



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่นาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง
Application of Soybean-Corn Intercropping System for Soil
Improvement in Nakae, Ngao, Lampang

โดย

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายศาสตรา ลาดปะละ
คณะ : วิทยาศาสตร์

เมษายน 2558

สัญญาเลขที่

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การประยุกต์ใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่อ้อยโพดเลี้ยงสัตว์
เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง
Application of Soybean-Corn Intercropping System for Soil
Improvement in Nakae, Ngao, Lampang

นายศาสตรา ลาตปะละ คณะวิทยาศาสตร์

ชุดโครงการ วิทยาศาสตร์การเกษตรและการจัดการของเหลือทิ้งจากการปลูกข้าวโพด
ในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง

สนับสนุนโดยมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัยสกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

บทนำ

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง นับเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากถึง 1,300 ไร่ การปลูกจะจำกัดขอบเขตเนื่องจากปัจจุบันนี้จะไม่ให้มีการขยายพื้นที่ปลูก ผลผลิตและผลตอบแทนของเกษตรกรยังไม่สูงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ลงทุนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละรอบการผลิต การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรมีระบบการปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยวทำให้ดินเสื่อมโทรมเนื่องจากมีนายทุนนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมาให้และรับรองการซื้อผลผลิตให้แก่เกษตรกรจึงทำให้ง่ายต่อการปลูก เกษตรกรไม่ต้องปลูกพืชใดเพิ่มก็สามารถขายแล้วได้ผลตอบแทนที่สม่ำเสมอ ขณะเดียวกันการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวของเกษตรกรต้องมีค่าใช้จ่ายในด้านของต้นทุนการผลิตที่สูงบางครั้งไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในการปลูก ทำให้เกษตรกรบางรายมีปัญหาหนี้สินเพิ่มขึ้นและต้องไปทำงานรับจ้างเพิ่มในเมือง ในการเพิ่มคุณค่าของพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ได้มีนักวิจัยได้ทำงานวิจัยหลายเรื่องที่จะทำให้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้ผลตอบแทนที่ดีขึ้นดังเช่นการใช้ระบบการปลูกพืชแซม ดังเช่นการทดลองของยุทธรและคณะ (2530) ที่ได้นำถั่วเหลืองมาปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการปลูกพืชแซมระหว่างข้าวโพด 1 แถว กับถั่วเหลือง 1 แถว และข้าวโพด 1 แถว กับถั่วเหลือง 2 แถวพบว่าให้ค่า Land Equivalent Ratio (LER) และผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกข้าวโพดหรือถั่วเหลืองอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับผลดีของการปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับข้าวโพดเช่น การปลูกข้าวโพดกับถั่วเขียวนางแดง เป็นเวลาติดต่อกัน 3 ปี ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นอีกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตถั่วเขียวนางแดงก็ไม่แตกต่างไปจากที่ปลูกเดี่ยวๆ อีกทั้งยังพบว่าอินทรีย์วัตถุ ธาตุฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในดินเพิ่มขึ้นอีกด้วย

ชุมชนตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งมีอาชีพหลักคือทำการเกษตร โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ประสบปัญหาจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวมาเป็นเวลานาน ทำให้ดินเสื่อมโทรม ผลผลิตลดลง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำระบบการปลูกพืชแซมมาประยุกต์ใช้ โดยการใช้ปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการบำรุงดินให้อุดมสมบูรณ์ ลดการบุกรุกพื้นที่ป่าซึ่งดินมีคุณภาพดีกว่า ทั้งนี้เกษตรกรในพื้นที่ที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยโดยเป็นผู้ร่วมทดลองและเก็บข้อมูลผลการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่มีอาชีพปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไป

ผลการดำเนินงาน

1. การให้ความรู้เรื่องระบบการปลูกพืชแซม การปรับปรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ การเก็บข้อมูลการวิจัย และทำความเข้าใจ สร้างความสนิทสนมกันระหว่างนักวิจัยกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการวิจัยทำให้เกษตรกรมีความเสียสละให้ความร่วมมือในการใช้พื้นที่ดินเพื่อการวิจัย และร่วมมือกันเก็บข้อมูลการวิจัยรวมทั้งดูแลแปลงวิจัย สร้างการมีส่วนร่วมการทำงานวิจัยร่วมกัน

2. รูปแบบการทดลองการปลูกพืชแซม TR1-TR4 เมื่อประเมินผลผลิตด้วยการวัดการเจริญเติบโตด้าน ความสูง ความยาวรอบต้นและน้ำหนักฝัก พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ TR1-TR4 ไม่มีความ แตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง ขณะที่ถั่วเหลืองฝักสดมีน้ำหนัก(g)ของฝักถั่วเหลือง TR4 (4.96a) มี ความแตกต่างกับ TR1(3.11b) และ TR2(3.21b)ขณะเดียวกันการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวรอบต้น ของถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง

3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดิน โดยตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความเป็นกรด-เบส พบว่าชุดดินในพื้นที่วิจัยก่อนการ ทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 1.20%, 5.64 mg/kg และ 62.40 mg/kg. ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.13 และค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.45 เมื่อทำการวิจัยปลูกถั่ว เหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายหลังการวิจัยพบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ลดลงทุกรูปแบบการทดลอง และมีค่าน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพด ขณะที่ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นทุกรูปแบบการทดลองโดยที่ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงที่ เหมาะสมแต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีปริมาณน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสม

4. การศึกษาเชื้อไรโซเบียมที่มีบทบาทในกระบวนการตรึงไนโตรเจนซึ่งอาศัยในปมรากถั่วโดยทำการ แยกเชื้อด้วยเทคนิค streak plate พบว่าสามารถแยกไรโซเบียมได้เป็นโคโลนีเดียวโดยมีรูปร่างโคโลนีที่ แตกต่างกัน 4 โคโลนี และจากการย้อมสีแกรมและเทียบสัณฐานวิทยาพบเชื้อที่มีลักษณะรูปร่างแท่ง ติดสีแกรมลบซึ่งเป็นลักษณะของไรโซเบียม 1 ไออโซเลต

การพัฒนางานวิจัย

มีการประยุกต์ใช้งานวิจัยนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชุมชน เกิดการเรียนรู้ของคนใน ท้องถิ่น ทำให้เกษตรกร องค์การบริหารส่วนตำบล และ นักศึกษา เข้าถึงงานวิจัย การนำผลงานวิจัยมาใช้ให้ เกิดประโยชน์

การพัฒนานักวิจัย

มีการพัฒนาความรู้และประสบการณ์ของนักวิจัย นักศึกษา ในการทำงานวิจัยในพื้นที่ ทำงานร่วมกับ ชุมชน ทำให้มีนักวิจัยและการทำงานวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่เพิ่มขึ้นทั้งด้านจำนวน ความรู้ และประสบการณ์

การพัฒนาระบบการจัดการงานวิจัย

มีการพัฒนาระบบการจัดการงานวิจัยในคณะวิทยาศาสตร์ ทำให้มีการพัฒนาระบบข้อมูล ความรู้ของ พื้นที่ จึงมีโอกาสดังคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จะพัฒนาตนเองสู่การเป็นกลไกวิชาการเพื่อ พัฒนาพื้นที่ให้เข้มแข็ง มีโอกาสเกิดเครือข่ายความร่วมมือทางการวิจัยเพื่อพัฒนาพื้นที่ขึ้นด้วย

ข้อเรียนรู้และทิศทางการดำเนินงานในระยะต่อไป

1. การเปลี่ยนพื้นที่วิจัย มีผลทำให้การทดลองซ้ำและต้องหาพื้นที่วิจัยใหม่ ควรหาพื้นที่และโจทย์วิจัย ที่มาจากความต้องการของเกษตรกร ชุมชน จะทำให้เกษตรกรมีความสนใจร่วมการวิจัย

2. พื้นที่วิจัยลาดชันมากมีผลทำให้ไม่สามารถใช้รถไถได้ และทำให้ต้องใช้ยาฆ่าหญ้าเป็นจำนวนมาก ควรมีการเตรียมพื้นที่วิจัยในช่วงฤดูร้อนโดยใช้เครื่องตัดหญ้าให้สั้นที่สุดเพื่อลดปริมาณหญ้าลงให้มากที่สุดจะส่งผลให้ใช้ยาฆ่าหญ้าปริมาณน้อยลง

3. การปลูกพืชแซม มีการปลูกสลับแถวหรือต้นของระหว่างโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด มีผลทำให้การปลูกทำได้ช้าต้องใช้เวลาในการปลูกมาก ควรมีแรงงานเพียงพอกับการปลูกพืช

4. การงอกของถั่วเหลืองไม่ดีเนื่องจากหลังวันปลูกมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันทำให้เมล็ดพันธุ์เน่าเสียหาย ควรปลูกในช่วงที่ฝนตกแล้วและดินมีความชื้น ควรมีการติดตามการพยากรอากาศอย่างใกล้ชิด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่อ้อยโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปางนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยและคณะวิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกสถานที่ในการทำวิจัย

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง TR1-TR4 และประเมินผลผลิตด้วยการวัดการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวรอบต้นและน้ำหนักฝัก ผลการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ TR1-TR4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง ขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์น้ำหนัก(g)ของฝักข้าวโพด TR4 (4.96a) มีความแตกต่างกับ TR1(3.11b) และ TR2(3.21b) ขณะเดียวกันการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวรอบต้นของข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง

การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดิน โดยส่งตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความเป็นกรด-เบส โดยสำนักงานพัฒนาที่ดินลำปาง ผลการทดลองพบว่าชุดดินในพื้นที่วิจัยก่อนการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 1.20%, 5.64 mg/kg และ 62.40 mg/kg. ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.13 และค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.45 เมื่อทำการวิจัยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายหลังการวิจัยพบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ลดลงทุกรูปแบบการทดลอง และมีค่าน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพด ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นทุกรูปแบบการทดลองโดยที่ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีปริมาณน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสม

อนึ่งการศึกษาเชื้อราโซิเทียมที่มีบทบาทในกระบวนการตรึงไนโตรเจนซึ่งอาศัยในปมรากข้าวโพด โดยทำการแยกเชื้อด้วยเทคนิค streak plate พบว่าสามารถแยกเชื้อราโซิเทียมได้เป็นโคโลนีเดี่ยวโดยมีรูปร่างโคโลนีที่ต่างกัน 4 โคโลนี และจากการย้อมสีแกรมและเทียบสัณฐานวิทยาพบเชื้อที่มีลักษณะรูปร่างแท่ง ติดสีแกรมลบซึ่งเป็นลักษณะของราโซิเทียม 1 ไอโซเลต

คำสำคัญ ระบบการปลูกข้าวโพด ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การปลูกพืชแซม ตำบลนาแก

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	จ
บทที่ 1 บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
แนวคิดของงานวิจัย	3
ตัวแปรในงานวิจัย	3
ขอบเขตงานวิจัย	3
นิยามเชิงศัพท์เฉพาะ	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่วิจัย	5
การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	6
การปลูกถั่วเหลืองฝักสด (Vegetable Soybean)	9
การปลูกพืชแซม	11
การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง	15
จุลินทรีย์ในปมรากถั่ว	16
ส่วนประกอบและคุณภาพของดิน	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	27
วัสดุ/อุปกรณ์	27
อาหารเลี้ยงเชื้อ	27
เครื่องมือที่ใช้	27
สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ	28
วิธีดำเนินการวิจัย	28
พื้นที่วิจัยและการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก	23
การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินเบื้องต้น	23

การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ	23
ระบบการปลูก	23
การประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล	30
การศึกษาเชื้อไรโซเบียมในบมรากถั่ว	31
สรุป จัดทำรูปเล่มและเผยแพร่ผลงานวิจัย	31
บทที่ 4 ผลการวิจัย	32
การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ	32
การเตรียมพื้นที่วิจัย	32
การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด	33
การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินในพื้นที่วิจัย	34
การประเมินผลผลิต	36
การศึกษาเชื้อไรโซเบียมในปมรากถั่ว	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	40
สรุปผลการวิจัย	40
ข้อเสนอแนะ	41
บรรณานุกรม	42
ภาคผนวก	44

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 การปลูกถั่วฝักยาวแซมต้นยางพารา	14
ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ของ <i>Rhizobium trifolii</i>	16
ภาพที่ 2.3 ปมที่รากและลำต้นพืช	17
ภาพที่ 2.4 การเข้าสู่รากพืชของไรโซเบียม	18
ภาพที่ 2.5 ปมรากถั่ว	19
ภาพที่ 2.6 ไรโซเบียมสายพันธุ์ต่างๆที่แยกจากปมรากของถั่วพุ่ม (cowpea ; <i>Vigna unguiculata</i>)	20
ภาพที่ 2.7 หัวเชื้อผงสำเร็จรูป	20
ภาพที่ 2.8 การผสมหัวเชื้อไรโซเบียมกับเมล็ดถั่ว	21
ภาพที่ 3.1 แบบแผนการทดลองที่ได้ออกแบบการทดลองไว้	29
ภาพที่ 4.1 การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมวิจัย	32
ภาพที่ 4.2 การเตรียมพื้นที่วิจัย บ้านแม่ฮ่าง ต. นาแก อ. งาว จ. ลำปาง	33
ภาพที่ 4.3 นักวิจัยและเกษตรกรผู้ร่วมโครงการทำการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยง สัตว์และถั่วเหลืองฝักสดตามรูปแบบการทดลอง TR1-TR4	34
ภาพที่ 4.4 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์	35
ภาพที่ 4.5 การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง	36
ภาพที่ 4.6 การเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 15 วัน	36
ภาพที่ 4.7 การเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 30 วัน	37
ภาพที่ 4.8 การแยกเชื้อไรโซเบียมและการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA	38
ภาพที่ 4.9 รูปร่างและการติดสีแกรมของเชื้อไรโซเบียมที่แยกได้จากปมรากถั่ว	39
ภาพภาคผนวก 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองระยะเก็บเกี่ยว	48
ภาพภาคผนวก 2 การชั่งตัวอย่างดิน	48
ภาพภาคผนวก 3 การอบตัวอย่างดิน	49
ภาพภาคผนวก 4 การบดตัวอย่างดิน	49
ภาพภาคผนวก 5 การร่อนตัวอย่างดิน	49
ภาพภาคผนวก 6 การไทเทรตเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุไนโตรเจน	50
ภาพภาคผนวก 7 การย่อยเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม	50
ภาพภาคผนวก 8 การหาปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัสด้วย UV-spectrophotometer	50
ภาพภาคผนวก 9 การหาปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียมด้วย Atomic absorption	51

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 พันธุ์ข้าวโพดและคุณสมบัติของข้าวโพดที่นิยมปลูก	6
ตาราง 2.2 ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในดินต่างๆ ไปสำหรับการปลูกพืช	22
ตาราง 2.3 เกณฑ์การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน	24
ตาราง 2.4 เกณฑ์การประเมินระดับฟอสฟอรัสในดิน	25
ตาราง 2.5 เกณฑ์การประเมินระดับโพแทสเซียมในดิน	25
ตาราง 4.1 ค่าคุณสมบัติของดินก่อนและหลังทำการวิจัย	35
ตาราง 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด	38
ตารางภาคผนวก1 ข้อมูลความสูงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 15 วัน	45
ตารางภาคผนวก2 ข้อมูลเส้นรอบวงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 15 วัน	45
ตารางภาคผนวก3 ข้อมูลความสูงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 30 วัน	46
ตารางภาคผนวก4 ข้อมูลเส้นรอบวงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 30 วัน	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง นับเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากถึง 1,300 ไร่ การปลูกจะจำกัดขอบเขตเนื่องจากปัจจุบันนี้จะไม่ให้มีการขยายพื้นที่ปลูก ผลผลิตและผลตอบแทนของเกษตรกรยังไม่สูงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ลงทุนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละรอบการผลิต การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรมีระบบการปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยวทำให้ดินเสื่อมโทรม เนื่องจากมีนายทุนนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมาให้และรับรองการซื้อผลผลิตให้แก่เกษตรกรจึงทำให้ง่ายต่อการปลูก เกษตรกรไม่ต้องปลูกพืชใดเพิ่มก็สามารถขายแล้วได้ผลตอบแทนที่สม่ำเสมอ ขณะเดียวกันการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวของเกษตรกรต้องมีการใช้จ่ายในด้านของต้นทุนการผลิตที่สูงบางครั้งไม่คุ้มค่ากับการลงทุนในการปลูก ทำให้เกษตรกรบางส่วนมีปัญหาหนี้สินเพิ่มขึ้นและต้องไปทำงานรับจ้างเพิ่มในเมือง ในการเพิ่มคุณค่าของพื้นที่ที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ได้มีนักวิจัยได้ทำงานวิจัยหลายเรื่องที่จะทำให้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้ผลตอบแทนที่ดีขึ้นดังเช่นการใช้ระบบการปลูกพืชแซม ดังเช่นการทดลองของยงยุทธ และคณะ (2530) ที่ได้นำถั่วเหลืองมาปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าการปลูกพืชแซมระหว่างข้าวโพด 1 แถว กับถั่วเหลือง 1 แถว และข้าวโพด 1 แถว กับถั่วเหลือง 2 แถวพบว่าให้ค่า Land Equivalent Ratio (LER) และผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกข้าวโพดหรือถั่วเหลืองอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับผลดีของการปลูกพืชตระกูลถั่วร่วมกับหรือหมุนเวียนกับข้าวโพดเช่น การปลูกข้าวโพดกับถั่วเขียวแดง เป็นเวลาติดต่อกัน 3 ปี ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นอีกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตถั่วเขียวแดงก็ไม่แตกต่างไปจากที่ปลูกเดี่ยวๆ อีกทั้งยังพบว่าอินทรีย์วัตถุธาตุฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในดินเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นเกษตรกรสามารถนำถั่วเหลืองฝักสดมาปลูกร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ก็น่าจะมีผลดีหลายประการเช่น การเพิ่มศักยภาพในการใช้พื้นที่ให้กับเกษตรกร ลดความเสี่ยงจากการปลูกพืชใดพืชหนึ่ง ลดการระบาดของอย่างรุนแรงของศัตรูพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง และจะช่วยบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันเนื่องมาจากการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองฝักสดและอินทรีย์วัตถุจากซากต้นและใบของถั่วเหลืองฝักสด

