สถาบันเทคโนโลยี รหัสโครงการ SUT3-304-38-24-11

รายงานการวิจัย

การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและไมโครไรซ่าเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นอาหารสัตว์

The Use of Rhizobium and VA Mycorrhiza for Increasing Yield of Forage Legumes

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. นันทกร บุญเกิด

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หนึ่ง เตียอำรุง

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2538-2539

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2541

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเงินทุนวิจัยจาก เงินงบประมาณของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งานวิจัยนี้ได้รับการช่วยเหลือทางด้านการเตรียมงานและปฏิบัติงานจาก นางสาวอภิญญา รัตนะจิตร และด้านธุรการจาก นางสาวกุลฒี รัตนรักษ์ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

กันยายน 2541

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์มากขึ้น โดยเฉพาะโคนมจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีอาหารที่มีคุณภาพโดยเฉพาะอาหารหยาบ อาหารหยาบที่มีการใช้อยู่ทั่ว ๆ ไป ประกอบด้วยหญ้าและถั่ว หญ้าส่วนใหญ่มีปริมาณโปรตีนต่ำ สำหรับถั่วให้โปรตีนสูงกว่า การที่ถั่วจะให้โปรตีนสูงมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับธาตุไนโตรเจน ที่สำคัญคือจากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศร่วมกับจุลินทรีย์ไรโซเบียม และธาตุที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง คือ ฟอสฟอรัส ซึ่งส่วนใหญ่มีอยู่ในดินแต่ความเป็นประโยชน์ต่อพืชมีจำกัด และจุลินทรีย์ดินไมโคไรซ่าสามารถช่วยให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น ดังนั้น ถ้าหากถั่วได้รับไรโซเบียม และไมโคไรซ่าที่เหมาะสมจะทำให้คุณภาพการเป็นอาหารสูง และมีต้นทุนการผลิตต่ำ เป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้จึงเน้นที่จะพัฒนาปุ๋ยชีวภาพ ไรโซเบียม และไมโคไรซ่า เพื่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพพืชอาหารสัตว์ประเภทถั่ว

จากผลการวิจัย พบว่า สามารถคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพสูง ในการตรึงไนโตรเจนได้กับถั่วไมยรา วินคาเซีย และถั่วเซนจูเรียน เมื่อนำเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้สูงของไมยรา วินคาเซีย และเซนจูเรียน ทดลองร่วมกับเชื้อราไมโคไรซ่า ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่า ไรโซเบียมไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้มีในดินที่ขาดฟอสฟอรัสทำให้ต้นแคระแกรน เช่นเดียวกันในสภาพดินที่มีไรโซเบียมน้อย หรือไม่มีไรโซเบียม ไมโคไรซ่าอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ต้นถั่วเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อทำการใส่ทั้งไรโซเบียม และไมโคไรซ่าร่วมกัน ถั่วทั้งสองจะมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์มาก ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งแสดงว่า ไมโคไรซ่าสามารถใช้แทนฟอสฟอรัสได้ ในกรณีที่ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ

การตรึงไนโตรเจนโดยไรโซเบียมกับพืชอาหารสัตว์ประเภทถั่วนั้น ได้ปริมาณที่มากเกินพอที่ถั่วจะใช้ และไนโตรเจนส่วนเกินสามารถปลดปล่อยให้กับหญ้าที่ปลูกร่วมกันได้ จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ไมยราและโสนหางไก่ เมื่อปลูกร่วมกับหญ้ารูซี่สามารถเพิ่มผลผลิต และปริมาณโปรตีนในหญ้ารูซี่สูงกว่าที่ปลูกหญ้าอย่างเดียว

Abstract

Cattle production in Thailand has been increased greatly, especially dairy cattles. Production of high quality cattles require high quality feed including roughage. Grass based roughage is usually low quality compared to forage legumes. Legume in symbiosis with a bacterium rhizobium can fix atmospheric N enough for plant growth. In order for the forage legume to fix high nitrogen available phosphorus in soil is important. It has been known that mycorrhizal fungi in association with plant roots can absorb enough phosphorus for plant. Thus the aim of this research was to utilize biofertilizer rhizobium and mycorrhiza to increase yield of forage legumes

Results obtained from this study confirmed that some strains of *Desmanthus virgatus* rhizobia, *Centrocema centurion* rhizobia and *Chamaecristo rotundiforia* rhizobia were highly qffective. These strains were used to make inoculants for soil application in combination with mycorrhiza inoculant. Results showed that rhizobial and mycorrhiza inoculation alone could not support plant growth normally. But when dual inoculation with rhizobia and mycorrhiza forage legumes could grow vigorously comparable to the use of chemical fertilizer.

We also found that rhizobia and legumes symbiosis could fix nitrogen more than the plant need. The excess of N fixed could be used by grasses grown near by the legumes. This evident was that the dry matter yield and protein conten in ruzi grass were higher when the grass was grown in combination with *Desmanthus virgatus* and *Sesbania* sp.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
การตรวจสอบเอกสาร	2
การทดลองที่ 1	
การคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมพืชอาหารสัตว์	10
การทดลองที่ 2	
การทดสอบเชื้อไรโซเบียม เชื้อไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน	12
การทดลองที่ 3	
การทดสอบเชื้อไรโซเบียม เชื้อไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่ววินคาเซีย	21
การทดลองที่ 4	
งานทดลอง Sportting test หญ้าผสมถั่วในฟาร์ม มทส.	28
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก	35
ประวัติผู้วิจัย	49

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ชนิดของไรโซเบียม และพืชตระกูลถั่วที่มันเข้าอยู่อาศัย	3
2.	การจำแนกไรโซเบียมในระบบใหม่	3
3.	ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน ในเรือนเพาะชำ	17
4.	ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน เมื่ออายุ 86 วัน ในเรือนเพาะชำ	17
5.	ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วไมยรา	25
6.	ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่ววินคาเซีย	25
7.	แสดงน้ำหนักหญ้าแห้งรูซี่ % ไนโตรเจน และโปรตีนในแปลงหญ้าผสมถั่ว	29
8.	แสดงน้ำหนักถั่ว % ไนโตรเจน และโปรตีนในแปลงหญ้าผสมถั่ว	29
9.	แสดงน้ำหนักรวมของหญ้าผสมถั่ว และโปรตีนรวมในแปลงหญ้าผสมถั่ว	29

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.	เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ กับ *Desmanthut vigatus*	11
2.	เปรียบเทียบถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* CAIT 184) ที่ได้รับไรโซเบียม (ขวา) และ control	11
3.	ต้นถั่วเซนจูเรียน เมื่ออายุได้ 86 วัน	18
4.	เปรียบเทียบไมยรา (*Desmanthus virgatus*) ที่ได้รับเชื้อไรโซเบียมและไมโคไรซ่า	26
5.	เปรียบเทียบถั่ววินคาเซีย (*Chamaecrista rotundifolia*) ที่ได้รับเชื้อไรโซเบียมและไมโคไรซ่า	26
6.	แปลงหญ้ารูซี่ที่ปลูกโดยไม่มีถั่วร่วมด้วย	30
7.	หญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับไมยรา	30
8.	หญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับโสนหางไก่	31
9.	หญ้ารูซี่ปลูกร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล	31

บทนำ

(Introduction)

ข้าวและมันสำปะหลังเป็นพืชหลักที่มีการปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพืชทั้ง 2 ชนิดกำลังประสบปัญหาอย่างรุนแรงในเรื่องการตลาดและการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะข้าวเป็นพืชที่ใช้น้ำมาก ต้องการปุ๋ยและปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตอื่น ๆ จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงแต่ราคาจำหน่ายต่ำไม่คุ้มการลงทุน เพราะในขณะนี้และในอนาคตมีประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ลาว พม่า เขมรและเวียดนาม เริ่มฟื้นภาระสงครามหันมาปลูกข้าว ซึ่งประเทศเหล่านี้มี ค่าจ้างแรงงานต่ำมาก จึงทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องหาทางเลือกในการทำการเกษตรใหม่และเห็นว่าปศุสัตว์น่าจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม และรัฐบาลกำลังให้ความสนใจทางด้านปศุสัตว์ มีการขยายตัวทางด้านการผลิตทั้งวัวนมและวัวเนื้อ จึงมีปัญหาที่ตามมาคืออาหารสัตว์หยาบที่มีคุณภาพมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วที่เป็นแหล่งให้สารอาหารโปรตีนที่มีราคาถูก ดินในประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำขาดธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัสอย่างรุนแรง จึงทำให้การผลิตพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต้องลงทุนจากการใส่ปุ๋ยสูง พืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารสัตว์หลายชนิดสามารถที่จะทำงานร่วมกับจุลินทรีย์ดินไรโซเบียม ใช้ไนโตรเจนจากอากาศได้แทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน แต่จะต้องได้รับไรโซเบียมที่เหมาะสมและเพียงพอ และยังพบว่าเชื้อไมโคไรซ่าหลายชนิดมีความสามารถที่จะอยู่รวมกับพืชตระกูลถั่วเหล่านี้ และช่วยให้ถั่วได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสได้มากขึ้น ดังนั้นหากสามารถนำเอาเทคโนโลยีทางไรโซเบียมและไมโคไรซ่ามาประยุกต์ใช้ร่วมกัน ก็สามารถที่จะเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วต่าง ๆ ได้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้ ก็เพื่อพัฒนาปุ๋ยชีวภาพใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืชอาหารสัตว์ประเภทตระกูลถั่ว โดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งประกอบด้วยวัตถุประสงค์จำเพาะดังนี้

1. เพื่อทำการคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพสูงกับพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ
2. เพื่อหาสหสัมพันธ์ระหว่างเชื้อไรโซเบียม และไมโคไรซ่า เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชถั่วอาหารสัตว์
3. ทำการพัฒนาการผลิตเชื้อไรโซเบียม เพื่อใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ

การตรวจสอบเอกสาร

(Review of Literature)

ไรโซเบียม

ไรโซเบียมเป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ใน Family Rhizobiaceae, ปกติมีรูปร่างเป็นท่อน (rod shape) ขนาดประมาณ 0.5 - 0.9 x 1.2 - 3.0 ไมคอน อาจอยู่เป็นเซลล์เดี่ยว เคลื่อนไหวโดยใช้หาง (flagellum) ซึ่งเป็นแบบเส้นเดียวและหลาย ๆ เส้น ย้อมติดสีแกรมลบ (gram negative) ไม่สร้างสปอร์ (non spore forming) ต้องการอากาศในการดำรงชีวิต (aerobic bacteria)

