคลุมและปลูกปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมโดยไม่ไถพรวนดินมี

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าแปลงควบคุม (N+M+M) และยังมีปริมาณใกล้เคียงกับก่อนการปลูกข้าวโพดร่วม นอกจากนี้ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน หลังจากปลูกถั่วอาหาสัตว์ 2 ปี เห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตำรับทดลอง โดยดินที่ปลูกถั่วแลบแลบ (L-L-M) มีปริมาณสูงสุดคือ 0.096 % เนื่องจากถั่วแลบแลบมีปริมาณไนโตรเจนในเซลล์พืชสูงสุดถึง 3.19 % และนอกจากนี้ยังมีอัตราการย่อยสลายสูงสุด จึงสามารถปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาสู่ดินได้สูงกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ โดยผลจะสอดคล้องกับการศึกษาของ กิ่งกานท์ (2552) ที่รายงานว่า การปลูกถั่วแลบแลบ เป็นปุ๋ยพืชสดจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินมากกว่าการปลูกถั่วพุ่ม และถั่วพร้า โดยถั่วแลบแลบที่ระยะออกดอกเมื่อย่อยสลายแล้วจะปลดปล่อยไนโตรเจน 3.98-4.99 กก./ไร่ (Melo and Cardoso, 1976) สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ 29-38 กก./ไร่ (Summerfield, 1980) และแปลงที่มีถั่วฮามาต้าขึ้นเจริญเติบโต 2 ปี (H-H-M) ยังมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินใกล้เคียงกับแปลงถั่วแลบแลบ คือ 0.96 และ 0.86 % ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วฮามาต้าสามารถปรับตัวได้ดีที่สุดภายใต้สภาวะจำกัดต่าง ๆ ซึ่งเห็นได้จากการมีผลผลิตชีวมวลรวม 2 ปี สูงสุดถึง 2,000 กก./ไร่ จึงสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากกว่าการใช้ไนโตรเจน และเหลือพอที่จะปลดปล่อยออกมาสู่ดิน (ภาคภูมิ, 2546ก) และสำหรับแปลงถั่วเซนโตร (Ce-Ce-M) และถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำสุดคือ 0.066 และ 0.076 % ตามลำดับ เพราะถั่วทั้ง 2 ชนิดนี้มีอัตราการย่อยสลายต่ำกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ จึงยังไม่ได้ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาสู่ดิน และสำหรับถั่วเซนโตรนั้นมีปริมาณผลผลิตชีวมวลต่ำสุด แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลานานขึ้นและมีปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งได้แก่ปริมาณความชื้น และอุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรย์ในดินเกิดมากขึ้น โดยจะปลดปล่อยสารที่เกิดจากกระบวนการทางเคมีต่างๆ ภายในเซลล์ลงสู่ดิน และเมื่อเซลล์ตายจะปลดปล่อยสารประกอบไนโตรเจนทั้งที่อยู่ในรูปอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ลงสู่ดิน หรือสะสมในพืช (เลอลักษณ์, 2534) โดยเห็นได้จากภายหลังการปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นในทุกตำรับทดลอง ซึ่งได้รับการยืนยันจากรายงานของ Whitbread and Clem (2004) ที่พบว่า การปลูกข้าวฟ่างตามหลังถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนที่ปลูก 2 ปี คือ ถั่ว *Macrotyloma daltonii* และ *Vigna trilobata* (เมล็ดร่วงและงอกเป็นต้นใหม่) และถั่วแลบแลบ (*Lablab purpureus*) การวิเคราะห์ดินที่ความลึก 0-90 ซม. มีปริมาณ NO_3^-- N อยู่ระหว่าง 5.8-16.3 กก./ไร่ ในขณะที่การปลูกตามทุ่งหญ้าอาหารสัตว์ทั่วไปมีค่าระหว่าง 0.8-1.8 กก./ไร่ ตามลำดับ

5.1.5 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) คือปริมาณแคตไอออนทั้งหมดที่ดินหรือคอลลอยด์สามารถดูดยึดไว้ได้ ซึ่งเป็นสมบัติในการดูดซับและปลด ปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช โดยภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ และปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวน เป็นเวลาประมาณ 3 ปี ดินมีค่า CEC เพิ่มขึ้นเฉลี่ย จาก 5.57 เป็น 17.88 เซนติโมล/กก. (ตารางที่ 29) และจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย จาก 5.31 เป็น 14.21 เซนติโมล/กก. (ตารางที่ 54) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์มีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ ทั้งนี้เนื่องจากพืชตระกูลถั่วช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนให้แก่ดินในรูปของ NH_4^+ และเกิดการแลกเปลี่ยนประจุลบกับดิน นอกจากนี้ปริมาณดินเหนียวที่มีอยู่ในดินยังมีผลต่อค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน โดยดินที่เปอร์เซ็นต์ดินเหนียว (clay) สูงย่อมมีค่า CEC สูงกว่าดินที่มีปริมาณน้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อดินภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียน 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 โดยหลังการทดลองเนื้อดินมีสัดส่วนของดินเหนียวเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 59) สอดคล้องกับ จุติมา (2548) รายงานว่าในชุดดินโคราชการปลูกถั่วฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโล ติดต่อกัน 2 ปี ก่อนปลูกมันสำปะหลังตามในปีที่ 3 ดินมีค่า CEC เพิ่มขึ้นจาก 4.12 เป็น 8.15 และ 7.37 มิลลิอิควิวาเลนท์/ดินเหนียว 100 ก. ตามลำดับ นอกจากนี้ Drechsel *et al.* (1991) กล่าวว่า การปลูกพืชอาหารสัตว์ทำให้ดินมีประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าแปลงควบคุม โดยสารฮิวมิกในอินทรียวัตถุในดินมีส่วนทำให้ดินมีค่า CEC เพิ่มมากขึ้น ทำให้เพิ่มศักยภาพในการดูดยึดประจุบวก (Hesse, 1984)

5.1.6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) การปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้งในระบบปลูกพืชร่วมโดยไม่ไถพรวน และในระบบปลูกพืชหมุนเวียน ทำให้ดินมีปริมาณ avail. P ลดลง (29 และ 55) เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงได้ดีในดินลูกรัง (บุญมา, 2536) และสภาพดินก่อนการทดลองและหลังการทดลองมีสภาพเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง ซึ่งความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน โดยถ้าดินเป็นกรดฟอสเฟตจะถูกตรึงด้วยเหล็ก อลูมินั่ม และแมงกานีส (Tisdale *et al.*, 1985) จึงมีอยู่ในสารละลายดินต่ำ แต่ถึงอย่างไรก็ตามแปลงที่ปลูกถั่วฮามาต้า และท่าพระสไตโลดินมีปริมาณ Avail. P สูงกว่าถั่วอาหารสัตว์อีก 4 ชนิดที่เหลือรวมทั้งแปลงที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน (M+M+M) เพราะถั่วอาหารสัตว์สกุลสไตโล (*Stylosanthes*) มีความต้องการฟอสฟอรัสต่ำกว่าถั่วเขตร้อนชนิดอื่น ๆ (สายัณห์, 2547ก) และมีความสามารถในการสกัดฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดินได้ดี (เฉลิมชัย, 2546ก) โดยปริมาณ Avail. P ในดินที่ปลูกถั่วฮามาต้า 1 และ 2 ปี มีค่า 23.33 และ 22.07 มก./กก. ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ เฉลิมชัย (2546ก) และ ภาคภูมิ (2546ก) ที่ศึกษาวิธีการจัดการดิน (ชุดดินโพนพิสัย) ในพื้นที่ มก.ฉกส.

ระหว่างเดือนมีนาคม 2544-มกราคม 2545 นอกจากนี้ จุติมา (2548) รายงานว่า การปลูกถั่วฮาม้าต้าบนชุดดินโคราช 2 ปี โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แล้วไถกลบ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นจาก 3.5 เป็น 7.5 มก./กก. ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกมันสำปะหลังใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ ติดต่อกัน 3 ปี ดินมีปริมาณฟอฟอรัสเพียง 5.2 มก./กก. ซึ่งจากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนจากการวิเคราะห์ดินภายหลังการปลูกข้าวโพดในปีที่ 3 เห็นได้ว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 6 ชนิด 2 ปี แล้วไถกลบเพื่อปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 (ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน) มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าแปลงที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี ซึ่งเป็นแปลงควบคุม (M-M-M)

5.1.7 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) โดยทั่วไปดินร่วนปนเหนียวจะมีปริมาณ Exch. K ที่สูง ซึ่งดินที่ใช้ทดลองเป็นชุดดินโพนพิสัย ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนลูกรัง (อนิรุทธิ์ และ อนุกูล, 2544) จึงทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินมีปริมาณปานกลาง โดยมีค่าเท่ากับ 87.3 มก./กก. และภายหลังการทดลองปลูกถั่วอาหารสัตว์ 1 ปี โดยมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O) อัตรา 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง/ปี พบว่าดินมีปริมาณ exch. K เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 119.95 มก/กก. โดยที่การปลูกข้าวโพดร่วมกับถั่วเซอราโตร (S+M+M) มีปริมาณสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) คือ 120.4 มก./กก. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานอยู่ในระดับสูง (ตารางผนวกที่ 3 (7)) ซึ่งอาจเป็นเพราะถั่วเซอราโตรใช้ธาตุโพแทสเซียมน้อยกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ จึงเหลือในดินมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามเมื่อปลูกพืชนานขึ้น ภายหลังการทดลอง (พฤศจิกายน 2550) ดินมีปริมาณ exch. K อยู่ในปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิตโดยถือว่ามีอยู่ปริมาณที่สูงมาก คือระหว่าง 135.16-158.49 มก./กก. (ตารางที่ 29) ทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไปดินที่ทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สูงประกอบกับมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ให้แก่พืชที่ทดลองตามที่กล่าวข้างต้น และจากการทดลองระบบปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตารางที่ 56 ภายหลังจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์ 2 ปี ทั้ง 5 ตำรับทดลอง ดินมีปริมาณ Exch. K สูงกว่าการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 2 ปี (แปลงควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งเป็นพืชตระกูลหญ้ามีความสามารถในการดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมได้ดีกว่าพืชตระกูลถั่ว (กอบแก้ว, 2535) โดยข้าวโพดจะใช้ธาตุโพแทสเซียมเพื่อการออกดอกและผลิตเมล็ด (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ทำให้หลงเหลือในดินน้อยกว่า อย่างไรก็ตาม ภายหลังการไถกลบถั่วอาหารสัตว์และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 แปลงที่มีถั่วเซอราโตร และถั่วคาวาลเคดเจริญเติบโต 2 ปี (S-S-M) และ (Ca-Ca-M) ดินมีปริมาณ Exch. K สูงสุดและใกล้เคียงกับแปลงที่ปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 3 ปี ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วทั้งสองชนิดที่เจริญเติบโตตั้งแต่ปีเดือน พฤษภาคม 2548 - พฤษภาคม 2550 มีเศษซากพืชรวมทั้งรากที่อยู่ในดินเกิดการย่อยสลาย ทำให้ดินมีคุณสมบัติทางเคมี และกาย

ภาพดีขึ้น ธาตุอาหารต่าง ๆ จึงอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น รวมทั้งธาตุโพแทสเซียม โดยรายงานเฉลิมชัย (2546ก) พบว่า การปลูกถั่วคาวาลเคดใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 และ 500 กก./ไร่ บนชุดดินโพนพิสัย ภายหลังการทดลองเวลาประมาณ 1 ปี ทำให้ดินมีปริมาณ Exch. K เท่ากับ 85.7 มก./กก. และสำหรับระบบการปลูกตามถั่วอาหารสัตว์อีก 4 ชนิดที่เหลือได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล แลบแลบ เซนโตร และฮามาต้า ปริมาณ Exch. K ใกล้เคียงกัน คือระหว่าง 70.21-96.34 มก./กก. แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 3 ตำรับทดลองที่กล่าวมา ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการปลดปล่อยให้กับดิน และดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมของพืชแตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามยังถือว่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และมีค่าเฉลี่ยสูงกกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของภาคภูมิ (2546 ก) ที่พบว่า ภายหลังการการปลูกถั่วฮามาต้า เป็นพืชคลุมดินบนชุดดินโพนพิสัยเป็นเวลาประมาณ 1 ปี ปริมาณ Exch. K ในดินเพิ่มขึ้น จาก 0.17 เป็น 0.27 เซนติโมล/กก.