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบปลูกพืชแซมพบว่ามีผลการวิจัยที่ได้ค่อนข้างแปรปรวนเปลี่ยนไปตามสถานที่และภูมิประเทศ ภาวะเศรษฐกิจ แต่ก็พอสรุปได้ว่าการปลูกพืชทั้งสองชนิดร่วมกันในระบบพืชแซมมีแนวโน้มว่าจะให้ผลตอบแทนในแง่รายได้ดีกว่าการปลูกพืชชนิดเดียว อีกทั้งการปลูกพืชแซมด้วยพืชตระกูลถั่วยังเป็นการเพิ่มแร่ธาตุอาหารในดิน แก้ปัญหาดินเสื่อมโทรมที่เป็นผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงเนื่องจากการปลูกพืชชนิดเดียวมาเป็นเวลานาน ดังนั้นจึงจะเห็นได้ว่าควรที่จะมีการศึกษาในรายละเอียดถึงวิธีการปลูกพืชทั้งสองชนิดร่วมกันในระบบพืชแซม โดยมุ่งเน้น

ไปหารูปแบบและวิธีการปลูกที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตของพืชทั้งสอง ตลอดจนรูปแบบนั้นควรจะ เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร

การปลูกพืชร่วมระหว่างข้าวโพดและถั่วพุ่ม ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเมื่อประเมินจากน้ำหนักแห้งมีค่าสูงขึ้น โดยพบว่าปัจจัยบางประการ เช่น การสังเคราะห์แสงและความชื้นในดินมีมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวโพดมีคุณภาพดีโดยมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในแปลงเพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณไนโตรเจนในดินที่มีมากขึ้น (Eskandari and Ghanbari, 2009) ทรง เชาว์ และอรรรณพ (2545) ศึกษาผลของรูปแบบการปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด หวานและถั่วเหลืองฝักสด ในระบบการปลูกข้าวโพดหวานร่วมกับถั่วเหลืองฝักสด โดยได้ทำการ ทดลองทั้งหมด 8 รูปแบบพบว่า ผลผลิตของข้าวโพดหวานกับถั่วเหลืองฝักสดในระบบการปลูก TR1 (ปลูกข้าวโพดหวานโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดระหว่างกลางแถวข้าวโพดหวาน โดยใช้ระยะระหว่างหลุมปลูก 25 เซนติเมตร ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดหวาน : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 19,200 ต้น/ไร่) และรูปแบบ TR2 (ปลูกข้าวโพดหวานโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะ ระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดในแถวเดียวกันโดยแทรก ระหว่างต้นข้าวโพดหวาน ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดหวาน : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 25,122 ต้น/ไร่) โดยรูปแบบ TR1 และ TR2 ให้รายได้รวม 14,029 และ 15,005 บาท/ไร่ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งปลูกข้าวโพดหวานอย่างเดียวและถั่วเหลืองฝักสดอย่างเดียวให้ รายได้รวมเท่ากับ 9,560 และ 8,410 บาทตามลำดับ

ชุมชนตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ซึ่งมีอาชีพหลักคือทำการเกษตร โดยเฉพาะการ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญ ประสบปัญหาจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวมาเป็นเวลานาน ทำให้ดินเสื่อมโทรม ผลผลิตลดลง ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้นำระบบการปลูกพืชแซมมาประยุกต์ใช้ โดย ใช้การปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง มี วัตถุประสงค์หลักเพื่อการบำรุงดินให้อุดมสมบูรณ์ ลดการบุกรุกพื้นที่ป่าซึ่งดินมีคุณภาพดีกว่า ทั้งนี้ เกษตรกรในพื้นที่มีส่วนร่วมในงานวิจัยโดยเป็นผู้ร่วมทดลองและเก็บข้อมูลผลการทดลอง เพื่อเป็นแนว ทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่มีอาชีพปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อไป

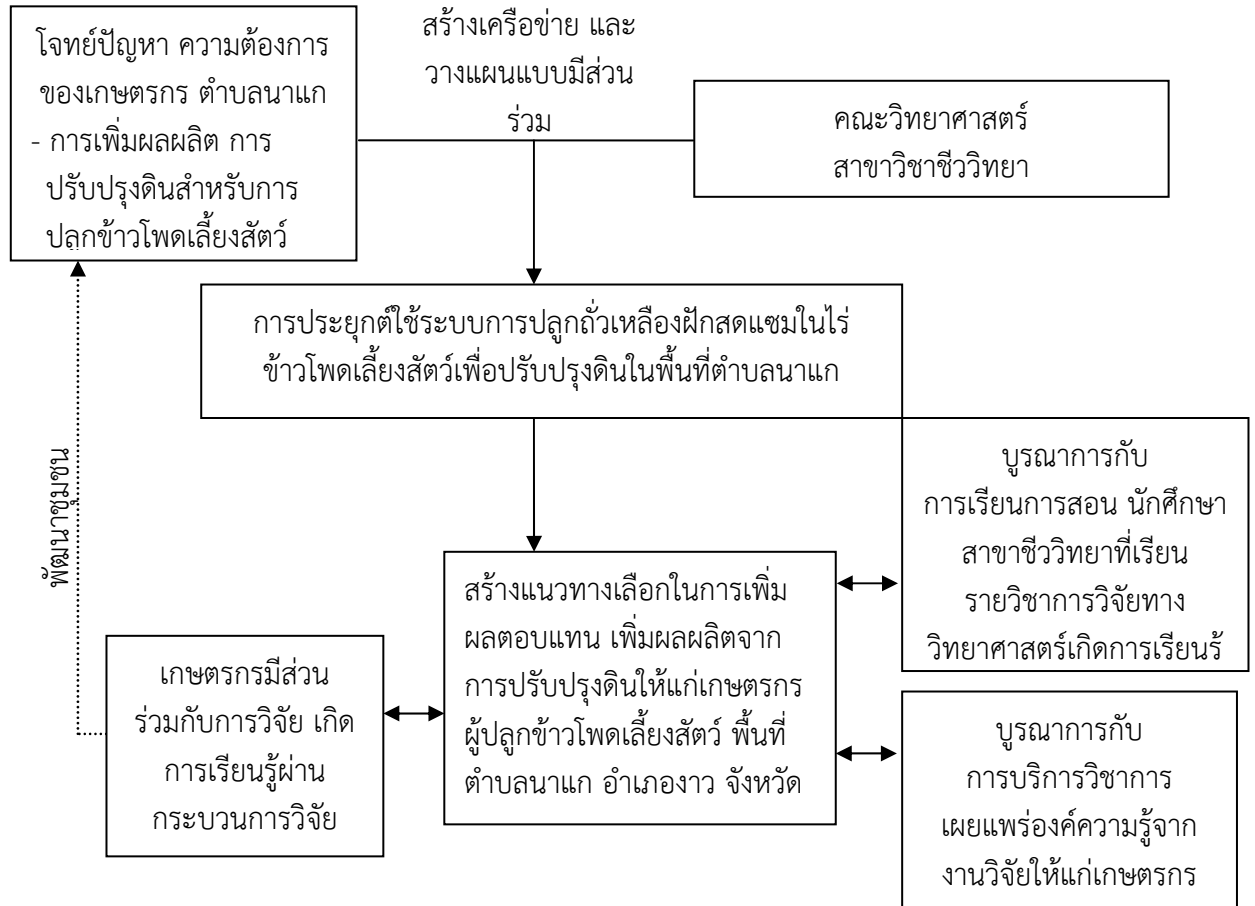
1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ตำบล นาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง

1.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพของดินจากผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์

1.3 แนวคิดของงานวิจัย

สรุปเป็นแผนภาพได้ดังนี้



1.4 ตัวแปรในงานวิจัย

ตัวแปรต้น ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตัวแปรตาม คุณภาพของดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง

ตัวแปรควบคุม ระยะห่างระหว่างต้นและแถวของการปลูกพืช ช่วงเวลาในการวัดการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1.5.1 ด้านเนื้อหา ประยุกต์ใช้รูปแบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยรูปแบบการปลูกได้มาจากงานวิจัยของ ทรงเชาว์และอรอนพ (2545) ทำการทดลองในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร เป็นผู้ทดลองและเก็บข้อมูลผลการทดลอง

การประเมินคุณภาพของดินจากผลผลิตของถั่วเหลืองและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ทำการศึกษาข้อมูลน้ำหนักรากและแห้ง ความสูง ของถั่วเหลืองและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.5.2 ด้านระยะเวลา ใช้เวลาในการศึกษา 12 เดือน

1.6 นิยามเชิงศัพท์เฉพาะ

คุณภาพดิน หมายถึง ดินในพื้นที่บ้านแม่ฮ้าง ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ทำการ
ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ปริมาณ
อินทรีย์วัตถุ และค่าความเป็นกรด-เบส โดยส่งตัวอย่างตรวจที่สำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดลำปาง

ข้าวโพด หมายถึง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใช้พันธุ์ลูกผสมแปซิฟิก ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านขายสินค้า
การเกษตรทั่วไปโดยนำมาปลูกลงในแปลงของเกษตรกรในพื้นที่บ้านแม่ฮ้าง ตำบลนาแก อำเภองาว
จังหวัดลำปาง จำนวนหนึ่งไร่ ซึ่งปลูกลงในแปลงหมายเลข TR1, TR2, TR3

ถั่วเหลือง หมายถึง ถั่วเหลืองที่ใช้ในการปลูกคือพันธุ์เชียงใหม่ 1 เป็นถั่วเหลืองพันธุ์เปิด
โดยเมื่อนำมาปลูกแล้วได้ผลผลิตที่สามารถนำปลูกได้อีก ทนต่อโรคราสนิม ด้านทานต่อโรครา
น้ำค้างและยังสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้กว้าง เหมาะกับทุกสภาพท้องถิ่น โดยทำการ
ปลูกแซมในแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่บ้านแม่ฮ้าง ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง
จำนวนหนึ่งไร่ ซึ่งปลูกลงในแปลงหมายเลข TR1, TR2, TR4

ไรโซเบียม หมายถึง จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียที่อยู่ในปมรากถั่วเหลืองที่ทำการปลูกในแต่
ละแปลงได้แก่ TR1, TR2, TR3, TR4 จากนั้นนำมาศึกษาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาชนิด
จุลินทรีย์ว่าเป็นจุลินทรีย์ชนิดใดและมีคุณสมบัติอย่างไร

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ด้านความรู้ ได้องค์ความรู้ในการใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์ที่เหมาะสม สามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพดินให้ดีขึ้นในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง

1.7.2 ด้านผลผลิต ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในการ
ปรับปรุงคุณภาพดินที่ดีขึ้น

1.7.3 ด้านการพัฒนา พัฒนาระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของ
เกษตรกรเพื่อปรับปรุงคุณภาพดินและเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวโพด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่อ้อยโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปางผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากตำรา เอกสาร วารสาร อินเทอร์เน็ต เพื่อให้ครอบคลุมเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ให้มากที่สุด ในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงผลการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาที่เป็นแนวทาง ในการวิเคราะห์ ดังนี้

- 2.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่วิจัย
- 2.2 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- 2.3 การปลูกถั่วเหลืองฝักสด (Vegetable Soybean)
- 2.4 การปลูกพืชแซม
- 2.5 การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง
- 2.6 จุลินทรีย์ในปมรากถั่ว

2.1 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่วิจัย

ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง เป็นตำบลเก่าแก่มีมานานแล้ว แต่ชื่อนาแกเป็นชื่อใหม่ คือเมื่อมีการตั้งตำบลในสมัยรัชกาลแห่งกรุงรัตนโกสินทร์คนที่อาศัยในเขตนี้เห็นว่าหัวไร่ปลายนามีต้นสะแกมากที่สุด จึงนำคำว่า นา กับต้นสะแก มารวมกันเป็น นาแก สืบมาตราบเท่าทุกวันนี้ โดยตำบลนาแก ได้จัดตั้งเป็นองค์การบริหารส่วนตำบล ตามประกาศลงวันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ. 2539 ตั้งอยู่หมู่ที่ 2 บ้านหนองเหียง ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง อยู่ห่างจากที่ว่าการอำเภองาวเป็นระยะทางประมาณ 2 กิโลเมตร พื้นที่ทั้งหมด 73,973.750 ไร่ หรือ 118.358 ตารางกิโลเมตร แบ่งเขตการปกครองออกเป็น 6 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านทุ่งศาลา หมู่ที่ 2 บ้านหนองเหียง หมู่ที่ 3 บ้านนาแก หมู่ที่ 4 บ้านแม่ฮ้าง หมู่ที่ 5 บ้านแม่แป้น และ หมู่ที่ 6 บ้านสันติสุข มีประชากรรวม 3,738 คน ซึ่งมีรายได้ต่ำ อาชีพหลักของประชากรในชุมชน คือ ทำการเกษตรโดยนิยมปลูกข้าวไร่ และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นับเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากถึง 1,300 ไร่ การปลูกจะจำกัดขอบเขตเนื่องจากปัจจุบันนี้จะไม่ให้มีการขยายพื้นที่ปลูก ผลผลิตและผลตอบแทนของเกษตรกรยังไม่สูงมากเมื่อเทียบกับต้นทุนที่ลงทุนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละรอบการผลิต การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร มีระบบการปลูกแบบพืชเชิงเดี่ยว เนื่องจากมีนายทุนนำเมล็ด

พันธุ์ข้าวโพดมาให้และรับรองการซื้อขายให้แก่เกษตรกรพันธุ์ข้าวโพดที่นิยมปลูกได้แก่พันธุ์แปซิฟิก (องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง, 2556)

2.2 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีชื่อสามัญ Maize, Corn ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays* L. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ความสูงจากระดับน้ำทะเล ไม่เกิน 1,000 เมตร ความลาดเอียงไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 10 ส่วนในล้านส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่น้อยกว่า 60 ส่วนในล้านส่วน การระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.5-7.0 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตประมาณ 25-35 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ 1,000-1,200 มิลลิเมตรต่อปี

พันธุ์ที่นิยมปลูก(ตาราง 2.1) มีอายุเก็บเกี่ยว 100-120 วัน แหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่ จังหวัด นครสวรรค์ ปราจีนบุรี สระบุรี ลพบุรี นครราชสีมา เพชรบูรณ์ สุโขทัย และเลย มี 2 กลุ่ม

1. พันธุ์ลูกผสม เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกประมาณ ร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด มีลักษณะทางการเกษตรสม่ำเสมอ ได้แก่ ขนาดฝัก ความสูงฝัก ความสูงต้น อายุถึงวันออกไหม และเก็บเกี่ยวให้ผลผลิตและคุณภาพสูงกว่าพันธุ์ผสมเปิด จึงเป็นที่ต้องการของตลาด ไม่สามารถเก็บเมล็ดไว้ทำพันธุ์ได้ ทุกพันธุ์ไม่ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง ยกเว้น นครสวรรค์ 72 และสุวรรณ 3851 เมล็ดพันธุ์ราคากิโลกรัมละ 60-90 บาท พันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบัน มี 7 พันธุ์

2. พันธุ์ผสมเปิด ลักษณะทางการเกษตรไม่สม่ำเสมอเมื่อเทียบกับพันธุ์ลูกผสม ต้านทานต่อโรคราน้ำค้าง เมล็ดพันธุ์ราคาถูกกว่าพันธุ์ลูกผสมประมาณ 5 เท่า คือ ราคากิโลกรัมละ 10-20 บาท พันธุ์ที่นิยมปลูก มี 2 พันธุ์

ตาราง 2.1 พันธุ์ข้าวโพดและคุณสมบัติของข้าวโพดที่นิยมปลูก

พันธุ์	ความสูงต้นเฉลี่ย (ซม.)	ความสูงฝักเฉลี่ย (ซม.)	อายุออกไหม* (วัน)	อายุเก็บเกี่ยว(วัน)	ผลผลิต (กก./ไร่)	เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดเฉลี่ย	การเป็นโรค	
							ราน้ำค้าง	ราสนิม
ซีพีดีเค 888	210	120	58	110 - 120	1,000	81	ไม่ต้านทาน	ไม่ต้านทาน
ไพโอเนียร์ 3013	200	110	54	110 - 120	1,100	81	ไม่ต้านทาน	ไม่ต้านทาน
แปซิฟิก 983	190	100	55	110 - 120	1,100	80	ไม่ต้านทาน	ไม่ต้านทาน
คาร์กิล 919	180	100	54	110 - 120	1,100	83	ไม่ต้านทาน	ไม่ต้านทาน
เทพีวินส์ 49	200	100	53	110 - 120	1,100	80	ไม่ต้านทาน	ไม่ต้านทาน