ความสัมพันธ์ของไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกันมาก คือ ไรโซเบียมจะเข้าอาศัยอยู่ในรากของพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) โดยไรโซเบียมจะตรึงไนโตรเจนจากอากาศ มาอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจนที่ต้นถั่วและไรโซเบียมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ขณะเดียวกันไรโซเบียมก็จะได้อาหารหรือสารประกอบเพื่อใช้ดำเนินชีวิตจากต้นถั่ว เมื่อไรโซเบียมเข้าไปในรากถั่วก็จะทำให้รากของต้นถั่วเกิดปม (nodule) ขึ้น ไรโซเบียมที่อยู่ในปมจะเปลี่ยนรูปร่างจากแท่งยาวไปเป็นแบคทีรอยด์ (bacteroid) ซึ่งมีรูปร่างหลายแบบ เช่น X-shape, Y-shape, pear-shape หรือทรงกลม และมีการสร้างเอ็นไซม์ ไนโตรจีเนส (nitrogenase) และพืชสังเคราะห์ leghaemoglobin เพื่อใช้ในขบวนการตรึงก๊าซไนโตรเจนให้มาอยู่ในรูปที่ตัวมันเองและพืชใช้ได้

การจำแนกไรโซเบียมไม่เหมือนกับการจำแนกจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ เพราะเหตุว่าไรโซเบียมเป็นบักเตรีที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับพืชตระกูลถั่ว และในการศึกษาไรโซเบียมและพืชตระกูลถั่วในระยะแรก ๆ นั้นพบว่า พืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน จึงมีการจำแนกตามลักษณะกลุ่มพืชที่สามารถเกิดปมกับไรโซเบียมได้เหมือน ๆ กัน (cross inocculation) โดยไม่คำนึงถึงว่าปมที่เกิดจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ การจำแนกลักษณะมีดังตารางที่ 1 ดังนี้คือ

ปัจจุบันนี้ได้มีการจำแนกไรโซเบียมเพิ่มขึ้นอีก 3 สกุลรวมเป็น 5 สกุลดังนี้

1. *Rhizobium*
2. *Bradyrhizobium*
3. *Mesorhizobium*
4. *Azorhizobium*
5. *Sinorhizobium*

โดย *Rhizobium fredii* ในตารางที่ 2 จะจัดอยู่ใน *Sinorhizobium fredii*

ไรโซเบียมแต่ละ species มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ กัน แม้แต่ใน species เดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ยังมีประสิทธิภาพต่างกันด้วย ถึงแม้แต่ในถั่วชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ตาม (Date, 1970) ในทางกลับกันถึงแม้ว่าจะเป็นไรโซเบียมสายพันธุ์เดียวกันแต่เกิดในถั่วต่างสายพันธุ์ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนแตกต่างกันออกไปด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินกิจกรรมร่วมกันระหว่างไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วอย่างมีประสิทธิภาพ และที่สำคัญที่สุดในที่นี้คือ

1. สายพันธุ์ไรโซเบียม

ไรโซเบียมแต่ละ species ประกอบขึ้นด้วยไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ มากมาย แต่ละสายพันธุ์มีความสามารถในการทำให้เกิดปม และตรึงไนโตรเจนได้แตกต่างกัน Bradlay (1983) ได้ทดลองคัดเลือกไรโซเบียมจำนวน 46 สายพันธุ์กับพืชตระกูลถั่ว 3 ชนิด แล้วเปรียบเทียบการตรึงไนโตรเจน โดยการวิเคราะห์ไนโตรเจนในลำต้น พบว่าระดับไนโตรเจนในพืชซึ่งเกิดจากไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ มีปริมาณแตกต่างกันมากบ้างน้อยบ้าง ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม สมศักดิ์ (2525) พบว่า *Rhizobium japonicum* เป็นไรโซเบียมปมถั่วเหลือง ซึ่งประกอบด้วยไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ มากมาย แต่ละสายพันธุ์มีความสามารถทำให้เกิดปม และการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเหลืองได้แตกต่างกัน

การที่สายพันธุ์ไรโซเบียมมีการตรึงไนโตรเจนแตกต่างกันนี้ เกิดจากไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในปมรากถั่วซึ่งเป็นศูนย์กลางของขบวนการตรึงไนโตรเจน และปมรากถั่วกระจัดกระจายอยู่ในตำแหน่งต่าง ๆ ของรากถั่วซึ่งมีขนาดและปริมาณแตกต่างกัน ในสายพันธุ์ที่สามารถสร้างปมได้มากและมีขนาดใหญ่จะมีปริมาณเนื้อเยื่อทั้งหมด (total nodule tissue) ของปมต่อต้นสูงจะส่งผลให้ปริมาณของ leghaemoglobin ที่มีอยู่ในปมรากถั่วมาก ทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูง เนื่องจากปริมาณของ leghaemoglobin นี้สามารถที่จะใช้ในการวัดประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนในอากาศให้เปลี่ยนมาอยู่ในรูปของสารประกอบไนโตรเจนที่สามารถนำไปใช้ได้ประโยชน์สูง (Johnson และ Hume, 1973) แต่ในบางกรณีไรโซเบียมบางสายพันธุ์สร้างปมได้น้อยแต่มีขนาดปมใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์ที่สร้างปมได้มากแต่มีขนาดเล็ก ก็จะทำให้

ปริมาณการตรึงไนโตรเจนใกล้เคียงกัน ในกรณีที่น้ำหนักของเนื้อเยื่อรวมของปมใกล้เคียงกัน (Nutman, 1969)

2. สายพันธุ์ถั่ว

พืชตระกูลถั่วมีจำนวนมากประกอบไปด้วย 3 ตระกูลย่อย คือ Subfamily Mimosoideae มี 56 สกุล Subfamily Papilionoideae มี 480 สกุล และ Subfamily Caesalpinioideae มี 152 สกุล ที่สามารถสร้างปมกับไรโซเบียม (Boonkerd, 1986)

การสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนนอกจากจะขึ้นกับสายพันธุ์ไรโซเบียมและสภาพแวดล้อมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดหรือพันธุ์ของพืชตระกูลถั่วด้วย ความสามารถในการสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนในถั่วจะแตกต่างกันตามลักษณะพันธุกรรมหรือตามพันธุ์ เช่น ในการคัดเลือกพันธุกรรมของถั่วเขียวเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยวิธี Acetylene Ruduction Assay พบว่า ถั่วเขียวทั้ง 97 พันธุ์ มีความแตกต่างกันซึ่งทั้งหมดขึ้นอยู่กับลักษณะต่าง ๆ ที่ถูกควบคุมโดยพันธุกรรม (Zary และคณะ, 1978; Miller and Fernandez, 1987)

3. ความจำเพาะเจาะจงกันระหว่างไรโซเบียมกับถั่ว

การทำให้เกิดปมในรากพืชตระกูลถั่วโดยไรโซเบียมนั้น เป็นไปอย่างจำเพาะเจาะจงตามกลุ่มของถั่ว และยิ่งไปกว่านั้นในถั่วแต่ละพันธุ์หรือแต่ละ species ยังมีการเลือกหรือชอบที่จะเกิดปมได้ดีกับไรโซเบียมเฉพาะบางสายพันธุ์เท่านั้น (Brockwell และ Katznelson, 1976)

Brockwell และ Katznelson (1976) ทดลองใช้ไรโซเบียมสายพันธุ์เดียวกัน ผลปรากฏว่า ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมแตกต่างกันในถั่วแต่ละพันธุ์

การใช้ไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มผลผลิต ได้มีคนทำการศึกษาวิจัยกันอย่างกว้างขวาง งานทดลองที่สนับสนุนว่าไรโซเบียมช่วยเพิ่มผลผลิต อย่างเช่น การทดลองของปรีชาและคณะ (2521) ได้ทดลองปลูกถั่วเหลืองโดยทำการคลุกไรโซเบียมทุกปี เปรียบเทียบกับการไม่คลุกเชื้อในปีต่อไป พบว่าหลังจากคลุกไรโซเบียมในปีแรกแล้ว ปีต่อไปไม่คลุกถั่วเหลืองสามารถเกิดปมได้ดีตามปกติ และใกล้เคียงกับถั่วเหลืองที่ได้รับการคลุกไรโซเบียมทุกปี แต่เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตและการเจริญเติบโต พบว่าถั่วเหลืองที่ได้รับการคลุกเชื้อไรโซเบียมในปีที่สองมีผลตอบสนองสูงกว่าการไม่คลุกไรโซเบียมในปีที่สอง

ไมโคไรซ่า

ไมโคไรซ่า เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งซึ่งอยู่ในดินอาศัยอยู่ตามรากพืช โดยไม่ทำอันตรายให้กับพืช ทั้งนี้พืชและเชื้อราต่างพึ่งพาซึ่งกันและกัน และได้รับประโยชน์ร่วมกัน เซลล์ของรากพืชและเชื้อราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ สปอร์ไมโคไรซ่าจะมีอยู่ทั่วไปในดินเป็น soil borne fungi จากลักษณะดังกล่าวจึงได้ตั้งชื่อกลุ่มเชื้อราเหล่านี้ว่า "เชื้อราไมโคไรซ่า - Mycorrhiza fungi" (Gerdemann, 1968) เชื้อราไมโคไรซ่าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะสันฐานวิทยาดังนี้ คือ

1. Ectotrophic mycorrhiza หรือ Ectomycorrhiza จะเจริญอยู่ภายนอกรากพืชชั้นสูง โดยจะสร้างเส้นใยปกคลุมรอบ ๆ รากพืชจนทำให้ดูคล้าย ๆ กับว่าเป็นฝักหรือปอกหุ้มรากพืช เส้นใยของรากจะเจริญอยู่อย่างหนาแน่นจนมีลักษณะคล้าย ๆ แผ่นบาง ๆ ปกคลุมอยู่รอบ ๆ รากฝอยของพืช บางครั้งเราจึงเรียกไมโคไรซ่าชนิดนี้ว่า sheathing mycorrhiza ในบางครั้งอาจพบเส้นใยของราเจริญอยู่รอบ ๆ cortex ของรากพืช หรืออาจเจริญงอกไปในดินด้วย ในการเจริญเข้าไปในรากของพืชราจะใช้ส่วนของเส้นใยแทงทะลุเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์ชั้นใน cortex ของรากพืช ในปี 1967 Mosser พบเชื้อราเอ็คโตไมโคไรซ่า ในพันธุ์ไม้ตระกูลต่าง ๆ ดังนี้ (นันทกร และคณะ, 2534)

-Pinaceae เช่น Abies, Ketelusia, Pseudosuga, Pseudolasix, Cathaya, Tsuga, Larix, Pinut, Picea, Cedrus.