5.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

5.2.1 ความหนาแน่นรวม และอัตราการแทรกซึมน้ำของดิน (ตารางที่ 30 และ 57)

ภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ ประมาณ 1 ปี ค่าความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 1.29 เป็น 1.33 ก./ลบ.ซม. เนื่องจากก่อนปลูกพืชมีการไถเตรียมดิน 2 ครั้งด้วยรถแทรกเตอร์ส่งผลให้ดินอัดแน่นขึ้น ประกอบกับลักษณะของเนื้อดินที่เป็นดินร่วนเหนียวปนลูกรังจึงเกิดการอัดตัวง่ายขึ้น แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้นดินที่ปกคลุมด้วยถั่วอาหารสัตว์ เมื่อฝนตกลงมาใบถั่วช่วยลดแรงปะทะเม็ดฝนไม่ให้กระทบพื้นดินโดยตรงอันก่อให้เกิดการอัดแน่นของเนื้อดินทำให้ช่องว่างในดินถูกปิดแน่นน้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ (ชุมพล และ ประพัฒน์, 2537) นอกจากนี้รากของถั่วอาหารสัตว์ซึ่งมีระบบรากแก้วที่หยั่งลึก รวมถึงการขยายเป็นร่างแหกระจายชอนไชไปตามรอยแยกเล็กระหว่างเม็ดดิน เมื่อรากเหล่านี้ตายจะเกิดช่องว่างในดิน ความหนาแน่นรวมของดินจึงลดลงทำให้เกิดการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้น (ไพโรจน์, 2514) โดยการศึกษาของ นิลุบล (2551ก) พบว่า การปลูกถั่วเวอราโนสไตโล (ฮามาต้า) รากพืชสามารถจับตัวเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดความร่วนซุยขึ้น ส่งผลให้การซาบซึมน้ำและการอุ้มน้ำในดินดีขึ้นด้วย ซึ่งอิทธิพลของถั่วเวอราโนต่อการเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ของดินนั้น ได้มีผู้รายงานไว้หลายท่าน เช่น ภาคภูมิ (2546ก) มัทยา (2551) และ Lesturgez *et al.* (2004)) การปลูกพืชแบบไม่ไถพรวนดินเป็นวิธีการช่วยอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดี การปลูกข้าวโพดโดยไม่ไถพรวนจะทำให้อัตราการแทรกซึมน้ำ

เพิ่มขึ้น 2-3 เท่า และถ้ามีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานจะสามารถเกิดความยั่งยืนของระบบนิเวศเกษตรได้ (Roldan *et al*., 2007)

จากการศึกษาระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตารางที่ 57 เห็นได้จากหลังปลูกถั่วอาหารสัตว์ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงจาก 1.37 เป็น 1.29 ก./ลบ.ซม. ซึ่งแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เพราะถั่วอาหารสัตว์มีระบบรากที่กระจายไปตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินทำให้ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่ (macro pores) และมีความต่อเนื่อง (Tyler and Thomas, 1977) ดินจึงโปร่งร่วนซุยส่งผลให้น้ำและอากาศไหลซึมลงสู่ดินได้ดีขึ้น ซึ่งภายหลังการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะถั่วแลบแลบ (L-L-M) ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงมากที่สุด และมีอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 1.23 ก./ลบ.ซม. และ 6.94 มม./นาที ตามลำดับ เพราะถั่วแลบแลบเป็นถั่วอายุปีเดียวที่มีใบ ลำต้น และรากขนาดใหญ่ มีอัตราการย่อยสลายเร็ว เมื่อเกิดการย่อยสลายจะเพิ่มช่องว่างในดินได้มากที่สุด สำหรับการปลูกข้าวโพดติดต่อกัน 2 ปี (M-M-M) ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง และอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้น เพราะการปลูกพืชโดยไถพรวนดินทำให้ปริมาณช่องว่างอากาศในดินที่ระดับความลึก 5-35 ซม. เพิ่มขึ้น ส่งผลให้น้ำไหลซึมลงสู่ดินชั้นล่างได้ดีขึ้น (ธรรมนูญ, 2543) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ในระยะสั้น 1-3 ปี เป็นกลยุทธในการฟื้นคืนสภาพทางกายภาพของหน้าดินได้ ซึ่งได้รับการยืนยันจาก German and Guillermo (2008) ที่ศึกษาผลของการปลูกพืชหมุนเวียนพืชอาหารสัตว์ต่อสมบัติทางกายภาพของดินชุด Mollisols ที่ปลูกพืชตั้งแต่ปี 1976 และนำตัวอย่างดินในปี 2000 2003 และ 2006 ศึกษาพบว่า ในสภาพการปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หมุนเวียนพืชหลัก (พืชหลัก :ทุ่งหญ้าอาหารสัตว์) (50:50) และ (75:25) ดินที่ระดับความลึก 0-5 ซม. มีความหนาแน่นรวม 1.06-1.33 เมกกะกรัม/ลบ.ม. ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. 1.14-1.33 เมกกะกรัม/ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าแปลงในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง (พืชหลัก 100 %) และการปลูกพืชอาหารสัตว์หมุนเวียน 3 ปี ทั้งในสภาพปลูกแบบไม่ไถพรวน หรือการไถพรวนปกติ ทำให้ค่าดัชนีความเสถียรของเม็ดดินเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับแปลงควบคุม (ปลูกทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ต่อเนื่อง)

5.2.2 ปริมาณความชื้นดิน ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปริมาณความชื้นดินเฉลี่ยภายหลังการทดลองประมาณ 1 ปี ลดลงจาก 19.3 เป็น 15.3% และในช่วงสุดท้ายของการทดลอง (พฤศจิกายน 2550) ปริมาณความชื้นดินเฉลี่ยลดลงเหลือเพียง 7.6% เนื่องจากช่วงที่เก็บข้อมูลดินหลังการทดลองมีปริมาณมีน้ำฝนน้อยกว่าก่อนการทดลอง (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 1) ประกอบกับเกิดการคายระเหยน้ำจากผิวดินและพืช โดยพืชที่สามารถเจริญเติบโต

ดี และสามารถคลุมดินได้ดีจะลดการระเหยน้ำของผิวดินได้ดี โดยเฉพาะถั่วคาวาลเคด และ เซอราโตรที่มีการเจริญเติบโตดีและลักษณะการเจริญคลุมดินได้ดีจึงทำให้ดินมีความชื้นสูงสุด โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากแปลงปลูกถั่วเซนโตรที่มีความชื้นต่ำสุดเพราะมีการเจริญเติบโต และการคลุมดินต่ำกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ และเมื่อมีการปลูกข้าวโพดทับลงบนแปลงที่ปลูกถั่วอาหารสัตว์โดยไม่ไถพรวน และการปลูกถั่วอาหารสัตว์ติดต่อกัน 2 ปี ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียน เห็นได้ว่าปริมาณความชื้นในดินมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคลุมดินของพืชโดยที่การปลูกข้าวโพดบนแปลงที่มีถั่วเซนโตรคลุมดินในปีที่ 2 (Ce+M+M) และปลูกถั่วเซนโตรติดต่อกัน 2 ปี (Ce-Ce-M) ดินมีความชื้นในดินต่ำสุด เนื่องจากถั่วเซนโตรมีความสารถในการคลุมดินน้อยกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ ที่เหลือตลอดการทดลอง นอกจากนี้การที่พืชมีผลผลิตชีวมวลสูง (ระบบ H+M+M และ H-H-M) จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชได้เช่นกัน

5.2.3 เนื้อดิน และสีดิน

เนื้อดินเป็นสมบัติทางกายภาพขั้นมูลฐานซึ่งมีผลควบคุมสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของดิน โดยเนื้อดินสื่อความหมายในด้านขนาดหรือความหยาบ-ละเอียด ของอนุภาคอนินทรีย์ (inorganic particles) ที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จากการจำแนกประเภทเนื้อดิน (textural classification) ก่อนและหลังการทดลองระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตารางที่ 56 และ 59 เห็นว่า ดินก่อนการทดลองประเภทดินร่วนปนทราย (sandy loam) ที่มีอนุภาคทราย (sand) 65% อนุภาคทรายแป้ง (silt) 25% และอนุภาคดินเหนียว (clay) 10% โดยภายหลังการทดลอง เห็นได้ว่าอนุภาคต่าง ๆ ขององค์ประกอบเนื้อดินมีเปลี่ยนแปลง โดยมีสัดส่วนของอนุภาคทราย (sand) ลดลงเป็น 56% อนุภาคทรายแป้ง (silt) ลดลงเล็กน้อยเหลือ 24% และอนุภาคดินเหนียว (clay) เพิ่มขึ้นเป็น 20% และเมื่อจำแนกประเภทเนื้อดินจะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) จัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินปานกลาง (medium-textured soils) ซึ่งมีสมบัติกึ่งกลางระหว่างดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียด โดยลักษณะดินประเภทนี้พืชสามารถใช้ประโยชน์จากส่วนของน้ำที่อุ้มไว้ และยังไม่มีความแข็งมากจึงทำการไถพรวนได้ง่าย ซึ่งดินเนื้อปานกลางมีลักษณะเด่นเหมาะสมต่อการใช้ในการเพาะปลูกมากกว่าดินเนื้อหยาบและเนื้อละเอียด โดยการเปลี่ยนแปลงของประเภทเนื้อดินนั้น อาจเกิดขึ้นจากการปลูกถั่วอาหารสัตว์เป็นระยะเวลาหนึ่งสามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินได้ตามเหตุผลที่กล่าวข้างต้น เศษซากใบ ลำต้นที่ร่วงหล่นลงดินรวมถึงปม และรากถั่วอาหารสัตว์ที่อยู่ในดินเกิดการย่อย

สลายหลังไถกลบจะส่งผลให้ดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นได้ โดยเห็นได้จากการลดลงของอนุภาคดินทราย และการเพิ่มขึ้นของอนุภาคดินเหนียว ดังที่กล่าวข้างต้น และเมื่อองค์ประกอบของดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยจึงส่งผลให้สีดินเปลี่ยนไปเล็กน้อยจาก Dark brown (7.5 YR 3/2) เป็น Dark brown (7.5 YR 3/4) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสีดิน (soil color) จะผันแปรไปตามสภาพและองค์ประกอบอื่นๆ ของดิน เช่น ปริมาณอินทรียวัตุ และออกไซด์ของเหล็ก กล่าวคือ หากดินมีฮิวมัส มากดินจะมีสีดำ หรือน้ำตาลเข้ม ถ้ามีออกไซด์ของเหล็กเคลือบอนุภาคมากดินจะมีสีแดงหรือเหลือง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

จากผลการทดลองเห็นได้ว่าเนื้อดิน และสีดินไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงจากก่อนการทดลอง ทั้งนี้เนื่องจากแปลงที่ทดลองเดิมเป็นพื้นที่มีการปรับปรุงดินด้วยพืชตระกูลถั่วบำรุงดินและมีการปลูกพืชอาหารสัตว์อย่างประณีต ระหว่างปี 2538-2546 โดยเห็นได้ว่าดินก่อนการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถอยู่ในระดับปานกลางคือ 1.83% และเมื่อทำการทดลองปลูกถั่วอาหารสัตว์ 2 ปี และปลูกข้าวโพดตามในปีที่ 3 ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุลดลงเล็กน้อยคือ 1.80 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์ในระยะเวลาหนึ่งจะช่วยรักษาระดับของปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่ให้ลดลงอย่างรวดเร็วได้ (สมศักดิ์ และคณะ, 2537) ดินยังคงสภาพความอุดมสมบูรณ์ไว้ได้ โดยเห็นจากดินภายหลังการทดลองเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และมีสีน้ำตาลเข้ม Dark brown (7.5 YR 3/4)

5.3 คุณสมบัติทางชีวภาพ

การปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินทำให้ดินมีปริมาณแบคทีเรียเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จาก 5.14×10^{4} เป็น 9.64×10^{4} และ 9.23×10^{4} โคโลนี/ดิน 1 ก. สำหรับในเดือนตุลาคม 2548 และ กรกฎาคม 2549 ตามลำดับ (ตารางที่ 31) โดยผลการทดลองนี้สอดคล้องกับการศึกษาของภาคภูมิ (2546ก) ที่พบว่า ภายใต้สภาพชุดดินโพนพิสัย หลังการจัดการดินด้วยพืชคลุมดินมีปริมาณแบคทีเรียในดินเพิ่มขึ้นจาก 0.67×10^{6} เป็น 1.78×10^{6} โคโลนี/ดิน 1 ก. ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า มีจำนวนกลุ่มซึ่งแบ่งตามลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จาก 5 เป็น 5.1 กลุ่ม เนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนชั้นดีให้กับจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มปริมาณโดยนำไปเป็นสารประกอบโครงสร้างของเซลล์ ประกอบกับมีอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน (ภาพที่ 11 และภาคผนวก 1) ตลอดจนสมบัติทางเคมี และกายภาพของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในดิน และส่งเสริมกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน

นอกจากนี้ปริมาณชีวมวลของพืชที่หลุดร่วงลงดินเกิดการย่อยสลายจะปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนสะสมในดินยังมีผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณแบคทีเรียในดิน และเนื่องจากรากพืชแต่ละชนิดจะปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่แตกต่างกันโดยสารเหล่านี้จะเหนี่ยวนำให้มีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่แตกต่างกัน (Lynch, 1990) โดยจากการศึกษาของ กมลาภา (2549) พบว่าการสับกลบถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และปอเทือง 15 วัน เพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดในชุดดินปากช่อง จะมีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนสุทธิที่สะสมในดินเฉลี่ยตลอดระยะเวลา 90 วัน คือ 236.82 305.63 และ 289.63 มก./กก. ดิน ตามลำดับ และสมญา (2545) กล่าวว่าการใช้ที่ดินการเกษตรปลูกพืชที่มีระบบรากแผ่กระจาย มีรากฝอยมาก และรากแก้วจะมีการขับสารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดิน น่าจะมีมวลชีวภาพจุลินทรีย์สูง เนื่องจากรากที่ตายจะเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ทำให้มีมวลชีวภาพจุลลินทรีย์สูงขึ้น โดยกิจกรรมการย่อยสลายและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดินจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ปริมาณสารอาหารหรือสารอินทรีย์ที่ได้รับ และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร เป็นต้น โดยมีปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น ฤดูกาล และการจัดการดิน เป็นตัวกำหนดสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่กล่าวมา (Soren *et al.*, 2002) ดังนั้นการใช้ที่ดินหรือการจัดการดินที่มีสภาพแวดล้อมเอื้อต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินย่อมทำให้ดินนั้นมีมวลชีวภาพจุลินทรีย์สูง (Biederbeck *et al.*, 2005; Bodovololona *et al.*, 2008)

จากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ซึ่งเป็นการลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้อีกทาง ดังนั้นการใช้ถั่วอาหารสัตว์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้เพื่อปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย โดยถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกสามารถปรับปรุงสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดินให้ดีขึ้นได้ เนื่องจากพืชอาหารสัตว์มีการเจริญเติบโตในส่วนลำต้นเหนือดินและระบบรากที่อยู่บริเวณผิวดินชั้นบนเอื้อประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ นอกจากนี้รากถั่วซึ่งมีอยู่ในบริเวณดินบนยังช่วยยึดเหนี่ยวดินให้เกาะกันอย่างเหนียวแน่นไม่หลุดลอยง่ายเป็นการช่วยลดการชะล้างพังทลายของดิน โดยในอบอุ่นการปลูกพืชอาหารสัตว์เพื่อบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นพืชวงศ์ถั่วมีความสำคัญกว่าพืชวงศ์หญ้า และในเขตร้อนการปลูกถั่วอาหารสัตว์เพื่อปรับปรุงบำรุงดินนับวันจะเพิ่มความสำคัญมากยิ่งขึ้น (Hare, 2000) โดยสามารถปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับพืชหลัก (พืชไร่เศรษฐกิจ) ได้ซึ่งถั่วอาหารสัตว์สามารถเจริญเติบโตในช่องว่างระหว่างแถวพืชหลัก ซึ่งระบบนี้ถึงแม้จะทำให้พืชหลักมีผลผลิตลดลงเล็กน้อย แต่ได้ผลผลิตจากถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมโดยเฉพาะในช่วงที่ไม่สามารถปลูกพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ได้ ซึ่งสามารถเพิ่มจำนวนสัตว์ให้มากขึ้น และเป็นการลดต้นทุนจากการใช้ปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจนได้ เพราะได้จาก

การตรึงไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วที่ปลูกร่วม และระบบการปลูกข้าวโพดทับลงบนแปลงที่มีถั่วอาหารสัตว์ปกคลุมโดยไม่ไถพรวนยังเป็นการลดต้นทุนจากการไถพรวน และนำไปสู่ความยั่งยืนในระยะยาวได้ นอกจากจะปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับพืชหลักในลักษณะของการปลูกทับลงแปลงโดยไม่ไถพรวนแล้วยังสามารถปลูกพืชอาหารสัตว์สลับกับพืชหลัก ซึ่งเป็นระบบการปลูกพืชหมุนเวียนแบบหนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้พืชอาหารสัตว์ และได้ปุ๋ยบำรุงดินควบคู่กัน โดยต้องใช้เวลาปลูกถั่วอาหารสัตว์ซ้ำ 2-3 ปี แล้วจึงปลูกพืชหลักตามโดยไม่ต้องไถกลบ ทั้งนี้ต้องแบ่งพื้นที่สำหรับปลูกถั่วอาหารสัตว์เพียงเสี้ยวหนึ่งของแปลงหมุนเวียนไป 2-3 ปี จนทั่วทั้งแปลง ถั่วอาหารสัตว์จะสะสมปุ๋ยในแปลงโดยธรรมชาติ ซึ่งระบบการปลูกพืชอาหารสัตว์สลับกับพืชหลักก็คือการใช้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินในรูปแบบหนึ่ง (ชาญชัย, 2546)

นอกจากนี้การปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้ง 2 ระบบ โดยเฉพาะระบบการปลูกโดยไม่ไถพรวนดิน ซึ่งมีประโยชน์ทางด้านการอนุรักษ์น้ำในดิน การปรับปรุงสุขภาพดิน และมีการกักเก็บคาร์บอนชั่วคราวของดินเพิ่มขึ้น (Phillips *et al*., 1980) ซึ่งเป็นวิธีการที่สร้างความสมดุลให้กับระบบนิเวศธรรมชาติรูปแบบหนึ่งที่ถือว่าเป็นรูปแบบของการทำการเกษตรที่เปลี่ยนจากเกษตรอุตสาหกรรมมาเป็นเกษตรเพียงพอโดยสามารถดึงคาร์บอนไดออกไซด์กลับคืนสู่ที่ที่มันควรจะอยู่นั่นคือพืช และสะสมในดิน เป็นการลดปัญหาโลกร้อนได้ วารสารทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติสรุปข้อดีของวิธีการดึงคาร์บอนกลับสู่ดิน ว่าทำให้เกิดการบริหารจัดการที่ดินที่คุ้มค่า เพิ่มคุณภาพของโครงสร้างดิน ลดการพังทลาย และนำไปสู่คุณภาพของน้ำผิวดินและใต้ดินที่ดีขึ้น เพิ่มความมั่นคงทางด้านอาหาร และลดผลกระทบต่อระบบนิเวศ (มูลนิธิสืบนาคะเสถียร, 2557)

6. ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ

เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจจากผลการวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และรายได้สุทธิ หรือกำไร จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดินระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550 ตารางที่ 33 พบว่าการใช้ถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด ในระบบการปลูกพืชมีต้นทุนรวมระหว่าง 1,707- 1,793 บาท/ไร่/ปี ซึ่งต่ำกว่าระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยวิธีปกติในปีการผลิต 2548-2550 ที่มีต้นทุนรวม 2,475 2,828 และ 2,719 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ศูนย์สารสนเทศเกษตร, 2554) และเมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนสุทธิ พบว่าระบบการปลูกถั่วฮามาต้าร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H+M+M) ให้รายได้สุทธิสูงสุด คือ 2,807.5 บาท/ไร่/ปี รองลงมา

คือ การปลูกถั่วคาวาลเคดร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ca+M+M) ซึ่งใกล้เคียงกับการปลูกถั่วเซอราโตรร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (S+M+M) คือ 1,781 และ 1,752 บาท/ไร่/ปี ซึ่งสูงกว่าระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยวิธีปกติ ในปีการผลิต 2548-2550 ที่ให้ผลตอบแทนสุทธิ ระหว่าง 369 724 และ 1,491 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2554) ในขณะที่การปลูกถั่วเซนโตรร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce+M+M) มีรายได้สุทธิต่ำสุด คือ -547.5 บาท/ไร่/ฤดูปลูก ทั้งนี้ขึ้นกับผลผลิตชีวมวลรวมของพืช และรายได้รวมจากผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นสำคัญ

จากระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 61) ซึ่งใช้ถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด คือ ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และแลบแลบ จากทั้ง 6 ตำรับการทดลอง มีต้นทุนรวมระหว่าง 1,950-2,153 บาท/ไร่/ปี ซึ่งต่ำกว่าระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์วิธีปกติ ในปีผลิต 2548-2550 ดังกล่าวข้างต้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับทดลอง พบว่าการปลูกข้าวโพดต่อเนื่อง 3 ปี (M-M-M) ซึ่งมีรายได้สุทธิสูงสุดคือ 2,766 บาท/ไร่/ปี โดยเมื่อเปรียบเทียบการใช้ถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนเห็นได้อย่างชัดเจนว่า การปลูกถั่วฮามาต้า 2 ปี และปีที่ 3 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H-H-M) มีกำไรสุทธิ (รายได้รวม-ต้นทุนรวมจ้างแรงงาน) สูงสุด คือ 2,273 บาท/ไร่/ฤดูปลูก และมากกว่าระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามวิธีปกติ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2554) เนื่องจากถั่วฮามาต้าเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงในสภาพดินลูกรังชุดโพนพิสัย โดยมีผลผลิตชีวมวลรวม 2 ปี สูงถึง 2,000 กก./ไร่ จึงมีเศษซากในแปลงปริมาณมาก ส่งผลให้ข้าวโพดที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดีกว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่น ๆ ส่วนการปลูกถั่วเซนโตรหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ce-Ce-M) มีรายได้สุทธิต่ำสุดเช่นเดียวกับระบบแรก คือ -439.8 บาท/ไร่ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นถั่วชนิดที่เจริญเติบโตได้ไม่ดีในสภาพดินลูกรัง ทำให้ผลผลิตชีวมวลต่ำสุด และข้าวโพดที่ปลูกตามมีการเจริญเติบโตและผลผลิตต่ำสุด

เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเฉลี่ยจากการใช้ถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า และท่าพระสไตโล ในระบบการปลูกพืชทั้ง 2 ระบบ (ตารางที่ 64) ซึ่งพบว่าระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน ให้รายได้สุทธิเฉลี่ยจาก 3 ปี สูงกว่า คือ 1,351 บาท/ไร่/ปี ในขณะที่ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้รายได้สุทธิเฉลี่ย 973.7 บาท/ไร่/ปี การที่ระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนมีรายได้สุทธิเฉลี่ยสูงกว่า เพราะว่ามีต้นทุนรวมต่ำกว่า เนื่องจากไถเตรียมแปลงปลูกครั้งเดียว และไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัด

ศัตรูพืช นอกจาก นี้ระบบดังกล่าวยังให้ผลผลิตชีวมวลรวมของถั่วอาหารสัตว์มากกว่า คือ 1,998 กก./ไร่ เพราะสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้ง 3 ฤดูปลูก ในขณะที่ระบบการปลูกหมุนเวียนเก็บเกี่ยวผลผลิตถั่วอาหารสัตว์ได้ 2 ฤดูปลูก (1,150 กก./ไร่) อย่างไรก็ตามรายได้สุทธิจากทั้ง 2 ระบบ อยู่ในช่วงเดียวกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยวิธีปกติ ปีการผลิต 2548-2550 ซึ่งมีผลตอบแทนสุทธิ (กำไร) 369 724 และ 1,491 บาท/ไร่ ตามลำดับ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2554)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน เป็นการศึกษาในชุดดินโพนพิสัย พื้นที่ทดลองภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร โดยศึกษาระบบการปลูกพืช 2 ระบบ คือการปลูกถั่วอาหารสัตว์ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกถั่วอาหารสัตว์หมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใช้ถั่วอาหารสัตว์จำนวน 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด เซอราโตร เซนโตร ฮามาต้า ท่าพระสไตโล และถั่วแลบแลบ เป็นพืชทดสอบ และมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 เป็นพืชหลัก เริ่มการศึกษาในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551 ทั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลทั้งในภาคสนาม การวิเคราะห์ดินและพืชในห้องปฏิบัติการ และการศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของถั่วอาหารสัตว์ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในระบบการปลูกพืชต่างๆ ที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย 2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย และ 3) เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ซึ่งผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การประเมินศักยภาพถั่วอาหารสัตว์ 6 ชนิด ประกอบด้วย ถั่วคาวาลเคด ถั่วเซอราโตร ถั่วเซนโตร ถั่วฮามาต้า ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วแลบแลบ บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ระหว่างเดือน พฤษภาคม 2548- พฤศจิกายน 2550 พบว่า ถั่วฮามาต้ามีศักยภาพในด้านการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตชีวมวลสูงสุด โดยในระบบการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน (H+M+M) สามารถให้ผลผลิตชีวมวลรวมทั้งระบบ 4,052 กก./ไร่ (พืชอาหารสัตว์ 2,956 และ ข้าวโพด 1,096 กก./ไร่) และในระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (H-H-M) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมทั้งระบบ 3,927 กก./ไร่ (พืชอาหารสัตว์ 2,000 และข้าวโพด 1,927 กก./ไร่)

2. ถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชทั้ง 6 ชนิด มีปริมาณโปรตีนหยาบ (CP) ระหว่าง 15.2-23.5% เยื่อใยหยาบ (CF) ระหว่าง 26.7-36.6% เยื่อใย NDF และ ADF ระหว่าง 43.4-52.2 และ 31.7-47.0% ตามลำดับ สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกร่วมกับถั่วคาวาลเคดโดยไม่ไถ

พรวนดิน (Ca+M+M) มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสะสมในส่วนของเนื้อเยื่อสูงสุดคือ 1.47 และ 0.48 % ตามลำดับ ส่วนปริมาณโพแทสเซียม นั้นข้าวโพดที่ปลูกร่วมกับถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 5 ชนิด รวมถึงแปลงควบคุม มีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ ระหว่าง 3.47-3.87% ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนติดต่อกัน 3 ปี (M-M-M) มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด คือ 1.64 % และข้าวโพดที่ปลูกหมุนเวียนถั่วคาวาลเคด (Ca-Ca-M) มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงสุด คือ 0.34 และ 3.66 % ตามลำดับ

3. การปลูกถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืช ทั้งในระบบปลูกร่วมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยไม่ไถพรวนดิน และการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่งผลให้สมบัติทางเคมี และกายภาพ ของดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นโดยมีค่า pH เพิ่มขึ้น จาก 5.43 เป็น 5.83 Total N เพิ่มขึ้น จาก 0.09 เป็น 0.10% CEC เพิ่มขึ้นจาก 5.44 เป็น 16.2 เซนติโมล/กก. ปริมาณExch. K เพิ่มขึ้นจาก 78.88 เป็น 120.78 มก./กก. ตามลำดับ สำหรับสมบัติทางกายภาพ ทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงจาก 1.31 เป็น 1.28 ก./ลบ.ซม. และอัตราการแทรกซึมน้ำเพิ่มขึ้นจาก 1.24 เป็น 4.15 มม./นาที ตามลำดับ

4. การปลูกถั่วฮามาต้าในระบบการปลูกพืชทั้งในรูปแบบของการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ให้รายได้สุทธิ (รายได้รวม-ต้นทุนรวมจ้างแรงงาน) สูงสุดคือ 2,807.5 บาท/ไร่/ปี และ 2,273 บาท/ไร่/ ปี สำหรับระบบการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามลำดับ

5. ถั่วฮามาต้าเป็นถั่วอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงสุดในระบบการปลูกพืชทั้งในระบบของการปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ไถพรวนดิน และระบบการปลูกหมุนเวียนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากเป็นระบบที่มีผลผลิตชีวมวลรวม และรายได้สุทธิสูงสุด นอกจากนี้ยังสามารถปรับ ปรุงบำรุงดิน เป็นการฟื้นฟูระบบนิเวศของดินควบคู่กันไป ซึ่งเป็นวิธีการจัดการดินที่ประหยัดและง่าย จึงถือว่าเป็นระบบการจัดการดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัยที่สามารถนำไปสู่ความยั่งยืนได้

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาศักยภาพของการใช้ถั่วอาหารสัตว์ในระบบการปลูกพืชเพื่อการจัดการดินลูกรังอย่างยั่งยืน นี้ ศึกษาเฉพาะชุดดินโพนพิสัย ภายใต้สภาพแวดล้อมของจังหวัดสกลนคร และใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์สุวรรณ 5 เป็นพืชหลักในการทดสอบเท่านั้น ดังนั้นการนำเทคโนโลยีที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้ในสภาพแวดล้อม และปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกันควรมีการศึกษาเพิ่มเติม และการใช้ประโยชน์จากถั่วอาหารสัตว์เพื่อการปรับปรุงบำรุงดินในครั้งนี้ เป็นการศึกษาในระยะเวลา 3 ปี เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเห็นผลในระยะยาวเช่นเดียวกับการศึกษาในต่างประเทศควรมีการศึกษาในระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

2. การนำเทคโนโลยีที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ไปต่อยอดควรมีการศึกษาผลของการเลี้ยงสัตว์ร่วมด้วย โดยเป็นไปในลักษณะของระบบการทำฟาร์มผสมผสาน (พืช-สัตว์) และควรมีการทดลองในสภาพฟาร์มเกษตรกร

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิ่งกานท์ พานิชนอก. 2552. **ผลของการจัดการหญ้าแฝก พืชปุ๋ยสด และปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดและสมบัติของดินคล้ายชุดดินมาบบอนที่มีเนื้อร่วนหยาบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมปศุสัตว์. 2545. **เอกสารแนะนำถั่วคาวาลเคด**. กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

_______. 2547. **เอกสารแนะนำพืชอาอารสัตว์พันธุ์ดี.** กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

กมลาภา วัฒนประพัฒน์. 2549. **ผลของปุ๋ยพืชสดตระกูลถั่วต่อสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดินและผลผลิตข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **เกษตรดีที่เหมาะสม สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา. 2543. **จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม.** สาขาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

กองสำรวจดิน. 2540. **รายงานการสำรวจและจำแนกดินบริเวณพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวิเคราะห์ดิน. 2540. **คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน กับการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจดินและจำแนกดิน. 2544. **การศึกษาทรัพยากรที่ดินมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองอาหารสัตว์. 2537. **การสำรวจข้อมูลทางด้านอาหารสัตว์ ปี 2536**. กองอาหารสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา).

กองอาหารสัตว์. 2538. **ถั่วเวอราโนสไตโล.** เอกสารทางวิชาการกรมปศุสัตว์. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การ เกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

______. 2542. **รายงานการวิจัยประจำปี 2542**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

______. 2547. **ถั่วแกรมสไตโล**. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.

กอบแก้ว ตรงคงสิน. 2535. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

______. 2544. ถั่วสไตโล 184. **วารสารสัตวบาล** 54 (11): 13-19.

กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. 2532. **คู่มือการจัดการพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ขนิษฐา เจริญพานิช. 2544. **ผลของการจัดการทางการเกษตรในระบบเกษตรยั่งยืนที่มีต่อสมบัติของดินและสิ่งมีชีวิตในดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

คณะกรรมการกำหนดมาตรการและจัดทำเอกสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดการดิน. 2540ก. **การจัดการดินลูกรัง**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_______. 2540ข. **พืชตระกูลถั่วเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. **ปทานุกรมปฐพีวิทยา.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

______. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จินดา สนิทวงศ์ฯ, ประพฤทธิ์ จงภักดิ์ และ พิมพาพร พลเสน. 2546. คุณค่าทางโภชนะของถั่วคาวาลเคดและระดับการเสริมถั่วคาวาลเคดในโคเนื้อ, น. 264-276. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2546.** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จุรีรัตน์ สัจจิพานนท์, วีระศักดิ์ จิโนแสง และ วิเชียร สุเสนา. 2538. โครงการผลิตเมล็ดพันธุ์พืชอาหารสัตว์สำหรับประเทศในเอเซียตะวันออกเฉียงใต้. **รายงานประจำปี 2536-2537**. ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ขอนแก่น สำนักงานปศุสัตว์เขต 4 กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จรูญโรจน์ จันทรศิริ, ฉายแสง ไผ่แก้ว, กานดา นาคมณี, พิไล กวิศราศัย, พิมพาพร เทวาหุดี และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2531. ผลผลิตและคุณภาพถั่วเวอราโนสไตโล และถั่วแกรมสไตโลแห้ง, น.72-85. *ใน* **รายงานการวิจัยประจำปี 2529-2531**. ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จุติมา เวชวิทย์วรากุล. 2548. **การใช้พืชอาหารสัตว์ภายใต้สภาพการเล็มกินของโคเพื่อการปลูกมันสำปะหลังอย่างยั่งยืนบนชุนดินโคราชที่จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ฉายแสง ไผ่แก้ว, วรพงษ์ สุริยจันทราทอง, สมจิตร อินทรมณี, อุดร เสนากัสป์, พิไล กวิศราศัย, กานดา นาคมณี และไพบูลย์ พลบุญ. 2527. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของถั่วเวอราโนสไตโลที่ระยะตัดต่างๆ กัน, น. 62-77. ***ใน* ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการปศุสัตว์ครั้งที่ 3.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เฉลิมชัย ผึ้งปาน. 2546 ก. **ผลของวิธีการจัดการดินที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์ ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) และถั่วคาวัลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) ที่ปลูกบนชุดดินโพนพิสัย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

______. 2546 ข. **ผลของวิธีการจัดการดินที่มีต่อผลผลิตพืชอาหารสัตว์ ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) และถั่วคาวัลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) ที่ปลูกบนชุดดินโพนพิสัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* Anonymous. 1999. Mississippi delta Msea:Grower-assisted research helps curb water pollution. **Agricultural Research** 47: 4-8.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2523. เปรียบเทียบผลผลิต และคุณค่าทางอาหารสัตว์ของถั่วเมืองร้อนบางชนิดภายใต้สภาพของ จังหวัดเชียงใหม่. **ว.วิทย.กษ.** 13 (2): 121-131.

______. 2530ก. **หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน.** ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2530ข. **หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, จังหวัดเชียงใหม่. *อ้างถึง* Grof, B. and W.A.T.Harding. 1970. Dry matter yields and animal production of Guinea grass (*Panicum maximam purpureum*) on the humid tropical coast of north Queenland. **Trop. Grasslds,** 4 (1): 85-95.

_______. 2542. **สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่.** นนทบุรีการพิมพ์, เชียงใหม่.

ชาญชัย มณีดุลย์. 2511. บันทึกประวัติการนำพันธุ์พืชอาหารสัตว์เข้าประเทศ. **สัตวแพทย์สาร.** 19 (1): 44-55.

_______. 2546. Ley farming กับการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังน่าจะเป็นงานชิ้นโบว์แดงสำหรับกรมปศุสัตว์. **ข่าวสารพืชอาหารสัตว์** 8 (2): 8-11.

ชุมพล คนศิลป์ และ ประพัฒน์ พวงวรินทร์. 2532. การจัดการทุ่งหญ้า. ใน คู่มือการจัดการพืช เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ ฯ.

_______ และ _______. 2537. การปลูกพืชปุ๋ยสด. **ว.ดินและปุ๋ย** 20: 8.

ชรินทร เดชดำรงค์ปรีชา. 2540. **คุณค่าในการปรับปรุงดินของพืชตระกูลถั่วในระบบการปลูกพืชที่มีข้าวเป็นพืชหลัก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชื่นจิต แก้วกัญญา, จินตนา ต๊ะย่วน และ วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่. 2554. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของอ้อยอาหารสัตว์หมักร่วมกับถั่วแลบแลบ. **รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันวิจัยและพัฒนา วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ประจำปีงบประมาณ 2554.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดกลนคร, จังหวัดสกลนคร.

ชื่นจิต แก้วกัญญา, ปนัดดา ประสาทชัย และ อมรัตน์ อุปพงศ์. 2555. ศักยภาพของถั่วเขตร้อนเพื่อเป็นอาหารสัตว์คุณภาพดีและการปรับปรุงบำรุงดินลูกรัง. **ว.วิทย์. กษ.** 43 (2) (พิเศษ): 297-300.

_______, วัชรวิทย์ มีหนองใหญ่, ดวงใจ วะดวงชัย และ วิไลภรณ์ พุทไธสง. 2556. การใช้ถั่วแลบแลบเป็นแหล่งอาหารหยาบคุณภาพดีต่อสมรรถนะการให้ผลผลิตแกะ. **ว. แก่น-เกษตร** 41 (ฉบับพิเศษ): 369-375.

ชลวุฒิ ละเอียด. 2541. การจัดการดินไร่และปุ๋ยข้าวโพดเพื่อเกษตรยั่งยืน. **ว.กสิกร** 71 (4): 339-343.

โชคชัย พลายด้วง. 2545. **ผลกระทบของวิธีการเตรียมดินเพื่อปลูกถั่วเหลืองต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ชลประทาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โชคชัย เอกทัศณวรรณ. ม.ป.ป. **ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวสุวรรณ 5**. แหล่งที่มา: http://www.iicrd.ku.ac.th/output/ncrs_suwan5.htm, 12 สิงหาคม 2550.

ณรงค์ ตรีสุวรรณ, สุรพล เจริญพงศ์ และ พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2539. **คุณสมบัติของชุดดินที่จัดตั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดิน.** กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2535. **ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธวัช จิตต์บรรเทา, ศรีบุญเรือง ฤทธิ์น้ำคำ, ธำรงศักดิ์ พลบำรุง และ วิโรจน์ ฤทธิ์ฤาชัย. 2542. การใช้ถั่วคาวาลเคดแห้งเป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนม, น. 73-77. *ใน* **รายงานผลการ วิจัยประจำปี 2542**. สถานีอาหารสัตว์สกลนคร กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธรรมนูญ แก้วคงคา. 2543. **สมบัติทางเคมีลฟิสิกส์ของดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดโดยมีการไถและไม่ไถพรวนและใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ปีที่ 14**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิภา เลขสุนทรากร. 2540ก. **ผลของการปลูกถั่วลิสงและถั่วปุ๋ยพืชสดแซมข้าวโพดต่อผลผลิตข้าวโพดและสมบัติของดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

______. 2540ข. **ผลของการปลูกถั่วลิสงและถั่วปุ๋ยพืชสดแซมข้าวโพดต่อผลผลิตข้าวโพดและสมบัติของดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* M. Ismaili, and R.W.Weaver. 1987. Nitrogen transfer from sirato to kleingrass : competition for mineral nitrogen and isotopic fractionation. **Agron.J.** 79: 188-192.

______. 2540ค. **ผลของการปลูกถั่วลิสงและถั่วปุ๋ยพืชสดแซมข้าวโพดต่อผลผลิตข้าวโพดและสมบัติของดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* R.A. Bray, and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59:39-45.

______. 2540ง. **ผลของการปลูกถั่วลิสงและถั่วปุ๋ยพืชสดแซมข้าวโพดต่อผลผลิตข้าวโพดและสมบัติของดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* G.R. Blake, and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp.363-366. *In* A. Klute (ed.). **Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. 2d ed**., American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of American, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin.

นงลักษณ์ วิบูลสุข. 2541. การปรับปรุงดินโดยใช้ถั่วฮามาต้า. **ปฐพีสาร.** กองปฐพี, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นันทิยา หุตานุวัตร และณรงค์ หุตานุวัตร. 2547. เกษตรกรรมยั่งยืน : กระบวนทัศน์ กระบวนการและตัวชี้วัด. มูลนิธิเกษตรกรรมยั่งยืน (ประเทศไทย), กรุงเทพ ฯ. น. 311. *อ้างถึง* G.R. Hess, C. L. Campbell, D.A. Fiscus, A.S. Hellkamp, B.F. Maquaid, M.J. Munster, S. L. Peck, and S.R. Shafer. 2000. A conceptual model and indicators for assessing the ecological condition of agriculture lands. **Journal of Environmental Quality** 149 (4): 13-16.