นครสวรรค์ 72	210	100	56	110 - 120	1,100	79	ด้านทาน	ด้านทาน ปานกลาง
สุพรรณ 3851	200	110	54	110 - 120	1,000	79	ด้านทาน	ด้านทาน
สุพรรณ 5	200	110	54	110 - 120	800	78	ด้านทาน	ด้านทาน
นครสวรรค์ 1	190	100	52	110 - 120	700	79	ด้านทาน	ไม่ด้านทาน

* อายุออกใหม่และเกษตรกรผู้ใกล้เคียงกัน

การปลูกข้าวโพด ฤดูการปลูก ต้นฤดูฝน เดือนเมษายน-พฤษภาคม ปลายฤดูฝนเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม การเตรียมดิน ไถด้วยผาลสาม 1 ครั้ง ลี้ก 20-30 เซนติเมตร ตากดิน 7-10 วัน พรุนด้วยผาลเจ็ด 1 ครั้งปรับระดับดินให้สม่ำเสมอ แล้วคราดเก็บเศษซากราก เหง้าหัวและไหลของวัชพืชข้ามปีออกจากแปลง ควรมีการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก ถ้าดินมีความเป็นกรดต่ำกว่า 5.5 ก่อนเตรียมดิน ควรหว่านปูนขาว อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วนทราย และอัตรา 200-400 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินร่วนดินร่วนเหนียว หรือดินเหนียว แล้วไถกลบ ถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ก่อนเตรียมดินให้หว่านปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักที่ย่อยสลายดีแล้ว อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดินเหนียวและดินร่วนเหนียว และอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่สำหรับดินร่วนและดินร่วนทราย หรือหว่านพืชบำรุงดิน เช่น ถั่วเขียว อัตรา 5 กิโลกรัมต่อไร่ หรือ ถั่วแปบ อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบในระยะเริ่มติดฝักหรือหลังเก็บเกี่ยวพืชบำรุงดิน

วิธีการปลูก 1. ปลูกด้วยแรงงานระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร อัตราปลูก 8,500 ต้นต่อไร่ ใช้เมล็ดพันธุ์ 3-4 กิโลกรัมต่อไร่ ใช้จอบขุดเป็นหลุม หรือรถไถเดินตามหรือแทรกเตอร์ติดหัวเปิดร่อง หยอดเมล็ดหลุมละ 1-2 เมล็ด กลบดินให้แน่น เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 14 วันหลังออก ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น 2. ปลูกด้วยเครื่องปลูก ใช้รถแทรกเตอร์ลากจูงเครื่องปลูกพร้อมใส่ปุ๋ยติดท้าย ปรับให้มีระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร จำนวน 1 ต้นต่อหลุม หรืออัตราปลูกประมาณ 10,600 ต้นต่อไร่ ใช้เมล็ด 2-3 กิโลกรัมต่อไร่ โดยไม่ถอนแยก

การดูแลรักษา ดินเหนียวสีดำ ถ้ามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน ถ้าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-20-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่องกันร่องพร้อมปลูก และให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 21-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรุนดินกลบ ดินเหนียวสีแดง ดินเหนียวสีน้ำตาล หรือดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 หรือ 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ร่องกันร่องพร้อมปลูก และให้

ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถว หลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ ดินร่วน หรือดินร่วนทราย ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองกันร่องพร้อมปลูก และปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

โรคที่สำคัญและการป้องกันกำจัด โรคราน้ำค้าง หรือโรคใบลาย ระบาดรุนแรงในระยะต้นอ่อนถึงอายุประมาณ 1 เดือน ทำให้ยอดมีข้อ ต้นแคระแกร็น ใบเป็นทางสีขาว เขียวอ่อน หรือเหลืองอ่อน ไปตามความยาวของใบ พบผงสปอร์สีขาวเป็นจำนวนมากบริเวณใต้ใบในเวลาเช้ามืดที่มีความชื้นสูง ถ้าระบาดรุนแรงต้นจะแห้งตาย แต่ถ้าต้นอยู่รอดจะไม่ออกฝักหรือติดฝักแต่ไม่มีเมล็ด ควรคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วย เมตาแลกซิล อัตรา 7 กรัม/เมล็ด 1 กก.

โรคราสนิม เกิดได้แทบทุกส่วนของต้นข้าวโพด ระยะแรกพบจุดนูน สีน้ำตาลแดง ขนาด 0.2-1.3 มิลลิเมตร ต่อมาแผลจะแตกเห็นเป็นผงสีสนิม ถ้าระบาดรุนแรงจะทำให้ใบแห้งตาย ในแหล่งที่มีโรคระบาดให้ปลูกพันธุ์ต้านทาน ได้แก่ นครสวรรค์ 72 สุวรรณ 3851 หรือสุวรรณ 5 หลีกเลี่ยงการปลูกข้าวโพดหวาน ข้าวโพดข้าวเหนียวซึ่งอ่อนแอต่อโรคและเป็นแหล่งสะสมของเชื้อโรค

แมลงศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด หนอนเจาะลำต้นข้าวโพด เจาะเข้าทำลายส่วนยอดช่อดอกตัวผู้ และลำต้น ทำให้ต้นชะงักการเจริญเติบโต หักล้มง่าย เมื่อมีการระบาดรุนแรงจะเข้าทำลายฝัก พบการทำลายในแหล่งปลูกทั่วไป การป้องกันกำจัด พ่นสารไซเพอร์เมทริน (15% อีซี) 10 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตรและไตรฟลูมูรอน (25% ดับบลิวพี) 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

หนอนกระทู้หอม หนอนกัดกินทุกส่วนในระยะต้นอ่อน จะทำความเสียหายรุนแรงเมื่อหนอนมีความยาวตั้งแต่ 2 เซนติเมตร หากจำเป็นให้พ่นสารนิวเคลียร์โพลิฮิโดรซิสไวรัส 20-30 มล./น้ำ 20 ลิตร และเบตาไซฟลูทริน(2.5% อีซี) 40 มล./น้ำ 20 ลิตร

มอดดิน กัดกินใบตั้งแต่เริ่มงอกถึงอายุประมาณ 14 วัน ทำให้ต้นอ่อนตาย หรือชะงักการเจริญเติบโต ต้นที่รอดตายจะเก็บเกี่ยวได้ล่าช้า ควรคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วย อิมิดาโคลพริด (70% ดับบลิวเอส) 5 กรัม/เมล็ด 1 กก./น้ำ 20 ลิตร

สัตว์ศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด หนู ทำลายตั้งแต่เริ่มเป็นฝักอ่อนจนถึงเก็บเกี่ยว สกุลหนูทุกชนิดโคนต้นให้ล้มแล้วกัดกินฝัก สกุลหนูท้องขาว ได้แก่ หนูบ้านท้องขาว หนูนาใหญ่ หนูนาเล็ก และสกุลหนูหริ่งปิ่นกัดแทะฝักบนต้น การป้องกันกำจัด หากทำความเสียหายอย่างรุนแรงให้ใช้วิธีป้องกันกำจัดแบบผสมผสาน คือ ใช้กรงดักหรือกับดัก ร่วมกับการใช้เหยื่อพิษ

การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่จัด หรือแห้งหมดทั้งแปลงแล้ว 7 วัน เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 23 ถ้าต้องการใช้พื้นที่ปลูกพืชอื่นตามข้าวโพด ควรเก็บเกี่ยวเมื่อใบข้าวโพดเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าวทั้งแปลง เมล็ดจะมีความชื้นประมาณ ร้อยละ 25 ไม่ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลัง

ฝนตก เพราะเมล็ดจะมีความชื้นสูง ควรปล่อยให้ฝักและต้นข้าวโพดแห้งก่อน ใช้ไม้หรือเหล็กแหลมแทงปลายฝัก ปอกเปลือก แล้วหักฝักข้าวโพดใส่กระสอบ นำไปเทกองรวมไว้ในยุ้งฉางหรือใช้เครื่องเก็บเกี่ยว (दाराररण त्वीकृद्वरुगुल, 2556)

2.3 การปลูกถั่วเหลืองฝักสด (Vegetable Soybean)

ถั่วเหลืองฝักสดหรือถั่วแระญี่ปุ่นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glycinemax*(L.)Merr. เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศพืชหนึ่งสามารถขึ้นได้ดีในสภาพดินฟ้าอากาศของ ประเทศไทย ทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งเป็นพืชที่ให้โปรตีนสูง และราคาถูกเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์เป็นถั่วเหลืองที่มีฝักขนาดใหญ่ เมล็ดมีขนาดใหญ่กว่าถั่วเหลืองธรรมดาประมาณ 2 เท่า บริเวณเมล็ดในระยะเมล็ดเต็มที่แต่ฝักยังมีสีเขียวอยู่ อายุเก็บเกี่ยวฝักสดประมาณ 65-75 วัน หลังจากหยอดเมล็ดเป็นพืชอายุปีเดียว สูงประมาณ 30-70 เซนติเมตร ปลูกได้ตลอดทั้งปี ให้ผลผลิตสูงในฤดูฝน-ฤดูหนาว นิยมบริเวณฝักสดเป็นอาหารว่าง โดยต้มทั้งฝักในน้ำเดือดใช้ระยะเวลาสั้นเพียง 5-6 นาที โรยเกลือเล็กน้อยเพื่อเพิ่มรสชาติ หรือแกะเมล็ดออกจากฝักนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ผัดกับกุ้ง แกงส้ม ข้าวผัด และใช้แทนถั่วลันเตากระป๋อง นอกจากนี้ถั่วเหลืองฝักสดยังเป็นพืชที่ให้ ผลตอบแทนอยู่ในเกณฑ์ดีสามารถปลูกได้ตลอดปีในสภาพที่อากาศไม่ร้อนจัดหรือเย็นจัดเกินไป จึงน่าจะเป็นพืชทางเลือกใหม่ที่จะเสริมรายได้ให้แก่เกษตรกรในระยะสั้น รวมทั้งเป็นการฝึกให้เกษตรกรมีความรู้ความชำนาญในการผลิตถั่วเหลืองฝักสดเพื่อเป็น แนวทางไปสู่การผลิตเพื่อการส่งออกในอนาคต

แหล่งปลูกในประเทศไทย ได้แก่ ภาคเหนือ และภาคกลาง เช่น สุโขทัย เชียงใหม่ เพชรบูรณ์ พิจิตร พิษณุโลก แพร่ ลำปาง ตาก กำแพงเพชร ลพบุรี สระบุรี ชัยนาท สิงห์บุรี อ่างทอง กาญจนบุรี ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นแหล่งที่มีสภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม สามารถกระจายเนื้อที่ปลูกให้กว้างออกไปได้อีก ส่วนจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดเลย นครราชสีมา ขอนแก่น อุดรธานี อุบลราชธานี มหาสารคาม หนองคาย ซึ่งเป็นแหล่งที่มีน้ำสำหรับปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งได้ หรือจะปลูกในฤดูฝน โดยใช้เป็นพืชหมุนเวียนกับพืชชนิดอื่น เช่น ปอ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฯลฯ เนื่องจากถั่วเหลืองเป็นพืชที่ตลาดภายในประเทศมีความต้องการมากประกอบกับสามารถใช้เป็นพืชบำรุงดินได้ดี ฉะนั้นควรจะส่งเสริมการปลูกให้แพร่หลายมากยิ่งขึ้น โดยขยายเนื้อที่ปลูก ใช้เมล็ดพันธุ์ดี มีการใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก รวมทั้งการปฏิบัติดูแลรักษาที่ดี จะเป็นการเพิ่มผลผลิตได้มาก

พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสด พันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดที่ใช้ปลูกมี 2 ประเภท คือ 1) พันธุ์ที่ใช้บริเวณภายในประเทศ คือ พันธุ์เชียงใหม่ 1 มีดอกสีม่วง ขนสีขาว อายุเก็บเกี่ยวฝักสด 75-78 วัน ผลผลิตฝักสดประมาณ 850 กิโลกรัม/ไร่ ต้นและฝักสดประมาณ 1,500 กิโลกรัม/ไร่ 2) พันธุ์ที่ใช้เพื่อการส่งออก มี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ เอ จี เอส 292 มีดอกสีม่วง ขนสีขาว อายุเก็บเกี่ยวฝักสด 62-65 วัน ผลผลิตฝักสด

ประมาณ 800 กิโลกรัม/ไร่ และพันธุ์ 75 มีดอกสีขาว ขนสีขาว อายุเก็บเกี่ยว ฝักสด 65-68 วันผลผลิต ฝักสดประมาณ 750 กิโลกรัม/ไร่

การปลูกถั่วเหลือง ควรเลือกพื้นที่ที่มีน้ำสมบูรณ์ มีการระบายน้ำดี ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มีความเป็นกรดเป็นด่าง ระหว่าง 6.0-6.5 อุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 15-30 องศาเซลเซียส ระยะเวลาปลูกที่เหมาะสม ฤดูฝนตั้งแต่ปลายเดือนเมษายน ถึงต้นเดือนมิถุนายน สามารถปลูกในนา ก่อนที่จะปลูกข้าวนาปีได้ ปลายฤดูฝน ปลูกในเดือนสิงหาคม ฤดูแล้งตั้งแต่กลางเดือนธันวาคมถึง กลางเดือนมกราคม การเตรียมดิน ไถดิน 2 ครั้ง ใส่ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอก 1.5-2 ตัน ต่อไร่ ไถพรวนย่อย ดิน ยกแปลงปลูกให้สันแปลงกว้าง 1.20 เมตร เว้นทางเดินหรือร่องน้ำกว้างประมาณ 30 เซนติเมตร ความยาวตามพื้นที่ วิธีการปลูกคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองฝักสดด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อรา คือ สารแมนโค เซบ อัตรา 1-2 กรัม/เมล็ด 1 กิโลกรัม หรือใช้พอรอนอัตรา 7 กรัม/เมล็ด 1 กิโลกรัม และคลุกเชื้อไร โซเปียม อัตรา 1 ถัง/เมล็ดพันธุ์ 15 กิโลกรัม หยอดเมล็ดหลุมละ 3-4 เมล็ด บนแปลงระยะระหว่างหลุม 20-25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 40 เซนติเมตร ลึกประมาณ 2-3 เซนติเมตร กลบด้วยดินหรือขี้เถ้า กลบขึ้น แล้วคลุมด้วยฟาง (ฟางจะช่วยเก็บความชื้น คลุมวัชพืช และย่อยสลายเป็นปุ๋ยในดิน)

การดูแลรักษา การให้น้ำ ให้น้ำก่อนปลูกแล้วทิ้งไว้ 1 วัน เพื่อให้แปลงปลูกมีความชุ่มชื้น เพียงพอต่อการงอกของเมล็ดโดยไม่แฉะเกินไป ครั้งต่อไปจะให้ น้ำเมื่อถั่วอายุ 10 วัน หลังจากนั้น พิจารณาจากความชุ่มชื้นของดินโดยให้น้ำหลังจากการใส่ปุ๋ยเคมีทุกครั้ง การใส่ปุ๋ย ควรใส่ปุ๋ยประมาณ 4 ครั้ง ดังนี้ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 หรือ 0-46-0 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ พร้อมปลูกขึ้นอยู่ กับความสมบูรณ์ของดิน ครั้งที่ 2 ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 หรือ 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อ ถั่วเหลืองฝักสดอายุ 10-14 วันครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 13-13-21 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อถั่ว เหลืองฝักสดอายุ 20-25 วัน โดยโรยข้างแถวห่างโคนต้นประมาณ 1 ฝ่ามือครั้งที่ 4 ใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อถั่วเหลืองอายุ 45-55 วัน ช่วยให้ฝักสดเต่งและสมบูรณ์

การป้องกันกำจัดศัตรูพืช วัชพืช ควรมีการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดังนี้ ครั้งแรกพ่นสารเคมี คุมวัชพืชอะลาคลอร์หลังปลูกทันที ในขณะที่ดินมีความชื้นจะช่วยคุมวัชพืชได้ดี ครั้งต่อไปถ้ามีวัชพืช ควรกำจัดโดยใช้แรงงานคนโรคที่พบ ได้แก่ โรคใบจุดนูน แอนแทรคโนส ราสนิม และราน้ำค้าง แต่ไม่ ระบาดรุนแรง จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีหากมีการระบาดรุนแรงจึงควรใช้ตามความจำเป็น

แมลงศัตรูที่สำคัญมีหลายชนิด ในการป้องกันกำจัดจึงควรสำรวจตรวจนับแมลงเป็นประจำ เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมี หากมีความจำเป็นควรใช้ดังนี้ หนอนแมลงวันเจาะต้นถั่ว ต้องป้องกันทันที เมื่อถั่วอายุ 7-10 วัน โดยพ่นด้วยสารไดธอไซฟอส อัตรา 40 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือไดเมโทเอท อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร แมลงหริ่ง จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบถั่วเป็นพาหนะนำโรคใบยอดย่น ป้องกันโดยใช้ สารอิมิดาโคลพริด อัตรา 40 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร หรือใช้สารเอ็นโดซัลแฟน อัตรา 40 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร เมื่อ

ถั่วมีใบจริง 2-5 ใบ หนอนเจาะฝัก จะกัดกินดอกและเจาะฝักกินเมล็ดอ่อน ป้องกันโดยใช้สารแลนเนท อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร มวนเขียวถั่ว จะดูดกินน้ำเลี้ยงถั่วที่ฝักอ่อนทำให้ฝักถั่วลีบ ป้องกันโดยใช้สาร ไตรอะโซฟอส หรือเมทาไมโดฟอส อัตรา 40 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร

การเก็บเกี่ยว เก็บเกี่ยวช่วงที่ฝักเต่งประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของต้น โดยฝักยังมีสีเขียวอยู่ โดยเก็บเกี่ยวต้นนำไปเด็ดฝักออก หรือเด็ดใบออกเหลือต้นและฝักสำหรับบริโภคภายใน และเก็บเกี่ยว เฉพาะฝักเกรดเอ สำหรับการส่งโรงงานเพื่อการส่งออก

ต้นทุน/ผลตอบแทนต้นทุนการผลิต ค่าเตรียมดิน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก ปุ๋ยเคมี สารเคมีกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชรวมทั้งสิ้น ประมาณ 4,500 บาท/ไร่ ขายผลผลิตได้ประมาณ 7,000 บาท/ไร่ จะได้ผลตอบแทนสุทธิประมาณ 3,000 บาท/ไร่ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556)

2.4 การปลูกพืชแซม

ความสำคัญของระบบการปลูกพืชแซม ระบบการปลูกพืชแซม หรือ พืช ร่วม (intercropping) เป็นระบบการปลูกพืชวิธีการหนึ่งที่เหมาะสมกับประเทศที่มีประชากรต่อพื้นที่เพาะปลูกค่อนข้างสูงทำให้พื้นที่ฟาร์มจำกัด เกษตรกรจำเป็นต้องใช้พื้นที่ผลิตพืชอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งระบบการปลูกพืชร่วมนี้สามารถช่วยให้การใช้ที่ดินและแรงงานได้ดีมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และสามารถใช้ทรัพยากรธรรมชาติได้แก่ แสง ธาตุอาหาร น้ำ และอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยง ความเสียหายต่อการลงทุนของเกษตรกร อันเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม และการทำลายของโรคและแมลง (Norman, 1974, Okigbo, 1978) ในระบบการปลูกพืชร่วม ถ้าพืชที่ปลูกร่วมกันนั้นมีลักษณะทางด้านวัฏจักรของการเจริญเติบโต(growth cycle) แตกต่างกันมากๆ กรณีเช่นนี้ผลรวมที่ได้รับจากการปลูกพืชร่วมจะดีกว่าการปลูกพืชแต่ละชนิดแยกกัน เพราะจะทำให้ขอบเขตของการใช้ทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพกว้างขวางที่สุด (Willey, 1979) อย่างไรก็ตามระบบการปลูกพืชร่วมเป็นการปลูกพืชที่มีการแข่งขัน ปัจจัยการเจริญเติบโตระหว่างพืชมีมากที่สุดโดยการแข่งขันต่อปัจจัยการเจริญเติบโตนั้นเกิดขึ้นเนื่องมาจากพืชทั้งสองหรือมากกว่าสองชนิดที่นำมาปลูกร่วมกันในเวลาเดียวกัน(competition in time) และการปลูกในพื้นที่จำกัดเดียวกัน(competition in space) เช่นการเจริญเติบโตของรากสองชนิดในบริเวณเดียวกัน การเจริญเติบโตของทรงพุ่มสองประเภทในบริเวณเดียวกัน (Krishnamoorthy, 1980) โดยทั่วไปการแข่งขันต่อปัจจัยการเจริญเติบโตของพืชมีดังนี้

1. การแข่งขันเพื่อใช้ธาตุอาหาร อัตราการสะสมน้ำหนักรวมเกี่ยวข้องกับการดูดซับธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง การแข่งขันธาตุอาหารจะเกิดขึ้นในกรณีที่ดินปลูกพืชมีธาตุอาหารจำกัด

2. การแข่งขันเพื่อการใช้ น้ำ มักจะเกิดพร้อมกับการแข่งขันดูดธาตุอาหารและความต้องการปริมาณแสงแดดที่เพียงพอ เมื่อมีการแข่งขันเพื่อต้องการปริมาณน้ำและอาหารเพิ่มขึ้น การเจริญเติบโตก็就会被จำกัด การแข่งขันเพื่อแสงแดดก็จะลดลงหรืออาจกล่าวได้ว่าถ้า น้ำและธาตุอาหารไม่ใช่ปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโต การแข่งขันเพื่อแสงแดดก็จะเกิดขึ้นเพราะเกิดการบังเงาระหว่างใบพืช

3. การแข่งขันเพื่อใช้แสง จะเกิดขึ้นเกือบตลอดเวลา ยกเว้นพืชที่กำลังออก หรือในบริเวณที่แห้งแล้งที่จำนวนต้องพืชต่อพื้นที่ถูกจำกัดโดยการขาดน้ำ การแข่งขันในการใช้แสงของพืชนั้นมี 2 ลักษณะคือ การแข่งขันกันระหว่างต้น (interplant competition) และการแข่งขันภายในต้น (intraplant competition) การแข่งขันจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องคือ ความหนาแน่นของพืชที่ปลูก (plant density) ดังนั้นต้องมีการจัดการให้พืชที่ปลูกมีความหนาแน่นที่เหมาะสม นอกจากนี้การจากระบบการปลูก การให้น้ำ และการให้ปุ๋ย โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน (เฉลิมพล, 2553) ก็เป็นการจัดการเร่งการเพิ่มพื้นที่ใบในการรับแสงและใช้แสงให้ดีขึ้น

ในระบบการปลูกพืชร่วมซึ่งเป็นการปลูกพืชมากกว่าหนึ่งพืชบนพื้นที่เดียวกันภายในเวลาเดียวกันหรือเลื่อมเวลากัน มีผลทำให้พืชที่ปลูกมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกัน (interaction) 3 ลักษณะได้แก่

1. non competitive interference เป็นการปลูกพืชร่วมที่ไม่มีการแข่งขันกันในการใช้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต ได้แก่ ธาตุอาหาร น้ำ และอากาศ

2. competitive interference มีการแข่งขันปัจจัยการผลิตกันระหว่างพืชที่ปลูก เนื่องจากปัจจัยหนึ่งไม่เพียงพอพืชที่มีความสามารถในการใช้ปัจจัยการผลิตสูงจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชอีกชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการใช้ปัจจัยการผลิตที่ด้อยกว่า

3. complementary interference คือ การที่พืชใดพืชหนึ่งส่งเสริมให้พืชที่ปลูกร่วมอยู่ในระบบมีการเจริญเติบโตดีขึ้น(พงพันธ์, 2553)

ดังนั้นการปลูกพืชร่วมกันพืชที่นำมาปลูกร่วมไม่ควรที่จะแข่งขันกับพืชหลักมากเกินไปจะทำให้ผลผลิตของพืชหลักลดลงอย่างมาก อัตราการปลูกของพืชหลักและพืชร่วมหรือความหนาแน่นของประชากรที่ปลูกนั้น มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั้งสองที่นำมาปลูกร่วมเป็นอย่างยิ่ง ความหนาแน่นของประชากรที่ปลูกขึ้นอยู่กับการจัดการรูปแบบการปลูกพืช (plant pattern) นั้นๆเป็นตัวกำหนด จากการศึกษาของวีระชัยและคณะ (2530) ได้รายงานเกี่ยวกับการศึกษาการจัดแถวปลูกในระบบการปลูกพืชแซมข้าวโพดไร่กับถั่วเหลืองบนสภาพที่ดอนพบว่ารูปแบบการปลูกพืชมีผลต่อความหนาแน่นของประชากรของข้าวโพดไร่และถั่วเหลืองที่ปลูกร่วมกันในรูปแบบการปลูกนั้นๆ และนอกจากนี้ยังมีผลต่อผลผลิตทางชีวภาพ (biological yield) และผลผลิต

ทางเศรษฐกิจ (economic yield) ซึ่งได้แก่ การสะสมน้ำหนักแห้งและผลผลิตของข้าวโพดและถั่วเหลือง ในรูปแบบการปลูกต่างๆพบว่า ผลผลิตทางชีวภาพและผลผลิตทางเศรษฐกิจของการปลูกข้าวโพดหรือถั่วเหลืองเดี่ยวๆ จะให้ผลผลิตทั้งสองสูงกว่าการปลูกพืชทั้งสองร่วมกันในรูปแบบต่างๆ ทั้งนี้เพราะการปลูกพืชทั้งสองร่วมกันในรูปแบบการปลูกต่าง ๆ นั้น มีผลต่อการส่องผ่านของแสงลงมายังถั่วเหลืองที่อยู่ด้านล่าง ทำให้ได้รับแสงในปริมาณที่ไม่เท่ากัน ประกอบกับมีการแข่งขันการใช้ปัจจัยในการเจริญเติบโตระหว่างพืชทั้งสองที่ปลูกร่วมกัน ขณะที่ข้อมูลรายงานการวิจัยของ ทรงเชาว์และอรณพ (2545) ได้ศึกษาผลของรูปแบบการปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานและถั่วเหลืองฝักสด ในระบบการปลูกข้าวโพดหวานร่วมกับถั่วเหลืองฝักสด โดยได้ทำการทดลองทั้งหมด 8 รูปแบบพบว่า ผลผลิตของข้าวโพดหวานกับถั่วเหลืองฝักสดในระบบการปลูก TR1 (ปลูกข้าวโพดหวานโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดระหว่างกลางแถวข้าวโพดหวาน โดยใช้ระยะระหว่างหลุมปลูก 25 เซนติเมตร ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดหวาน : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 19,200 ต้น/ไร่) และรูปแบบ TR2 (ปลูกข้าวโพดหวานโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดในแถวเดียวกันโดยแทรกระหว่างต้นข้าวโพดหวาน ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดหวาน : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 25,122 ต้น/ไร่) โดยรูปแบบ TR1 และ TR2 ให้รายได้รวม 14,029 และ 15,005 บาท/ไร่ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งปลูกข้าวโพดหวานอย่างเดียวและถั่วเหลืองฝักสดอย่างเดียวให้รายได้รวมเท่ากับ 9,560 และ 8,410 บาทตามลำดับ

การปลูกพืชร่วมระหว่างข้าวโพดและถั่วพุ่ม ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเมื่อประเมินจากน้ำหนักแห้งมีค่าสูงขึ้น โดยพบว่าปัจจัยบางประการ เช่น การสังเคราะห์แสงและความชื้นในดินมีมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า ข้าวโพดมีคุณภาพดีโดยมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าข้าวโพดที่ปลูกในแปลงเพียงชนิดเดียว ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณไนโตรเจนในดินที่มีมากขึ้น (Eskandari and Ghanbari, 2009)

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นทำให้พื้นที่เกษตรมีพื้นที่ว่างมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อยางพารามีต้นขนาดเล็ก การปลูกพืชแซมยางสามารถทำได้และมีประโยชน์อย่างมากต่อเกษตรกร การปลูกพืชแซมยางเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เจ้าของสวนในขณะที่ยางยังไม่ให้ผลผลิตทำให้เจ้าของสวนได้มีเวลาในการดูแลสวนอย่างมากและบ่อยครั้งขึ้น การปลูกพืชแซมยางจะทำได้ประมาณ 3 ปีเท่านั้น เพราะหลังจากนั้นต้นยางจะมีร่มเงามากปกคลุมพืชแซม ทำให้พืชแซมไม่ให้ผลผลิตหรือให้ผลผลิตไม่คุ้มค่า พืชแซมยางที่นำมาปลูกควรเป็นพืชอายุสั้น เช่น ข้าวไร่ ข้าวโพด ยาสูบ แตงโม ถั่วต่างๆ แต่ทั้งนี้พืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปี บางชนิดก็สามารถปลูกได้ เช่น สับปะรด กล้วย มะละกอ เป็นต้น ส่วนพืชที่ไม่ควรปลูกเป็นพืชแซม คือ ปอ อ้อย และละหุ่ง

เพราะพืชเหล่านี้จะดูดธาตุอาหารในดินไปใช้มาก ทำให้ยางได้รับธาตุอาหารน้อยลง การปลูกพืชแซมควรปลูกให้ห่างจากแถวยางไม่น้อยกว่า 1 เมตร ยกเว้นมันสำปะหลัง ต้องปลูกให้ห่างจากแถวยาง 2 เมตร (องค์การสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557)



ภาพที่ 2.1 การปลูกกล้วยไม้แซมต้นยางพารา(หม่อมไหม, 2555)

วัตถุประสงค์และหลักเกณฑ์การนำระบบการปลูกพืชแซมไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการเพิ่มประชากรพืชที่ปกคลุมดิน ช่วยลดการระเหยน้ำจากผิวดิน
2. ลดการเสี่ยงต่อความเสียหายของพืชที่จะเกิดขึ้น
3. เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น
4. ทำให้โรค แมลงและวัชพืชน้อยลง

หลักเกณฑ์การนำไปใช้

1. พืชแซมควรมีอายุสั้นกว่าพืชหลัก
2. พืชแซมควรจะเป็นพืชตระกูลถั่ว
3. ระบบรากของพืชหลักและพืชแซมควรมีระดับที่แตกต่างกัน
4. ในปัจจุบันระบบการปลูกพืชแซมควรเลือกพืชที่สามารถทำรายได้ดี
5. พืชแซมไม่ควรเป็นที่อยู่อาศัยและเป็นต้นกำเนิดของโรค (กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, 2537)

2.5 การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง

การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น ความสูง เส้นรอบวงของลำต้น มวล ฯลฯ

2.5.1 ข้าวโพดสามารถบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงได้ดังนี้

1. ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช

บันทึกข้อมูลความสูงของข้าวโพดหวานครั้งแรก เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุได้ 10 วันหลังออก และเก็บต่อเนื่องทุก 10 วันจนถึงวันเก็บเกี่ยว โดยเก็บต้นตัวอย่างตามรูปแบบการปลูกพืชเช่นเดียวกับถั่วเหลือง หลังจากนั้น ทำการแยกส่วนต่างๆ ไปนำไปวัดพื้นที่ใบด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบ หลังจากนั้น นำส่วนต่างๆ ไปเข้าตูบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนัก นำข้อมูลที่ได้ ไปคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index, LEI) อัตราการเจริญเติบโตของพืช (Crop growth rate, CGR) และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (Net assimilation, NAR) โดยใช้สูตรตามหลัก Hunt (1981) เช่นเดียวกันกับถั่วเหลืองฝักสด

2. ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต

ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ในพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตสังเกตดูไหมของข้าวโพดจะมีสีน้ำตาลดำเปลือกกาบของฝักยังมีสีเขียวอยู่ เมื่อแกะเปลือกหุ้มฝักออก จะเห็นมีเมล็ดอยู่เต็มฝัก ตัดต้นตัวอย่างนำมาคัดแยกของฝัก ต้นและใบ เสร็จแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักของแต่ละส่วน นำฝักสดตัวอย่างที่ชั่งน้ำหนักแล้วมาปอกเปลือกออก นำฝักที่ปอกเปลือกแล้วชั่งอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักฝักที่ปอกเปลือก นำฝักดิบมาบันทึกข้อมูลความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก จำนวนแถว/ต้น จำนวนเมล็ด/ฝัก หลังจากนั้น นำแต่ละส่วนของข้าวโพดไปอบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เสร็จแล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง สำหรับฝัก ต้นและใบ ที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เก็บเกี่ยวตามรูปแบบของการปลูกพืช นำแต่ละส่วนไปชั่งหาน้ำหนักสด ส่วนฝักข้าวโพดที่ตี เมื่อชั่งหาน้ำหนักสดเสร็จแล้ว ให้ทำการปอกเปลือกออกทั้งหมด แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ส่วนฝักเสียชั่งหาน้ำหนักทั้งหมดโดยไม่ต้องปอกเปลือก ส่วนต้นข้าวโพดหวานที่เหลือ ดูแลรักษาต่อไปจนเก็บเกี่ยว เพื่อหาดัชนีการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกับถั่วเหลือง

2.5.2 ถั่วเหลืองฝักสด ทำการบันทึกเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงได้ดังนี้

1. ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช

บันทึกข้อมูลความสูงของต้นถั่วเหลืองฝักสดพร้อมทั้งเก็บเกี่ยวตัวอย่างต้นถั่วเหลืองฝักสดครั้งแรกเมื่อถั่วเหลืองฝักสดมีอายุได้ 10 วันหลังออก และเก็บต่อเนื่องทุก 10 วันจนถึงวันเก็บเกี่ยว การเก็บตัวอย่างต้นถั่วเหลืองฝักสดนั้นจะเก็บตัวอย่างตามรูปแบบการปลูกพืช นำตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่ตามรูปแบบการปลูกพืชแต่ละรูปแบบมาแยกส่วนลำต้นและใบ นำไปวัดพื้นที่ใบ ด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบ หลังจากนั้นนำส่วนของต้นและใบไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง เสร็จ

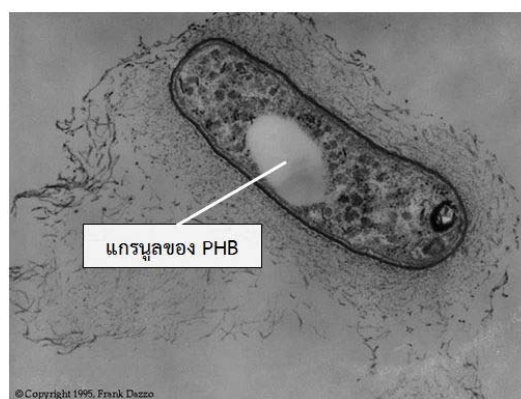
แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ(Leaf area index, LEI) อัตราการเจริญเติบโตของพืช (Crop growth rate, CGR) และอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ (Net assimilation, NAR) โดยใช้สูตรตามหลัก Hunt (1981)