-Betulaceae เช่น Alus, Corprinus, Ostryosis, Betulus, Ostrya Salicaceae เช่น Salisc, Populus

-Rosaceae เช่น Oryas, Pyras, Malus

-Fagaceae เช่น Fagus, Castanea, Pasania, Trigonobalanus, Castanopsis, Quercus

-Caesalpinaceae เช่น Gilbertiodendron, Anthonotha, Afrelia, Paramacrobium, Monopetalanthus, Julbernardia

-Mystaceae เช่น Eucalyptus

-Tiliaceae เช่น Tilia

-Ericaceae เช่น Vaccinium, Arctostaphylos

ลักษณะการเจริญเติบโตของ Ectomycorrhiza fungi ราในกลุ่มนี้สามารถแยกเชื้อออกมาในรูปของ vegtative form ได้แต่การจำแนกทำได้ยากเพราะว่า reproductive form จะไม่เกิดขึ้นรวดเร็วเท่าใดนัก สำหรับ fruiting bodies ของ ectomycorrhizal fungi จะพบบนผิวดินใกล้ ๆ ต้นไม้และในบริเวณดังกล่าวสามารถแยกเชื้อราได้โดยไม่ยาก ราเหล่านี้จะเจริญอย่างช้า ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อและต้องการอาหารพิเศษ เช่น thiamine, กรดอะมิโนต่าง ๆ และสารประกอบอื่น ๆ ของรากซึ่งรวมเรียกว่า M - factor นักวิทยาศาสตร์ในสวีเดนพบว่า M-factot จะเป็นสารที่ได้

จากสารที่รากขับออกมา (root exudates) ที่เป็น mycorrhiza เท่านั้น พบว่า M-facter ใน *Boletus variegatus* โดยเฉพาะที่มีความเข้มข้นต่ำจะกระตุ้นการเจริญของรา ส่วน M-facter ที่มีความเข้มข้นสูงจะยับยั้งการเจริญของรา ราในกลุ่ม ectomycorrhiza นี้จะไม่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส และลิกนิน ดังนั้นจำเป็นต้องอาศัยคาร์โบไฮเดรตสำหรับการเจริญเติบโตจากพืชที่เป็น host สารที่ขับออกมาและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมาจะมีอิทธิพล ต่อรูปร่างและโครงสร้างของระบบรากพืชด้วย metabolites ที่ว่านี้ได้แก่ auxin เช่นพวก indole acetic acid รวมทั้งสารอื่น ๆ ที่มีบทบาทต่อการรเจริญเติบโตของพืช ซึ่งอาจจะมีส่วนในการทำให้รากพืชแตกออกในลักษณะส้อม (fock - branching) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรากสน ในลักษระการเจริญเติบโตร่วมกันนี้ ราและพืชที่เป็น host จะมีบทบาทในการควบคุมลักษระทางสรีระวิทยา และสัณฐานวิทยาของระบบการอยู่แบบถ้อยทีถ้อยอาศัย ราจะได้คาร์บอนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่เป็น host ในทำนองเดียวกันราก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดและสะสมอาหารให้แก่พืชที่เป็น host

ในการดูดธาตุอาหารของพืช รากที่เกิด mycorrhiza นั้นจะไม่มีรากขนอ่อน พืชจะดูดอาหารในดินโดยใช้ fungal sheath และเส้นใย (hyphae) ของราส่วน Hartig net ก็จะเป็นตัวกลางระหว่าง fungal sheath กับเซลล์ของ host โดยที่ ectomycorrhiza จะเพิ่มพื้นที่ผิวให้แก่ระบบรากจึงทำให้รากดูดไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียมจากบริเวณที่อยู่รอบ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ fungal sheath จะเป็นแหล่งสะสมฟอสเฟตให้แก่พืช และเมื่อพืชแสดงอาการขาดธาตุนี้ ฟอสเฟตจะถูกปลดปล่อยออกมา

2. Endotrophic mycorriza หรือ endomycorrhiza ราในกลุ่มนี้จะใช้เส้นใยแทงทะลุเข้าไปในเนื้อเยื่อของราก โดยจะเจริญเข้าไปในชั้น cortex แล้วสร้างส่วนของเซลล์มีรูปร่างคล้ายกระเปาะ (vesicles) นอกจากนั้นบางส่วนของเส้นใยจะเจริญเข้าไปในเซลล์พืช แล้วแตกแขนงออกเรียกว่า vesicular - mycorrhiza (VAM) ซึ่งจะพบมากในพืชพวก Angiosperms ซึ่งเป็นพืชที่มีความสำคัญทางด้านการเกษตร ราในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ใน class Phycomycetes, Basidiomycetes, Fungi Imperfecti

ลักษระทั่วไปของการเข้าสู่รากของ VA mycorrhiza และความสัมพันธ์กับระดับฟอสฟอรัสในดิน ปกติพืชที่ปลูกในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสในรูปที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับที่ต่ำ จะทำให้เซลของพืชที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสต่ำ และมีการสร้างเอ็นไซม์ phosphatase สูงขึ้น ซึ่งเอ็นไซม์นี้จะไม่พบในเซลล์พืชที่มีธาตุฟอสฟอรัสมากพอ เอ็นไซม์นี้จะถูกปลดปล่อยออกสู่ดิน เอ็นไซม์ phosphatase ที่สร้างในสภาวะที่เซลล์พืชที่มีธาตุฟอสฟอรัสต่ำนี้จะไปทำให้เซลล์พืชสังเคราะห์ lectin ได้ต่ำซึ่ง lectin เป็นสารที่มีคุณสมบัติทำให้เมล็ดเลือดขาวตกตะกอนและสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของบักเตรีและเชื้อรา เมื่อมีเอ็นไซม์ phosphatase สูงในพืชจะทำให้ lectin น้อยลงไปไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่เข้าสู่เซลล์พืชได้ (Sander et

al, 1975) เชื้อรา VAM เข้าสู่รากพืชได้ 3 ทางคือ รากขน (root hairs) เซลล์ชั้น epidermis หรือชั้น exodermis ในราซึ่งแก่หรือเซลล์ eoidermis ที่ฉีกขาด (Nicolson, 1959)

ประโยชน์ที่พืชจะได้รับจากชั้น ectomycorrhiza และ endomycorrhiza คือ

- เพิ่มพื้นของผิวรากที่จะสัมผัสกับดินทำให้เพิ่มเนื้อที่ ในการดูดธาตุอาหารของรากมากขึ้น
- ไมโคไรซ่าช่วยพืชดูดและสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ ไว้ เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุอื่น ๆ อีก ซึ่งธาตุเหล่านี้ไมโคไรซ่าจะดูดไว้ในราก
- ช่วยดูดธาตุอาหารจากหินแร่ที่สลายตัวยาก พวกอินทรียวัตถุต่าง ๆ ที่สลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้
- รากที่มีไมโคไรซ่าสามารถต้านทานการป้องกันโรคพืช สามารถป้องกันการเข้าทำลายรากของโรคพืชได้ดีกว่ารากที่ไม่มีไมโคไรว่า

จากที่กล่าวมาในข้างต้นทั้งหมดเกี่ยวกับไมโคไรว่าก็เพื่อให้ทราบเกี่ยวกับไมโคไรซ่าให้มากขึ้น ซึ่งจะเห็นว่าเชื้อราไมโคไรซ่าสามารถช่วยในการเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นได้ มีการศึกษาและทดลองมากมายที่ช่วยสนับสนุนว่า เชื้อราไมโคไรซ่าสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับพืชที่ปลูกได้จริง เช่นการทดลองของ U.S.D.A. ซึ่งทำการทดลองกับเลมอน (lemon) และส้ม (sour orange) ซึ่งเป็นพืชตระกูลส้ม พบว่าส้มที่มีเอ็นโดไมโคไรซ่าจะเจริญเติบโตทั้งความสูงและน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งและใบของต้นถั่วมากกว่าต้นที่รากไม่มีไมโคไรซ่า ออมทรัพย์ (2529) ได้ทดลองและวิจัยประสิทธิภาพของเชื้อราวี-เอไมโคไรซ่าต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง พบว่าเมื่อใช้เชื้อราวี-เอไมโคไรซ่ากับการปลูกถั่วเหลือง ทำให้ถั่เหลืองมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพวกที่ไม่ใส่เชื้อราวี-เอไมโคไรซ่า และได้ผลผลิตมากกว่าด้วย การศึกษาถึงประโยชน์ของเอ็นโดไมโคไรซ่าต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจบางชนิด กองปฐพีวิทยา กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน ได้ทำการศึกษาทดลองพบว่า ต้นข้าวโพด ถั่วเหลือง และหอมที่มีเอ็นโดไมโคไรซ่าจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นที่ไม่มีเอ็นโดไมโคไรซ่า และปริมาณธาตุอาหารที่ต้นมีไมโคไรซ่าก็จะมีมากกว่าต้นที่ไม่มีไมโคไรซ่าด้วย

สรุปจากที่กล่าวมาในข้างต้นทั้งหมดจะเห็นว่า ไรโซเบียมมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนต่างกันมากน้อยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของไรโซบียม และความสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์ไรโซเบียมและพันธุ์ถั่ว (Boonkerd et al., 1978, Kucey et at. 1988, นันทกรและสุวรรณี 2536) ดังนั้นการที่จะให้ถั่วได้รับผลจากการตรึงไนโตรเจนสูงสุด จึงจำเป็นที่จะต้องคัดเชื้อไรโซเบียมให้เหมาะสมกับพืชนั้น ๆ พืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ก็เช่นกัน ซึ่ง Gibson (1977) รายงานว่าพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์หลายชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูงมาก และเกินความต้องการของถั่วเสียอีก จึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ปุ๋ยไนโตรเจนถ้าหากสามารถคัดสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับพันธุ์ถั่ว

และจากการศึกษาของ Puckridge and French (1983) พบว่าพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ นอกจากจะตรึงไนโตรเจนใช้ได้อย่างเพียงพอแล้วมันยังสามารถเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินได้ปีละ 5-25 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งถ้าหากนำไปปลูกกับพืชตระกูลหญ้าก็จะทำให้หญ้าได้รับปุ๋ยดังกล่าว และทำให้พืชอาหารสัตว์ที่มีส่วนผสมของพืชตระกูลถั่วมีคุณภาพสูงขึ้น

พืชตระกูลถั่วไม่เพียงแต่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับไรโซเบียมเท่านั้น แต่มันยังสามารถทำงานร่วมกับเชื้อราไมโคไรซ่า ไมโคไรซ่าต่างจากไรโซเบียมคือ มันจะช่วยให้พืชดูดธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะฟอสฟอรัสได้มากกว่าพืชปกติ (Powell and Daniel, 1978) เนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถตรึงไนโตรเจนร่วมกับไรโซเบียม ในขณะเดียวกันก็สามารถที่จะให้เชื้อราไมโคไรซ่าเข้าอาศัยอยู่ที่รากและดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ให้มันใช้ได้ จึงทำให้พืชตระกูลถั่วหลายชนิด เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลืองและไม้ยืนต้นตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้สูงขึ้นและเจริญเติบโตได้อย่างสมบรูณ์ เมื่อมีไมโคไรซ่าอาศัยอยู่ด้วย (Asimi et al., 1980 ; Boonkerd et al., 1993)

จากข้อมูลดังกล่าว ถ้าเราสามารถที่ จะคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมและไมโคไรซ่าที่มีประสิทธิภาพสูงมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพใช้กับพืชอาหารสัตว์ ก็จะสามารถแก้ปัญหาในด้านการเพิ่มผลผลิตของพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพสูง โดยต้นทุนการผลิตต่ำ ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและรักษาสภาพแวดล้อม ทำให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืนเพราะเมื่อพืชตระกูลถั่วได้รับปุ๋ยชีวภาพทั้ง 2 ก็สามารถที่จะเลี้ยงตัวเองได้

การทดลองที่ 1
การคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมพืชอาหารสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วชนิดต่าง ๆ
2. อุปกรณ์เขี่ยเชื้อไรโซเบียม