นิลุบล ลิปลั่ง. 2551ก. **ผลของการปลูก ร่วมกันของถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนต่อผลผลิตสบู่ดำและสมบัติดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

______. 2551ข. **ผลของการปลูก ร่วมกันของถั่วอาหารสัตว์เขตร้อนต่อผลผลิตสบู่ดำและสมบัติดิน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* P.J. Skerman. 1997. **Tropical forage legume**. FAO. Rome, Italy.

นิรนาม. 2547. **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.** พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญฤา วิไลพล. 2526. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

______. 2545. **การจัดทำทุ่งหญ้าเขตร้อน.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

บุญฤา วิไลพร และถาวร วินิจสานันท์. 2532. ถั่วพืชอาหารสัตว์สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **ว.วิทยาศาสตร์เกษตร.**22 (2): 129-114.

บุญมา ดีแสง. 2536. **ลักษณะของดินปนกรวดตามลำดับภูมิประเทศในบริเวณแอ่งสกลนคร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประชา นาคะประเวศ. 2535. **ปุ๋ยพืชสด**. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ประเทือง จันตสกุล. 2532. **การวิเคราะห์ดินและสมบัติของศิลาแลงในแอ่งสกลภาคตะวันออกเฉียง เหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประวิตร โสภโณดร. ม.ป.ป. **เอกสารประกอบบทปฏิบัติการพืชอาหารสัตว์และการจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา**. แหล่งที่มา: http://www.natres. psu.ac.th., 30 พ.ย. 2553. *อ้างถึง* L.R. Humphrey. 1981. **Environmental Adaptation of Tropical pasture Plants**. MacMillan Publisher Ltd, London.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิชัย วิชัยดิษฐ์ และ ไพบูลย์ ประโมจนีย์. 2531. ดินลูกรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, น. 75-85. *ใน* **รายงานการสัมมนาการปลูกพืชในดินเลว.** ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ขอนแก่น.

เพ็ญศรี ศรประสิทธิ์ และ เกียรติศักดิ์ กล่ำเอม. 2551. ผลของระยะเวลาการพักแปลงเพื่อปล่อยให้เมล็ดร่วงต่อผลผลิตและคุณภาพของถั่วคาวาลเคดในปีที่ 2, น. 71-77. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46 (สาขาสัตว์ และสัตวแพทย์ศาสตร์).** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิมพาพร เทวาหุดี,ฉายแสง ไผ่แก้ว และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2537. การย่อยสลายของวัตถุแห้งและโปรตีนของถั่วเวอราโน และถั่วลิสงนา ในกระเพาะรูเมน, น. 37-82. *ใน***รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2536.** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิมพาพร พลเสน, รำไพ นามสีลี และสรายุทธ์ ไทยเกื้อ. 2552. การประเมินคุณค่าทางโภชนะของใบถั่วท่าพระสไตโลแห้ง. น.93-106. *ใน* **รายงานผลงานวิจัย กองอาหารสัตว์ประจำปี พ.ศ. 2552**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ ลัทธพิพัฒน์. 2514. **ประโยชน์ของหญ้าและพืชตระกูลถั่วในการอนุรักษ์ดินและน้ำ.** ข่าวพัฒนาที่ดิน ปีที่ 8. กรมพัฒนาที่ดิน,กรุงเทพฯ.

พิสุทธิ์ สุขเกษม, สถิต มั่งมีชัย และ ภิรมย์ บัวแก้ว. 2546. **อิทธิพลของอายุและความสูงใน**การตัดที่มีผลต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของถั่วท่าพระสไตโลในชุดดินบ้านทอน, น. 12-21. *ใน* **รายงานโครงการวิจัย กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พัชชา เศษฐากา. 2548. **การศึกษาชนิดของพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ที่ปลูกร่วมกับข้าวโพดหวาน.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

แพรวพรรณ วรพันธ์. 2551. **อิทธิพลวันปลูกถั่วคาวาลเคดต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานในระบบการปลูกพืชแซม.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต. 2546ก. **อิทธิพลของหญ้าแฝกและพืชคลุมดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของชุดดินโพนพิสัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

______. 2546 ข. **อิทธิพลของหญ้าแฝกและพืชคลุมดินต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของชุดดินโพนพิสัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* J.S. Sing, and P.S. Yadava. 1974. Seasonal variation in composition plant biomass and net primary productivity of a tropical grassland at Kuraksheira. India. **Ecol. Monogr** 44: 351-376.

มัทยา กลิ่นหวล. 2551. **การปรับปรุงผลผลิตสบู่ดำและคุณสมบัติของดินด้วยถั่วอาหารสัตว์เขตร้อน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร. 2557. **ปลูกผักอินทรีย์ นอกจากจะมีอาหารดีๆ ยังช่วยลดโลกร้อน.** แหล่งที่มา: http://www.thaipost.net/tabloid/130488895, 13 มิถุนายน 2557.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2547. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัดม, กรุงเทพฯ.

______, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยุพาพร ทิพย์จริยาอุดม. 2546. สนุกกับกิจกรรม GLOBE ตอน. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับดิน ตอนที่ 2 : สีดินบอกอะไรเรา. **ว.การศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี** 31: 123 มีนาคม-เมษายน 2546.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2544. **พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา: ฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. อรุณการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

เลอลักษณ์ จิตรดอน. 2534. **เอกสารประกอบการสอนจุลชีววิทยา 485 จุลินทรีย์ในดิน ภาคบรรยาย.** คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2538. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันทนีย์ พึ่งแสน. 2540. **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยาของดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล. 2533. **แร่วิทยาและเคมีของเหล็กออกไซด์ในศิลาแลงและดินศิลาแลงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันวิสา หาระโคตร. 2552. **การเสริมถั่วคาวาลเคดในอาหารแพะเนื้อระยะกำลังเจริญเติบโต.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

วิชา นิยม. 2535. **อุทกวิทยาป่าไม้.** ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ ปัญญากุล. 2547. **เกษตรยั่งยืน วิถีการเกษตรเพื่ออนาคต**. มูลนิธิสายใยแผ่นดิน, กรุงเทพฯ.

วรรณกรณ์ รุ่งรัตนกสิน. 2529ก. **ผลของฟอสฟอรัสและการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของถั่วฮามาต้า และถั่วเซนโตรซีมาที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* G.D. Bowen. 1959a. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Qld. **J. Agric. Sci**. 16: 253-256.

วรรณกรณ์ รุ่งรัตนกสิน. 2529ข. **ผลของฟอสฟอรัสและการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของถั่วฮามาต้า และถั่วเซนโตรซีมาที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* G.D. Bowen. 1959b. Specificity and nitrogen fixation in the rhizobium symbiosis of *Centrosema pubescens* Benth. Qld. **J. Agric. Sci**. 16:257-270.

______. 2529ค. **ผลของฟอสฟอรัสและการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของถั่วฮามาต้า และถั่วเซนโตรซีมาที่ปลูกบนดินชุดกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* G.A. Watson. 1957. Nitrogen fixation by *Centrosema pubescens.* **J. Rub. Inst. Malaya** 15: 168-171.

วีระศักดิ์ จิโนแสง และ จรูญโรจน์ จันทรศิริ. 2542. **การผลิตเมล็ดพันธุ์และการทำถั่วแห้ง.** ฝ่ายขยายพันธุ์พืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วิโรจ อิ่มพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน: เล่มที่ 2 การจัดการดินที่เป็นปัญหาและการจัดการดินที่ราบและที่ดอนเพื่อการปลูกพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศักดา สุขวิบูลย์, ประพัฒน์ พวงรินทร์ และ ชุมพล คนศิลป์. 2530. **คู่มือการจัดการพืช เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

เศกสรรค์ สวนกุล. 2554. ผลของการใช้ถั่วท่าพระสไตโลร่วมกับอาหารข้นในสัดส่วนต่างๆ ต่อสมรรถภาพการให้ผลผลิต และต้นทุนอาหารของแพะพื้นเมือง, น. 257-267. *ใน* **การนำเสนอผลงานวิจัย " มสธ. วิจัย ประจำปี 2554**". มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ.

ศุภชัย อุดชาชน, วัชรินทร์ บุญภักดี และ สากล อภินาคพงษ์. 2535. ผลผลิตและการเจริญเติบโคของข้าวไร่เมื่อปลูกแซมด้วยถั่วแกรมสไตโล และถั่วเซนโตรซีมา. น. 471-486. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534.** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศุภชัย อุดชาชน, สุกัญญา คำพะแย และ วิรัช สุขสราญ. 2553. ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของถั่วท่าพระสไตโล, น.248-259. *ใน* **รายงานผลงานวิจัย กองอาหารสัตว์ ประจำปี พ.ศ. 2553**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศุภาวรรณ ประพันธุ์. 2548ก. **อิทธิพลของระยะปลูก และความถี่ของการตัด ต่อผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบ และการศึกษาพัฒนาการของเมล็ดถั่วแลบแลบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศุภาวรรณ ประพันธุ์. 2548ข. **อิทธิพลของระยะปลูก และความถี่ของการตัด ต่อผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วแลบ และการศึกษาพัฒนาการของเมล็ดถั่วแลบแลบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* National Academy of Sciences. 1979. Tropical legumes: resources for the future. **Library of Congress Catalog** 79: 59-67.

ศูนย์สารสนเทศทางการเกษตร. 2554. **ต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. แหล่งที่มา: http://tisc.ac.th/coutent.asp?file_upload_id=2017, 12 กรกฎาคม 2557.

สถาบันวิจัยยาง. 2537. คำแนะนำการปลูกพืชตระกูลถั่วในสวนยาง. **ว. ยางพารา** 14 (2): 77-96.

_______. 2556. คำแนะนำการปลูกพืชคลุมดินตระกูลถั่วในสวนยาง ปี 2556. **ว. ยางพารา** 34 (2): 25-37.

สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์. 2533. การใช้ปุ๋ยและพืชบำ รุงดินในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด. **ว.เกษตรก้าวหน้า** 5 (6): 28-37.

สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์. 2547. อุปสรรคการใช้พืชบำรุงดินในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และทางออก, น. 183-188. *ใน* **การประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง 19-21 พฤษภาคม, 2547 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์.** จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

สุภาพ แซ่เตียว. 2549. **ผลของระดับถั่วคาวาลเคดแห้งที่ใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การให้ผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมในโครีดนม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุมิตรา วัฒนา. 2548ก. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

สุมิตรา วัฒนา. 2548ข. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า. *อ้างถึง* A. Young. 1976. **Tropical Soils and Soil Survey.** Cambridge Unv. Press, London.

สุมิตรา วัฒนา. 2548ค. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า. *อ้างถึง* M.D. Gidigasu. 1976. **Lateritic Soil Engineering: Pedogenesis and Engeering Principles**. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam.

_______2548ง. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า. *อ้างถึง* R.I. Pendleton and S. Sharasuvana. 1946. Analysis of some Siamese laterite. **Soil Sci**. 62: 423-440.

_______2548จ. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า. *อ้างถึง* P.A. Sanchez. 1976. **Properties and Management of Soil in the Tropic**. Johnhiley and Sons Ltd, Norwich.

_______2548ฉ. **การศึกษาดินลูกรังในพื้นที่ดอนภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 07/03/48**. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 64 หน้า. *อ้างถึง* กรมพัฒนาที่ดิน. 2527. **แผนการใช้ที่ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุมาลี กลางสุข. 2546ก. **การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวเนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินเหนียวซึ่งอยู่ใต้ชั้นดินลูกรังในชุดดินโพนพิสัย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุมาลี กลางสุข. 2546ข. **การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวเนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินเหนียวซึ่งอยู่ใต้ชั้นดินลูกรังในชุดดินโพนพิสัย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. *อ้างถึง* กรมพัฒนาที่ดิน. 2527. **เนื้อที่และการกระจายของหน่วยแผนที่ดินในจังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. (อัดสำเนา).

สุรเดช พลเสน, พิชัย รอดชุม, กฤตพล สมมาตย์, มงคล ต๊ะอุ่น และ D.E.B. Higgs. 2557. ผลผลิตและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ที่ได้จากหญ้าอาหารสัตว์ 3 ชนิด และวิธีผลิตแบบอินทรีย์ที่มีและไม่มีถั่วปลูกผสม. **ว.แก่นเกษตร** 42 (1): 65-80.

สายัณห์ ทัดศรี. 2540. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อนการผลิตและการจัดการ**. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

______. 2547ก. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

______. 2547ข. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. *อ้างถึง* F.W. Schaller and W.F.Larson. 1955. Effect of wide spaced corn rows and corn yields and forage establishment. **Agron J**. 47: 271.