1.1 ช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตฝักสด

ทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฝักสด เมื่อสังเกตเห็นฝักมีสีเขียวและมีเมล็ดโตเต็มฝักหรืออยู่ในระยะเก็บเกี่ยว (R_6 ตามหลักของ Fehr and Cariness, 1977) ตัดต้นถั่วเหลืองตัวอย่าง นำมาคัดแยกส่วนของฝักออกจากต้น นำฝัก ต้นและใบสด ชั่งหาน้ำหนักสด จากนั้นบันทึกข้อมูล องค์ประกอบผลผลิตได้แก่ จำนวนข้อ/ต้น กิ่ง/ต้น ฝัก/ต้น จากนั้นนำฝักทั้งหมด มาทำการคั้ดแยกนับจำนวน ฝักที่มี 1 เมล็ด/ฝัก ฝักที่มี 2 เมล็ด/ฝัก ฝักที่มี 3 เมล็ด/ฝัก และจำนวนเมล็ดต่อต้น เสร็จแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักของฝักดีและฝักเสีย ส่วนผลผลิตถั่วเหลืองได้จากพื้นที่เก็บเกี่ยวตามรูปแบบการปลูกพืช นำมาคั้ดแยกต้นและใบ ฝักดีและฝักเสีย เช่นเดียวกับตัวอย่าง เสร็จแล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักสดต่อพื้นที่เก็บเกี่ยวของแต่ละรูปแบบจากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และเขียนกราฟค่าการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง(สุภักตร์ ปัญญา, 2541)

2.6 จุลินทรีย์ในปมรากถั่ว

ไรโซเบียมเป็นกลุ่มของแบคทีเรียแกรมลบ เป็นโปรทีโอแบคทีเรีย (proteobacteria) มีรูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ อาจพบการสะสมของแกรนูลสารประกอบคาร์บอน polyhydroxybutyrate (PHB) ภายในเซลล์ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (TEM) ของ *Rhizobium trifolii*

ซึ่ง PHB เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตพลาสติกชีวภาพได้ ไรโซเบียมอาศัยอยู่ภายในรากพืชบางชนิดและมีความสัมพันธ์แบบภาวะพึ่งพา (mutualism) โดยไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศมาสร้างแอมโมเนียมและสารอินทรีย์อื่นที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และได้รับสารอินทรีย์ต่างๆ จากพืช เมื่อไรโซเบียมเข้าไปอยู่ในรากพืชแล้ว จะทำให้เซลล์ของรากพืชเพิ่มจำนวนขึ้นจนทำให้มีลักษณะเป็นปม นอกจากนี้สามารถพบไรโซเบียมอาศัยอยู่เป็นอิสระในดินได้

ไรโซเบียมสปีชีส์แรกที่มีการค้นพบคือ *Rhizobium leguminosarum* จึงเรียกแบคทีเรียนี้ว่า ไรโซเบียม จากนั้นก็พบไรโซเบียมสปีชีส์อื่นเพิ่มขึ้น แต่ยังจัดจำแนกให้ไรโซเบียมทั้งหมดอยู่ในจีนัส *Rhizobium* อย่างไรก็ตามเมื่อได้ศึกษาไรโซเบียมและพืชอาศัยอื่นๆ เพิ่มเติมมากขึ้น รวมทั้งการนำไรโซเบียมที่แยกมาจากพืชอาศัยชนิดหนึ่งไปใส่ในพืชอาศัยชนิดอื่นๆ ก็พบว่าไรโซเบียมแต่ละสปีชีส์มีความจำเพาะต่อพืชอาศัยที่แตกต่างกัน จึงมีการจัดจำแนกไรโซเบียมได้เป็นหลายจีนัสมากขึ้นนอกจากจีนัส *Rhizobium* ที่มีอยู่เดิมเพียงจีนัสเดียว เมื่อพิจารณาจากพืชอาศัยและระยะเวลาที่ไรโซเบียมใช้ในการเจริญจนเห็นเป็นโคโลนี สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ - *Rhizobium* เป็นกลุ่มที่เจริญเร็ว เกิดปมกับรากของถั่วอัลฟัลฟา ดังภาพที่ 2.3ก ถั่วลันเตา และพืชวงศ์ถั่วอื่นๆ - *Bradyrhizobium* เป็นกลุ่มที่เจริญช้า เกิดปมกับรากของถั่วเหลือง ดังภาพที่ 2.3ข ถั่วพุ่ม และถั่วในเขตร้อนอื่นๆ ร้อยละ 99 ของไรโซเบียมที่พบในประเทศไทยจะเป็นกลุ่มนี้ - *Azorhizobium* เป็นกลุ่มที่เกิดปมกับลำต้นพืชตระกูลถั่ว เช่น โสนแอฟริกัน (*Sesbania rostrata*) ดังภาพที่ 2.3ค และตรึงไนโตรเจนเมื่ออยู่เป็นอิสระได้(สุนัดดา โยมญาติ, 2557)



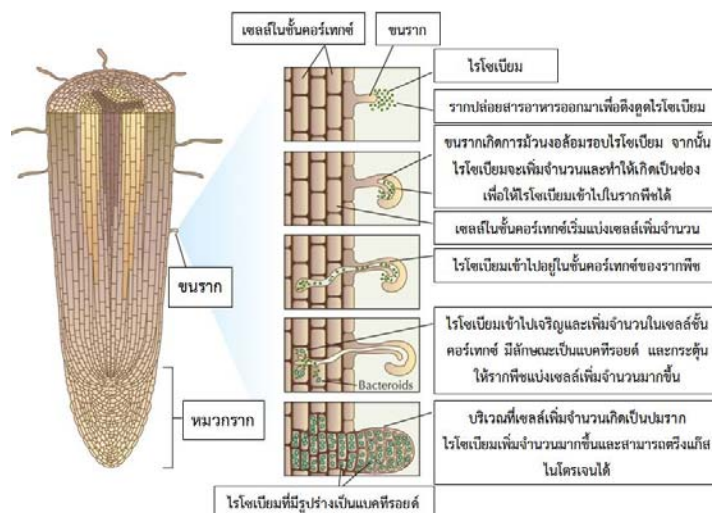
ภาพที่ 2.3 ปมที่รากและลำต้นพืช

ก. ปมที่รากถั่วอัลฟัลฟาที่เกิดจาก *Rhizobium*

ข. ปมที่รากถั่วเหลืองที่เกิดจาก *Bradyrhizobium*

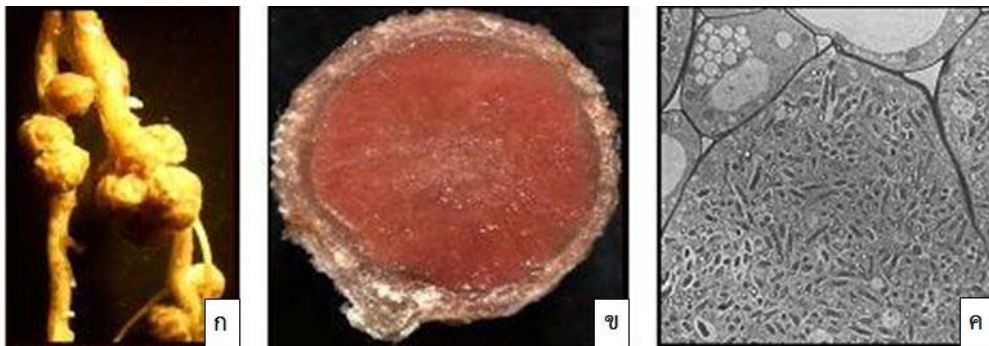
ค. ปมที่ลำต้นโสนแอฟริกันที่เกิดจาก *Azorhizobium*

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ทางสายวิวัฒนาการของแบคทีเรียกลุ่มไรโซเบียมนี้โดยใช้ลำดับนิวคลีโอไทด์ พบว่าสามารถแบ่งได้เป็น 6 จินัส คือ *Allorhizobium*, *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* และ *Sinorhizobium* (อ้างถึงใน Principles and Applications of Soil Microbiology, 2548) และในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 13 จินัส (อ้างถึงใน ICSP – Subcommittee on the taxonomy of Rhizobium and Agrobacterium, 2557) คือ *Azorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Burkholderia*, *Cupriavidus*, *Devosia*, *Ensifer* (ชื่อเดิม *Sinorhizobium*), *Mesorhizobium*, *Methylobacterium*, *Microvirga*, *Ochrobactrum*, *Phyllobacterium*, *Rhizobium* และ *Shinella* ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงไรโซเบียมจึงไม่ได้หมายถึงแบคทีเรียจินัส *Rhizobium* เพียงจินัสเดียวเท่านั้น แต่รวมถึงแบคทีเรียจินัสอื่นๆ ที่ตรึงไนโตรเจนได้ และมีความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการใกล้เคียงกันด้วย ไรโซเบียมเข้าสู่รากแก้วได้อย่างไร พืชวงศ์ถั่วปล่อยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์หรือกลุ่มไอโซฟลาโวนอยด์ ไปกระตุ้นการแสดงออกของ nod gene ในไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมเปลี่ยนกรดอะมิโนชนิดทริปโตเฟนที่รากพืชปล่อยออกมาให้เป็นกรดอินโดลแอซิด (indoleacetic acid ; IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชในกลุ่มออกซิน และ IAA จะช่วยกระตุ้นการยืดขยายของราก ทำให้ขนรากม้วนรอบไรโซเบียมจากนั้นไรโซเบียมจะเข้าไปอยู่ในรากพืช เพิ่มจำนวนและเข้าสู่ชั้นคอร์เท็กซ์ เซลล์รากจะเพิ่มจำนวนขึ้นจนเกิดเป็นปมราก ดังภาพที่ 2.4 เมื่อไรโซเบียมอยู่ในปมรากแล้วจะมีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น รูปแท่ง รูปแฉก รูปตัวที เรียกเซลล์เหล่านี้ว่า แบคทีเรียรอยด์ (bacteroid) ถั่วบางชนิดที่ไม่มีขนราก เช่น ถั่วลิสง ไรโซเบียมจะเข้าทางรอยแตกที่รากแขนงแทงออกมา(สุนัดตา โยมญาติ, 2557)



ภาพที่ 2.4 การเข้าสู่รากพืชของไรโซเบียม

ปมรากถั่วมีผิวเรียบ ไม่ขรุขระ จับเป็นกลุ่มอยู่บริเวณรากแก้ว ดังภาพที่ 2.5ก ลักษณะของปมจะแตกต่างกันออกไปขึ้นกับชนิดของถั่วและไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ ภายในปมมีสีแดงหรือสีชมพูของเลกฮีโมโกลบิน (leghaemoglobin) ดังภาพที่ 2.5ข ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ดักจับแก๊สออกซิเจนเพื่อรักษาระดับออกซิเจนไม่ให้มากหรือน้อยเกินไป ถ้ามีแก๊สออกซิเจนมากเกินไปจะลดการทำงานของเอนไซม์ไนโตรจีเนส แต่ถ้ามีแก๊สออกซิเจนน้อยเกินไป ไรโซเบียมจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นภายในปมรากจึงต้องมีระดับแก๊สออกซิเจนที่เหมาะสมที่เอนไซม์ ไนโตรจีเนสทำงานได้ดีและไรโซเบียมใช้หายใจได้ ภายในปมรากมีไรโซเบียมจำนวนมากมีลักษณะเป็นแบคทีเรียรูปดั่งภาพที่ 2.5ค (สุนัดดา โยมญาติ, 2557)



ภาพที่ 2.5 ปมรากถั่ว

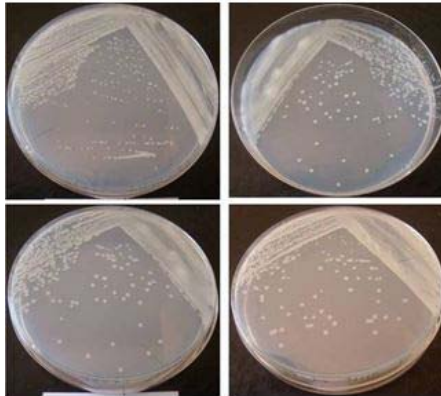
ก. ปมรากถั่วเหลืองที่เกิดจาก *Bradyrhizobium japonicum*

ข. เลกฮีโมโกลบินสีแดงภายในปมรากถั่วเหลือง

ค. แบคทีเรียรูปดั่งภายในปมรากถั่วเหลือง

2.6.1 ประโยชน์ของ *Rhizobium*

มีการนำไรโซเบียมมาใช้เป็นหัวเชื้อเพื่อกระตุ้นการเจริญและเพิ่มผลผลิตของพืชวงศ์ถั่วมาเป็นระยะเวลานานแล้ว และมีการพัฒนาหัวเชื้อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระตุ้นการเจริญและให้สะดวกต่อการนำไปใช้ การผลิตหัวเชื้อไรโซเบียม ทำได้โดยเก็บปมรากถั่วจากแหล่งต่างๆ ฆ่าเชื้อที่ผิวราก ฆ่าปมรากแล้วนำส่วนที่อยู่ภายในรากไปขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (streak plate) เพื่อแยกไรโซเบียมให้เป็นโคโลนีเดี่ยวๆ ดังภาพที่ 2.6 แล้วนำไปเลี้ยงให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง จากนั้นนำแต่ละสายพันธุ์ที่แยกได้ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวเพื่อเพิ่มจำนวน และทดลองใส่เป็นหัวเชื้อให้กับถั่วเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่กระตุ้นการเจริญของถั่วได้ดี



ภาพที่ 2.6 ไรโซเบียมสายพันธุ์ต่างๆที่แยกจากปมรากของถั่วพุ่ม (cowpea ; *Vigna unguiculata*)

เมื่อได้สายพันธุ์ต่างๆ ที่มีสมบัติตามต้องการแล้ว เช่น กระตุ้นการเจริญของถั่วเขียวหรือถั่วเหลือง ได้ดี จากนั้นนำไปเลี้ยงเพื่อเพิ่มจำนวนในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว กรองเซลล์แยกออกมาเพื่อนำไปผลิตเป็นหัวเชื้อ โดยผลิตในรูปหัวเชื้อผงสำเร็จรูปบรรจุถุง ดังภาพที่ 2.7ก โดยผสมไรโซเบียมกับดินพีทหรือปุ๋ยหมักที่มีลักษณะเป็นผงสามารถเกาะติดอยู่บนเมล็ดถั่วได้ง่าย เพื่อให้นำไปใช้ได้สะดวก ดังภาพที่ 2.7ข



ภาพที่ 2.7 หัวเชื้อผงสำเร็จรูป

ก. หัวเชื้อผงสำเร็จรูปบรรจุถุง

ข. หัวเชื้อผงที่จะนำไปใช้

การนำหัวเชื้อไปใช้ในการปลูกถั่ว เมื่อจะปลูกให้นำเมล็ดถั่วไปคลุกในสารที่มีความเหนียวที่ไม่เป็นพิษต่อไรโซเบียมและหาได้ไม่ยาก เช่น น้ำมันพืช โมลาส หรือสารละลายน้ำตาล จากนั้นนำไปคลุกกับผงหัวเชื้อไรโซเบียมชนิดที่จำเพาะกับชนิดของถั่วนั้นๆ ให้ผงหัวเชื้อเกาะติดทั่วทั้ง

เมล็ดถั่ว ดังภาพที่ 2.8 แล้วจึงนำเมล็ดถั่วไปปลูกในแปลง วิธีนี้นอกจากจะสะดวกในการนำเมล็ดไปปลูกแล้ว เมื่อรากงอกออกจากเมล็ดถั่ว ไรโซเบียมที่อยู่รอบๆ เมล็ด จะสามารถเข้าสู่รากได้เร็วอีกด้วย (สุนัดดา โยมญาติ, 2557)



ภาพที่ 2.8 การผสมหัวเชื้อไรโซเบียมกับเมล็ดถั่ว

2.7 ส่วนประกอบและคุณภาพของดิน

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางธรรมชาติ ทำให้สมบัติของดินมีความหลากหลายแตกต่างกันตามปัจจัยการกำเนิดดิน ซึ่งได้นำมาใช้ในการจำแนกดินออกเป็นชุดดินต่างๆเมื่อ มีการจัดการดินเพื่อการเพาะปลูกในลักษณะที่แตกต่างกันก็อาจทำให้สมบัติของดินบางประการมีการแปรปรวนได้ง่าย ได้แก่ สมบัติทางเคมีของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารพืชลดลง สมบัติ ทางกายภาพเกิดการแน่นทึบของดิน ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.7.1 ส่วนประกอบของดิน

ดิน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของแข็ง(soil solids) และส่วนที่เป็นช่องว่าง(pore space) ส่วนที่เป็นของแข็งประกอบด้วยอนินทรีย์วัตถุ(mineral matter) 45 % ได้จากการสลายตัวผุพังของหิน และแร่ชนิดต่างๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ อินทรีย์วัตถุ(organic matter) 5 % ได้จากการสลายตัวผุพังของพืชและสัตว์เกิดเป็นสารประกอบฮิวมัสซึ่งมีประจุลบ และสิ่งมีชีวิตในดิน(soil organism) มีประมาณไม่เกิน 1% ส่วนที่เป็นช่องว่างประกอบด้วยน้ำ(water) 25 % อากาศ(air) 25 % ประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน(N) 79% ก๊าซออกซิเจน(O) 20% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) 0.5% และก๊าซอื่นๆ 0.5%