วิธีการ

ทำการ isolate เชื้อจากปมถั่วไมยรา วินคาเซีย เซนจูเรียนและท่าพระสไตโล เมื่อทำการแยกเชื้อและทำให้เชื้อบริสุทธิ์แล้ว ทำการเก็บเชื้อส่วนหนึ่งไว้ในตู้เย็น อีกส่วนหนึ่งนำมาเก็บทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนกับถั่วที่มีความจำเพาะกับไรโซเบียมแต่ละชนิด

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ไรโซเบียมถั่วไมยรา ได้ทำการ isolate เชื้อได้มากกว่า 10 isolate จากการที่ได้ทำการทดสอบกับถั่วแล้วพบเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด คือ SUTD2 เป็นเชื้อที่มีการเจริญเติบโตเร็ว จึงได้นำมาทำการผลิตเป็นเชื้อเพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

ไรโซเบียมถั่วเซนจูเรียน ทำการ isolate เชื้อมากกว่า 10 isolates และได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน หลายสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้สูง และได้นำเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงทำการทดลองร่วมกับไมโคไรซ่า

ไรโซเบียมถั่ววินคาเซีย ได้ทำการแยกเชื้อจากปมถั่วและทดสอบประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน พบว่า หลาย isolate ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงจึงได้นำมาทำการผลิตเป็นเชื้อ ทำการทดลองร่วมกับไมโคไรซ่า

<u>รูปภาพที่ 1</u> เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ กับ *Desmanthut virgatus*

<u>รูปภาพที่ 2</u> เปรียบเทียบถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* CAIT 184) ที่ได้รับไรโซเบียม (ขวา) และ control

การทดลองตอนที่ 2

การทดสอบเชื้อไรโซเบียม เชื้อไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเซนจูเรียน (*Centrocema centurion*)
2. เชื้อไรโซเบียม
3. เชื้อราไมโคไรซ่า
4. ปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5)
5. ปุ๋ยโพแทสเซี่ยม (K_2O)
6. ดินเหนียว
7. กระถางพลาสติก
8. หม้อนึ่งความร้อน
9. ถุงพลาสติกทนความร้อน
10. ขี้เลื่อยอบ

วิธีการ

1. นำดินเหนียวใส่ถุงพลาสติกทนความร้อน ถุงละ 35 กิโลกรัม อบในหม้อนึ่งความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่ทำเช่นนี้เพื่อฆ่าเชื้อที่ติดมากับดิน
2. นำดินที่อบเรียบร้อยแล้ว มาใส่ลงในกระถางพลาสติกที่เตรียมไว้ โดยไม่ต้องแกะถุงพลาสติกออก
3. นำเมล็ดถั่วเซนจูเรียน แช่น้ำสักครู่ใน plate เพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น จากนั้นรินน้ำออกให้หมด แล้วนำเมล็ดนั้นมาเพาะลงบนกระดาษทิชชูที่เตรียมใส่ plate ไว้ ปิดฝาทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้เมล็ดงอก แล้วนำเมล็ดที่เริ่มงอกนี้ไปปลูกในกระถางต่อไป

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. นำเมล็ดถั่วเขนจูเรียนที่เริ่มงอก มาปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ ซึ่งจะทำการปลูกทั้งหมด 6 treatment treatment ละ 3 replication ซึ่งแต่ละ treatment มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

-treatment ที่ 1 เป็น control

-treatment ที่ 2 ใส่เชื้อไรโซเบียม

-treatment ที่ 3 ใส่เชื้อไมโคไรซ่า

-treatment ที่ 4 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0.208 กรัม (P_2O_5 ในอัตรา 20 กก./ไร่)

-treatment ที่ 5 ใส่เชื้อไรโซเบียม + เชื้อไมโคไรซ่า

-treatment ที่ 6 ใส่เชื้อไรโซเบี่ยม + ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0.208 กรัม

ในทุก treatment จะใส่ปุ๋ยโพแทสเซี่ยม 0.208 กรัม (K_2O ในอัตรา 20 กก./ไร่)

หมายเหตุ

การคำนวณปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซี่ยม ในอัตรา 20 กก./ ไร่ ว่าดิน 1 กระถางจะใช้ปุ๋ยในปริมาณเท่าใด สามารถหาได้ดังนี้ คือ

จากสูตร $Db = Ms / Vb$

เมื่อ Db = ความหนาแน่นรวมของดิน

Ms = น้ำหนักดินชั้นไถพรวนในพื้นที่ 1 ไร่ (kg)

Vb = ปริมาตรของดิน

Vb = ?

1 ไร่ = 1600 m^2

= 1600×10^4 cm^2

หน้าดินลึก = 15 cm

เพราะฉะนั้น Vb = $15 \times 1600 \times 10^4$ cm^3

Db = ความหนาแน่นรวมของดินเหนียว = 1.4 กรัม/ลบ.ซม.

แทนค่าในสูตร $Db = Ms / Vb$

$Ms = Db \times Vb$

$= 15 \times 1600 \times 10^4 \times 1.4$

$= 336 \times 10^6$ กรัม

ใช้ปุ๋ยในอัตรา 20 กก./ไร่ = 20×10^3 กรัม

ดิน 1 ไร่หนัก 336×106 กรัม ใช้ปุ๋ย 20×103 กรัม

ถ้าดิน 1 กระถางหนัก 3.5 กิโลกรัม ใช้ปุ๋ย $3.5 \times 10^3 \times 20 \times 10^3 / 336 \times 10^6 = 0.208$ กรัม
ดังนั้น ดิน 1 กระถางจะต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพแทสเซี่ยม = 0.208 กรัม

5. ปลูกถั่วกระถางละ 7-8 เมล็ด เมื่อโตแล้วให้ถอนแยกเหลือกระถางละ 4 ต้น
6. เมื่อปลูกได้ 1 เดือน ใส่ขี้เลื่อยอบทุกกระถางในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ที่ต้องใส่ขี้เลื่อยอบเนื่องจากดินที่ใช้ปลูกนั้นไม่ขาดธาตุไนโตรเจน จึงเป็นการยากในการตรวจสอบผลว่า เชื้อไรโซเบียม ไมโคไรซ่า และปุ๋ยต่าง ๆ มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนมากน้อยเพียงใด จึงต้องใส่ขี้เลื่อยอบเพื่อทำให้ดินที่ปลูกขาดธาตุไนโตรเจน

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกก่อนที่จะใส่ขี้เลื่อยอบ โดยทำการวัดความสูงของต้นถั่วทุกต้นในแต่ละกระถาง แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละต้นของต้นถั่ว
2. บันทึกหลังจากที่ต้นถั่วออกดอกและออกฝักเรียบร้อยแล้ว ซึ่งถือว่าเป็นระยะที่ถั่วมีการตรึงไนโตรเจนได้สูงสุด โดยทำการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1 การเจริญเติบโตของต้นถั่ว

-ความสูงของต้นถั่วหลังจากใส่ขี้เลื่อยอบแล้ว โดยทำการวัดความสูงของต้นถั่วทุกต้นในแต่ละกระถาง แล้วหาค่าเฉลี่ยแต่ละต้นของต้นถั่ว

-ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งในส่วนของต้นเหนือดินทั้งหมด โดยน้ำหนักแห้งจะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

-ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากถั่ว โดยน้ำหนักแห้งจะทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2.2 ด้านผลผลิต

-นับจำนวนปมถั่ว

-ชั่งน้ำหนักสดและแห้งของปมถั่ว

3. ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ ทั้งหมด โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Completely Radomized Desing

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง วันที่ 17 ธันวาคม 2539

สิ้นสุดการทดลอง วันที่ 13 มีนาคม 2540

สถานที่ทำการทดลอง

เรือนเพาะชำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลและการวิจารณ์

<u>การเจริญเติบโตและสีของใบถั่วเซนจูเรียน</u> การทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างไรโซเบียมและไมโคไรซ่า ต่อการตรึงไนโตรเจน และการเพิ่มผลผลิตพืชถั่วอาหารสัตว์ โดยทำการทดลองในเรือนเพาะชำมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปรากฏว่าผลการเจริญเติบโตในระยะแรก พบว่าการเจริญเติบโตและสีของใบในกระถางที่เป็น control และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม จะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกระถางอื่น ซึ่งดูได้จากมีความสูงเพียง 9.17 และ 10.42 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ส่วนสีของใบถั่วจะมีสีเขียวทั้งคู่ การเจริญเติบโตของกระถางที่ใส่ไมโคไรซ่า พบว่ามีการเจริญเติบโตปานกลางเมื่อเทียบกับกระถางอื่น มีความสูงของต้นเท่ากับ 31 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) สีของใบถั่วจะมีสีเขียว การเจริญเติบโตของกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัส และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส พบว่ามีความเจริญเติบโตดีแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งทางสถิติที่ว่าไม่มีความแตกต่างกัน มีความสูงของต้น 41.08 และ 43.42 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สีของใบจะมีสีเขียว ส่วนกระถางที่ใส่ไรโซ เบียม + ไมโคไรซ่า พบว่ามีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด มีความสูง 53.92 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) สีของใบจะมีสีเขียว แสดงว่าทุกกระถางไม่มีการขาดไนโตรเจนทั้งนี้เพราะว่าดินที่ใช้มีไนโตรเจนสูง และหลังจากที่ใส่ขี้เลื่อยอบแล้ว พบว่าการเจริญเติบโตและสีของใบที่เป็น control และกระถางที่ใส่ไรโซเบียมจะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกระถางอื่น ซึ่งดูได้จากความสูงที่มีเพียง 14.29 และ 15.67 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ส่วนสีของใบถั่วจะมีสีเหลืองเนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจนอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งกระถางที่เป็น control จะมีใบสีเหลืองกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม (รูปภาพที่ 3) การเจริญเติบโตของกระถางที่ใส่ไมโคไรซ่า จะพบว่ามีการเจริญเติบโตอยู่ในระยะที่ปานกลางเมื่อเทียบกับกระถางอื่น มีความสูงของต้นเท่ากับ 64.21 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) สีของใบถั่วจะมีสีเหลืองเล็กน้อย (รูปภาพที่ 3)ส่วนการเจริญเติบโตของกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัส, กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส พบว่ามีการเจริญเติบโตดีแตกต่างกันน้อยมาก ซึ่งทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน มีความสูงของต้น 80.58, 83.04 และ

83.50 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) สีของใบในกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัสจะมีสีเหลืองเล็กน้อย เนื่องจากขาดธาตุไนโตรเจน (รูปภาพที่ 3) ส่วนสีของใบในกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส ใบจะมีสีเขียว แสดงว่าไม่มีการขาดไนโตรเจน (รูปภาพที่ 3)