สำนักงานสถิติจังหวัดสกลนคร. 2548. **รายงานสถิติจังหวัดสกลนคร พ.ศ. 2548**. สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2542. **การจัดการและการใช้ที่ดินลูกรังอย่างยั่งยืนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน**. รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

______. 2551. การบริการเชิงนิเวศของดิน (ECOSYSTEM SERVICES SUPPLIED BY SOIL) . **ว.ดินและปุ๋ย** 30 (4): 293-306.

สมญา ตั้งตระการพงษ์. 2545. **การเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ของอินทรียวัตถุในดินที่มีการใช้ที่ดินต่างกัน ในดินทรายพื้นที่ลอนลาดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สินเจิมสิริ. 2532. **การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์.** ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนิรุทธิ์ โพธิจันทร์ และ อนุกูล สุจินัย. 2544. **การศึกษาทรัพยากรที่ดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.** กองสำรวจและจำแนกที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพ ฯ.

อรพินท์ สุริยพันธุ์. 2541. ผลของพืชตระกูลถั่วที่ใช้ไถกลบและตัดคลุมดินที่มีต่อความอุดมสมบูรณ์ของธาตุไนโตรเจนในดิน. **ว. ดินและปุ๋ย** 20 (1): 16-23.

เอกพล ปทุมเพชร. 2552. **อิทธิพลของวันปลูกถั่วแลบแลบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานในระบบการปลูกพืชแซม.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร, สกลนคร.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2527. **การสำรวจดิน เล่ม 1,2**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

______. 2533. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

______. 2542. **การสำรวจดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อาทิตย์ ศุขเกษม. 2544. **อิทธิพลของพืชคลุมดินและระบบหญ้าแฝกต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของชุดดินท่ายาง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, นิภา เลขสุทรากร, พีระพงษ์ เชาวนพงษ์, สมชาย กรีฑาภิรมย์, จรงค์ รุ่งช่วง และ สมพร ทองแดง. 2543. การศึกษาเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงบำรุงดินด้วยปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมกับข้าวโพด, น. 63-76. *ใน* **เรื่องเต็มการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 38**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2544. **ระบบการปลูกพืชและการวิจัยพัฒนาระบบการทำฟาร์ม สู่ถาวรภาพของเกษตรกรรม**. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ ฯ.

Agboola, A.A. 1980. Effect of different cropping systems on crop yield and soil fertility management in the humid tropics, pp.87-105. *In* **Organic recycling in Africa**. FAO, Rome.

Aleva, G.J.J. 1994. **Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry**. ISRIC, Wageningen, the Netherlands.

Alexander. M. 1997. **Introduction to Soil Microbiology**. Jhon Wiley and Sons, New York and London.

Allison, F. E. 1973. **Soil Organic Matter and Its Role in Crop Production**. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

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

Andrew, C.S. and D.O.Noris. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legumes species. **Aust.J.Agric. Res.** 31: 205-220.

Andrea, M.M. and E.C. Pablo. 1999. **A tropical forage solution to poor quanlity ruminance diets : A review of *Lablab purpureus*.** Available Sources: http://www.fao.org/ag/aga/feedback/Irrd/Irrd 11/2/colu112/htm, December 9, 2010.

Anonymous. 2006. ***Lablab purpureus* (Lablab), Lablab fact sheet for Grain and Graze-May 2006**. Available Source: http://wa.gov.au, April 23, 2010.

Balesdent, J., A. Mariotti and D. Boisgontier. 1990. Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields. **J. Soil Sci**. 41: 584-596.

Ball, P.J. and R.J. Gilkes. 1985. The Mt. Saddleback bauxite deposite, South Western Australia, pp. 1-14. *In* Y. Ogura, ed. **International Seminar on Laterite (Room A.) IGCP. And MMIJ**., Tokyo.

Beiderbeck V.O., R.P. Zentner and C.A. Campbell. 2005. Soil microbial populations and activities as influenced bylegume green fallow in a semiarid climate. **Soil Biol. Biochem**. **37** (10) 1775-1784.

Bodovololololona, R., S., Sall, P., Letourmy. O., Husson. E., Ralambofetra. N., Moussa. and J.L., Chotte. 2008. Effect of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar. **Applied Soil Ecology** 39: 236-243.

Brady, N.C. and R.R. Well. 2002. **The Nation and Properties of Soils**. 13th ed. United States of America.

Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 1989. **Soil Genesis and Classification**. Iowa State Univ. Press, Amer., Iowa.

Buraya, W. and S. Chinawong. 2005. Conservation Tillage-Alternative System of Tef (*Eragrostia* tef) Production for a Semi-Arid, Central Rift valley of Ethiopia. **Kamphaensaen Acad. J**. 3: 1-10.

Buresh, R.J. and S.K. De Datta. 1991. Nitrogen dynamics and management in rice-legume cropping systems. **Adv.Agron**. 45: 1-59.

Burt, R.L., L.A.Edye, W.T. Williams, B. Grof and C.H.L. Nicholson. 1971. Numerical analysis of variation patterns in the genus Stylosanthes as an aid to plant introduction and assessment. **Aust.J. Agric. Res**. 22: 737.

Carter, M.R. and D.A. Rennie. 1987. Effect of tillage on deposition and utilization of ^{15}N residual fertilizer. **Soil Tillage Research** 9: 33-43.

Carvalho, M.N.De., D.G.Edwards, C.S.Andrew and C.J. Asher. 1981. Aluminum Toxicity, nodulation and growth of Stylosanthes species in three acid soil. **Aust.J. Agric Res**. 31: 61.

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 N. Roongtanakiat. 2004. Decomposition of vertiver shoot and effect of vertiver mulching on super sweet cron hybrid yield. **Kesetsart J. (Nal. Sci.)** 38: 305-310.

CIRAD. 2012. **Principles, functioning and management of ecosystems cultivated under Direct Seeding Mulch-base Cropping Systems (DMC)**. FAO. And Gsam.

Contreras-Govea, F.E., R.E. Muck, K. L. Armstrong and K. A. Albrecht. 2009a. Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans. **Animal. Feed Sci. and Technol**. 150: 1-8.

______,______.______ and ______. 2009 b. Fermentabi-lity of corn-lablab bean mixtures form different planting densities. **Animal. Feed Sci. and Technol**. 149: 298-306.

Dick. W.A. 1983. Organic coarbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH in soil profile as affected by tillage intencity**.** **Soil. Sci. Soc. Am. J**. 47: 102-107.

Doran, J.W. 1980. Soil microbian and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Sci. Am. J.** 44: 765-771.

Doyle, P.T., M.Grimm and A.N. Thompson. 1993. Grazing for pasture and sheep management in annual pasture zone. pp, 71-90. *In***.** Kemp, D.R., D.L. Michalk, eds. **Pasture Management Technology for the 21st Century. CSIRO, Melbourne**, Australia.

Drechsel, RP. B. Glaser and W. Zech. 1991. Nitrogen Fixation in Tropical Cropping System, p. 106. *In* W. Zech, J. Lehman, W. Amelung and G. Schroth, eds. **Improvement of the Soil by Woody Legumes in Tropical Agroforestry Systems**. National Resources and Development. Institute for Scientific Co-operation, Tubingen, Germany.

Driessen, P.M. and J. Deckers,. 2001. Plinthosols, pp. 149-161. *In* **P**.M. Driessen, J. Deckers, O. Spaargaren and F. Nachtergale, eds. **Lecture Note on The Major Soils of the World**. World Soil Resources Reports 94.

Eduvie, L.O., P.P. Barje, E.K. Bawa, O.W. Ehoche, H.J. Makun, V.O. Sekoni, P.I. Rekwot, N.P. Chiezey, J.O. Bale, A.E.O. Malau-Aduli, C.U. Osuhor, C.B.I. Alawa, P.O. Okaiyeto, S.A.S. Olorunju. 2002. **Evaluation of forage legume *Lablab purpureus* as a supplement for lactating bunaji cows.** Available Source: http:// www.naweb.iaea.org /nafa/ aph/ public/iaea-tecdoc-1294.pdf., February 15, 2010.

F.A.O. UNESCO. 1998. **Soil map of the world: Revised Legend**. F.A.O. World Soil Resources Rep. 60, Rome.

______. 2014a. ***Macroptilium atropupureum* (DC)**. Available Source: http://www. fao.org /ag / agp/data/pf000049.htm, March 14, 2014.

F.A.O. UNESCO. 2014b. **Stylosanthes guainensis (Aubl.) Sw. var. guianensis**. Available Source: http: //www. fao.org / ag/AGPC/doc/Gbase/data/pf000070.htm, March 14, 2014.

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**. 59: 460-466.

Gebhardt, M.R., T.C. Daniel, E.E. Schweizer and R.R. Allmaras. 1985. **Conservation tillage. Soil. Sci**. 230: 625-630.

Germán F.D. and A.S. Guillermo. 2008. **Crop-pasture rotation and tillage effects on physical properties of Mollisols at Balcarce, Argentina. 2008 Joint Annual Meeting 5-9 October 2008, Houston. Texas, George R. Brown Convention Center**. Available source: http://a-c-s.confex.com/ crops/ 2008am/ webprogram/Paper42697.html., July 22, 2011.

Gidigasu, M.D. 1976. **Laterite Soil Engineering : Pedogensis and Engineering Priciples**. Elsevier Sci. Pub. Co., Amsterdam.

Gibson, T.A. 1988. **The Agronomic and Soil Fertilitys of Leguminous Ley pasture in sandy, Upland Soil of North-east Thailand**. Ph.D.Thesis, University of Queensland, Australia.

Gillard, P.,L.A. Edye and R.L. Hall. 1980. Comparison of *Stylosanthes humilis* with *Stylosanthes hamata* and *Stylosanthes subserica* in the Queensland dry tropics: effect on pasture composition and cattle liveweigth gain. **Aust.J.Agric.Res**. 31: 205-220.

Giller, K.E., J. Ormesher and F.M. Awah. 1991. Nitrogen transfer from *Phaseolus* bean to intercropprd maize measured using ^{15}N-enrichment and ^{15}N-isotope dilution methods. **Soil Biol. Biochem** 23: 339-346.

Gliski, J. and J.L. Lipiec. 1994. Soil physical conditions and plant root, p. 145. *In* J.L. Hatfield and B.A. Stewart., eds. **Crops Residue Management Advance in Soil Science**. Lewis Publishers, London.

Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analysis**. A. R. S. Hand Book No. 379 United State Department of Agriculture, Washington, D.C.USA.

Govaerts, B., K.D.,Sayre and J. Deckers. 2005. Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting ?. **Field Crop Research**. 94: 33-42.

Gracia-Préchac.F., O. Ernst, G. Siri-Prieto and J.A. Terra. 2004. Integrating no-till into crop-pasture rotations in Uruguay. Soil & Tillage Research 77: 1-13.

Griffin, T., M. Liebman and J. Jr. Jemison. 2000. Covercrop for sweet corn production in short-season environment. **Agron. J**. 90: 144-151.

Grof, B. and W.A.T. Harding. 1970. Dry matter yields and animal production of Guinea grass (*Panicum maximum*) on the humid tropical coast of north queensland. **Trop. Grasslds** 4: 85-95.

Guillermo A.S., E.E. Hernan and M. C. Elda. 1997. Crop-Pasture Rotation for sustaining the quality and productivity of Typic Argiudoll. **Soil Sci.Soc. Am. J**. 61: 1466-1472.

Haper, J.L. 1977. **Population Biology of Plant**. Acsdemic Press, London.

Hare, M.D. and A. Waranyawat. 1980. A manual for tropical pasture seed production, p.33-38. *In* **Northeast Thailand. Northeast Livestock Development Project**, **Department of Livestock Development.** Tha Phra, Khon Kaen, Thailand.

Hare, M.D. 2000. **เอกสารประกอบการสอนวิชา Pasture management and systems of pasture production for Thailand**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

Hare, M.D., C. Kaewkunya, P. Tasapong and M. Sangkhum. 2003. Evaluation of forage legumes and grasses on seasonally waterlogged sotes in north-east Thailand. **Tropical Grasslands** 37: 20-32.

Hatfield, J.L. and B.A. Stewrat. 1994. **Crop Residue Management**. Advance in Soil Science. Lenis Publisher, London.

Hatch, D.J. and P.J. Murray. 1994. Transfer of nitrogen from damaged roots of white clover (*Trifolium repens* L.) to closely associated roots of intact pernial ryegrass *(Lolium perenne* L.). **Plant and Soil** 166:181-185.

Haynes, R.J., R.S. Swift and R.C. Stephen. 1991. Influence of mixed cropping rotation (pasture-arable) on organic matter content, water stable aggregation and clod porosity in a group of soils. **Soil Tillage Res**. 19:77-87.

Hendrix, P.F., R.W. Parmelee, D.A. Crossley Jr., D.C. Colemon, E.P. Odum and P.M. Groffmon. 1986. Detritus food weds in conventional and no-tillage agroecosystems. **Bio. Sci.** 36: 374-380.

Hess, G.R., C.L. Campbell, D.A. Fiscus, A.S. Hellkamp, B.F. Maquaid, M.J. Munster, S.L. Peck, and S.R. Shafer. 2000. A conceptual model and indicators for assessing the ecological condition of agriculture lands. **Journal of Environmental Quality**. 149 (4) :13-16.

Hesse, P.R. 1984. Potential of organic materials for soil improvement, pp. 35-42. *In* **Organic matter and rice. International Rice Research Institute**. Los Banos, Philippines.

Hoffman, C. 2005. Gradening from the Surface Downword. **Yard & Garden Line New** 7 (6): 2-6.

Huggins, D. R. and J. P. Reganold. 2008. No-Till: The Quiet Revolution. **Scientific American**. 299 (7): 60-68, 74-75.

Humphreys, L.R. 1974. **A Guide to Better Pasture for the Tropics and Subtropics**. 3^{rd} ed. 3 wright, Stephenson, Melbourne.

Ibewiro, B., N. Sanginga, B. Vanlaune and R. Merckx. 2000. Transformation and recovery of residue and fertilizer nitrogen-15 in a sandy Lixisol of West Africa. **Biology an Fertility of Soil** 31: 261-269.

Kouatika, L.-S., C. Nolte, M. Yemefack, R. Ndango, D. Folefoc and S. Weise. 2005. **Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status.** Geoderma 125: 343-354. Available souce: http// www.sciencedirect.com, July 24, 2013.

Lal, R. 1995. **Tillage Systems in the Tropics.** FAO Soil Bulletin. No. 71, Rome. 206 p.

Landers, J.N., H.M. Saturnino and P.L. de Freitas. 2001. Organizational and policy consideration in zero tillage., pp. 13-24. *In* H.M. Saturnino, J.N. Landers, eds., **The Environment and Zero Tillage. Associacao de Plantio Direto no Cerrado**, Federacao Brasileira de Plantio Direto na Palha, Brasil.

Lee, K.E. 1985. **Earthworms their Ecology and Relationships with Soils and Land Use**. Academic press.

Lesturgez, G., R. Poss, E. Bourdon., C. Hartmann and S.T. Anupap. 2004. **The effect of Stylosanthes on soil physical properties**. *In* Conference Report 17 th World Congress of Soil Science. Available Source: http: // www.ldd.go.th/new_hp/ vichakarn/ symposium/ 03-2111. html., May 20, 2008.

Lima, C.R., Souto, S.M., Garcia, J.M.R. and Araujo, M.R. 1972. Valores nutritivos de feno de Siratro (*Phaseolus atropurpueus*) differentes estadios de crescimento. Pesq. **Agropec. Brasil**.7: 6-63.

Loch, D.S. and J. E. Ferguson. 1999. **Forage seed production**. **II. 2: Tropical and subtropical species formerly of Tropical Forages Program**. Centro Int. Agri. Trop. Cali, Columbia.

Lousier, J.D. and D. Parkinson. 1976. Litter decomposition in a cool temperate decidouse forest. **Can. J. Bot**. 54: 419-436.

Mandal, U.K., G. Singh, U.S., Victor and K.L., Sharma. 2003. Green manuring: its effecttion soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. **Europ. J. Agronomy**. 19: 225-237.

Magoon, M.L., A. Singh and K.L. Mehra. 1974. Improve field for dry forage. **Indian Faming** 24 (2):5-7.

Mahalingalyer, U. and D.J. Williams. 1991. Engineering properties of a lateritic soil profile. **Eng. Geol** 31: 45-85.

Maluleke, H.M., K.K. Ayisi and A.M. Whibread. 2004. Lablab density and planting-date effects on growth and yield in naize-lablab intercrops. pp. 99-105. *In* A.M. Whibread and B.C. Pengelly, eds. **Tropical legumes for sustainable farming systems in Southern Africa and Australia.** Australia Centre for International Agriculture Research Canberra 2004. Proceeding no.115.

McCosker, K., S. Buck, A. Schwarz, P. Durkin and R. Kelly. 2001. **Short-term rotation using the forage legume Lablab have a place in Central Queensland farming systems**. Australian Agronomy conference 10 th AAC Concurrent Session 2 , 1600-1730. Available Source: http://www.regional .org.au./asa/2001/2/a/mccoker.htm. January, 29 2010.

Melo, W.J. and E.J.B.N. Cardoso. 1976. Dry matter yield and nitrogen content in *Dolichos lablab* after maize. **Abstr. Soil and Fertilizers Abstr.** 40 (6): 332**.**

Minten, B. and E. Ralison. 2003. Economic Analysis. Part II: Sommary of analytical findings. p.27, *In* **Final report. FOFIFA**. INSTAT, Cornell University.

Moore, A.W. 1962. The influence of a legume on soil fertility under a grazed tropical pasture. Emp. **J. Exp. Agric**. 30: 239-242.

Murtagh.G.J. and A.B. Dougherty. 1968. Relative yields of lablab and velvet bean. **Trop. Grasslds** 2: 57-63.

Musa, M.M. 1980. Evaluation of nitrogen fixation in pot experiment. **Field Crop Abstr**. 33 (7): 591.

NARO. 1997. **Improving animal productivity with *lablab purpureus* hay**. Available source: http:// www. arenet.or.ug/uploads/Lablab%20 purpureus%20 hay.doa., Nov 28, 2012.

Nelson, L.V., L.S. Robertson, M.H. Erdman and R.G. White. 1976. **No Till corn: 1 Guidelines Extension Bulletin E-904**. Cooperative Extension Service, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48823.

People, M.B., D.F. Herridge and J.K. Ladha. 1995. Biological nitrogen fixation for sustainability agriculture. **Plant Soil**. 174: 3-18.

Person, B.S. 1970. **Laterite: Genesis, Location, use**. Plenum Press, New York.

Phillips, R.E. , R. L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye and S.H. Phillips. 1980. No-Till Agriculture**. Scienc**e 208: 1108-1113.

Potichan, A. 1991. **Morphology, Genesis and Characteristic of Skeletal Soils in Sakon Nakhon Province, Northeast Thailand**. Ph.D. Thesis, University of Philippines.

Power, J.F., R.F. Follet and G.E. Garlson. 1983. Legume in conservation tillage systems. **Journal of Soil & Water Conserwation** 38 (3) :218.

Preston, S. 2003. Intercropping. Appropriate Technology Transfer for Rural. Available source: http://attra.ncat.org/attra.ncat.org/attra-pub/intercrop.html, July 30, 2007.

Robertson, L.S., D.L. Mokma, D.L. Quisenberry, W.F. Meggitt and C.M. Hansen. 1976. **No Till corn: 3 Soil Extension Bulletin E-906**. Cooperative Extension Service, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48823.

Roldan, A.J., K. Salina-Gracia, M.M. Alguaciland and F. Caravaca. 2007. Soil sustainability indicators following conservation tillage practices under subtropical maize and bean crops. **Soil & Research**. 93:273-282.

Ryley, J.W. 1966. Nitrogenous fertilizers and animal production, pp. 10-12. *In* **Proc. 7th Trop. Grasslds**. SOC., Australia.

Schwertman, U. and R.M. Taylor. 1989. Iron oxides, pp. 397-438. *In* J.B. Dixon and S.B.Weed, eds. **Minerals in Soil Environments.** SSSA Book Ser. 1 Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.

Sekamatte, B.M., M. Ogenga-Latigo., A. Russell-Smith. 2003. Effect of maize-legume intercrops on termite damage to maize, activity of predatory ant and maize yields in Uganda. **Crop Protection** 22: 87-93.

Sighn, Y., B. Singh and C.S. Khind. 1992. **Nutrient Transformation in Soils Amended with Green Manures.** Advance in Soil Sci., New York.

Shelton, H.M. and L.R. Humphreys. 1972. Pasture establishment in upland rice crops at Na Pheng Central Laos. **Trop. Grassld.** 6: 223-231.

Skerman, P. J. 1997. **Tropical Forage Legumes FAO**. Rome, Italy.

Skerman, P.J.,D.. Canmeron and F. Riveros. 1988. **Food and Agriculture Organization of the United Nation**. Rome.

Skerman, P.J., D.G. Cameron and F. Kiveros. 1997. Cavalcade Centro Cubes for Cattle. **Tropical Grassland Socity of Australia Newsletter.** 13 (5): 4-7.

Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy, A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey**. U.S. Dept. Agric. U.S. Govt.

Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy** : **A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2nd ed. United States Dep. of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Soren., O. Peterson., S. Frohne Panela., and C. Kennedy Ann. 2002. Dynamics of a soil microbial community under spring wheat. Soil Sci. **Soc. Am. J.** 66: 826-833.

Springer, T.L.,C.L.Dewald and G.E.Aiken. 2001. Seed germination and dormancy in Eastern gama grass. **Crop. Sci** 41: 1906-1910.

Stemford, N.P., M.H. Albuquerque and D.R. Santos. 1994. Nitrogen use by sorghumfollowing legumes incorporated after cutting on difference dates. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo** 18 (2): 221-227.

Stutart, P. 2002. **The Forage Book**. Pacific Seed, Modern Science-Traditional Value, Toowoomba.

Sukthumrong, A., S. Chotechaungmaneerat, J. Chanchroensook and V. Verason. 1987. **The effect of green manure chemical fertilizer combinations of soil fertility and yield of corn**. Food and Fertilizer Technology Center, Ext. Bull. No.246, Bangkok.

Summerfield, R.J. 1980. Effect of photoperiod and air temperature on growth and yield economic legumes, p. 667. *In* R.J. Summerfield and A.H. Burting, ed. **Advances in Legume Science**. Royal Botanic Gardens, Kew.

Tarawali, G. and E.T. Pamo. 1992. Acase for on-farm trails of fodder banks on the Adamawa Plateau in Cameroon. **Exp. Agri** 28: 229-235.

Thiagalingam, K., D. Zuill and T. Price. 1997. A review of *Centrosema* pascuorum (Centurion) cvv. Cavalcade and Bundey as a pasture legume in the ley farming system studies in North West Australia. Proceeding, XVIII International Grassland Congress, Winnipeg-Saskatoon. **Canada** 1 (10): 43-44.

Thomas, G.W. and W.W. Frye. 1984. Fertilizer and liming. pp. 87-126. *In* R.E. Phillips and S.H. Phillips, eds. **No-Tillage Agriculture : principle and practices**. Van Nestrand Reinold Copany, New York.

Toojinda, T.M. Sianglew, S. Tragoonurng and A. Vanavichit. 2003. Molecular genetic of submergence tolerance in rice. **Ann. Bot.** 91: 243-253.

Tihomir. C., P. Svetislav, G. Sonja, T. Marijana, A. Luka and S. Branimir. 2005. Effect of storage time on alfalfa seed quality. **Central European. Agri.** 6 (1): 65-68.

Tisdale. S.H., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. **Soil fertility and fertilizers.** 4^{th} ed. Macmillan Publishing Co., New York.

Toutain, B. 1973. **Rincipales plantes fourrageres tropicales cultivess**. Inst. D E; evage Med. Vet. Pays Trop. Note de Synthess, No.3.

Tudsri. S. 1976. **Effects of phosphorus supply and seed bed pre-treatment on the establishment of pasture legumes swon in *Setaria anaps* pasture in southeast Queensland.** M.Ag.Sci, Queenland university, Australia.

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

Verhulst, N., B. Govaerts, E. Verachtert, A. Castellanos-Navarrete, M. Mezzalama, P. Wall, J. Deckers and K. D. Sayre. 2010. Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for sustainable Production Systems?, pp.37-208. *In* R. Lal and B. A. Stewart, eds. **Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality.** CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Vijarnsorn, P. 1984. Skeletal soil of Thailand, pp. F2.1-1-F2.14. *In* **the Fifth ASEAN Soil Conference Vol.1. Dep.of Land Dev., Ministry of Agriculture and Cooperatives**. Bangkok, Thailand.

Walton, P.D. 1984. **Production and Mangement of Cultivated Forage**. Reston Publishing company Inc, Viginia, USA.

Watanabe, I. 1984. Use of green manures in Norteast Asia, p. 239. *In* Y.Sing, B.Sing and C.S.Khind, eds. Nutrient Transformation in Soils Amended with Green Manures. **Advance in Soil Sc**i. 20: 314 p.

Whibread, A.M. and B. Clem. 2004. Grain sorghum production and soil nitrogen dynamics following ley pasture on a vertisol in Queenland, Australia, pp. 115-125. *In* A.M. Whibread and B.C. Pengelly, eds. **Tropical legumes for sustainable farming systems in Southern Africa and Australia. ACIAR Proceedings No.15**. Australia.

Whibread, A. and B. Clem. n.d. **Grain-Graze as sustainable farming system in sub-tropical Queenland**. Available Source: http://cropscience.org.au/icsc2004/symposia/6/3/1238_witbreada.htm, 27 April, 2010.

Whiteney, A.S. 1966. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes and the utilization of legumes fixed nitrogen by their association grasses. **Dissertation Abstr**. 27: 1668 B.

Wilaipon, B., R.C. Gutteridge and K. Chutikul. 1981. Undersowing upland crops with pasture legume In Cassava with *Stylosanthes hamata* cv. Verano. **Thai J.Agric. Sci.** 14: 333.

Wilaipon, B. 1994. Influence of cutting stages on feeding value of Caribbean stylo (*Stylosanthes hamata* cv. Verano). **Thai J. Agric.Sci.** 27: 57-63.

Williams, J.D., D.S. Long and S.B. Wuset. 2011. Capture plateau runoff by global positioning systems-guided seed drill operation. **J. of Soil. and Water Conservation** 66: 355-361.

Wortmann, C.S. and M. Ugen-Adrogu. 1990. The development of a maize-climb bean intercropping system for central Uganda, pp. 347-358. *In* **CIAT Regional. Programe on Beans in Eastern Africa Proceeding 1990**. Colombia.

Yunus, N. 1992. **Green Manure and Nitrogen Fertilizer Effect on Gain Yield of Corn and Srghum on Sustainable Farming through the Use of Legumes as Biofertilizer in Northeast Thailand.** Soil Science Division, Department of Agriculture in cooperation with German Development Service. Bangkhen, Bangkok.

Zhang, X. and P.M. Evans. 2004. Grain yield production in relation to plant growth of wheat and canola following clover pastures in southern Victoria. **Aust. J. Exp. Agric**. 44: 1003-1012.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ตลอดระยะเวลาทำการทดลอง ภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร และข้อมูลภูมิอากาศในรอบ 30 ปี (พ.ศ. 2504-2533) ของจังหวัดสกลนคร

1. ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน (มิลลิเมตร)

เดือน /ปี พ.ศ.	2548	2549	2550	เฉลี่ย 30 ปี
มกราคม	0	0	0	4.4
กุมภาพันธ์	0	3.0	9.0	18.6
มีนาคม	18.0	35.0	9.0	44.9
เมษายน	77.0	101.1	14.5	93.7
พฤษภาคม	221.6	122.0	119.0	235.8
มิถุนายน	428.3	164.0	261.1	273.7
กรกฎาคม	334.7	365.0	149.9	231.1
สิงหาคม	296.6	308.0	417.0	362.0
กันยายน	323.6	74.0	426.5	232.7
ตุลาคม	13.2	119.0	283.5	80.3
พฤศจิกายน	6.7	0	7.1	7.1
ธันวาคม	0	0	0	2.4
รวม (มม./ปี)	1,719.4	1,291.0	1,695.6	1,586.7
เฉลี่ย(มม./เดือน)	143.3	107.6	141.3	132.2

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

2. อุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุด (องศาเซลเซียส))

เดือน /ปี พ.ศ.	2548		2549		2550	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
มกราคม	36.1	9.6	35.8	11.6	32.5	11.5
กุมภาพันธ์	38.8	16.0	37.5	16.6	36.8	10.3
มีนาคม	39.4	12.4	39.2	14.8	39.1	18.5
เมษายน	40.6	19.5	38.6	20.0	40.7	19.3
พฤษภาคม	39.4	23.3	36.6	20.1	38.4	22.3
มิถุนายน	35.4	23.4	37.5	24.0	36.8	23.2
กรกฎาคม	35.6	23.7	34.4	23.7	35.5	22.6
สิงหาคม	33.8	23.0	33.0	23.5	35.0	23.3
กันยายน	33.6	22.3	35.0	21.2	34.9	21.1
ตุลาคม	33.7	20.0	33.0	20.1	32.3	19.6
พฤศจิกายน	34.5	13.7	34.7	16.7	30.8	12.4
ธันวาคม	33.4	11.0	32.4	10.2	34.3	13.5

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

3. อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)

เดือน /ปี พ.ศ.	อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส)			
	2548	2549	2550	เฉลี่ย 30 ปี
มกราคม	22.8	22.9	21.6	22.0
กุมภาพันธ์	27.2	25.1	24.4	24.3
มีนาคม	26.2	27.6	27.3	27.2
เมษายน	29.6	28.7	28.2	29.0
พฤษภาคม	30.1	28.1	28.5	28.2
มิถุนายน	28.4	29.2	28.7	27.9
กรกฎาคม	27.8	27.9	28.6	27.7
สิงหาคม	27.5	27.3	28.1	27.2
กันยายน	28.1	27.5	28.4	27.1
ตุลาคม	27.2	26.6	26.8	26.4
พฤศจิกายน	25.5	26.3	22.8	24.3
ธันวาคม	21.9	22.2	23.8	21.9
เฉลี่ย	26.9	26.6	26.4	26.1

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

4. ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)

เดือน /ปี พ.ศ.	2548	2549	2550	เฉลี่ย 30 ปี
มกราคม	61.9	63.5	65.1	66.0
กุมภาพันธ์	56.0	62.8	61.7	64.0
มีนาคม	58.1	62.4	68.1	62.0
เมษายน	66.1	69.1	60.7	67.0
พฤษภาคม	75.5	73.5	71.1	77.0
มิถุนายน	81.5	75.7	79.4	81.0
กรกฎาคม	82.9	81.3	78.0	80.0
สิงหาคม	84.4	84.9	84.1	83.0
กันยายน	84.0	78.9	82.6	82.0
ตุลาคม	73.3	78.7	78.8	75.0
พฤศจิกายน	72.4	73.2	68.7	70.0
ธันวาคม	64.3	68.2	70.1	68.0
เฉลี่ย	71.7	72.7	72.4	72.9

ตารางผนวกที่ 2 ชนิดพืชธรรมชาติที่เจริญเติบโตในแปลงควบคุม (T1) ในระบบการปลูกพืชร่วมโดยไม่ไถพรวนดิน บนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย

ชนิดพืชธรรมชาติ	Family
ใบแคบ (Narrow leaf weed)	
1. หญ้าแพรก *(Cynodon dactylon* L. Pers.)	Poaceae
2. หญ้าตีนนก *(Eleusine indica* (L.) Gaerth.)	Poaceae
3. หญ้าตีนกา *(Brachiaria distachya* (L.) Stapf**)**	Poaceae
4. หญ้าตีนติด *(B. Reptans* (L.) Gard.&CE.Hubb.	Poaceae
5. หญ้าปากควาย*(Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd.)	Poaceae
6. หญ้านกสีชมพู *(Echinocloa colona* (L.) Link)	Poaceae
7. หญ้าพะงอเงี้ยว *(Dichanthium annulatum* (Forssk.) Stapt.)	Poaceae
8. หญ้าปล้องข้าวนก *(Digitaria adcendens*(H.B.K.)Henr.)	Poaceae
9. หญ้าตีนนกเล็ก (*D. longiflora* (Retz.) Pers.)	Poaceae
10. หญ้าเจ้าชู้ (*Chrysopogon aciculatus* (Retz) Trin.)	Poaceae
11. หญ้าดอกห่าง (*Setaria flavidum* (Retz) A.Camus)	Poaceae
12. หญ้าลังกา (*Eragrostis malayana* Stapf.)	Poaceae
13. แห้วหมู (*Cyperus rotundus* L.)	Cyperaceae
14. กกทราย (*C. iria* L.)	Cyperaceae
ใบกว้าง (Broad leaf weed)	
1. ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens* L.)	Asteraceae
2. ผักละออง (*Vernonia cinerea* (L.) Less.)	Asteraceae
3. สาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) R.M.King & H.Robin	Asteraceae
4. ผักเสี้ยนผี (*Cleome viscose* (L.))	Capparaceae
5. น้ำนมราชสีห์ (*Euphorbia hita* L.)	Euphorbiaceae
6. ไม้กวาด (*Sida acuta* Burm. L.)	Malvaceae
7. หญ้าเขมรเล็ก (*Borreria laevis* (Lamk.) Griseb	Rubiaceae
8. ถั่วลิสงนา (*Alysicarpus vaginalis* (L.) Dc.	Papilionacae
9. เกล็ดหอย (*Desmodium triflorum* (L.) Dc.	Papilionacae
10. ครามขน (*Indigofera hirsute* Linn.)	Papilionacae

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพืชธรรมชาติ	Family
11. ถั่วบันดี (*Centrosema pascuorum* cv. Bundy)	Papilionacae
12. หิ่งเม่น (*Crotalaria mucronata* Dess.)	Papilionacae

ตารางผนวกที่ 3 เกณฑ์ค่าวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการประเมินระดับคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

1. ปฏิกิริยาดินของดิน (soil reaction) , pH (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range)
กรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	< 3.5
กรดรุนแรงมาก (Extremely acid)	3.5-4.5
กรดจัดมาก (Very strong acid)	4.6-5.0
กรดจัด (Strongly acid)	5.1-5.5
กรดปานกลาง (Moderately acid)	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย (Sightly acid)	6.1-6.5
กลาง (Neutral)	6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย (Slightly alkaline)	7.4-7.8
ด่างปานกลาง (Moderately alkaline)	7.9-8.4
ด่างจัด (Strongly alkaline)	8.5-9.0
ด่างจัดมาก (Very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

2. ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ระดับความเค็ม	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเม็น/เมตร)	อิทธิพลต่อพืช
ไม่เค็ม	0-2	ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช
ไม่เค็ม	2- <4	ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช
เค็ม	4 หรือ > 4	พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง
เค็มปานกลาง	4-8	จำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
เค็มมาก	>8-16	พืชทนเค็มเท่านั้นที่จะเจริญเติบโตได้ดี
เค็มมากที่สุด	>16	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548)

3. ระดับต่าง ๆ ของปริมาณอินทรียวัตถุของดิน (Soil organic matter; OM)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (%)
ต่ำมาก (Very low)	< 0.5
ต่ำ (Low)	0.5 – 1.0
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	1.0 – 1.5
ปานกลาง (Moderately)	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง (Moderately high)	2.5 – 3.5
สูง (High)	3.5 – 4.5
สูงมาก (Very high)	> 4.5

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

4. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total nitrogen)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (%)
ต่ำมาก (Very low)	< 0.25
ต่ำ (Low)	0.50 – 0.75
ปานกลาง (Moderately)	0.75 – 1.25
สูง (High)	1.25 – 1.75
สูงมาก (Very high)	> 2.25

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

5. ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity ; CEC)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (%)
ต่ำมาก (Very low)	< 3
ต่ำ (Low)	3 – 5
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	5 – 10
ปานกลาง (Moderately)	10 – 15
ค่อนข้างสูง (Moderately high)	15 – 20
สูง (High)	20 – 30
สูงมาก (Very high)	> 30

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

6. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) (Bray II)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (มก./กก.)
ต่ำมาก (Very low)	< 3
ต่ำ (Low)	3 – 6
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	6 – 10
ปานกลาง (Moderately)	10 – 15
ค่อนข้างสูง (Moderately high)	15 – 25
สูง (High)	25 – 45
สูงมาก (Very high)	> 45

ที่มา: อาทิตย์ (2544)

7. ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (มก./กก.)
ต่ำมาก (Very low)	< 40
ต่ำ (Low)	41 – 70
ปานกลาง (Moderately)	71 – 90
สูง (High)	91 – 120
สูงมาก (Very high)	> 120

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

8. เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน (Soil bulk density)

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (ก./ลบ.ซม.)
ต่ำ (Low)	< 1.2
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	1.2 – 1.4
ปานกลาง (Moderately)	1.4 – 1.6
ค่อนข้างสูง (Moderately high)	1.6 – 1.8
สูง (High)	1.8– 2.0
สูงมาก (Very high)	> 2.0

ที่มา: ภาคภูมิ (2546 ก)

9. ระดับชั้นการซาบซึมของน้ำในดิน

ระดับ (Rating)	พิสัย (Range) (ก./ลบ.ซม.)
ช้ามากที่สุด (Extremely slow)	< 0.025
ช้ามาก (Very slow)	0.025 - 0.25
ช้า (Slow)	0.25 – 2.5
ปานกลาง (Moderate)	2.5 – 25.0
เร็ว (Rapid)	25.0 – 250
เร็วมาก (Very rapid)	> 250

ที่มา: อาทิตย์ (2544)

ตารางผนวกที่ 4 ดัชนีการเกษตร (Agronomic index) ของถั่วอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปลูกทดสอบบนดินลูกรัง ชุดดินโพนพิสัย ในสภาพแวดล้อม จังหวัดสกลนคร ระหว่างเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2548-พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

ชนิด		สภาพแวดล้อมและลักษณะที่ศึกษา [1]										
ถั่วอาหารสัตว์	อายุ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
1. คาวาลเคด	A	7	7	2	4	6	6	4	4	7	8	55
2. เซอราโตร	P	5	7	6	4	6	5	6	4	7	6	56
3. เซนโตร	P	2	4	3	4	6	2	4	4	6	4	39
4. ฮามาต้า	1-2 ปี	6	7	6	4	9	8	6	7	8	10	71
5. ท่าพระสไตโล	2-3 ปี	6	8	6	4	8	5	5	4	8	4	58
6. แลบแลบ	A	9	8	1	3	6	5	5	4	6	1	48

หมายเหตุ ดัชนีการเกษตรให้คะแนน 1 ถึง 10 โดยที่ 0 หมายถึง แย่มาก 5 หมายถึง ปานกลาง และ 10 หมายถึง ดีมาก

[1] ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ศึกษา (ดัดแปลงจาก ประวิตร, ม.ป.ป.)

1 = การงอกและการตั้งตัวในแปลง 2 = การเจริญเติบโตในฤดูฝน

3 = การเจริญเติบโตในฤดูแล้ง 4 = ความทนทานต่อสภาพน้ำท่วมขัง

5 = ความทนทานต่อสภาพดินกรด 6 = ความสามารถในการแข่งขันกับวัชพืช

7 = การเจริญเติบโตร่วมกับพืชหลัก 8 = ความทนทานต่อการตัดและแทะเล็ม

9 = ความชอบและการยอมรับของสัตว์

10 = ความสามารถในการขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด (เมล็ดร่วงลงแปลง)

A = Annual crop ; P = Perennial crop

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวชื่นจิต แก้วกัญญา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 ธันวาคม 2515
สถานที่เกิด	อำเภอศรีเมืองใหม่ จังหวัดอุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี วท.ม. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาอาจารย์สาขาขาดแคลน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2547)