2.7.2 ดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก

ในการปลูกพืชโดยทั่วไป การเลือกพื้นที่ทำการปลูกและการจัดการดินเริ่มต้นก่อนปลูกเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เกษตรกรควรเตรียมดินให้เหมาะสมก่อนปลูกเนื่องจากการปลูกใหม่หรือการแก้ไข

หลังการปลูกจะทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ดินนอกจากจะทำหน้าที่เป็นวัสดุค้ำจุนหรือยึดต้นไม้อันแล้วดินยังเป็นแหล่งของน้ำ อากาศ และสารอาหารที่จำเป็นแก่ต้นไม้อีกด้วย อย่างไรก็ตามดินจะเอื้อประโยชน์อย่างเหมาะสมให้แก่พืชที่ปลูกได้มากน้อยเพียงใด ขึ้นกับคุณสมบัติและสภาพของดินว่าเป็นอย่างไร โดยทั่วไปแล้วพืชต้องการดินร่วนที่มีหน้าดินลึก มีการระบายน้ำและอากาศที่ดีเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเป็นกลาง และมีปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต (ตาราง 2.2)

ตาราง 2.2 ปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมในดินต่างๆ ไปสำหรับการปลูกพืช(ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556)

คุณสมบัติของดิน	ช่วงที่เหมาะสม
pH ของดิน	6.0 – 7.0
Organic matter (%)	2.0 - 3.0
Available Phosphorus (mg/kg)	35 - 60
Exchangeable K (mg/kg)	100 - 120
Exchangeable Ca (mg/kg)	800 - 1500
Exchangeable Mg (mg/kg)	250 - 400
Available Fe (mg/kg)	60 - 70
Available Mn (mg/kg)	20 - 60
Available Cu (mg/kg)	3 - 5
Available Zn (mg/kg)	3 - 15
Extractable B (mg/kg)	1 - 6
Extractable S (mg/kg)	25 - 150

2.7.3 เก็บตัวอย่างดิน

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงสถานะภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหาร สมบัติของดินทั้งทางด้านแร่และจุลสัณฐานดิน ทางกายภาพของดิน และทางเคมีของดิน ซึ่งผลของการวิเคราะห์ดินจะมีความถูกต้องเชื่อมั่นได้เพียงใดขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา ดังนั้นจึงควรเก็บตัวอย่างดินให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้นๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ การเก็บตัวอย่างดินแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.7.3.1 เก็บตัวอย่างดินที่เปลี่ยนสภาพ(disturbed soil sample) โดยเก็บดินหลายๆ จุดของแต่ละชั้นดินนำมาผสมกันใส่ลงในถุงเก็บตัวอย่าง เรียกว่า ดินรวมหรือดินถุง (composite

samples) ตัวอย่างดินนี้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางแร่ ได้แก่ ชนิดและปริมาณแร่ในดิน ขนาด fine silt และ clay size สมบัติทางกายภาพได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นอนุภาคดิน และแรงดูดยึดน้ำของดิน สมบัติทางเคมีได้แก่ ปฏิกิริยาดิน และปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ฯลฯ อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ จอบ เสียม พลั่ว เครื่องมือเฉพาะ เช่น สว่านเจาะ(soil auger) หลอดเจาะ(soil sampling tube) และกระบอกเจาะดิน(core type auger) เป็นต้น ตามความเหมาะสมของสภาพดินและวัตถุประสงค์ในการเก็บ การเก็บตัวอย่างดินควรปฏิบัติดังนี้

1. สามารถเก็บได้ตลอดปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ปลายฤดูปลูกหรือหลังเก็บพืชผล เพื่อทราบสถานการณ์ของดินเช่น ดินเป็นกรดเป็นด่างเพียงใด มีธาตุอาหารเหลือเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน และการให้ปุ๋ยแก่พืชในฤดูถัดไป

2. ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บขณะดินเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่

3. สถานที่เก็บตัวอย่างจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีไม่อยู่ในบริเวณคอกสัตว์เก่าหรือมีปุ๋ยตกค้าง

4. ขนาดของแปลง พื้นที่ประมาณ 10-20 ไร่ ควรเก็บประมาณ 10-20 จุด แล้วนำมาผสมกัน

5. ตัวอย่างแต่ไม่ควรเกิน 25 ไร่

2.7.3.2 เก็บตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ(undisturbed soil sample) เป็นการเก็บตัวอย่างดินให้มีสภาพใกล้เคียงกับที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมากที่สุด ถูกกระทบกระเทือนน้อยที่สุด และมีขนาดพอสมควรโดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ

1. กระบอกทรงกลม วิเคราะห์สมบัติของดินทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของ ดิน ความชื้นในดิน การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว

2. แบบกล่องสี่เหลี่ยม วิเคราะห์สมบัติทางจุลสัณฐานของดิน เพื่อทราบชนิดหินและแร่ ประกอบดิน(parent material) และการเกิดของดิน(soil genesis)

2.7.3.3 วิธีเก็บตัวอย่างดินสามารถทำได้หลายแบบ

1. กำหนดจุดเก็บแบบ zigzag หรือตึกริด(grid) เป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม กระจายให้ทั่วทั้งพื้นที่ หรือเก็บตามความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของดิน เช่น สีของดิน ชนิด พืชที่ปลูก เนื้อดิน การเจริญเติบโตของพืช

2. เก็บตามระดับความลึกของชนิดพืชที่ปลูกเช่น พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์เก็บที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร ข้าว ข้าวโพด ถั่วชนิดต่างๆ พืชผักต่างๆ เก็บที่ระดับความลึก 0-15, 15-30 หรือ 0-30 เซนติเมตร พืชยืนต้นควรเก็บเป็นช่วงๆ ตามความลึก 0-15, 15-30 หรือ 0-30, 30-60, 60-100 เซนติเมตร เป็นต้น

3. เก็บดินประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง พร้อมข้อมูลประวัติได้แก่ พืช ชนิดพืชที่ปลูก การใส่ปุ๋ย ปูนขาว สิ่งปรับปรุงดินใดบ้าง ผลผลิตที่ได้รับเป็นอย่างไร และมีปัญหาอย่างไร (ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร, 2556)

2.7.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช 16 ธาตุ ได้แก่ ธาตุอาหารที่ได้จากอากาศและน้ำ(3 ธาตุ) ได้แก่ ออกซิเจน(O) คาร์บอน(C) ไฮโดรเจน(H) และ ธาตุที่ได้จากดิน(13 ธาตุ) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ธาตุอาหารหลัก พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน(N) ฟอสฟอรัส(P) และ โพแทสเซียม (K)
2. ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม(Ca) แมกนีเซียม(Mg) และกำมะถัน(S)
3. ธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุ พืชต้องการในปริมาณน้อยได้แก่ เหล็ก(Fe) สังกะสี(Zn) ทองแดง(Cu) แมงกานีส(Mn) โมลิบดีนัม(Mo) คลอรีน(Cl) และโบรอน(B) (ชูชาติ สันทรัพย์, 2556)

2.7.5 ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดิน

ไนโตรเจน โดยทั่วไปแล้วดินส่วนใหญ่มีปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช และการตรวจสอบปริมาณของไนโตรเจนที่พืชใช้ประโยชน์ได้คือแอมโมเนียมและไนเตรทในดิน ณ เวลาใดเวลาหนึ่งก็ไม่สามารถจะบอกได้ว่าดินซึ่งมีไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรทในปริมาณที่ตรวจสอบได้ในขณะนั้น สามารถให้ไนโตรเจนเพียงแต่ความต้องการของพืชตลอดฤดูปลูกหรือไม่ เพราะปริมาณของไนโตรเจนในรูปดังกล่าวเปลี่ยนแปลงได้โดยกระบวนการต่างๆในดิน ดังนั้นนักวิชาการด้านดินจึงนิยมใช้ปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินและไนโตรเจนที่ดินสามารถปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ได้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ซึ่งข้อมูลทั้งสองอย่างได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สำหรับเกณฑ์การประเมินระดับของอินทรีย์วัตถุในดินแสดงไว้ในตาราง 2.3 (ชูชาติ สันทรัพย์, 2556)

ตาราง 2.3 เกณฑ์การประเมินระดับอินทรีย์วัตถุในดิน

ระดับของอินทรีย์วัตถุ (%)	เกณฑ์การประเมิน
0.5 – 1.0	ต่ำ
1.0 – 1.5	ค่อนข้างต่ำ
1.5 – 2.5	ปานกลาง
2.5 – 3.5	ค่อนข้างสูง

3.5 – 4.5	สูง
> 4.5	สูงมาก

ฟอสฟอรัส สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ในดิน สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ น้ำยาสกัดดินและหาปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายอยู่ในน้ำยาสกัดที่ใช้ สำหรับเกณฑ์การประเมินระดับของฟอสฟอรัสในดินมีดังนี้ (ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556)

ตาราง 2.4 เกณฑ์การประเมินระดับฟอสฟอรัสในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน (มก.P/กก. ดิน)	เกณฑ์การประเมิน
ต่ำกว่า 10	ต่ำ
10 – 40	ปานกลาง
40 – 100	สูง
มากกว่า 100	สูงมาก

โพแทสเซียม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน สามารถตรวจสอบได้โดยใช้ น้ำยาสกัดดินและหาปริมาณโพแทสเซียมที่ละลาย อยู่ในน้ำสกัดที่ใช้สำหรับเกณฑ์การประเมิน ระดับของโพแทสเซียมในดินมีดังนี้ (ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556)

ตาราง 2.5 เกณฑ์การประเมินระดับโพแทสเซียมในดิน

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน ได้ในดิน (มก.K/กก. ดิน)	เกณฑ์การ ประเมิน
ต่ำกว่า 60	ต่ำ
60 – 100	ปานกลาง
100 – 300	สูง
มากกว่า 300	สูงมาก

2.7.6 การแปลผลการวิเคราะห์ดิน (ชูชาติ สันทรทรัพย์, 2556)

การตรวจวิเคราะห์ดินด้วยชุดทดสอบดินนั้น ปริมาณธาตุอาหารในดินจะถูกประเมิน ออกได้เป็น 3 ระดับคือ ธาตุอาหารสูง ปานกลาง และต่ำ ซึ่งจะมีความหมายโดยสรุปได้ดังนี้

ปริมาณธาตุอาหารต่ำหมายความว่า ปริมาณธาตุอาหารไม่เพียงพอ ต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถใส่ปุ๋ยเพิ่มเติมได้ตามคำแนะนำในการปลูกพืชชนิดนั้นๆ

ธาตุอาหารปานกลางหมายความว่า มีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ถ้าไม่ มีการใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม ในอนาคตอาจจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช

ธาตุอาหารสูงหมายความว่า มีปริมาณธาตุอาหารในดินสูงเพียงพอต่อความต้องการ ของ พืช พืชจะมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยต่ำ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยมี ความจำเป็นน้อยลง ควรลดปริมาณและจำนวนครั้งในการใช้ลงจากเดิมหรือใส่ปุ๋ยเพียงพอสำหรับชดเชยธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับผลผลิต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุ/อุปกรณ์

- 3.1.1 จานเพาะเชื้อ
- 3.1.2 ขวดรูปชมพู่
- 3.1.3 ปีกเกอร์
- 3.1.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 3.1.5 ซ้อนตักสาร
- 3.1.6 กระบอกตวง
- 3.1.7 ถังพลาสติก
- 3.1.8 ไม้ขีดไฟ
- 3.1.9 ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
- 3.1.10 แท่งแก้วคนสาร
- 3.1.11 eppendorf tube ขนาด 1.5 มิลลิลิตร
- 3.1.12 ถุงมือ

3.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.2.1. Nutrient Agar (NA)

3.3 เครื่องมือที่ใช้

- 3.3.1 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3.3.2 เตาให้ความร้อน
- 3.3.3 ตู้อบเชื้อ
- 3.3.4 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ
- 3.3.5 ไมโครปิเปต
- 3.3.6 ตู้อบเย็น
- 3.3.7 ตู้อบลมร้อน
- 3.3.8 กล้องถ่ายภาพ
- 3.3.9 เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง
- 3.3.10 เครื่องทำความเย็น ตู้แช่ -20 องศาเซลเซียส

3.3.11 Vortex mixer

3.3.12 ตู้ดูดควัน

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

3.4.1. น้ำกลั่น

3.4.2. ชุดน้ำยา ย้อมสีแกรม

3.4.3. แอลกอฮอล์

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

ระยะที่ 1

3.5.1 พื้นที่วิจัยและการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก

การเตรียมพื้นที่วิจัยได้กำหนดหมู่บ้านแม่ฮ้าง ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง เป็นพื้นที่วิจัยโดยมีผู้ใหญ่บ้านเป็นผู้ประสานงานหลักและให้ความอนุเคราะห์ที่ดินในการทดลอง ที่ดินที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 1 ไร่ พื้นที่วิจัยเป็นของชาวไทยภูเขาเผ่าปกาเกอญอและเผ่าเหยา ซึ่งเป็นพื้นที่ทำกินของนายอาพา และมีกลุ่มเกษตรกรหมู่บ้านแม่ฮ้างจำนวน 10 คน เป็นผู้ร่วมดำเนินการทดลอง

3.5.2 การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ

ให้ความรู้เรื่องระบบการปลูกพืชแซมและแลกเปลี่ยนเรียนรู้แก่เกษตรกรผู้เข้าร่วมโครงการ และเตรียมพื้นที่ไว้สำหรับการทดลอง โดยพื้นที่ที่ใช้ในการทดลองจำนวน 2 งานต่อเกษตรกร 1 คน

3.5.3 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินเบื้องต้น

เก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองของเกษตรกรผู้ร่วมโครงการโดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินพื้นที่วิจัยละ 5 จุด โดยแต่ละจุดขุดดินลึก 5 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โดยนำส่งตรวจที่สำนักงานพัฒนาที่ดินลำปาง

ระยะที่ 2

3.5.4 ระบบการปลูก

เกษตรกรผู้ร่วมโครงการทำการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสดช่วงเดือน พฤษภาคม 2557 – กันยายน 2557 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ทำ 3 ซ้ำ ซึ่งมีรูปแบบการทดลองดังนี้

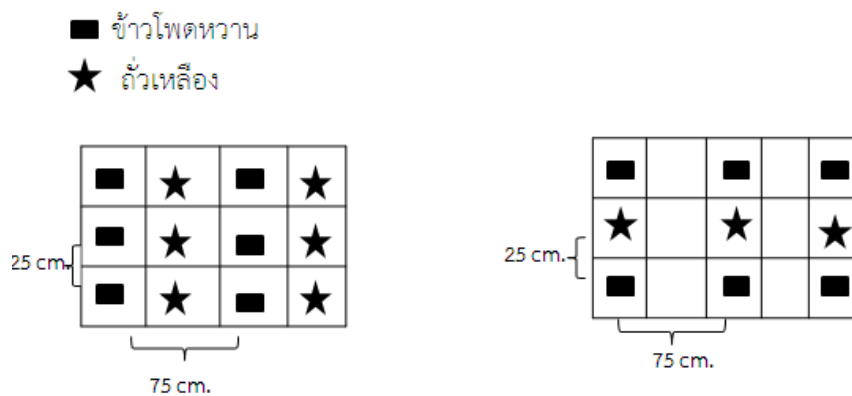
TR1 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดระหว่างกลางแถวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้ระยะระหว่างหลุมปลูก 25 เซนติเมตร ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 19,200 ต้น/ไร่

TR2 ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลุก 1 ต้นต่อหลุม และปลุกถั่วเหลืองฝักสดในแถวเดียวกันโดยแทรกระหว่างต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปลุก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 25,122 ต้น/ไร่

TR3 ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลุก 1 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 8,533 ต้น/ไร่

TR4 ปลุกถั่วเหลืองฝักสดอย่างเดียวโดยใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลุก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 38,400 ต้น/ไร่

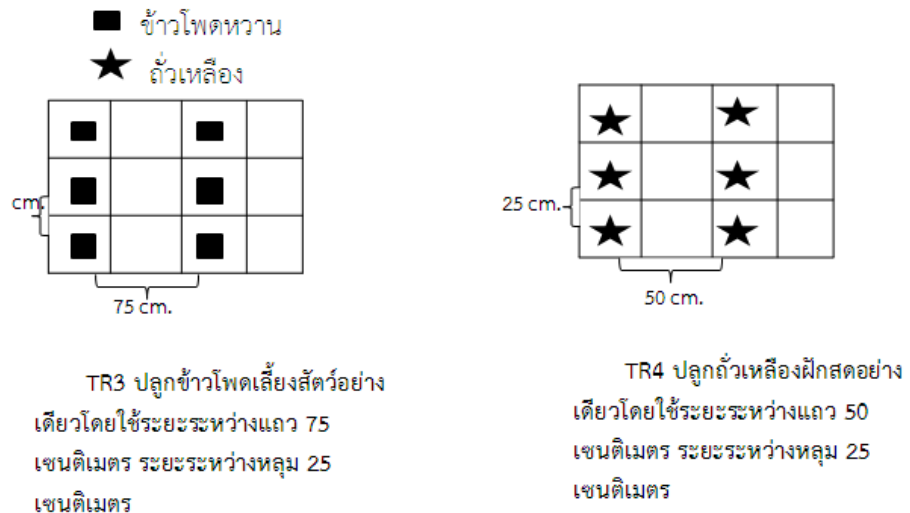
ในการปลูกจะทำการปลูกถั่วเหลืองฝักสดก่อนข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 14 วัน พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใช้พันธุ์ลูกผสมแปซิฟิก สำหรับถั่วเหลืองฝักสดใช้พันธุ์เชียงใหม่ 1