<u>จำนวนและน้ำหนักสดปมรากถั่วเซนจูเรียน</u> ผลของจำนวนปมในระยะเก็บเกี่ยวที่ทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า ถั่วเซนจูเรียนในกระถางที่เป็น control จะไม่มีจำนวนปมเลย (ตารางที่ 4) กระถางที่ใส่ไรโซเบียมจะมีปมเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกระถางอื่น คือมีจำนวนปมเพียง 3.42 ปม / ต้น (ตารางที่ 4) กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่ากับกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัส จะมีจำนวนปมปานกลางเมื่อเทียบกับกระถางอื่น คือมีจำนวนปม 7.92 และ 12.75 ปม / ต้น (ตารางที่ 4) ปมที่เกิดขึ้นเหล่านี้เกิดเนื่องจากเกิดการ contaminate ในการทดลองโดยอาจมีเชื้อไรโซเบียมปะปนได้ เพราะถ้าไม่ใส่ไรโซเบียมก็ไม่น่าจะมีการเกิดปมได้ ส่วนกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส จะมีจำนวนปมมากที่สุดคือมีจำนวนปม 23.92 และ 23.35 ปม / ต้น (ตารางที่ 4) ผลที่ได้จากการชั่งน้ำหนักที่ทำการวิเคราะห์เรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า จะมีน้ำหนักปมมากที่สุดคือ 0.1143 กรัม ส่วนในกระถางอื่น ๆ จะมีน้ำหนักปมสดไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 4)

<u>น้ำหนักต้นสดและแห้งของถั่วเซนจูเรียน</u> น้ำหนักสดและแห้งของถั่วเซนจูเรียน ปรากฏว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม และกระถางที่เป็น control จะมีน้ำหนักต้นสดและแห้งน้อยที่สุดถ้าเปรียบเทียบกับกระถางอื่น แสดงว่าทั้งสองกระถางนี้ให้ผลผลิตที่น้อยมาก มีน้ำหนักสดเพียง 0.48 และ 0.45 กรัม / ต้น น้ำหนักแห้ง 0.14 และ 0.15 กรัม / ต้น ตามลำดับ กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่ามีน้ำหนักต้นทั้งสดและแห้งดีกว่ากระถางที่เป็น control และกระถางที่ใส่ไรโซเบียม คือมีน้ำหนักสดและแห้ง 3.78 และ 1.39 กรัม / ต้น กระถางที่ใส่ฟอสฟอรัสจะมีน้ำหนักต้นสดและแห้งดีกว่ากระถางที่ใส่ไมโคไรซ่า คือมีน้ำหนักสดและแห้ง 5.27 และ 1.73 กรัม / ต้น กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส จะมีน้ำหนักต้นสดและแห้งสูงกว่ากระถางที่ใส่ฟอสฟอรัสอย่างเดียว คือมีน้ำหนักสดและแห้ง 6.01 และ 2.01 กรัม / ต้น ส่วนกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า จะมีน้ำหนักต้นสดและแห้งสูงที่สุดคือ 6.87 และ 2.30 กรัม / ต้น แสดงว่ากระถางนี้มีการเจริญเติบโตดีที่สุด และ ให้ผลผลิตดีที่สุดด้วย (ตารางที่ 4)

<u>น้ำหนักสดและแห้งของรากถั่วเซนจูเรียน</u> น้ำหนักที่ได้ทั้งน้ำหนักสดและแห้งของรากกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัสจะมีน้ำหนักมากกว่ากระถางอื่น คือ 1.55 และ 0.2135 กรัม / ต้น ส่วนน้ำหนักรากในกระถางอื่น ๆ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างมากนัก ซึ่งถือได้ว่าทุกกระถางไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมี ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน ในเรือนเพาะชำ

กรรมวิธี	ความสูง[1] (เซนติเมตร / ต้น)	ความสูง[2] (เซนติเมตร / ต้น)
Control	9.17c	14.29c
ไรโซเบียม	10.42c	15.67c
ไมโคไรซ่า	31.00b	64.21b
ฟอสฟอรัส	41.08ba	80.58a
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	55.92a	83.04a
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	43.42ba	83.50a
C.V. (%)	25.4	10.7

[1] คือ ความสูงที่วัดครั้งแรกที่ต้นถั่วมีอายุได้ 50 วัน

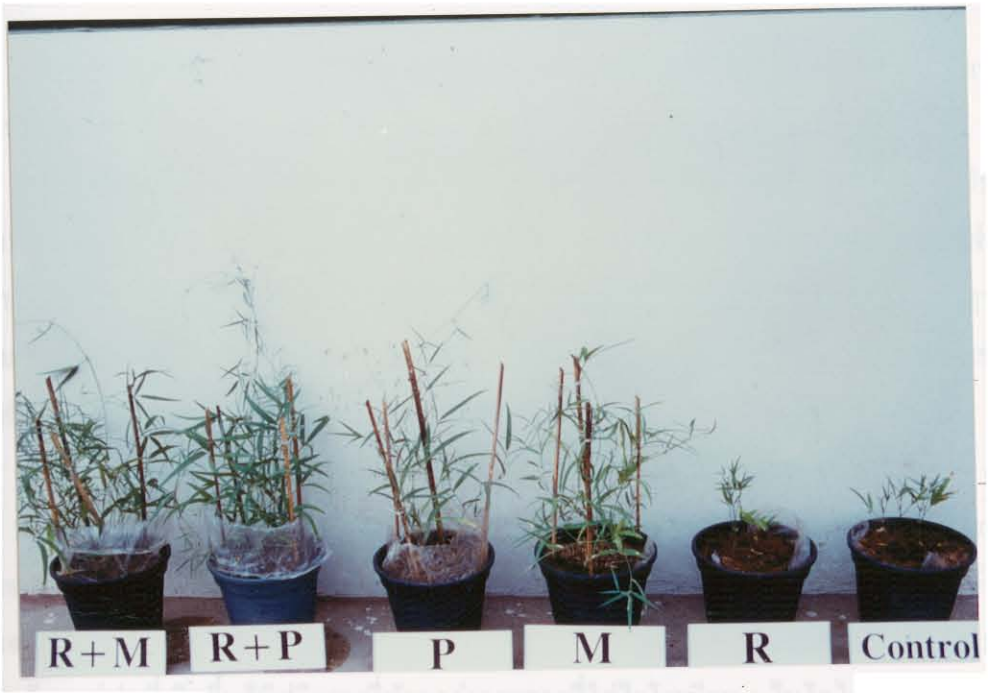
[2] คือ ความสูงที่วัดครั้งที่สองที่ต้นถั่วมีอายุได้ 86 วัน

ตัวเลขเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 5%

ตารางที่ 4 ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมี ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเซนจูเรียน ในเรือนเพาะชำ เมื่ออายุ 86 วัน

กรรมวิธี	จำนวนปม (ปม /ต้น)	นน.ปมสด (g / ต้น)	นน.ต้นสด (g /ต้น)	นน.ต้นแห้ง (g / ต้น)	นน.รากสด (g / ต้น)	นน.รากแห้ง (g / ต้น)
Control	0	0	0.45d	0.14c	0.12d	0.0349c
ไรโซเบียม	3.42b	0.0006b	0.48d	0.15c	0.20d	0.0392c
ไมโคไรซ่า	7.92ab	0.0205b	3.78c	1.39b	0.40b	0.1129b
ฟอสฟอรัส	12.75ab	0.0127b	5.72bc	1.73ba	0.67b	0.1486ba
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	23.92a	0.1143a	6.78a	2.30a	0.70b	0.1732ba
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	23.25a	0.0436b	6.01ab	2.01a	1.55a	0.2135a
C.V. (%)	64.8	71.4	22.1	23.9	67.1	31.9

ตัวเลขเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 5%



<u>รูปภาพที่ 3</u> ภาพต้นถั่วเซนจูเรียนเมื่ออายุได้ 86 วัน

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างไรโซเบียมกับไมโครไรซ่าต่อการตรึงไนโตรเจนและการเพิ่มผลผลิตของถั่วเซนจูเรียนพบว่า

กระถางที่ใส่ไรโซเบียมอย่างเดียว ต้นถั่วมีการเจริญเติบโตไม่ดี คือ ต้นมีขนาดเล็ก ใบมีสีเหลืองเพราะว่าไรโซเบียมไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกขาดธาตุฟอสฟอรัส หรืออาจอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญธาตุหนึ่งสำหรับพืชตระกูลถั่ว ถ้าดินขาดฟอสฟอรัสระบบการตรึงไนโตรเจนจะถูกกระทบกระเทือน เพราะฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารพลังงานที่ใช้ในการตรึงไนโตรเจน

กระถางที่ใส่ไมโครไรซ่าอย่างเดียว ต้นถั่วเจริญเติบโตดี ใบมีสีเหลืองเกิดขึ้นเล็กน้อย (รูปภาพที่ 3) จำนวนปมมีมากกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมอย่างเดียว (ตารางที่ 3) เพราะว่าปมถั่วที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากเกิดการ contaminate เกิดขึ้นในการทดลอง เช่น ในการที่ถอนแยกต้นถั่วมืออาจจะติดเชื้อไรโซเบียมมาจากกระถางที่ใส่ไรโซเบียม ทำให้กระถางที่ใส่ไมโครไรซ่าเกิดปมขึ้นได้ เป็นต้น แต่ปมที่เกิดขึ้นก็มีปริมาณที่น้อยกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโครไรซ่า

กระถางที่ใส่ฟอสฟอรัสอย่างเดียว ต้นถั่วจะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีกว่าใส่ไรโซเบียม หรือใส่ไมโครไรซ่าอย่างเดียว (ตารางที่ 4) เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญอย่างหนึ่งของพืชตระกูลถั่ว ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของสารพลังงานที่ใช้ในการตรึงไนโตรเจน ด้วยเหตุนี้การที่ใส่ฟอสฟอรัสในดินที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส จะทำให้พืชตระกูลถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น การเจริญเติบโตและผลผลิตเลยเพิ่มขึ้นด้วย เหตุที่ต้นถั่วมีการตรึงไนโตรเจนในกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียวทั้งที่ไม่มีการใส่ไรโซเบียม ซึ่งเป็นตัวที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้เนื่องจากเกิดการ contaminate ที่เกิดขึ้นในการทดลองนั่นเอง ซึ่งอาจจะเกิดตอนที่เอาไม้ที่มีเชื้อไรโซเบี่ยมติดอยู่ไปใช้พรวนดิน ให้ฟอสฟอรัสผสมกับดินได้ดีขึ้นก็ได้ หรือในตอนที่ทำการถอนแยกเชื้อไรโซเบียมอาจจะติดมือแล้วไปทำการถอนแยกในกระถางที่ใส่ฟอสฟอรัส เป็นต้น แต่ปมที่เกิดขึ้นมีจำนวนน้อยกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส

กระถางที่ใส่ไรโซเบียมร่วมกับฟอสฟอรัส ต้นถั่วจะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตจะดีกว่าการใส่ไรโซเบี่ยม หรือฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว เพราะฟอสฟอรัสเป็น Limiting nutrient ในขบวนการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น

กระถางที่ใส่ไรโซเบียมกับไมโครไรซ่าจะมีการตรึงไนโตรเจนมากที่สุด คือ ดูได้จากจำนวนปมที่มากที่สุด และน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุดด้วย (ตารางที่ 3 และ 4) เนื่องจากไมโครไรซ่าช่วยทำให้การตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมดีขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตที่สูง ที่เป็น เช่นนี้เพราะไมโครไรซ่าจะดูดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์และจำเป็นต่อการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ทำให้ไนโตรเจนตรึงไรโซเบียมได้ดีขึ้น

ดังนั้นการทดลองครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพทั้ง 2 ชนิด (N + P Biofertilizer) สามารถเพิ่มผลผลิตของพืชตระกูลถั่วโดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมี N และ P ซึ่งมีราคาแพง จึงเป็นการลดต้นทุนการผลิต

การทดลองตอนที่ 3

การทดสอบเชื้อไรโซเบียม เชื้อราไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วไมยรากับถั่ววินคาเซีย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วไมยรา
2. เมล็ดถั่ววินคาเซีย
3. เชื้อไรโซเบียม
4. เชื้อไมโคไรซ่า
5. ปุ๋ยฟอสฟอรัส
6. ดินเหนียว
7. กระถางดินเผา
8. หม้อนึ่งความร้อน
9. ถุงพลาสติกทนความร้อน

วิธีการ

1. นำดินเหนียวใส่ถุงพลาสติกทนความร้อน ถุงละ 3.5 กิโลกรัม อบในหม้อนึ่งความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่ทำเช่นนี้เพื่อฆ่าเชื้อที่อาจติดมากับดิน
2. นำดินที่อบเรียบร้อยแล้ว มาใส่ลงในกระถางดินที่เตรียมไว้โดยแกะถุงพลาสติกออก
3. นำเมล็ดถั่วไมยราและถั่ววินคาเซียแช่ในน้ำอุ่นสักครู่ใน plate เพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ดทำให้เมล็ดงอกได้ดีขึ้น จากนั้นรินน้ำออกให้หมดแล้วนำเมล็ดนั้นมาเพาะลงบนกระดาษทิชชูที่เตรียมไว้ใส่ plate ไว้ ปิดฝาทิ้งไว้ 1 คืนเพื่อให้เมล็ดงอก แล้วนำเมล็ดที่เริ่มงอกนี้ไปปลูกในกระถางต่อไป
4. นำเมล็ดถั่วไมยรากับวินคาเซียที่เริ่มงอกมาปลูกในกระถางที่เตรียมไว้ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design ซึ่งจะทำการปลูกทั้งหมด 4 treatment treatment ละ 3 replication ซึ่งแต่ละ treatment มีรายละเอียดดังนี้

<u>% root infection ของถั่วไมยรา</u> % root infection ของถั่วไมยราในทุกกระถางถึงแม้ว่ามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แต่ในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 5)

ผลจากการทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ชัดว่า ฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อการติดปมและผลผลิตของถั่วเป็นอันมาก การที่มีเชื้อไรโซเบียมอย่างเดียวแต่ดินขาดฟอสฟอรัสมีผลทำให้การเกิดปมน้องลง และการตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย จากตารางที่ 5 กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่าอย่างเดียวให้ผลผลิตต้นสูงเท่ากับกระถางที่ไม่ใส่ไมโคไรซ่า + ไรโซเบียม ก็เนื่องจากว่าดินที่มีไรโซเบียมอยู่แล้วทำให้มีปมจำนวนมาก จึงมีผลทำให้ถั่วไมยราเจริญเติบโตเท่ากับกระถางที่มีไรโซเบียมด้วย และสำหรับกระถางที่มีไรโซเบียมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสให้ผลผลิตสูงที่สุด ก็อาจเป็นเพราะเหตุว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ไมโคไรซ่าหาให้ถั่วนั้นอาจไม่เพียงพอ อาจเป็นเพราะว่า ฟอสฟอรัสรวมของดินมีปริมาณน้อย

ผลการทดลองของถั่ววินคาเซีย

<u>การเจริญเติบโตของถั่ววินคาเซีย</u> การทดสอบเชื้อไรโซเบียม ไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่ววินคาเซีย ปรากฏว่า กระถางที่ใส่ไรโซเบียมมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด (รูปภาพที่ 5) กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่ามีการเจริญเติบโตดีกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม (รูปภาพที่ 5) กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า กับกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส มีการเจริญเติบโตของต้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกระถางอื่น

<u>น้ำหนักต้นสดของถั่ววินคาเซีย</u> น้ำหนักต้นสดของถั่ววินคาเซีย ปรากฏว่า กระถางที่ใส่ไรโซเบียมมีน้ำหนักต้นสดน้อยกว่ากระถางอื่น แสดงว่า กระถางนี้ให้ผลผลิตน้อยมีน้ำหนักต้นสดเพียง 0.486 กรัม / ต้น (ตารางที่ 6) กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่ากับกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส มีน้ำหนักต้นสดมากกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม แต่กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่ากับกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส ไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิต น้ำหนักต้นสดของทั้งสองกระถางนี้คือ 1.759 และ 2.999 กรัม / ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ส่วนกระถางที่มีน้ำหนักต้นมากที่สุดคือ กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า คือมีน้ำหนักต้นสด 4.484 กรัม / ต้น กระถางดังกล่าวนี้ในทางสถิติถือไม่แตกต่างกันกับกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส แต่มีน้ำหนักมากกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมกับกระทางที่ใส่ไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 6)

<u>น้ำหนักปมสดของถั่ววินคาเซีย</u> น้ำหนักปมสดของถั่ววินคาเซีย ปรากฏว่า กระถาง ที่ใส่ไรโซเบียมและกระถางที่ใส่ไมโคไรซ่า มีน้ำหนักปมสดน้อยที่สุดและทั้งสองกระถางนี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ คือมีน้ำหนัก 0.161 และ 0.175 กรัม / ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 6) กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัสจะมีน้ำหนักปมสดมากกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียม แต่กับกระถางที่ใส่ไมโคไรซ่าถือว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักปมสดของกระถางที่ใส่ไรโซ

เบียม + ฟอสฟอรัส คือ 0.243 กรัม / ต้น (ตารางที่ 6) กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า มีน้ำหนักปมมากกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมกับกระถางที่ใส่ไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว ส่วนกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส ถือว่าไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ น้ำหนักปมสดของกระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า คือ 0.2777 กรัม / ต้น (ตารางที่ 6)

<u>% root infection ของต้นถั่ววินคาเซีย</u> % root infection ของถั่ววินคาเซียในทุกกระถาง ถึงแม้ว่ามีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน แต่ในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน (ตารางที่ 6)

ผลการทดลองของวินคาเซียสอดคล้องกับไมยรา ตำหรับที่ได้ผลผลิตสูงสุด คือ ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า ซึ่งจากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นถึงปริมาณ infection ของไมโคไรซ่ามีสูงจึงทำให้พืชได้ฟอสฟอรัสสูงด้วย

ตารางที่ 5 ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่วไมยรา

กรรมวิธี	นน.ต้นสด (g/ต้น)	นน.ปมสด (g/ต้น)	% root infection
ไรโซเบียม	1.6910b	0.150b	4.07a
ไมโคไรซ่า	2.5867b	0.289b	18.27a
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	2.0843b	0.212b	24.20a
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	4.2777a	0.718a	6.80a
C.V. (%)	27.4	11.55	25.69

ตัวเลขเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 5%

ตารางที่ 6 ผลของเชื้อไรโซเบียม เชื้อไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่ววินคาเซีย

กรรมวิธี	นน.ต้นสด (g/ต้น)	นน.ปมสด (g/ต้น)	% root infection
ไรโซเบียม	0.486c	0.161c	12.26a
ไมโคไรซ่า	1.759b	0.175bc	13.73a
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	4.484a	0.277ab	51.53a
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	2.990ab	0.243a	13.27a
C.V. (%)	19.54	3.69	30.61

ตัวเลขเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ความเชื่อมั่น 5%

รูปภาพที่ 4 เปรียบเทียบไมยรา (*Desmanthus virgatus*) ที่ได้รับเชื้อไรโซเบียมและไมโคไรซ่า

รูปภาพที่ 5 เปรียบเทียบถั่ววินคาเซีย (*Chamaecrista rotundifolia*) ที่ได้รับเชื้อไรโซเบียบ และไมโคไรซ่า

สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลการทดสอบเชื้อไรโซเบียม ไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วไมยรา พบว่า

กระถางที่ใส่ไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว ต้นถั่วเจริญเติบโตไม่ดี คือ ต้นมีขนาดต้นเล็ก เพราะว่า มีน้ำหนักปมน้อย ไรโซเบียมตรึงไนโตเจนได้ไม่ดี เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกอาจขาดธาตุฟอสฟอรัสหรืออาจอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้

กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว ต้นถั่วมีการเจริญเติบโตพอ ๆ กับกระถางที่ใส่ไรโซเบียม ถึงจะมีน้ำหนักปมที่มากกว่าก็ตาม แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบถือว่าไม่มีความแตกต่างกันทางด้านสถิติ

กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า ต้นถั่วมีการเจริญเติบโตดีกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมและไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว เนื่องจาก ไมโคไรซ่าช่วยทำให้การตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมดีขึ้น

กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส จะมีการเจริญเติบโตมากที่สุด แสดงว่ามีการตรึงไนโตรเจนมากที่สุดด้วย ดูได้จากน้ำหนักต้นและน้ำหนักปมที่มากที่สุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็น Limiting nutrient ในขบวนการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น

ตอนที่ 2 ผลการทดสอบเชื้อไรโซเบียม ไมโคไรซ่า และปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของถั่ววินคาเซีย

กระถางที่ใส่ไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว ต้นถั่วมีการเจริญเติบโตไม่ดี คือ ต้นมีขนาดต้นเล็ก เพราะว่า มีน้ำหนักปมน้อย ไรโซเบียมตรึงไนโตเจนได้ไม่ดี เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกอาจขาดธาตุฟอสฟอรัสหรืออาจอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้

กระถางที่ใส่ไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว ต้นถั่วจะมีการเจริญเติบโตดีกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมเล็กน้อย แต่ในทางสถิติถือว่าไม่มีความแตกต่างกัน

กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส ต้นถั่วจะมีการเจริญเติบโตดีกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมเพียงอย่างเดียว เพราะ ฟอสฟอรัสเป็น Limiting nutrient ในขบวนการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น

กระถางที่ใส่ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า ต้นถั่วจะมีการเจริญเติบโตดีกว่ากระถางที่ใส่ไรโซเบียมและไมโคไรซ่าเพียงอย่างเดียว เนื่องจากไมโคไรซ่าช่วยทำให้การตรึงของไนโตรเจนดีขึ้น ทำให้ได้ผลผลิตสูง ที่เป็นเช่นนนี้เพราะไมโคไรซ่าจะดูดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ และจำเป็นต่อการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้น

การทดลองตอนที่ 4

งานทดลอง sportting test หญ้าผสมถั่วในฟาร์ม มทส.