TR1 ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร และปลุกถั่วเหลืองฝักสดระหว่างกลางแถวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

TR2 ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลุกถั่วเหลืองฝักสดในแถวเดียวกัน แทรกระหว่างต้นข้าวโพด

ภาพที่ 3.1 แบบแผนการทดลองที่ได้ออกแบบการทดลองไว้



ภาพที่ 3.1 แบบแผนการทดลองที่ได้ออกแบบการทดลองไว้(ต่อ)

3.5.5 การประเมินและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินหลังการทดลองโดยทำเหมือนกับการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างดินก่อนการทดลอง

2. การประเมินผลผลิต ทดลองโดยการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองทำการวัดความสูง เส้นรอบวงของลำต้น และน้ำหนักของฝัก

ข้าวโพดบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงได้ดังนี้

ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช บันทึกข้อมูลความสูงและเส้นรอบวงของลำต้น ของข้าวโพดครั้งแรก เมื่อข้าวโพดมีอายุได้ 15 วันหลังออกและเก็บต่อเนื่องในวันที่ 30 60 90 และ 120 วัน โดยเก็บตัวอย่างตามรูปแบบการปลูกพืช ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพด โดยสังเกตดูไหมของข้าวโพดจะมีสีน้ำตาลดำ เปลือกกาบของฝักยังมีสีน้ำตาล เมื่อแกะเปลือกหุ้มฝักออก จะเห็นมีเมล็ดอยู่เต็มฝักสีแดง นำไปชั่งหาน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

ถั่วเหลืองฝักสด ทำการบันทึกเก็บข้อมูลในแต่ละช่วงได้ดังนี้

ช่วงก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช บันทึกข้อมูลความสูงและเส้นรอบวงของลำต้น ของถั่วเหลืองครั้งแรก เมื่อข้าวโพดมีอายุได้ 15 วันหลังออกและเก็บต่อเนื่องในวันที่ 30 และ 60 วัน โดยเก็บตัวอย่างตามรูปแบบการปลูกพืช ในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต ทำการเก็บเกี่ยวถั่วเหลือง โดยสังเกตดูฝักอวบน้ำสีเขียว ใบถั่วเหลืองเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล นำฝักสดไปชั่งหาน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล

จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%

3.5.6 การศึกษาเชื้อโรโซเปียมในบมรากถั่ว

ทำการศึกษโดยเก็บบมรากถั่วจากถั่วเหลืองในพื้นที่วิจัย นำมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ฆ่าเชื้อที่ผิวรากด้วย 70%แอลกอฮอล์ ผ่าบมรากด้วยใบมีดที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำส่วนที่อยู่ภายในรากไปขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (streak plate) เพื่อแยกโรโซเปียมให้เป็นโคโลนีเดี่ยว แล้วนำไปเลี้ยงให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA จากนั้นนำเชื้อแต่ละไอโซเลทที่แยกได้ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว เพื่อเพิ่มจำนวนและตรวจสอบสายพันธุ์ต่อไป

ระยะที่ 3

3.5.7 สรุป จัดทำรูปเล่มและเผยแพร่ผลงานวิจัย

สรุป จัดทำรูปเล่มการวิจัยรวมทั้งเผยแพร่ความรู้เรื่องระบบการปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร้วัวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เหมาะสมในพื้นที่ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง ให้แก่เกษตรกรอย่างน้อย 1 ครั้ง

บทที่ 4

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

4.1 การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการ

คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการให้ความรู้เรื่องระบบการปลูกพืชแซม การปรับปรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ การเก็บข้อมูลการวิจัย และทำความเข้าใจ สร้างความสนิทสนมกันระหว่างนักวิจัยกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการวิจัยตลอดเวลาที่ร่วมดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 4.1 การให้ความรู้และทำความเข้าใจกับเกษตรกรผู้ร่วมวิจัย

โดยพบว่าเกษตรกรผู้ร่วมโครงการมีความเสียสละให้ความร่วมมือในการใช้พื้นที่ดินเพื่อการวิจัย และร่วมมือกันเก็บข้อมูลการวิจัยรวมทั้งดูแลแปลงวิจัย สร้างการมีส่วนร่วมการทำงานวิจัยร่วมกัน ผลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ร่วมโครงการพบว่ามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการปลูกพืชแซม การปรับปรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว และการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ในระดับดี

4.2 การเตรียมพื้นที่วิจัย

การเตรียมพื้นที่วิจัยได้กำหนดหมู่บ้านแม่ฮ้าง ตำบลนาแก อำเภองาว จังหวัดลำปาง เป็นพื้นที่วิจัยโดยมีผู้ใหญ่บ้านเป็นผู้ประสานงานหลักและให้ความอนุเคราะห์ที่ดินในการทดลอง ที่ดินที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 1 ไร่ พื้นที่วิจัยเป็นของชาวไทยภูเขาเผ่าปกาเกอะญอและเผ่าเหยา ซึ่งเป็นพื้นที่ทำกินของนายอาฟา และมีกลุ่มเกษตรกรหมู่บ้านแม่ฮ้างจำนวน 10 คน เป็นผู้ร่วมดำเนินการทดลอง

การเตรียมพื้นที่วิจัยจากเดิมคณะผู้วิจัยได้กำหนดในพื้นที่บ้านแม่แป้นต่อมาได้เปลี่ยนเป็นหมู่บ้านแม่ฮ้าง การเปลี่ยนหมู่บ้านและเปลี่ยนเกษตรกรผู้ร่วมวิจัย จากเดิมได้มีผู้ใหญ่บ้านมานพ เรือนนาค บ้านแม่แป้น หมู่ที่ 5 ต. นาแก เป็นพื้นที่หลักในการดำเนินการวิจัยแต่เนื่องด้วยผู้ใหญ่บ้านมีงานราชการมากไม่ค่อยมีเวลาร่วมวิจัยและได้ใช้รถปลูกข้าวโพด ทำให้ไม่สามารถปลูกข้าวโพดได้ตามแผนการวิจัยที่วางไว้ ขณะที่การเตรียมดินในการเพาะปลูกทำได้โดยการไถพรวน ตากดินให้แห้งเป็นเวลา 1 สัปดาห์ไม่สามารถทำได้เนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดชันมาก ไม่สามารถใช้รถไถได้ เกษตรกรผู้ร่วมวิจัยจึงได้ใช้ยาฆ่าหญ้า ฉีดพ่นจำนวน 2 รอบให้หญ้าตายทิ้งไว้เป็นเวลา 2 เดือน ทำการถางหญ้าและตากดินไว้และพร้อมที่จะเพาะปลูก



ภาพที่ 4.2 การเตรียมพื้นที่วิจัย บ้านแม่ฮ้าง ต. นาแก อ. จาว จ. ลำปาง
ปัญหาที่พบ

1. การเปลี่ยนพื้นที่วิจัย มีผลทำให้การทดลองซ้ำและต้องหาพื้นที่วิจัยใหม่
2. พื้นที่ลาดชันมากมีผลทำให้ไม่สามารถใช้รถไถได้ และทำให้ต้องใช้ยาฆ่าหญ้าเป็นจำนวนมาก

4.3 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด

นักวิจัยและเกษตรกรผู้ร่วมโครงการทำการทดลองปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด ช่วงเดือน สิงหาคม – พฤศจิกายน 2557 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block ทำ 3 ซ้ำ ในการปลูก ซึ่งมีรูปแบบการทดลอง TR1-TR4 (ภาพที่ 4.3) พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ใช้พันธุ์ลูกผสมแปซิฟิก สำหรับถั่วเหลืองฝักสดใช้พันธุ์เชียงใหม่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ได้ดำเนินการปลูกตามแบบแผนการทดลองที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ดังนี้

TR1 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดระหว่างกลางแถวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้ระยะระหว่างหลุมปลูก 25 เซนติเมตร ปลูก 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 19,200 ต้น/ไร่

TR2 ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูก 1 ต้นต่อหลุม และปลูกถั่วเหลืองฝักสดในแถวเดียวกันโดยแทรกระหว่างต้นข้าวโพด

เลี้ยงสัตว์ ปลูกร 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : ถั่วเหลืองฝักสดเป็น 8,533 : 25,122 ต้น/ไร่

TR3 ปลูกรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างเดียวโดยใช้ระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูกร 1 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 8,533 ต้น/ไร่

TR4 ปลูกรถั่วเหลืองฝักสดอย่างเดียวโดยใช้ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุม 25 เซนติเมตร ปลูกร 3 ต้นต่อหลุม คิดเป็นประชากรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 38,400 ต้น/ไร่



ภาพที่ 4.3 นักวิจัยและเกษตรกรผู้ร่วมโครงการทำการทดลองปลูกรข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสดตามรูปแบบการทดลอง TR1-TR4

ปัญหาที่พบ

1. การปลูกรพืชแซม มีการปลูกรสลับแถวหรือต้นของระหว่างโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด มีผลทำให้การปลูกรทำได้ช้า ต้องใช้เวลาในการปลูกรมาก ใช้แรงงานคนมาก
2. พื้นที่ลาดชันมากมีผลทำให้การปลูกรพืชเป็นไปอย่างยากลำบาก
3. การงอกของถั่วเหลืองไม่ดีเนื่องจากหลังวันปลูกรมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันทำให้เมล็ดพันธุ์เน่าเสียหาย

4.4 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดินในพื้นที่วิจัย

ศึกษาพื้นที่วิจัยโดยสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ร่วมวิจัยและทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่วิจัย(ภาพ 4.4) พบว่า สภาพพื้นที่วิจัยที่มีความลาดชันสูง ลักษณะดินบน ดินล่าง ความลึกของดิน มีหลากหลาย ลักษณะกำหนดแน่นอนไม่ได้ การซาบซึมน้ำเร็ว การระบายน้ำเร็ว น้ำไหลบ่าเร็วมาก ซึ่งคำแนะนำการจัดการดินของสำนักงานพัฒนาที่ดินลำปางกล่าวว่าควรปล่อยไว้เป็นป่าธรรมชาติและแหล่งต้นน้ำลำธาร



ภาพที่ 4.4 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์

ขณะที่การดำเนินการตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดิน โดยนักวิจัยร่วมกับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองนำส่งตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความเป็นกรด-เบส โดยสำนักงานพัฒนาที่ดินลำปาง ผลการทดลองพบว่าชุดดินในพื้นที่วิจัยก่อนการทดลองมีปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม เท่ากับ 1.20%, 5.64 mg/kg และ 62.40 mg/kg. ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.13 และค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.45 (ตาราง 4.1) ซึ่งพบว่าหลัง การวิจัยปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม ลดลงทุกรูปแบบการทดลอง และมีค่าน้อยกว่า ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพด ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นทุก รูปแบบการทดลองโดยที่ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงที่เหมาะสม แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีปริมาณ น้อยกว่าช่วงที่เหมาะสม ซึ่งโดยได้รับคำแนะนำจากสำนักงานพัฒนาที่ดินลำปาง ควรใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้น ปุ๋ยหลักสูตร 18-46-0 อัตรา 23 กก./ไร่ ปุ๋ยเสริม(K) สูตร 0-0-60 อัตรา 16 กก./ไร่ ปุ๋ยไนโตรเจนสูตร 46-0-0 อัตรา 9 กก./ไร่ และปุ๋ยแต่งหน้า ใส่หลังปลูกข้าวโพดแล้ว 25 วัน การใส่ปุ๋ยเพื่อให้เพียงพอ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตาราง 4.1 ค่าคุณสมบัติของดินก่อนและหลังทำการวิจัย

คุณสมบัติของดิน	ค่าการวิเคราะห์					ช่วงที่เหมาะสม
	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง				
		TR1	TR2	TR3	TR4	
ไนโตรเจน	1.20%	1.16%	1.19%	1.12%	1.18%	1.5-3%
ฟอสฟอรัส	5.64 mg/kg	4.94 mg/kg	4.95 mg/kg	4.93 mg/kg	4.96 mg/kg	10-15 mg/kg
โปรแตสเซียม	62.40 mg/kg	61.76 mg/kg	61.84 mg/kg	61.70 mg/kg	61.80 mg/kg	60-90 mg/kg
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	1.13	1.16	1.14	1.14	1.19	1.5-2.5
ความเป็นกรด-เบส	6.45	6.51	6.48	6.49	6.46	6.1-7.5

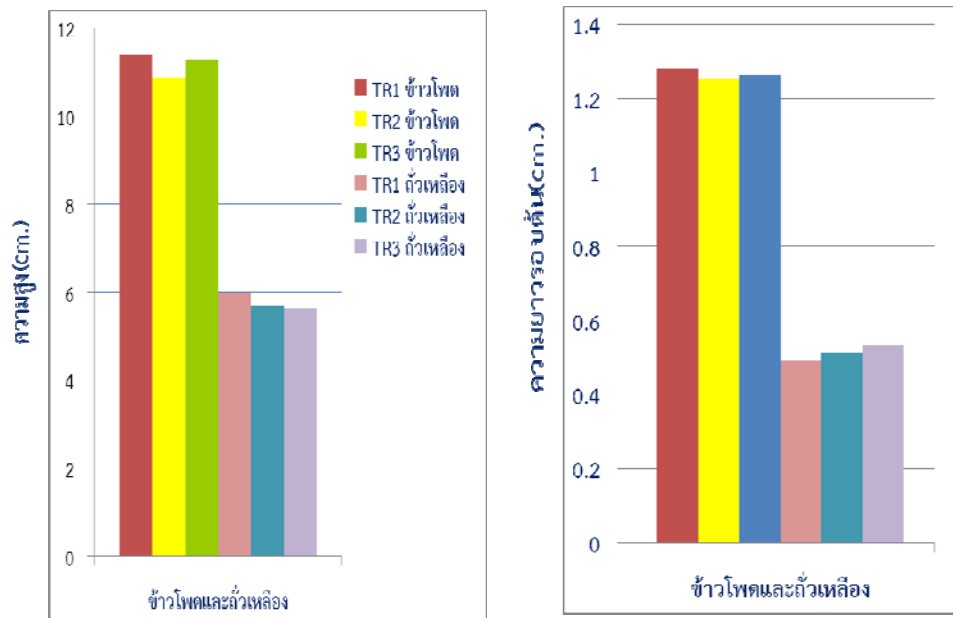
4.5 การประเมินผลผลิต

คณะผู้วิจัยทำการการประเมินผลผลิตโดยวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองฝักสด โดยทำการวัด ความสูง เส้นรอบวงของลำต้น และน้ำหนักของฝัก (ภาพที่ 4.5) ภายหลังจากการปลูก ถั่วเหลืองฝักสด 15 30 และ 60 วัน สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 15 30 60 90 และ 120 วัน



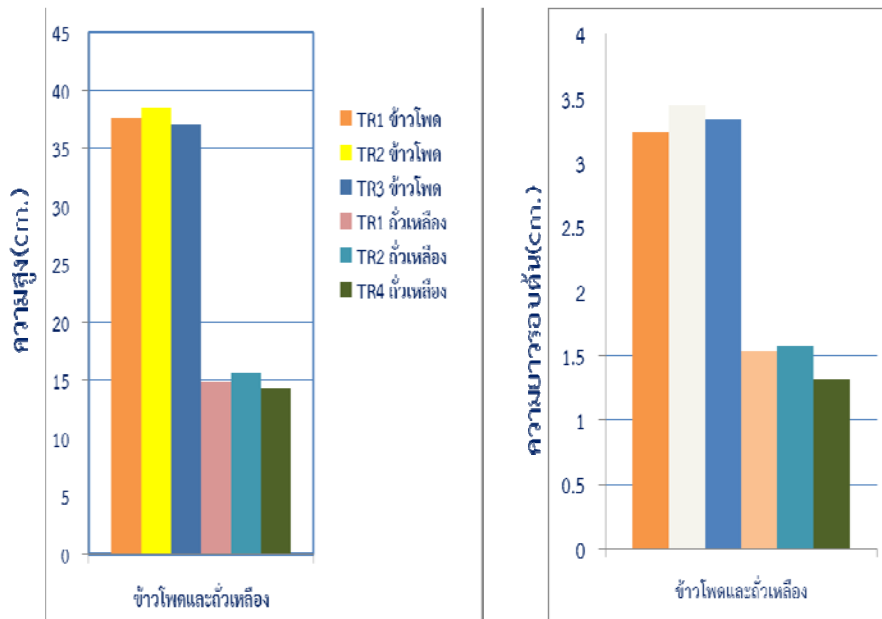
ภาพที่ 4.5 การวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลือง

จากการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 15 วัน และเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวรอบต้น ของข้าวโพดและถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง



ภาพที่ 4.6 การเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 15 วัน

จากการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 30 วัน และเปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวรอบต้น ของข้าวโพดและถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง



ภาพที่ 4.7 การเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองภายหลังการปลูก 30 วัน

ขณะที่การเจริญเติบโตของข้าวโพดและถั่วเหลืองฝักสดโดยทำการวัดความสูง เส้นรอบวงของลำต้น ภายหลังจากการปลูกถั่วเหลืองฝักสด 60 วัน และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 60 90 และ 120 วัน พบว่าการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง

จากการวัดการน้ำหนักของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสดภายหลังการปลูก 60 และ 120 วัน ตามลำดับ แล้วเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยสถิติ Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% พบว่าน้ำหนักของฝักถั่วเหลือง TR4(4.96a) มีความแตกต่างกับ TR1(3.11b) และ TR2(3.21b) ขณะที่น้ำหนักของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ TR1-TR4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง(ตาราง 4.2)

ตาราง 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด

รูปแบบการทดลอง	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ น้ำหนัก/ฝัก(g)	ถั่วเหลืองฝักสด น้ำหนักฝัก/ต้น(g)
TR1	242.44 a	3.11 b
TR2	248.52 a	3.21 b
TR3	241.78 a	-
TR4	-	4.96 a

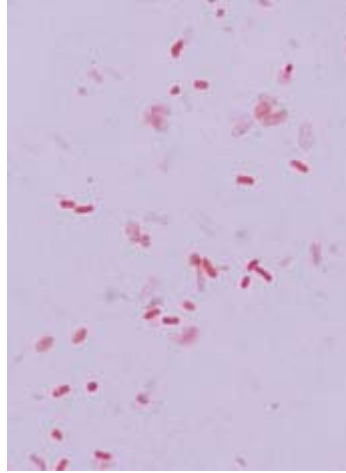
4.6 การศึกษาเชื้อไรโซเบียมในปมรากถั่ว

จากการเก็บตัวอย่างปมรากถั่วของถั่วเหลืองในพื้นที่วิจัย นำมาล้างด้วยน้ำให้สะอาด ซ้ำเชื้อที่ผิวรากด้วย 70%แอลกอฮอล์ ผ่าปมรากด้วยใบมีดที่ฆ่าเชื้อแล้ว นำส่วนที่อยู่ภายในรากไปขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (streak plate) เพื่อแยกไรโซเบียมให้เป็นโคโลนีเดี่ยว(ภาพที่ 4.7) พบว่าสามารถแยกเชื้อที่มีรูปร่างโคโลนีที่แตกต่างกัน 4 โคโลนี และได้นำไปเลี้ยงให้เป็นเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA จากนั้นนำเชื้อแต่ละไอโซเลทที่แยกได้ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวเพื่อเพิ่มจำนวนและตรวจสอบสายพันธุ์ต่อไป



ภาพที่ 4.8 การแยกเชื้อไรโซเบียมและการเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA

จากการตรวจสอบสายพันธุ์เบื้องต้นด้วยการย้อมสีแกรมและเทียบสัญญาณวิทยาพบเชื้อที่มี
ลักษณะรูปร่างแท่ง ติดสีแกรมลบ 1 ไอโซเลต



ภาพที่ 4.9 รูปร่างและการติดสีแกรมของเชื้อไรโซเบียมที่แยกได้จากปมรากถั่ว

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

1. การให้ความรู้เรื่องระบบการปลูกพืชแซม การปรับปรุงดินโดยใช้พืชตระกูลถั่ว การเก็บตัวอย่างดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ การเก็บข้อมูลการวิจัย และทำความเข้าใจ สร้างความสนิทสนมกันระหว่างนักวิจัย กับเกษตรกรผู้ร่วมโครงการวิจัยทำให้เกษตรกรมีความเสียสละให้ความร่วมมือในการใช้พื้นที่ดินเพื่อการวิจัย และร่วมมือกันเก็บข้อมูลการวิจัยรวมทั้งดูแลแปลงวิจัย สร้างการมีส่วนร่วมการทำงานวิจัย ร่วมกัน
2. รูปแบบการทดลองการปลูกพืชแซม TR1-TR4 เมื่อประเมินผลผลิตด้วยการวัดการเจริญเติบโตด้าน ความสูง ความยาวรอบต้นและน้ำหนักฝัก พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ TR1-TR4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง ขณะที่ถั่วเหลืองฝักสดมีน้ำหนัก(g)ของฝักถั่วเหลือง TR4 (4.96a) มีความแตกต่างกับ TR1(3.11b) และ TR2(3.21b)ขณะเดียวกันการเจริญเติบโตด้าน ความสูง ความยาวรอบต้นของถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกรูปแบบการทดลอง
3. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพของดิน โดยตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความเป็นกรด-เบส พบว่าชุดดินในพื้นที่วิจัย ก่อนการทดลองมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เท่ากับ 1.20%, 5.64 mg/kg และ 62.40 mg/kg. ตามลำดับ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 1.13 และค่าความเป็นกรด-เบสเท่ากับ 6.45 เมื่อทำการวิจัยปลูกถั่วเหลืองฝักสดแซมในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายหลังการวิจัยพบว่าปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ลดลงทุกรูปแบบการทดลอง และมีค่าน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสม สำหรับการปลูกข้าวโพด ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ค่าความเป็นกรด-เบสเพิ่มขึ้นทุกรูปแบบการทดลองโดยที่ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีปริมาณน้อยกว่าช่วงที่เหมาะสม
4. การศึกษาเชื้อไรโซเบียมที่มีบทบาทในกระบวนการตรึงไนโตรเจนซึ่งอาศัยในปมรากถั่วโดยทำการ แยกเชื้อด้วยเทคนิค streak plate พบว่าสามารถแยกไรโซเบียมได้เป็นโคโลนีเดี่ยวโดยมีรูปร่างโคโลนี ที่แตกต่างกัน 4 โคโลนี และจากการย้อมสีแกรมและเทียบสัณฐานวิทยาพบเชื้อที่มีลักษณะรูปร่างแท่ง ติดสีแกรมลบซึ่งเป็นลักษณะของไรโซเบียม 1 ไอโซเลต

ข้อเสนอแนะ

1. การเปลี่ยนพื้นที่วิจัย มีผลทำให้การทดลองซ้ำและต้องหาพื้นที่วิจัยใหม่ ควรหาพื้นที่และโจทย์วิจัยที่มาจากความต้องการของเกษตรกร ชุมชน จะทำให้เกษตรกรมีความสนใจร่วมการวิจัย
2. พื้นที่วิจัยลาดชันมากมีผลทำให้ไม่สามารถใช้รถไถได้ และทำให้ต้องใช้ยาฆ่าหญ้าเป็นจำนวนมาก ควรมีการเตรียมพื้นที่วิจัยในช่วงฤดูร้อนโดยใช้เครื่องตัดหญ้าให้สั้นที่สุดเพื่อลดปริมาณหญ้าลงให้มากที่สุดจะส่งผลให้ใช้ยาฆ่าหญ้าปริมาณน้อยลง
3. การปลูกพืชแซม มีการปลูกสลับแถวหรือต้นของระหว่างโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองฝักสด มีผลทำให้การปลูกทำได้ช้าต้องใช้เวลาในการปลูกมาก ควรมีแรงงานเพียงพอกับการปลูกพืช
4. การงอกของถั่วเหลืองไม่ดีเนื่องจากหลังวันปลูกมีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันทำให้เมล็ดพันธุ์เน่าเสียหาย ควรปลูกในช่วงที่ฝนตกแล้วและดินมีความชื้น ควรมีการติดตามการพยากรณ์อากาศอย่างใกล้ชิด

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า
ประเภท ปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1). กรุงเทพฯ. 68 น.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ. กรุงเทพฯ.
192 น.
- กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556. ถั่วเหลืองฝักสด. ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก
<http://www.doae.go.th/library/html/detail/paddy/c6.htm> วันที่ 5 พฤศจิกายน
2556.
- เฉลิมพล แซมเพชร สุนทร บุณยวิริยกุล ทรงเชาร์ อินสมพันธ์และศุภศักดิ์ ลิ้มปิติ. 2552.
ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของถั่วลิสงและข้าวโพดเมื่อปลูกพืชทั้งสองร่วมกัน. วารสาร
เกษตร. 5(2) 104-113.
- ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร. 2556. การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากผลวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน.
ออนไลน์ เข้าถึงได้จาก http://e-library.ldd.go.th/Web_KM/K_Con52.html วันที่ 5
พฤศจิกายน 2556.
- ชูชาติ สันทรทรัพย์. 2556. การจัดการดินสำหรับการปลูกพาะปลูกพืช. คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ดารารวรรณ ทวีศักดิ์บวรกุล. 2556. การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ดุสิต มานะจุติ (2535). ปฐพีวิทยาทั่วไป, กองบริการการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่
ทรงเชาร์ อินสมพันธ์ และอรณพ คณาเจริญพงษ์. 2545. การศึกษาผลของรูปแบบการปลูกต่อการ
เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานและถั่วเหลืองฝักสด ในระบบการปลูกข้าวโพด
หวานร่วมกับถั่วเหลืองฝักสด. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2538. หลักการและวิธีใช้ปุ๋ยเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ
- พงษ์พันธุ์ จิ๋งอยู่สุข. 2553. ระบบการปลูกพืชในเขตร้อน. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร.
เชียงใหม่.
- พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พวกเพียร . 2535. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. คณะกรรมการ
การจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ. ดร. สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน กรุงเทพฯ
- ยงยุทธ ศรีเกี้ยวผั่น สวิก เพ็งอันและสุรศักดิ์ ศรีธัญญา. 2530. การปลูกพืชแซมระหว่างถั่วเหลืองและ
ข้าวโพดในฤดูแล้ง. ในรายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วเหลืองครั้งที่ 2 จ.
พิษณุโลก.
- ยงยุทธ โอสธสสา. 2543. ธาตุอาหารพืช. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรณรงค์. 2546. คู่มือปฏิบัติการการสำรวจดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

- Eskandari H. and Ghanbari A. 2009. Intercropping of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) as whole-crop forage: Effect of different planting pattern on total dry matter production and maize forage quality. Not. Bot. Hort. Agrobot. 37(2):152-155.
- Krishnamoorthy Ch. 1978. Improved cropping intensity in rainfed land paper presented at the seminar held by upland crops division department of agriculture, Bangkok Thailand.
- Norman D.W. Ebal 1974. Factors affecting cotton yields obtained by Nigerian farmers. Nimeos RERU. TAR. Zacia.
- Okigbo B.H. 1978. Cropping systems and related research in Africa. Special issue on the occasion of the 10 the anniversary of the AAAASA. Occasional publication series Ot-I.
- Willey R.W. 1979. Intercropping-its importance and research need. Part I and II. Field crop 73-85.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก1 ข้อมูลความสูงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 15 วัน

ความสูง(cm.)ของข้าวโพดและถั่วเหลือง					
ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง
TR1	TR1	TR2	TR2	TR3	TR4
11.4	5.4	8.8	4.2	9.7	6.5
12.5	6.6	9.6	6.4	9.4	5.4
8.5	5.7	12.4	4.8	8.6	6.4
13.2	5.4	14.4	6.2	14.6	6.6
10.6	6.8	10.6	5.4	13.4	5.5
11.8	6.2	11.4	5.8	12.8	5.4
10.5	4.6	12.8	3.8	13.6	4.6
9.4	5.5	8.6	4.6	11.5	4.4
8.8	6.3	10.8	8.6	10.3	6.8
12.2	5.7	12.6	6.4	11.6	6.4
14.3	6.4	11.2	5.8	10.8	4.2
11.2	7.6	10.4	5.5	12.6	6.2
14.1	8.5	9.6	5.2	11.5	5.8
12.6	4.6	9.8	6.5	8.4	6.2
10.2	4.8	10.2	6.2	10.6	4.6
11.42	6.00	10.88	5.69	11.29	5.66

ตารางภาคผนวก2 ข้อมูลเส้นรอบวงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 15 วัน

เส้นรอบวง(cm.)ของข้าวโพดและถั่วเหลือง					
ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง
TR1	TR1	TR2	TR2	TR3	TR4
1.4	0.6	1.2	0.6	1.1	0.4
1.2	0.4	1.5	0.4	1.4	0.6
1.5	0.5	1.4	0.6	1.5	0.6
1.5	0.4	1.6	0.6	1.2	0.6
1	0.4	1.2	0.5	1.6	0.5
1.4	0.6	0.9	0.4	1.2	0.6
0.9	0.4	0.7	0.5	0.8	0.5

1.5	0.5	0.9	0.5	1.5	0.5
1.2	0.6	1	0.6	1.7	0.6
0.8	0.3	1.3	0.6	0.9	0.6
1.2	0.6	1.5	0.4	1.4	0.5
1.6	0.4	1.2	0.4	1.2	0.4
1.5	0.6	1.6	0.5	1.1	0.4
1.2	0.6	1.3	0.5	0.8	0.6
1.3	0.5	1.5	0.6	1.6	0.6
1.28	0.49	1.25	0.51	1.26	0.53

ตารางภาคผนวก3 ข้อมูลความสูงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 30 วัน

ความสูง(cm.)ของข้าวโพดและถั่วเหลือง					
ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง
TR1	TR1	TR2	TR2	TR3	TR4
32.7	15.4	27.3	15.5	46.6	20
55.8	16.9	54	19.7	42.3	14.5
47.8	13.8	47.2	10.7	51.6	17
44.2	16.1	31.8	15.6	60.4	18.2
36.1	15.1	43.1	17	34.1	12
32.3	8.5	53.3	12.1	35.9	14
29.1	12	26.1	15.3	48.1	14.3
29	15.1	34.3	11.8	21.5	6.4
27	21.3	26.3	13.5	44	10.6
47.8	19	49	18.1	31.8	9
37.2	8	22	18.5	29.2	15.8
32.1	22.2	52	19	25.9	13.7
27	10.2	23	15.5	26.6	16.7
35.4	15.8	46	16	22.1	18.9
50.7	13.1	42	17	35.2	12.8
37.61	14.83	38.49	15.68	37.02	14.26

ตารางภาคผนวก4 ข้อมูลเส้นรอบวงของข้าวโพดและถั่วเหลืองหลังปลูก 30 วัน

เส้นรอบวง(cm.)ของข้าวโพดและถั่วเหลือง					
ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง	ข้าวโพด	ถั่วเหลือง
TR1	TR1	TR2	TR2	TR3	TR4
2.5	1.6	3	1.6	3.5	1.4
5.5	1.5	4	1.6	3.2	1
4	1.4	3	1.2	3.8	1.3
3	1.5	3.8	1.4	6.7	1.4
3.6	3.4	3.3	1.2	3.4	1
3.4	1	3.5	1.4	3.6	1.3
3	1.2	2.8	1.4	3.5	1.2
2.4	1.3	3.4	1.7	3	1.3
2.4	2	2.4	1.9	3.4	1.2
3.3	1.7	3.9	1.3	2.3	0.8
2.9	0.5	3	2.7	2.3	1.5
2.3	1.6	3.5	1.4	3.1	1.4
2.7	1.4	3.9	1.8	3.3	1.6
4	1.4	4.5	2	2.2	1.6
3.6	1.6	3.6	1	2.7	1.7
3.24	1.54	3.44	1.57	3.33	1.31



ภาพภาคผนวก 1 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วเหลืองระยะเก็บเกี่ยว



ภาพภาคผนวก 2 การชั่งตัวอย่างดิน



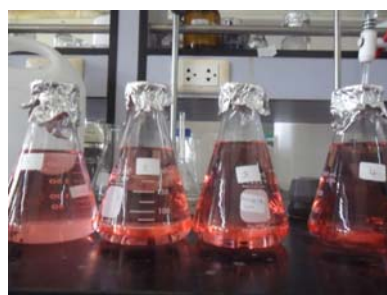
ภาพภาคผนวก 3 การอบตัวอย่างดิน



ภาพภาคผนวก 4 การบดตัวอย่างดิน



ภาพภาคผนวก 5 การร่อนตัวอย่างดิน



ภาพภาคผนวก 6 การไทเทรตเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุไนโตรเจน



ภาพภาคผนวก 7 การย่อยเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม



ภาพภาคผนวก 8 การหาปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัสด้วย UV-spectrophotometer



ภาพภาคผนวก 9 การหาปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียมด้วย Atomic absorption spectrophotometer

สูตรการคำนวณหาไนโตรเจน

$$\% N = \frac{(a-b)c \times 1.401}{g}$$

a = มล.ของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

b = มล.ของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

ถ้าตัวอย่างเป็นน้ำหนักรวบรวม วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน แต่จะต้องเขย่า แล้วใช้กระบอกตวงตวงสารตัวอย่างประมาณ 2-5 มล. (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำหนักรวบรวม) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนต่อไป

เช่น ปุ๋ย = 35.5

$$\begin{aligned} \% N &= \frac{(a-b) c \times 1.401}{g} \\ &= \frac{(35.5 - 0) 0.1 \times 1.401}{1} \end{aligned}$$

$$\%N = 4.97355$$

การคำนวณหาฟอสฟอรัส

การคำนวณ

$$\% P = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 S}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องหน่วยเป็น ppm

d.f = dilution factor เช่น 25/5 หรือ 25/1

s = น้ำหนักตัวอย่างที่ชั่ง

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ใช้ Factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้
เช่น

$$\% P = \frac{2.3652 \times 100 \times 100}{1,000,000}$$

$$\% P = 0.023652$$

การคำนวณปริมาณธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่าง (หน่วย ppm)

$$\% K = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 s}$$

r = ค่าที่อ่านได้จากเครื่อง หน่วยเป็น ppm

S = น้ำหนักของตัวอย่างที่ชั่ง

d.f = dilution factor ควรจะเป็น 10/ 1 หรือ 20/ 1 หรือมากกว่า ถ้าไม่ได้เจือจางสารละลายตัดค่า d.f ออกไป

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ K_2O ใช้ factor 1.205 คูณค่า K ที่ได้

b = มล.ของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (กรัม)

$$\% K = \frac{2.362 \times 100 \times 100}{10^6 s}$$

$$\% K = 0.02362$$