ได้เลือกพื้นที่ที่มีการปลูกหญ้ารูซี่อย่างเดียว ที่มีหญ้ารูซี่ขึ้นรวมกับหญ้าไมยรา และหญ้ารูซี่ขึ้นรวมกับโสนหางไก่ โดยทำการสุ่มแบ่งจุดศึกษาอย่างละ 4 จุด และได้ทำการเก็บตัวอย่างเมื่ออายุ 4 เดือน พบว่าพื้นที่ 1 ตารางเมตร หญ้ารูซี่อย่างเดียวให้ผลผลิต 210 กรัม มีโปรตีน 6.2% โปรตีนรวม 1.30 กรัม เมื่อปลูกหญ้าผสมกับถั่วไมยรา หญ้ารูซี่มีน้ำหนักแห้ง 236.2 กรัม โปรตีนสูงถึง 10.1% และโปรตีนรวม 23.7 กรัม เมื่อปลูกรวมกับโสนหางไก่ หญ้ารูซี่ให้น้ำหนัก 220.0 กรัม โปรตีน 7.2% และโปรตีนรวม 15.9 กรัม (ตารางที่ 7) เห็นได้ชัดว่าแม้แต่น้ำหนักหญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับถั่ว ก็มีแนวโน้มสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และ % และโปรตีน รวมของหญ้าที่ปลูกรวมกับไมยราสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับน้ำหนักถั่วอย่างเดียวที่ปลูกร่วมกับรูซี่ พบว่าไมยราให้น้ำหนักสูง 242.5 กรัมต่อตารางเมตร มีโปรตีน 17.3% และโปรตีนรวม 42.0 กรัมต่อตารางเมตร สำหรับโสนหางไก่ให้น้ำหนัก 202.6 กรัมต่อตารางเมตร มีโปรตีน 17.3% และโปรตีนรวม 35.0 กรัมต่อตารางเมตร (ตารางที่ 8)

เมื่อคิดรวมผลผลิตมวลรวมทั้งหญ้าและถั่วต่อตารางเมตร รูซี่อย่างเดียวมีน้ำหนัก 210.0 กรัม โปรตีน 13.0 กรัม ในแปลงรูซี่+ไมยรา ให้มวลรวม 478.7 กรัม โปรตีน 65.7 กรัม สำหรับแปลงรูซี่+โสนหางไก่ ให้ น้ำหนักมวลรวม 422.6 กรัม โปรตีน 50.9 กรัม (ตารางที่ 9) เห็นได้ชัดว่าในหญ้าผสมถั่วจะให้น้ำหนักมวลรวมต่อตารางเมตรสูงกว่า หญ้าอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าถั่วสามารถหาไนโตรเจนจากการตรึงไนโตรเจนร่วมกับไรโซเบียมและไนโตรเจนที่ตรึงได้นี้ได้มีการถ่ายทอดไปยังหญ้ารูซี่ ซึ่งจะเห็นได้จากหญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับถั่วมีสีเขียวกว่า และมีโปรตีนสูงกว่าหญ้ารูซี่ที่ปลูกอย่างเดียว และยิ่งเห็นได้ชัดในโปรตีนรวมต่อตารางเมตรในไมยราและรูซี่ให้สูงถึง 65.7 กรัม เปรียบเทียบกับ 13.0 กรัม เมื่อมีรูซี่อย่างเดียว

การทดลองนี้เป็นการยืนยันว่าการปลูกหญ้าผสมถั่วนอกจากจะได้ผลผลิตรวมสูงขึ้นมากแล้วยังทำให้ได้คุณค่าทางโภชนาการสูงขึ้นมากด้วย โดยเฉพาะโปรตีน และมากไปกว่านั้นเกษตรกรยังสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพราะถั่วสามารถหาปุ๋ยนี้ได้

ตารางที่ 7 แสดงน้ำหนักหญ้าแห้งรูซี่ % ไนโตรเจนและโปรตีนในแปลงหญ้าผสมถั่ว

Treatment	Dry matter (g/m2)	Protein (%)	Total protein (g/m2)
รูซี่	210.0	6.2 b	13.0 b
รูซี่ + ไมยรา	236.2	10.1 a	23.7 a
รูซี่ + โสนหางไก่	220.2	7.2 b	15.9 b
CV%	15.4	13.8	18.1
F-Test	ns	5%	5%

ตารางที่ 8 แสดงน้ำหนักถั่ว % ไนโตรเจนและโปรตีนในแปลงหญ้าผสมถั่ว

Treatment	Dry matter (g/m2)	Protein (%)	Total protein (g/m2)
ไมยรา	242.5	17.3	42.0
โสนหางไก่	202.6	17.3	35.0

ตารางที่ 9 แสดงน้ำหนักรวมของหญ้าผสมถั่ว และโปรตีนรวมในแปลงหญ้าผสมถั่ว

Treatment	Dry matter (g/m2)	Total protein (g/m2)
รูซี่	210.0 b	13.0 c
รูซี่ + ไมยรา	278.7 a	65.7 a
รูซี่ + โสนหางไก่	422.6 a	50.9 b
CV%	15.4	17.8
F-Test	5%	5%

<u>รูปภาพที่ 6</u> แปลงหญ้ารูซี่ที่ปลูกโดยไม่มีถั่วร่วมด้วย

<u>รูปที่ 7</u> หญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับไมยรา

<u>รูปภาพที่ 8</u> หญ้ารูซี่ที่ปลูกร่วมกับโสนหางไก่

<u>รูปภาพที่ 9</u> หญ้ารูซี่ปลูกร่วมกับถั่วท่าพระสไตโล

บรรณานุกรม

ปรีชา วดีศิริศักดิ์ และคณะ. 2519. การคัดเลือกสายพันธุ์บักเตรี ปมถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูง ในสภาพที่ไม่มีการปรับปรุงดิน. น. 28. รายงานการค้นคว้าวิจัยปี 2519 ฉบับคัดย่อ. กองวิจัยโรคพืชและกองเกษตรเคมี. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.

นันทกร บุญเกิด. 2529. คู่มือการใช้ไรโซเบียม. ศูนย์ทรัพยากรการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 10 - 12.

นันทกร บุญเกิด, ประยูร สวัสดี และออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2534. การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อการบำรุงดิน. เอกสารวิชาการประจำปี 2534. กรมวิชาการเกษตร. หน้า 229 - 231.

นันทกร บุญเกิด และสุวรรณี พรหมสิริ. 2536. ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในโสนอินเดียและโสนอาฟริกันจากดินภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย. ว. เกษตรศาสตร์ 27 : 292 - 302.

สมศักดิ์ วังใน. 2525. การตรึงไนโตรเจนไรโซเบียม - พืชตระกูลถั่ว ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 244 น.

ออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2529. การใช้เชื้อรา วี - เอ ไมโคไรซ่าเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชตระกูลถั่ว. วารสารวิชาการเกษตร 1 : 57 - 62.

Asimi, S., V.P. Gianinazii, and S. Gianinazii. 1980. Influence of increasing soil phusphorus levels on interaction between vesicular - arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* in soybean. Can. J. Bot. 58 : 2200 - 2205.

Boonkerd, N., D.F. Bezdicek and D.F. Weber. 1978. Influence of *Rhizobium japoni cum* strains and inoculation methods on soybeans grown in rhizobia - population soil. Agron J. 70 : 547 - 549.

Boonkerd, N. 1986. A pocket manual for the use of legume inoculants. 6-7 p.

Boonkerd, N.,P. Wadisirsuk, S. Kotepong and O. Nopamornbodi. 1993. Interaction between rhizobia and VAM fungi on N2 fixation in nitrogen fixing trees. P. 711 in New Horizons in Nitrogen Fixation (Palacios et al., eds) Kluwer Academic Publishers.

Brockwell, J. and J. Kalzenelson. 1976. Symbiotic characteristies of *Rhizobium trifolii* from Israel in association with 10 species of *Trifolium*. Aust. J. Agric.Res. 27 (6) : 99 - 180.

Bradley, R. S., M. A. Ayarza, J. E. Mendez and R. Moriones. 1983. Use of undisturbed soil cores for evaluation of *Rhizobium* strains and method for inoculation of tropical forage legumes in Colombian Oxisol. Plant and Soil. 74 : 237-247.

Date, R.A. 1970. Microbiological problems in the inoculation and nodulation of legumes. Plant and Soil. 32 : 703 - 725

Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopathol. 6 : 397-418

Gibson, G.H. 1977. The influence of environment and managerial practices on legume *Rhizobium* symbiosis. P. 1087 - 1104 in A teatise on Dinitrogen Fixation. Section IV. (Hardy W.F. ed) John Wiley and Sons, New York, USA.

John, H.S. and D J. Hume. 1973. Comparisons of nitrogen fixation estimated in soybean by nodule weight, leghaemoglobin content and acethylene reduction. Can. J. Microbiol. 19 : 1165 -1168.

Kucey, R.M.P., P. Snitwonge, N. Boonkerd, P. Chaiwanakupt, P. Wadisrisuk, C. Siripaibool, T. Arayangkall and R.J. Ronnie, 1988. Nitrogen fixation (15-Ndilution) with soybeans under Thai field condition : I. Effects of *Bradyrhizobium japonicum* strain. Plant and Soil. 108 : 33 - 41.

Miller, J.C., Jr. and G.C.J. Fernandez. 1987. Selecting and breeding for enhanced N2 - fixation in mungbean, pp. 111 - 123. In S. Shanmugasundaram and B.T. Melean (eds.). Mungbean : Proceedings of the Second International Symposium. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Nicolson, T.H. 1959. Vesicular arbuscular endophytes with species reference to external phase. Trans. Brit. Mycol Soc. 42 : 421 - 438.

Nutman, P. S. 1969. Genetic of symbiosis and nitrogen fixation. Proc. Roy. Soc. B. 172 : 417-437.

Powell, C.L.L. and J. Daniel. 1978. Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from phosphate - dificient soil. New Phytolo. 80 : 351 - 358.

Puckradge, D.W. and R.J. French. 1983. The annual legume pasture in cereal - ley farming system in Southern Australia : A review. Agriculture, Ecosystem, and Environment. 9 : 229 - 267.

Sarder, F.E., B.Mosse and P.B. Tinkerrr. 1975. Endomycorrhiza. Academmic Press, London. 619 p.

Zary, K.W., J.C. Miller, Jr., R.W. Weaver and L.W. Barnes. 1978. Intraspecific variability for nitrogen fixation in southern pea (*Vigna unguiculata)* (L.) Walp). J. Amer. Soc. Hort. Sei. 103 : 806 - 808.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความสูงของต้นที่วัดครั้งแรก (ซม./ต้น) ของถั่วเซนจูเรียน ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	10.00	8.00	9.50	27.50
ไรโซเบียม	11.50	8.75	11.00	31.25
ไมโคไรซ่า	47.00	23.25	22.75	93.00
ฟอสฟอรัส	49.75	41.25	32.25	123.25
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	38.75	50.50	58.50	147.75
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	32.25	51.00	47.00	130.25

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	5318.666667	1063.733333	16.31**
ERROR	12	782.833333	65.236111	
TOTAL	17	6101.500000		

C.V. = 25.4 %

** = significant at 1 % level

<u>ตารางผนวกที่ 2</u> ความสูงของต้นที่วัดครั้งที่ 2 (ซม./ต้น) ของถั่วเซนจูเรียน ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	14.86	13.50	14.50	42.86
ไรโซเบียม	16.25	16.88	13.88	47.01
ไมโคไรซ่า	65.50	61.00	66.13	192.63
ฟอสฟอรัส	82.75	72.50	86.50	241.75
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	89.50	78.00	81.63	249.13
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	86.50	71.25	92.75	250.50

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	16563.53231	3312.70646	90.26**
ERROR	12	440.44020	36.70335	
TOTAL	17	17003.97251		

C.V. = 10.7 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 3 น้ำหนักสดของต้นถั่วเซนจูเรียน (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.48	0.42	0.45	1.35
ไรโซเบียม	0.45	0.52	0.47	1.44
ไมโคไรซ่า	3.06	3.97	4.31	11.32
ฟอสฟอรัส	5.41	4.58	5.83	15.82
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	8.41	5.95	6.25	20.61
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	7.10	4.60	6.34	18.04

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	116.2170444	23.2434089	32.67**
ERROR	12	8.5365333	0.7113778	
TOTAL	17	124.7535778		

C.V. = 22.1 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 4 น้ำหนักแห้งของต้นถั่วเขนจูเรียน (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.13	0.13	0.16	0.42
ไรโซเบียม	0.15	0.16	0.13	0.44
ไมโคไรซ่า	1.09	1.55	1.52	4.16
ฟอสฟอรัส	1.87	1.42	1.91	5.20
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	2.74	2.10	2.05	6.89
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	2.51	1.46	2.05	6.02

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	13.08731667	2.61746333	27.75**
ERROR	12	1.13173333	0.09431111	
TOTAL	17	14.21905000		

C.V. =

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 5 น้ำหนักสดของรากถั่วเขนจูเรียน (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.17	0.09	0.10	0.36
ไรโซเบียม	0.26	0.16	0.18	0.60
ไมโคไรซ่า	0.60	0.28	0.33	1.21
ฟอสฟอรัส	0.31	0.94	0.76	2.01
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	0.54	0.68	0.87	2.09
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	1.06	0.99	2.60	4.65

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	4.03666667	0.80733333	4.87*
ERROR	12	1.99033333	0.16586111	
TOTAL	17	6.02700000		

C.V. = 67.1 %

* = significant at 5 % level

<u>ตารางผนวกที่ 6</u> น้ำหนักแห้งของรากถั่วเซนจูเรียน (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.0425	0.0245	0.0378	0.1048
ไรโซเบียม	0.0498	0.0298	0.0380	0.1176
ไมโคไรซ่า	0.1233	0.1015	0.1140	0.3388
ฟอสฟอรัส	0.0943	0.1383	0.2133	0.4459
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	0.1820	0.1708	0.1668	0.5196
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	0.2058	0.1480	0.2868	0.2135

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	5	0.07863756	0.01572751	10.66**
ERROR	12	0.01770307	0.00147526	
TOTAL	17	0.09634063		

C.V. =

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนปมของถั่วเซนจูเรียน (ปม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.00	0.00	0.00	0.00
ไรโซเบียม	2.50	5.00	2.75	10.25
ไมโคไรซ่า	8.25	6.00	9.50	23.75
ฟอสฟอรัส	6.75	5.00	26.50	38.25
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	32.00	6.25	33.50	71.75
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	23.50	16.50	29.75	69.75

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	4	1002.500000	250.625000	2.94 ns
ERROR	10	852.375000	85.237500	
TOTAL	14	1854.875000		

C.V. = 64.8 %

ns = not significant

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักสดของปมถั่วเซนจูเรียน (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไม่ใส่อะไรเลย	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ไรโซเบียม	0.0007	0.0007	0.0003	0.0017
ไมโคไรซ่า	0.0127	0.0183	0.0304	0.0614
ฟอสฟอรัส	0.0180	0.0026	0.0175	0.0381
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	0.1590	0.0670	0.1170	0.1309
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	0.0555	0.0008	0.0746	0.0436

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	4	0.02462009	0.00615502	8.21**
ERROR	10	0.00749405	0.00074941	
TOTAL	14	0.03211414		

C.V. = 71.4 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักสดของต้นถั่วไมยรา (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	1.395	1.639	2.039	5.073
ไมโคไรซ่า	2.485	2.337	2.938	5.955
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	1.517	3.508	1.228	6.253
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	4.750	3.578	4.505	12.833

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	11.67772892	3.89257631	7.32*
ERROR	8	4.25384200	0.53173025	
TOTAL	11	15.93157092		

C.V. = 27.4 %

* = significant at 5 % level

ตารางผนวกที่ 10 น้ำหนักสดของปมถั่วไมยรา (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	0.153	0.139	0.158	0.450
ไมโคไรซ่า	0.442	0.228	0.198	0.868
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	0.174	0.328	0.134	0.636
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	0.503	0.631	1.020	2.154

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	0.594	0.198	7.92**
ERROR	8	0.200	0.025	
TOTAL	11	0.794		

C.V. = 46.23 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 11 % root infection ของถั่วไมยรา ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	6.4	-	3.0	9.4
ไมโคไรซ่า	40.4	11.2	3.2	54.8
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	31.4	3.0	38.2	72.6
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	12.6	2.6	5.2	20.4

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	679.58	226.53	1.17^{ns}
ERROR	8	1538.45	192.31	
TOTAL	11	2218.03		

C.V. = 25.69 %

ns = not significant

ตารางผนวกที่ 12 น้ำหนักสดของต้นถั่ววินคาเซีย (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	2.309	2.102	1.767	6.178
ไมโคไรซ่า	1.346	2.600	1.332	5.278
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	3.447	5.494	4.510	13.451
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	2.846	2.688	3.426	8.96

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	13.498	4.499	9.97**
ERROR	8	3.608	0.451	
TOTAL	11	17.106		

C.V. = 27.63 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 13 น้ำหนักสดของปมถั่ววินคาเซีย (กรัม/ต้น) ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	0.177	0.151	0.156	0.484
ไมโคไรซ่า	0.178	0.188	0.158	0.524
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	0.265	0.286	0 280	0.831
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	0.185	0.231	0.312	0.728

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	0.028	0.009	9.00**
ERROR	8	0.007	0.001	
TOTAL	11	0.035		

C.V. = 14.78 %

** = significant at 1 % level

ตารางผนวกที่ 14 % root infection ของถั่ววินคาเซีย ในเรือนเพาะชำ

ตำรับ	ซ้ำ			รวม
	1	2	3	
ไรโซเบียม	3.6	8.4	24.8	36.8
ไมโคไรซ่า	6.6	6.0	28.6	41.2
ไรโซเบียม + ไมโคไรซ่า	106.2	33.4	15.0	154.6
ไรโซเบียม + ฟอสฟอรัส	0.8	38.4	0.60	39.8

ANOVA

SV	DF	SS	MS	F
TREAT (T)	3	3328.81	1190.60	1.44^{ns}
ERROR	8	6178.35	772.29	
TOTAL	11	9507.16		

C.V. = 30.16 %

ns = not significant

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายนันทกร บุญเกิด

   (ภาษาอังกฤษ) NANTAKORN BOONKERD

2. รหัสประจำตัว 38401000

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ระดับปริญญา (ตรี โท เอกและประกาศนียบัตร)	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชาเอกและชื่อเต็ม	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศที่ทำการศึกษา
2509	ตรี	กส.บ.	ปฐพีวิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	ไทย
2515	โท	MS	Soil Microbiology	University of Maryland	USA.
2524	เอก	Ph.D	Soil Microbiology	Texas A&M University	USA.

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชา

   Biological Nitrogen Fixation

   Biofertilizer Production

   Bio-organic Fertilizer Production

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ: ระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นหัวหน้าโครงการ หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละเรื่อง

   6.1 โครงการวิจัยที่ทำสำเร็จแล้ว:

   Methods to culture, Maintain, and Propagate Azolla Under Tropical Conditions, 1985-1988

   Awarded by BOSTID, US National Academy of Sciences. (หัวหน้าโครงการ)

   The Enhancement of the Biological Nitrogen Fixation by Genetic Engineering Technique NCGEB, 1985-1988. (หัวหน้าโครงการ)

Screening with Nuclear and Other Techniques for Yield and N_2 Fixation in Mungbean. IAEA, 1986-1987. (หัวหน้าโครงการ)

Molecular Identification of Frankiae Using Cross Inoculation Group Specific DNA Sequences. PSTC 1987-1989. (หัวหน้าโครงการ)

Increasing Biological Nitrogen Fixation of Peanuts in Developing Countries. US-ISRAEL CDR Program, 1987-1989. (หัวหน้าโครงการ)

Indentification of Rhizobium Strains by Genetic Enhancement of N_2 Fixation and Inoculant Production. NCGEB 1987-1989. (หัวหน้าโครงการ)

Exploitation of New Technologies to Monitor the Survival and Nodulation Effectiveness of Bradyrhizobium japonicum Inoculant Strains of Soybean. Commission of the European Communities. 1989-1993. (หัวหน้าโครงการ)

Ecologically Based Models for Prediction of Legume Inoculation Requirement. USAID-PSTC 1989-1992. (หัวหน้าโครงการ)

On-farm Optimization of Biological Nitrogen Fixation of Grain legumes. Commission of the European Communities. 1990-1993 (หัวหน้าโครงการ)

Screening with Nuclear and Other Techniques for Yield and N2 Fixation in Grain Legumes. IAEA 1990-1994. (หัวหน้าโครงการ)

Breeding of Nitrogen-Fixing Bacteria in Southeast Asia. Monbusho International Scienticfic Research Program. 1994-1997. (หัวหน้าโครงการ)

6.2 งานวิจัยที่กำลังทำ: ชื่อเรื่องและสถานภาพในการทำวิจัย

6.2.1 Using molecular biology to detect rhizobia in agro-ecosystem เริ่มปี 2536 ทุน IAEA ขณะนี้กำลังดำเนินการอยู่

6.2.2 การพัฒนาการผลิตพืชอาหารสัตว์ อาหารข้น และอาหารผสมสำหรับโคนม ทุน สกว. เริ่มปี 1 พฤษภาคม 2538 จนถึง 30 พฤษภาคม 2541

6.2.3 การใช้ไรโซเบียมและไมโครไรซาเพิ่มผลผลิตพืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารสัตว์ ทุน มทส. เริ่มปี 2538-2539

6.2.4 การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อการเพาะเห็ดชนิดต่าง ๆ ทุน มทส. เริ่มปี 2538 ถึงปี 2539

6.2.5 การใช้เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการเปลี่ยนมันสำปะหลังและวัสดุเหลือจากการทำแป้งมันสำปะหลังให้เป็นอาหารสัตว์ เริ่มปี พ.ศ.2539-2541

6.2.6 การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อการเพิ่มผลผลิตและการควบคุมคุณภาพขององุ่น เริ่มปี 2541-2543

6.2.7 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางระบบนิเวศต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจน ทุน สกว./สวทช. เริ่มดำเนินการ 1 มิถุนายน 2539- 31 พฤษภาคม 2543

6.2.8 การผลิตและการจำหน่ายอาหารผสมอัดก้อนในเชิงพาณิชย์ ทุน สกว. เริ่มดำเนินการ 1 กุมภาพันธ์ - 31 กรกฎาคม 2541

ศูนย์บรรณสารและสื่อการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี