อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

Influence of Soil Amendment Factors on Biomass Production and Nitrogen Content of Legume Green Manure Species and Effects of Legume Green Manuring on Yield and Yield Components of Rice

สมพร ดำยศ

Somporn Domyos

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาพืชศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Plant Science

Prince of Songkla University

2552

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

ผู้เขียน นายสมพร ดำยศ

สาขาวิชา พืชศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ กำนัลรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร จาฏุพจน์)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ สันติประชา)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ กำนัลรัตน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร จาฏุพจน์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอ็จ สโรบล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำหรับการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

ผู้เขียน นายสมพร ดำยศ

สาขาวิชา พืชศาสตร์

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

การศึกษาสภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงพบว่าเกษตรกรมีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปอเทือง และโสนอัฟริกันได้ผลผลิตข้าวผันแปรไม่แน่นอน สันนิษฐานได้ว่าเกษตรกรยังมีปัญหาในเชิงปฏิบัติซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพ การสะสมไนโตรเจน และศักยภาพและประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดในดิน (2) ผลของการไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว การศึกษาในหัวข้อที่ 1 ดำเนินการศึกษาโดยใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด คือ โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata)* ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*) และถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis*) ทดสอบในชุดดินพัทลุง 2 สภาพ คือ ไม่ยกระดับ pH ดิน (4.58) และยกระดับ pH ดิน (5.50) ใช้สิ่งทดลอง คือ การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมกับไม่คลุก เปรียบเทียบระหว่างไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 หินฟอสเฟต พบว่า การยกระดับ pH ดินทำให้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด มีผลผลิตมวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง และการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นสูงกว่าไม่ยกระดับ pH ดิน ในการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียม มีผลไม่แตกต่างกันกับไม่คลุกขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ให้ผลผลิตมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น ๆ การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูป NH_4^+-N ของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ทำการศึกษาทำในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำหนักแห้งต่างกัน 4 อัตรา คือ 0,500, 1,000และ 1,500 กก. ไร่$^{-1}$ บ่มดินในสภาพน้ำขังและวิเคราะห์หาปริมาณ NH_4^+-N โดยวิธีกลั่น พบว่าการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดในวันที่ 35 หลังการบ่มดินและพบว่าปริมาณ NH_4^+-N จะผันแปรตามอัตราน้ำหนักแห้งเชิงบวก

การศึกษาในประเด็นที่ 2 ผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง โดยศึกษาข้าวพันธุ์

ปทุมธานี 1 ในกระถางทดลอง และพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ในแปลงทดลอง การทดสอบกับข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด มีตัวแปรคือ อัตราน้ำหนักแห้ง 500 และ 1,000 (กก. ไร่$^{-1}$) ปุ๋ยเคมี และชุดควบคุม (ไม่มีการใส่ปัจจัย) พบว่า การใช้ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด และเพิ่มจำนวนรวงต่อกอ มีประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen Recovery Efficiency, NRE) สูงกว่าอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ แต่ในทางกลับกันมีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตข้าว (Yield Efficiency, YE) และ ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิต (Physiological Efficiency, PE) ต่ำกว่า การทดลองในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง จัดสิ่งทดลองประกอบด้วย วันปักดำหลังการสับกลบ 10 และ 20 วัน ใช้อัตราน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ของถั่วปุ๋ยพืชสด 2 ชนิดคือ ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า และใส่ร่วมกับวัสดุปรับปรุงดิน และปุ๋ยเคมี ดังนี้คือ 500, 1,000, 500 + หินฟอสเฟต, 1,000 + หินฟอสเฟต, 500 + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต, 1,000 + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต, 500 + แอมโมเนียมซัลเฟต, 1,000 + แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเคมีในอัตราที่แนะนำ (8-10-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ไร่$^{-1}$) พบว่า การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 2 ชนิด อัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเฉลี่ย 400 และ 404 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราแนะนำ ปุ๋ยพืชสด + แอมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยพืชสด + หินฟอสเฟต และการใช้ปุ๋ยพืชสดอย่างเดียวประมาณหนึ่งเท่าตัว ผลผลิตที่สูงขึ้นเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าว วันปักดำ 20 วันหลังการสับกลบ มีแนวโน้มให้ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงมีผลผลิตสูงกว่าวันปักดำ 10 วัน และจากผลการทดสอบโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า มีศักยภาพในการใช้เป็นถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าวในจังหวัดพัทลุงเท่าเทียมกัน แต่ในทางการจัดการ ถั่วพร้า และถั่วพุ่มมีความเหมาะสมกว่า

Thesis Title	Influence of Soil Amendment Factors on Biomass Production and Nitrogen Content of Legume Green Manure Species and Effects of Legume Green Manuring on Yield and Yield Components of Rice
Author	Mr. Somporn Domyos
Major Program	Plant Science
Academic Year	2009

ABSTRACT

Diagnostic survey was conducted on farmer's practices using legume green manures (LGM) on rice production in Phatthalung Province. It was found that 4 LGM species namely *Sesbania rostrata*, *Vigna unguiculata, Canavalia ensiformis* and *Crotalaria juncea* had been used by farmers in the study area. It was found that low biomass yield of LGM and low yield of rice under farmer's practices. It was assumed that several factors were contributed to such low performances and was postulated to be the research topic of this study. The research objectives included 2 main aspects i.e. (1) to identify factors influencing biomass production, nitrogen accumulation and potential and efficiency of nitrogen mineralization of some legume species and (2) to evaluate the effects of those legume green mauring on yield and yield components of rice. The first study objective involved 2 experimental phases including evaluation of influential factors effecting biomass yield and N-accumulation of certain LGM species and evaluation of their potential and efficiency of N-mineralization. The first phase of experiment was conducted by using 3 LGM species namely *Sesbania rostrata*, *Vigna unguiculata* and *Canavalia ensiformis* under 2 different soil conditions i.e. without raising soil pH (pH 4.58) and with raising soil pH by liming up to pH 5.50 and treated with 2 levels of seed inoculation i.e. with and without *Rhizobium* and 3 levels of soil amendments i.e. unamended, application with 12-24-12 fertilizer and application with rock phosphate. The results showed that raising of soil pH from 4.58 to 5.50 gave higher average dry biomass yield and N-accunulation of *S. rostrata*, *V. unguiculata*, and *C. ensiformis* significantly. Seed inoculation treatment with and without *Rhizobium* was found non-significantly but significantly different with

different amended soil i.e. application with 12-24-12 fertilizer gave highest average dry biomass yield and N-accumulation. The second experimental phase was conducted in the laboratory on N-mineralization of each legume species using 4 rates of legume dry matter i.e. 0, 500, 1,000 and 1,500 kg rai^{-1} incubated under submerged soil condition. Determination of NH_4^+-N for N-mineralization was conducted in soil laboratory. It was found that N-mineralization was increased accordingly to the increase of biomass and was found highest at 35 days after incubation with the highest rate of 1,500 kg rai^{-1} dry matter.

Second objective of the study was to evaluate the effect of legume green manuring on yield and yield components of cv. Pathumtani 1 and cv. Sangyodmuangphatthalung. Two experiments were conducted separately of which the first experiment was conducted on rice cv. Sangyodmuangphatthalung by applying 2 rates of legume dry matter 3 species of LGM i.e. 500 and 1,000 kg rai^{-1}, chemical fertilizer application and control (soil not being treated). It was found that at the highest dry matter application rate of *C. ensiformis* (1,000 kg rai^{-1}) gave the highest average yield of rice significantly and the yield component was found significantly on number of panicle per hill. The analysis of nitrogen use efficiency (NUE) was found that the highest rate of legume green manure 1,000 kg rai^{-1} as opposed to 500 kg rai^{-1} was decreasing yield efficiency (YE) and physiological efficiency (PE) but increasing nitrogen recovery efficiency (NRE). Another study on rice variety cv. Sangyodmuangphatthalung was conducted under varying factors i.e. levels of transplanting date i.e. 10 and 20 days after incorporation of legume biomass of 2 species i.e. *V. unguiculata* and *C. ensiformis* into the soil and different rates of legume dry matter (kg rai^{-1}) and combined application with rock phosphate and chemical fertilizer i.e. 500, 1,000, 500 + rock phosphate, 1,000 + rock phosphate, 500 + triple superphosphate, 1,000 + triple superphosphate, 500 + ammonium sulfate, 1,000 + ammonium sulfate and recommended rate of chemical (8-10-0 kg N-P_2O_5-K_2O rai^{-1}). It was found that yield and yield components of rice showed significantly highest with treatment dry matter from both *V. unguiculata* or *C. ensiformis* 1,000 kg rai^{-1} + triple superphosphate gave the highest average yield of about 400 and 404 kg rai^{-1} respectively. The yield components were found significantly difference on number of spikelet per panicle when applied with

V. unguiculata dry matter and number of panicle per hill and spikelet per panicle when applied with *C. ensiformis*. It is recommended that relative use of biomass dry matter at the rate of 1,000 kg rai^{-1} combined with triple superphosphate will give potentially highest yield as it was found by this current experiment. Transplanting rice 20 days after incorporation of legume biomass in soil gave better yield performance than 10 day period. It was evaluated that LGM varieties *C. ensiformis* and *V. unguiculata* may be superior over *S. rostrata* to be used as green manure in Phatthalung area due to their better accessibility and managerial requirement by local farmers.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องด้วยได้รับคำแนะนำ การตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง ตลอดจนให้กำลังใจ และความปรารถนาดีจากอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน คือ ผศ.ดร.อภินันท์ กำนัลรัตน์ และรศ.ดร.วิเชียร จาฏุพจน์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วัลลภ สันติประชา และ รศ.ดร.เอ็จ สโรบล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ขวัญจิตร สันติประชา ประธานหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.จำเป็น อ่อนทอง อาจารย์ผู้ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านการเก็บข้อมูลภาคสนาม และการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ ครู และบุคลากรทางการศึกษาวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ และบุคลากรของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง และผู้อำนวยการ และบุคลากรของสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดพัทลุง ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการใช้แปลงทดลองข้าวสำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ทุกท่านที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านการเก็บข้อมูลภาคสนาม งานในห้องปฏิบัติการ และงานด้านเอกสาร

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนทุนการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติ คุณเปรมฤดี ดำยศ และครอบครัว ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจด้วยความรัก ความห่วงใย และความปรารถนาดีแก่ผู้วิจัยตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา ความดีอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

สมพร ดำยศ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(8)
สารบัญ	(9)
รายการตาราง	(13)
รายการตารางภาคผนวก	(25)
รายการภาพประกอบ	(27)
บทที่	
1. บทนำ	1
1. บทนำต้นเรื่อง	1
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	4
4. ขอบเขตของงานวิจัย	4
2. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
1. บทบาทของธาตุไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว	6
2. การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าว	15
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตข้าวในประเทศไทย	25
4. การศึกษาระบบการผลิตของเกษตรกร	30
5. สรุป	31
3. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	33
1. วัสดุ อุปกรณ์	33
2. วิธีการ	34
4. ผล	47
1. การวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น	47
2. การวิจัยเชิงทดลอง	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. วิจารณ์	231
1. การวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น	145
2. การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนถั่วปุ๋ยพืชสด	148
3. การปลดปล่อยไนโตรเจน (อัตราและระยะเวลาสับกลบก่อนปักดำข้าว)	153
4. การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าว	154
5. ข้อเสนอแนะ	160
6. สรุป	163
เอกสารอ้างอิง	166
ภาคผนวก	179
ประวัติผู้เขียน	269

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติของดินก่อนการทดลอง	55
2	สมบัติของดินก่อนการทดลอง	99
3	ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน Yield efficiency (kg kg N applied^{-1}), Nitrogen recovery efficiency (%) และ Physiological efficiency (kg kg N uptake^{-1}) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	111
4	สมบัติดินก่อนการทดลอง	113
5	อิทธิพลของปัจจัย pH ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพ6 ถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)	145
6	อิทธิพลของการคลุกเชื้อไรโซเบียมที่มีต่อการเพิ่มผลผลิต มวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)	146
7	ประสิทธิภาพของการคลุกเชื้อไรโซเบียม	147
8	อิทธิพลของการเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟต ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)	147
9	การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ของโสนอัฟริกัน	149
10	การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของโสนอัฟริกัน	149
11	การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (%) ของถั่วพุ่ม	150
12	การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วพุ่ม	151
13	การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ของถั่วพร้า	152
14	การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วพร้า	152
15	ประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด	153
16	ศักยภาพการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$) จากถั่วปุ๋ยพืชสด ภายใต้สภาพการปรับปรุงดินต่างกัน	154
17	ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	155
18	การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1	155
19	ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง	158

รายการตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
1	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	200
2	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	201
3	จำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	202
4	จำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	203
5	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	204
6	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	205
7	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	206
8	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	208
9	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกัน 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	210
10	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกัน 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	212

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
11	ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	214
12	ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	216
13	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	218
14	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	219
15	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	220
16	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	222
17	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่ม 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	224
18	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่ม 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	226

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
19	ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	228
20	ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	230
21	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้ามที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	232
22	ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้ามที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	233
23	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	234
24	ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	236
25	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้า 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	238
26	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้า 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน	240

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
27	ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพโสนอัฟริกันอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน	242
28	ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพถั่วพุ่มอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน	243
29	ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพถั่วพร้าอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน	244
30	การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน	245
31	ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน	246
32	ปริมาณไนโตรเจน (NH_4^+-N) ของดินที่อายุต่าง ๆ กันของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน	247
33	ปริมาณไนโตรเจนในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปริมาณไนโตรเจนในดิน และอินทรียวัตถุของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน	248
34	การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	249
35	ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	251

รายการตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่		หน้า
36	ระดับค่าสีใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	253
37	ปริมาณไนโตรเจน (%) ในต้น เมล็ด และตอซัง และปริมาณไนโตรเจน (%) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	256
38	การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	259
39	ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	261
40	ระดับค่าสีใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	263
41	ปริมาณไนโตรเจน (%) ในต้น เมล็ด และตอซัง และปริมาณไนโตรเจน (%) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน	266

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์เรื่อง อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว	35
2	ระบบการปลูกพืชที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติของพื้นที่ กรณีพื้นที่ปลูกพืชปุ๋ยสดจะไถกลบแล้วทิ้งไว้ในพื้นที่เกินกว่า 1 เดือน และมีการปลูกข้าวตามหลังปลายเดือนตุลาคม	49
3	ความสูงเฉลี่ยของโสนอัฟริกันหลังจากวันงอกและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	57
4	จำนวนปมเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	58
5	ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	59
6	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	61
7	ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	62
8	ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	65

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
9	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	66
10	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่กระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	67
11	สมบัติของดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	68
12	ความสูงเฉลี่ยของถั่วพุ่มหลังจากวันงอกและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	70
13	จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	71
14	ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	72
15	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	74

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
16	ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	76
17	ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	77
18	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	78
19	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	80
20	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	81
21	ความสูงเฉลี่ยของถั่วพร้าหลังจากวันงอกและที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	83
22	จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	84
23	ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	86

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
24	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	88
25	ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	89
26	ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	90
27	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	92
28	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	93
29	สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน [(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	95
30	ปริมาณไนโตรเจน (NH_4-N) ของดินเฉลี่ยจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน (กก. น.น. แห้ง ไร่$^{-1}$) ภายใต้การบ่มดินในสภาพน้ำขัง [(ก) โสนอัฟริกัน (ข) ถั่วพุ่ม และ (ค) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	97
31	ความสูงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	101

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
32	การแตกกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตรา น้ำหนักแห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	101
33	ความยาวใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	103
34	ผลผลิตเฉลี่ยที่ความชื้น 14% และผลผลิตเพิ่ม (%) จากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	103
35	องค์ประกอบผลผลิตเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน [(ก) จำนวนรวงต่อกอ (ข) จำนวน เมล็ดต่อรวง (ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (ง) น้ำหนัก 100 เมล็ด I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	104
36	ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบ ผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 [(ก) จำนวนรวงต่อกอ (ข) จำนวนเมล็ด ต่อรวง (ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (ง) น้ำหนัก 100 เมล็ด]	106
37	ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ในเมล็ด และ (ข) ในตอซัง]	108
38	ปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุของดินเฉลี่ยหลังจากเก็บเกี่ยว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ธาตุไนโตรเจนในดิน และ (ข) อินทรียวัตถุของดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	109
39	ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N) ของดินเฉลี่ยที่ระยะการเจริญ เติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนัก แห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย วิธี $LSD_{0.05}$]	110

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
40	ความสูงเฉลี่ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	114
41	ความสูงเฉลี่ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	115
42	การแตกกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$	117
43	ความยาวใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	118
44	ผลผลิตเฉลี่ยที่ความชื้น 14% ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	119
45	จำนวนรวงต่อกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	121
46	จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	122
47	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	123

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
48	น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า]	124
49	ระดับค่าสีใบเฉลี่ยที่จำนวนวันหลังการปักดำต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	126
50	ระดับค่าสีใบเฉลี่ยที่ 90 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	127
51	ระดับค่าสีใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	128
52	ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่จำนวนวันหลังการปักดำต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	130
53	ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่ 45 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	131
54	ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่ 60 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	132

รายการภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
55	ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	134
56	ปริมาณไนโตรเจนในตอซังเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	135
57	ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	136
58	ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]	137

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากพืชหนึ่งของประเทศไทย และยังคงความเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากต่อไป มีพื้นที่ปลูกประมาณ 65-70 ล้านไร่หรือประมาณ 22% ของพื้นที่ทั้งประเทศ มีผลผลิตประมาณ 32 ล้านตันต่อปีโดยเป็นข้าวนาปี 23 ล้านตันและข้าวนาปรัง 9 ล้านตัน แปรรูปเป็นข้าวสารบริโภคภายในประเทศ 10 ล้านตันและส่งออกต่างประเทศ 9 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศมากกว่าปีละ 100,000 ล้านบาท และยังใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมัน อาหารสัตว์ และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) เป็นที่ทราบกันดีว่าประชากรของประเทศไทยมากกว่า 80% บริโภคข้าวเป็นอาหารหลักเพื่อยังชีพเฉลี่ยคนละ 120 กิโลกรัมต่อปี (FAO, 1982) และเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกมาโดยตลอด นอกจากนี้ข้าวยังเป็นผลผลิตการเกษตรที่มีมูลค่าสูงกว่าผลิตผลเกษตรชนิดอื่น ๆ ซึ่งมูลค่าข้าวตามราคาที่เกษตรกรขายได้ (farm value) นั้นพบว่าข้าวเป็นสินค้าที่มีมูลค่าสูงกว่าสินค้า และผลิตภัณฑ์การเกษตรชนิดอื่น ๆ และมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และคาดหวังว่าภายใน 10 ปีข้างหน้าประเทศไทยจะส่งข้าวออกต่างประเทศได้ตั้งแต่ 10 ล้านตันขึ้นไปโดยมีการขยายตลาดและเพิ่มปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ข้าวโดยเฉพาะมีความต้องการผลผลิตและผลิตภัณฑ์ข้าวเพื่อสุขอนามัย ได้แก่ ข้าวอินทรีย์ ที่เป็นอีกโอกาสหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าข้าวในอนาคตของประเทศไทยจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด เป็นต้น (บริบูรณ์, 2545 ; กรมการข้าว, 2551)

โดยทั่วไปการปลูกข้าวจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ดี ซึ่งไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่ใช้เพิ่มผลผลิตข้าวได้หลายเท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารอื่น ๆ มีบทบาทที่สำคัญในการเจริญเติบโตของข้าวทุกช่วงการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ โดยพบว่าการผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 1 ตัน ต้องการไนโตรเจนเฉลี่ย 18.9 กิโลกรัม (นพรัตน์, 2541) ข้าวได้ไนโตรเจนจากปุ๋ยอนินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ สำหรับปุ๋ยเคมีที่นิยมใช้กันแพร่หลาย คือ ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด ที่ผ่านมาพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีมีปัญหาที่สำคัญคือ

มีประสิทธิภาพไม่เกิน 40 % เนื่องจากในดินนาเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในปริมาณสูงจากกระบวนการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย (NH_3 volatilization) และการปลดปล่อยก๊าซไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ (N_2O) และก๊าซไนโตรเจน (N_2) โดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) (De Datta and Buresh, 1989) และยังสร้างมลภาวะทางอากาศ ทางดินและน้ำ รวมถึงปัญหาสุขภาพของมนุษย์เนื่องจากมีสารไนเตรตละลายสู่สภาพแวดล้อม (Lin *et al*., 2008) ซึ่งศุภมาศ (2545) ได้สรุปว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเกิน 100 กก. เฮกแตร์$^{-1}$ (ประมาณ 16 กก. ไร่$^{-1}$) เป็นอัตราที่ไม่ปลอดภัยจากการละลายไนเตรตสู่สภาพแวดล้อมดังกล่าวได้ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่มีราคาแพงขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากราคาปุ๋ยผูกพันอยู่กับราคาน้ำมันเชื้อเพลิง และจากการทดลองหลายการทดลองสรุปผลตรงกันว่า ระบบการปลูกข้าวที่ติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินนาลดลงแม้ว่ามีการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนให้แก่ข้าวเป็นประจำแล้วก็ตาม การที่ไนโตรเจนในดินนามีปริมาณลดลงเนื่องจากการลดลงของอินทรีย-วัตถุในดินนาที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยหลักไปจำกัดการเจริญเติบโตและศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว (สรสิทธิ์, 2533; Flinn and De Datta, 1984) ทำให้การตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่ำลง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในดินนาเพื่อช่วยเพิ่มแหล่งธาตุอาหารเพิ่มพลังงานของจุลินทรีย์ดินและช่วยปรับปรุงสมบัติดินให้ดีขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดปุ๋ยหมักมีข้อจำกัดด้านการจัดหาและการขนส่ง การใช้ปุ๋ยคอกก็มีข้อจำกัดด้านปริมาณคือต้องใช้ในปริมาณมาก ขณะที่การใช้ปุ๋ยพืชสดมีข้อดีคือสามารถปลูกพืชปุ๋ยสดในพื้นที่นาโดยตรง จึงเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ลงทุนน้อย และใช้ในพื้นที่นาขนาดใหญ่ได้ดี (ประชา, 2542) ปุ๋ยพืชสด (green manure) จากพืชตระกูลถั่วเป็นแหล่งของไนโตรเจนเพื่อใช้ผลิตข้าว ดังนั้นการใช้ปุ๋ยพืชสดจึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการจัดการไนโตรเจนในดินนา การใช้ปุ๋ยพืชสดประเภทถั่วหรือถั่วปุ๋ยพืชสด (legume green manure) พบว่ามีศักยภาพเป็นแหล่งไนโตรเจนราคาถูกช่วยปรับปรุงความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน (soil productivity) ให้ดีขึ้น (De Datta, 1981) และมีผลทางบวกต่อสมดุลไนโตรเจนในดินนา (Ladha *et al*., 1996) จากการทดลองปลูกปุ๋ยพืชสดตระกูลถั่วและไถกลบลงดินเมื่อถั่วมีอายุประมาณ 7-8 สัปดาห์ก่อนปลูกข้าวตามหลังพบว่า สามารถเพิ่มไนโตรเจนได้มากกว่า 100 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$ (หรือมากกว่า 16 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ซึ่งเพียงพอกับความต้องการของข้าว และมีความปลอดภัยจากการละลายไนเตรตลงสู่ดินและน้ำ การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพื่อให้ไนโตรเจนในดินนามีปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องคือ ชนิดของถั่วปุ๋ยพืชสด วิธีการจัดการถั่วปุ๋ยพืชสด (Meelu *et al*., 1994) จากการปฏิบัติของเกษตรกรพบว่าวิธีการจัดการถั่วปุ๋ยพืชสดเป็นปัญหาสำคัญของเกษตรกรในหลายพื้นที่ ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการถั่วปุ๋ยพืชสดได้แก่ การใช้วัสดุปรับปรุงดินพวกปูน การใช้หินฟอสเฟต

การใช้เชื้อไรโซเบียม และการสับกลบลงดิน ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้การปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรได้ผลผลิตมวลชีวภาพน้อย และเมื่อสับกลบลงดินแล้วทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจน (N-mineralization) ได้ไม่เพียงพอกับความต้องการของข้าวในระยะต่าง ๆ เพื่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการ สร้างองค์ประกอบผลผลิตของข้าวทำให้ได้ผลผลิตต่ำไม่เต็มตามศักยภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิด

จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ทำนามากที่สุดจังหวัดหนึ่งของภาคใต้ มีพื้นที่ทำนาทั้งหมดประมาณ 289,601 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 20.35 ของพื้นที่การเกษตรของจังหวัด (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดพัทลุง, 2550) เกษตรกรนิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองเพื่อจำหน่ายในท้องถิ่นและบริโภคในครัวเรือน โดยทั่วไปเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวและพบว่ามีการเริ่มใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในบางพื้นที่เกษตรกรมีปัญหาเกี่ยวกับการจัดการดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการศึกษาถึงปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณการสะสมไนโตรเจนและปลดปล่อยไนโตรเจนสู่ดินหลังการสับกลบ และศึกษาความพอเพียงของปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยให้กับข้าวที่จะใช้เพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้าในสภาพดินนาน้ำขัง และศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดดังกล่าวของข้าวพันธุ์ส่งเสริมปทุมธานี 1 และพันธุ์พื้นเมืองสังข์หยดเมืองพัทลุงในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต ผลจากการวิจัยครั้งนี้จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการปรับปรุงการจัดการถั่วปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวของเกษตรกรจังหวัดพัทลุงให้มีประสิทธิภาพและเป็นฐานความรู้ของการปลูกข้าวอินทรีย์ในอนาคตต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

(1) เพื่อวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้นถึงศักยภาพและข้อจำกัดของการใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวของเกษตรกรในจังหวัดพัทลุง

(2) เพื่อศึกษาผลของการปรับ pH ดิน การใช้เชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ต่อผลผลิตมวลชีวภาพ การสะสมไนโตรเจนและปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ในดินนาจังหวัดพัทลุง

(3) เพื่อศึกษาปริมาณของการใช้มวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ ที่ปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต

(4) เพื่อศึกษาปริมาณการใช้มวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดที่มีศักยภาพและช่วงเวลาปักดำข้าวหลังการสับกลบที่เหมาะสมในระดับไร่นาในการให้ปริมาณไนโตรเจนที่มีผลต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

(1) ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับศักยภาพการผลิตมวลชีวภาพ การสะสมไนโตรเจนและปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดที่ศึกษา 3 ชนิด ภายใต้การจัดการดินที่เหมาะสมของกลุ่มดินที่ใช้ในการศึกษา (กลุ่มชุดดินที่ 6 ชุดดินพัทลุง)

(2) ได้ข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับปริมาณการใช้มวลชีวภาพที่เหมาะสมในการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนที่มีประโยชน์เพียงพอกับความต้องการของข้าวในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตภายใต้การปรับปรุงดินและมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติในพื้นที่ต่อไป

(3) ได้ข้อมูลและข้อสนับสนุนต่าง ๆ จากผลการทดลองที่จะใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขทั้งทางด้านทฤษฎีและการปฏิบัติ ตลอดจนการทดลองวิจัยเพื่อต่อยอดองค์ความรู้ของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวที่ลดการใช้ปุ๋ยเคมีและเป็นฐานความรู้การผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตกรต่อไปในอนาคต

4. ขอบเขตของงานวิจัย

ทำการศึกษาสภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ทำการทดลองในแปลงทดลองและในโรงเรือนกระจกของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุงและห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ศึกษาสมบัติดินที่ใช้ทดสอบถั่วปุ๋ยพืชสดและข้าวทั้งทางด้านกายภาพและด้านเคมีโดยวิเคราะห์ดินและพืช ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด คือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า

โดยการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและการใส่วัสดุปรับปรุงดิน ศึกษาลักษณะการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ในโรงเรือนทดลอง ทำการทดสอบการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในแปลงทดลองโดยศึกษาปริมาณไนโตรเจนในข้าวและในดิน และศึกษาผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อการเจริญ เติบโต การสร้างองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตต่อพื้นที่ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. บทบาทของธาตุไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

1.1 ความต้องการธาตุไนโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว

ดินที่ใช้ปลูกข้าวเกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ โดยแร่ปฐมภูมิ (primary mineral) ที่เป็นองค์ประกอบของหินไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ทำให้อนุภาคอนินทรีย-สารที่เป็นองค์ประกอบหลักของดินขาดธาตุไนโตรเจนสำรอง ดังนั้นธาตุไนโตรเจนส่วนใหญ่ที่ข้าวได้จากดินจึงได้จากการเปลี่ยนแปลงจากสารอินทรียไนโตรเจนเป็นสารอนินทรียไนโตรเจน ซึ่งพบว่าในดินทั่วไปมีปริมาณไนโตรเจนประมาณ 0.02-0.40 % (เกรียงศักดิ์, 2533) โดยส่วนใหญ่ประมาณ 92 % อยู่ในรูปสารประกอบอินทรียไนโตรเจนที่ซับซ้อนและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของซากพืช ซากสัตว์ จุลินทรีย์ และสิ่งแวดล้อม ดินที่ใช้ปลูกข้าวโดยทั่วไปมีปริมาณอินทรียสารอยู่น้อยและมีการสลายตัวปลดปล่อยให้ธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (NO_3^-) ได้น้อยกว่าความต้องการของข้าว ดังนั้นการเพิ่มไนโตรเจนให้กับดินจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพิจารณาในการผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตในระดับที่ต้องการ การเพิ่มไนโตรเจนในดินนาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และการใส่ปุ๋ยเคมี เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ยูเรีย เป็นต้น (วาสนา, 2520 และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2545) ข้าวต้องการไนโตรเจนปริมาณมากในระยะแตกกอจนถึงระยะออกรวงเพื่อใช้เพิ่มจำนวนดอกต่อรวงให้สูงขึ้น ในขณะที่ระยะสุกแก่ข้าวต้องการไนโตรเจนน้อยมาก (เกรียงศักดิ์, 2533) ดังนั้นข้าวจำเป็นต้องได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เพียงพอสำหรับสร้างคลอโรฟิลล์ กระตุ้นให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เพิ่มความสูงและแตกกอ เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง เพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด ถ้าหากข้าวได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่ไม่เพียงพอจะทำให้การสังเคราะห์โปรตีนหยุดชะงักและมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตส่งผลให้แคระแกร็นได้ (สัมพันธ์, 2525) ในทางตรงกันข้ามถ้าข้าวได้รับไนโตรเจนมากเกินไปทำให้การเจริญเติบโตของส่วนที่อยู่เหนือดินมีมากกว่าส่วนที่อยู่ใต้ดินหรือราก มีอัตราส่วนระหว่างลำต้นและราก (shoot/root ratio) สูง (Haynes *et al.,* 1996) จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของข้าวที่ทำให้ข้าวได้ผลผลิต 90-95 % ของผลผลิตสูงสุดควรมีความเข้มข้น

ระหว่าง 2.9-4.2 % (พิชิต และปรีดา, 2535) การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ สมบัติของดิน ชนิดและปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ การเขตกรรม และพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวพันธุ์ IR 8 พันธุ์ปรับปรุงใหม่ ไม่ไวต่อช่วงแสง และพันธุ์ Peta พันธุ์พื้นเมืองไวต่อช่วงแสง มีการดูดใช้ไนโตรเจนแตกต่างกัน คือ 70 % และ 48 % ตามลำดับ (ทัศนีย์, 2543) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในข้าวมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือ ปริมาณไนโตรเจนในตอชัง (ใบและต้น) มีค่าสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโตและลดลงเมื่อมีอายุมากขึ้นและจะมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้นในรวงข้าว

Tanaka และคณะ (1964) ได้รายงานว่า ผลผลิตข้าวเป็นผลมาจากการสะสมน้ำหนักแห้ง น้ำหนักแห้งในระยะก่อนการออกดอกของข้าวเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตข้าวอาจไม่เพิ่มขึ้น เพราะน้ำหนักเมล็ดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักแห้งของลำต้นทั้งหมดหลังการออกดอก Matsushima (1966) ได้เสนอว่าการประเมินผลผลิตข้าวที่ดีคือ การวัดองค์ประกอบผลผลิต (yield components) ซึ่งประกอบด้วยจำนวนรวงต่อพื้นที่ (number of panicles per area) จำนวนดอกต่อรวง (number of spikelets per panicles) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (percentage of filled grains) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (1,000 grain weight) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ผลผลิต = จำนวนรวงต่อพื้นที่ x จำนวนดอกต่อรวง x เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี x น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

Chandler (1979) ได้รายงานว่า ผลผลิตข้าว IR 8 ที่ปลูกในฤดูแล้งและฤดูฝนจะแตกต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบผลผลิต จำนวนดอกต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ดค่อนข้างคงที่ แต่จำนวนรวงต่อพื้นที่ในฤดูแล้งจะสูงกว่าในฤดูฝน อย่างไรก็ตามอัตราการใส่ปุ๋ยและเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตโดยตรง โดย Yoshida (1981) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้นได้ถึงจุดหนึ่ง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงขึ้นเนื่องจากการล้ม การทำลายจากโรคแมลง อุณหภูมิต่ำหรือสูงเกินไป ดินมีปัญหาความแห้งแล้งและลมแรง ส่วนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเป็นลักษณะประจำพันธุ์เปลี่ยนแปลงได้บ้างเล็กน้อย Tanaka และคณะ (1964) รายงานว่า การเพิ่มระยะปลูกทำให้จำนวนรวงต่อพื้นที่ลดลง แต่จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเปลี่ยนแปลงได้น้อยมาก แต่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเพิ่มขึ้น การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับที่เหมาะสมมีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นได้บ้าง Yoshida และ Paras (1976) รายงานว่าจำนวนดอกต่อพื้นที่อย่างเดียวมีอิทธิพลต่อผลผลิตเพียง 21 % เท่านั้น และ Kanareugsa (1969) ได้สรุปว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ Bluebelle คือ จำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนเมล็ดต่อรวงและ

เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้นเมื่อระดับปุ๋ยสูงขึ้น แต่น้ำหนัก 1,000 เมล็ดจะลดลง นอกจากนี้ Murayama (1979) ได้กล่าวว่าไนโตรเจนเป็นปัจจัยกำหนดผลผลิต โดยทำให้น้ำหนักฟางหรือจำนวนต้นต่อกอสูงขึ้นในระยะหลังจากปักดำ และจำนวนดอกต่อรวงเพิ่มขึ้นในระยะกำเนิดช่อดอก ซึ่งมีผลรวมทำให้จำนวนดอกต่อพื้นที่เพิ่มขึ้น และ Matsushima (1966) ได้กล่าวว่า ในสภาพที่จำนวนเมล็ดต่อพื้นที่ต่ำ ขนาดของเมล็ดจะเป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตข้าว

สำหรับผลการศึกษาในท้องที่จังหวัดพัทลุง ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการปลูกข้าวมากของภาคใต้ โดยบุญชัย และ Gouis (2533) พบว่า ระดับของปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดต่อการสร้างผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข.7 โดยเฉพาะการขาดแคลนไนโตรเจนในระยะการสร้างดอกและพบว่าสาเหตุที่เป็นปัจจัยจำกัดผลผลิตในสภาพไร่นาของเกษตรกร คือ ระยะเวลาการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ถูกต้อง กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 เร็วเกินไป ทำให้ไนโตรเจนถูกนำไปสร้างรวงและมีไม่เพียงพอในช่วงการสร้างดอก ทำให้มีจำนวนดอกต่อตารางเมตรและผลผลิตไม่มีความแตกต่างกัน แม้ว่ามีจำนวนต้นต่อตารางเมตรแตกต่างกันมากก็ตาม (77-340 ต้น ตารางเมตร$^{-1}$) นอกจากนี้ Moreau และคณะ (1988) ได้เสนอแนะว่าควรมีการศึกษาต่อเพิ่มเติมปัจจัยจำกัดผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่เกษตรกรนิยมปลูกในจังหวัดพัทลุง เจริญ และคณะ (2532) ได้รายงานว่า ระดับน้ำ ปุ๋ยไนโตรเจน และความหนาแน่นของประชากรเป็นปัจจัยจำกัดที่เกิดขึ้นหลังการหว่านเมล็ดข้าวมีผลต่อจำนวนกอต่อตารางเมตร ขณะที่ความสูงของต้นข้าวและการหักล้มในระยะดอกบานเป็นปัจจัยจำกัดต่อการสร้างผลผลิตของข้าวพันธุ์แก่น-จันทร์ เป็นต้น

1.2 ความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในนาข้าว

ข้าวดูดใช้ไนโตรเจนจากสารละลายดินทั้งในรูปแอมโมเนียมไอออนและไนเตรตไอออน ถ้าไม่รวมถึงการดูดใช้ของข้าวและการถูกชะล้างหรือสูญหายไปจากดิน ความเข้มข้นของไนโตรเจนในรูปไอออนทั้ง 2 ชนิดเป็นผลลัพธ์มาจากกระบวนการ mineralization–immobilization โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีอินทรียวัตถุในดินเป็นแหล่งใหญ่ของไนโตรเจน (Norton, 2000) ความเข้มข้นของไนเตรตไอออนและแอมโมเนียมไอออนที่อยู่ในสารละลายและที่ถูกดูดซับอยู่บนอนุภาคดินใช้เป็นดัชนีในการประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (Sim, 2000) สำหรับสภาพดินที่มีการขังน้ำนิยมใช้ปริมาณแอมโมเนียมไอออนที่เกิดขึ้นหลังการขังน้ำ 2 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ประเมินระดับความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนและจัดเป็นอนินทรียไนโตรเจนที่คงเหลือ (residual N) อยู่ในดิน (Dahnke and Johnson, 1990) ซึ่งมีความผันแปรและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูเพาะปลูกที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และดินในเขตร้อนชุ่มชื้นที่มีการถ่ายเทอากาศดี แอมโมเนียม

ไอออนเปลี่ยนเป็นไนเตรตไอออนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 1.3) ซึ่งง่ายต่อการชะล้างสูญหายลงสู่ดินชั้นล่างและส่งผลให้เกิดมลภาวะของแหล่งน้ำ ดังนั้นความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจึงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนและไนเตรตไอออน (NH_4^+/NO_3^-) ที่บริเวณรากข้าวในแต่ละระยะของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะระยะที่ข้าวกำลังเจริญเติบโตเต็มที่ทางลำต้นและใบ

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในทางปฏิบัติทำได้โดยการใส่ปุ๋ยในรูปของแอมโมเนียมไอออนในปริมาณที่พอเหมาะต่อความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต โดยปกติข้าวดูดใช้ปุ๋ยดังกล่าวได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณแอมโมเนียมไอออนที่จะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรตไอออนโดยกระบวนการดีไนตริฟิเคชันและการถูกชะล้างลงสู่ดินชั้นล่างลดลง ทำให้การปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติและผลกระทบต่อพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำลดลงด้วย (ทัศนีย์, 2543) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะต่อความต้องการในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตมีความสำคัญมากในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่ง Shoji (1986) รายงานว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้งคือ ครั้งที่ 1 ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้นและครั้งที่ 2 ใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้า ทำให้ข้าวมีปริมาณแอมโมเนียมไอออนและไนเตรตไอออนเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในระยะแตกกอ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น สำหรับการใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้าทำให้ข้าวดูดไนโตรเจนได้สูงสุดในช่วง 15-20 วันก่อนออกรวง โดยมีไนโตรเจนสะสมไว้ในใบข้าว 94 % และหลังจากข้าวออกรวงแล้วปริมาณไนโตรเจนในใบข้าวค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากข้าวนำไนโตรเจนไปใช้เพื่อการสร้างรวง นัฐพงศ์ (2544) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้ผลผลิตต่ำสุดเฉลี่ย 581 กก. ไร่$^{-1}$ ถ้าหากไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นและแต่งหน้า ขณะที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้น 8 กก. ไร่$^{-1}$ และแต่งหน้า 16 กก. ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 760 กก. ไร่$^{-1}$ นอกจากนี้ ชยงค์และคณะ (2527) รายงานว่าในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ข้าวได้รับไนโตรเจนจากปุ๋ยรองพื้นเพื่อการสร้างราก ลำต้น และใบเพื่อใช้เพิ่มพื้นที่ใบและจำนวนต้นต่อกอ ขณะที่ในช่วงการสืบพันธุ์ข้าวได้รับไนโตรเจนจากปุ๋ยแต่งหน้าเพื่อใช้สร้างช่อดอก สะสมน้ำหนักเมล็ด เพิ่มจำนวนดอกต่อรวง เพิ่มขนาดเมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (Murata, 1982)

De Datta (1981) รายงานว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าว 2 ครั้ง โดยแบ่ง ใส่ 2 ส่วนในระยะปักดำและ 1 ส่วนในระยะกำเนิดช่อดอกจะทำให้ประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวสูงถึง 51 % สอดคล้องกับการศึกษาของไพบูลย์และดำรง (2528) ที่พบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง อัตรา 4 และ 8 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งเดียวถึง 10.5 % และ 28.5 % ตามลำดับ นอกจากนี้การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 เป็น 4 จาก 4 เป็น 8 และจาก 8 เป็น 12 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 72 %

22 % และ 11 % ตามลำดับ กล่าวคือผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลง อย่างไรก็ตามมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนคือ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งทัศนีย์ (2543) รายงานว่า ดินที่มีอินทรียวัตถุเพียงพอไม่ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ดินที่มีอินทรียวัตถุปานกลางต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้น ดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยรองพื้นและแต่งหน้า และดินที่มีเนื้อหยาบมีการสูญเสียแอมโมเนียมไอออนโดยการชะล้างได้ง่ายต้องมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลายครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ข้าวได้รับไนโตรเจนเพียงพอกับความต้องการและทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Sinclair and Wit, 1975)

1.3 กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนและการสูญเสียไนโตรเจนในดินนา

1.3.1 กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนในดิน สุมาลี (2536) และ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2545) กล่าวว่า กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนจากสารประกอบอินทรีย-ไนโตรเจนเป็นกระบวนการทางชีววิทยาที่มีเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ในดินช่วยย่อยสลายไนโตรเจนในดินจากรูปอินทรีย์ให้แปรสภาพอยู่ในรูปอนินทรีย์ ประกอบด้วย 3 กระบวนการดังนี้

1) เอมีไนเซชัน (Aminization) เป็นกระบวนการย่อยสลายโปรตีนเป็นสารประกอบเอมีน ดังสมการ

$$\text{Proteins} \longrightarrow \text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{energy}$$

2) แอมโมนิฟิเคชัน (Ammonification) เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบเอมีนเป็นแอมโมเนียมไอออน และเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ดังสมการ

$$\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{H}_2\text{O} + \text{energy} + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}^+_4$$

3) ไนตริฟิเคชัน (Nitrification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออนเป็นไนไตรต์ไอออนและไนเตรตไอออน กระบวนการนี้ประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยาเกิดขึ้นต่อเนื่องกันโดยไนตริไฟอิงแบคทีเรีย (nitrifying bacteria) ดังสมการ

$$2\text{NH}_4^+ + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + \text{energy} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

$$2\text{NO}_2\text{-} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_3^- + \text{energy} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

1.3.2 การสูญเสียไนโตรเจนในดินนา โดยทั่วไปข้าวมีประสิทธิภาพในการดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยได้ประมาณ 30-50 % เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงหรือการสูญเสียไนโตรเจนออกไปจากระบบดิน-พืช ที่มีสภาพแวดล้อม คุณภาพของดินและน้ำ วิธีการเพาะปลูก

และใช้พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน Craswell และ Vlek (1979) ได้รายงานว่า เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินนา (Urea-N และ NH^{+}_{4}- N) เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 8 กระบวนการ ดังต่อไปนี้

1) การเกิดยูเรียไฮโดรไลซีส (urea hydrolysis) โดยทั่วไปพืชสามารถดูดไนโตรเจนในรูปของยูเรียได้ทันที (Mitsui และ Kurihara, 1962) แต่ในสภาพธรรมชาติของนาข้าวดูดปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของยูเรียได้เพียงเล็กน้อย Delaume และ Patrick (1970) พิสูจน์ให้เห็นว่ายูเรียจะถูกไฮโดรไลซ์เป็นแอมโมเนียมไนโตรเจนอย่างรวดเร็วทั้งในสภาพที่มีและไม่มีก๊าซออกซิเจน เมื่อเกิดไฮโดรไลซิสแล้วน้ำในนามีสภาพเป็นด่าง และมีผลต่อการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซแอมโมเนียจากกระบวนการยูเรียไฮโดรไลซีส (Vlek and Stumpe, 1978)

2) การสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย Mac Rac และ Ancajas (1970) พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรียมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย ประมาณ 19% และ 7% ตามลำดับ ในขณะที่ Ventura และ Yoshida (1977) พบว่า แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย มีการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนียเพียง 8% และ 4% ตามลำดับ แต่ Bouldin และ Alimago (1976) พบว่า การใส่แอมโมเนียมซัลเฟตโดยวิธีหว่านมีการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนียถึง 60% โดยเฉพาะดินนาที่มีสาหร่ายมากทำให้น้ำในเวลากลางวันมีสภาพเป็นด่าง ซึ่ง Mikkelsen และคณะ (1978) ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ที่สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติและรายงานว่า ดิน Maahas clay มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงถึง 10 ในเวลาเที่ยงวัน ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียถึง 20% และขณะที่เกิดยูเรียไฮโดรไลซิสนั้นทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการระเหยของก๊าซแอมโมเนียมาก (Vlek and Stumpe, 1978) และ Mikkelsen และ De Datta (1979) ได้สรุปไว้ว่า การสูญเสียไนโตรเจนขึ้นอยู่กับชนิดปุ๋ย อัตราปุ๋ย เวลาใส่ปุ๋ย และวิธีการใส่ปุ๋ย

3) การถูกจุลินทรีย์และวัชพืชแย่งเอาไปใช้ (nitrogen immobilization) Broadbent และ Nakashima (1970) ได้ทดลองใส่ปุ๋ย ^{15}N ในรูปของยูเรีย และแอมโมเนียมซัลเฟตในนาข้าวที่ไม่มีข้าวและไม่ใส่ฟางพบว่า 20% ถูกจุลินทรีย์ดูดไปใช้ แต่เป็นการสูญเสียไนโตรเจนที่เกิดขึ้นชั่วคราว จากการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่จุลินทรีย์เอาไปใช้โดยการใช้เทคนิค ^{15}N นี้อาจมีปริมาณมากเกินความเป็นจริงได้ (Janson, 1971; Hauck and Bremner, 1976) สำหรับการใส่ฟางที่ C/N กว้างมีผลทำให้จุลินทรีย์แย่งไนโตรเจนจากปุ๋ยไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ แต่เกิดในดินนาที่มีน้ำขังน้อยกว่าในดินไร่ที่ไม่มีน้ำขัง (Broadbent and Nakashima, 1970) ซึ่ง Saito และ Watanabe (1978) รายงานว่าสาหร่ายสีเขียวมีการดูดไนโตรเจนไปใช้ปริมาณมากหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว สังเกตได้จากสาหร่ายสีเขียวมีการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว สอดคล้องกับ Vlek และ Craswell (1978) ที่รายงานว่าสาหร่ายสีเขียวสามารถดูดปุ๋ยไนโตรเจนได้ถึง 30%

4) การสูญเสียไปกับการไหลบ่าของน้ำ (run off) ปริมาณน้ำที่ล้นคันนามีความผันแปรตามปริมาณฝนที่ตกในแต่ละครั้ง ซึ่ง Singh (1978) ได้รายงานว่าในฤดูฝนที่ประเทศฟิลิปปินส์มีปริมาณน้ำไหลบ่าผันแปรตั้งแต่ 140-2,040 ม.ม. ส่งผลให้มีการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนมากถึง 5.6 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$

5) การตรึงแอมโมเนียม (ammonium fixation) Manguiat และ Broadbent (1977) พบว่า ปริมาณแอมโมเนียมที่ถูกตรึงไว้ลดลงจาก 30% เป็น 1-3% ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดิน Sacramento clay นอกจากนี้ Craswell และ Martin (1975) รายงานว่าการตรึงแอมโมเนียมในดินนาน้ำขังมีความคล้ายคลึงกันกับในดินที่ปลูกพืชไร่หลายชนิด

6) การดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) ในสภาพดินนาน้ำขังที่ปลูกข้าวมีข้อจำกัดเกี่ยวกับปริมาณก๊าซออกซิเจน เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ของก๊าซออกซิเจนผ่านน้ำที่ขังเหนือดินจะช้ากว่าอัตราการลดลงของก๊าซออกซิเจนที่จุลินทรีย์ดินนำไปใช้ในการหายใจ โดยทั่วไปดินนาจึงมักขาดก๊าซออกซิเจนใน 1-2 วันหลังจากการขังน้ำ ทำให้เกิดชั้นของดินต่างกัน 2 ชั้นคือ ชั้นออกซิไดซ์ (oxidized layer) หรือชั้นผิวที่มีก๊าซออกซิเจน (aerobic surface layer) ซึ่งมีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ที่สัมผัสกับน้ำ และชั้นรีดิวซ์ (reduced layer) หรือชั้นผิวที่ขาดก๊าซออกซิเจน (anaerobic surface layer) เป็นชั้นที่อยู่ถัดลงมาจากชั้นออกซิไดซ์และเป็นชั้นที่ไม่มีก๊าซออกซิเจน (De Datta, 1981) เมื่ออินทรียไนโตรเจนสลายตัวเป็นแอมโมเนียมไอออนทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียมไอออนแตกต่างกันและแพร่ไปยังชั้นออกซิไดซ์ที่มีก๊าซออกซิเจนและถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรตไอออนเคลื่อนที่ลงมายังชั้นรีดิวซ์ที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนและถูกดีไนตริไฟด์ (denitrified) เป็นก๊าซไดไนโตรเจนมอนอกไซด์หรือก๊าซไนโตรเจนซึ่งสูญหายไป และปฏิกิริยาจะดำเนินต่อไปตราบเท่าที่มีไนเตรตไอออน หรือมีแหล่งแอมโมเนียมไอออนเกิดขึ้นในชั้นออกซิไดซ์ (Inko *et al.*, 1988) กระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันจึงเป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซไดไนโตรเจนมอนอกไซด์และก๊าซไนโตรเจนประมาณ 30-40 % ซึ่งเกิดขึ้นในช่วง 7-12 วันหลังจากใส่ปุ๋ยอนินทรียไนโตรเจนในสภาพดินนาน้ำขัง (De Datta, 1981) กระบวนการนี้นอกจากเกิดขึ้นในชั้นออกซิไดซ์และชั้นรีดิวซ์แล้วยังสามารถเกิดขึ้นที่บริเวณรากข้าวเพราะก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศสามารถผ่านกาบใบมายังรากเพื่อใช้ในการหายใจทำให้บริเวณรากข้าวมีส่วนที่สัมผัสและส่วนที่ไม่สัมผัสก๊าซออกซิเจน (Pattrick and Reddy, 1978) การสูญเสียไนโตรเจนจากการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมไอออนและไนเตรตไอออนจากกระบวนการดังกล่าวจึงมีความสำคัญในการจัดการไนโตรเจนในนาข้าวให้มีประสิทธิภาพ

Craswell และ Vlek (1979) และ Focht (1979) ได้สรุปว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ในดินนาในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตหรือยูเรียถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรตโดยจุลินทรีย์

พวกไนตริไฟเออร์ (nitrifiers) ที่ชั้นออกซิไดซ์ซึ่งอยู่ชั้นบนสุดถัดจากชั้นของน้ำในนามีความหนาประมาณ 2-3 ม.ม. จากนั้นไนเตรตละลายแล้วไหลลงชั้นรีดิวซ์ที่อยู่ถัดลงไป ไนเตรตที่อยู่ในชั้นรีดิวซ์ถูกดีไนตริไฟเออร์ (denitrifiers) ใช้เป็นตัวรับอิเล็กตรอนและปลดปล่อยก๊าซไนโตรเจนหรือก๊าซไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ออกมาแล้วขับออกจากดินสู่บรรยากาศ เกิดการสูญเสียไนโตรเจน ซึ่งการสูญเสียไนโตรเจนในรูปนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ยและชนิดปุ๋ย โดยปุ๋ยที่ละลายเร็วและใส่แบบหว่านบนดินมีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปดังกล่าวมากกว่าการใส่ปุ๋ยลึกลงในดิน การสูญเสียนี้นับว่าสำคัญที่สุด แต่กลไกที่ควบคุมการสูญเสียที่แท้จริงยังไม่เด่นชัด แม้มีการศึกษาโดยใช้เทคนิค ^{15}N แล้วก็ตาม (Craswell and Vlek, 1979)

7) การชะล้างลงในดิน (leaching) Tanaka และคณะ (1964) รายงานว่านาข้าวที่ประเทศญี่ปุ่นสูญเสียไนโตรเจนโดยการชะล้างลงในดินปีละ 20 กก. เฮกแตร์$^{-1}$ และ Koshino (1975) รายงานผลการทดลองโดยใช้ lysimeter ในนาพบว่า มีการสูญเสียไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปโดยการชะล้างลงในดินตั้งแต่ 3.4-25.4 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อดินและการเตรียมดิน ซึ่งเป็นปัจจัยควบคุมอัตราการไหลซึมลงของน้ำในดิน

8) พืชดูดไปใช้ (plant uptake) ข้าวดูดใช้ทั้งไนเตรตไอออนและแอมโมเนียมไอออนได้ดี (Fried *et al.,* 1965) แต่สัดส่วนที่ข้าวดูดไอออนทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความชื้นในนา ถ้าในสภาพดินมีน้ำน้อยและการถ่ายเทอากาศดีข้าวดูดไนเตรตไอออนได้มากกว่าแอมโมเนียมไอออน เพราะรากข้าวต้องดูดแอมโมเนียมไอออนแข่งกับไนตริไฟเออร์ ส่วนในสภาพดินมีน้ำมากและการถ่ายเทอากาศไม่ดีข้าวดูดแอมโมเนียมไอออนได้มากกว่าไนเตรตไอออน เพราะรากข้าวดูดไนเตรตไอออนแข่งกับดีไนตริไฟเออร์

1.4 ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว

Moll และคณะ (1982) ให้คำจำกัดความของประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (nitrogen use efficiency, NUE) คือ ผลผลิตของพืชต่อหนึ่งหน่วยของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการดูดไนโตรเจน และการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน แต่เนื่องจากความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน และไนโตรเจนในพืชวัดได้ยาก จึงได้ใช้ปริมาณความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยไนโตรเจน และไนโตรเจนในส่วนที่อยู่เหนือดินของพืชแทน ต่อมา Ankumah และคณะ (2003) ได้นำหลักการดังกล่าวมาปรับปรุงได้ค่าต่าง ๆ (parameter) เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนโดยใช้ดัชนีดังต่อไปนี้

1) yield efficiency (YE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน เป็นผลผลิตของพืช ดังสมการ

$$\text{Yield efficiency หรือ } YE = \frac{Y_i - Y_o}{N_i}$$

เมื่อ Y_i คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

Y_o คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

N_i คือ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กก. N ไร่$^{-1}$)

2) nitrogen recovery efficiency (NRE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินของพืช มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$$\text{Nitrogen recovery efficiency หรือ } NRE = \frac{NR_i - NR_o}{N_i \times 100}$$

เมื่อ N_i คือ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กก. N ไร่$^{-1}$)

NR_i คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N ไร่$^{-1}$)

NR_o คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N ไร่$^{-1}$)

3) physiological efficiency (PE) เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปและพืชดูดไปใช้เป็นผลผลิตของพืช

$$\text{Physiological efficiency หรือ } PE = \frac{Y_i - Y_o}{NR_i - NR_o}$$

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ไนโตรเจน การกำหนดระยะเวลาใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้เหมาะสมกับช่วงอายุการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าว การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้า การใช้วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม การใช้สารยับยั้งกระบวนการไนตริฟิเคชัน เป็นต้น (สาคร, 2530) ไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรียไนโตรเจนมากกว่าในรูปอนินทรียไนโตรเจน ซึ่งได้แก่ แอมโมเนียมไอออน ไนเตรตไอออน และไนไตรต์ไอออน ส่วนใหญ่จะพบไนโตรเจนอยู่ในรูปแอมโมเนียมไอออน เพราะจุลินทรีย์พวกไนตริไฟเออร์ ได้แก่ *Nitromonas* และ *Nitrobacter* ที่ออกซิไดซ์แอมโมเนียมไอออนให้เป็นไนเตรตไอออนมีกิจกรรมน้อยลงในสภาพดินนาน้ำขัง ข้าวจึงดูดใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไอออนได้มากกว่าไนเตรตไอออน (Hauck, 1980) อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในสภาพดินนาน้ำขังมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยมีกระบวนการที่เกี่ยวข้องหลายกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน กระบวนการจุลินทรีย์และวัชพืชแย่งเอาไปใช้ กระบวนการตรึงไนโตรเจน กระบวนการไนตริฟิเคชัน

กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน กระบวนการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย กระบวนการชะล้างลงในดิน และกระบวนการสูญเสียไปกับการไหลบ่าของน้ำ ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในดินนาและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวลดลง และมีความยุ่งยากในการประเมินความสูญเสียที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้อย่างชัดเจนได้ Meelu และคณะ (1994) กล่าวว่า ความเป็นประโยชน์หรือประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดในสภาพดินนาน้ำขังขึ้นอยู่กับอัตราและปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจากกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับสภาพดิน เช่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความชื้น อากาศ กิจกรรมของจุลินทรีย์ เป็นต้น

1.5 ประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดของข้าว

ข้าวดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปใช้ (nitrogen recovery หรือ NR) ได้แตกต่างกันตามชนิดของปุ๋ยพืชสด สภาพดิน และการจัดการปุ๋ยพืชสด จากผลการศึกษาการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปใช้ (apparent N recovery หรือ NRE) พบว่าแตกต่างกันตั้งแต่ 21-78% ซึ่งเป็นไปในทำนองเดียว กันกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน และจากผลการศึกษาโดยใช้เทคนิค ^{15}N ก็พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกัน โดยการใช้ปุ๋ยพืชสดมีค่า NRE สูงกว่า 90 % เมื่อเทียบกับปุ๋ยยูเรีย (65 %) และภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวการใช้ปุ๋ยพืชสดมีไนโตรเจนคงเหลืออยู่ในนา (45 %) สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย (25 %) ของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (Diekman *et al*., 1992) และได้มีการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในระดับไร่นาของเกษตรกรจำนวน 44 รายพบว่ามีค่า NRE เฉลี่ย 36 % (Cassman *et al*., 1993) นอกจากนี้งานวิจัยส่วนใหญ่ได้รายงานสอดคล้องตรงกันว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวนอกจากมีอิทธิพลหลักให้ไนโตรเจนและทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นแล้วยังปรับปรุงสมบัติของดินนาทั้งทางชีวภาพ เคมี และกายภาพได้คือ เพิ่มมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ในดิน เพิ่มกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินสู่สภาพความเป็นกลางได้ทั้งในดินกรดและดินด่าง ปรับปรุงการเก็บกักรักษาน้ำ รักษา redox potential ให้คงที่ เพิ่ม electrical conductivity เพิ่ม hydraulic conductivity เพิ่มจำนวนและขนาดของ water stable aggregates เพิ่ม water transmission ลด bulk density (Meelu *et al*.,1994)

2. การใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

ปุ๋ยพืชสด (green manure) คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการปฏิบัติใด ๆ ก็ตามที่ทำให้พืชที่ยังสดอยู่หรือถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกจนกระทั่งดอกบานเต็มที่ถูกกลบฝังลงไปในดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ดินดีขึ้นและสามารถปลูกพืชเศรษฐกิจตามหลังให้ผลผลิตสูงขึ้น (Meelu *et al*., 1994 ; กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้, 2544) มีการใช้ปุ๋ยพืชสดกันทั่วโลกและประสบ

ความสำเร็จมากที่สุดเมื่อใช้ในนาข้าวของทวีปเอเชีย พืชที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยพืชสดเรียกว่า พืชปุ๋ยสด (green manure crop) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชตระกูลถั่วจึงเรียกว่า ถั่วปุ๋ยพืชสด (legume green manure) เนื่องจากมีความสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้โดยจุลินทรีย์พวกไรโซเบียม (*Rhizobium* spp.) ที่อาศัยอยู่ในปมของรากและลำต้น เมื่อถูกกลบฝังลงไปในดินเป็นปุ๋ยพืชสดแล้วประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ย่อยสลายได้รวดเร็วประมาณ 50-80 % เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับพืชที่ปลูกตามหลัง และอีกส่วนหนึ่งที่ย่อยสลายได้อย่างช้า ๆ เป็นแหล่งเพิ่มอินทรียวัตถุและปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น (Bouldin, 1988) มีการใช้ปุ๋ยพืชสดประมาณ 3,000 ปีมาแล้ว แต่ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 พบว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดลดลงเพราะมีการใช้ปุ๋ยเคมีทดแทน (Garrity and Flinn, 1988) เนื่องจากการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลเสียหลายประการ มีประสิทธิภาพการใช้ลดต่ำลง และมีราคาแพง เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในนาข้าว นอกจากมีราคาแพงทำให้ต้นทุนการผลิตสูงและมีประสิทธิภาพการใช้ลดต่ำลงแล้ว ยังมีผลตกค้างด้านความเค็มและความเป็นกรดของดินนาส่งผลกระทบต่อสภาพสิ่งแวดล้อมและเป็นอันตรายย้อนกลับสู่มนุษย์ (ศุภมาศ, 2545) ปัจจุบันจึงมีการใช้ปุ๋ยพืชสดเพิ่มมากขึ้นและในอนาคตมีแนวโน้มใช้ปุ๋ยพืชสดทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ในนาข้าวเพิ่มสูงขึ้น (Becker, 1990) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบการปลูกข้าวนั้นพบว่า ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่ข้าวมีความต้องการปริมาณมาก ซึ่งในการผลิตข้าว 1 ตันข้าวมีความต้องการไนโตรเจนประมาณ 19-21 กก. (Patnaik and Rao, 1979) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมาทั่วโลกต้องการไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณปีละ 1.7 % ในการผลิตข้าว (IRRI, 1986) และมากกว่า 95 % ของการผลิตไนโตรเจนทั่วโลกได้จากฐานการผลิตปุ๋ยเคมีสังเคราะห์ที่ต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาลในการผลิต จึงส่งผลให้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์มีราคาสูงขึ้น เนื่องจากปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญและมีผลกระทบมากที่สุดสำหรับการผลิตข้าว ชาวนาจำเป็นต้องซื้อปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่มีราคาแพง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อต้นทุนการผลิตข้าว นอกจากนี้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนยังทำให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำจากไนเตรตไอออน มีผลเสียต่อโครงสร้างของดิน และมีผลเสียต่อความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน (Becker *et al*., 1990) ดังนั้นจึงมีความพยายามหาแหล่งของปุ๋ยไนโตรเจนอื่น ๆ มาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน โดยการใช้ปุ๋ยพืชสดพวกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว ซึ่งพบว่าสามารถใช้เป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนทดแทนได้ดีและลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในระบบการปลูกข้าวได้ (Garrity and Flinn, 1988 ; Ladha *et al.*, 1988) ชาวนาสามารถปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดในช่วงเวลา 40-60 วันระหว่างการปลูกข้าวครั้งที่ 1 และ 2 (Garrity and Flinn, 1988) และถั่วปุ๋ยพืชสดนี้สามารถให้ไนโตรเจนได้เพียงพอกับความต้องการของข้าว (Bouldin, 1988 ; Ladha *et al*., 1988) โดยพบว่าถั่วปุ๋ยพืชสดพวกโสนได้แก่ โสนอัฟริกัน และโสนหางไก่มีศักยภาพมากที่สุดในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในระบบการผลิต

ข้าวในเขตร้อน (Rinaudo *et al*., 1983) เนื่องจากมีการเจริญเติบโตรวดเร็วและมีอัตราการสะสมไนโตรเจนปริมาณสูง (Rinaudo *et al*., 1983 ; Alazard and Becker, 1987) เพราะมีปมทั้งที่รากและลำต้นมากกว่าถั่วปุ๋ยพืชสดอื่น ๆ 5-10 เท่า (Rinaudo *et al*., 1988) มีคุณสมบัติพิเศษในการตรึงไนโตรเจนในสภาพดินนาน้ำขังได้ดี (Becker *et al*., 1986) เมื่อกลบฝังลงดินและย่อยสลายแล้วให้ไนโตรเจนแก่ดินสูงถึง 200 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$ (32 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) (Dreyfus *et al*., 1985)

2.1 ประเภทของปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

พืชปุ๋ยสดที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวมีทั้งที่เป็นพืชตระกูลถั่วและไม่เป็นพืชตระกูลถั่ว แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (ประชา, 2542) ดังนี้

2.1.1 พืชตระกูลถั่ว

เป็นพืชปุ๋ยสดที่นิยมใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมากที่สุด เช่น โสนอัฟริกัน (*Sesbania rostrata*) โสนอินเดีย (*Sesbania speciosa*) โสนจีนแดง (*Sesbania cannabina*) โสนคางคก (*Sesbania aculeata*) โสนไต้หวัน (*Sesbania sesban*) โสนพื้นเมือง (*Sesbania roxberghii*) โสนหางไก่ (*Aeschynomene afraspera*) ปอเทือง (*Crotalaria juncea*) ถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis*) ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*) ถั่วเขียว (*Vigna radiata*) ถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) ถั่วแปบ (*Dolichos lablab*) ถั่วเหลือง (*Glycine max*) เป็นต้น

2.1.2 พืชตระกูลหญ้า

ส่วนใหญ่เป็นหญ้าที่ปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ แล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด เช่น หญ้าสตาร์ (*Cynodon plectostachyus*) หญ้ารูซี่คองโก (*Brachiaria ruzizersis*) หญ้ามาเฮีย (*Paspalum notatum*) เป็นต้น

2.1.3 พืชน้ำ

เป็นพืชน้ำที่นำมาใส่ในนาข้าวแล้วไถกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ได้แก่ แหนแดง (*Azolla* spp.) เป็นเฟิร์นน้ำที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้โดยสาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (*Anabaena azollae*) ที่อาศัยอยู่ด้วยกัน

การใช้พืชปุ๋ยสดในนาข้าวนิยมใช้พืชตระกูลถั่วมากที่สุดเนื่องจากมีการสร้างปมที่รากเพื่อตรึงไนไตรเจนจากอากาศ นอกจากมีการสร้างปมที่รากแล้วพบว่ามีถั่ว 3 สกุล สามารถสร้างปมที่ลำต้นได้ด้วยคือสกุล *Sesbania* สกุล *Neptunia* และสกุล *Aeschynomene* โดยเฉพาะ *S. rostrata* และ *A. afraspera* มีปมที่ลำต้นจำนวนมากและเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาพดินไร่และที่ลุ่มน้ำขัง (Ventura and Watanabe, 1991) สภาพดินน้ำขังชั่วคราว ที่ลุ่มชื้นแฉะเป็นโคลนตม และบริเวณริมฝั่งแม่น้ำและทะเลสาบ (Allen and Allen, 1989) การเจริญเติบโตใน

ระยะแรกมีการสร้างปมที่รากมากกว่าที่ลำต้น หลังจากงอก 20-30 วันหยุดการสร้างปมที่ราก แต่ยังคงสร้างปมที่ลำต้นต่อไป (Ladha *et al.,* 1992) และถ้ามีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมด้วยพบว่าการสร้างปมที่ลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Dreyfus *et al*., 1984) ซึ่ง Ladha และคณะ (1989) รายงานว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมทำให้มีจำนวนปมที่รากและที่ลำต้นมากกว่าการไม่ใช้เชื้อไรโซเบียม และทำให้มีมวลชีวภาพสูงกว่าด้วย เพราะถั่วมีการพัฒนาปมที่ลำต้นและมีการสร้างน้ำหนักแห้งสูงขึ้น นอกจากนี้ Kulasooriya และ Samarakoon (1990) รายงานว่า ถ้ามีการใช้เชื้อใน *S. rostrata* สามารถเพิ่มน้ำหนักปมต่อต้น 45 % และเพิ่มปริมาณไนโตรเจน 80 % สำหรับพืชน้ำพวกแหนแดงที่ใช้ถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวที่ประเทศเวียดนาม จีน ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ไทย ศรีลังกา อินเดีย ปากีสถาน บราซิล และอเมริกานั้นพบว่ามีความเหมาะสมน้อยสำหรับพื้นที่ปลูกข้าวที่มีขนาดใหญ่

2.2 การจัดการปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

2.2.1 การใช้เชื้อไรโซเบียม

เชื้อไรโซเบียมอาศัยอยู่ในรากพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ทำให้เกิดปมที่รากและตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจน เชื้อไรโซเบียมแต่ละชนิดมีการจำเพาะต่อชนิดหรือกลุ่มของถั่ว ซึ่ง Tsien และคณะ (1993) รายงานว่า เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ที่เหมาะสมลงไปในส่วนที่เจริญเป็นรากพิเศษ (adventitious root primordial) ของโสนอัฟริกันทำให้ส่วนนั้นพัฒนาเป็นปม และตรึงไนโตรเจนได้ เชื้อไรโซเบียมที่อยู่ในปมบนลำต้นของโสนอัฟริกันและตรึงไนโตรเจนได้ดีคือ *Azorhizobium caulinodans* สายพันธุ์ ORS 571 (Dreyfus *et al*., 1983 ; อรุณี และคณะ, 2529) Ladha และคณะ (1989) ได้รายงานว่าการคลุกเมล็ดโสนอัฟริกันด้วยเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ ORS 571 สามารถเพิ่มการตรึงไนโตรเจน ผลผลิตมวลชีวภาพ และการปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ดินนาหลังการสับกลบสูงกว่าการไม่คลุกเชื้อ โดยไนโตรเจนประมาณ 80% เป็นประโยชน์แก่ข้าว และอีก 20% ตกค้างอยู่ในดิน ขณะที่ Siddiqui และคณะ (1985) รายงานว่า การคลุกเชื้อไรโซเบียมสามารถเพิ่มจำนวนปมและความสูงของถั่วพวกโสนในสภาพดินปลูกที่มีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำ และทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นประมาณ 19% (Gaur, 1978)

2.2.2 การใช้ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดิน

การปลูกถั่วพืชปุ๋ยสดเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าวต้องเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพให้ได้ปริมาณมากพอสำหรับการปลดปล่อยไนโตรเจนหลังสับกลบลงดินกับปริมาณความต้องการของข้าวที่ปลูกตามหลัง ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูก Becker และคณะ (1991) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำส่งผลให้ถั่วปุ๋ยพืชสด

เจริญเติบโตได้ดี มีมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาหลังสับกลบลงดินเพิ่มมากขึ้น เพราะฟอสฟอรัสถูกนำไปสร้าง ATP (adenosine triphosphate) ซึ่งเป็นสารให้พลังงานที่ถั่วมีความต้องการมากเป็นพิเศษเพื่อใช้ในในกระบวนการตรึงไนโตรเจน ดังนั้นพืชปุ๋ยสดประเภทพืชตระกูลถั่วจึงมีความต้องการฟอสฟอรัสสูง (Lizhi, 1988) และยังเป็นธาตุอาหารที่มีอิทธิพลต่อถั่วและเชื้อไรโซเบียม (สมศักดิ์, 2525) จากการทดลองของ De Mooy และ Pesek (1966) พบว่าฟอสฟอรัสทำให้เชื้อไรโซเบียมมีกิจกรรมดีขึ้น เพิ่มจำนวนปม น้ำหนักปมและขนาดปมของถั่วตามอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้น โดยจำนวนปมและกระบวนการตรึงไนโตรเจนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับฟอสฟอรัส ซึ่ง Gates (1974) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสมีผลทำให้จำนวนปมของถั่ว อัตราการตรึงไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วย การให้ฟอสฟอรัสกับถั่วปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวที่ปลูกตามหลังมีผลผลิตสูงกว่าการให้ฟอสฟอรัสโดยตรงกับข้าวประมาณ 33% ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นโดยปกติแล้วถั่วปุ๋ยพืชสดไม่ต้องการไนโตรเจนเพิ่ม แต่ในสภาพดินขาดแคลนไนโตรเจนต้องเพิ่มไนโตรเจนเป็นตัวเริ่มต้น (starter) ประมาณ 15-25 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$ (Meelu *et al*., 1994) และถั่วต้องการไนโตรเจนไปใช้ในระยะแรกของการเจริญเติบโตก่อนสร้างปมเท่านั้น เช่น ถั่วเหลืองต้องการปุ๋ยไนโตรเจนใน 5 สัปดาห์แรกและหลังจากการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด (Yoshihara and Kawanshee, 1956) และการให้ปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณสูงทำให้จำนวนปมลดลงและการตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย (Supametee and Norman, 1975) ในขณะที่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีอิทธิพลโดยอ้อมในการตรึงไนโตรเจนของถั่ว และไม่เป็นปัจจัยกำหนดผลผลิตของถั่วปุ๋ยพืชสดในเขตร้อน (Andrew, 1976)

สำหรับการใช้วัสดุปรับปรุงดินพวกปูนเพื่อยกระดับความเป็นกรด-ด่างดินสามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินและทำให้ถั่วปุ๋ยพืชสดเจริญ เติบโตได้ดี มีปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนหลังการสับกลบลงดินเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพดินนาภาคใต้ที่มีปัญหาความเป็นกรดจากการที่มีฝนตกชุก ทำให้เกิดการชะล้างไอออนบวกออกจากดิน สุมาลี (2536) และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2545) รายงานว่าปูนลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียมและแมงกานีส และยังทำให้ถั่วสามารถใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโมลิบดินัมได้มากขึ้น ตลอดจนทำให้จุลินทรีย์ดินมีกิจกรรมย่อยสลายอินทรียวัตถุได้อย่างเหมาะสม ปูนเป็นสารประกอบคาร์บอเนตออกไซด์หรือเป็นไฮดรอกไซด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม จึงใช้แก้ความเป็นกรดได้ดีเพราะเมื่อแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) เข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนไอออน (H^{+}) ในอนุภาคดินเหนียว เมื่อไฮโดรเจนไอออนออกจากอนุภาคดินเหนียวมาอยู่ในสารละลายดินแล้วทำปฏิกิริยากับไฮดรอก

ไซด์ไอออนหรือคาร์บอเนตไอออน ทำให้ดินมีสภาพเป็นกรดลดลง จากการทดลองของสุมาลี และคณะ (2533) พบว่า ปูนขาวมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง โดยเพิ่มผลผลิต น้ำหนักแห้งทั้งหมดต่อต้น น้ำหนักฝักต่อต้น และน้ำหนักฝักแห้งต่อต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำให้ถั่วลิสงสร้างปมและตรึงไนโตรเจนได้มากขึ้น เนื่องจากปูนขาวไปลดความเป็นพิษของอะลูมินัมในดิน นอกจากนี้โสภณ และคณะ (2542) รายงานว่า การใส่ปูนมาร์ลในดินกรดทำให้ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การไม่ใส่ปูนเป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของถั่ว ถ้าดินมีอะลูมินัมในปริมาณมากทำให้เป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของถั่ว (Munns *et al*., 1977) การใส่ปูนช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัมได้ เพราะปูนทำให้อะลูมินัมตกตะกอนหรือเกิดสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างอะลูมินัมและอินทรียวัตถุ ทำให้สามารถลดความเป็นพิษของอะลูมินัมไอออนในสารละลายดินได้ ซึ่งเป็นผลจากการเพิ่มความเป็นกรด-ด่างและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของแคลเซียมและแมกนีเซียม (สุนทร และ เอ็น วีเวย์, 2536) นอกจากนี้การใส่ปูนยังช่วยลดการขาดธาตุโบรอนในดิน มีผลทำให้การเจริญเติบโตและการติดฝักของถั่วลิสงดีขึ้น เนื่องจากโบรอนช่วยให้ถั่วดูดแคลเซียมในดินไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุวพันธ์, 2535) และจากการทดลองของ อุษา (2546) ในถั่วพร้าโดยใส่ปูนขาวยกระดับความเป็นกรด-ด่างจาก 4.6 เป็น 5.4 และไม่มีการใส่ปุ๋ย พบว่า สามารถเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพได้ถึง 89 % และถ้าหากมีการใส่ปุ๋ยร่วมด้วยทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเป็น 100 % และที่ความเป็นกรด-ด่าง 5.8 มีปริมาณแอมโมเนียมไอออนและ ไนเตรตไอออนสูงเพิ่มขึ้น 248 % และ 109 % ตามลำดับ จากการทดลองของ Lawson และคณะ (1995) พบว่า การใส่ปูนทำให้จำนวนปม น้ำหนักปม และการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากปูนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณแคลเซียม ซึ่งแคลเซียมมีความสำคัญต่อการสร้างและการพัฒนาปมของถั่ว นอกจากปูนจะช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีสและทำให้การตรึงไนโตรเจนของถั่วสูงขึ้นแล้ว พบว่าปูนช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ดินและเพิ่มกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดินอีกด้วย (Higashida and Takao, 1986)

2.2.3 เวลาปลูกและอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ใช้

การปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดนั้นสามารถจะใช้ได้กับฤดูกาลทำนาปีและนาปรังหรือนาเขตน้ำฝนและเขตชลประทาน เช่น Meelu และคณะ (1992) รายงานว่า มีการปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดในช่วงฤดูร้อนเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดกับข้าวนาปี และ Becker และคณะ (1990) รายงานว่ามีการปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดในช่วงฤดูฝนเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดกับข้าวนาปรัง ส่วนการกำหนดเวลาปลูกในเขตน้ำฝนขึ้นอยู่กับการเริ่มต้นของฝนมรสุม ในขณะที่ในเขตชลประทานสามารถปลูกได้ตั้งแต่กลางเดือนเมษายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนก่อนการปลูกข้าวนาปรัง

สำหรับการปลูกข้าวในประเทศ ทั้งนี้เมื่อรวมเวลาการเจริญเติบโตของถั่วปุ๋ยพืชสดแล้วควรใช้เวลาประมาณ 6-8 สัปดาห์ก่อนการสับกลบและปลูกข้าวตามหลัง (Meelu *et al*., 1994) ขณะเดียวกันควรจะมีการพิจารณาเลือกชนิดของถั่วปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมตามฤดูกาลที่จะปลูกด้วย เช่น โสนอัฟริกันเป็นถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีการตอบสนองต่อช่วงแสงสูง จึงไม่เหมาะที่จะปลูกในช่วงเดือนที่มีวันสั้นคือ พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ (Ventura and Watanabe, 1991) ส่วนอัตราเมล็ดพันธุ์ที่ให้ปริมาณผลผลิตชีวภาพสูง และมีการสะสมไนโตรเจนสูงเพื่อปลดปล่อยไนโตรเจนได้เพียงพอกับความต้องการของข้าวขึ้นอยู่กับชนิดของพืชปุ๋ยสดที่ใช้ปลูก เช่น การปลูกโสนและปอเทืองอัตราเมล็ดพันธุ์ 40-50 กก. เฮกแตร์$^{-1}$ พบว่า มีการสะสมไนโตรเจนได้สูงสุดประมาณ 100-114 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$ ที่อายุ 45 วันหลังปลูก (Diekman and De Datta, 1990) การปลูกถั่วพุ่มและถั่วพร้าอัตราเมล็ดพันธุ์ 5-10 กก. ไร่$^{-1}$ พบว่า มีการสะสมไนโตรเจนได้สูงสุดประมาณ 10-15 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ ที่อายุ 50-65 วันหลังปลูก (ประชา, 2542)

2.2.4 อายุการสับกลบและความลึกของการสับกลบ

อายุการสับกลบมีความสำคัญมากสำหรับการใช้ปุ๋ยพืชสดให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดย Michandani และ Khan (1952) ได้สรุปว่า ต้องสับกลบปุ๋ยพืชสดลงดินที่ระยะออกดอกหรือมีอายุประมาณ 8 สัปดาห์หลังจากปลูก ซึ่งสอดคล้องกับ Panse และคณะ (1965) ที่รายงานว่า การสับกลบปอเทืองและโสนที่อายุ 7-8 สัปดาห์ทำให้ข้าวที่ปลูกตามหลังมีการตอบสนองได้ดีที่สุด เนื่องจากเป็นอายุที่ปุ๋ยพืชสดมีการเจริญเติบโตสูงสุด สำหรับความลึกของการไถกลบมีผลต่อการสูญเสียไนโตรเจนและประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสด Williams และ Findfrock (1962) ชี้ให้เห็นว่า ข้าวตอบสนองได้ดีที่สุดถ้าไถกลบลึก 10-15 ซ.ม. และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับการไถกลบที่ระดับตื้นผิวดิน เพราะที่ระดับตื้นผิวดินนั้นสภาพออกซิเดชันคงอยู่เป็นเวลานานกว่าที่ระดับที่ลึกเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียจากกระบวนการยูเรียไฮโดรไลซีส (Vlek and Stumpe, 1978) ขณะที่ระดับลึกกว่าสามารถลดการระเหยของก๊าซไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ (Craswell and Vlek, 1979) ลงได้จากการลดลงของกระบวนการดีไนตริฟิเคชันก่อนน้ำท่วมขังทำให้รักษาแอมโมเนียม-ไนโตรเจนไว้ในดินที่ระดับลึกได้ปริมาณมากกว่าที่ระดับตื้นผิวดิน

2.2.5 ช่วงเวลาระหว่างการสับกลบและการปักดำข้าว

การปลูกข้าวตลอดปีทำให้ช่วงเวลาสำหรับการเจริญเติบโตของปุ๋ยพืชสดค่อนข้างสั้น ส่งผลต่ออัตราการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดและการปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าว ซึ่ง Meelu และคณะ (1992) ได้ศึกษาการตอบสนองของข้าวต่อปุ๋ยพืชสด 8 ชนิด พบว่า ความฉ่ำน้ำและเนื้อเยื่อของปุ๋ยพืชสดมีความสัมพันธ์กับอัตราการสลายตัวของปุ๋ยพืชสด แสดงว่าอายุของ

ปุ๋ยพืชสดมีความสำคัญมากกว่าชนิดปุ๋ยพืชสด โดยปุ๋ยพืชสดที่ใช้ในนาข้าวควรสับกลบที่อายุ 7-8 สัปดาห์หลังปลูก ซึ่งเป็นระยะออกดอกหรือมีการเจริญเติบโตเต็มที่ของปุ๋ยพืชสด หลังจากสับกลบแล้วให้ขังน้ำและปล่อยให้มีช่วงเวลาการสลายตัว (decomposition period) ประมาณ 10 วัน แล้วปลูกข้าวตามหลัง ทำให้ข้าวได้รับประโยชน์สูงสุด นอกจากนี้ Ishikawa (1963) ได้ศึกษาการสับกลบปุ๋ยพืชสดแล้วขังน้ำในเวลาแตกต่างกันพบว่า แอมโมเนียม-ไนโตรเจนมีปริมาณสูงสุดเมื่อขังน้ำทันทีหลังการสับกลบ และถ้าขังน้ำล่าช้าทำให้ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนลดลงตามลำดับ เพราะดินมีความชื้นเพียงพอและมีอุณหภูมิสูง ส่งผลทำให้เกิดกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนอย่างรวดเร็วและมีการสลายตัวในสภาพมีก๊าซออกซิเจนยาวนาน ทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน และการชะล้างลงดินหลังจากมีการขังน้ำ (Chapman and Myers, 1987) ดังนั้นหลังการสับกลบปุ๋ยพืชสดให้ขังน้ำทันที และปล่อยให้มีช่วงเวลาการสลายตัวประมาณ 10 วันแล้วปลูกข้าวตามหลัง ทำให้ข้าวใช้ประโยชน์จากแอมโมเนียม-ไนโตรเจนในสารละลายดินที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยพืชสดได้เพียงพอกับความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตและการพัฒนาของข้าว ขณะที่มีการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจนหลังการสับกลบต่ำที่สุด

2.3 การผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

การผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดในนาข้าวมีความแตกต่างกันตามสภาพภูมิอากาศ อายุของพืช และการจัดการปฏิบัติ ซึ่ง Meelu และคณะ (1994) รายงานผลผลิตมวลชีวภาพของปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ กันที่ใช้ในทวีปเอเชียไว้ว่า การผลิตน้ำหนักแห้งที่อายุ 40-49 วันและ 50-60 วัน มีความผันแปรตั้งแต่ 1.3 และ 4.9 ตัน เฮกแตร์$^{-1}$ ตามลำดับ การสะสมไนโตรเจนที่อายุ 2-3 สัปดาห์ถึง 2-3 เดือนมีความผันแปรตั้งแต่ 58-300 กก. เฮกแตร์$^{-1}$ อย่างไรก็ตามโสนและปอเทืองเมื่อมีอายุมากขึ้นการสะสมน้ำหนักแห้งมีมากขึ้นตามลำดับ และการสะสมไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย แสดงให้เห็นว่าการสะสมน้ำหนักแห้งและไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอายุ (Meelu *et al*., 1994) แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น (สัดส่วนปริมาณไนโตรเจนต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักแห้ง คิดเป็น %) มีปริมาณลดลง สอดคล้องกับรายงานผลการติดตามการเจริญเติบโตของโสนอัฟริกันในพื้นที่ปลูกข้าวของชาวนาโดยพฤกษ์และคณะ (2543) ที่ได้รายงานว่า ต้นโสนอัฟริกันที่มีอายุมากจะมีการสะสมน้ำหนักแห้งมากขึ้นตามลำดับ แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้นมีปริมาณลดลง แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งของต้นโสนอัฟริกันมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้นเมื่อถั่วมีอายุมากขึ้น จากการวิเคราะห์ตัวอย่างโสนอัฟริกันพบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนในต้นต่ำสุดเท่ากับ 1.76 % สูงสุดเท่ากับ 4.07 % มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.93 % และการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 500 กก.

ไร่$^{-1}$ มีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้นสูงสุดเฉลี่ย 3 % หรือมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนประมาณ 15 กก. ไร่$^{-1}$ ซึ่งโสนอัฟริกันอยู่ในระยะการเจริญเติบโตเต็มที่หรือระยะกำลังออกดอก จึงเหมาะสำหรับสับกลบลงดิน และจากรายงานของ Meelu และคณะ (1994) ได้สรุปว่า ควรสับกลบปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเมื่อมีอายุประมาณ 7-8 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะที่กำลังออกดอกหรือเจริญเติบโตเต็มที่ ถ้าปล่อยไว้นานกว่านี้ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนจะลดลงเนื่องจากสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) เพิ่มขึ้น (Ishikawa, 1988) ดังนั้นถ้าปล่อยให้มีอายุมากเกินกว่า 60 วันแล้วสับกลบลงดิน ต้นถั่วปุ๋ยพืชสดจะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากเกินไปจึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโดยตรง กล่าวคือมีการสร้างกรดอินทรีย์จากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตในมวลชีวภาพโดยจุลินทรีย์ดินทำความเสียหายแก่รากข้าวได้ โดยทั่วไประยะที่ถั่วกำลังออกดอกจะมีสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนประมาณ 16-20 ซึ่งย่อยสลายได้ง่ายและปลดปล่อยไนโตรเจนได้เพียงพอกับความต้องการของข้าว (สมศรี, 2539)

2.4 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดในนาข้าว

อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดขึ้นอยู่กับสภาพดิน เช่น ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความชื้น การถ่ายเทอากาศ กิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เป็นต้น โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลดปล่อยไนโตรเจนคือ ปริมาณไนโตรเจน สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน และปริมาณลิกนินของปุ๋ยพืชสด ปัจจัยเหล่านี้ถูกควบคุมโดยชนิดและอายุของปุ๋ยพืชสด ซึ่ง Yadvinder-Singh และคณะ (1988) แสดงให้เห็นเกี่ยวกับรูปแบบการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดภายใต้สภาพถ่ายเทอากาศดีซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ รูปแบบแรกเป็นปฏิกิริยาเริ่มต้นมีการปลดปล่อยอนินทรียไนโตรเจนอย่างรวดเร็ว (มีค่า N-mineralization kinetics หรือ k = 2.12/สัปดาห์) และตามด้วยรูปแบบที่สองมีการปลด ปล่อยอนินทรียไนโตรเจนอย่างช้า ๆ (k = 0.069/สัปดาห์) ภายใต้สภาพน้ำขังและไม่มีการปลูกข้าว การปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นทันทีจนถึง 2 สัปดาห์ และเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ (Nagarajah *et al*., 1989) และภายใต้สภาพน้ำขังและมีการปลูกข้าว มีไนโตรเจนอยู่ในสารละลายดินสูงสุดที่ 2-4 สัปดาห์ ต่อจากนั้นค่อย ๆ ลดต่ำลงจนถึงสัปดาห์ที่ 6-8 เพราะข้าวดูดไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์เป็นส่วนใหญ่ มีบางส่วนสูญเสียไปจากดินโดยผ่านกระบวนการไนตริฟิเคชัน- ดีไนตริฟิเคชัน และในรูปของก๊าซแอมโมเนียตามหลักการหมุนเวียนของไนโตรเจนในนาข้าวดังได้กล่าวไว้แล้ว ซึ่ง De Datta (1981) รายงานว่าไนโตรเจนในนาข้าวมีการหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงในสภาพดินน้ำขัง มีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกับการเปลี่ยนแปลงในสภาพดินไร่เนื่องจากอิทธิพลของน้ำบนดินและปุ๋ยไนโตรเจนที่ได้รับ อย่างไรก็ตามจากการทดลองของอรพินท์ (2541) ได้สรุปว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดสับกลบลงดินทำให้ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นภายหลังการบ่มดิน (incubate) จากกระบวนการปลดปล่อยไนโตรเจน

โดยระยะแรกมีแอมโมเนียมไอออนและไนเตรตไอออนเกิดขึ้นมากกว่าในระยะหลัง และยังมีการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินอีกด้วย

2.5 ความสมดุลไนโตรเจนในนาข้าวจากการใช้ปุ๋ยพืชสด

การศึกษาสมดุลไนโตรเจนโดยทั่วไปประกอบด้วยการศึกษา 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นแหล่งที่มาของไนโตรเจนในนาข้าว ได้แก่ จากปุ๋ยไนโตรเจน น้ำฝน การซึมซับแอมโมเนีย น้ำชลประทาน และการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และส่วนที่สองที่เป็นการสูญเสียไนโตรเจนไปจากนาข้าว ได้แก่ การสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนียและการดีไนตริฟิเคชัน การเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่นา การชะล้างและการระบายน้ำผิวดิน (Koyama and App, 1979) ความสมดุลไนโตรเจนในดินเพื่อให้เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชมีหลักการจัดการที่สำคัญ 2 ประการ คือ การรักษาระดับของไนโตรเจนให้เพียงพออยู่เสมอ และการควบคุมชนิด ปริมาณ และเวลาในการปรับระดับของไนโตรเจนให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชที่ปลูก สำหรับการรักษาระดับของไนโตรเจนให้เพียงพออยู่เสมอนั้นต้องทราบปริมาณการเพิ่มและการสูญเสียไนโตรเจนในดิน (nitrogen balance sheet) สำหรับดินในเขตชื้นทั่วไปพบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงจากอากาศโดยพวกจุลินทรีย์ที่อยู่อย่างอิสระ (non-symbiotic microorgannism) นั้นจะสมดุลกันพอดีกับไนโตรเจนในดินที่สูญหายไปในรูปของก๊าซ และปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากฝนนั้นจะสมดุลกันพอดีกับส่วนของไนโตรเจนในดินที่สูญหายไปโดยการชะล้าง ส่วนของไนโตรเจนในดินที่สูญหายไปเนื่องจากพืชดูดไปใช้และเนื่องจากการพังทลายจะเป็นส่วนของไนโตรเจนที่สูญหายไปจริง ๆ ในแต่ละปีดินจะสูญเสียไนโตรเจนไปโดยการพังทลายประมาณ 4.5 กก. ไร่$^{-1}$ และเมื่อรวมกับส่วนที่พืชดูดไปใช้จะสูญเสียไนโตรเจนในดินไปถึง 18 กก. ไร่$^{-1}$ ปี$^{-1}$ ซึ่งถ้าปล่อยให้เป็นไปตามธรรมชาติแล้ว ก็ไม่อาจจะได้ไนโตรเจนที่ไหนมาชดเชย นอกจากจะมีการเพิ่มปุ๋ยเพื่อเป็นการชดเชย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องรักษาความสมดุลไนโตรเจนในดินให้เพียงพอกับปริมาณความต้องการไนโตรเจนของพืชปลูกอยู่เสมอ โดยการเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดิน เช่น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์พวกตอซัง ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด และการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2545) สำหรับในระบบของการปลูกข้าวที่ติดต่อกันเป็นเวลานานมีผลทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินลดลงและผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลงด้วยแม้ว่ามีการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเป็นประจำก็ตาม เนื่องจากการลดลงของอินทรียวัตถุซึ่งเป็นปัจจัยหลักจำกัดการเจริญ เติบโตและให้ผลผลิตของข้าว กล่าวคือ เกิดความไม่สมดุลของไนโตรเจนในนาข้าวและส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวโดยตรง (Flinn and De Datta, 1984) ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารโดยการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดนอกจากจะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและปรับปรุงสมบัติของดินแล้วยังช่วยรักษาความสมดุลไนโตรเจนในดินอีกด้วย (Ladha *et al*., 1996) เนื่องจากถั่วปุ๋ยพืชสดมีเชื้อไรโซเบียมอาศัยที่ปมรากหรือที่ปมลำต้น

สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ (biological N fixation, BNF) ประมาณ 20-120 กก. ไนโตรเจน เฮกแตร์$^{-1}$ ในแต่ละช่วงฤดูปลูก (George *et al*., 1992) เป็นการปลดปล่อยไนโตรเจนสุทธิจากถั่วสู่ดิน และสามารถรักษาระดับความสมดุลของการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนโดยกระบวนการ mineralization และ immobilization (FAO., 1980) มีการศึกษาเกี่ยวกับสมดุลไนโตรเจนในนาข้าวกันมากในเขตอบอุ่น แต่มีการศึกษาน้อยในเขตร้อนชื้น

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตข้าวในประเทศไทย

3.1 การศึกษาการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าว

สมศรี (2532) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ทดลองใช้โสน 4 ชนิดเป็นปุ๋ยพืชสดก่อนปลูกข้าว คือ โสนอัฟริกัน โสนจีนแดง โสนอินเดีย และโสนคางคก ภายใต้สภาพการใส่ปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดินต่างกันเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ ตัดต้นโสนเมื่ออายุ 60 วัน บันทึกมวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจน แล้วสับกลบลงในดินและปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามหลัง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินเพิ่มมวลชีวภาพของโสนทั้ง 4 ชนิดได้ โดยโสนอัฟริกันให้มวลชีวภาพสูงที่สุดทั้งในดินเค็มและดินไม่เค็ม และมวลชีวภาพของโสนทั้ง 4 ชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในดินไม่เค็มมากกว่าในดินเค็ม ในทำนองเดียวกันการสะสมไนโตรเจนของโสนทั้ง 4 ชนิดในดินไม่เค็มสูงกว่าว่าในดินเค็ม คือเฉลี่ย 2.08% และ 1.34 % ตามลำดับ และการใช้โสนทั้ง 4 ชนิดเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใส่ปุ๋ย N P K สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้สูงที่สุด

พรรณี (2532) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาผลของการไถกลบถั่วปุ๋ยพืชสด 2 ชนิด คือ โสนคางคก และโสนจีนแดง ในดินเค็มเมื่อมีอายุ 60 วัน และปล่อยให้เศษซากถั่วสลายตัวเป็นเวลา 30 วัน แล้วปลูกข้าวตามหลัง เปรียบกับการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสดโดยใช้ข้าว 2 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง และข้าว กข. 7 เป็นพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ผลการทดลอง พบว่า การไถกลบถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 2 ชนิดมีผลในการเพิ่มผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใช้ปุ๋ยพืชสด คือ ให้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย 307, 296 และ 140 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ

สมศรี และคณะ (2533) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาในดินเค็มและดินไม่เค็มเพื่อปรับปรุงดินเค็มที่มีเกลือโซเดียม (NaCl) อยู่ปริมาณสูงก่อนการปลูกข้าวโดยใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และใช้วัสดุปรับปรุงดินพวกยิบซัมกับโสนอัฟริกัน ผลการทดลองพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินทำให้ได้ปริมาณมวลชีวภาพของปุ๋ยพืชสดเพียงพอกับความ

ต้องการของข้าว และปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจนของโสนอัฟริกันในดินไม่เค็มสูงกว่าในดินเค็ม คือ เฉลี่ย 2.66 % และ 1.61 % ตามลำดับ สำหรับการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโสนอัฟริกันมีผลทำให้ผลผลิตข้าวในดินไม่เค็มเพิ่มสูงขึ้น 58 % เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้โสนอัฟริกันอย่างเดียว ในขณะที่ในดินเค็มไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด

ยุทธชัย (2539) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาวันปักดำที่เหมาะสมหลังจากสับกลบโสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสด ทดลองใน 2 สภาพพื้นที่ที่เป็นชุดดินเดียวกัน คือ การทดลองในสภาพน้ำชลประทาน และในสภาพน้ำฝน พบว่า การใช้โสนอัฟริกันทำให้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้งที่ปลูกในสภาพน้ำฝนและในสภาพน้ำชลประทาน ให้ผลผลิตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-8-8 กก. ไร่$^{-1}$ คือในสภาพน้ำชลประทานให้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 561.48 กก. ไร่$^{-1}$ ส่วนการปักดำข้าวหลังสับกลบโสนอัฟริกัน 7 วัน ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเฉลี่ย 422.58 กก. ไร่$^{-1}$ นอกจากนี้ พบว่า ถ้าหากต้องการผลผลิตเพิ่มขึ้นต้องสับกลบโสนอัฟริกันลงดินไม่น้อยกว่า 827 กก. ไร่$^{-1}$

สมศรี และคณะ (2539) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาการใช้ถั่ว 3 ชนิด เป็นปุ๋ยพืชสดก่อนปลูกข้าวในสภาพดินนาเขตน้ำฝน ได้แก่ โสนอัฟริกัน โสนหางไก่ และถั่วพุ่ม เปรียบเทียบการใส่ปุ๋ย P K กับไม่ใส่ สับกลบปุ๋ยพืชสดให้กับข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4 ระดับ คือ 0, 25, 50 และ 75 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ย P K ทำให้โสนอัฟริกันมีการเจริญและให้มวลชีวภาพเป็นปุ๋ยพืชสดเพิ่มขึ้นทั้งในสภาพดินเค็มและดินไม่เค็ม และสูงกว่าโสนหางไก่และถั่วพุ่ม โดยในสภาพดินไม่เค็ม การใช้โสนอัฟริกันที่ใส่ปุ๋ย P K ทำให้ข้าวได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 109 % ในขณะที่การใช้โสนหางไก่และถั่วพุ่ม ทำให้ข้าวได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 44 % และ 73 % ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีของเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ย 16-16-8 สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ร่วมกับโสนอัฟริกันแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ใช้โสนอัฟริกันไม่ใส่ปุ๋ย P K พบว่า ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจนโดยอัตรา 50 กก.ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวสูงสุดเฉลี่ย 341.6 กก. ไร่$^{-1}$ และกรณีใช้โสนอัฟริกันที่ใส่ปุ๋ย P K พบว่า ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นแม้ว่าอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ไม่เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ย P K ให้โสนอัฟริกันเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้โสนอัฟริกันปุ๋ยพืชสด นอกจากนี้ ยุทธชัย และคณะ (2535) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ได้ทำการทดลองการใช้โสนชนิดต่างกันในดินเค็มพบว่า การใช้โสนอัฟริกันทำให้ข้าวที่ปลูกตามหลังในพื้นที่ดินเค็มได้ผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 348.96 กก. ไร่$^{-1}$ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดในเขตน้ำฝนเหมาะสมกว่าการใช้ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และถั่วเขียวตามลำดับ เนื่องจากโสนอัฟริกันทนต่อสภาพน้ำท่วมขังได้ดีกว่าและพบว่าข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง

พันธุ์ กข.15 มีการตอบสนองต่อการใช้โสนอัฟริกันได้ดีกว่าข้าวไวต่อช่วงแสงพันธุ์พื้นเมือง เช่น พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

สมศรี และคณะ (2528) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาผลของการปลูกโสนจีนแดงแซมระหว่างแถวข้าว ผลการทดลองพบว่าการปลูกโสนจีนแดงแซมระหว่างแถวข้าวมีผลต่อผลผลิตข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าวคือจำนวนรวงต่อกอและจำนวนต้นต่อกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.2 การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด

ยุทธชัย และคณะ (2535) อ้างโดย ยุทธชัย (2545) ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด 5 ชนิด ได้แก่ โสนคางคก โสนอินเดีย โสนจีนแดง โสนอัฟริกัน และโสนหางไก่ ทำการเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรียและการไม่ใส่ให้แก่ข้าว โดยให้ถั่วปุ๋ยพืชสดรับ P และ K จากปุ๋ยเคมีในอัตรา 22 และ 42 กก. เฮกแตร์$^{-1}$ ตามลำดับ สับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดที่อายุ 60 วัน แล้วปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ตามหลัง ใช้ระยะปลูก 20 ×20 ซ.ม. เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 15 ซ.ม. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนที่ถั่วปุ๋ยพืชสดปลดปล่อยออกมา ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดแล้วค่อย ๆ ลดลงเนื่องจากข้าวดูดใช้ประโยชน์ ขณะที่ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียเมื่อถึงจุดสูงสุดแล้วลดลงอย่างรวดเร็วกว่าปุ๋ยพืชสด แสดงให้เห็นว่าถั่วปุ๋ยพืชสดมีช่วงเวลาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ให้แก่ข้าวมีช่วงเวลาที่กว้างกว่าปุ๋ยยูเรีย โดยภายหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดมีการปลดปล่อยแอมโมเนียม-ไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นและสูงสุดที่ 7 วัน แล้วค่อย ๆ ลดลงจนต่ำสุดที่ 42 วัน ขณะที่การใช้ปุ๋ยยูเรียมีการปลดปล่อยแอมโมเนียม-ไนโตรเจนอย่างรวดเร็วและสูงสุดที่ 6 วัน แล้วลดลงอย่างรวดเร็วจนต่ำสุดที่ 14 วัน อย่างไรก็ตามปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณมวลชีวภาพชนิดถั่วปุ๋ยพืชสด ปริมาณการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด ชนิดดิน อุณหภูมิ การใส่ปุ๋ย วิธีการสับกลบ การจัดการน้ำภายหลังการสับกลบ เป็นต้น

3.3 การศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าวในภาคใต้

สามารถ และคณะ (2536) ได้ศึกษาผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตข้าวในดินชุดระแงะซึ่งเป็นดินเปรี้ยวพบว่า การใช้โสนอินเดียและโสนอัฟริกันมีการเจริญเติบโต ให้น้ำหนักสดสูงสุด และทำให้ข้าวที่ปลูกตามหลังการสับกลบมีผลผลิตสูงกว่าการใช้ปอเทือง และการไม่ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดตามลำดับ มีแนวโน้มทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มสูงขึ้นได้แก่ เพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยถั่วปุ๋ยพืชสดที่ปลูกในดินเปรี้ยว

ให้น้ำหนักสดค่อนข้างต่ำประมาณ 975-1,856 กก. ไร่$^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในดินปกติทั่วไป ซึ่งให้น้ำหนักสดสูงประมาณ 3,000-4,000 กก. ไร่$^{-1}$

วิโรจน์ และคณะ (2537) ได้ทดลองใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 5 ชนิดในดินนาชุดดินบางนรา ได้แก่ โสนอินเดีย โสนอัฟริกัน ถั่วดำ ถั่วเขียว และถั่วลิสงก่อนปลูกข้าว ผลการทดลองพบว่า ถั่วดำมีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับการปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดมากที่สุด เนื่องจากให้น้ำหนักสดและทำให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกตามหลังสูงกว่าถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยรักษาระดับปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่ให้ลดลง

สมศักดิ์ และคณะ (2542) ได้ทำการทดลองใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 4 ชนิดปรับปรุงดินนาชุดดินพัทลุง (กลุ่มชุดดินที่ 6) ได้แก่ โสนอินเดีย โสนอัฟริกัน โสนคางคก และถั่วพร้า ผลการทดลองพบว่า การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 4 ชนิดให้ผลผลิตข้าวที่ปลูกตามหลังสูงกว่าการไม่ใช้ โดยถั่วพร้าให้น้ำหนักมวลชีวภาพสูงสุด คือให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 1,471 กก. ไร่$^{-1}$ รองลงมา คือ โสนอัฟริกัน ให้น้ำหนักสดเฉลี่ย 1,448 กก. ไร่$^{-1}$ และการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากกว่าการไม่ใช้ รวมทั้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงแนะนำให้ปลูกถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดในดินนาชุดดินพัทลุง

ทวี และคณะ (2542) ได้ทำการทดลองใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ดินที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (pH 4.8-5.4) อินทรียวัตถุ 0.92-0.99 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5.5-6.0 ppm. โพแทสเซียมที่สกัดได้ 40-41 ppm. พบว่าการหว่านถั่วเขียวอัตราเมล็ดพันธุ์ 8 กก. ไร่$^{-1}$ แล้วสับกลบในระยะออกดอกเป็นปุ๋ยพืชสดให้ปริมาณไนโตรเจน 12 กก. ไร่$^{-1}$ ในปีที่ 1 และ 13.8 กก.ไร่$^{-1}$ ในปีที่ 2 ซึ่งสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (8.3 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ประมาณ 55 % และให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในปีที่ 2 มากที่สุดเฉลี่ย 652 กก. ไร่$^{-1}$ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 632 กก. ไร่$^{-1}$ และจากการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงพบว่าการใช้โสนอัฟริกันอัตราเมล็ดพันธุ์ 7 กก. ไร่$^{-1}$ แล้วสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสดให้ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับจากปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (6 กก.ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) และให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 เฉลี่ย 376 กก. ไร่$^{-1}$ ในปีที่ 1 และเฉลี่ย 369 กก. ไร่$^{-1}$ ในปีที่ 2 ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 423 และ 446 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่มีประสิทธิภาพในการให้ ผลผลิตข้าวต่ำกว่าปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ เนื่องจากประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวจากปุ๋ยเคมีสูงกว่าถั่วปุ๋ยพืชสด กล่าวคือ ไนโตรเจน 1 กก. ไร่$^{-1}$ จากถั่วเขียวให้ผลผลิตข้าวประมาณ 50.5 กก. ไร่$^{-1}$ ดังนั้น

ถ้าต้องการผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ได้ 350 กก. ไร่$^{-1}$ ต้องได้รับไนโตรเจนจากถั่วเขียว 6.9 กก. ไร่$^{-1}$ และจากปุ๋ยเคมี 4.6 กก. ไร่$^{-1}$ ซึ่งปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพสูงกว่าประมาณ 66 % แม้ว่าปุ๋ยพืชสดปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำแล้วก็ตาม แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเนื่องจากมีปัจจัยอื่น ๆ มาเกี่ยวข้อง เช่น ช่วงเวลาการสลายตัวเพื่อปลดปล่อยให้ไนโตรเจนได้สอดคล้องกับความต้องการของข้าวในช่วงการเจริญเติบโตต่าง ๆ (Beri and Meelu, 1981) ชนิดของถั่วปุ๋ยพืชสด ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินนา เป็นต้น (ประชา และคณะ, 2538)

กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ (2544) ได้แนะนำส่งเสริมชนิดถั่วที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นถั่วปุ๋ยพืชสดในภาคใต้ 4 ชนิดได้ข้อมูลดังต่อไปนี้ คือ (1) ถั่วพร้า อายุออกดอก 56 วัน ความสูงช่วงออกดอก 40.85 ซ.ม. มีน้ำหนักสด 1,428-1,564 กก. ไร่$^{-1}$ และน้ำหนักแห้ง 265.87 กก. ไร่$^{-1}$ อายุเก็บเกี่ยว 109 วัน ความสูงช่วงเก็บเกี่ยว 47 ซ.ม. ให้ผลผลิต 125.75 กก. ไร่$^{-1}$ (2) ถั่วพุ่มสายพันธุ์ต่าง ๆ อายุออกดอก 34 วัน ความสูงช่วงออกดอก 14.45 ซ.ม. มีน้ำหนักสด 815-2,907 กก. ไร่$^{-1}$ และน้ำหนักแห้ง 130.21-175.04 กก. ไร่$^{-1}$ อายุเก็บเกี่ยว 56 วัน ความสูงช่วงเก็บเกี่ยว 19.10-30.80 ซ.ม. ให้ผลผลิต 29.15-130.27 กก. ไร่$^{-1}$ (3) โสนอัฟริกันอายุออกดอก 56 วัน ความสูงช่วงออกดอก 38.30 ซ.ม. มีน้ำหนักสด 1,106.00-1,436.60 กก. ไร่$^{-1}$ และน้ำหนักแห้ง 46.22-127.96 กก. ไร่$^{-1}$ อายุเก็บเกี่ยว 95 วัน ความสูงช่วงเก็บเกี่ยว 40 ซ.ม. ให้ผลผลิต 6.3 กก. ไร่$^{-1}$ และ (4) โสนจีนแดงอายุออกดอก 50 วัน ความสูงช่วงออกดอก 50.75 ซ.ม. มีน้ำหนักสด 982.40-1,661.00 กก. ไร่$^{-1}$ และน้ำหนักแห้ง 99.37-296.16 กก. ไร่$^{-1}$ อายุเก็บเกี่ยว 81 วัน ความสูงช่วงเก็บเกี่ยว 44.80 ซ.ม. ให้ผลผลิต 19.60 กก.ไร่$^{-1}$ จะเห็นได้ว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดที่แนะนำมีอยู่ 4 ชนิดได้แก่ ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน และโสนจีนแดง โดยถั่วพุ่มออกดอกเร็วที่สุดเมื่ออายุ 34 วันหลังจากปลูก ซึ่งสามารถสับกลบเป็นปุ๋ยพืชสดได้ในช่วงนี้ ในขณะที่ถั่วพร้าออกดอกช้ากว่า (56 วัน) แต่มีมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งสูงกว่าถั่วพุ่ม แต่การทดสอบดังกล่าวไม่ได้มีการศึกษาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในนาข้าวในภาคใต้จะเห็นได้ว่ายังไม่ได้มีการศึกษาอย่างเป็นระบบมากนัก จึงทำให้ขาดข้อมูลที่จำเป็นในการนำไปประยุกต์ใช้ให้เกิดผลในทางปฏิบัติสำหรับเกษตรกร เช่น ปัจจัยที่ทำให้เกิดความผันแปรของการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพการปลดปล่อยไนโตรเจน การนำไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดไปสร้างผลผลิตมวลชีวภาพของข้าวอันเนื่องมาจากชนิดของถั่วปุ๋ยพืชสด สภาพแวดล้อมทางกายภาพของดินและปัจจัยปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ จึงเป็นเรื่องที่สมควรได้รับการศึกษาอย่างยิ่ง

4. การศึกษาระบบการผลิตของเกษตรกร

4.1 ความสำคัญของการศึกษา

อรรถชัย (2530) ให้คำจำกัดความของระบบหมายถึง กลุ่มของสสารที่มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กัน ปฏิบัติงานร่วมกันเพื่อจุดประสงค์อย่างเดียวกัน มีความสามารถในการตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกอย่างเป็นกลุ่มก้อน กลุ่มของสสารต้องมีขอบเขตชัดเจน ส่วนประกอบของระบบต้องมีความสัมพันธ์ทั้งภายนอกและภายในขอบเขตของระบบ ซึ่งมีกิจกรรมตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมและต่อส่วนประกอบอื่น ๆ ภายในขอบเขตของระบบด้วยกิจกรรมตอบสนองที่เกิดอยู่ตลอดเวลาได้แก่ การปรับตัว (adaptation) การผสมผสาน (integration) และการตัดสินใจ (decision making) สำหรับระบบผลิตทางการเกษตรหรือระบบเกษตรก็เป็นระบบหนึ่งที่เหมือนกับระบบโดยทั่วไป แต่จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบ (ปัจจัย) หลัก ๆ ทั้งภายนอกและภายในแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ องค์ประกอบกายภาพ (physical factors) องค์ประกอบชีวภาพ (biological factors) และองค์ประกอบสังคมและเศรษฐกิจ (socio-economic factors) การศึกษาทำความเข้าใจเงื่อนไขขององค์ประกอบทั้งกลุ่มโดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างมีเหตุและผลต่อกัน (functional relationship) สามารถจะทำให้เข้าใจเหตุและผลของการตัดสินใจของเกษตรกรในระบบการผลิตที่เขากำลังดำเนินการอยู่ ในขณะเดียวกันสามารถที่จะวินิจฉัยประเด็นปัญหาหลักสำหรับเป็นโจทย์ในการวิจัยและพัฒนาเพื่อการปรับปรุงระบบการผลิตของเกษตรกรให้มีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์และความต้องการของเกษตรกรยิ่งขึ้น (อภินันท์, 2540) ปัจจุบันได้มีการใช้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนวิธีการศึกษาวิจัยและพัฒนาระบบการทำฟาร์ม (farming system research and development) ในสถาบันการวิจัยต่างๆทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น Trebuil และคณะ (2535) ได้ใช้วิธีการระบบการทำฟาร์มวินิจฉัยปัญหาระบบการปลูกพืชเหลื่อมฤดู ข้าวโพด-ฝ้าย ในจังหวัดกาญจนบุรีโดยศึกษาข้อมูลที่เป็นเงื่อนไขจากปัจจัยทางกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจและสังคม และติดตามการปฏิบัติการตลอดช่วงของการปลูกพืชพบว่า ความแตกต่างของผลผลิตที่เกษตรกรได้รับเป็นผลเนื่องมาจากลำดับปฏิบัติการเขตกรรมหรือเทคนิคของเกษตรกร (itineraries of techniques) ที่แตกต่างกันทำให้ได้ข้อสรุปของลำดับวิธีการทางเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการปลูกพืชดังกล่าว ศิริจิต (2536) ได้ใช้กระบวนวิธีการวิจัยระบบการทำฟาร์มวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านกายภาพ ชีวภาพ และเศรษฐกิจสังคมต่อการยอมรับนวัตกรรมการทำนาในระบบการผลิตพบว่าการมีระบบการใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในการยอมรับนวัตกรรม เป็นต้น

4.2 แนวทางการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการผลิตของเกษตรกร

แนวทางการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบการผลิตของเกษตรกรคือ การใช้หลักการแนวคิดในการวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตร (agro-ecosystem analysis) เป็นการใช้เทคนิคหรือวิธีการประเมินสภาวะชนบทอย่างเร่งด่วน (rapid rural appraisal, RRA) โดยพิจารณาและแก้ไขปัญหาในพื้นที่ร่วมกันกับเกษตรกร (grass root problem) (อรรถชัย, 2530) การใช้แนวทางการศึกษาดังกล่าวพบว่าโอกาสที่เกษตรกรจะยอมรับได้มากกว่าวิธีการศึกษาแบบดั้งเดิม (conventional methodology) เนื่องจากเป็นการศึกษาปัญหาจากพื้นที่จริง ๆ แล้วนำปัญหานั้นไปพิจารณาในการแก้ไขปรับปรุง ซึ่งเป็นการนำปัญหาจากเบื้องล่างสู่เบื้องบน (bottom up approach) แตกต่างจากวิธีการที่นักวางแผนและนักวิชาการนำทฤษฎีและการปฏิบัติที่คิดในสำนักงานหรือสถาบันลงไปใช้ในพื้นที่ (top down approach) ซึ่งผู้ใช้หรือเกษตรกรมีส่วนร่วมน้อยในการคิดและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ การวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตรนี้ เป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวิจัยและพัฒนาระบบการทำฟาร์มเพื่อทำความเข้าใจสภาพพื้นที่และวินิจฉัยปัญหาสำหรับนำไปใช้สำหรับการศึกษาวิจัยและพัฒนาในขั้นตอนต่อไป (อภินันท์, 2540) สุรางค์ (2539) พบว่า วิธีการประเมินสภาวะชนบทอย่างเร่งด่วนโดยใช้แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ในระบบการวิจัยเชิงคุณภาพ ทำให้เข้าใจปัญหาได้ถูกต้องและนำไปสู่ข้อเสนอแนะที่ทันต่อเหตุการณ์ แม้ว่าจะไม่ทำให้เข้าใจลึกซึ้งเฉพาะเรื่องมากกว่าการใช้แบบสอบถามปกติ แต่ก็สามารถเข้าใจสถานการณ์ในภาพรวมซึ่งมีความซับซ้อนได้รวดเร็วและดีกว่า

5. สรุป

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในระบบการผลิตข้าวที่ผ่านมา แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนถึงศักยภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุไนโตรเจนสำหรับการผลิตข้าว และปรับปรุงบำรุงรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินและ สามารถทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในนาข้าวได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรที่ทำนาเป็นอาชีพหลักในพื้นที่จังหวัดพัทลุง (สมพร, 2547) ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการปลูกข้าวมากจังหวัดหนึ่งของภาคใต้ พบว่า แม้ว่าเกษตรกรทราบศักยภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดจากการปฏิบัติจริงด้วยตัวเกษตรกรเอง แต่ในการปฏิบัติเกษตรกรเองยังมีปัญหาสำคัญเกี่ยวกับปัญหาการจัดการการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด ปริมาณของมวลชีวภาพที่จะใช้ในการไถกลบและช่วงเวลาที่เหมาะสมให้ถั่วปุ๋ยพืชสดสลายตัวก่อนปลูกข้าวตามหลังเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตและการพัฒนาการ มีผลทำให้ข้าวใช้ประโยชน์จาก

ถั่วปุ๋ยพืชสดไม่เต็มศักยภาพ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงได้มุ่งเน้นศึกษาปัญหาต่างๆดังกล่าวอย่างเป็นระบบเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงวิชาการสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงเทคนิคการผลิตถั่วปุ๋ยพืชสดเพื่อใช้ในระบบการทำนาในพื้นที่จังหวัดพัทลุงให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ อุปกรณ์

1.1 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง (semi-structured interviews, SSI) (ภาคผนวก ก)

1.2 เมล็ดพันธุ์ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และโสนอัฟริกัน

1.3 เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด

1.4 เมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 (ภาคผนวก ข)

1.5 เมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง (ภาคผนวก ค)

1.6 ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12

1.7 ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0

1.8 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0

1.9 ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0

1.10 วัสดุปรับปรุงดิน 2 ชนิด ได้แก่ ปูนขาว และหินฟอสเฟต

1.11 ตัวอย่างดินชุดดินพัทลุง กลุ่มชุดดินที่ 6 ในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมือง พัทลุง จังหวัดพัทลุง

1.12 กระถางปลูกข้าวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร

1.13 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างดิน และการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

1.13.1 หลอดเจาะ (sampling tube)

1.13.2 สว่านเจาะ (soil auger)

1.13.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติดิน

1.14 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

1.14.1 กรอบสุ่มตัวอย่าง

1.14.2 กรรไกร

1.14.3 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

1.15 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจนในดิน

1.15.1 โกร่งบนดิน (motar)

1.15.2 ตะแกรงร่อนดิน (sieve)

1.15.3 เตาย่อยตัวอย่าง (digestion block)

1.15.4 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (nitrogen distillation apparatus)

1.15.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจนในดิน

1.16 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช

1.16.1 ตู้อบพืช

1.16.2 เครื่องบดตัวอย่างพืช (grinder)

1.16.3 เตาย่อยตัวอย่าง (digestion block)

1.16.4 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (nitrogen distillation apparatus)

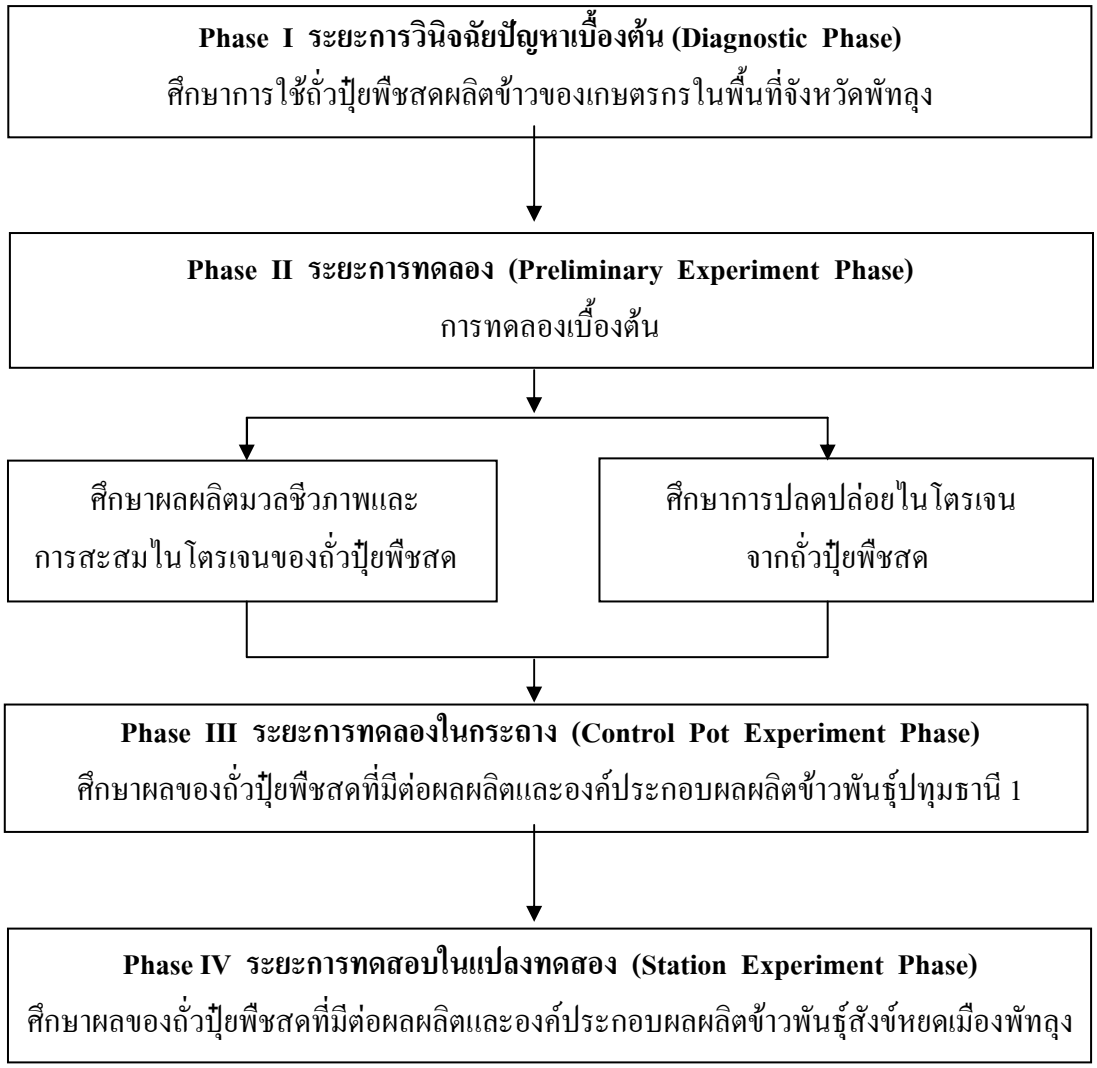
1.16.5 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช

1.17 แผ่นเทียบสีใบ (leaf color chart, LCC)

1.18 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นในการปลูกพืช การดูแลรักษาพืช การเก็บตัวอย่างดินและพืช

2. วิธีการ

การวิจัยประกอบด้วย การวิจัยเชิงคุณภาพ และเชิงทดลอง มีขั้นตอนและวิธีการวิจัยทั้งหมด 4 ระยะ (phase) ได้แก่ ระยะการวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น ระยะการทดลองเบื้องต้น ระยะการทดลองในกระถาง และระยะการทดลองในแปลงทดลอง ตามโครงสร้างการวิจัยแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์เรื่อง อิทธิพลของปัจจัยปรับปรุงดินที่มีต่อผลผลิตมวลชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดและผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

2.1 การวิจัยเชิงคุณภาพ

การวิจัยเชิงคุณภาพเป็นขั้นตอนของการศึกษาในระยะที่ 1 เพื่อศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง โดยประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบนิเวศเกษตรในขั้นตอนของการวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น (diagnostic phase) ตามกระบวนวิธีการวิจัยและพัฒนาระบบการทำฟาร์ม (อภินันท์, 2540) และเครื่องมือการวิจัยเชิงคุณภาพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ดูหัวข้อ 1.3 และ 1.5) เพื่อทำความเข้าใจสภาพในภาพรวมของระบบ (holistic view) ของการผลิตข้าวที่ใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง โดยครอบคลุมปัจจัย

สภาพแวดล้อมทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ เศรษฐกิจและสังคม ประเมินศักยภาพข้อจำกัดของการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวของเกษตรกรเพื่อให้ได้ประเด็นปัญหาหลักนำไปใช้เป็นข้อสมมุติฐานของปัญหาและตั้งเป็นโจทย์วิจัยของการวิจัยเชิงทดลองในระยะต่อไป ทำการศึกษาตั้งแต่วันที่ 9 มกราคม 2547 ถึงวันที่ 20 มิถุนายน 2547

2.1.1 การเลือกสถานที่ทำการวิจัย

การศึกษาได้กำหนดพื้นที่แบบเจาะจงคือ บ้านไสหลวง หมู่ที่ 10 ตำบลปันแต และบ้านควนปลิง หมู่ที่ 3 ตำบลพนมวังก์ อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่สามารถสังเกตกระบวนการปรับปรุงผลผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยพืชสดได้อย่างชัดเจน

2.1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้คัดเลือกเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยพืชสดในระบบการปลูกข้าว จำนวน 8 รายจากจำนวนเกษตรกร 45 ราย เพื่อดำเนินการสัมภาษณ์ประเด็นเกี่ยวกับสภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวและความเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยพืชสด

2.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการประเมินสภาวะชนบทอย่างเร่งด่วน (อรรถชัย, 2530) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (ดูภาคผนวก ก) ข้อมูลมือสองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่และและใช้วิธีการสังเกตสภาพแวดล้อมในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลประกอบการเชื่อมโยงเหตุผลจากการสัมภาษณ์

2.1.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยเอง จากเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยพืชสดในระบบการปลูกข้าวจากแบบสัมภาษณ์และการสังเกตปัจจัยสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องและข้อมูลการค้นคว้าจากเอกสารมือสองในพื้นที่ที่ศึกษา

2.1.5 การวิเคราะห์ประเมินข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และข้อมูลประกอบอื่น ๆ โดยวิธีการวิเคราะห์แบบอุปนัย (สุรางค์, 2539) คือ การตีความ สร้างข้อ สรุปข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่มองเห็นที่ได้จากการสัมภาษณ์ การสังเกตและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชุมชน ตั้งข้อสรุปเป็นสมมติฐานชั่วคราว (working hypothesis) จากนั้นทำการศึกษารวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมถึงปรากฏการณ์ด้วยคำถามหลัก ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไหร่ อย่างไร ถึงใคร เพราะอะไร มีความหมายว่าอย่างไร และสรุปออกมาเป็นข้อสรุปที่ผ่านการตรวจสอบ (verify) โดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ที่ศึกษา

2.2 การวิจัยเชิงทดลอง

การวิจัยเชิงทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ (ภาพที่ 1) คือ ระยะการทดลองเบื้องต้น (preliminary experiment phase) ระยะการทดลองในกระถาง (control pot experiment phase) และระยะการทดลองในแปลงทดลอง (station experiment phase) ดังต่อไปนี้

2.2.1 การทดลองเบื้องต้น

การทดลองเบื้องต้นแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้คือ

2.2.1.1 การทดลองภาคสนามในสภาพดินต่างกัน

เป็นการทดลองในสภาพดินยกระดับ pH เป็น 5.50 และการทดลองในสภาพดินไม่ยกระดับ pH (4.58) ในแต่ละสภาพดินใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง ตั้งแต่วันที่ 29 กรกฎาคม 2547 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2548 เพื่อ

(1) ศึกษาและเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ และการสะสมธาตุอาหารของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดที่มีการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

(2) ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติทางเคมีของดินบางประการก่อนและ ภายหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดที่มีการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมและใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

2.2.1.2 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการปลดปล่อยไนโตรเจนจากมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดที่อัตราต่างกัน ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตั้งแต่วันที่ 10 มิถุนายน 2548 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม 2548

2.2.1.3 วิธีการ

(1) การเตรียมตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติดินก่อนทดลอง

เก็บตัวอย่างดินชุดดินพัทลุง กลุ่มชุดดินที่ 6 เป็นตัวแทนดินนาในจังหวัดพัทลุงจากศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-15 ซ.ม. นำตัวอย่างดินมาผึ่งในที่ร่มให้แห้ง แล้วย่อยดินและร่อนดินด้วยตะแกรงขนาดช่องตา 2 ม.ม. นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์หา pH ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อินทรียวัตถุ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โซเดียมที่แลกเปลี่ยน

ได้ กำมะถันที่สกัดได้ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความเป็นกรดของดินที่แลกเปลี่ยนได้และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ความต้องการปูนและเนื้อดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง ดังวิธีการต่อไปนี้

1) pH (ดิน : น้ำ =1 : 5) โดยใช้ pH meter

2) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธี Kjeldahl (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

3) อินทรียวัตถุ (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

4) แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} และ Na^{+}) โดยใช้ 1 N HN_4Oac pH 7 เป็นสารสกัด (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

5) กำมะถันที่สกัดได้ (extractable SO_4^{2-}-S) โดยเปลี่ยนกำมะถันในดินอยู่ในรูปของสารละลายโดยการสกัดด้วยสาร 0.01 M $Ca(H_2PO_4)_2$ และวัดความเข้มข้นของซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ในสารละลายโดยการวัดความขุ่นของแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) หลังจากเติมแบเรียมคลอไรด์ ($BaCI_2$) ลงไป (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

6) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray No. II (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

7) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchangeable capacity ; CEC) โดยวิธี Ammonium acetate method (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

8) ความเป็นกรดและอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable acidity and aluminum) โดยใช้ 1 N KCL เป็นสารสกัด และหาอะลูมินัมโดยวิธี NaF Complexation titration ในการหาค่า exchangeable acidity (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

9) หาค่าความต้องการปูน (lime requirement) โดยวิธีไตเตรตดิน เขียนกราฟระหว่าง pH ที่วัดได้เป็นแกนตั้ง และปริมาณ $Ca(OH)_2$ ที่เติมลงไปเป็นแกนนอน (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

(2) วิธีการทดลองภาคสนาม : ศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด

1) การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Split -plot จัดสิ่งทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด คือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า แยกเป็น 3 การทดลองตามชนิดถั่วปุ๋ยพืชสด ในแต่ละการทดลองดำเนินการทดสอบปลูกใน 2 สภาพดิน คือ ไม่ยกระดับ pH (4.58) และใส่ปูนการยกระดับ pH ดิน (5.50) การทดลองในแต่ละสภาพดินประกอบด้วย main plot (M) เป็นการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่างกัน และ sub plot (S) เป็นการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน ดังนี้

- main plot (M) การคลุกเชื้อไรโซเบียม 2 วิธี คือ
  - M_1 = ไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม
  - M_2 = คลุกเชื้อไรโซเบียม
- sub plot (S) การใส่วัสดุปรับปรุงดิน 3 วิธี คือ
  - S_1 = ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน
  - S_2 = ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12
  - S_3 = ใส่หินฟอสเฟต

2) การเตรียมดิน เตรียมเมล็ดพันธุ์ ปลูก และดูแลรักษา ทำการไถ คราด และปรับระดับแปลงทดลองให้สม่ำเสมอ ใส่วัสดุปรับปรุงดินในแต่ละวิธีการ เตรียมเมล็ดพันธุ์ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด สำหรับโสนอัฟริกันทำลายระยะพักตัวของเมล็ดโดยนำเมล็ดแช่ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นนาน 30 นาที (Alazard and Becker, 1987) ล้างเมล็ดด้วยน้ำที่กำลังไหลหลาย ๆ ครั้งให้สะอาดแล้วผึ่งลมให้แห้ง คลุกเชื้อไรโซเบียม และปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินโดยวิธีหว่าน (ประชา, 2542 และ ประชา และคณะ, 2538) ปฏิบัติดูแลรักษา เมื่อถึงอายุสับกลบตัดต้นถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด และสับเป็นท่อนสั้น ๆ แล้วกลบลงดินในแต่ละแปลงทดลอง

3) การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด วัดความสูงของต้นทุก ๆ 15 วันหลังงอก และก่อนสับกลบ โดยสุ่มวัดจากโคนต้นติดผิวดินถึงปลายยอด ชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของถั่วปุ๋ยพืชสดในแต่ละแปลงทดลองก่อนสับกลบ นับจำนวนปมโดยสุ่มขุดต้นถั่วปุ๋ยพืชสดและนำมาล้างรากด้วยน้ำให้สะอาดแล้วนับจำนวนปมแต่ละต้น

4) การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชและองค์ประกอบทางเคมีของถั่วปุ๋ยพืชสด เก็บตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดในแต่ละการทดลองมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารและองค์ประกอบทางเคมี โดยอบตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดที่อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส

จนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. ย่อยตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสด วัดปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลดาล (Kjeldahl method) วัดปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมโดยวิธีเยลโลโมลิบโดวาเนโดฟอสฟอริก (Yellow molybdovanado phosphoric acid method) และวิธีอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer) ตามลำดับ (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

5) การศึกษาสมบัติดินหลังการทดลอง หลังจากสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดลงในแปลงทดลองเป็นเวลา 1 สัปดาห์แล้ว สุ่มตัวอย่างดินมาทำการวิเคราะห์สมบัติของดินหลังสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสด ได้แก่ pH ไนโตรเจนทั้งหมด อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เหมือนการวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง เพื่อศึกษาสมบัติของดินที่เปลี่ยนแปลงภายหลังสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยพืชสดแล้ว

(3) วิธีการทดลองในห้องปฏิบัติการ : ศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด

1) การวางแผนการทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองตามชนิดถั่วปุ๋ยพืชสด คือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ในแต่ละการทดลองวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง คือ อัตราน้ำหนักแห้งถั่วปุ๋ยพืชสดผสมดิน ใส่ส่วนผสมแล้วในขวดแก้วทดลอง โดยคำนวณเป็นอัตราเปรียบเทียบ 0, 500, 1,000 และ 1,500 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ดังนี้

- สิ่งทดลองที่ 1 (T_1) อัตรา 0 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
- สิ่งทดลองที่ 2 (T_2) อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
- สิ่งทดลองที่ 3 (T_3) อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
- สิ่งทดลองที่ 4 (T_4) อัตรา 1,500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$

2) การเตรียมตัวอย่างดินและเตรียมตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสด ตัวอย่างดินที่นำมาศึกษาเป็นอีกส่วนหนึ่งของตัวอย่างดินที่เตรียมไว้สำหรับวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง ตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดที่นำมาศึกษาสุ่มเก็บจากแปลงทดลองในภาคสนาม นำมาอบให้แห้งแล้วบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม.

3) การบันทึกข้อมูล การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งถั่วปุ๋ยพืชสด โดยนำดินมาบ่มในสภาพน้ำขัง (submerged soil) ตามวิธีการ Keeney (1982) และนำดินที่บ่มไปวัดไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (available nitrogen) ในรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจน สกัดโดยเติม 10 % KCl แล้ววิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม-

ไนโตรเจน โดยวิธีกลั่น (Mulvany, 1996 อ้างโดย จำเป็น, 2545) ในวันที่ 0, 3, 7, 14 , 28, 35, 49 และ 70 วันภายหลังการบ่มดิน

2.2.1.4 การแปลความหมายผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) พิจารณาค่า F ที่คำนวณได้กับค่า F ในตาราง F ของสิ่งทดลอง ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F ในตาราง แสดงว่า ผลของสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุรพล, 2528) สำหรับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.2.2 การทดลองในกระถาง : ศึกษาและเปรียบเทียบผลของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดที่อัตราต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวและดิน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดของข้าว

ดำเนินการทดลองในโรงเรือนทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง ตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน 2548 ถึงวันที่ 25 มีนาคม 2549 มีวิธีการทดลองดังนี้

2.2.2.1 วิธีการทดลอง

1) การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 สิ่งทดลอง คือ อัตราน้ำหนักแห้งถั่วปุ๋ยพืชสดผสมดินที่ระดับความลึก 10 ซม. (Williams and Findrock, 1962) จำนวน 7 สิ่งทดลอง เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (2542) จำนวน 1 สิ่งทดลอง ดังนี้

สิ่งทดลองที่ 1 (T_1) โสนอัฟริกันอัตรา 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 2 (T_2) โสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 3 (T_3) ถั่วพุ่มอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 4 (T_4) ถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 5 (T_5) ถั่วพร้า 500 กก. นน.แห้ง ร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 6 (T_6) ถั่วพร้า 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$
สิ่งทดลองที่ 7 (T_7) ไม่ใส่ปุ๋ย (0 กก. ไร่$^{-1}$)
สิ่งทดลองที่ 8 (T_8) ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (รองพื้น 16-20-0 อัตรา 25 กก. ไร่$^{-1}$ และแต่งหน้า 21-0-0 อัตรา 20 กก. ไร่$^{-1}$)

2) การวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง เก็บดินตัวอย่างชุดดินพัทลุง กลุ่มชุดดินที่ 6 จากแปลงทดลองศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง โดยใช้วิธีการเหมือนการทดลองเบื้องต้น

3) การเตรียมตัวอย่างดินและการเตรียมตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสด นำตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. บรรจุในกระถางทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซ.ม. สูง 20 ซ.ม. จำนวน 72 กระถาง ๆ ละ 10 กก. นำตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่เตรียมไว้ผสมกับดินที่ระดับความลึก 10 ซ.ม. ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแต่ละสิ่งทดลอง โดยคำนวณเป็นอัตราเปรียบเทียบ กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ใส่น้ำทำเทือกและขังน้ำ แล้วปักดำกล้าข้าวที่เตรียมไว้หลังจากขังน้ำไว้ 10 วัน (Meelu *et al.*, 1992)

4) การเตรียมกล้าข้าว นำเมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1 แช่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน แล้วนำมาหุ้มด้วยผ้าขาวบางทิ้งไว้ 3 วัน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอกนำไปหว่านในกระบะเพาะกล้าขนาด 50×75 ซ.ม. จำนวน 2 กระบะ รักษาระดับน้ำ 1-2 ซ.ม. จนต้นกล้าอายุได้ 25 วัน นำไปปักดำในแต่ละกระถาง ๆ ละ 5 ต้น และเมื่อข้าวอายุได้ 1 สัปดาห์หลังปักดำ ทำการถอนแยกให้เหลือกระถางละ 2 ต้น และรักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับ 5 ซ.ม. ป้องกันและการกำจัดแมงลงศัตรูข้าวโดยใช้สารสกัดจากสะเดาช้างและใช้มือถอนวัชพืช

5) การบันทึกข้อมูล บันทึกการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และวิเคราะห์ตัวอย่างข้าว โดยสุ่มวัดความสูงต้นข้าวที่เวลา 30 วันหลังปักดำ ที่ระยะสร้างรวงอ่อน และที่ระยะเก็บเกี่ยว นับจำนวนการแตกกอ วัดความยาวใบธง นับจำนวนองค์ประกอบผลผลิตโดยเก็บเกี่ยวส่วนของรวงข้าวเพื่อตรวจนับจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 100 เมล็ด และชั่งน้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละกระถางทดลองที่ระดับความชื้น 14 % และสุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดและตอซังข้าว นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งและบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. แล้ววิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนของแต่ละส่วนโดยวิธี Kjeldahl method (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

6) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าว สุ่มตัวอย่างดินในกระถางทดลองที่ระดับความลึก 10 ซ.ม. ไปวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจน สกัดโดยเติม 10% KCl แล้ววิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน โดยวิธีกลั่น (Mulvany, 1996 อ้างโดยจำเป็น, 2545) ที่ระยะ 20 วันก่อนสร้างรวงอ่อน ระยะสร้างรวงอ่อน และระยะ 20 วันหลังสร้างรวงอ่อน

7) การวิเคราะห์สมบัติดินหลังการทดลอง สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 1 สัปดาห์ เพื่อหาไนโตรเจนในดินและอินทรียวัตถุของดินหลังการทดลอง โดยใช้วิธีการเหมือนกับการทดลองเบื้องต้น

8) การประเมินประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน (Nitrogen use efficiency, NUE) นำผลการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวจากกระถางทดลองที่มีการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด ใส่ปุ๋ยเคมี และไม่ใส่ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ และปริมาณไนโตรเจนในข้าว มาคำนวณประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวโดยใช้สูตรของ Ankumah และคณะ (2003) ดังต่อไปนี้

Yield efficiency หรือ $$YE = \frac{Y_i - Y_o}{N_i}$$

Nitrogen recovery efficiency หรือ $$NRE = \frac{NR_i - NR_o}{N_i \times 100}$$

Physiological efficiency หรือ $$PE = \frac{Y_i - Y_o}{NR_i - NR_o}$$

เมื่อ Y_i คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

Y_o คือ ผลผลิตของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$)

N_i คือ ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ (กก. N ไร่$^{-1}$)

NR_i คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N ไร่$^{-1}$)

NR_o คือ การดูดไนโตรเจนของพืชปลูกจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (กก. N ไร่$^{-1}$)

2.2.2.2 การแปลความหมายผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA พิจารณาค่า F ที่คำนวณได้กับค่า F ในตาราง F ของสิ่งทดลอง ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F ในตาราง แสดงว่า ผลของสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุรพล, 2528) สำหรับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองใช้วิธี LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95% วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามโดยวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์และรีเกรซชัน (Correlation and Regression)

2.2.3 การทดลองในแปลงทดลอง : ศึกษาผลและเปรียบเทียบผลของถั่วปุ๋ยพืชสด 2 ชนิดคือ ถั่วพุ่มและถั่วพร้าที่อัตราน้ำหนักแห้งและวันปักดำภายหลังการสับกลบต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ปริมาณไนโตรเจนในข้าวและในดิน

ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง ตั้งแต่วันที่ 17 สิงหาคม 2549 ถึงวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2550

2.2.3.1 วิธีการทดลอง

1) การวางแผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Split plot โดยจัดสิ่งทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ แยกเป็น 2 การทดลองตามชนิดของถั่วปุ๋ยพืชสดคือ การทดลองของถั่วพุ่มและการทดลองของถั่วพร้า ในแต่ละการทดลองประกอบด้วยปัจจัยในสิ่งทดลอง ดังนี้

- main plot (M) เป็นปัจจัยวันปักดำหลังการสับกลบ จำนวน 2 วันปักดำ คือ

M_1 = วันปักดำภายหลังการสับกลบ 10 วัน

M_2 = วันปักดำภายหลังการสับกลบ 20 วัน

- sub plot (S) เป็นปัจจัยการใส่อัตราน้ำหนักแห้งต่างกันของถั่วปุ๋ยพืชสดเป็นปุ๋ยรองพื้นร่วมกับหินฟอสเฟต ร่วมกับทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และใช้แอมโมเนียมซัลเฟตเป็นปุ๋ยแต่งหน้า และการใส่ปุ๋ยเคมี จำนวน 9 วิธี คือ

S_1 = 500 กก. ไร่$^{-1}$ (500)

S_2 = 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ (1,000)

S_3 = 500 กก. ไร่$^{-1}$ + หินฟอสเฟต อัตรา 333.33 กก. ไร่$^{-1}$ (500 + RP) เป็นปุ๋ยรองพื้น

S_4 = 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ + หินฟอสเฟต อัตรา 333.33 กก.ไร่$^{-1}$ (1,000 + RP) เป็นปุ๋ยรองพื้น

S_5 = 500 กก. ไร่$^{-1}$ + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 21.74 กก. ไร่$^{-1}$ (500 + TP) เป็นปุ๋ยรองพื้น

S_6 = 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ + ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 21.74 กก. ไร่$^{-1}$ (1,000 + TP) เป็นปุ๋ยรองพื้น

S_7 = 500 กก. ไร่$^{-1}$ เป็นปุ๋ยรองพื้น + แอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 19.05 กก. ไร่$^{-1}$ (500 + AS) เป็นปุ๋ยแต่งหน้า

S_8 = 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ เป็นปุ๋ยรองพื้น + แอมโมเนียมซัลเฟต อัตรา 19.05 กก. ไร่$^{-1}$ (1,000 + AS) เป็นปุ๋ยแต่งหน้า

S_9 = 8-10-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ไร่$^{-1}$ (CF) ตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง (2549)

2) การวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง เก็บตัวอย่างดินชุดพัทลุง กลุ่มชุดดินที่ 6 จากแปลงทดลองศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง จังหวัดพัทลุง เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง โดยใช้วิธีการเหมือนกับการทดลองเบื้องต้น

3) การเตรียมตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสด เตรียมดินโดยไถคราดและปรับระดับแปลงให้สม่ำเสมอ และปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดิน ปฏิบัติดูแลรักษา เมื่อถึงอายุสับกลบตัดต้นถั่วปุ๋ยพืชสดและสับเป็นท่อนสั้น ๆ ยาวประมาณ 2-5 ซ.ม. นำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้งและคำนวณเป็นอัตราเปรียบเทียบกก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ตามที่กำหนดในแต่ละสิ่งทดลอง

4) การเตรียมดินและการปลูกข้าว เตรียมดินโดยไถ คราดและปรับระดับแปลงให้สม่ำเสมอ ทำคันนาสูง 30 ซ.ม. ทุกแปลงการทดลอง กลบตัวอย่างถั่วปุ๋ยพืชสดที่เตรียมไว้ลงในแปลงทดลองและขังน้ำทันที (Ishikawa, 1963) ใส่ปุ๋ยเคมีตามที่กำหนดไว้ใน sub plot ทำเทือกแล้วปักดำข้าวตามวันปักดำที่กำหนดไว้ใน main plot โดยใช้กล้าข้าวอายุ 30 วัน ระยะปลูก 25.00×33.33 ซ.ม.^{2} จำนวน 3 ต้นต่อจับ หลังปักดำเสร็จให้มีระดับน้ำสูงจากผิวดินประมาณ 0.03 ม. และหลังจากปักดำ 2 วันควบคุมรักษาระดับน้ำให้สูงจากผิวดินประมาณ 0.05-0.10 ม. อย่างต่อเนื่องตลอดระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวจนถึงระยะ 2 สัปดาห์ก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิตระบายน้ำออกจากแปลงทดลองทั้งหมด

5) การบันทึกข้อมูล บันทึกการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และวิเคราะห์ตัวอย่างข้าว โดยสุ่มวัดความสูงต้นข้าวที่เวลา 30 วันหลังปักดำที่ระยะสร้างรวงอ่อนและที่ระยะเก็บเกี่ยว นับจำนวนการแตกกอและวัดความยาวใบธงโดยสุ่มตัวอย่างต้นข้าว 10 จุดต่อแปลงทดลอง นับจำนวนองค์ประกอบผลผลิตโดยเก็บเกี่ยวส่วนของรวงข้าวเพื่อตรวจนับจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ชั่งน้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกในแต่ละแปลงทดลองที่ระดับความชื้น 14 % สุ่มเก็บตัวอย่างต้นข้าว เมล็ดข้าวและตอซังข้าว นำไปอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักและบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 ม.ม. วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยวิธี Kjeldahl method (จำเป็น, 2545 ; สมศักดิ์, 2537)

6) การประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับค่าสีของใบข้าว เพื่อบ่งชี้สภาพของไนโตรเจนที่ข้าวได้รับจากถั่วปุ๋ยพืชสดโดยใช้แผ่นเทียบสีใบข้าว (สถาบันวิจัยข้าว, 2548 ; กรมการข้าว, 2551) ที่มีแถบสีจำนวน 6 แถบ คือ เริ่มจากระดับค่าสีหมายเลข 1 สีเขียวแกมเหลือง ถึงระดับค่าสีหมายเลข 6 สีเขียวเข้ม และกำหนดให้ระดับค่าสีเฉลี่ยเท่ากับ 3 เป็นค่าวิกฤตของใบข้าว สุ่มวัดระดับค่าสีของใบข้าวจำนวน 10 ใบต่อแปลงทดลองโดยใช้ใบที่ 3-4 จาก

ยอดลงมาและใบธง ทำการวัดโดยวางแผ่นเทียบสีใบข้าวทาบตามแนวตั้งของใบข้าว อ่านค่าสีและบันทึกระดับค่าสีตามหมายเลข

7) การวิเคราะห์สมบัติดินหลังการทดลอง ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 1 สัปดาห์ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของดินหลังการทดลองโดยใช้วิธีการเหมือนกับการทดลองเบื้องต้น

2.2.3.2 การแปลความหมายผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยวิธี ANOVA พิจารณาค่า F ที่คำนวณได้กับค่า F ในตาราง F ของสิ่งทดลอง ถ้าค่า F ที่คำนวณได้มากกว่าค่า F ในตาราง แสดงว่า ผลของสิ่งทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สุรพล, 2528) สำหรับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสิ่งทดลองใช้วิธี LSD ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

บทที่ 4

ผล

1. การวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้น

ผลการศึกษาการวินิจฉัยปัญหาเบื้องต้นของการใช้ปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ครอบคลุมการศึกษาระบบการผลิตของครัวเรือนเกษตรกร ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ปุ๋ยพืชสด และการประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของการใช้ปุ๋ยพืชสด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ระบบการผลิตของครัวเรือนเกษตรกร

ระบบการผลิตของครัวเรือนเกษตรกรที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่จะมีกิจกรรมการเกษตรแบบผสมผสานโดยมีการปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก และมีกิจกรรมอื่น ๆ เป็นอาชีพเสริม ได้แก่ ทำสวนยางพารา ปลูกพืชผัก ปลูกพืชไร่ เลี้ยงสุกรขุน เลี้ยงโคเนื้อ และเลี้ยงปลา มีรายละเอียดดังนี้

เกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกข้าวปีละหนึ่งครั้งในฤดูนาปี ปลูกแบบนาดำ และนาหว่านข้าวแห้ง การปลูกมีการเตรียมดินโดยการไถ 2-3 ครั้ง และปลูกข้าวในช่วงเดือนตุลาคม พันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เล็บนก เฉี้ยง สังข์หยด อูเด็น ขาวมาเลย์ ชัยนาท 1 และพันธุ์อื่น ๆ อีกเล็กน้อย แหล่งเมล็ดพันธุ์ซื้อมาจากหน่วยงานราชการและเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ปลูกเอง ใช้ปุ๋ยอินทรีย์พวกปุ๋ยพืชสดตามคำแนะนำของทางราชการ และเป็นที่น่าสังเกตว่าเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเคมีน้อย มีบางรายที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 แต่จะใส่เพียงครั้งเดียวเฉพาะในช่วงแตกกอสูงสุด ซึ่งแตกต่างจากคำแนะนำทางราชการที่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ในช่วงแรกเป็นปุ๋ยรองพื้นและใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 หรือ 21-0-0 ในช่วงที่สองเป็นปุ๋ยแต่งหน้า มีปัญหาโรคระบาดจากการทำลายของเพลี้ยไฟ และหนอนกอ โดยพบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปัญหามากกว่าแปลงที่ใช้ปุ๋ยอินทรีย์พวกปุ๋ยพืชสดเพียงอย่างเดียว มีผลผลิตประมาณ 40-70 ถัง ไร่$^{-1}$ ขึ้นกับพันธุ์ข้าวและการใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดิน

กิจกรรมการปลูกพืชผัก/พืชไร่นั้นจะทำได้เฉพาะในพื้นที่ที่สามารถจัดการเรื่องน้ำได้หลังการเก็บเกี่ยวข้าว เช่น ขุดบ่อเล็ก ๆ หรือขุดเจาะน้ำบาดาลนำน้ำมาใช้ ชนิดผัก

ที่นิยมปลูกได้แก่ พริก แตงกวา และแตงโม ส่วนพืชไร่ที่นิยมปลูกได้แก่ ข้าวโพดหวาน และถั่วลิสง ส่วนใหญ่ปลูกในช่วงเดือนมีนาคม-กันยายน (ภาพที่ 2) มีการใช้ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยเคมีสูตร13-13-21 โดยเฉพาะการปลูกพริกมีการใช้ปุ๋ยพืชสดและน้ำหมักชีวภาพ ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเลย เนื่องจากมีการรวมกลุ่มกันปลูกพริกปลอดสารพิษ และมีพ่อค้ามารับซื้อเพื่อส่งออกประเทศสิงคโปร์เป็นประจำ

ปัจจุบันเกษตรกรมีการตื่นตัวในการปลูกยางพารากันมาก เนื่องจากยาง-พารามีราคาสูงขึ้น สามารถเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรมากกว่าการปลูกข้าว เกษตรกรจึงมีการเปลี่ยนพื้นที่นานำมาปลูกยางพารากันมากขึ้น โดยจะมีพื้นที่ปลูกยางพาราประมาณ 5-10 ไร่ต่อราย ปัจจุบันยางพารามีอายุประมาณ 3-10 ปี

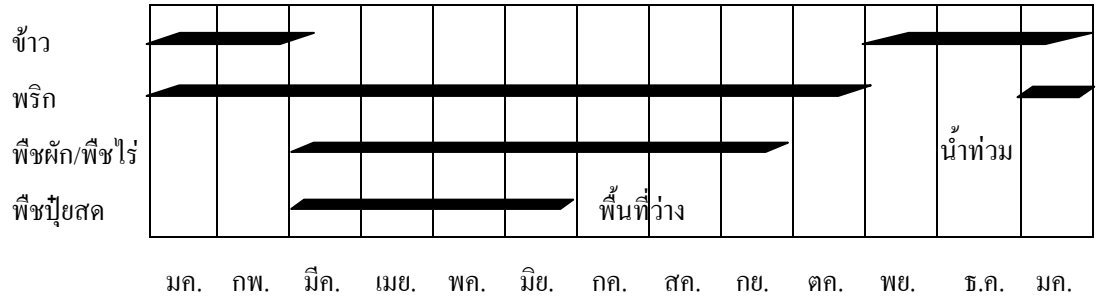
ส่วนกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์นั้นเกษตรกรนิยมเลี้ยงสุกรขุน มีการเตรียมคอกเลี้ยงโดยสร้างคอกแบบง่าย ๆ มีการให้อาหารสุกรสำเร็จรูปผสมรำข้าว เศษอาหาร หรือสาหร่ายทะเล นอกจากนี้ยังนิยมเลี้ยงโคขุน ฤดูแล้งมีการปล่อยเลี้ยงในบริเวณทุ่งหญ้าธรรมชาติใกล้บ้านหรือพื้นที่นา ฤดูฝนตัดหญ้าให้กิน สำหรับการเลี้ยงปลา นิยมเลี้ยงปลาจีน ปลาตะเพียน และปลาบ้าในบ่อขนาดเล็ก ผลผลิตที่ได้ใช้บริโภคในครัวเรือนและขายในตลาดท้องถิ่นเท่านั้น

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้ปุ๋ยพืชสด

การพิจารณาศักยภาพและข้อจำกัดของการใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรนั้นได้พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 3 ด้าน คือ ด้านกายภาพ ด้านชีวภาพ และด้านสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

1.2.1 ปัจจัยทางด้านกายภาพ

พื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกรมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบ ลักษณะภูมิอากาศมีความแห้งแล้งในฤดูร้อนและมีน้ำขังในฤดูฝน เนื่องจากไม่มีระบบชลประทานเกษตรกรจึงอาศัยน้ำฝนในการทำนาซึ่งเป็นข้าวนาปี การกระจายตัวของฝนเริ่มตกช่วงแรกในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม และฝนตกช่วงที่สองประมาณเดือนตุลาคมและจะตกชุกในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม เกษตรกรจะทำการเตรียมพื้นที่โดยการไถพรวนในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน จะทำการปลูกข้าวโดยการปักดำข้าวหรือหว่านข้าวในช่วงเดือนตุลาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม (ภาพที่ 2) หลังจากนั้นจะเข้าสู่ฤดูแล้งช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งในสภาพพื้นที่มีน้ำในดินเพียงพอเกษตรกรจะมีการปลูกพืชผัก/พืชไร่ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน ส่วนการปลูกปุ๋ยพืชสดนั้น พบว่าปลูกได้ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนกรกฎาคมขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของปุ๋ยพืชสดเพื่อไถกลบสำหรับเป็นปุ๋ยให้แก่พืชอื่น ๆ และข้าวที่ปลูกตามมา



ภาพที่ 2 ระบบการปลูกพืชที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติของพื้นที่ กรณีพื้นที่ปลูกพืชปุ๋ยสดจะไถกลบแล้วทิ้งไว้ในพื้นที่เกินกว่า 1 เดือน และมีการปลูกข้าวตามหลังปลายเดือนตุลาคม

ลักษณะดินเป็นปัจจัยหรือองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อศักยภาพการผลิตของพื้นที่ พบว่าลักษณะดินเดิมเป็นดินร่วนปนทราย สีขาวซีด ไถพรวนยาก มี pH ประมาณ 4.0-4.5 เกษตรกรมีประสบการณ์ใช้ปุ๋ยหมักปรับปรุงดิน ซึ่งพบว่าได้ผลผลิตข้าวดีขึ้น แต่มีข้อจำกัดคือต้องใช้ปุ๋ยหมักปริมาณมาก จึงหันมาสนใจและใช้ปุ๋ยพืชสดตามคำแนะนำของสถานีพัฒนาที่ดินพัทลุง หลังจากได้ใช้ปุ๋ยพืชสดพบว่าสีของดินเปลี่ยนเป็นขาวขุ่นถึงดำ ไถพรวนง่าย มี pH ประมาณ 6.0-6.5 และเมื่อปลูกพืชอื่น ๆ ตามหลัง ปรากฏว่าพืชมีการเจริญเติบโตในส่วนของราก ต้น ใบ ดอก และให้ผลผลิตดีขึ้นกว่าเดิม เกษตรกรส่วนใหญ่จึงเห็นความสำคัญของการปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยพืชสด ซึ่งได้รับความรู้จากทางราชการและลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และมีความเห็นว่าในอนาคตถ้าจะผลิตข้าวอินทรีย์ก็จะใช้ปุ๋ยพืชสดทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี

1.2.2 ปัจจัยทางด้านชีวภาพ

การใช้ชนิดและพันธุ์ข้าว พบว่าส่วนใหญ่เกษตรกรปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองพวกไวต่อช่วงแสง ได้แก่ พันธุ์เล็บนก เฉี้ยง สังข์หยด อูเด็น ขาวมาเลย์ และพันธุ์อื่น ๆ เล็กน้อย แหล่งเมล็ดพันธุ์ซื้อจากหน่วยงานราชการและเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ปลูกเอง เป็นที่น่าสังเกตว่าก่อนจะมีการใช้ปุ๋ยพืชสดนั้น มีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมาก ข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ประมาณ 30-50 ถัง ไร่$^{-1}$ หลังจากมีการใช้ปุ๋ยพืชสดพบว่าข้าวมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเป็นที่พอใจของเกษตรกรคือประมาณ 40-70 ถัง ไร่$^{-1}$ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเจริญเติบโตของข้าวในระยะต่าง ๆ ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และข้าวมีคุณภาพหุงต้มดีกว่าเดิม นอกจากนี้เกษตรกรยังให้เหตุผลที่ใช้พันธุ์ข้าวพื้นเมืองดังกล่าวว่ามีความเหมาะสมกับการใช้ปุ๋ยพืชสด เนื่องจากข้าวพันธุ์พื้นเมืองเหล่านี้ตอบสนองต่อปุ๋ยน้อยกว่าพันธุ์ที่ทางราชการส่งเสริม ส่วนการใช้ชนิดปุ๋ยพืชสดพบว่าเกษตรกรนิยมปลูกถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และปอเทือง โดยถั่ว

พุ่มเป็นชนิดที่เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุด และกำลังสนใจที่จะใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดอื่นคือโสนอัฟริกัน เกษตรกรปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดโดยวิธีหว่านในอัตราเมล็ดพันธุ์ 10-15 กก.ไร่$^{-1}$ และนิยมปลูกข้าวพันธุ์สังข์หยดตามหลัง

1.2.3 ปัจจัยทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ

การใช้ปัจจัยการผลิต พบว่าก่อนใช้ปุ๋ยพืชสดเกษตรกรมีการใช้ปัจจัยการผลิตปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 25-50 กก. ไร่$^{-1}$ และมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวเป็นประจำ แต่ผลผลิตข้าวไม่ได้เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใช้เพิ่มขึ้น ดินเสื่อมมีสภาพเป็นกรด เกษตรกรได้สังเกตพบว่าว่าน้ำประปาหมู่บ้านน่าจะมีการปนเปื้อนจากสารเคมีที่ใช้ และเกษตรกรมีอาการเหนื่อยง่ายขณะปฏิบัติงาน ภายหลังการใช้ปุ๋ยพืชสดปรากฏว่า ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลดน้อยลงคือใช้ประมาณ 20 กก. ไร่$^{-1}$ เกษตรกรบางรายไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวเลย ผลผลิตข้าวที่ได้ก็ยังเป็นที่น่าพอใจ โรคและแมลงศัตรูข้าวในนามีน้อยลงกว่าเดิม และทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

การใช้แรงงาน พบว่าแรงงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้จำนวนกิจกรรมที่เกษตรกรในพื้นที่จะสามารถดำเนินการได้ โดยส่วนใหญ่เกษตรกรแต่ละครัวเรือนใช้แรงงาน 2 คนคือสามีและภรรยา ในขณะที่ลูก ๆ ที่อยู่ในวัยเรียนได้เดินทางไปเรียนหนังสือที่โรงเรียนประจำอำเภอ จึงมีโอกาสช่วยงานบ้างเล็กน้อย ส่วนลูกที่อยู่ในวัยทำงานก็ไปทำงานนอกภาคเกษตรกรรม และพบว่าก่อนจะมีการใช้ปุ๋ยพืชสดเกษตรกรบางรายมีการจ้างแรงงานในการหว่านปุ๋ยเคมีและฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืชในระบบการผลิต ทำให้มีต้นทุนค่าจ้างแรงงานสูง แต่หลังจากมีการใช้ปุ๋ยพืชสด พบว่าสามารถลดต้นทุนค่าจ้างแรงงานดังกล่าวลงได้

ทัศนคติและสภาพสังคมในพื้นที่ พบว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อการยอมรับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยพืชสด โดยเกษตรกรในพื้นที่ศึกษามีทัศนคติและสภาพสังคมคล้าย ๆ กับในพื้นที่อื่น ๆ กล่าวคือ ในระยะแรกที่เริ่มมีการใช้ปุ๋ยพืชสดเกษตรกรบริเวณใกล้เคียงมีทัศนคติว่าการทำนาแบบเดิมที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีก็ดีอยู่แล้ว และไม่เชื่อว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจะทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มสูงขึ้นหรือจะทำให้ดินดีขึ้น แต่ต่อมาประมาณปี พ.ศ. 2545 หลังจากที่มีเกษตรกรบางรายใช้ปุ๋ยพืชสดแล้วได้รับผลดีทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงขึ้น ดินดีขึ้น และลดต้นทุนการผลิต ปรากฏว่าเกษตรกรเหล่านั้นได้เปลี่ยนแปลงทัศนคติเดิมและหันมาสนใจปุ๋ยพืชสดเพิ่มขึ้น และได้มีการรวมกลุ่มเพื่อร่วมกันจัดการปุ๋ยพืชสดในนาข้าวในเวลาต่อมา ซึ่งการตัดสินใจประกอบกิจกรรมต่าง ๆ พบว่ามีเหตุผลเฉพาะเรื่อง สำหรับการตัดสินใจขึ้นอยู่กับสภาพแรงงานและความเห็นของสมาชิกในครัวเรือนหรือบางครั้งเป็นการตัดสินใจในระดับชุมชน ปรากฏว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีนั้นต้องได้รับการยอมรับจากสมาชิกในครัวเรือน

ก่อนว่าทำให้ต้นทุนในการผลิตข้าวลดต่ำลง ส่วนความเห็นในระดับชุมชนในระยะแรก ๆ ได้รับการคัดค้านว่าไม่น่าจะได้ผลดี เกษตรกรผู้ใช้ปุ๋ยพืชสดในระยะแรก ๆ จึงได้ใช้วิธีการสร้างการยอมรับโดยการปฏิบัติให้เห็นผลดีก่อน ในระยะต่อมาจึงได้รับการยอมรับเพิ่มมากขึ้น

การใช้ที่ดินและทุนทรัพย์ในการผลิต พบว่ามีส่วนสำคัญในระบบการผลิตของเกษตรกร เป็นดัชนีบ่งชี้ศักยภาพในการพัฒนาระบบการเกษตรในพื้นที่ ปรากฏว่าเกษตรกรทุกรายทำนาในพื้นที่ดินของตนเองไม่มีที่ดินเช่า จึงสนใจที่จะใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงดินในพื้นที่นาของตนเองอย่างเต็มที่

ส่วนโครงสร้างการตลาดและราคาผลผลิต พบว่าเกษตรกรไม่สามารถควบคุมสินค้าเกษตรได้ แต่โครงสร้างการซื้อขายสินค้าเกษตรในพื้นที่มีส่วนช่วยให้การแก้ปัญหาในเรื่องคุณภาพสินค้าและการปรับปรุงระบบตลาดให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปรากฏว่าตลาดต้องการผลผลิตที่มีคุณภาพปลอดภัยจากสารเคมีและให้ราคาดี จึงทำให้มีผลมากต่อการตัดสินใจเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงผลผลิตให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ผลผลิตการเกษตรที่เกษตรกรผลิตได้ส่วนใหญ่จะซื้อขายภายในท้องถิ่น พ่อค้าในตลาดท้องถิ่นจะรวบรวมเพื่อส่งขายไปยังตลาดต่างจังหวัด สินค้าเกษตรบางประเภท เช่น ผักปลอดสารพิษ จะมีพ่อค้ารวบรวมส่งขายไปยังตลาดกลางในเมืองใหญ่ ได้แก่ หาดใหญ่ ภูเก็ต และบางส่วนจะส่งออกไปยังตลาดกลางในมาเลเซียและสิงค์โปร์ ส่วนข้าวอินทรีย์หรือข้าวปลอดสารพิษยังมีการผลิตในภาคใต้น้อย แต่เป็นผลิตภัณฑ์เกษตรที่ตลาดมาเลเซียและสิงค์โปร์มีความต้องการมากในปัจจุบัน

นอกจากนี้ พบว่ามีปรากฏการณ์ที่น่าสนใจของเกษตรกรในพื้นที่หลังจากที่เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยพืชสดกันมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสด คือ ไม่สามารถจัดหาเมล็ดพันธุ์ได้ตามความต้องการทั้งในเชิงเวลาและปริมาณ เกษตรกรจึงแก้ไขปัญหาโดยการรวมกลุ่มเกษตรกรตั้งเป็นกลุ่มรวมใจใสหลวง มีสมาชิก 45 คน โดยมีคุณผ่องศรี สุขรุ่ง เป็นประธานกลุ่ม และมีเป้าหมายหลัก 3 ประการ คือ (1) จัดตั้งธนาคารเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสด (2) ปลูกผักปลอดสารพิษ และ (3) ปลูกข้าวอินทรีย์

1.3 การประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของการใช้ปุ๋ยพืชสด

จากผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง สามารถประเมินศักยภาพและข้อจำกัดได้ดังต่อไปนี้

1.3.1 ศักยภาพการใช้ปุ๋ยพืชสดในการทำนา

1) จังหวัดพัทลุงเป็นอู่ข้าวของภาคใต้มาตั้งแต่โบราณกาล เกษตรกรมีประสบการณ์และภูมิปัญญาทำนามาตั้งแต่บรรพบุรุษ ดังนั้นหากเกษตรกรได้รับรู้การใช้ถั่วปุ๋ย

พืชสดที่ถูกต้องและสามารถเห็นผลดีในการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้งในแง่การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินนา การลดค่าใช้จ่ายในการซื้อปุ๋ยเคมี ลดมลภาวะของน้ำและดิน และสามารถเพิ่มมูลค่าของผลผลิตแล้ว การพัฒนาและส่งเสริมให้มีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดน่าจะมีศักยภาพสูง

2) เกษตรกรนิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองของท้องถิ่นที่ได้รับความนิยมในการบริโภคของคนในภาคใต้ เช่น พันธุ์เล็บนก เฉี้ยง สังข์หยด โดยเฉพาะพันธุ์สังข์หยดตลาดผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมีความต้องการมาก เนื่องจากได้รับการพิสูจน์ว่ามีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถผลิตเป็นข้าวกล้องงอกที่ตลาดทั้งในและนอกประเทศมีความต้องการสูง การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นข้าวปลอดสารเคมีหรือแม้แต่ข้าวอินทรีย์ในอนาคตเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลิตภัณฑ์ข้าวจึงมีโอกาสเกิดขึ้นสูง

3) จากการทดสอบการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในบางพื้นที่การทำนาของเกษตรกรในจังหวัดพัทลุงพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและพบว่าทำให้สภาพดินนามีสมบัติดีขึ้น จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญบ่งชี้ถึงศักยภาพของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในพื้นที่แห่งนี้ได้

4) เมื่อพิจารณาถึงฐานทรัพยากรการผลิตข้าว เช่น ที่ดิน แหล่งน้ำ ฤดูกาล พันธุ์ข้าว แรงงาน และทัศนคติของเกษตรกร พบว่ามีพื้นที่ไม่น้อยกว่าหนึ่งในสามของพื้นที่ทำนาทั้งหมดของจังหวัดพัทลุงที่เหมาะสมและมีศักยภาพในการพัฒนาการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในนาได้

5) เกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่มีความเข้มแข็งในการทำงานร่วมกันจะเห็นได้จากมีการรวมกลุ่มเกษตรกรจัดตั้งเป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มรวมใจใสหลวง ตำบลปันแต อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เพื่อให้สมาชิกในกลุ่มได้รับประโยชน์จากการใช้ปุ๋ยพืชสดในการทำนาอย่างเต็มที่ ทำให้สามารถทำนาในพื้นที่ขนาดใหญ่ และสามารถพัฒนาระบบการจัดการและการปรับปรุงการผลิตตามหลักวิชาการตามความต้องการของตลาดได้ ตัวอย่างเช่น การจัดตั้งธนาคารเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสดเพื่อจัดการเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสดที่สามารถให้สมาชิกได้รับตามความต้องการทั้งในเชิงของเวลาและปริมาณได้

1.3.2 ข้อจำกัดการใช้ปุ๋ยพืชสดในการทำนา

1) การทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดที่ปฏิบัติกันอยู่ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากมีข้อจำกัดหรือปัญหาเกี่ยวกับการจัดหาเมล็ดพันธุ์ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกร ทางภาคราชการสามารถให้การสนับสนุนเมล็ดพันธุ์ได้เพียงเล็กน้อยไม่เพียงพอกับความต้องการของเกษตรกร และมีการให้เมล็ดพันธุ์เร็วเกินไปคือประมาณเดือนพฤษภาคม- มิถุนายน เกษตรกรต้องปลูกในช่วงเวลาดังกล่าวทันที เพราะถ้าเก็บไว้นานเมล็ด

พันธุ์จะเสื่อมคุณภาพได้ง่าย ต้องมีการสับกลบปุ๋ยพืชสดลงดินประมาณเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม หรือประมาณ 2-3 เดือนก่อนปลูกข้าวตามหลัง จึงไม่สอดคล้องกับจังหวะเวลาปลูกข้าวของเกษตรกรประมาณเดือนตุลาคม ทำให้ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดหลังการสับกลบ ข้าวได้รับไม่เต็มที่

2) ปัญหาความอุดมสมบูรณ์ของดินที่พบว่าดินส่วนใหญ่มีฤทธิ์เป็นกรด และความอุดมสมบูรณ์ของดินเสื่อมลงตามลำดับ เนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน มีผลทำให้ผลผลิตของข้าวตกต่ำ เกษตรกรมีความรู้ในการปรับปรุงดินตามหลักวิชาการน้อย ทำให้ความยั่งยืนในการทำนาของเกษตรกรลดน้อยถอยลงไปอีกด้วย

3) เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดน้อย เช่น ขาดความรู้ในการปรับปรุงสภาพดินให้เหมาะสม เพื่อผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดให้สูง ขาดความรู้เกี่ยวกับช่วงเวลาการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดที่เหมาะสมเพื่อปลดปล่อยให้ไนโตรเจนเพียงพอต่อความต้องการและตรงกับระยะการเจริญเติบโตในการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ส่งผลให้ข้าวที่ปลูกตามหลังไม่สามารถสร้างผลผลิตได้เต็มตามศักยภาพของปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดได้

4) เนื่องจากเกษตรกรมีกิจกรรมผลิตทางการเกษตรผสมผสานหลายอย่างเพื่อประกันความเสี่ยงของการผลิต ดังนั้นจึงต้องการเวลา แรงงานและความสะดวกในการปฏิบัติงานมาก กลายเป็นข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมปลูกถั่วปุ๋ยพืชสดเพราะต้องใช้เวลาในการดูแลรักษาเพิ่มขึ้น เกษตรกรจึงนิยมใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกพืชเนื่องจากมีความสะดวกกว่าการปฏิบัติการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด

5) เกษตรกรส่วนใหญ่ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในการทำนา จึงทำให้เกษตรกรมีทัศนคติว่าการทำนาแบบเดิมที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีดีกว่าการใช้ปุ๋ยพืชสด และไม่เชื่อว่าการใช้ปุ๋ยพืชสดจะทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้นและมีคุณภาพดีกว่าเดิม

1.3.3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่ได้รับจากเกษตรกร

เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจ 2 ประการ ได้แก่ (1) ควรมีการวิจัยและพัฒนาการใช้ปุ๋ยพืชสดในระดับพื้นที่ทำนาของเกษตรกรในจังหวัดพัทลุง และ (2) ควรปรับปรุงการผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกร โดยวางแผนกำหนดเวลาการปลูกพืชปุ๋ยสดให้เหมาะสมตามคำแนะนำของสำนักงานพัฒนาที่ดินจังหวัดพัทลุงและตามหลักวิชาการ และมีการรวมกลุ่มร่วมกันปรับปรุงการผลิตทั้งในเชิงปริมาณ คุณภาพและการตลาด โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวอินทรีย์

จากการประมวลผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวและข้อเสนอแนะของเกษตรกรดังกล่าวข้างต้นนี้ทำให้ได้ข้อสรุปที่สำคัญ ๆ อันเป็นที่มาของสมมติฐานในการทดลองในครั้งนี้

2. การวิจัยเชิงทดลอง

2.1 การทดลองเบื้องต้น

ผลการศึกษาการใช้วัสดุปรับปรุงดินและคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ การสะสมธาตุอาหารของถั่วปุ๋ยพืชสด และการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินทางเคมีบางประการภายหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดที่ปลูกในดิน 2 สภาพ คือ สภาพยกระดับ pH ดิน และสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน และผลการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดมีดังนี้

2.1.1 สมบัติดินก่อนการทดลอง

งานทดลองนี้ได้ดำเนินการในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง ดินทดลองเป็นกลุ่มชุดดินที่ 6 ชุดดินพัทลุง (phatthalung series : Ptl) ดินชั้นบนมีน้ำตาลปนเทา มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองพบว่า มีความเป็นกรดสูง (pH 4.58) แนะนำให้ใช้ปูน [$Ca(OH)_2$] จำนวน 187.20 กก. ไร่$^{-1}$ เพื่อยกระดับ pH เป็น 5.50 มีปริมาณอินทรียวัตถุระดับปานกลาง 2.15 % ไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ 0.13 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง 26.59 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 0.11, 0.05, 2.13 และ 0.13 meq 100 g^{-1} soil ตามลำดับ ปริมาณซัลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์ 38.71 mg kg^{-1} ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) 8.68 meq 100 g^{-1} soil และมีอะลูมินัม 1.18 meq 100 g^{-1} soil ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติดินก่อนการทดลอง

สมบัติดิน	ค่า
pH (soil : water = 1 : 5)	4.58
Organic matter (%)	2.09
Total Nitrogen (%)	0.10
Available P (mg kg^{-1} soil)	26.59
Exchangeable K (meq 100 g^{-1} soil)	0.11
Na (meq 100 g^{-1} soil)	0.05
Ca (meq 100 g^{-1} soil)	2.13
Mg (meq 100 g^{-1} soil)	0.13
Available S (mg kg^{-1} soil)	38.71
CEC (meq 100 g^{-1} soil)	8.68
Al (meq 100 g^{-1} soil)	1.18
Acidity (meq 100 g^{-1} soil)	1.36
Lime requirement pH 5.5 [kg $Ca(OH)_2$ rai^{-1}]	187.20
Soil texture	clay loam

2.1.2 การเจริญเติบโต ผลผลิตมวลชีวภาพ การสะสมธาตุอาหารของถั่วปุ๋ยพืชสด และสมบัติดินทางเคมีบางประการภายหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินและสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

2.1.2.1 โสนอัฟริกัน

1) ความสูง ความสูงเฉลี่ยของโสนอัฟริกันเมื่ออายุ 15 และ 30 วันหลังงอกพบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม และใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1 และ 2) ทั้งการปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินเป็น 5.50 และสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (4.58) ซึ่งเป็นระดับ pH ดินเดิม อย่างไรก็ตามการยกระดับ pH ดินมีแนวโน้มให้ความสูงของโสนอัฟริกันสูงกว่าการไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 5)

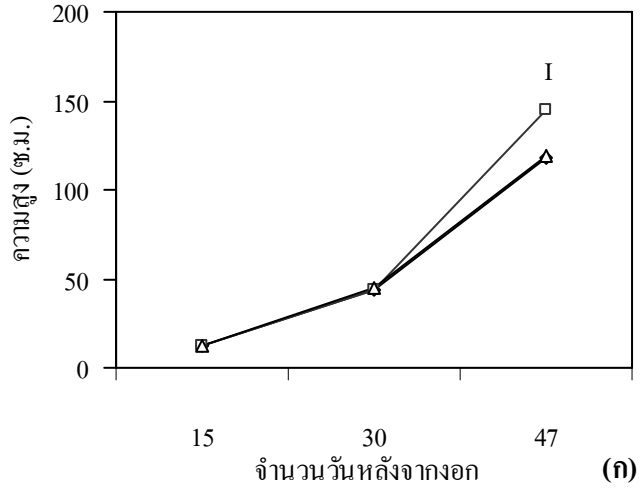
เมื่อครบอายุสับกลบ (47 วัน) ความสูงของโสนอัฟริกันก่อนสับกลบ พบว่า สภาพยกระดับ pH ดิน การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 1) กล่าวคือ

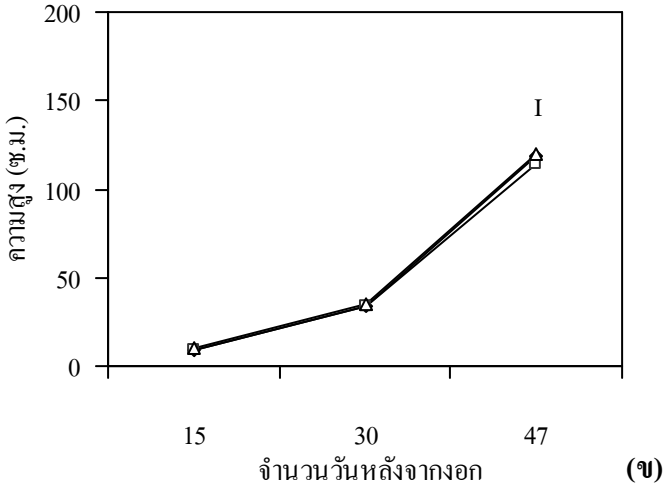
การคลุกเชื้อไรโซเบียมมีความสูงเฉลี่ย 131.97 ซ.ม. สูงกว่าการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม (122.72 ซ.ม.) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความสูงที่สุดเฉลี่ย 144.57 ซ.ม. รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน มีความสูงเฉลี่ย 144.57 และ 119.37 ซ.ม. ตามลำดับ ส่วนสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว แต่มีผลในทำนองเดียวกันทั้งการปลูกใน 2 สภาพดิน (ภาพที่ 3)

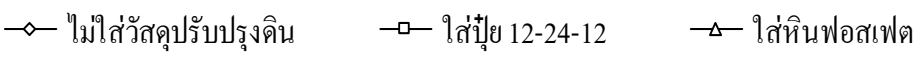
2) จำนวนปม จำนวนปมที่ลำต้น จำนวนปมที่ราก และจำนวนปมทั้งหมดของโสนอัฟริกัน (ตารางภาคผนวกที่ 3 และ 4) พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน มีผลต่อจำนวนปมที่ลำต้น จำนวนปมที่ราก และจำนวนปมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทำนองเดียวกันทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน กล่าวคือ การใส่ ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีจำนวนปมที่ลำต้น จำนวนปมที่ราก และจำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีจำนวนปมเฉลี่ยต่ำที่สุด แต่การใส่หินฟอสเฟตและไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด (ภาพที่ 4)

3) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสดของโสนอัฟริกัน (ตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6) พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด 3,981.06 และ 3,352.87 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 5)

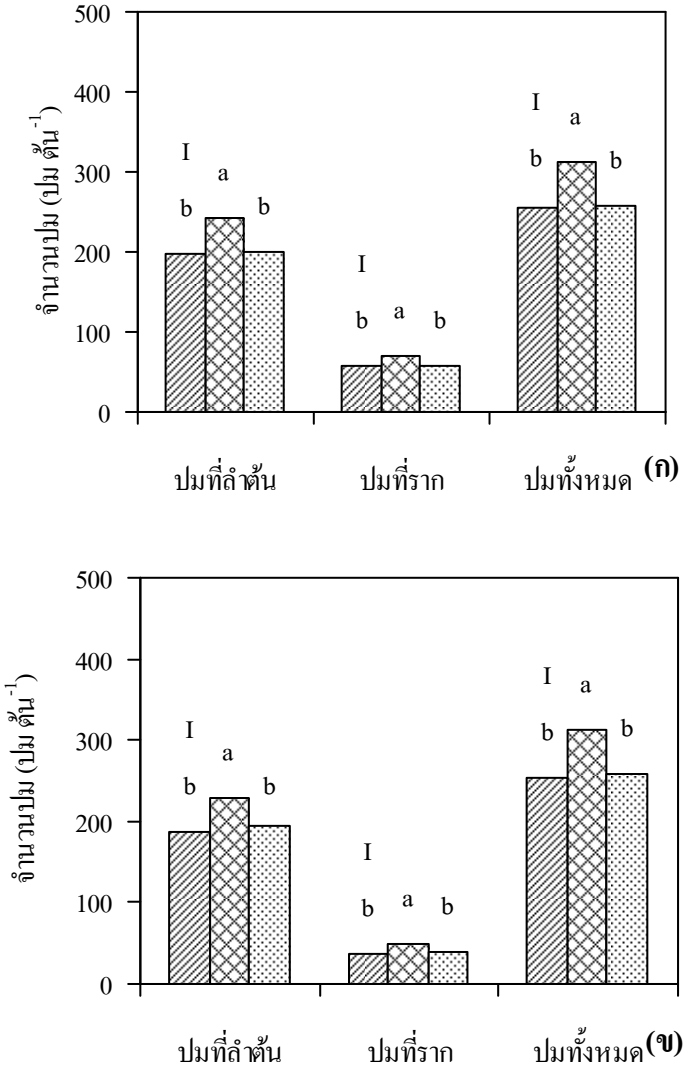
น้ำหนักแห้งของโสนอัฟริกัน (ตารางภาคผนวกที่ 5) พบว่ามีผลในทำนองเดียวกับน้ำหนักสด กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดินการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 660.20 กก. ไร่$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 544.07 และ 536.74 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกับในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 6) ก็พบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ 558.09, 448.63 และ 429.99 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 5)







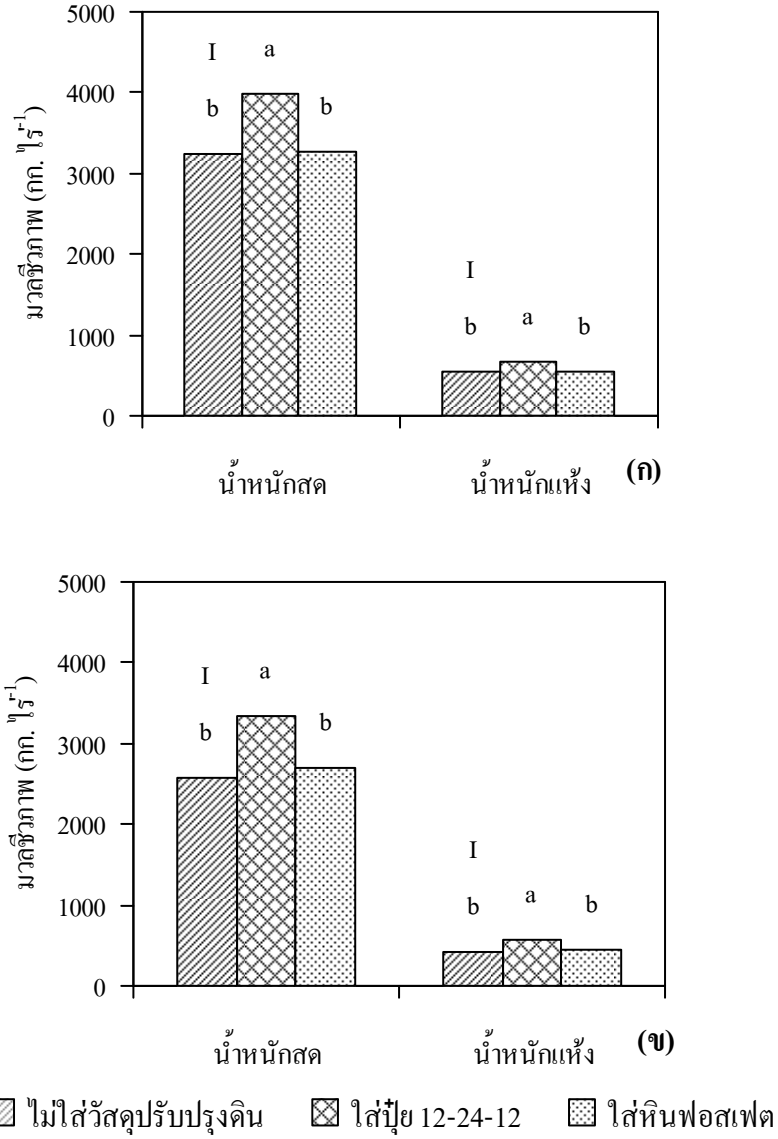
ภาพที่ 3 ความสูงเฉลี่ยของโสนอัฟริกันหลังจากวันงอกและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 4 จำนวนปมเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

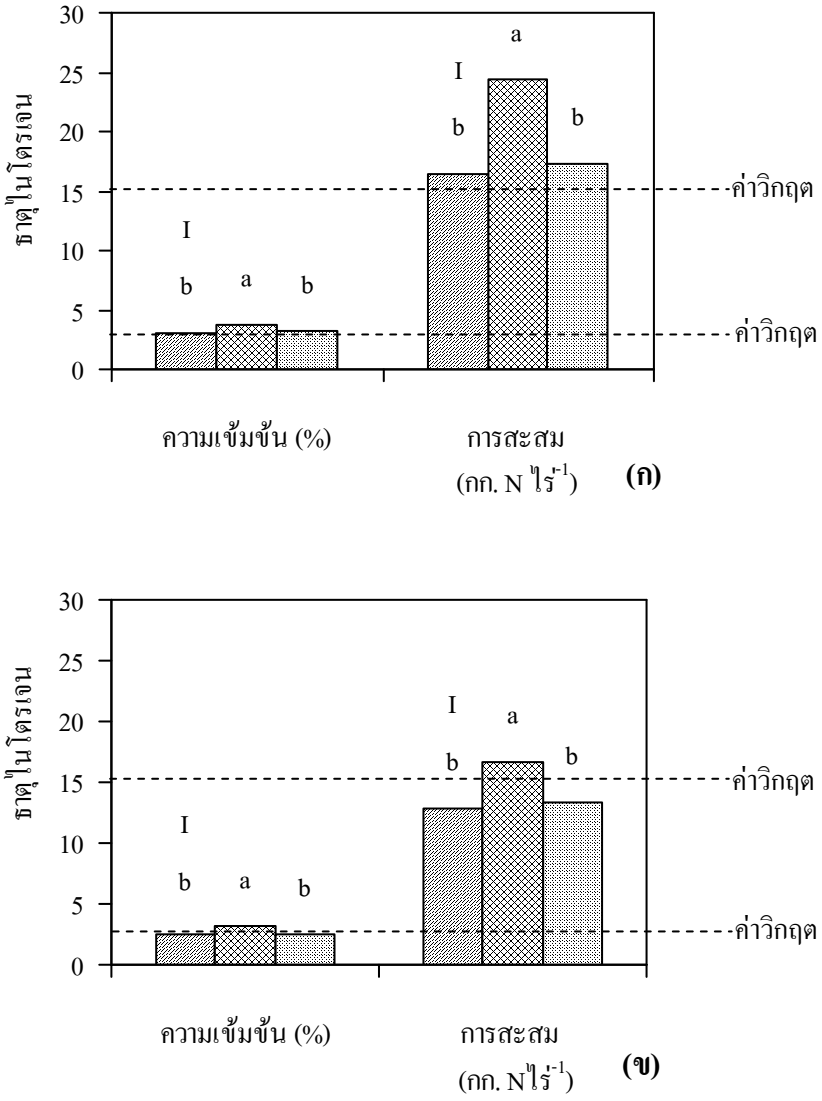


ภาพที่ 5 ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

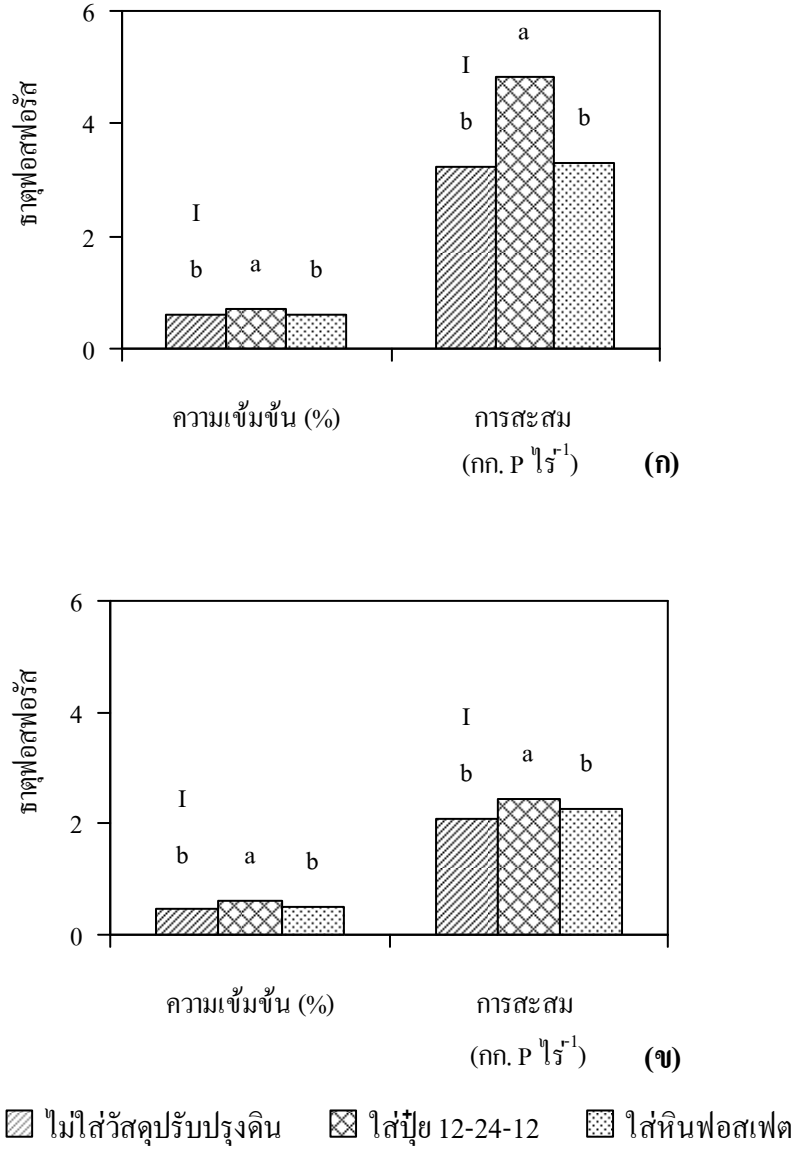
4) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเข้มข้นไนโตรเจนของโสนอัฟริกัน พบว่า ในสภาพยกระดับ pH ดิน การคลุกเชื้อไรโซเบียมต่างกันและการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 5) โดยการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูงกว่าการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียมคือ เฉลี่ย 3.41 และ 3.17 % ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 3.67, 3.17 และ 3.04 % ตามลำดับ ขณะที่ในสภาพไม่ยก ระดับ pH ดิน พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนเพียงปัจจัยเดียว และมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนโตรเจนต่ำกว่าในสภาพยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 6)

การสะสมไนโตรเจนของโสนอัฟริกัน (ตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6) พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมธาตุไนโตรเจนของโสนอัฟริกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีการสะสมไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินเฉลี่ย 24.40, 17.30 และ 16.47 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินก็มีผลในทำนองเดียวกัน (ภาพที่ 6) อย่างไรก็ตามในสภาพยกระดับ pH ดินมีการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าค่าวิกฤตการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด (15 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$)

ความเข้มข้นและการสะสมฟอสฟอรัสของโสนอัฟริกัน (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8) พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัสของโสนอัฟริกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดินการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 0.72, 0.60 และ 0.59 % ตามลำดับ (ภาพที่ 7) สำหรับการสะสมฟอสฟอรัสนั้นพบว่า ทั้งการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้ง 2 ปัจจัยเฉพาะในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินเท่านั้น อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในสภาพยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 7) มีการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงสุด 4.83 กก. ไร่$^{-1}$ ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินมีการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงสุด 3.71 กก. ไร่$^{-1}$ (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

ความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมของโสนอัฟริกัน พบว่าการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสภาพยกระดับ pH ดิน กล่าวคือ การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยสูงกว่าการไม่คลุกด้วยเชื้อไรโซเบียม คือ 1.74 และ 1.63 % ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 7) ขณะที่การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นโพแทสเซียมเฉลี่ยสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน คือ 1.91, 1.59 และ 1.55 % ตามลำดับ ส่วนในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว การสะสมโพแทสเซียมของโสนอัฟริกันพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญเพียงปัจจัยเดียว (ภาพที่ 8)

อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ของโสนอัฟริกัน พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุด คือ เฉลี่ย 15.18 และ 15.58 ตามลำดับ (ภาพที่ 9)

5) สมบัติของดินหลังการสับกลบ สมบัติดินทางเคมีบางประการภายหลังการสับกลบโสนอัฟริกัน 1 สัปดาห์ ได้แก่ pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

pH เฉลี่ยของดินหลังการสับกลบ 1 สัปดาห์ (ดิน : น้ำ = 1 : 5) พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มี pH ดินเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 5.03 และ 4.59 ตามลำดับ ส่วนการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 10)

ปริมาณอินทรียวัตถุของดินพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงสุด 2.95 และ 2.88 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต

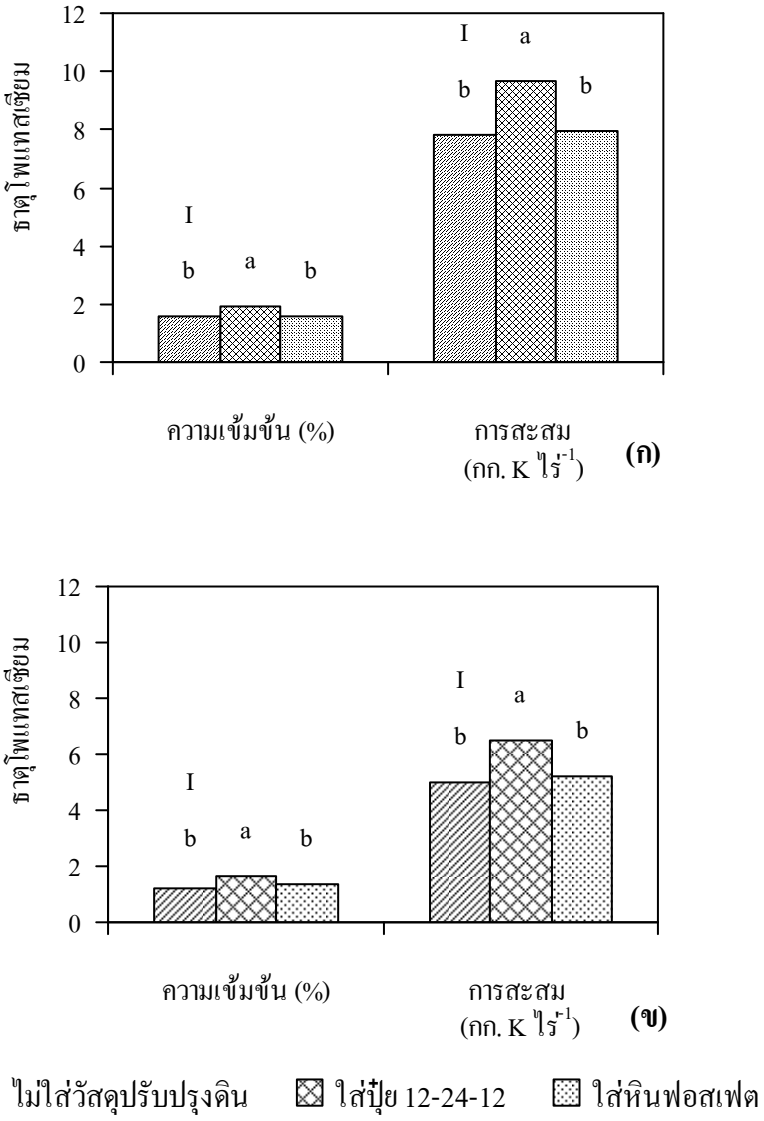
และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 10)

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.96 และ 11.14 meq $100\ g^{-1}$ soil ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 10)

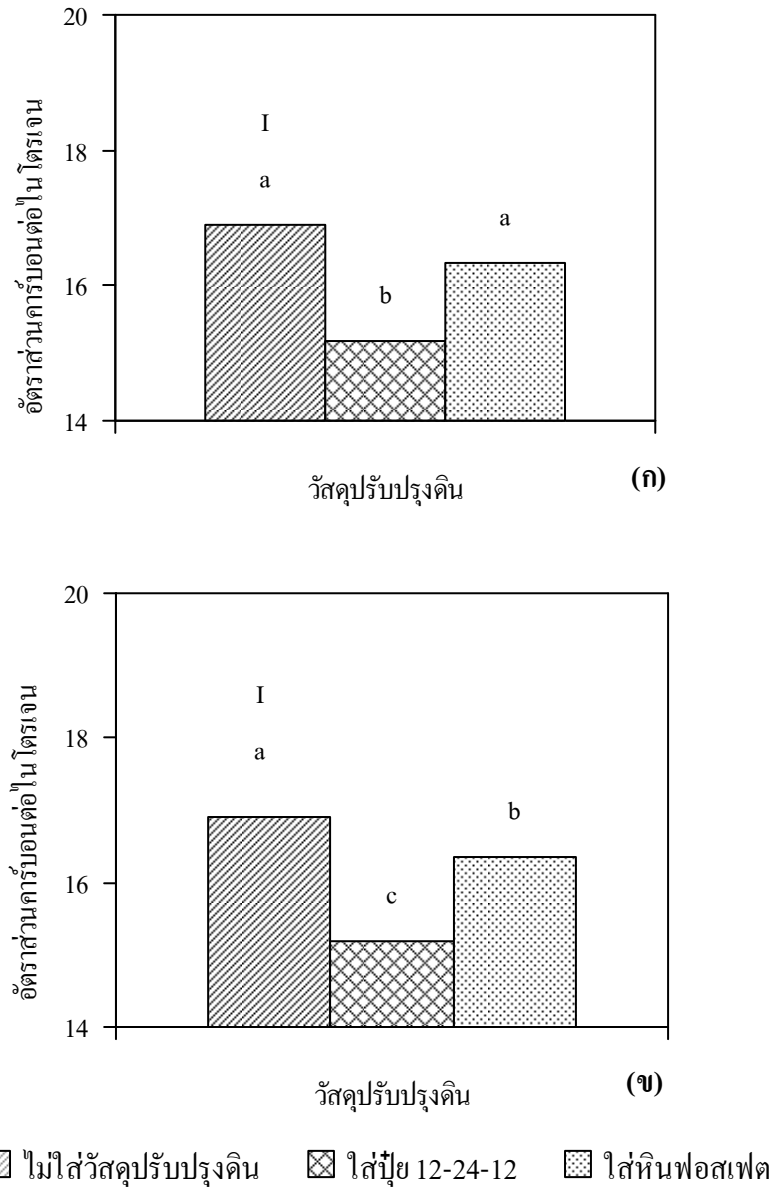
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเฉลี่ยสูงสุด 0.19 และ 0.16 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดินและไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 11)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 42.00 และ 41.24 มก. กก.$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดิน และไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพ ที่ 11)

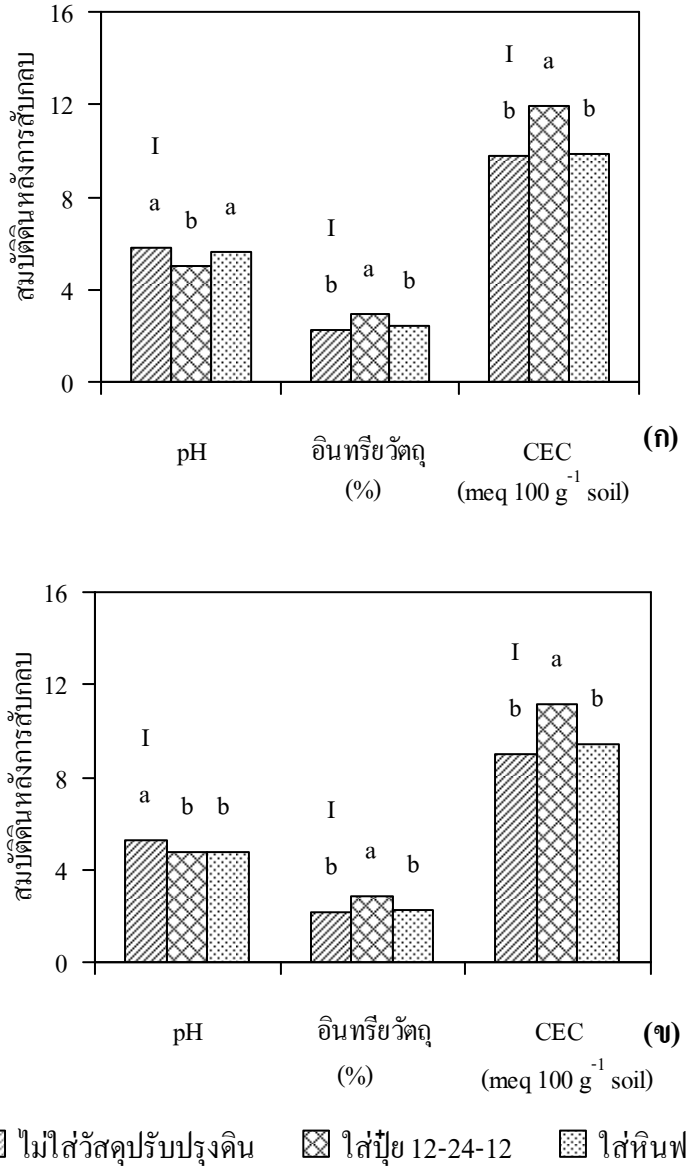
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 9 และ 10) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเฉลี่ยสูงสุด 0.19 และ 0.15 meq $100\ g^{-1}$ soil ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดินและไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 8 ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



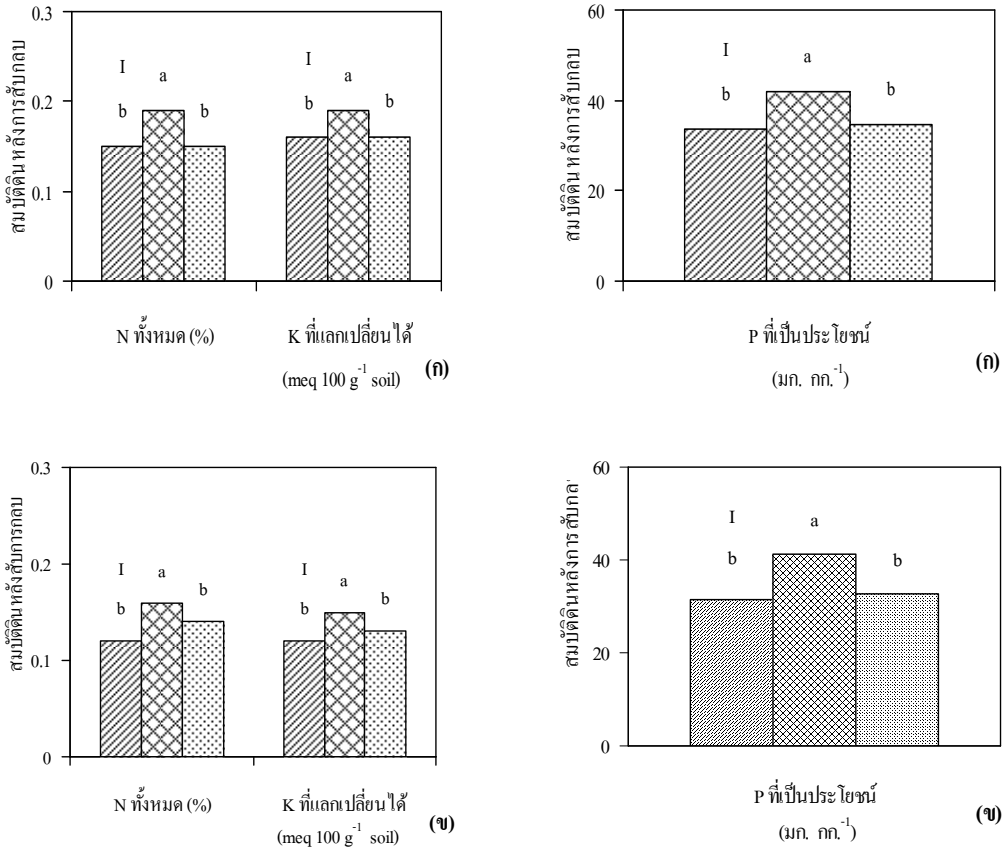
ภาพที่ 9 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 10 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 11 สมบัติของดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกันที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.1.2.2 ถั่วพุ่ม

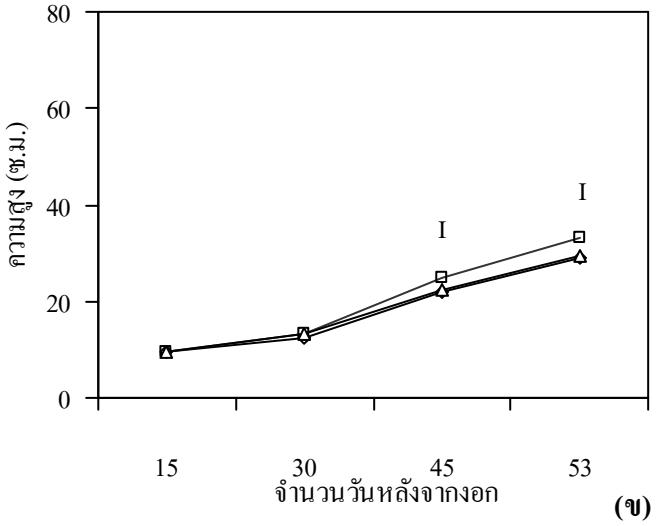
1) ความสูง ความสูงเฉลี่ยของถั่วพุ่มเมื่ออายุ 15 และ 30 วัน หลังงอกพบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 11 และ 12) ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 12)

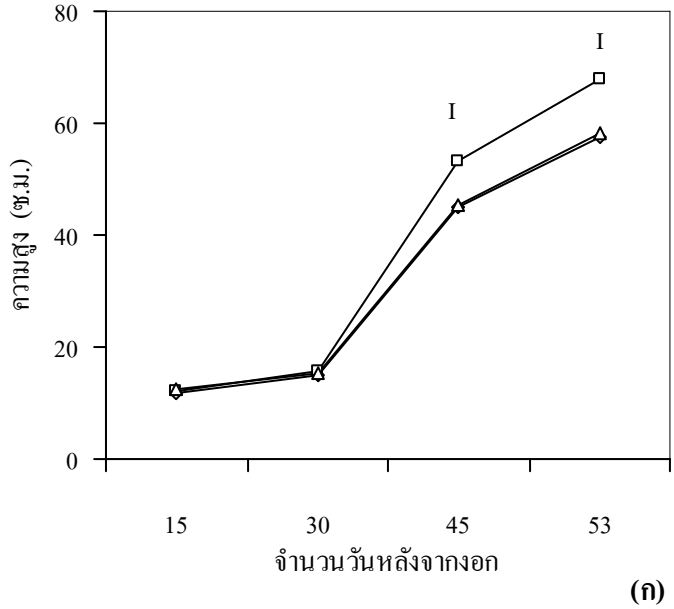
เมื่อมีอายุ 45 วัน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความสูงสูงที่สุดทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 11 และ 12) คือ เฉลี่ย 53.17 และ 24.85 ซ.ม. ตามลำดับ (ภาพที่ 12) ขณะที่การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีผลต่อความสูงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด

เมื่อครบอายุสับกลบ (53 วัน) ความสูงของถั่วพุ่มก่อนสับกลบพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 11 และ 12) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความสูงสูงที่สุดเฉลี่ย 67.84 และ 33.15 ซ.ม. ตามลำดับ (ภาพที่ 12) ขณะที่การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มให้ความสูงของถั่วพุ่มสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมทั้งใน 2 สภาพดินปลูก

2) จำนวนปม จำนวนปมทั้งหมดของถั่วพุ่ม พบว่า ปัจจัยการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อจำนวนปมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทำนองเดียวกันทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 11 และ 12) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีจำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีจำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด (ภาพที่ 13) ขณะที่การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มให้จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม

3) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสดของถั่วพุ่ม พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 13 และ 14) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด 3,560.72 และ 2,674.17 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยก ระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 14)



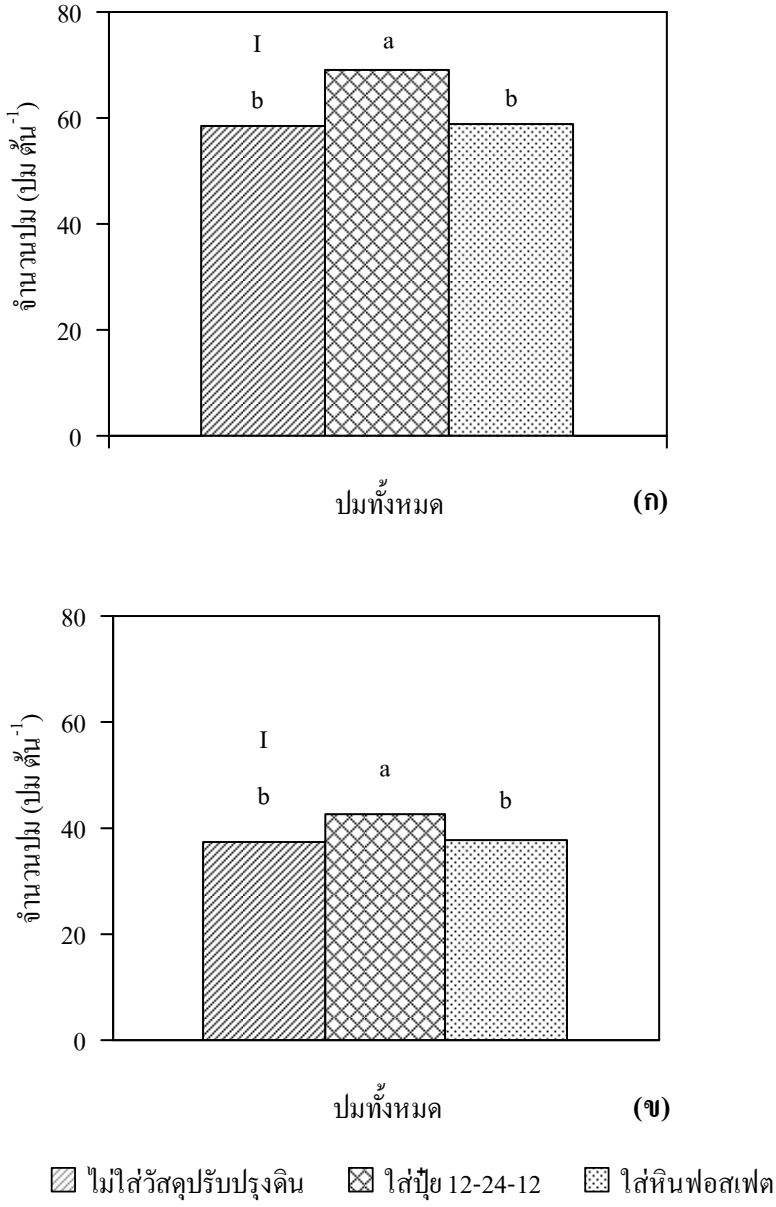


ไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ใส่ปุ๋ย 12-24-12 ใส่หินฟอสเฟต

ภาพที่ 12 ความสูงเฉลี่ย ของถั่วพุ่มหลังจากวันงอกและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

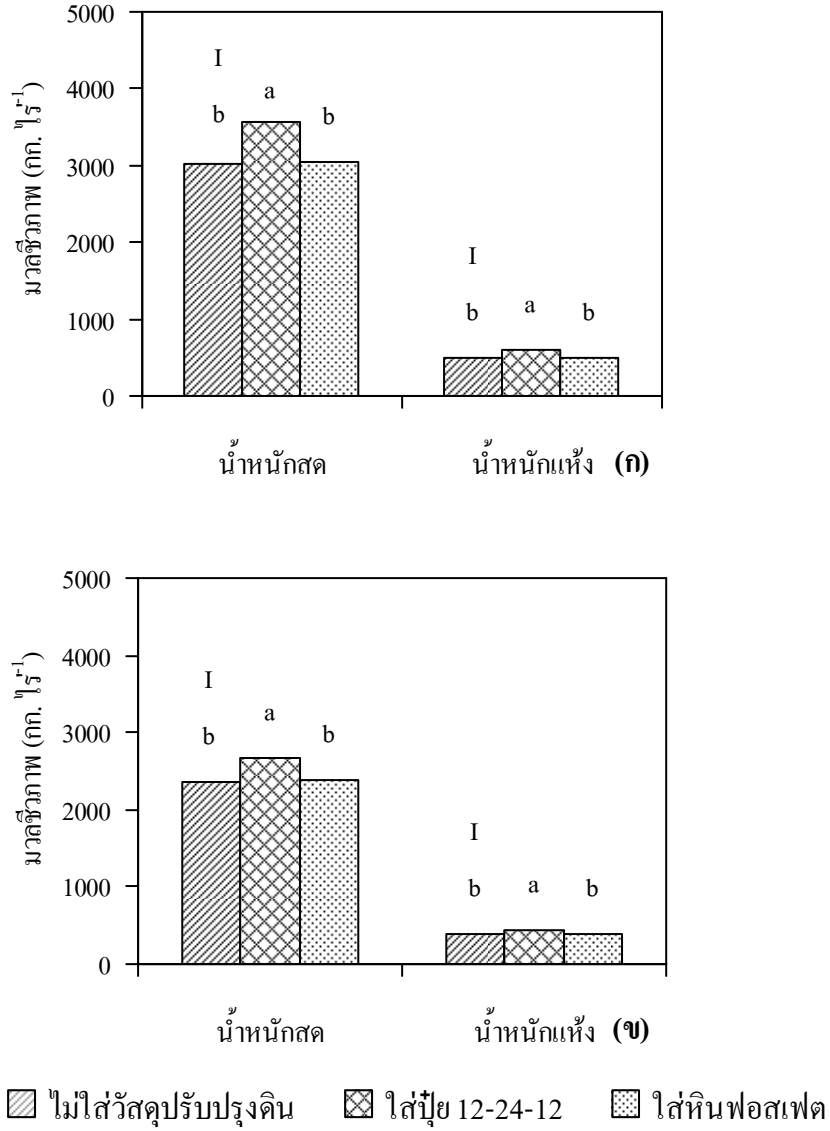
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 13 จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

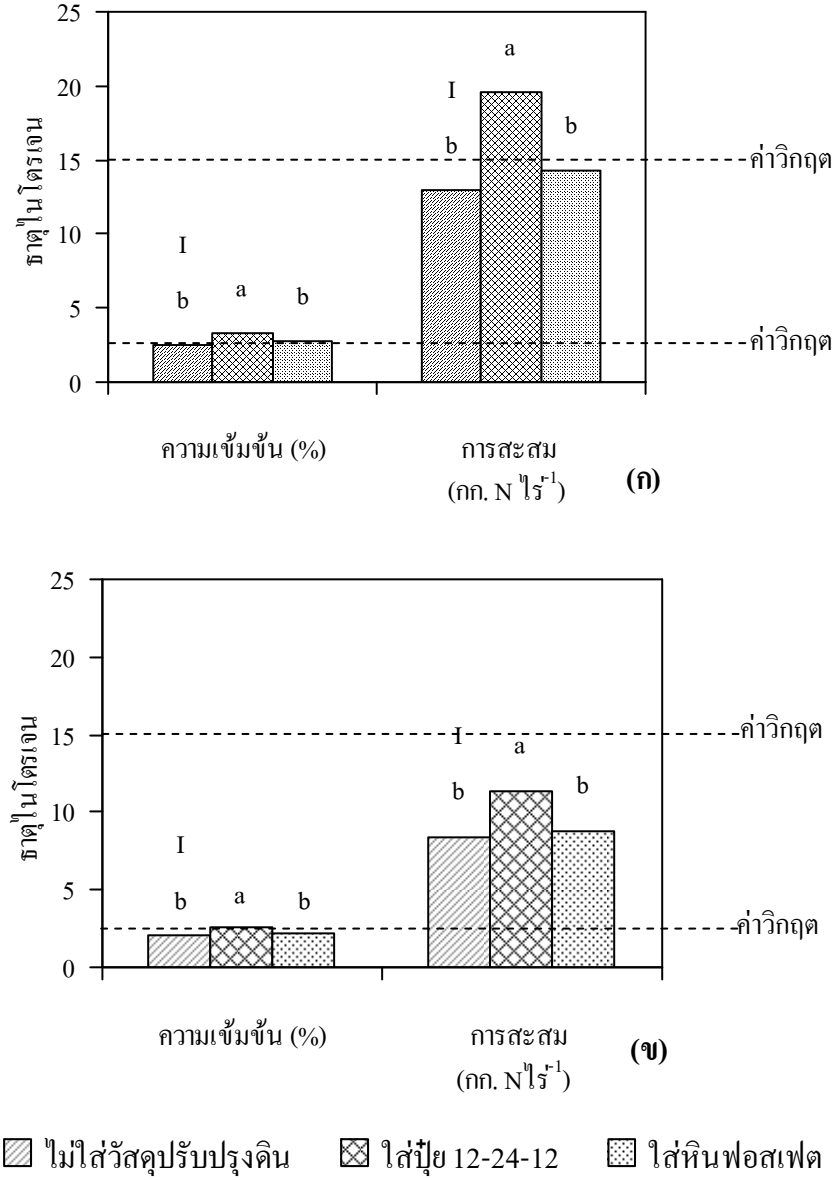


ภาพที่ 14 ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

น้ำหนักแห้งของถั่วพุ่ม พบว่า มีผลในทำนองเดียวกันกับน้ำหนักสด (ตารางภาคผนวกที่ 13 และ 14) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดินการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 593.45 กก. ไร่$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 507.43 และ 502.17 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ 445.70, 395.16 และ 392.20 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 14) ส่วนการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของถั่วพุ่มสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม

4) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพุ่มพบว่า ในสภาพยกระดับ pH ดิน การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว (ตารางภาคผนวกที่ 13 และ 14) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ 3.26, 2.81 และ 2.57 % ตามลำดับ (ภาพที่ 15) ขณะที่ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนสูงกว่าการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม คือ เฉลี่ย 2.37 และ 2.20 % ตามลำดับ (ภาพที่ 15) และการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพุ่มเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน คือ 2.52, 2.20 และ 2.12 % ตามลำดับ (ภาพที่ 15)

การสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 13 และ 14) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีการสะสมไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 19.56, 14.27 และ 12.98 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินก็มีผลในทำนองเดียวกัน (ภาพที่ 15) นอกจากนี้พบว่าการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มสูงกว่าไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม อย่างไรก็ตามในสภาพยกระดับ pH ดินมีการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าค่าวิกฤตการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด (15 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$)



ภาพที 15 ปริมาณไนโตรเจนเฉลียของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

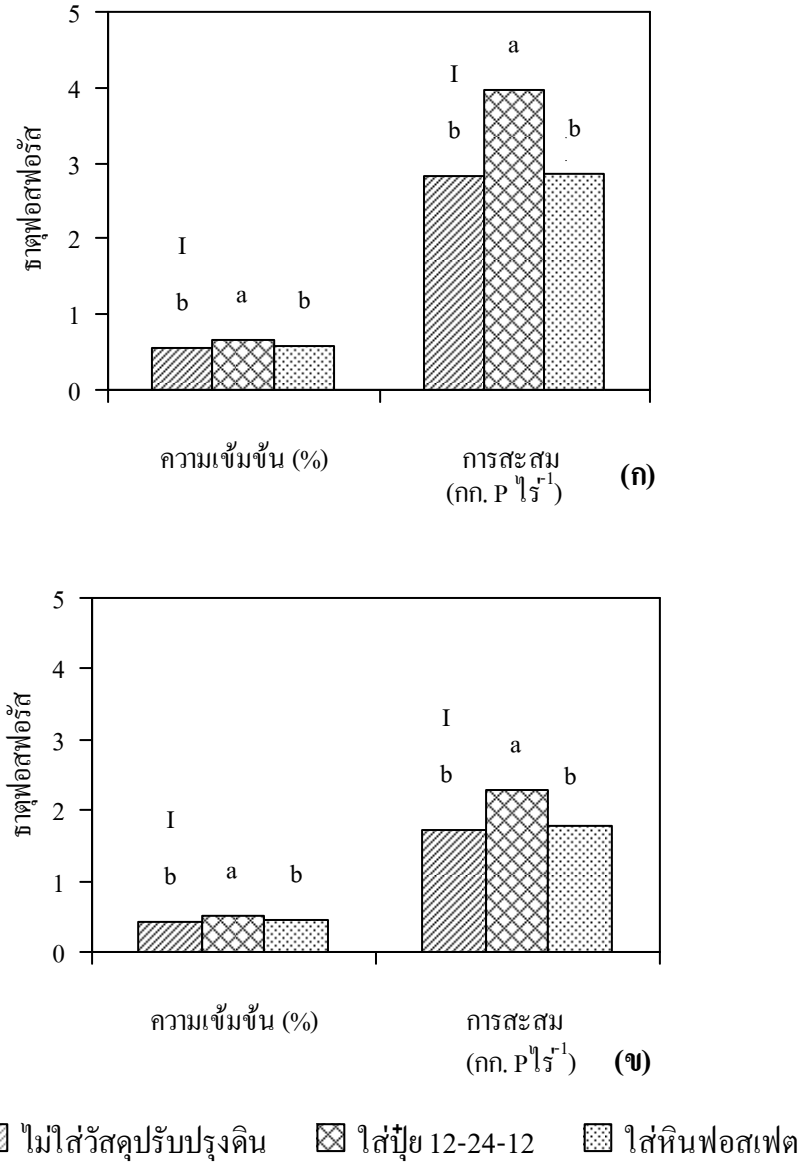
ความเข้มข้นและการสะสมฟอสฟอรัสของถั่วพุ่มพบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นและการสะสมฟอสฟอรัสของถั่วพุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 15 และ 16) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดิน พบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสของถั่วพุ่มสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เฉลี่ย 0.66, 0.57 และ 0.56 % ตามลำดับ และมีการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ย 3.96, 2.87 และ 2.83 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ทำนองเดียวกันในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นและการสะสมฟอสฟอรัสสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 0.51, 0.45 และ 0.43 % ตามลำดับ และ 2.30, 1.77 และ 1.72 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 16)

ความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมของถั่วพุ่ม พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 15 และ 16) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นโพแทสเซียมของถั่วพุ่มสูงกว่าการใสหินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เฉลี่ย 1.82, 1.58 และ 1.56 % ตามลำดับ และมีการสะสมโพแทสเซียมเฉลี่ย 10.92, 8.08 และ 7.91 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ทำนองเดียวกันในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่ปุ๋ย 12-24-12 มีความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 1.38, 1.23 และ 1.22 % ตามลำดับ และ 6.14, 4.87 และ 4.82 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 17)

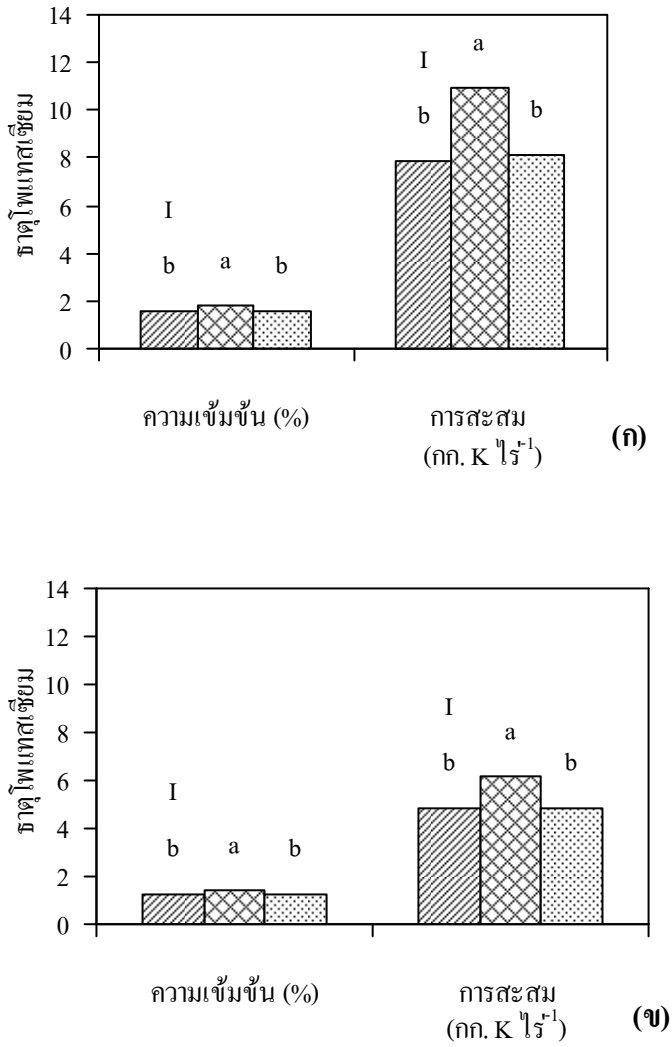
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของถั่วพุ่ม พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 15 และ 16) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุดคือ เฉลี่ย 16.59 และ 18.22 ตามลำดับ (ภาพที่ 18)

5) สมบัติดินหลังการสับกลบ สมบัติดินทางเคมีบางประการภายหลังการสับกลบถั่วพุ่ม 1 สัปดาห์ ได้แก่ pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการและเปลี่ยนประจุบวก ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

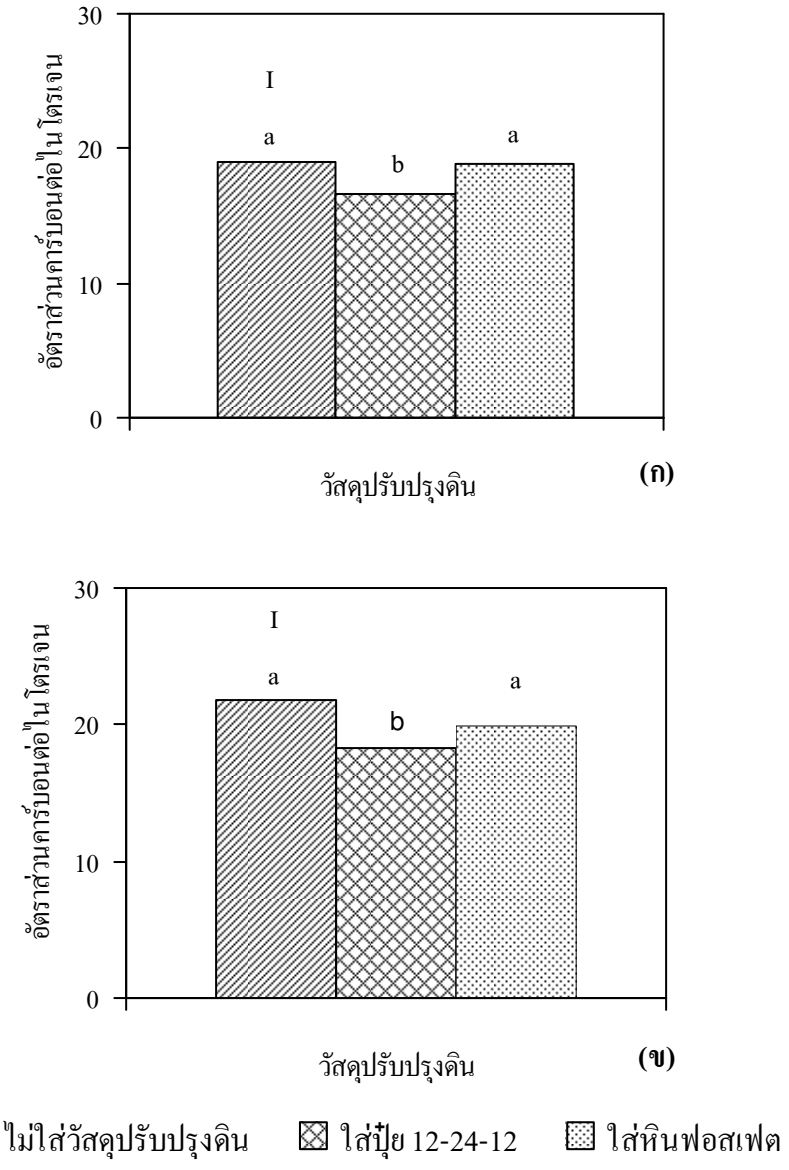
pH เฉลี่ยของดินหลังการสับกลบ 1 สัปดาห์ พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อ pH อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และ



ภาพที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 17 ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 18 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

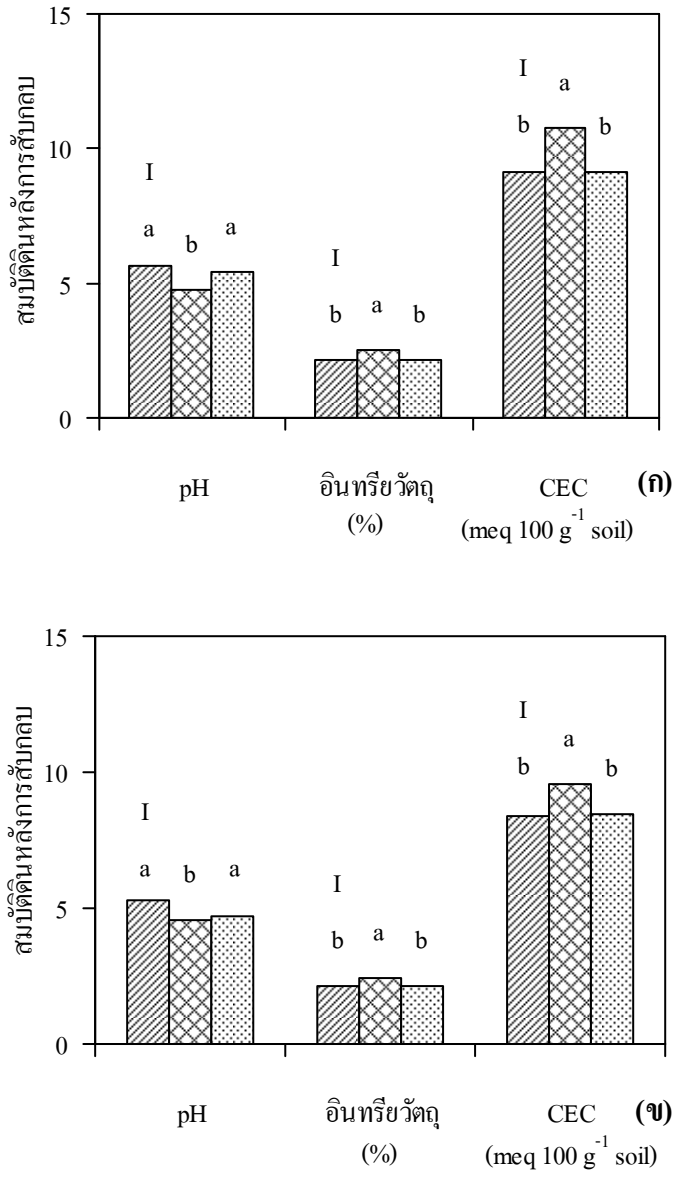
ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) คือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มี pH ดินเฉลี่ยต่ำที่สุด 4.76 และ 4.59 ตามลำดับ ส่วนการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมี pH ดินเฉลี่ยสูงขึ้นตามลำดับ แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 19)

ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.53 และ 2.42 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดินและไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 19)

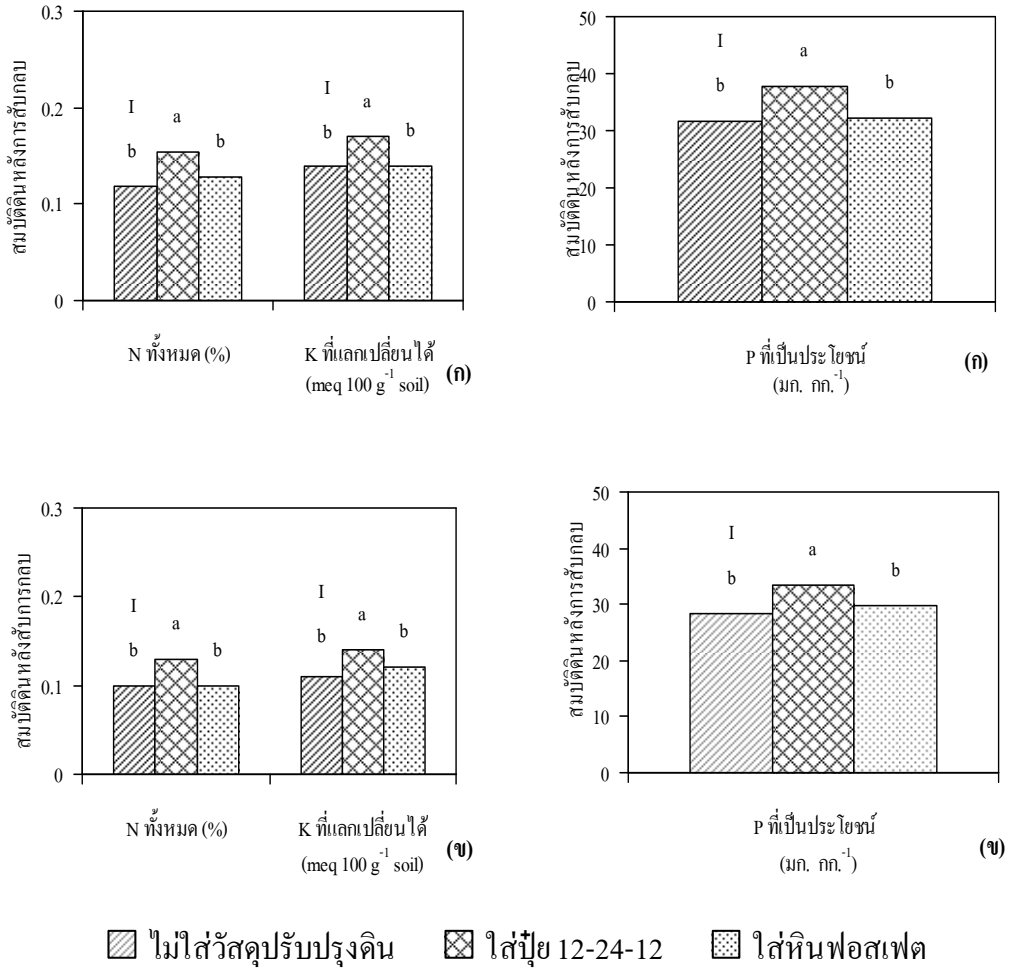
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเฉลี่ยสูงที่สุด 10.78 และ 9.54 meq 100 g^{-1} soil ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 19)

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า การใส่วัตถุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.15 และ 0.12 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 20)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 37.78 และ 33.40 มก. กก.$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 19 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 20 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่มที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 17 และ 18) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเฉลี่ยสูงที่สุด 0.17 และ 0.14 meq $100\ g^{-1}$ soil ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดิน และไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 20)

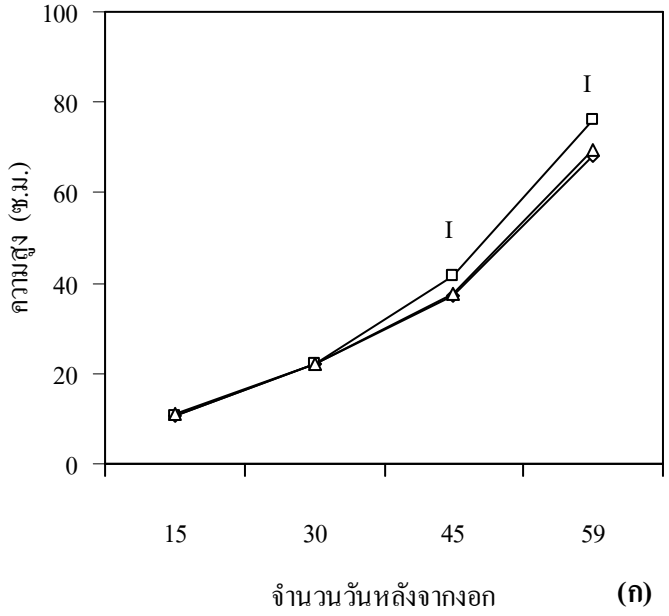
2.1.2.3 ถั่วพร้า

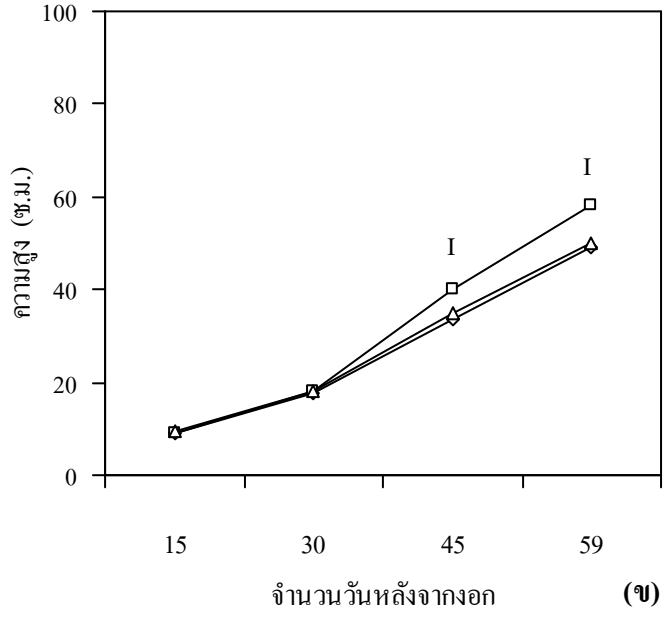
1) ความสูง ความสูงเฉลี่ยของถั่วพร้าเมื่ออายุ 15 และ 30 วันหลังงอกพบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม และการใช้วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 19 และ 20) อย่างไรก็ตามในสภาพยกระดับ pH ดินมีแนวโน้มให้ความสูงเฉลี่ยของถั่วพร้าสูงกว่าในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

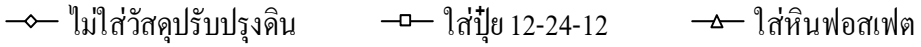
เมื่ออายุ 45 วัน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 19 และ 20) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความสูงสูงที่สุดทั้งในสภาพยกระดับ pH ดินและในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน เฉลี่ย 41.79 และ 39.95 ซ.ม. ตามลำดับ (ภาพที่ 21) ในขณะที่การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม มีผลต่อความสูงไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด

เมื่อครบอายุสับกลบ (59 วัน) ความสูงของถั่วพร้าก่อนสับกลบ พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 19 และ 20) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความสูงสูงที่สุดเฉลี่ย 76.86 และ 58.14 ซ.ม. (ภาพที่ 21) ตามลำดับ ส่วนการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มให้ความสูงของถั่วพร้าสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมทั้งใน 2 สภาพดินปลูก

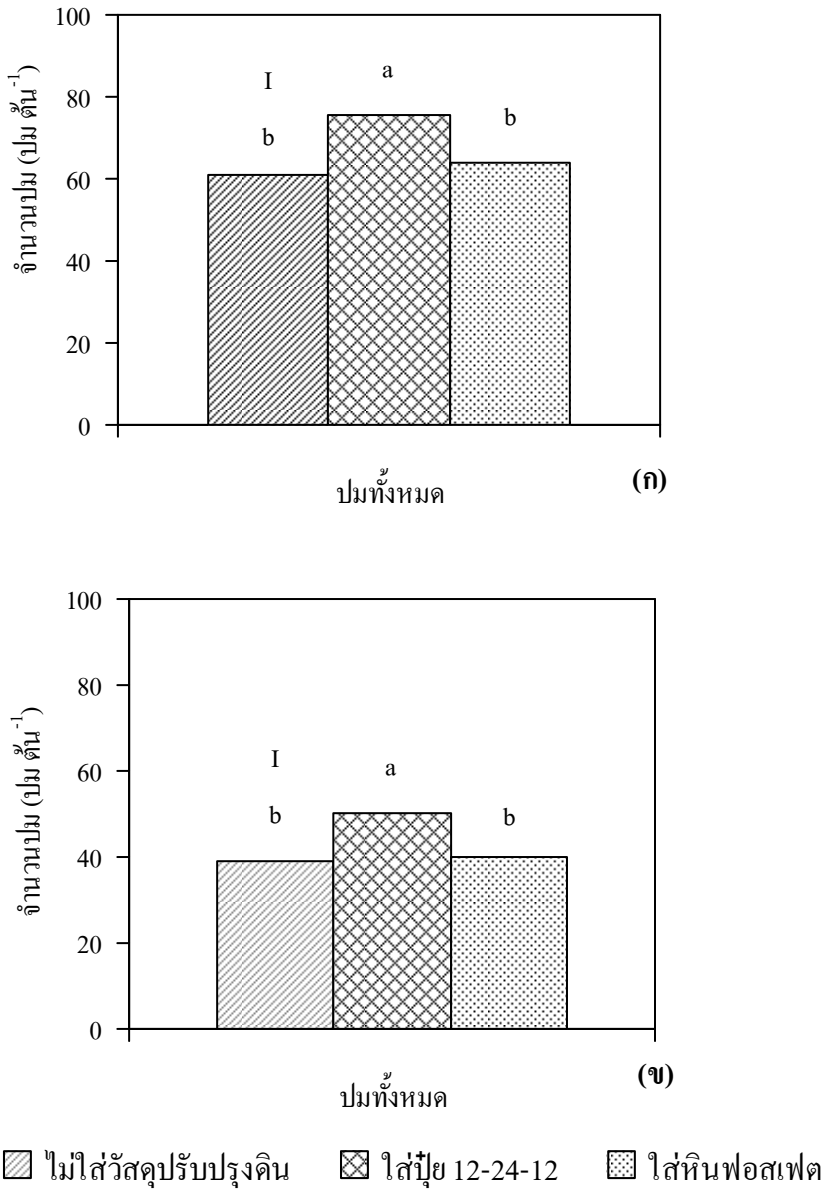
2) จำนวนปม จำนวนปมทั้งหมดของถั่วพร้า พบว่า ปัจจัยการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อจำนวนปมทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 19 และ 20) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีจำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 75.43 และ 50.17 ปม ต้น$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินที่มีจำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด (ภาพที่ 22) ส่วนการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มให้จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมทั้งใน 2 สภาพดินปลูก







ภาพที่ 21 ความสูงเฉลี่ยของถั่วพร้าหลังจากวันงอกและที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



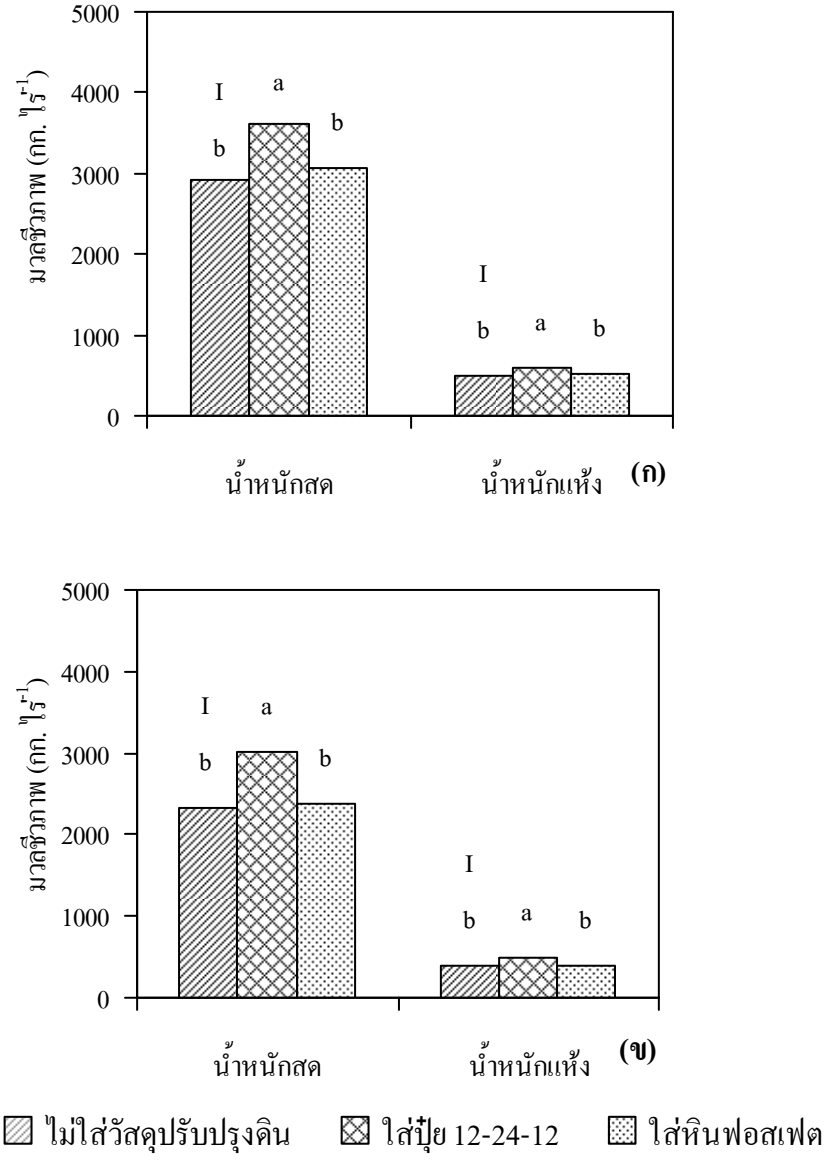
ภาพที่ 22 จำนวนปมทั้งหมดเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

3) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสดของถั่วพร้า พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อน้ำหนักสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพ ยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 21 และ 22) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3,620.70 และ 3,006.83 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำสุด (ภาพที่ 23)

น้ำหนักแห้งของถั่วพร้า พบว่า มีผลในทำนองเดียวกันกับน้ำหนักสด (ตารางภาคผนวกที่ 21 และ 22) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดิน การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งสูงสุดเฉลี่ย 603.42 กก. ไร่$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 512.07 และ 487.63 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ 501.17, 396.71 และ 387.89 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 23) ส่วนการคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มที่จะให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของถั่วพร้าสูงกว่าการไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม

4) ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพร้า พบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาค ผนวกที่ 21 และ 22) โดยในสภาพยกระดับ pH ดิน ปรากฏว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีความเข้มข้นไนโตรเจนสูงกว่าการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียมคือ เฉลี่ย 2.96 และ 2.81 % ตามลำดับ และการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันก็มีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 3.28, 2.77 และ 2.61 % ตามลำดับ (ภาพที่ 24) สำหรับในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน ปรากฏว่ามีผลในทำนองเดียวกันกับในสภาพยกระดับ pH ดิน

การสะสมไนโตรเจนของถั่วพร้า พบว่า ในสภาพยกระดับ pH ดิน การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมไนโตรเจนของถั่วพร้าอย่างมีนัยสำคัญเพียงปัจจัยเดียว (ตารางภาคผนวกที่ 21) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีการสะสมไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินคือ เฉลี่ย 19.92, 14.42



ภาพที่ 23 ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

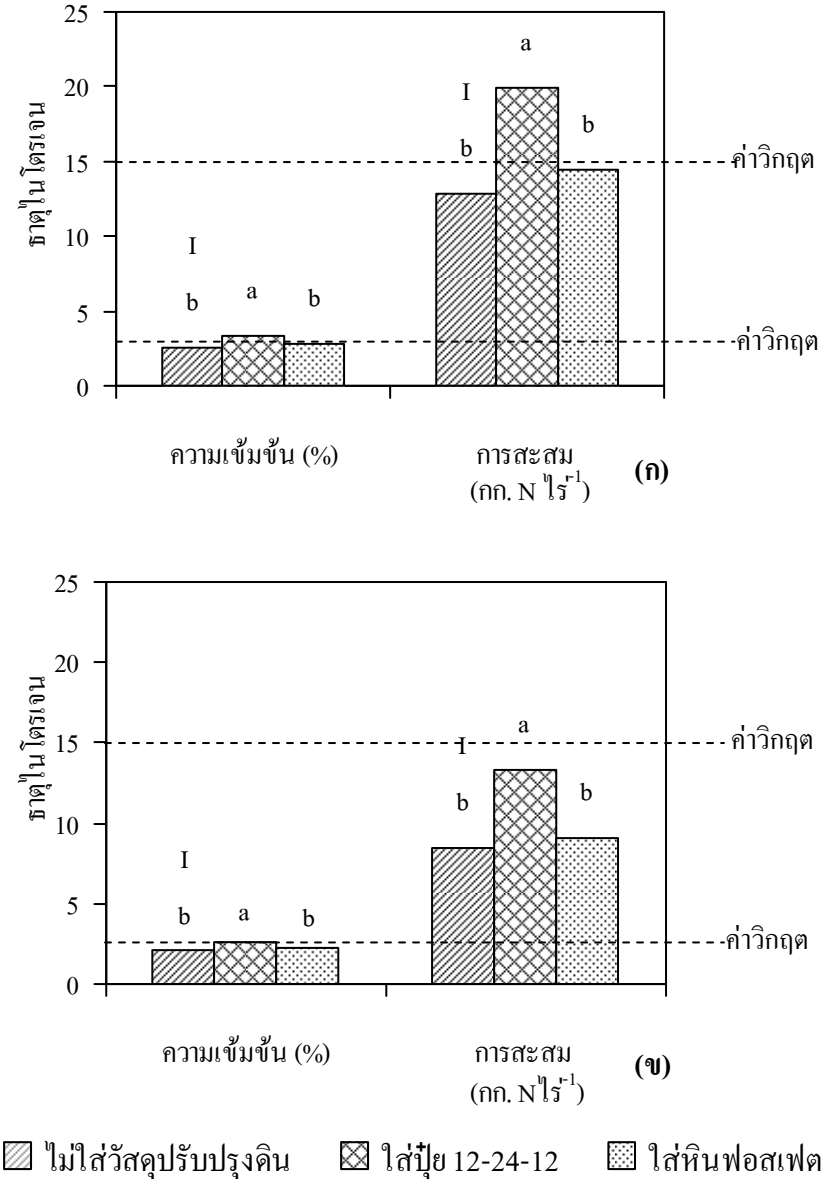
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

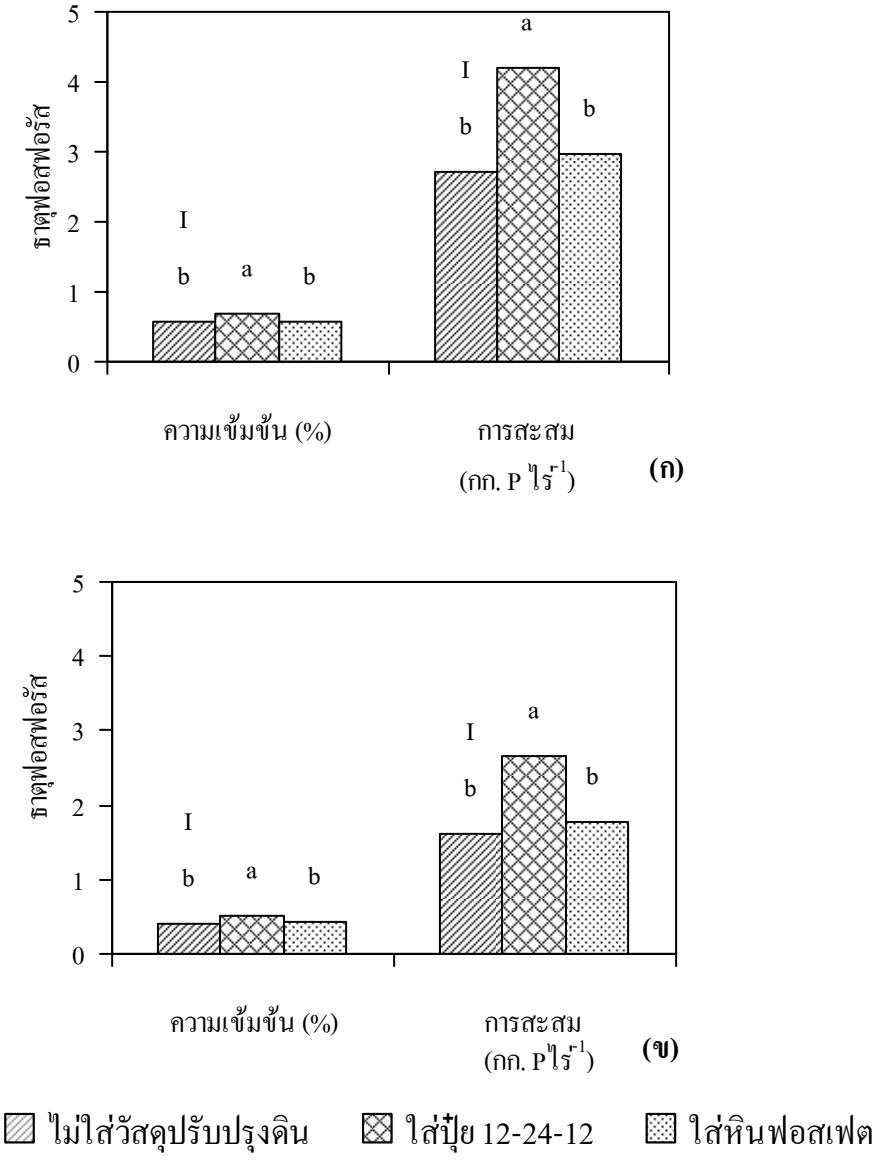
และ 12.78 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมต่างกันและการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีการสะสมไนโตรเจนสูงกว่าไม่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม คือ เฉลี่ย 11.26 และ 9.33 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 22) ส่วนการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน คือ 13.32, 9.12 และ 8.45 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 24) อย่างไรก็ตามในสภาพยกระดับ pH ดินมีการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยสูงกว่าค่าวิกฤตการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด (15 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$)

ความเข้มข้นและการสะสมฟอสฟอรัสของถั่วพร้า พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัสของถั่วพร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 23 และ 24) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นฟอสฟอรัสสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน คือ เฉลี่ย 0.69, 0.59 และ 0.56 % ตามลำดับ และเฉลี่ย 0.52, 0.43 และ 0.41 % ตามลำดับ (ภาพที่ 25) การสะสมฟอสฟอรัสของถั่วพร้าพบว่าในสภาพยกระดับ pH ดิน การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อการสะสมฟอสฟอรัสอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียว (ตารางภาคผนวกที่ 23) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีการสะสมฟอสฟอรัสเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน คือ 4.21, 2.98 และ 2.72 กก. ไร่$^{-1}$ (ภาพที่ 25) ส่วนในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า ทั้ง 2 ปัจจัยมีผลต่อการสะสมฟอสฟอรัสของถั่วพร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 24)

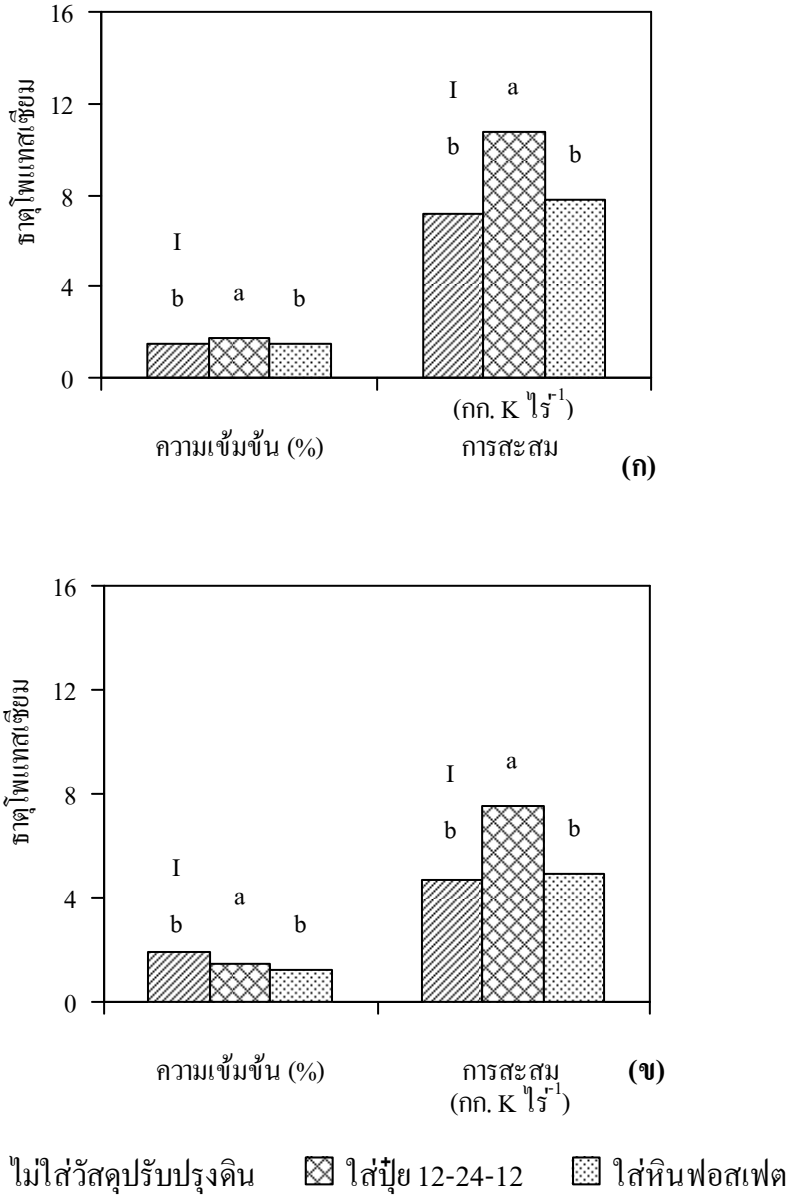
ความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมของถั่วพร้า พบว่าการใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความเข้มข้นและการสะสมโพแทสเซียมของถั่วพร้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 23 และ 24) กล่าวคือ ในสภาพยกระดับ pH ดิน พบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน เฉลี่ย 1.76, 1.51 และ 1.46 % ตามลำดับ และมีการสะสมธาตุโพแทสเซียมเฉลี่ย 10.74, 7.78 และ 7.14 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 26) สำหรับในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าการใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่ปุ๋ยและหินฟอสเฟตคือ เฉลี่ย 1.49, 1.21 และ 1.20 % ตามลำดับ และมีการสะสมโพแทสเซียมเฉลี่ย 7.53, 4.91 และ 4.71 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 24 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 25 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 26 ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

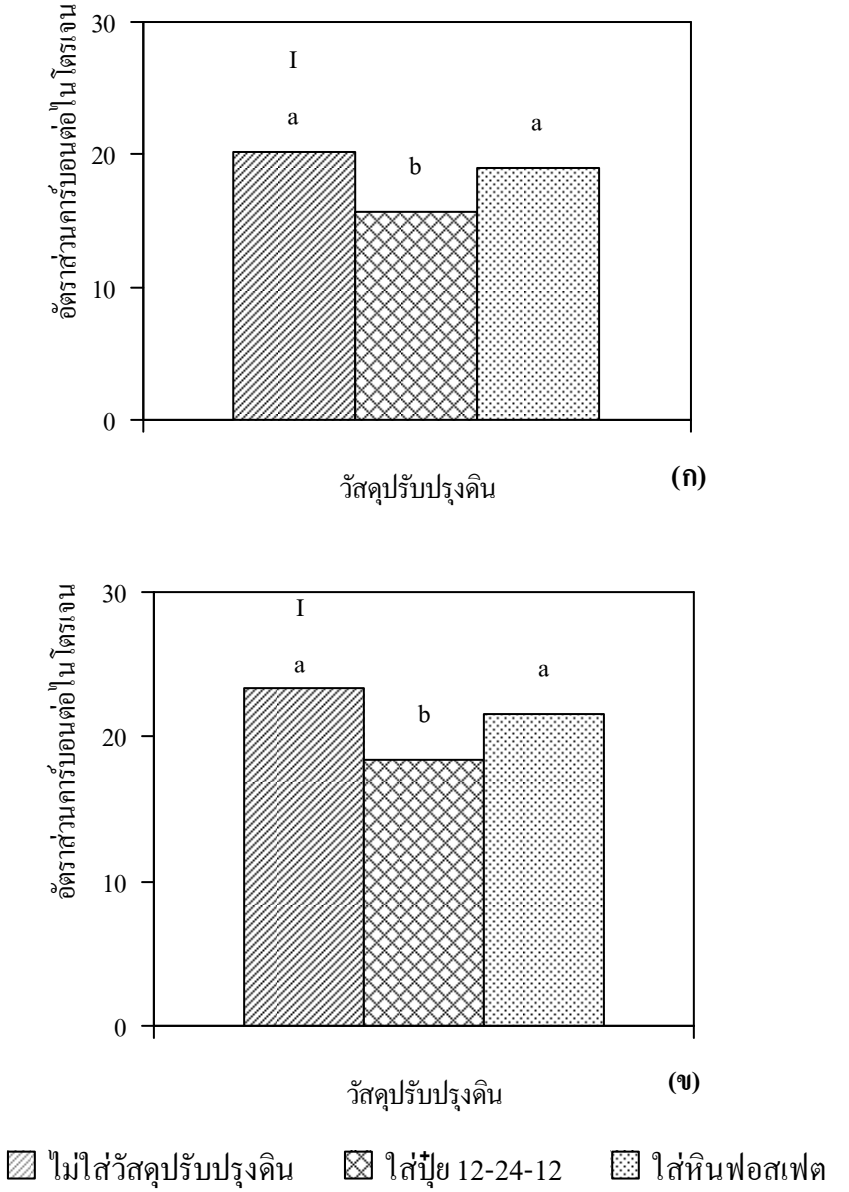
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของถั่วพร้า พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่ออัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเพียงปัจจัยเดียวทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 23 และ 24) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุดคือ เฉลี่ย 15.63 และ 18.32 ตามลำดับ (ภาพที่ 27)

5) สมบัติดินหลังการสับกลบ สมบัติดินทางเคมีบางประการภายหลังการสับกลบถั่วพร้า 1 สัปดาห์ ได้แก่ pH ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

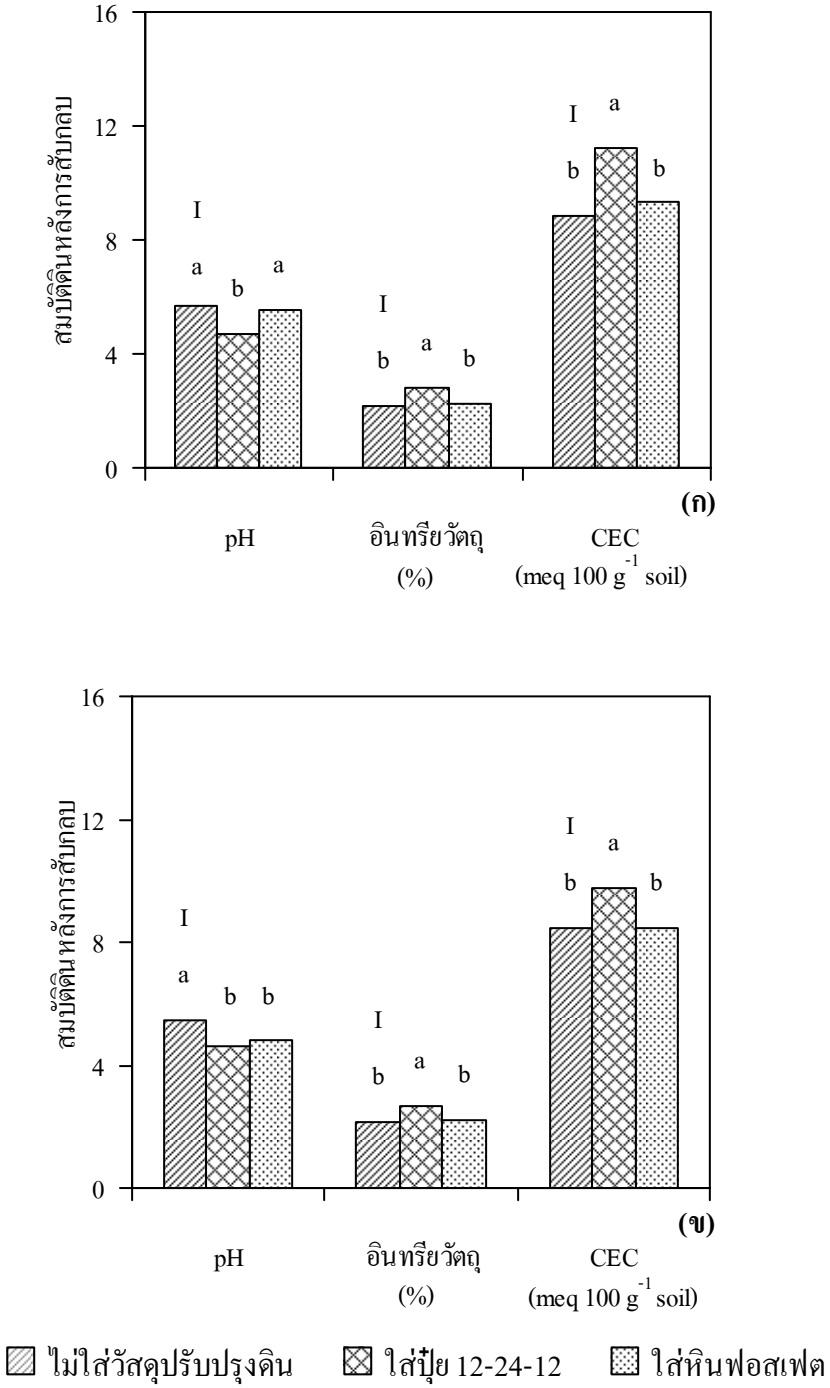
pH เฉลี่ยของดินหลังสับกลบ 1 สัปดาห์ พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อ pH ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มี pH ดิน เฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 4.70 และ 4.60 ตามลำดับ ส่วนการใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินมี pH ดินเฉลี่ยสูงขึ้นตามลำดับ ซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 28)

ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 มีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงสุด 2.79 และ 2.65 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน ตามลำดับ มีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 28) นอกจากนี้ยังพบว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมมีปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ยสูงกว่าการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ย 12-24-12 มีปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 11.20 และ 9.75 meq 100 g^{-1} soil ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 27 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 28 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

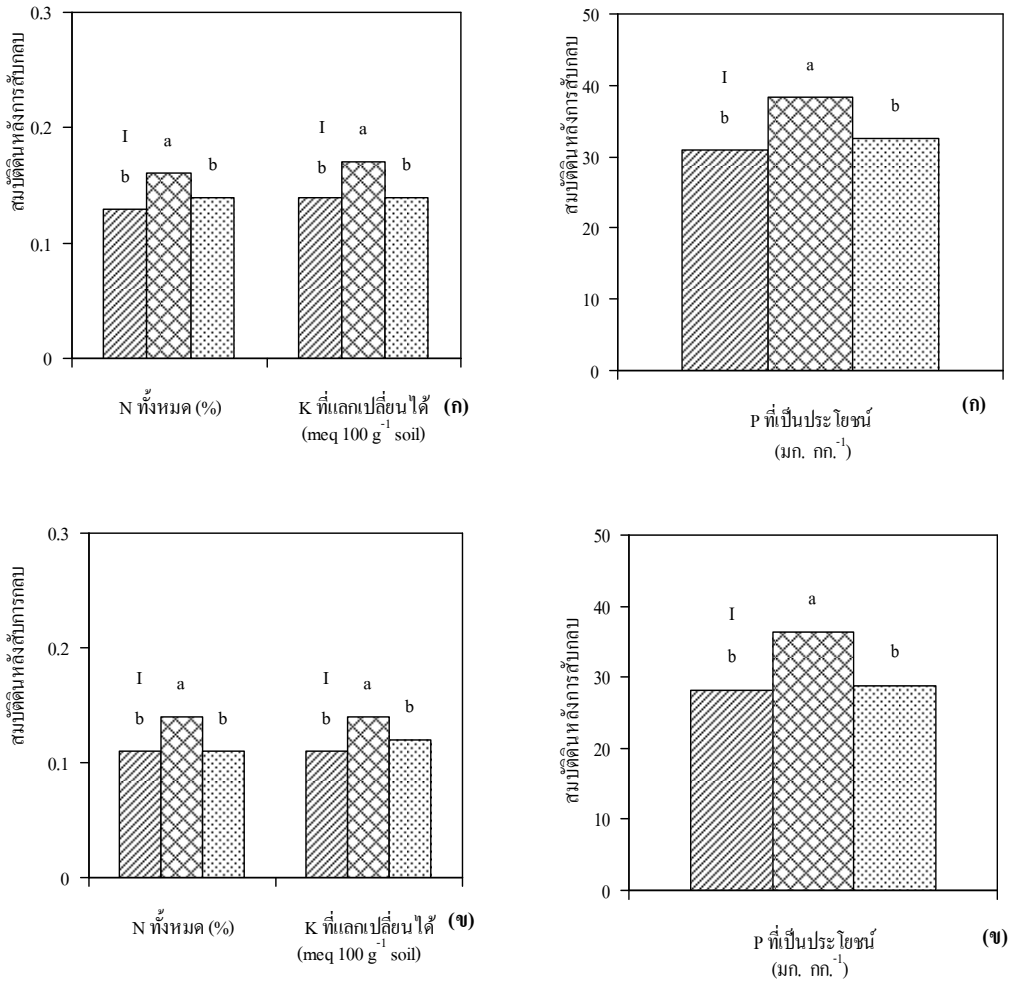
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ย 12-24-12 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของดินเฉลี่ยสูงสุด 0.16 และ 0.14 % ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน (ภาพที่ 29) ซึ่งมีผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ย 12-24-12 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินเฉลี่ยสูงที่ สุด 38.38 และ 36.41 มก. กก.$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือ การใส่หินฟอสเฟต และการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินซึ่งมี ผลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพการยกระดับ pH ดิน และไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 29)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกันมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 25 และ 26) โดยการใส่ปุ๋ย 12-24-12 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเฉลี่ยสูงที่สุด 0.17 และ 0.14 meq 100 g^{-1} soil ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่หินฟอสเฟตและการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดินซึ่งมีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งในสภาพยกระดับ pH ดิน และในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 29)

2.1.3 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด

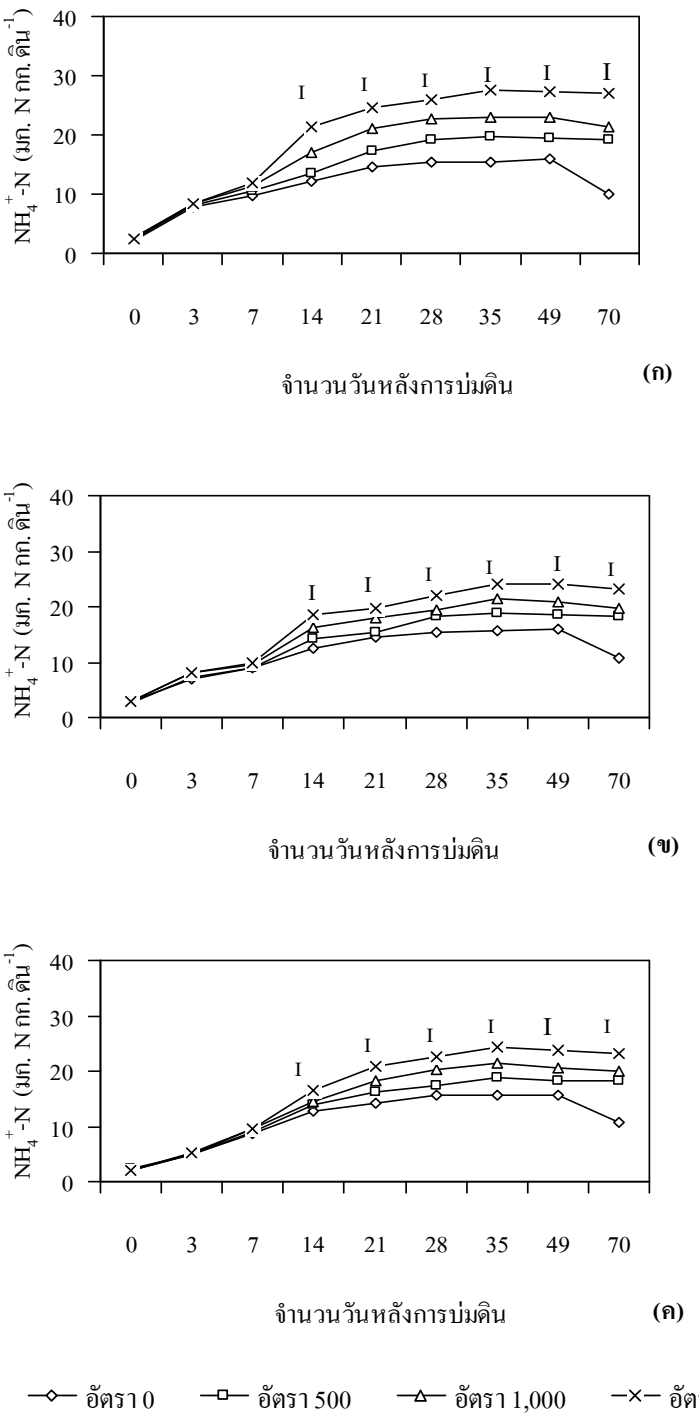
2.1.3.1 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากโสนอัฟริกัน ปริมาณไนโตรเจนรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4^+-N) ของดินจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกันโดยวิธีการบ่มดินในสภาพน้ำขังในห้องปฏิบัติการเคมี ในภาพที่ 30 (ก) แสดงให้เห็นว่าการใช้โสนอัฟริกันในอัตราต่างกันเพิ่มปริมาณไนโตรเจนอย่างรวดเร็วในทำนองเดียวกันในช่วง 3-14 วันหลังจากบ่มดิน และมีการเพิ่มขึ้นตามลำดับโดยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 35 วันหลังการบ่มดิน หลังจากนี้ปริมาณไนโตรเจนลดลงตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่า ในช่วงเวลา 0-7 วันหลังการบ่มดินการใช้โสนอัฟริกันในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 27) โดยการใช้โสนอัฟริกันในอัตรา 1,500 กก. น.น.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนสูงกว่าในอัตราอื่น ๆ กล่าวคือ ที่เวลา 7 วันหลังการบ่มดินเพิ่มปริมาณ



ภาพที่ 29 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบของถั่วพร้าที่ใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน
[(ก) สภาพยกระดับ pH ดิน และ (ข) สภาพไม่ยกระดับ pH ดิน
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

ไนโตรเจนเฉลี่ย 12.01 มก. ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ ในขณะที่ในช่วงเวลา 14-70 วัน หลังการบ่มดิน พบว่าการใช้โสนอัฟริกันในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้โสนอัฟริกันในอัตรา 1,500 กก. น.น.แห้งไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงสุดในทุกช่วงเวลา และที่เวลา 35 วันหลังการบ่มดินพบว่า การใช้โสนอัฟริกันในอัตรา 1,500 กก. น.น.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเฉลี่ย 27.59 มก. ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ รองลงมาคือ อัตรา 1,000 และ 500 กก. น.น.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 23.07 และ 19.79 มก. ไนโตรเจน กก. ดิน$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่อัตรา 0 กก. น.น.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเฉลี่ย 15.51 มก. ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ โดยในอัตรา 0 กก. น.น.แห้ง ไร่$^{-1}$ นี้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 49 วัน คือ เฉลี่ย 15.97 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$

2.1.3.2 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วพุ่ม ปริมาณไนโตรเจนรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินจากการใช้ถั่วพุ่ม โดยวิธีการบ่มดินในสภาพน้ำขังในห้องปฏิบัติการเคมี ในภาพที่ 30 (ข) แสดงให้เห็นว่า การใช้ถั่วพุ่มในอัตราต่างกันเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของดินอย่างรวดเร็วในทำนองเดียวกันในช่วง 3-14 วันหลังการบ่มดิน และหลังจากนี้มีการเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 35 วันหลังการบ่มดิน หลังจากนี้ปริมาณไนโตรเจนลดลงตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ถั่วพุ่ม (0 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$) มีปริมาณไนโตรเจน สูงที่สุดที่เวลา 49 วันหลังการบ่มดิน อย่างไรก็ตามพบว่าในช่วงเวลา 0-7 วันหลังการบ่มดินการใช้ถั่วพุ่มในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติโดยการใช้ถั่วพุ่มในอัตรา 1,500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มปลดปล่อยไนโตรเจนสูงกว่าในในอัตราอื่น ๆ กล่าวคือ ที่เวลา 7 วันหลังการบ่มดินมีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 9.80 มก. ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ ขณะที่ใน ช่วงเวลา 14-70 วันหลังการบ่มดินพบว่า การใช้ถั่วพุ่มในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 28) โดยการใช้ถั่วพุ่มในอัตรา 1,500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงสุดเฉลี่ย 24.20 มก. ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ รองลงมาคือ อัตรา 1,000 และ 500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 21.32 และ 18.83 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่อัตรา 0 กก.นน. แห้ง ไร่$^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเฉลี่ย 15.51 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ อย่างไรก็ตามพบว่าในอัตรา 0 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ นี้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 49 วันหลังการบ่มดินคือเฉลี่ย 15.89 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$



ภาพที่ 30 ปริมาณไนโตรเจน (NH_4-N) ของดินเฉลี่ยจากการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน (กก. น.น. แห้ง ไร่$^{-1}$) ภายใต้การบ่มดินในสภาพน้ำขัง [(ก) โสนอัฟริกัน (ข) ถั่วพุ่ม และ (ค) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.1.3.3 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วพร้า ปริมาณไนโตรเจนรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินจากการใช้ถั่วพร้า โดยวิธีการบ่มดินในสภาพน้ำขังในห้องปฏิบัติการ ในภาพที่ 30 (ค) แสดงให้เห็นว่า การใช้ถั่วพร้าในอัตราต่างกันเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของดินอย่างรวดเร็วในทำนองเดียวกันในช่วง 3-14 วันหลังการบ่มดิน และหลังจากนี้มีการเพิ่มขึ้นตามลำดับโดยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 35 วันหลังการบ่มดิน หลังจากนี้ปริมาณไนโตรเจนลดลงตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ถั่วพร้า (0 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$) มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 49 วันหลังการบ่มดิน อย่างไรก็ตามพบว่า ในช่วงเวลา 0-7 วันหลังการบ่มดิน การใช้ถั่วพร้าในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ถั่วพร้าในอัตรา 1,500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มปลดปล่อยไนโตรเจนสูงกว่าอัตราอื่น ๆ กล่าวคือที่เวลา 7 วันหลังการบ่มดินมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเฉลี่ย 9.66 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ ขณะที่ช่วงเวลา 14-70 วันหลังการบ่มดินพบว่า การใช้ถั่วพร้าในอัตราต่างกันมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 29) โดยการใส่ถั่วพร้าในอัตรา 1,500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดในทุกช่วงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เวลา 35 วันหลังการบ่มดินพบว่า การใช้ถั่วพร้าในอัตรา 1,500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเฉลี่ย 24.36 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ รองลงมาคือ อัตรา 1,000 และ 500 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย 20.37 และ 17.24 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่อัตรา 0 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเฉลี่ย 15.54 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$ อย่างไรก็ตามพบว่า ในอัตรา 0 กก.แห้ง ไร่$^{-1}$ นี้มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดที่เวลา 49 วันหลังการบ่มดินคือเฉลี่ย 15.62 มก.ไนโตรเจน กก.ดิน$^{-1}$

2.2 การทดลองในกระถาง

ผลการศึกษาผลของถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ได้แก่ โสนอัฟริกน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ที่อัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวและดิน ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน และประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน

2.2.1 สมบัติดิน

งานทดลองนี้ได้ดำเนินการในโรงเรือนทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง ดินทดลองเป็นกลุ่มชุดดินที่ 6 ชุดดินพัทลุง ดินชั้นบนมีสีน้ำตาลปนเทา มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว จัดว่าเป็นเนื้อดินที่เหมาะสมสำหรับการทำนาข้าว มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองพบว่า มีความเป็นกรดสูง (pH 5.30) มีปริมาณอินทรียวัตถุระดับค่อนข้างต่ำ 1.69 % มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ

มาก 0.09 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก 9.86 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก 0.07 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณโซเดียม 0.08 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณแคลเซียมเพียงพอ 3.04 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณแมกนีเซียมปานกลาง 0.27 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณ ซัลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์มีค่าเหมาะสม 22.59 meq 100 g^{-1} soil มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 8.40 meq 100 g^{-1} soil และมีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างสูง 0.44 meq 100 g^{-1} soil แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติของดินก่อนการทดลอง

สมบัติของดิน	ค่า
pH (soil : water = 1 : 5 H_2O)	5.30
Organic matter (%)	1.69
Total Nitrogen (%)	0.09
Available P (mg kg^{-1} soil)	9.86
Exchangeable K (meq 100 g^{-1} soil)	0.07
Na (meq 100 g^{-1} soil)	0.08
Ca (meq 100 g^{-1} soil)	3.04
Mg (meq 100 g^{-1} soil)	0.27
Available S (mg kg^{-1} soil)	22.59
CEC (meq 100 g^{-1} soil)	8.40
Al (meq 100 g^{-1} soil)	0.44
Acidity (meq 100 g^{-1} soil)	0.58
Soil texture	clay loam

2.2.2 การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

2.2.2.1 ความสูงของข้าวที่เวลา 30 วันหลังการปักดำ พบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อความสูงของข้าวปทุมธานี 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 30) โดยสิ่งทดลองที่ 6 การใส่ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง $ไร่^{-1}$ ทำให้ข้าวสูงที่เวลา 30 วันหลังปักดำ ต่ำที่สุดเฉลี่ย 59.00 ซ.ม. $ต้น^{-1}$ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 4 การใส่ถั่วพุ่ม และสิ่งทดลองที่ 2 การใส่โสนอัฟริกันที่อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง $ไร่^{-1}$

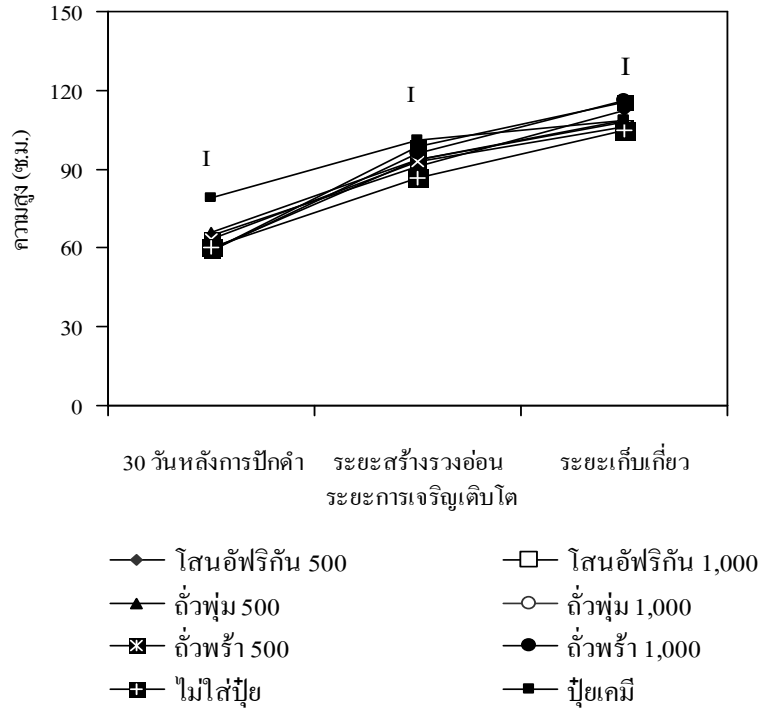
และสิ่งทดลองที่ 7 ไม่ใส่ปุ๋ย โดยแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 1 การใส่โสนอัฟริกัน สิ่งทดลองที่ 3 การใส่ถั่วพุ่ม และสิ่งทดลองที่ 5 การใส่ถั่วพร้าที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ และสิ่งทดลองที่ 8 การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำให้ข้าวสูงที่ 30 วันหลังปักดำสูงสุดเฉลี่ย 79.38 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ (ภาพที่ 31)

ความสูงของข้าวที่ระยะสร้างรวงอ่อน พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีผลทำให้ข้าวสูงกว่าอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ โดยการใส่ถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวสูงสุดเฉลี่ย 98.65 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่ถั่วพร้าและโสนอัฟริกัน อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวสูงเฉลี่ย 96.06 และ 93.53 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำทำให้ข้าวสูงต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ย 86.76 และ 101.03 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 31)

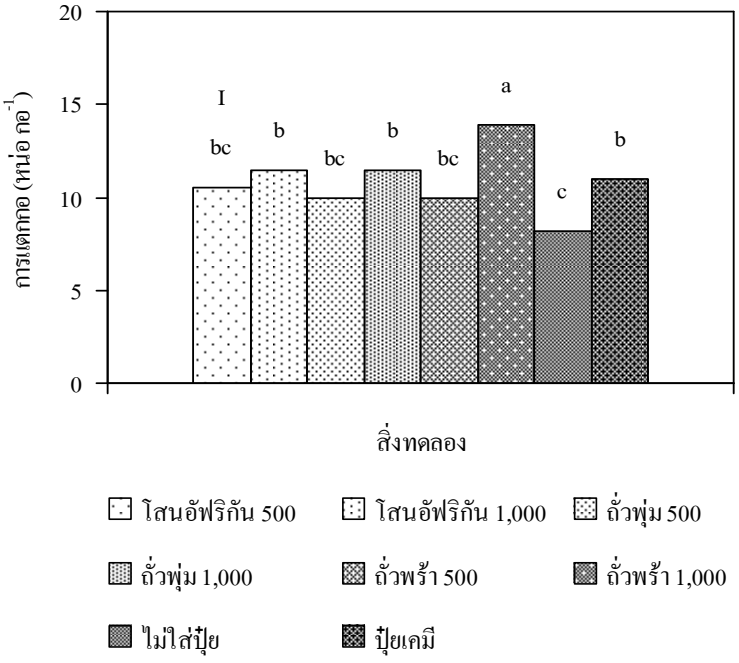
เมื่อพิจารณาผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อความสูงของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า การใส่ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก.นน.แห้งไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวสูงสุดเฉลี่ย 116.25 ซ.ม. รองลงมาคือ การใส่ถั่วพุ่ม และโสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้งไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวสูงเฉลี่ย 115.25 และ 108.75 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 31) ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ข้าวสูงต่ำสุดเฉลี่ย 104.75 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (108.64 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) แต่อย่างใด (ตารางผนวกที่ 64)

2.2.2.2 การแตกกอ และความยาวใบธงของข้าว การแตกกอของข้าว พบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อการแตกกอของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 30) โดยการใส่ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวแตกกอสูงสุดเฉลี่ย 13.90 หน่อ กอ$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่ถั่วพุ่มและโสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวแตกกอเฉลี่ย 11.50 หน่อ กอ$^{-1}$ เท่ากันและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (11.00 หน่อ กอ$^{-1}$) ในขณะที่การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีผลทำให้ข้าวแตกกอเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีการแตกกอต่ำสุดเฉลี่ย 8.13 หน่อ กอ$^{-1}$ (ภาพที่ 32)

ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อความยาวใบธงของข้าวพบว่า การใส่ถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ความยาวใบธงสูงสุดเฉลี่ย 47.47 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ รองลงมาคือ ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ความยาว ใบธงสูงสุดเฉลี่ย 47.25 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 30) สำหรับการใส่โสนอัฟริกัน อัตรา 1,000 กก.



ภาพที่ 31 ความสูงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน
[I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

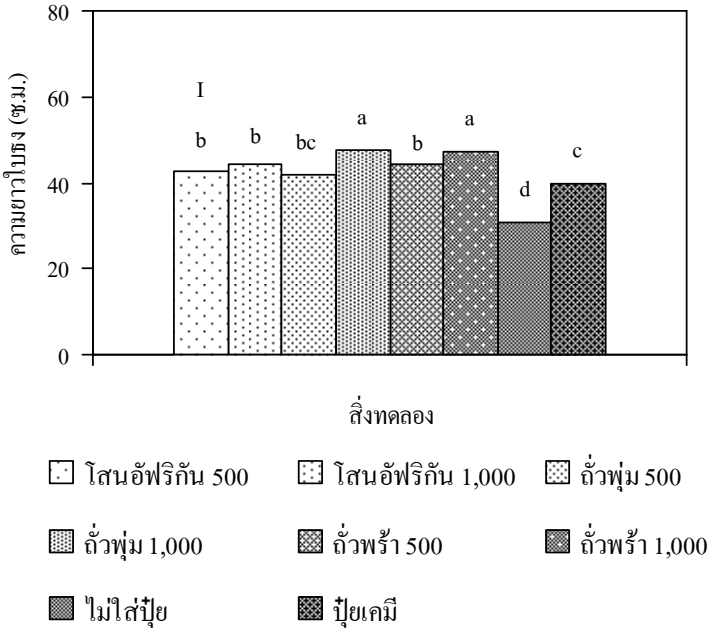


ภาพที่ 32 การแตกกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน
[I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ความยาวใบธงเฉลี่ย 44.34 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ถั่วพร้า โสนอัฟริกัน และถั่วพุ่มอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ความยาวใบธงเฉลี่ย 44.35, 42.57 และ 41.88 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ความยาวใบธงต่ำสุดเฉลี่ย 30.58 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำทำให้ความยาวใบธงสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยแต่ให้ความยาวใบธงต่ำกว่าการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด ทั้ง 2 อัตรา (ภาพที่ 33)

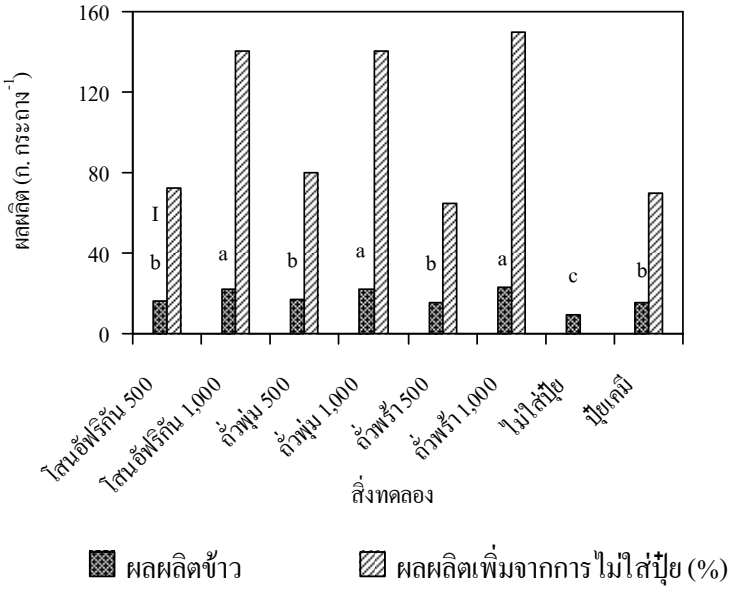
2.2.2.3 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ผลผลิตของข้าวพบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 31) โดยการใส่ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวที่ความชื้น 14 % สูงสุดเฉลี่ย 23.12 ก. กระถาง$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่ถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ โสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ถั่วพุ่มอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ โสนอัฟริกันอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ และถั่วพร้าอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 22.27, 22.21, 16.69, 15.95 และ 15.36 ก. กระถาง $^{-1}$ ตามลำดับ โดยการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดอัตรา 1,000 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวแตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำ ส่วนอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (15.72 ก. กระถาง$^{-1}$) แต่อย่างใด ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตข้าวต่ำสุดเฉลี่ย 9.25 ก. กระถาง$^{-1}$ (ภาพที่ 34) เมื่อพิจารณาผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ย พบว่า การใส่ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม และโสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ผลผลิตเพิ่มขึ้น 149.93, 140.74 และ 140.09 % ตามลำดับ ส่วนการใส่ถั่วพุ่ม โสนอัฟริกัน และถั่วพร้าอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ผลผลิตเพิ่มขึ้น 80.42, 72.42 และ 64.96 % ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำผลผลิตเพิ่มขึ้น 69.93 % (ภาพที่ 34)

องค์ประกอบผลผลิตของข้าวพบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อจำนวนรวงต่อกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 31) โดยการใส่ถั่วพร้าอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ข้าวมีจำนวนรวงต่อกอสูงที่สุดเฉลี่ย 11.00 รวง กอ$^{-1}$ รองลงมาคือ การใส่ถั่วพุ่ม และโสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีจำนวนรวงต่อกอเฉลี่ยเท่ากันคือ 9.00 รวง กอ$^{-1}$ และการใส่ถั่วพุ่มอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ถั่วพร้าอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ โสนอัฟริกันอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ และการไม่ใส่ปุ๋ยมีจำนวนรวงต่อกอเฉลี่ย 8.00, 8.00, 8.00, 7.50 และ 7.00 รวง กอ$^{-1}$ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำมีแนวโน้มให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดเฉลี่ย 2.78 กรัม รองลงมาคือ การไม่ใส่ปุ๋ย (2.65 กรัม) การใส่โสนอัฟริกันอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ (2.64 กรัม) ถั่วพุ่มอัตรา 500 กก. นน.



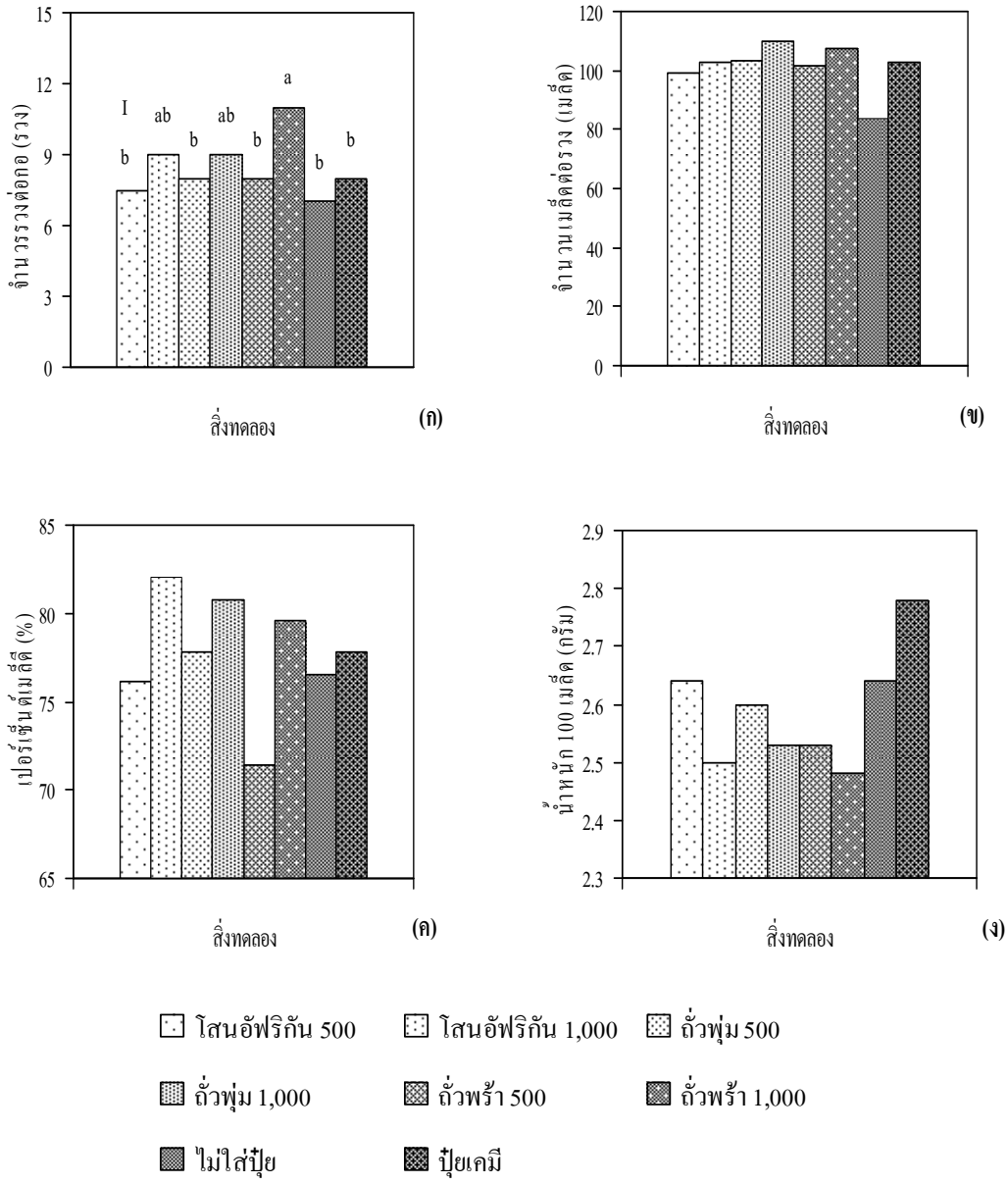
ภาพที่ 33 ความยาวใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน

[I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 34 ผลผลิตเฉลี่ยที่ความชื้น 14% และผลผลิตเพิ่ม (%) จากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน

[I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



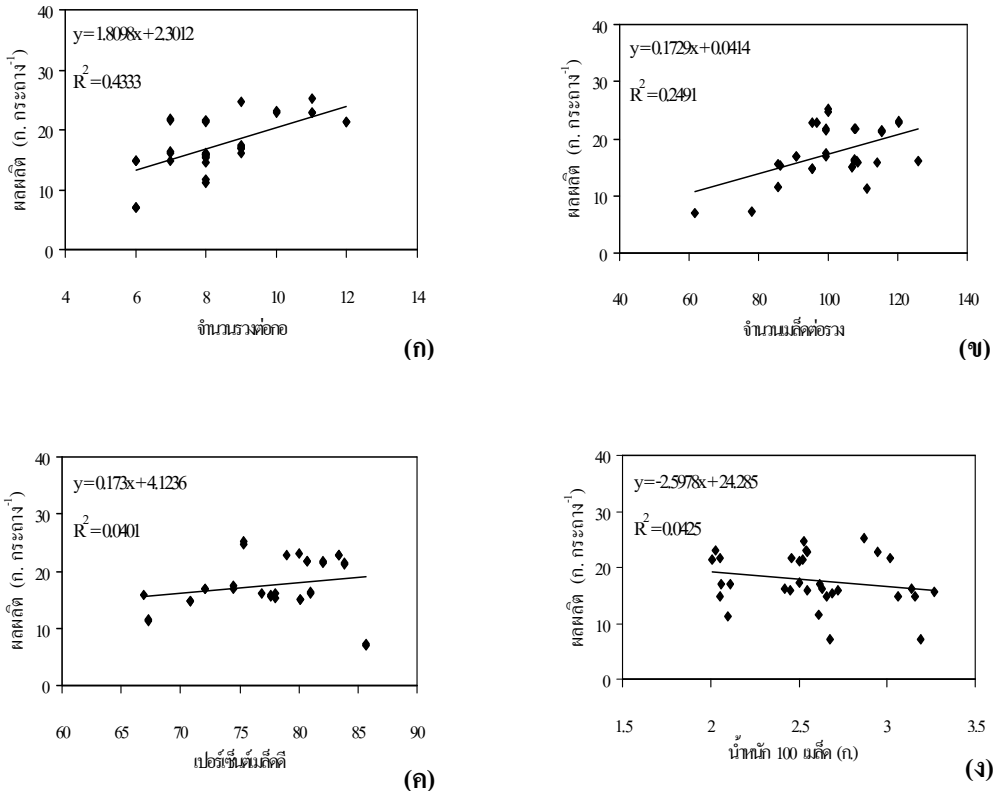
ภาพที่ 35 องค์ประกอบผลผลิตเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน [(ก) จำนวนรวงต่อกอ (ข) จำนวนเมล็ดต่อรวง (ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (ง) น้ำหนัก 100 เมล็ด I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

แห้ง ไร่$^{-1}$ (2.60 กรัม) ถั่วพร้าอัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ (2.53 กรัม) ถั่วพุ่มอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ (2.52 กรัม) โสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่ $^{-1}$ (2.50 กรัม) และถั่วพร้า อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่ $^{-1}$ (2.48 กรัม) ตามลำดับ (ภาพที่ 35)

สำหรับจำนวนเมล็ดต่อรวงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตรา 1,000 กก.นน.แห้งไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวงและมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตราน้ำหนักแห้งต่าง ๆ มีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวงและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด (ตารางภาคผนวกที่ 31)

2.2.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ความสัมพันธ์ของผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตแสดงในภาพที่ 36 พบว่า จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลผลิตที่ความชื้น 14% โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.731, 0.499 และ 0.330 ตามลำดับ ขณะที่น้ำหนัก 100 เมล็ด มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับผลผลิตที่ความชื้น 14% โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.659

จากสมการรีเกรซชันแสดงในภาพที่ 36 พบว่า การเพิ่มของผลผลิตสามารถอธิบายด้วยการเพิ่มจำนวนรวงต่อกอ โดยมีสมการ $Y = 1.677X + 1.784$ มีค่า $R^2 = 0.534$ แสดงว่าสมการเส้นตรงนี้สามารถอธิบายการเพิ่มของผลผลิตได้ 53% การเพิ่มของผลผลิตสามารถอธิบายด้วยการเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง โดยมีสมการ $Y = 0.080X + 0.812$ มีค่า $R^2 = 0.249$ แสดงว่าสมการเส้นตรงนี้สามารถอธิบายการเพิ่มของผลผลิตได้ 24% และการเพิ่มของผลผลิตสามารถอธิบายด้วยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี โดยมีสมการ $Y = 0.132X - 1.333$ มีค่า $R^2 = 0.109$ แสดงว่าสมการเส้นตรงนี้สามารถอธิบายการเพิ่มของผลผลิตได้ 10% ขณะที่การเพิ่มของผลผลิตสามารถอธิบายด้วยการลดน้ำหนัก 100 เมล็ด โดยมีสมการ $Y = -17.42X + 53.99$ มีค่า $R^2 = 0.434$ แสดงว่าสมการเส้นตรงนี้สามารถอธิบายการเพิ่มของผลผลิตได้ 43% จากความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า จำนวนรวงต่อกอสามารถอธิบายการเพิ่มของผลผลิตข้าวได้มากกว่าน้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อรวง และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบโดยใช้ค่า R^2



ภาพที่ 36 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

[(ก) จำนวนรวงต่อกอ (ข) จำนวนเมล็ดต่อรวง

(ค) เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (ง) น้ำหนัก 100 เมล็ด]

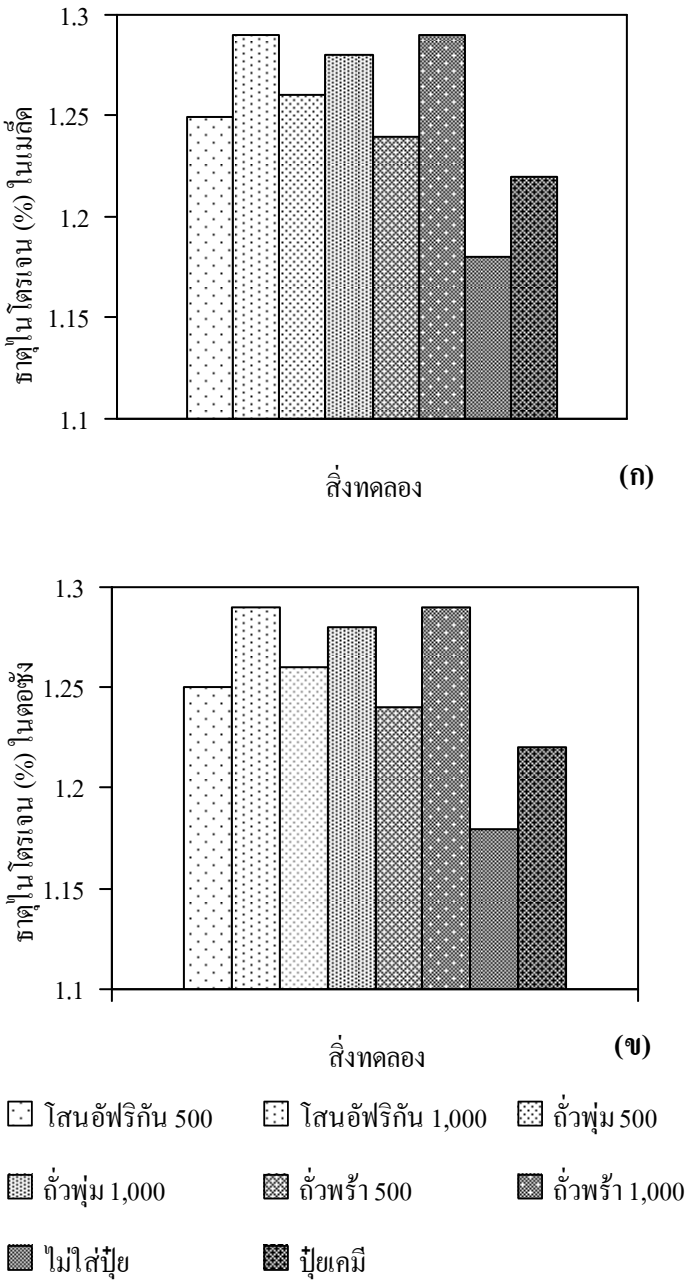
2.2.3 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวและดิน และอินทรียวัตถุของดิน

2.2.3.1 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวและดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจนในข้าวและดินพบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด ในตอซังข้าวและในดินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 33) การใส่ถั่วพร้าและการใส่โสนอัฟริกันอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดเท่ากันเฉลี่ย 1.29% และการไม่ใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ดเฉลี่ยต่ำสุด 1.18 % ส่วนความเข้มข้นไนโตรเจนในตอซังก็พบว่าให้ผลในทำนองเดียวกันกับในเมล็ด กล่าวคือ การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนสูงกว่าที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยพบว่า มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความเข้มข้นไนโตรเจนในตอซังต่ำสุดเฉลี่ย 0.67 % และยังพบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 1 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด (ภาพที่ 37 และ 38 และตารางภาคผนวกที่ 32)

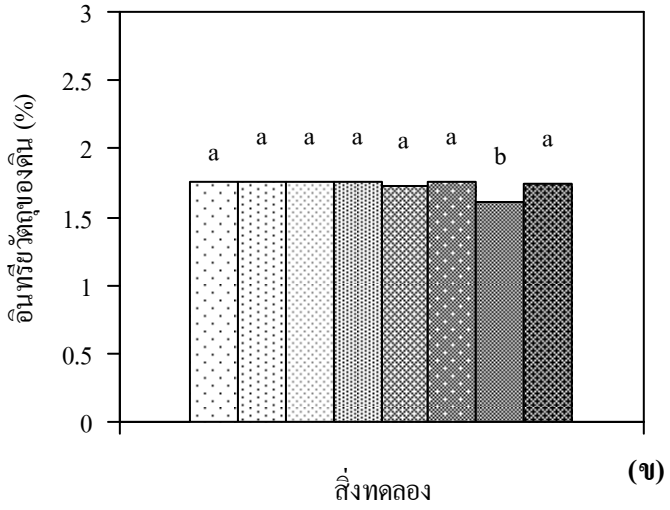
2.2.3.3 ปริมาณอินทรียวัตถุของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว 1 สัปดาห์ พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตรา 1,000 และ 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุของดินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ย (ตารางภาคผนวกที่ 33) ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุของดินต่ำที่สุดเฉลี่ย 1.61 % (ภาพที่ 38)

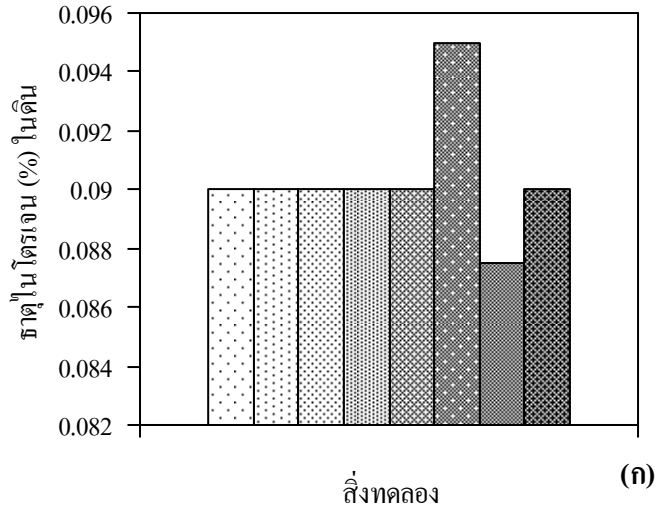
2.2.4 การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันของข้าว

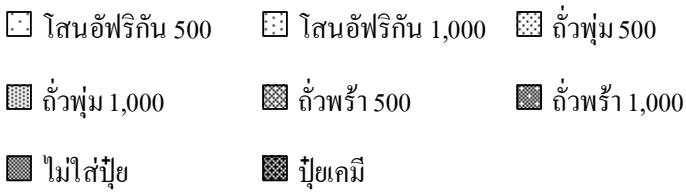
ปริมาณไนโตรเจนรูปแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ กันของข้าว พบว่า ถั่วปุ๋ยพืชสดมีผลต่อปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 32) โดยการใส่ถั่วพร้า อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนสูงสุดเมื่อข้าวมีอายุ 20 วันก่อนสร้างรวงอ่อน ระยะสร้างรวงอ่อน และ 20 วันหลังสร้างรวงอ่อนเฉลี่ย 20.13, 17.62 และ 4.45 มก. N กก. ดิน$^{-1}$ ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ถั่วพุ่มและโสนอัฟริกันที่อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำทำให้ดินมีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้มีปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจนของดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวต่ำสุด เฉลี่ย 8.87, 5.31 และ 1.02 มก. N กก. ดิน$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 39)



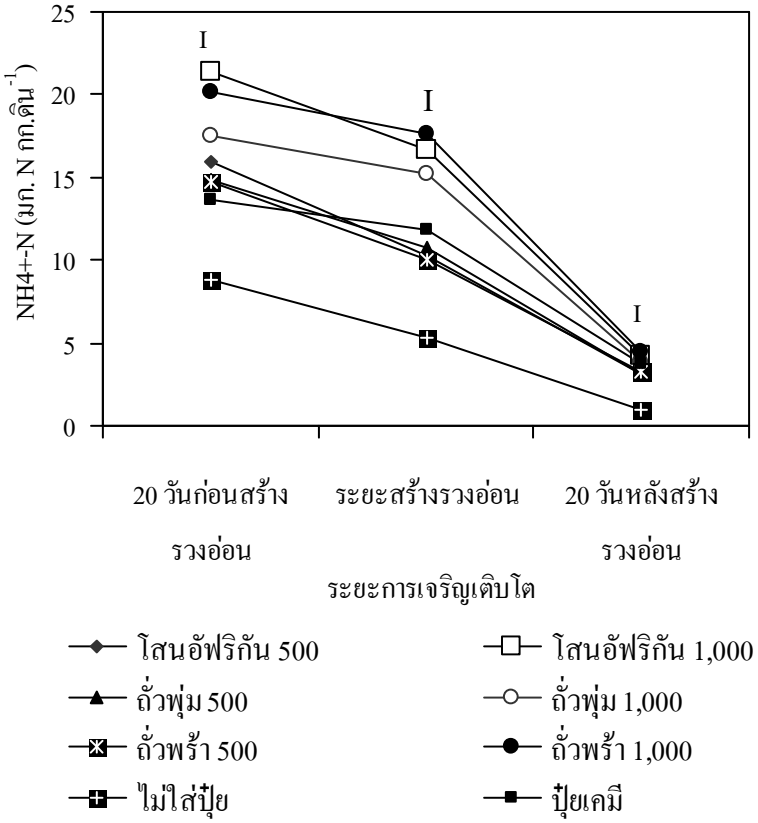
ภาพที่ 37 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ในเมล็ด และ (ข) ในตอซัง]







ภาพที่ 38 ปริมาณไนโตรเจนและอินทรียวัตถุของดินเฉลี่ยหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ธาตุไนโตรเจนในดิน และ (ข) อินทรียวัตถุของดิน I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 39 ปริมาณแอมโมเนียม-ไนโตรเจน (NH_4-N) ของดินเฉลี่ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.2.5 ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว

จากผลการวิเคราะห์ผลผลิตข้าวจากกระถางที่มีการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ และการไม่ใส่ปุ๋ย ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่และปริมาณไนโตรเจนในข้าว นำมาคำนวณหาค่า Yield efficiency, Nitrogen recovery efficiency และ Physiological efficiency ตามสูตรการวิเคราะห์ Nitrogen use efficiency หรือ NUE (ตารางที่ 3) ให้ผลดังนี้

2.2.5.1 Yield efficiency หรือ YE เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตของข้าว พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้าที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า YE ของข้าวเท่ากับ 17.21, 22.06, และ 17.91 kg kg N applied^{-1} ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดขึ้นเป็นอัตรา 1,000 กก.

นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า YE ของการใส่ถั่วพร้าเพิ่มขึ้นเป็น 20.33 kg kg N applied^{-1} ในขณะที่การใส่โสนอัฟริกันและถั่วพุ่มมีค่า YE ลดลงเป็น 16.65 และ 19.31 kg kg N applied^{-1} ตามลำดับ และเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำทำให้มีค่า YE เพิ่มขึ้นสูงสุดเท่ากับ 30.30 kg kg N applied^{-1}

ตารางที่ 3 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน Yield efficiency (kg kg N applied^{-1}), Nitrogen recovery efficiency (%) และ Physiological efficiency (kg kg N uptake^{-1}) ของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

สิ่งทดลอง	Yield efficiency	Nitrogen recovery efficiency	Physiological efficiency
1. โสนอัฟริกัน อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	17.21	43.67	39.41
2. โสนอัฟริกัน อัตรา 1,000 กก.นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	16.65	47.52	35.07
3. ถั่วพุ่ม อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	22.06	47.45	46.50
4. ถั่วพุ่ม อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	19.31	51.90	37.20
5. ถั่วพร้า อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	17.91	43.96	40.73
6. ถั่วพร้า อัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$	20.33	54.24	37.49
7. ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-
8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (16-20-0 + 21-0-0)	30.30	51.52	58.82

2.2.5.2 Nitrogen recovery efficiency หรือ NRE เป็นดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยของข้าว พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า NRE ของข้าวเท่ากับ 43.67, 47.45 และ 43.96% ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดขึ้นเป็นอัตรา 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า NRE เพิ่มขึ้นเป็น 47.52, 51.90 และ 54.24% ตามลำดับ และมีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่มีค่า NRE เท่ากับ 51.52%

2.2.5.3 Physiological efficiency หรือ PE เป็นดัชนีที่บ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิตข้าว พบว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้าที่อัตรา 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า PE ของข้าวเท่ากับ 39.41, 46.50 และ 40.73 kg kg N uptake^{-1} ตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด

แต่ละชนิดขึ้นเป็นอัตรา 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้มีค่า PE ลดลงเป็น 35.07, 37.20 และ 37.49 kg kg N uptake^{-1} ตามลำดับ และการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดที่อัตราทำให้มีค่า PE ต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำที่มีค่า PE เท่ากับ 58.82 kg kg N uptake^{-1}

2.3 การทดลองในแปลงทดลอง

ผลการศึกษาผลของถั่วปุ๋ยพืชสด 2 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ที่ใช้อัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน และวันปักดำหลังสับกลบต่างกันที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ระดับค่าสีของใบ และปริมาณไนโตรเจนของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

2.3.1 สมบัติดิน

งานทดลองนี้ได้ดำเนินการในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง ดินทดลองเป็นกลุ่มดินชุดที่ 6 ชุดดินพัทลุง ดินชั้นบนมีสีน้ำตาลปนเทา มีเนื้อดินเป็นดินร่วน จัดเป็นเนื้อดินที่สามารถปลูกข้าวได้ มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง จากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองพบว่า มีความเป็นกรดสูง (pH 4.95) มีปริมาณอินทรียวัตถุระดับค่อนข้างต่ำ 1.47 % มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดปริมาณต่ำมาก 0.08 % มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง 18.62 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก 0.03 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณโซเดียม 0.03 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณแคลเซียมปานกลาง 1.44 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณแมกนีเซียม 0.10 meq 100 g^{-1} soil ปริมาณซัลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์มีค่าปานกลาง 12.28 mg kg^{-1} soil ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 3.71 meq 100 g^{-1} soil มีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง 1.04 meq 100 g^{-1} soil และมีความต้องการปูน (pH 5.5) 185.64 kg $Ca(OH)_2$ rai^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 4

2.3.2 ผลของถั่วพุ่มที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ระดับค่าสีของใบ และปริมาณไนโตรเจนของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

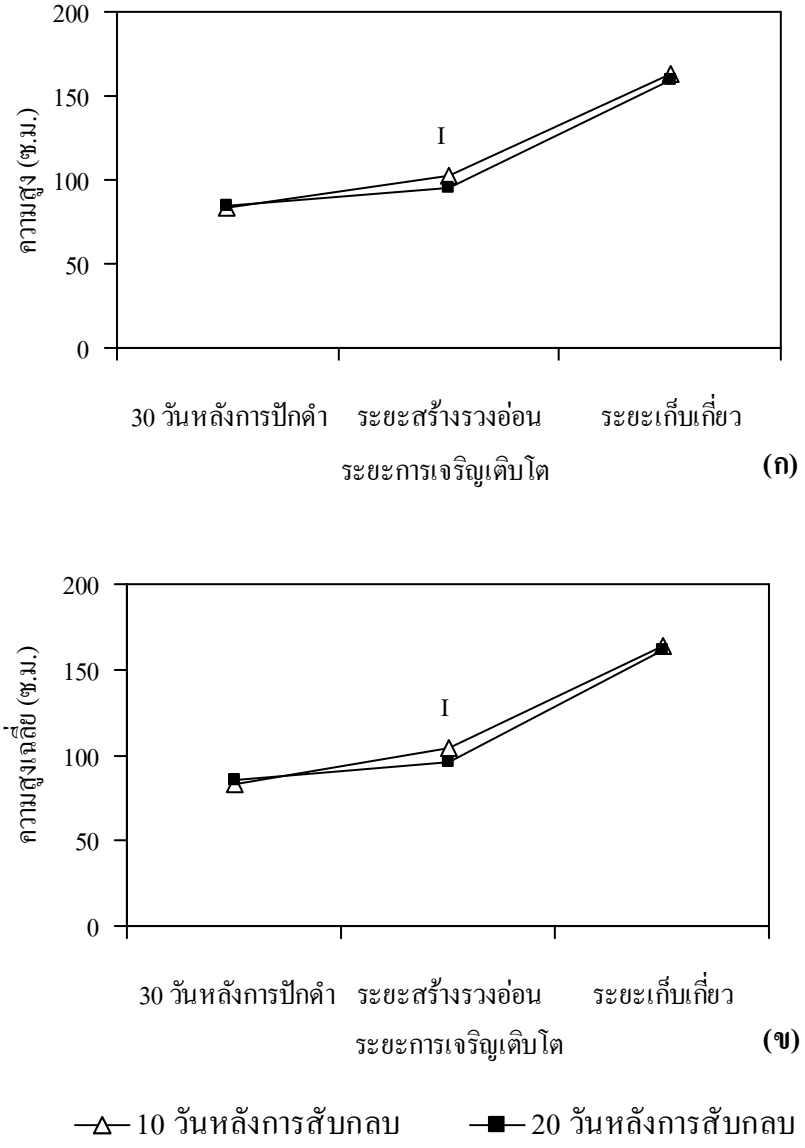
2.3.2.1 ความสูงของข้าว ความสูงของข้าวที่เวลา 30 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความสูงของข้าวหลังการปักดำ 30 วันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 34) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความสูงเฉลี่ย (84.42 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) สูงกว่าวันปักดำหลังสับกลบ 10 วัน (82.82 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) (ภาพที่ 40) สำหรับการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ร่วมกับปุ๋ย 0-46-0 (1,000 + TP) มีแนวโน้มทำให้ข้าวสูงที่เวลา 30 วันหลังการปักดำสูงสุดเฉลี่ย 88.01 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (CF) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต่ำสุด คือ 77.22 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ (ภาพที่ 41)

ตารางที่ 4 สมบัติดินก่อนการทดลอง

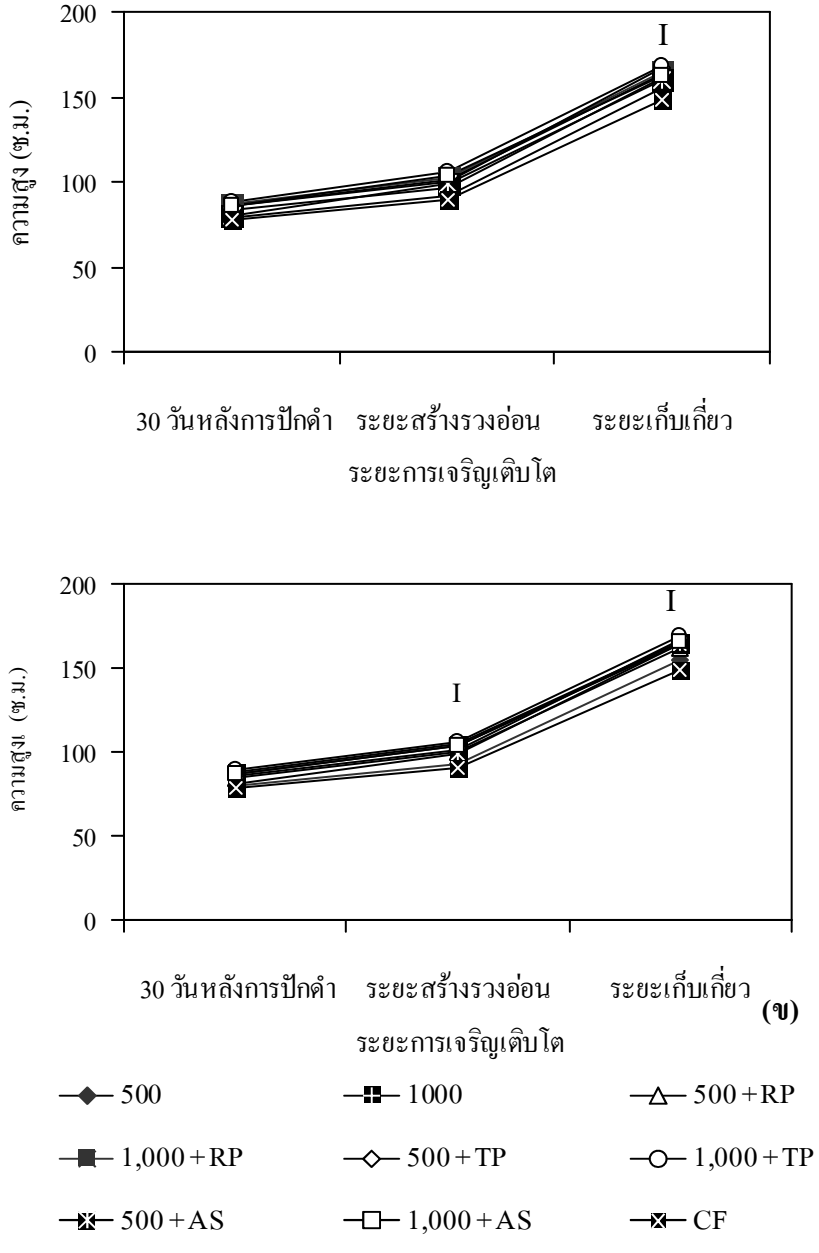
สมบัติของดิน	ค่า
pH (soil : water = 1 : 5)	4.95
Organic matter (%)	1.47
Total N (%)	0.08
Available P (mg kg^{-1} soil)	18.62
Exchangeable K (meq 100 g^{-1} soil)	0.03
Na (meq 100 g^{-1} soil)	0.03
Ca (meq 100 g^{-1} soil)	1.44
Mg (meq 100 g^{-1} soil)	0.10
Available S (mg kg^{-1} soil)	12.28
CEC (meq 100 g^{-1} soil)	3.71
Al (meq 100 g^{-1} soil)	1.04
Lime requirement pH 5.5 [kg $Ca(OH)_2$ rai^{-1}]	185.64
Soil texture	loam

ความสูงของข้าวที่ระยะสร้างรวงอ่อน พบว่า อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความสูงของข้าวที่ระยะสร้างรวงอ่อนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบมีผลต่อความสูงของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 34) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันทำให้ข้าวมีความสูงเฉลี่ย 102.36 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าวันปักดำหลังสับกลบ 20 วัน (95.14 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) (ภาพที่ 40)

เมื่อพิจารณาผลของถั่วพุ่มต่อความสูงของข้าวที่ระยะเก็บ-เกี่ยว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความสูงของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความสูงของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 34) โดยการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวสูงสุด เฉลี่ย 167.94 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ แต่มีผลไม่แตก-ต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 4, 2, 8, 3, 7 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 167.15, 164.82, 163.81, 162.94, 161.10, 160.49 และ 155.13 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่สิ่งทดลองที่ 9 (CF) ให้ค่าเฉลี่ย (148.39 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) ต่ำที่สุดและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 1 แต่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ภาพที่ 41)



ภาพที่ 40 ความสูงเฉลี่ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่วันปักดำหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



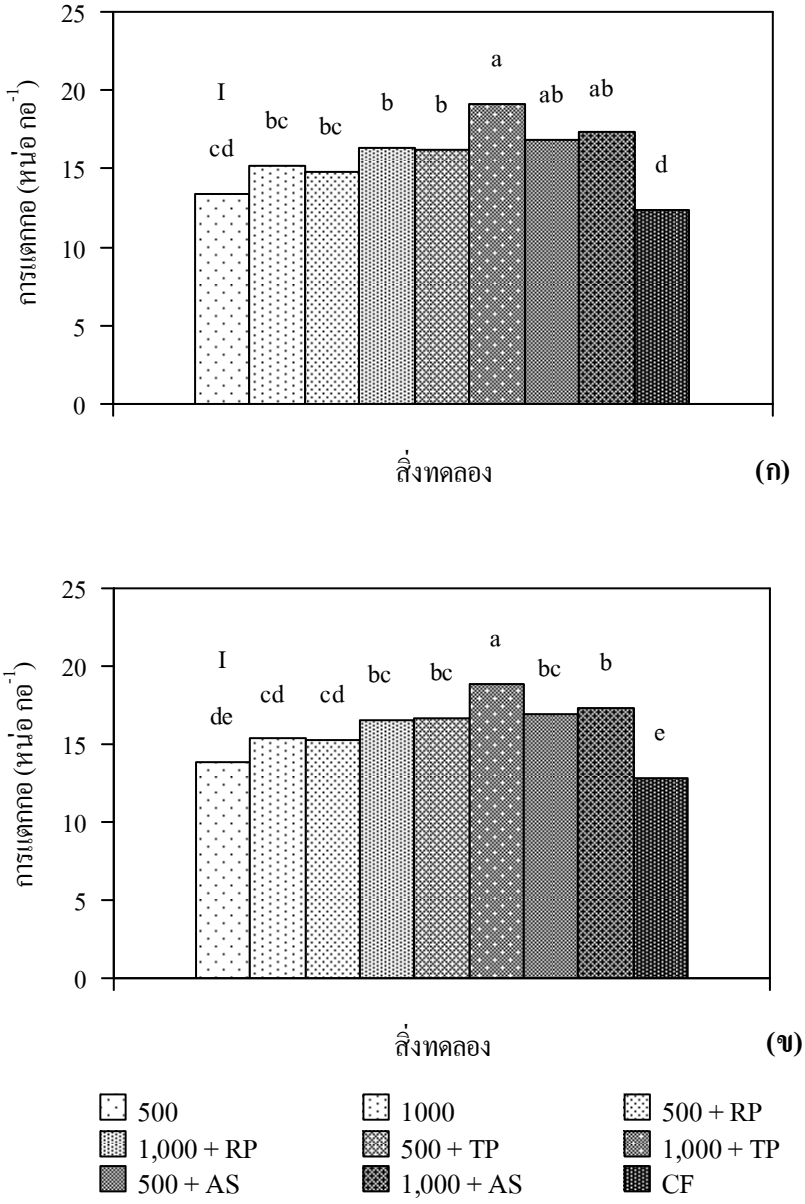
ภาพที่ 41 ความสูงเฉลี่ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.3.2.2 การแตกกอและความยาวใบธงของข้าว การแตกกอของข้าว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อการแตกกอของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อการแตกกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 34) โดยการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวแตกกอสูงสุดเฉลี่ย 19.09 หน่อ กอ$^{-1}$ แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 8 และ 7 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 17.36 และ 16.78 หน่อ กอ$^{-1}$ ตามลำดับ รองลงมาคือสิ่งทดลองที่ 4, 5, 2, 3, 1 และ 9 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 16.38, 16.26, 15.12, 14.82, 13.38 และ 12.33 หน่อ กอ$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 42)

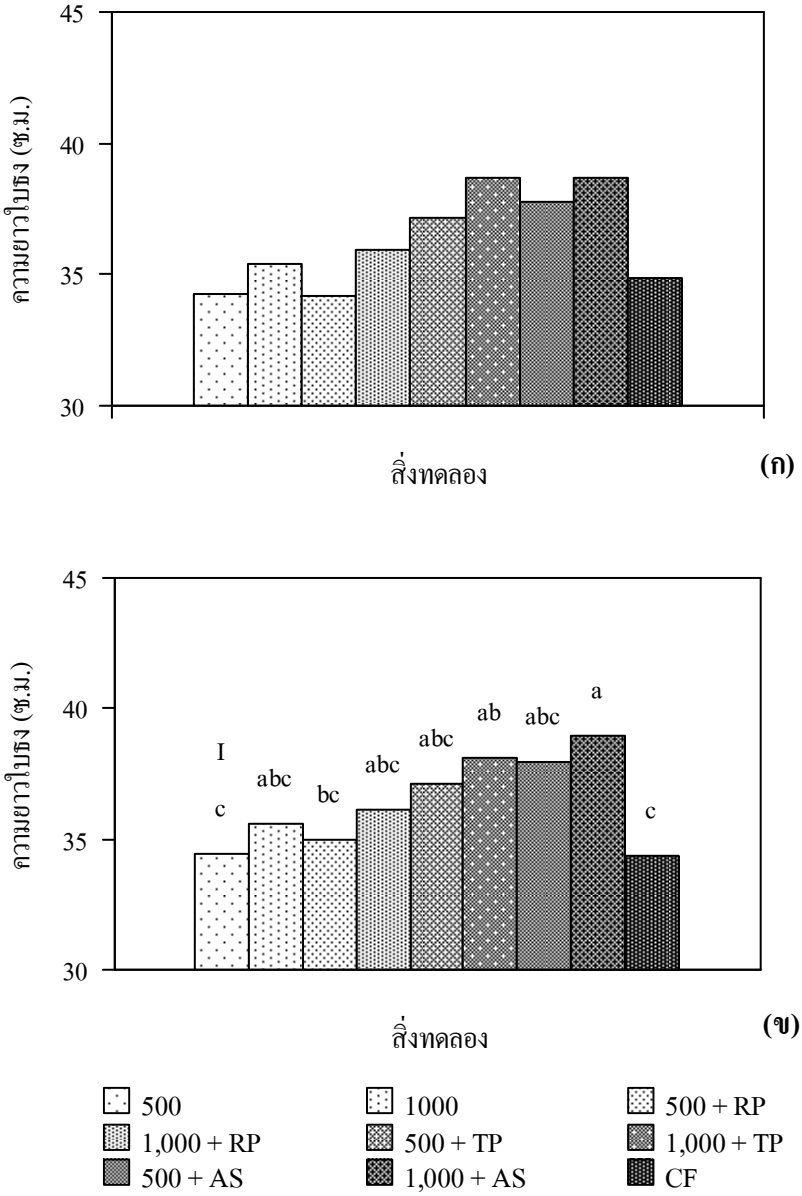
ความยาวใบธงของข้าว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบอัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความยาวใบธงของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวันปักดำหลังสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความยาวใบธงเฉลี่ย 36.63 ซ.ม. ใบ$^{-1}$) ยาวกว่าวันปักดำหลังสับกลบ 10 วัน (36.04 ซ.ม. ใบ$^{-1}$) (ตารางภาคผนวกที่ 34) สำหรับการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 8 (1,000 + AS) มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความยาวใบธงสูงสุดเฉลี่ย 38.69 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ ขณะที่การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 3 (500 + RP) ให้ค่าเฉลี่ยความยาวใบธงต่ำสุด เฉลี่ย 34.18 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ (ภาพที่ 43)

2.3.2.3 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ผลผลิตของข้าวที่ความชื้น 14% พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อผลผลิตของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 35) การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 400.1 กก. ไร่$^{-1}$ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำในสิ่งทดลองที่ 9 (CF) 1 % อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ 6 นี้มีผลไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลอง ที่ 9, 8, 5 และ 4 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 395.5, 383.3, 377.2 และ 367.3 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ แต่มีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 7, 3, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 351.9, 350.8, 342.5 และ 315.6 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ สำหรับสิ่งทดลองที่ 1 (500) ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุดและต่ำกว่าการใส่สิ่งทดลองที่ 9 20.2 % (ภาพที่ 44)

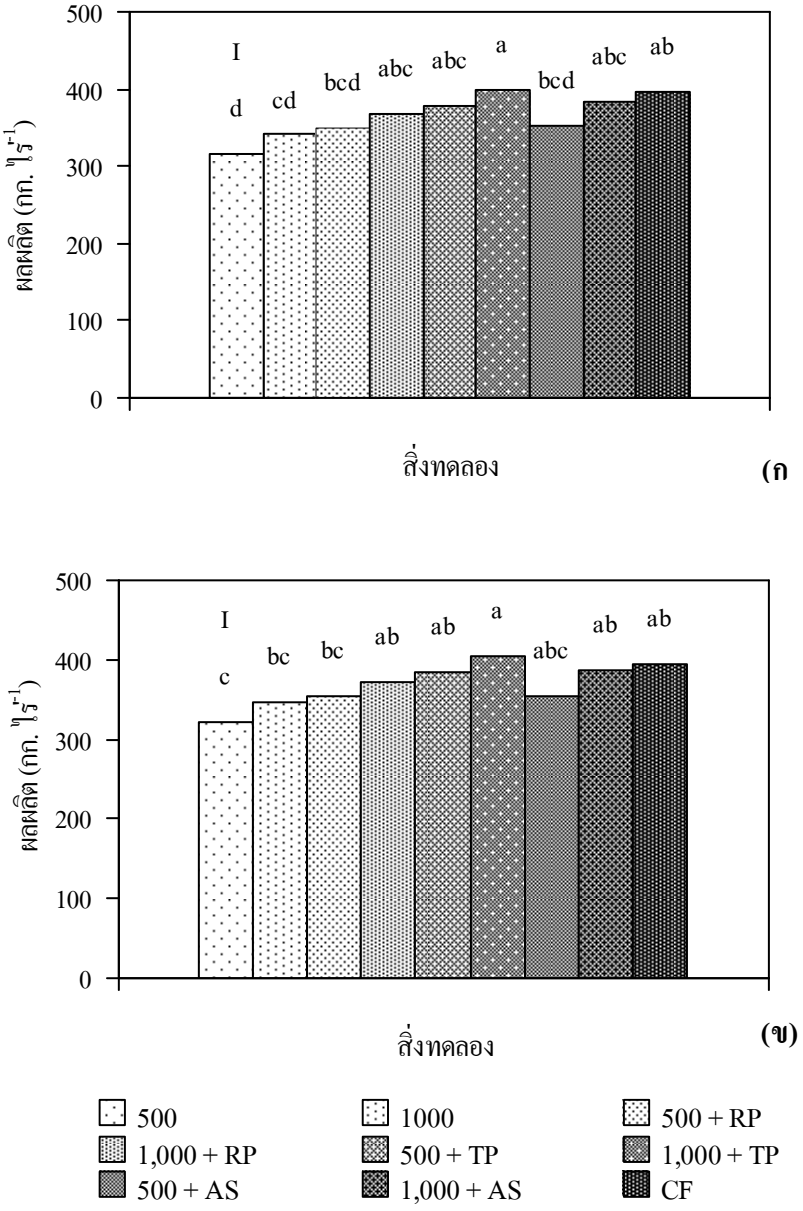
องค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อจำนวนรวงต่อกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 35) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อจำนวนเมล็ดต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) แก่ข้าวทำให้ข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวงสูง



ภาพที่ 42 การแตกกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 43 ความยาวใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 44 ผลผลิตเฉลี่ยที่ความชื้น 14% ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

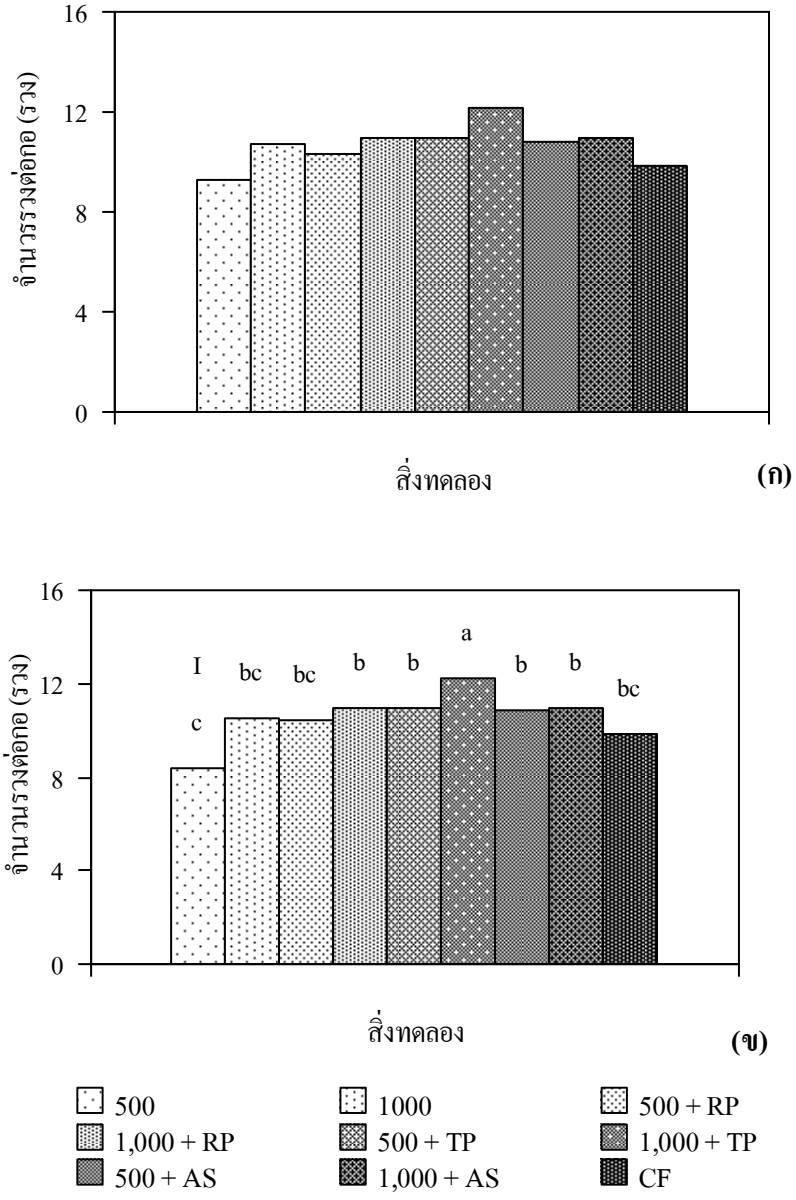
สุดเฉลี่ย 239.9 เมล็ด รวง$^{-1}$ แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 9, 4, 8 และ 3 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 231.8, 228.5, 223.0, 220.8 และ 218.5 เมล็ด รวง$^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 7, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 210.9, 196.5 และ 191.1 เมล็ด รวง$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 46)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบผลผลิตของข้าว จำนวนรวงต่อกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตจำนวนรวงต่อกอ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงสุด เฉลี่ย 12.13 รวง กอ$^{-1}$ และ 85.77 % ตามลำดับ (ภาพที่ 45 และ 47) ขณะที่การใช้ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 4 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด เฉลี่ย 18.90 ก. (ภาพที่ 48) สำหรับการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 1 มีแนวโน้มทำให้มีค่าเฉลี่ยจำนวนรวงต่อกอ (9.30 รวง กอ$^{-1}$) และเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (77.54 %) ต่ำที่สุด (ภาพที่ 45 และ 47)

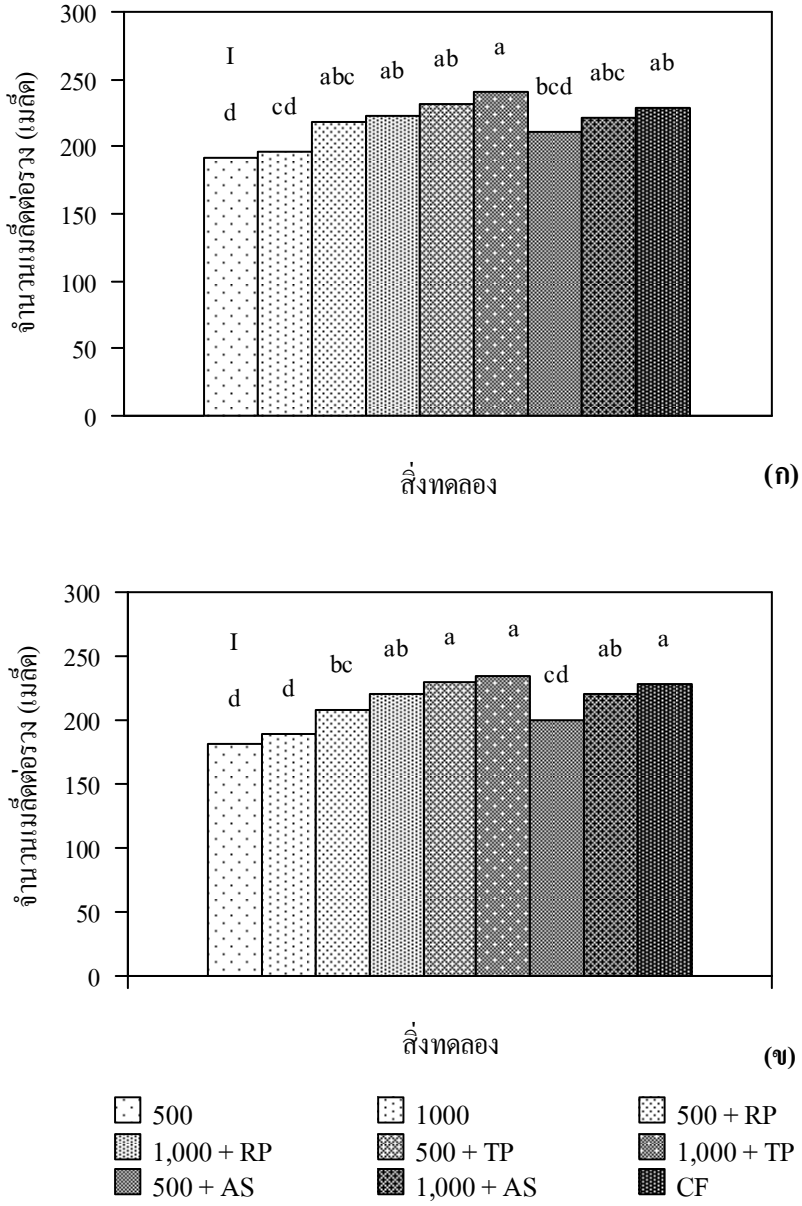
2.3.2.4 ระดับค่าสีของใบข้าว ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 30 วัน และ 40 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวหลังปักดำ 30 และ 40 วันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบเฉลี่ย (3.63 และ 3.83 ตามลำดับ) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (3.56 และ 3.74 ตามลำดับ) (ภาพที่ 48) สำหรับการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบหลังการปักดำ 30 และ 40 วัน สูงสุดเฉลี่ย 3.66 และ 3.94 ตามลำดับ ขณะที่การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าระดับสีของใบข้าวต่ำสุดเฉลี่ย 3.50 และ 3.64 ตามลำดับ

ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 50 วันหลังการปักดำ พบว่า อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบมีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 3.62 และ 3.35 ตามลำดับ (ภาพที่ 49)

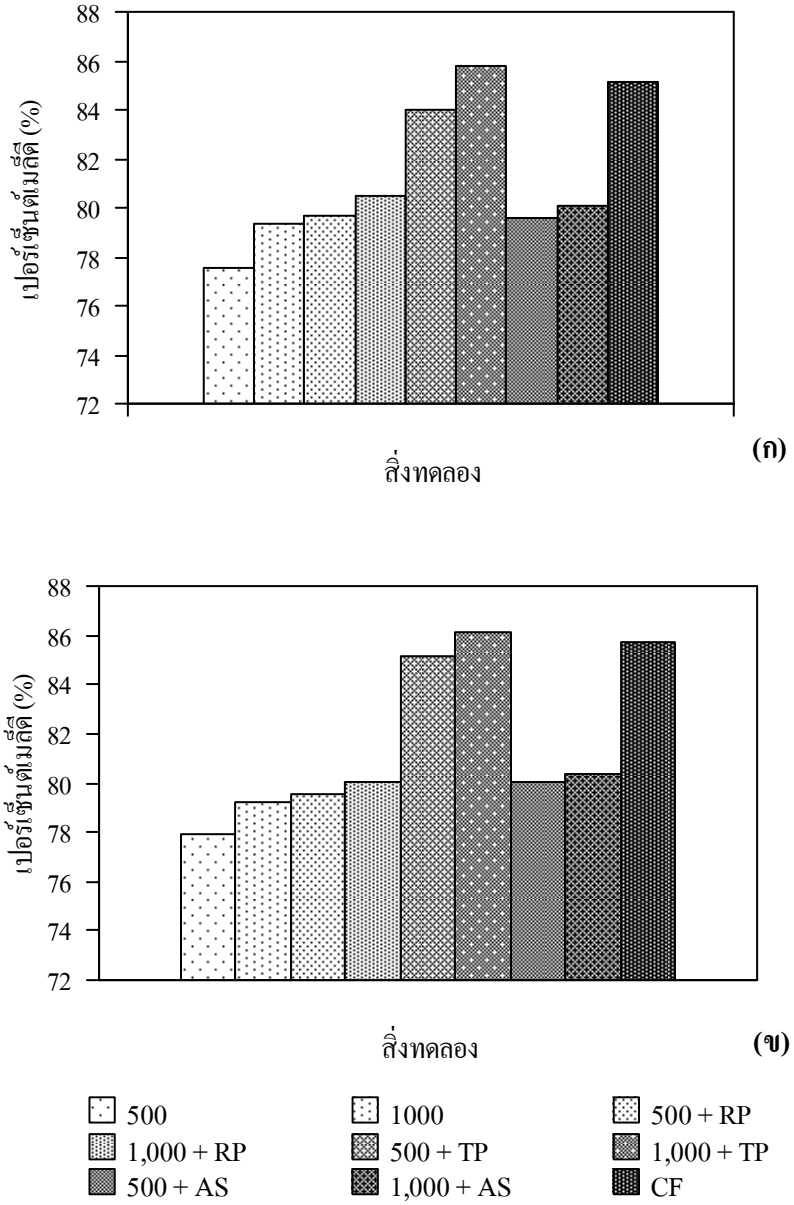
ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 60 และ 70 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้งและปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าว



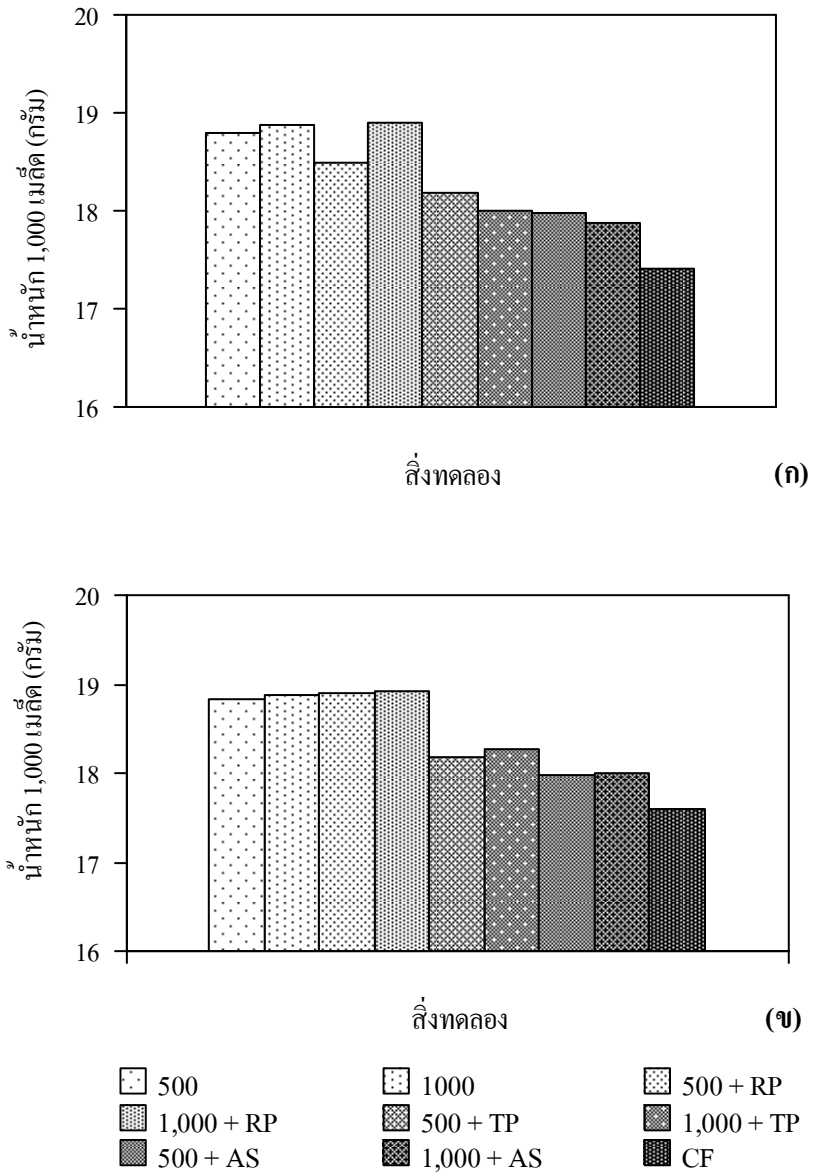
ภาพที่ 45 จำนวนรวงต่อกอเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 46 จำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 47 เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



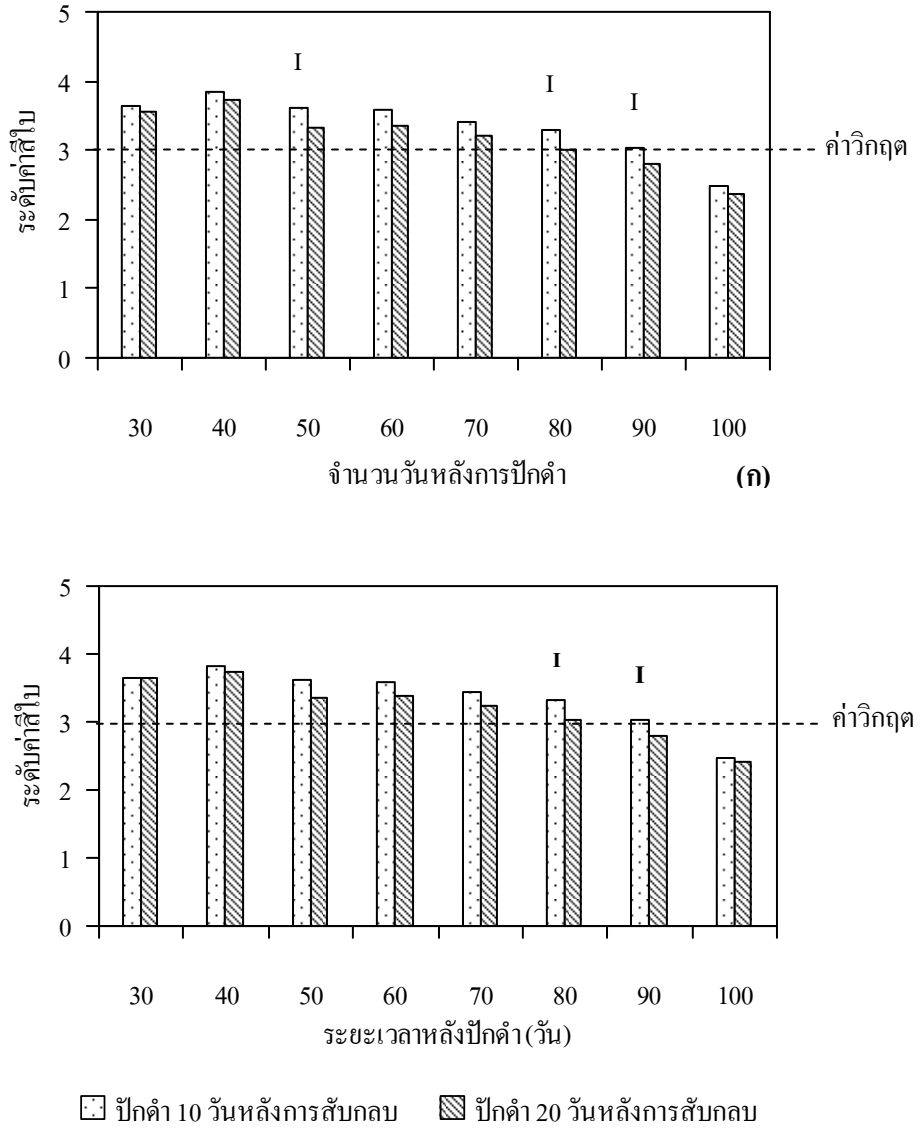
ภาพที่ 48 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า]

หลังการปักดำ 60 และ 70 วัน เฉลี่ย (3.57 และ 3.41 ตามลำดับ) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (3.35 และ 3.22 ตามลำดับ) (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวหลังการปักดำ 60 และ 70 วันสูงสุดเฉลี่ย 3.79 และ 3.56 ตามลำดับ ขณะที่การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยระดับค่าสีของใบข้าวต่ำสุด เฉลี่ย 3.06 และ 2.90 ตามลำดับ

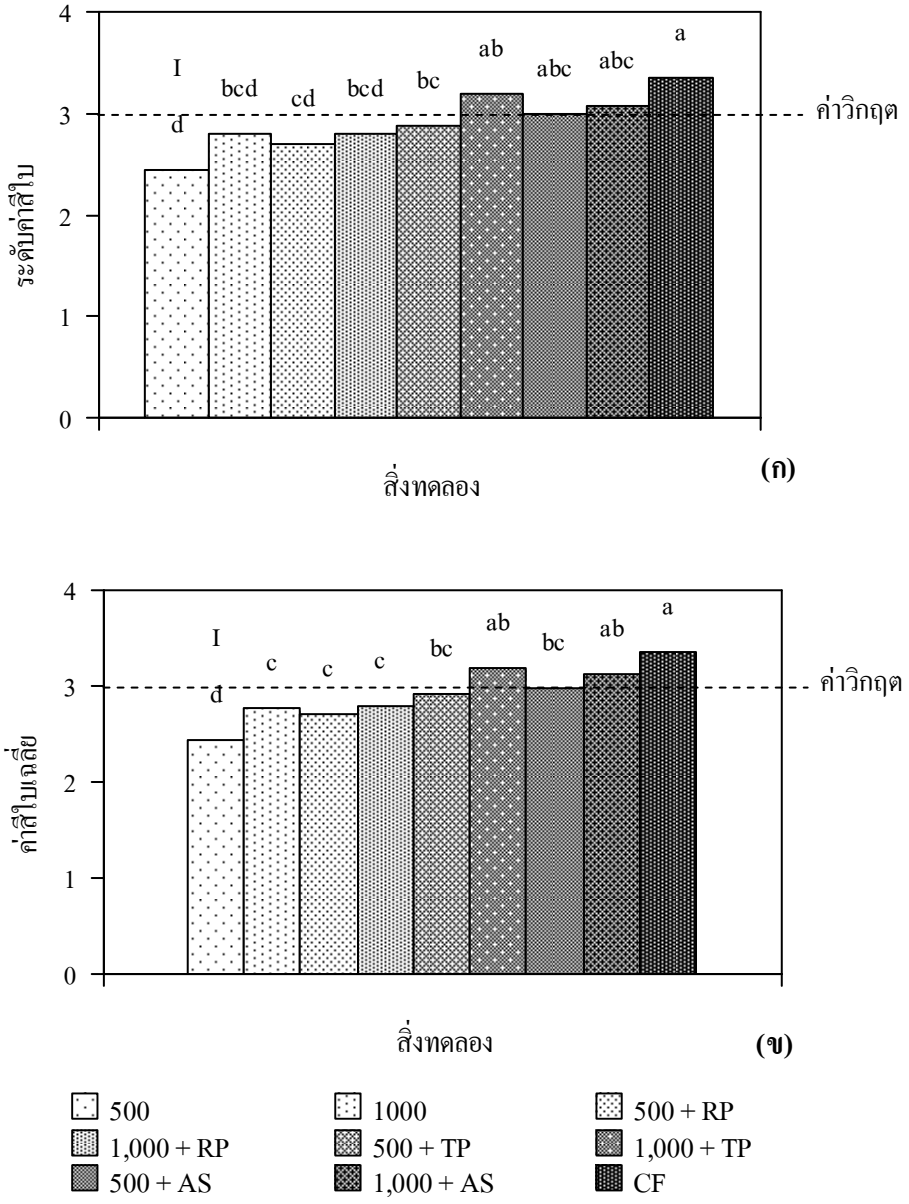
ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 80 วันหลังการปักดำ พบว่า อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ผลของวันปักดำหลังการสับกลบมีผลต่อระดับค่าสีของใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 80 วันสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 3.30 และ 3.01 ตามลำดับ (ภาพที่ 49)

ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 90 วันหลังการปักดำ พบว่า ปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 90 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 3.03 และ 2.79 ตามลำดับ (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีใน สิ่งทดลองที่ 9 มีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงสุด เฉลี่ย 3.34 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6, 8 และ 7 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 3.20, 3.08 และ 3.00 ตามลำดับ รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 5, 4, 2, 3 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.88, 2.80, 2.79, 2.69 และ 2.44 ตามลำดับ (ภาพ ที่ 50)

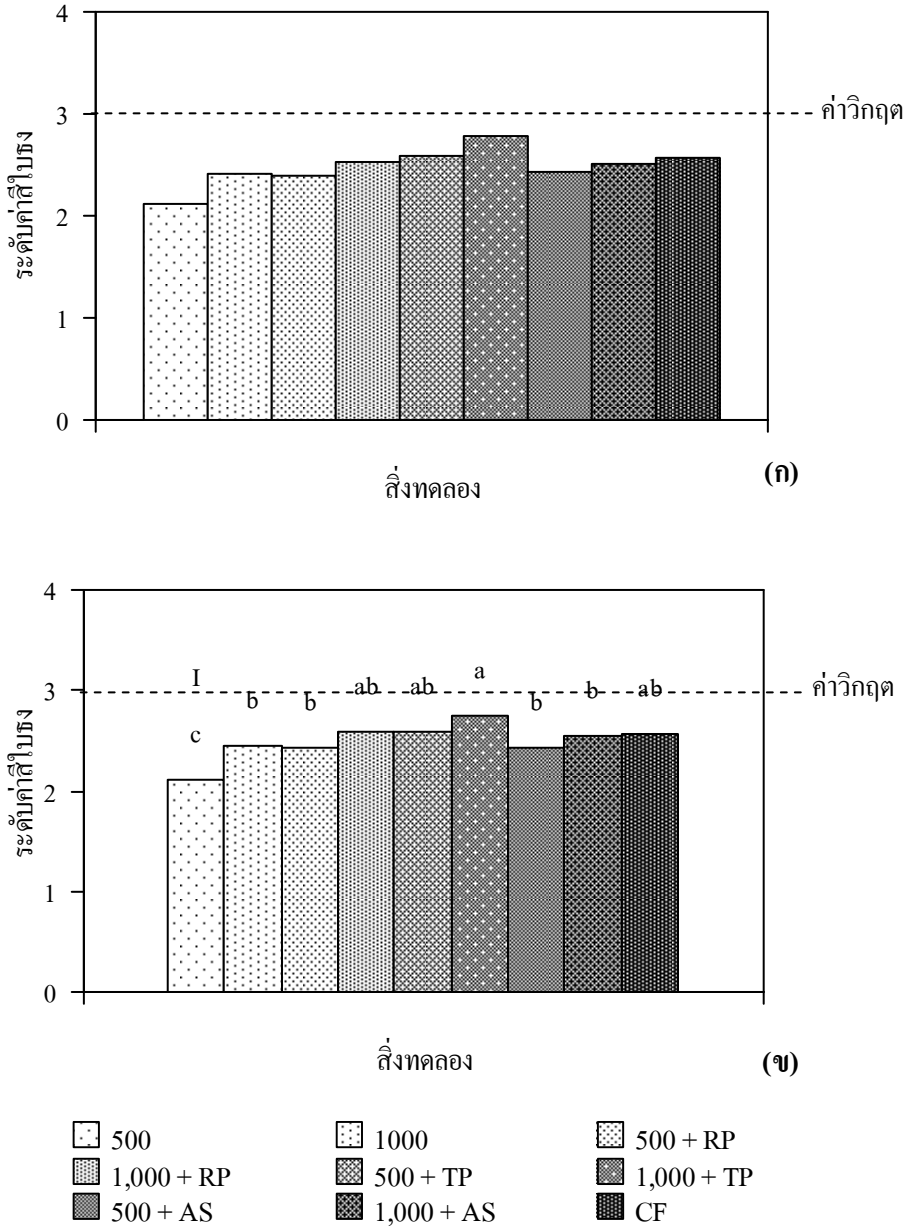
ระดับค่าสีของใบข้าวและใบธงที่เวลา 100 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวและใบธงที่เวลา 100 วันหลังการปักดำไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 36) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวเฉลี่ย (2.49) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (2.36) (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 มีแนวโน้มให้ระดับค่าสีของใบธงสูงสุดเฉลี่ย 2.78 ในขณะที่การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ระดับค่าสีของใบธงต่ำสุด เฉลี่ย 2.08 (ภาพที่ 51)



ภาพที่ 49 ระดับค่าสีใบเฉลี่ยที่จำนวนวันหลังการปักดำต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 50 ระดับค่าสีใบเฉลี่ยที่ 90 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



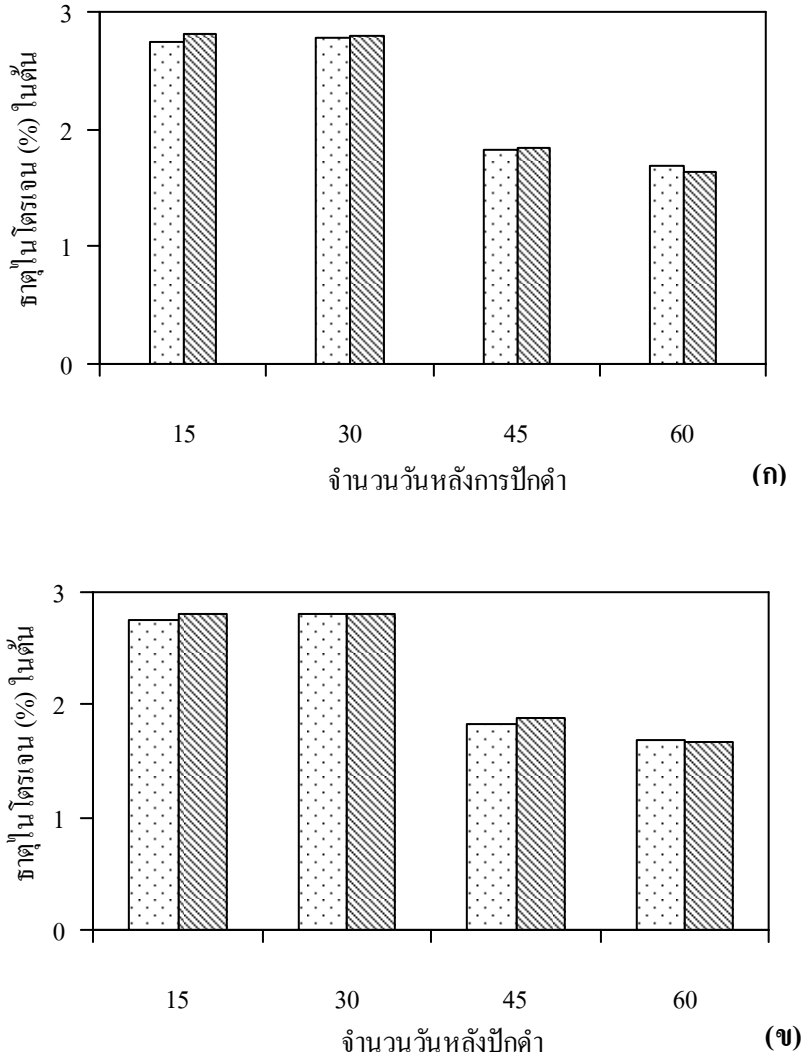
ภาพที่ 51 ระดับค่าสีใบธงเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด อัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.3.2.5 ปริมาณไนโตรเจน

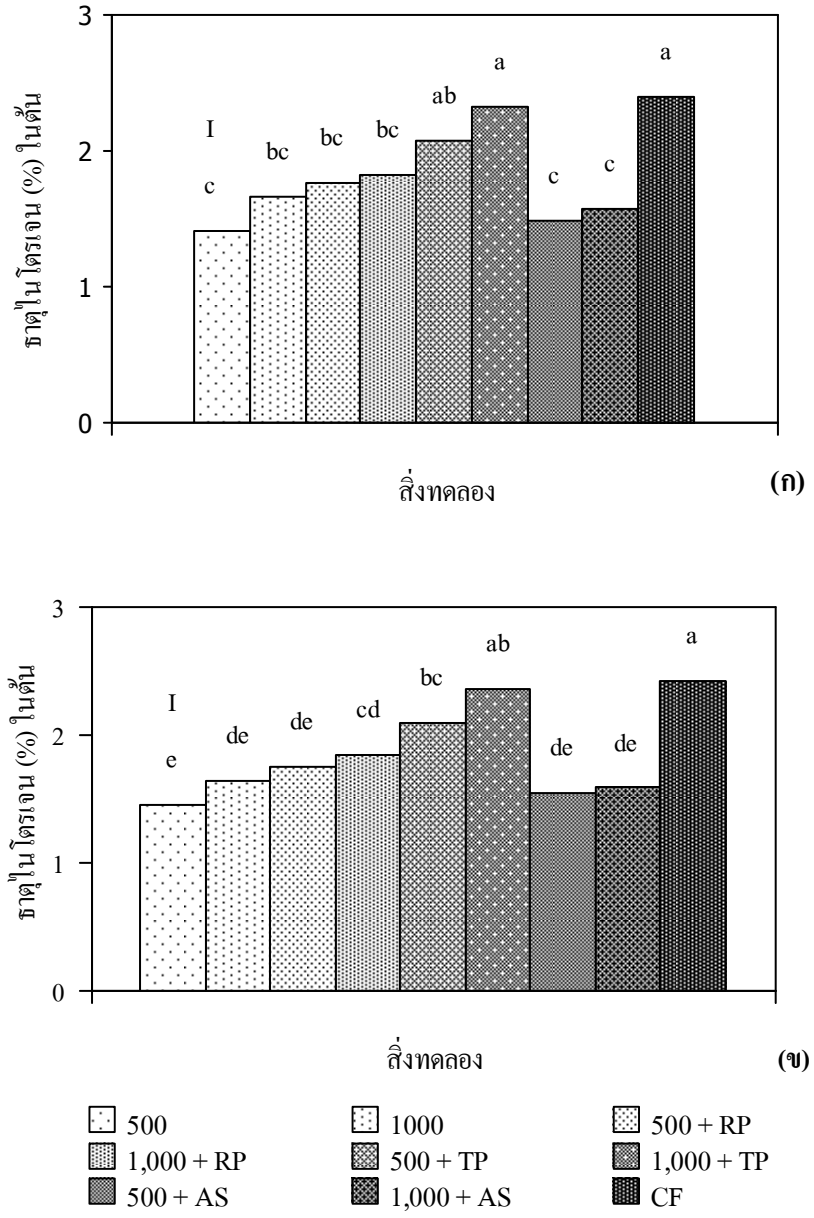
1) ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าว ตอซังและเมล็ด ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 15 และ 30 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบอัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 37) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นหลังการปักดำ 15 และ 30 วัน เฉลี่ย (2.81 และ 2.80 % ตามลำดับ) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน (2.75 และ 2.77 % ตามลำดับ) (ภาพที่ 52) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นหลังปักดำ 15 วันสูงสุดเฉลี่ย 2.90 % ขณะที่การใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้ข้าวมีปริมาณธาตุไนโตรเจนในต้นหลังการปักดำ 30 วันสูงสุดเฉลี่ย 2.92 %

ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 45 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 37) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันคือ เฉลี่ย 1.84 และ 1.83 % ตามลำดับ (ภาพที่ 52) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 ทำให้ต้นข้าวมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดเฉลี่ย 2.39 % แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 และ 5 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.33 และ 2.08 % ตามลำดับ โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 4, 3, 2, 8, 7 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.83, 1.77, 1.66, 1.58, 1.48 และ 1.41 % ตามลำดับ (ภาพที่ 53)

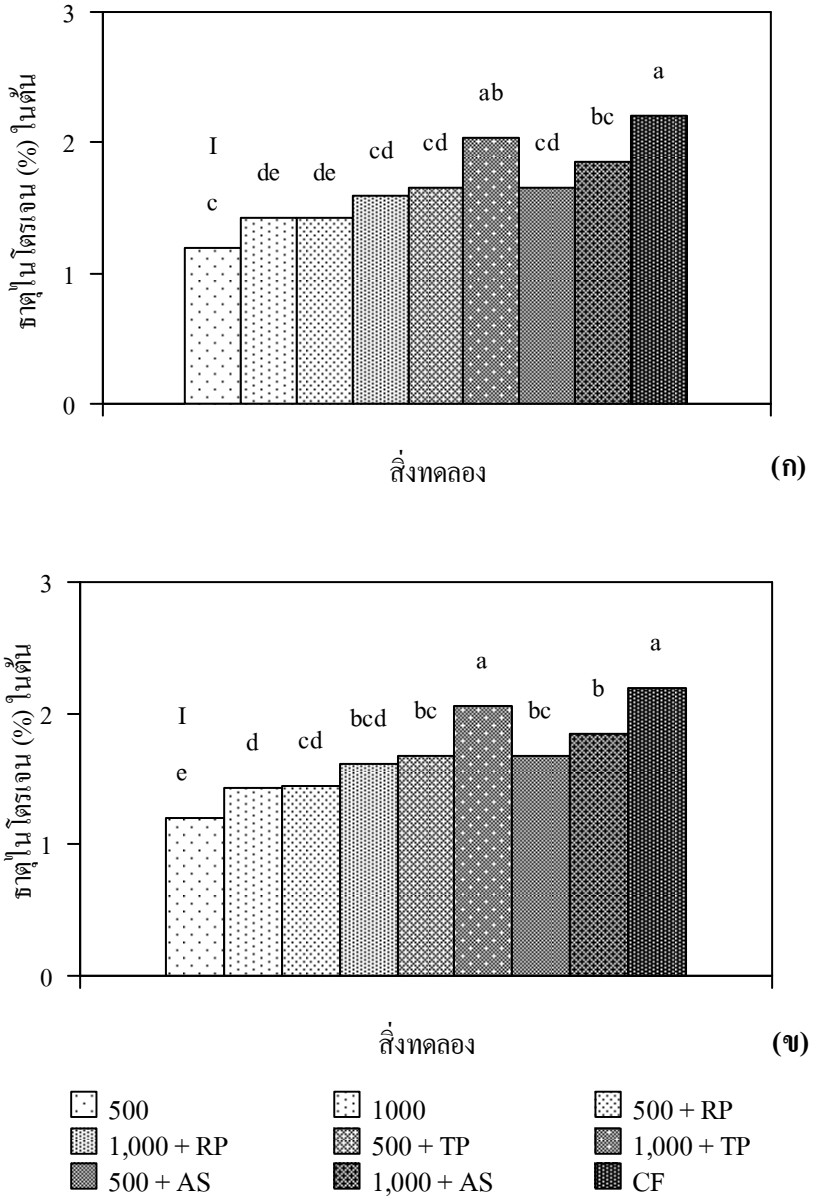
ปริมาณธาตุไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 60 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 37) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันคือ เฉลี่ย 1.69 และ 1.64 % ตามลำดับ (ภาพที่ 53) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยในสิ่งทดลองที่ 9 ทำให้ต้นข้าวมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงสุดเฉลี่ย 2.20 % แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.04 % โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 8, 7, 5, 4, 3, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.84, 1.65, 1.64, 1.59, 1.41, 1.41, และ 1.20 % ตามลำดับ (ภาพที่ 54)



ภาพที่ 52 ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่จำนวนวันหลังการปักดำต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 53 ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่ 45 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน
[(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

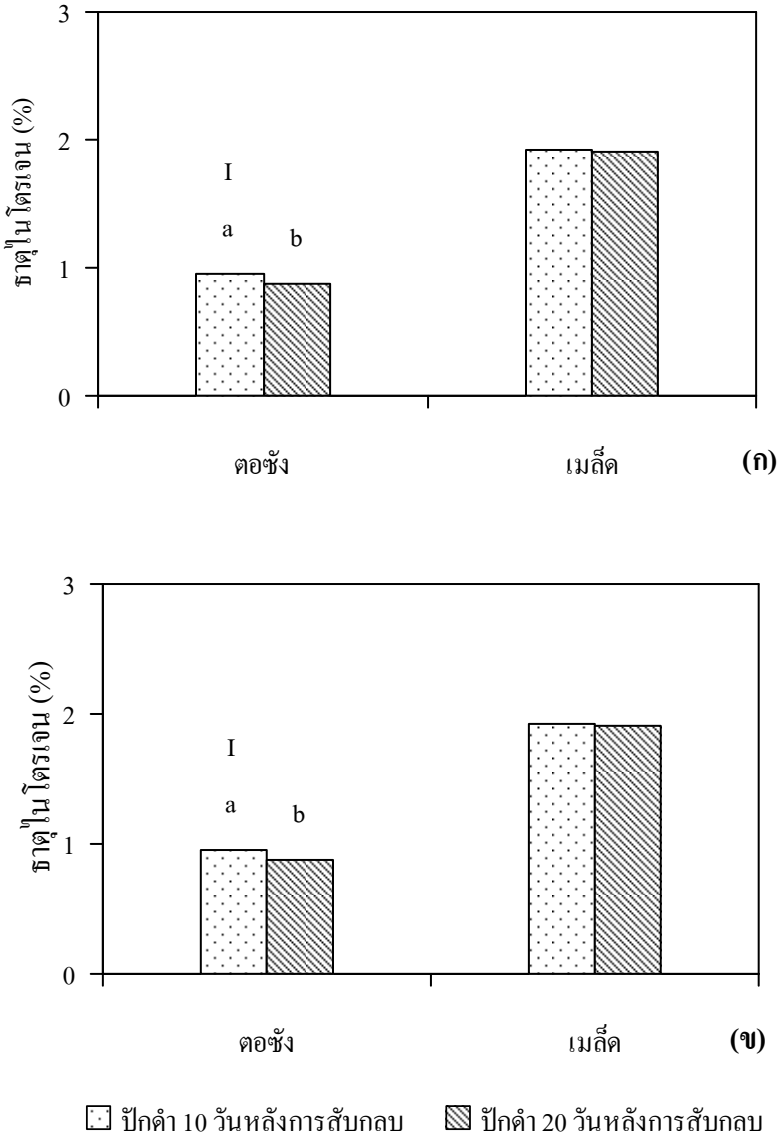


ภาพที่ 54 ปริมาณไนโตรเจนในต้นเฉลี่ยที่ 60 วันหลังการปักดำของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน
[(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า
I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

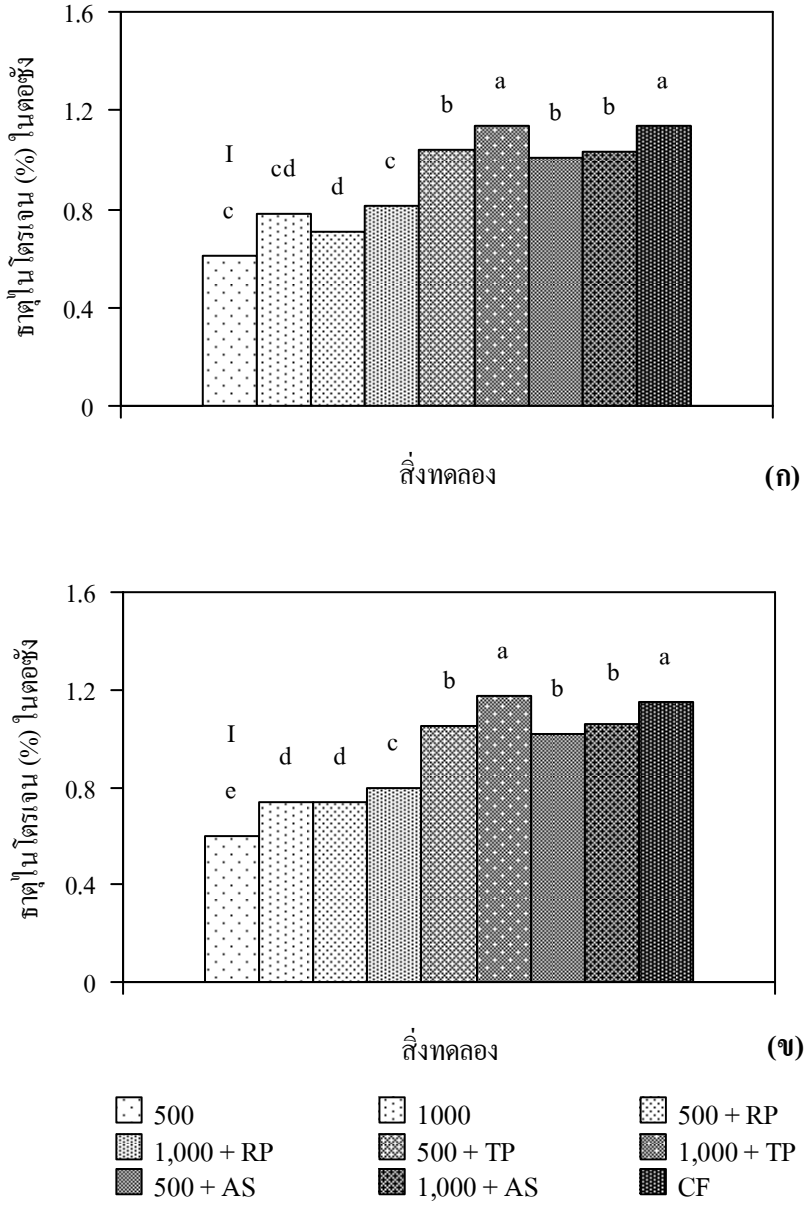
ปริมาณไนโตรเจนในตอซังหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในตอซังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 37) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในตอซังสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันคือ เฉลี่ย 0.96 และ 0.87 % ตามลำดับ (ภาพที่ 55) ส่วนการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 แก่ข้าวทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในตอซังสูงสุดเท่ากันกับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 คือ ให้ค่าเฉลี่ย 1.14 % รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 5, 8, 7, 4, 2, 3 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.04, 1.03, 1.01, 0.81, 0.74, 0.71 และ 0.61 % ตามลำดับ สำหรับปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน และการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 มีผลทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในตอซังสูงสุดเฉลี่ย 1.15 % ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน และการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.57 % (ภาพที่ 56)

ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 37) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 1.92 และ 1.91 % ตามลำดับ (ภาพที่ 55) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 ทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดเฉลี่ย 2.13 % แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.09 % โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 8, 4, 3, 7, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.91, 1.88, 1.88, 1.87, 1.84, 1.82 และ 1.79 % ตามลำดับ (ภาพที่ 57)

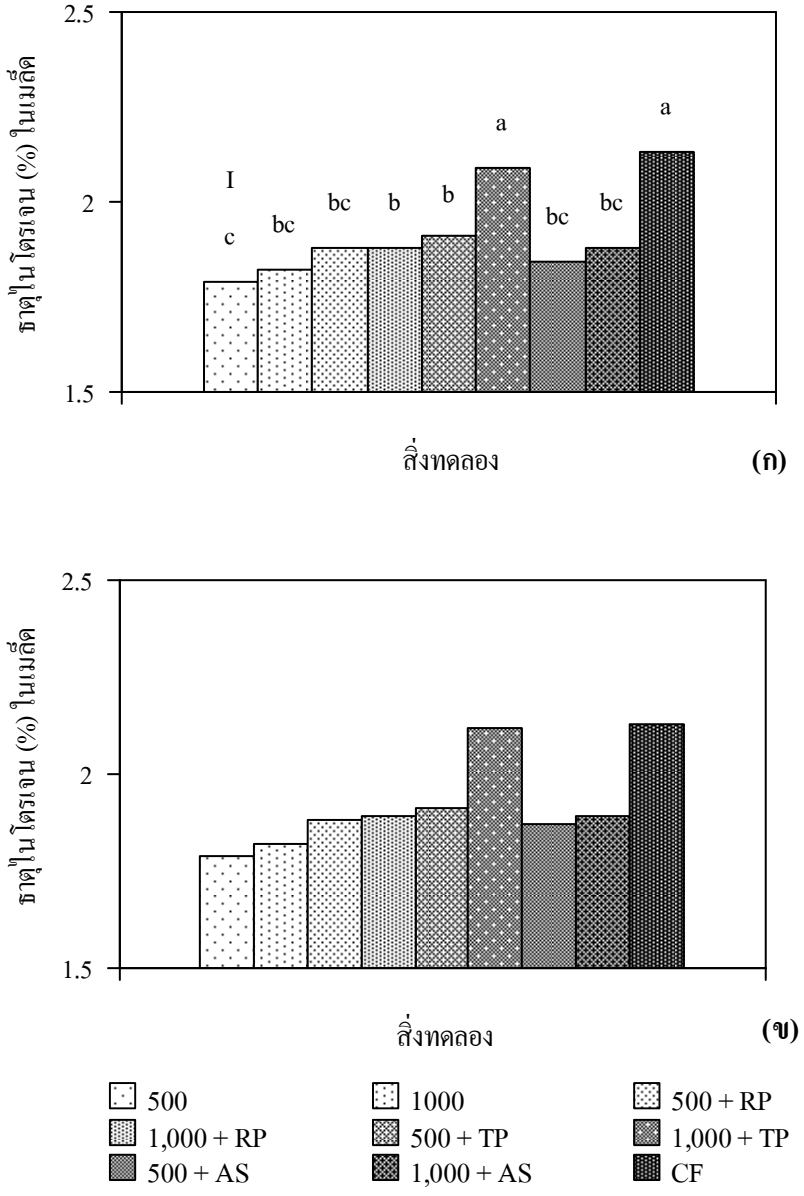
2) ปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบและปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบ และอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 37) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ถั่วพุ่มในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในดินสูงสุดเฉลี่ย 0.095 % ขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 และสิ่งทดลองที่ 9 ให้ปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดเท่ากัน คือ ให้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.080 % (ภาพที่ 58)



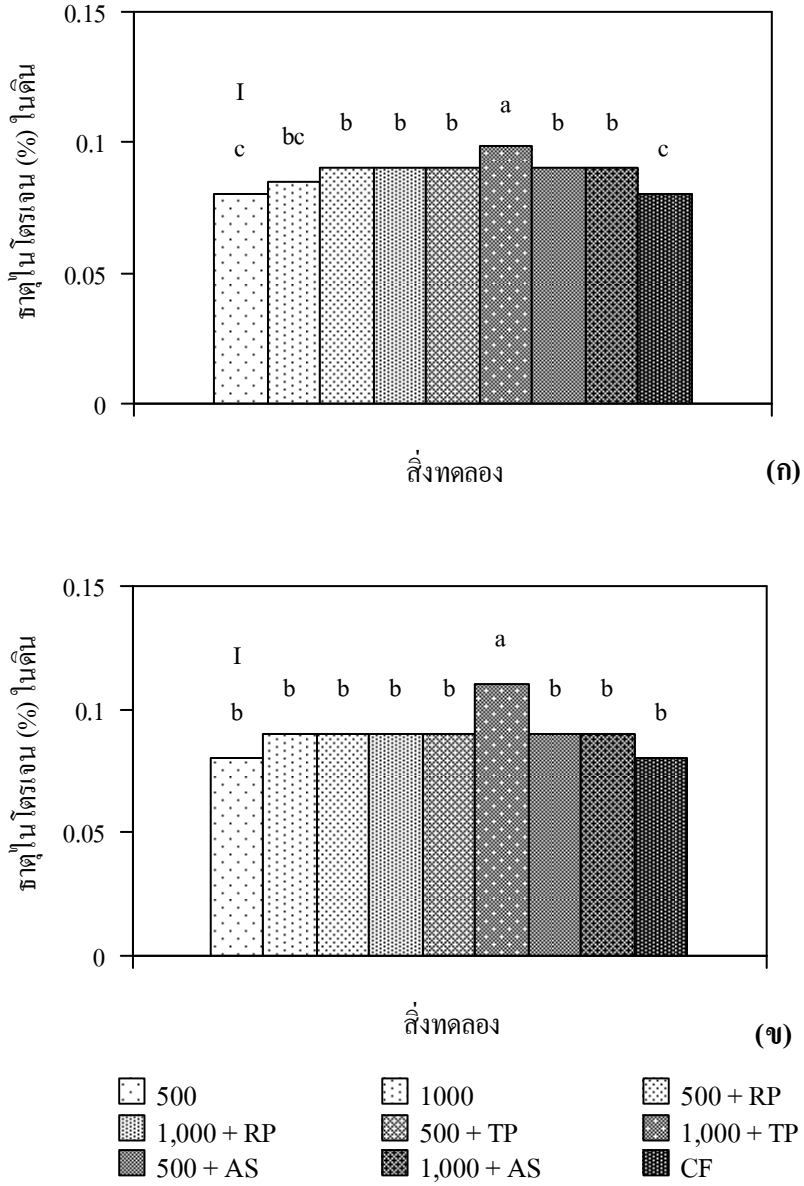
ภาพที่ 55 ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 56 ปริมาณไนโตรเจนในตอซังเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 57 ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]



ภาพที่ 58 ปริมาณไนโตรเจนในดินเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้งต่างกัน [(ก) ถั่วพุ่ม และ (ข) ถั่วพร้า I = แสดงค่าที่แตกต่างกันจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี $LSD_{0.05}$]

2.3.3 ผลของถั่วพร้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ระดับค่าสีของใบ และปริมาณไนโตรเจนของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

2.3.3.1 ความสูงของข้าว ความสูงของข้าวที่เวลา 30 วันหลังการปักดำ พบว่า อัตราน้ำหนักแห้ง วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อความสูงของข้าวหลังการปักดำ 30 วันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 38) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีความสูงเฉลี่ย (85.41 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) สูงกว่าวันปักดำหลังสับกลบ 10 วัน (83.50 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) (ภาพที่ 40) สำหรับการใส่ถั่วพร้าอัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ร่วมกับปุ๋ย 0-46-0 ในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) มีแนวโน้มทำให้ข้าวสูงที่เวลา 30 วันหลังการปักดำสูงสุดเฉลี่ย 89.65 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำในสิ่งทดลองที่ 9 (CF) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต่ำสุดเฉลี่ย 78.10 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ (ภาพที่ 41)

ความสูงของข้าวที่ระยะสร้างรวงอ่อน พบว่า อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อความสูงของข้าวที่ระยะสร้างรวงอ่อนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบมีผลต่อความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 38) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันทำให้ข้าวมีความสูงเฉลี่ย 104.34 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ สูงกว่าวันปักดำหลังสับกลบ 20 วัน เฉลี่ย 95.82 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ (ภาพที่ 40) สำหรับการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวสูงที่ระยะสร้างรวงอ่อนสูงสุดเฉลี่ย 105.84 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำในสิ่งทดลองที่ 9 (CF) ให้ค่าเฉลี่ยความสูงต่ำสุดเฉลี่ย 90.99 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ (ภาพที่ 41)

เมื่อพิจารณาผลของถั่วพร้าต่อความสูงของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการ สับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีต่อความสูงของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความสูงของข้าวแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 38) การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวสูงที่ระยะเก็บเกี่ยวสูงสุด เฉลี่ย 169.37 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 8, 4, 7, 2 และ 3 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 166.66, 165.85, 165.29, 163.87, 163.87 และ 161.77 ซ.ม. ต้น$^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำในสิ่งทดลองที่ 9 (CF) ให้ค่าเฉลี่ย (148.27 ซ.ม. ต้น$^{-1}$) ต่ำที่สุดและแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองอื่น ๆ (ภาพที่ 41)

2.3.3.2 การแตกกอและความยาวใบธงของข้าว การแตกกอของข้าว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตรา

น้ำหนักแห้ง มีผลต่อการแตกกอของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อการแตกกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 38) โดยการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) แก่ข้าวทำให้ข้าวแตกกอสูงสุดเฉลี่ย 18.88 หน่อ กอ$^{-1}$ รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 8, 7, 5, 4, 2, 3, 1 และ 9 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 17.25, 16.90, 16.63, 16.58, 15.35, 15.23, 13.82 และ 12.81 หน่อ กอ$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 54)

ผลของถั่วพร้าที่มีต่อความยาวใบธงของข้าว พบว่า วันปักดำหลังสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อความยาวใบธงของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อความยาวใบธงของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 38) โดยการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 8 (1,000 + AS) ทำให้ข้าวมีความยาวใบธงสูงสุดเฉลี่ย 38.96 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ ขณะที่การใช้ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 9 (CF) ให้ค่าเฉลี่ยความยาวใบธงต่ำสุดเฉลี่ย 34.39 ซ.ม. ใบ$^{-1}$ (ภาพที่ 54)

2.3.3.3 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ผลผลิตของข้าวที่ความชื้น 14 % พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อผลผลิตของข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อผลผลิตของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 39) โดยการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวมีผลผลิตสูงสุดเฉลี่ย 404.2 กก. ไร่$^{-1}$ สูงกว่าการใส่สิ่งทดลองที่ 9 (CF) 2.5 % อย่างไรก็ตามสิ่งทดลองที่ 6 นี้มีผลไม่แตกต่างทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 9, 8, 5, 4 และ 7 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 399.4, 386.4, 384.4, 372.1 และ 355.0 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ แต่มีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 3, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 353.1, 347.5 และ 321.3 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ สำหรับสิ่งทดลองที่ 1 (500) ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุดและต่ำกว่าการใส่สิ่งทดลองที่ 9 18.5 % (ภาพที่ 44)

องค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อจำนวนรวงต่อกอ และจำนวนเมล็ดต่อรวงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 39) โดยการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) ทำให้ข้าวมีจำนวนรวงต่อกอสูงสุดเฉลี่ย 12.22 รวง กอ$^{-1}$ และให้จำนวนเมล็ดต่อรวงสูงสุดเฉลี่ย 234.4 เมล็ด รวง$^{-1}$ แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 9, 5, 8 และ 4 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 228.35, 229.3, 220.5 และ 221.0 เมล็ด รวง$^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 3, 7, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 208.5, 199.6, 189.0 และ 181.9 เมล็ด รวง$^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 46)

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบผลผลิตของข้าว เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่า การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 (1,000 + TP) มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงสุดเฉลี่ย 86.13 % (ภาพที่ 49) และการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 1 มีแนวโน้มทำให้มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (77.90 %) ต่ำที่สุด ขณะที่การใช้ถั่วพร้าสิ่งทดลองที่ 4 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีองค์ประกอบผลผลิตน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สูงสุดเฉลี่ย 18.92 ก. (ภาพที่ 48)

2.3.3.4 ระดับค่าสีของใบข้าว ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 30, 40 และ 50 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวหลังปักดำ 30, 40 และ 50 วันไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 40) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าว เฉลี่ย (3.66, 3.81 และ 3.61 ตามลำดับ) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (3.65, 3.73 และ 3.36 ตามลำดับ) (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวหลังการปักดำ 30, 40 และ 50 วัน สูงสุดเฉลี่ย 3.81, 3.94 และ 3.70 ตามลำดับ ในขณะที่การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าระดับสีของใบข้าวต่ำสุดเฉลี่ย 3.53, 3.57 และ 3.22 ตามลำดับ

ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 60 และ 70 วัน หลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 40) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวหลังการปักดำ 60 และ 70 วัน เฉลี่ย (3.56 และ 3.43 ตามลำดับ) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (3.37 และ 3.24 ตามลำดับ) (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวหลังการปักดำ 60 และ 70 วันสูงสุดเฉลี่ย 3.77 และ 3.59 ตามลำดับ ที่การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยระดับค่าสีของใบข้าวต่ำสุดเฉลี่ย 3.06 และ 2.97 ตามลำดับ

ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 80 วันหลังการปักดำ พบว่า ปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบมีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลของวันปักดำหลังการสับกลบ และอัตราน้ำหนักแห้งมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 40) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน มีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 80 วันสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 3.31 และ 3.03 ตามลำดับ (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีผลทำให้ระดับค่าสีของใบสูงสุดคือ เฉลี่ย

3.44 แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6, 5, 8, 4, 3, 7 และ 2 โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.67

ระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 90 วันหลังการปักดำ พบว่า ปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวที่เวลา 90 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 40) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 3.04 และ 2.79 ตามลำดับ (ภาพที่ 49) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีผลทำให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงสุด เฉลี่ย 3.36 แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 และ 8 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 3.18 และ 3.13 ตามลำดับ รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 7, 5, 4, 2, 3 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.97, 2.92, 2.79, 2.78, 2.70 และ 2.43 ตามลำดับ (ภาพที่ 50)

ระดับค่าสีของใบข้าวและใบธงข้าวที่เวลา 100 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวและใบธงที่เวลา 100 วันหลังการปักดำไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 40) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีระดับค่าสีของใบข้าวเฉลี่ย (2.48) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน (2.41) (ภาพที่ 49) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อระดับค่าสีของใบข้าวและใบธงที่เวลา 100 วันหลังการปักดำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ถั่วพร้าให้แก่ข้าวในสิ่งทดลองที่ 6 ให้ระดับค่าสีของใบข้าวสูงสุดเฉลี่ย 2.65 แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 8, 9, 4, 7, 3 และ 2 โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 1 ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 2.09 ในทำนองเดียวกันการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 มีผลทำให้ระดับค่าสีของใบธงสูงสุดเฉลี่ย 2.75 ในขณะที่การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ระดับค่าสีของใบธงต่ำสุด เฉลี่ย 2.10 (ภาพที่ 51)

2.3.3.5 ปริมาณไนโตรเจน

1) ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าว ตอซังและเมล็ด ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 15 และ 30 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบอัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นหลังการปักดำ 15 และ 30 วันเฉลี่ยเท่ากัน (2.81 %) สูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน (2.75 และ 2.80 % ตามลำดับ) (ภาพที่ 52) สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจน

ในต้นหลังปักดำ 15 วันสูงสุดเฉลี่ย 2.90 % ขณะที่การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 ทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นหลังการปักดำ 30 วันสูงสุดเฉลี่ย 2.93 %

ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 45 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน คือ เฉลี่ย 1.88 และ 1.83 % ตามลำดับ (ภาพที่ 52) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 ทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดเฉลี่ย 2.42 % แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.36 % โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 5, 4, 3, 2, 8, 7 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.09, 1.85, 1.76, 1.64, 1.59, 1.55 และ 1.46 % ตามลำดับ (ภาพที่ 53)

ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวที่เวลา 60 วันหลังการปักดำ พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 1.69 และ 1.67 % ตามลำดับ (ภาพที่ 51) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 ทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนสูงสุดเฉลี่ย 2.20 % แต่มีผลไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสิ่งทดลองที่ 6 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 2.06 % โดยมีผลแตกต่างกันทางสถิติ กับสิ่งทดลองที่ 8, 5, 7, 4, 3, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.84, 1.68, 1.67, 1.61, 1.45, 1.43, และ 1.20 % ตามลำดับ (ภาพที่ 54)

ปริมาณไนโตรเจนในตอซังหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในตอซังมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในตอซังสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 0.96 และ 0.88 % ตามลำดับ (ภาพที่ 55) ส่วนการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 ข้าวทำให้ตอซังข้าวมีปริมาณธาตุไนโตรเจนในตอซังสูงสุด เฉลี่ย 1.17 % รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 9, 8, 5, 7, 4, 3, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.15, 1.06, 1.05, 1.02, 0.79, 0.74, 0.74 และ 0.60 % ตามลำดับ สำหรับปฏิกิริยาร่วมกันระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วัน และการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 มีผลทำให้ข้าวมีปริมาณธาตุไนโตรเจน

ในตอซังสูงสุดเฉลี่ย 1.21 % ขณะที่วันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน และการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 1 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.56 % (ภาพที่ 56)

ปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ อัตราน้ำหนักแห้ง และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้ง มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) โดยวันปักดำหลังการสับกลบ 10 วันมีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่าวันปักดำหลังการสับกลบ 20 วัน คือ เฉลี่ย 1.92 และ 1.91 % ตามลำดับ (ภาพที่ 55) ส่วนอัตราน้ำหนักแห้งพบว่า การใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 มีแนวโน้มทำให้ข้าวมีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีในสิ่งทดลองที่ 9 คือ เฉลี่ย 2.12 % รองลงมาคือ สิ่งทดลองที่ 5, 4, 8, 3, 7, 2 และ 1 ที่ให้ค่าเฉลี่ย 1.91, 1.89, 1.88, 1.88, 1.87, 1.82 และ 1.79 % ตามลำดับ (ภาพที่ 57)

2) ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยวพบว่า วันปักดำหลังการสับกลบ และปฏิกิริยาร่วมระหว่างวันปักดำหลังการสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 41) ขณะที่อัตราน้ำหนักแห้งมีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ถั่วพร้าในสิ่งทดลองที่ 6 แก่ข้าวทำให้มีปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินสูงสุดเฉลี่ย 0.11 % ขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 และสิ่งทดลองที่ 9 ให้ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากัน คือ 0.08 % (ภาพที่ 58)

บทที่ 5

วิจารณ์

จังหวัดพัทลุงมีพื้นที่ปลูกข้าวมากเป็นอันดับต้นๆของภาคใต้ จากผลการสำรวจเบื้องต้นพบว่า เกษตรกรทำนาโดยวิธีการที่ไม่แตกต่างไปจากวิธีการทำนาของเกษตรกรในพื้นที่อื่นๆมากนักและนิยมปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองเป็นส่วนใหญ่เพื่อบริโภคในครัวเรือนและซื้อขายในท้องถิ่น ชาวนาส่วนใหญ่ยังนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเป็นธาตุอาหารเพื่อให้ข้าวเจริญเติบโตและให้ผลผลิตในระดับที่ยอมรับได้ ทั้งๆที่พบว่าเมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีนานๆดินจะมีความอุดมสมบูรณ์ลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อปุ๋ยมีราคาแพงขึ้นเป็นลำดับ เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่น้อยลงเป็นเหตุให้ข้าวมีผลผลิตลดลงตามลำดับเช่นกัน ทางส่วนราชการจึงได้มีการริเริ่มหาทางแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการทดสอบให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยพืชสดในการทำนาเมื่อไม่นานมานี้เนื่องจากเห็นผลสำเร็จในพื้นที่หลายแห่งมาแล้ว จากทดสอบปรากฏว่าได้ผลดี ข้าวมีผลผลิตเท่าเทียมและสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและยังปรากฏว่าดินมีลักษณะดีขึ้นอีกด้วย จึงทำให้เกษตรกรที่รับรู้ข้อมูลข่าวสารสนใจและนำไปทดลองใช้ในพื้นที่นาของตนเองส่วนหนึ่ง แต่ผลจากของการปฏิบัติปรากฏว่าได้ผลไม่แน่นอน ซึ่งสันนิษฐานในเบื้องต้นได้ว่าวิธีการปฏิบัติของเกษตรกรยังไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ อีกทั้งข้อมูลการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยพืชสดในนาข้าวในพื้นที่ภาคใต้ก็มีน้อย โดยทั่วไปแล้วการใช้ปุ๋ยพืชสดโดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนให้มีประสิทธิภาพนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น วิธีการจัดการที่จะทำให้ถั่วปุ๋ยพืชสดให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูง อายุที่เหมาะสมในการสับกลบ ปริมาณมวลชีวภาพที่ใช้ ช่วงเวลาระหว่างการสับกลบและการปักดำข้าว ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ถั่วปุ๋ยพืชสดปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนให้แก่ข้าวที่ปลูกตามหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เกี่ยวข้องทั้งโดยตรงและทางอ้อมกับสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินและสภาพแวดล้อมอื่นๆในแต่ละพื้นที่ ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิจัยปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของถั่วปุ๋ยพืชสด การสะสมและปลดปล่อยไนโตรเจนให้เพียงพอกับความต้องการของข้าวในการสร้างผลผลิตที่ดีจึงเป็นประเด็นสำคัญในการวิจัยในครั้งนี้

1. การเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสด

1.1 ปัจจัย pH

ผลผลิตมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งของโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า ที่ปลูกในชุดดินพัทลุงจะใกล้เคียงกันระหว่างถั่ว 3 ชนิด คือ อยู่ระหว่าง 411-580 กก. ไร่$^{-1}$ (ภาพที่ 5, 14 และ 23 และตารางภาคผนวกที่ 5, 6, 13, 14, 21 และ 22) ถือได้ว่าอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของพฤกษ์ และคณะ (2543) ที่ทดลองปลูกโสนอัฟริกันในดินนาของเกษตรกรในจังหวัดภาคเหนือที่มีความผันแปรระหว่าง 144-1,344 กก. ไร่$^{-1}$ และอยู่ในระดับสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของสามารถ และคณะ (2536) และสมศักดิ์ และคณะ (2542) ที่ทดลองปลูกโสนอินเดียและโสนอัฟริกัน (เฉลี่ย 300 กก. ไร่$^{-1}$) ในดินชุดระแงะ (ดินเปรี้ยว) และที่ทดลองปลูกโสนอินเดีย โสนอัฟริกัน โสนคางคก และถั่วพร้า (เฉลี่ย 250 กก. ไร่$^{-1}$) ในดินชุดพัทลุง

การใส่ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH ของดินชุดพัทลุงจาก 4.58 เป็น 5.50 ทำให้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด คือ โสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้าสร้างมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งสูงขึ้นจากที่ไม่ได้ปรับ pH อย่างเด่นชัดหรือเพิ่มขึ้นประมาณ 21, 30 และ 25 % ตามลำดับ (ตารางที่ 5) การเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพจากการยกระดับ pH ดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการปรับสภาวะสมดุล ซึ่งมีผลต่อกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่ดีขึ้น (Somado *et al*., 2003) และผลของปูนมีส่วนช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสโดยอะลูมินัมในสภาพดินที่เป็นกรด (pH 4.58) ซึ่งมีอยู่ในดินค่อนข้างสูง (1.18 cmol kg^{-1}) (สุมาลี, 2536 ; เมธี และสุรชัย, 2528) นอกจากนี้การใส่ปูนยังเป็นการเพิ่มปริมาณแคลเซียมในดิน ซึ่งพืชตระกูลถั่วต้องการในปริมาณค่อนข้างมาก เพื่อช่วยให้มีการตรึงไนโตรเจนเมื่อยกระดับ pH สูงขึ้นที่ระดับ 5.50 ซึ่งสอดคล้องกับผลงานของเจริญ และคณะ (2540)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของปัจจัย pH ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)

ชนิดถั่ว	การยกระดับ pH		ความแตกต่าง	% เพิ่มขึ้น
	ไม่ใส่ปูนขาว	ใส่ปูนขาว		
โสนอัฟริกัน	478.9	580.3	101.4	21.2
ถั่วพุ่ม	411.0	534.4	123.4	30.0
ถั่วพร้า	428.5	534.4	105.9	24.7

1.2 การคลุกเชื้อไรโซเบียม

อิทธิพลของการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 5, 6, 13, 14, 21 และ 22) ทั้งในสภาพที่มีการปรับ pH หรือไม่มีการปรับ pH ดิน (5.1 และ 7.0 % ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพโดยเพิ่มขึ้น 7% ในโสนอัฟริกันและถั่วพร้า และเพิ่มขึ้น 3% ในถั่วพุ่ม (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 อิทธิพลของการคลุกเชื้อไรโซเบียมที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)

ชนิดถั่ว	การปรับ pH ดิน		% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		% เพิ่มขึ้น	% การตอบสนองต่อเชื้อ
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
โสนอัฟริกัน	561.6	599.1	6.7	459.9	498.0	8.3	7.4
ถั่วพุ่ม	526.8	541.8	2.8	403.9	418.1	3.5	3.1
ถั่วพร้า	519.8	549.0	5.6	410.0	447.0	9.0	7.1
เฉลี่ย	536.1	563.3	5.1	424.6	454.4	7.0	5.9

การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก ไม่ทำให้น้ำหนักมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในดินที่มีการใส่หินฟอสเฟต และดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยทั้งสองสภาพ ได้แก่ การยกและไม่ยกระดับ pH ดิน ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากในพื้นที่ทดลองมีการปลูกพืชตระกูลถั่วปุ๋ยพืชสดมาก่อน และมีเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพอยู่แล้วในดิน เชื้อไรโซเบียมในธรรมชาติมีส่วนช่วยสร้างปมของถั่วเพื่อตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ หรือเชื้อไรโซเบียมที่คลุกกับเมล็ดก่อนปลูกไม่สามารถปรับตัวได้ดีนักในสภาพแวดล้อมดินนาทำให้ไม่เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามพบว่า การเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมี (12-24-12) ในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินประสิทธิภาพการคลุกเชื้อไรโซเบียมสูงขึ้น (12.8 %) (ตารางที่ 7) ทั้งนี้น่าจะเป็นผลของการตอบสนองต่อระดับฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้น และความสมดุลของธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน นอกจากนี้การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก มีแนวโน้มการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนสูงขึ้นได้อย่างชัดเจน (หัวข้อที่ 2)

ตารางที่ 7 ประสิทธิภาพของการคลุกเชื้อไรโซเบียม

การปรับปรุงดิน	ประสิทธิภาพของการคลุกเชื้อไรโซเบียม (%)		เฉลี่ย
	การปรับ pH ดิน	การไม่ปรับ pH ดิน	
ไม่ใส่	2.0	4.9	3.5
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	10.0	12.8	11.4
หินฟอสเฟต	2.4	2.3	2.3

1.3 การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยเคมี (12-24-12) และหินฟอสเฟต

จากผลการศึกษาการวัสดุปรับปรุงดินต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 5, 14 และ 23 และตารางภาคผนวกที่ 5, 6, 13, 14, 21 และ 22) การเพิ่มปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ในอัตรา 30 กก. ไร่$^{-1}$ ทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิด คือ 26.0, 16.2 และ 26.2 % ตามลำดับ แต่การเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัสในรูปหินฟอสเฟตไม่ทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพของปุ๋ยพืชสดเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 อิทธิพลของการเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟตที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด (กก. ไร่$^{-1}$)

โสนอัฟริกัน

การเพิ่มธาตุอาหาร	ไม่ปรับ pH ดิน	ปรับ pH ดิน	เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
ไม่ใส่	430.0	536.8	483.4	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	558.1	660.2	609.2	26.0
หินฟอสเฟต	448.7	544.1	496.4	2.1

ถั่วพุ่ม

การเพิ่มธาตุอาหาร	ไม่ปรับ pH ดิน	ปรับ pH ดิน	เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
ไม่ใส่	392.2	502.2	447.2	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	445.7	593.5	519.6	16.2
หินฟอสเฟต	395.2	507.5	451.3	0.8

ถั่วพร้า

การเพิ่มธาตุอาหาร	ไม่ปรับ pH ดิน	ปรับ pH ดิน	เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
ไม่ใส่	387.7	487.7	437.7	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	501.1	603.4	522.3	26.2
หินฟอสเฟต	396.7	512.1	454.4	3.0

การเพิ่มธาตุอาหารในรูปหินฟอสเฟต ทำให้ผลผลิตมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกับการไม่เพิ่มธาตุอาหาร เนื่องจากประสิทธิภาพการละลายได้ต่ำ ไม่ทันกับความต้องการของถั่ว ซึ่งมีความต้องการฟอสฟอรัสสูงในช่วงเวลาการเจริญเติบโตในระยะเวลาสั้นก่อนสับกลบลงดิน

เมื่อประมวลผลของการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้ว่า ชนิดถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีศักยภาพสูงในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดพัทลุงคือ โสนอัฟริกัน ถั่วพร้า และถั่วพุ่ม ตามลำดับ สำหรับการปฏิบัติที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดได้แก่ การปรับ pH ดิน การเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมี ส่วนการคลุกเชื้อไรโซเบียมจะให้ผลดีในกรณีที่มีการเพิ่มธาตุอาหารเฉพาะฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่ายจากปุ๋ยเคมี การเพิ่มฟอสฟอรัสในรูปหินฟอสเฟตซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อยอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการใส่ โดยให้มีการใส่หินฟอสเฟตในลักษณะรองพื้นในอัตราสูง ๆ เพื่อให้มีการสะสมและเพิ่มการปลดปล่อยให้ทันกับความต้องการของพืชในระยะยาว ในแง่การผลิตข้าวระบบอินทรีย์ในอนาคต จำเป็นต้องมีการศึกษาประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการให้ฟอสฟอรัสในรูปหินฟอสเฟต เช่น ประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ รูปแบบและอัตราการใส่และระดับการตอบสนองของถั่วปุ๋ยพืชสด และข้าวพันธ์ต่าง ๆ เป็นต้น

2. การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในถั่วปุ๋ยพืชสด

2.1 โสนอัฟริกัน

การใช้ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH ของดินชุดพัทลุงจาก pH 4.58 เป็น 5.50 ทำให้โสนอัฟริกันมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน (%) สูงขึ้นจากการที่ไม่ยกระดับ pH อย่างเด่นชัด (3.29 และ 2.69 % N) หรือเพิ่มขึ้น 22.6 % และมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในทำนองเดียวกัน (19.39 และ 14.26 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) หรือเพิ่มขึ้น 36.0 % (ตารางที่ 9, 10 และ 11)

จากผลการศึกษาการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของโสนอัฟริกัน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในสภาพที่ยกระดับหรือไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6) การคลุกเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูกมีแนวโน้มในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนของโสนอัฟริกันอย่างเด่นชัด (7.6 %) และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน (12.5 %)

จากผลการศึกษาการวัสดุปรับปรุงดินต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของโสนอัฟริกัน พบว่าแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในสภาพที่ยก ระดับหรือไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 6 และ ตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6) การเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมี (12-24-12) มีส่วนในการเพิ่มความ เข้มข้นไนโตรเจนของโสนอัฟริกันอย่างเด่นชัด 20.7 และ 29.8 % ในสภาพดินที่ยกระดับและไม่ยกระดับ pH ตามลำดับ และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน 48.2 และ 29.8 % ตาม ลำดับ ในขณะที่การเพิ่มธาตุอาหารในรูปหินฟอสเฟตมีส่วนในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนและเพิ่มการสะสมไนโตรเจนของโสนอัฟริกันไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพการละลายได้ช้าในช่วงเวลาอันสั้น

ตารางที่ 9 การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ของโสนอัฟริกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	2.97	3.10	3.04	-	2.29	2.54	2.42	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	3.49	3.85	3.67	20.7	3.10	3.26	3.14	29.8
หินฟอสเฟต	3.05	3.29	3.17	4.3	2.45	2.56	2.51	3.7
เฉลี่ย	3.17	3.41	3.29		2.58	2.79	2.69	22.6
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					2.88	3.10	0.22	7.6

ตารางที่ 10 การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของโสนอัฟริกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	15.76	17.18	16.47	-	12.13	13.47	12.80	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	21.67	27.13	24.40	48.2	15.95	17.28	16.62	29.8
หินฟอสเฟต	16.50	18.10	17.30	5.0	12.99	13.72	13.37	4.3
เฉลี่ย	17.97	20.81	19.39		13.70	14.84	14.27	36.0
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					15.83	17.81	1.98	12.5

2.2 ถั่วพุ่ม

ผลของการใช้ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH ของดินชุดพัทลุงจาก 4.58 เป็น 5.50 ทำให้ถั่วพุ่มมีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน (%) สูงขึ้นจากที่ไม่ยกระดับ pH อย่างเด่นชัด (2.88 และ 2.29 % N) หรือเพิ่มขึ้น 25.8 % และมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในทำนองเดียวกัน (15.60 และ 9.46 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) หรือเพิ่มขึ้น 64.9 % (ตารางที่ 11 และ 12)

จากผลการศึกษาการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของถั่วพุ่ม พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในสภาพที่มีการปรับ pH หรือไม่มีการปรับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 13) ผลของการคลุกเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน ของถั่วพุ่มอย่างเด่นชัด (8.1 %) และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน (11.7 %)

จากผลการศึกษาการวัสดุปรับปรุงดินต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของถั่วพุ่มแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14 และ ตารางภาคผนวกที่ 13 และ 14) ทั้งในสภาพที่ยกระดับหรือไม่ยกระดับ pH ดิน การเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมี (12-24-12) มีส่วนในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพุ่มอย่างเด่นชัด (26.8 และ 19.3 %) ในสภาพดินที่ยกระดับและไม่ยกระดับ pH ตามลำดับ และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน 50.7 และ 35.6 % ตามลำดับ ในขณะที่การเพิ่มธาตุอาหารในรูปหินฟอสเฟตมีส่วนในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพการละลายได้ช้าในช่วงเวลาอันสั้นดังที่กล่าวแล้ว

ตารางที่ 11 การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ของถั่วพุ่ม

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	2.56	2.57	2.57	-	2.10	2.14	2.12	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	3.11	3.40	3.26	26.8	2.38	2.67	2.53	19.3
หินฟอสเฟต	2.60	3.01	2.81	9.3	2.11	2.29	2.20	3.8
เฉลี่ย	2.76	2.99	2.88		2.20	2.37	2.29	25.8
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					2.48	2.68	0.20	8.1

ตารางที่ 12 การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วพุ่ม

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	12.92	13.04	12.98	-	8.18	8.49	8.34	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	18.25	20.87	19.56	50.7	10.25	12.38	11.31	35.6
หินฟอสเฟต	13.12	15.42	14.27	9.9	8.33	9.11	8.72	4.6
เฉลี่ย	14.76	16.44	15.60		8.92	9.99	9.46	64.9
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					11.84	13.22	1.38	11.7

\

2.3 ถั่วพร้า

ผลของการใช้ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH ของดินชุดพัทลุงจาก 4.58 เป็น 5.50 ทำให้ถั่วพร้ามีปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน (%) สูงขึ้นจากที่ไม่ยกระดับ pH อย่างเด่นชัด (2.89 และ 2.35 %) หรือเพิ่มขึ้น 22.9 % และมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในทำนองเดียวกัน (15.71 และ 10.30 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) หรือเพิ่มขึ้น 52.5 % (ตารางที่ 13 และ 14)

จากผลการศึกษาการคลุกเชื้อไรโซเบียมต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของถั่วพร้า พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งในสภาพที่ยกระดับหรือไม่ยกระดับ pH ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 21) ผลของการคลุกเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพร้าอย่างเด่นชัด (7.1 %) และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน (15.4 %)

จากผลการศึกษาการวัสดุปรับปรุงดินต่อการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของถั่วพร้า พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ) ทั้งในสภาพที่ยกระดับหรือไม่ยกระดับ pH ดิน (ภาพที่ 23 และ ตารางภาคผนวกที่ 21 และ 22 การเพิ่มธาตุอาหารในรูปปุ๋ยเคมี (12-24-12) มีส่วนในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนของถั่วพร้าอย่างเด่นชัด 25.7 และ 21.3 % ในสภาพดินที่ยกระดับและไม่ยกระดับ pH ตามลำดับ และเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในทำนองเดียวกัน 55.9 และ 57.6 % ตามลำดับ ในขณะที่การเพิ่มธาตุอาหารในรูปหินฟอสเฟตมีส่วนในการเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจนและเพิ่มการสะสมไนโตรเจนของถั่วพร้าไม่มีความแตกต่างกัน เนื่องจากประสิทธิภาพการละลายได้ช้าในช่วงเวลาอันสั้นดังที่กล่าวแล้ว

ตารางที่ 13 การเพิ่มความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ของถั่วพร้า

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	2.57	2.64	2.61	-	2.05	2.09	2.16	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	3.15	3.40	3.28	25.7	2.41	2.95	2.62	21.3
หินฟอสเฟต	2.70	2.83	2.77	6.1	2.41	2.13	2.26	4.6
เฉลี่ย	2.81	2.96	2.89		2.24	2.45	2.35	22.9
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					2.53	2.71	0.18	7.1

ตารางที่ 14 การเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วพร้า

วัสดุปรับปรุงดิน	การปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น	การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	% เพิ่มขึ้น
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ			ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
ไม่ใส่	12.49	13.06	12.78	-	8.29	8.60	8.45	-
ปุ๋ยเคมี (12-24-12)	18.20	21.06	19.92	55.9	10.99	15.66	13.32	57.6
หินฟอสเฟต	13.74	15.09	14.42	12.8	8.72	9.52	9.12	7.9
เฉลี่ย	14.81	16.60	15.71		9.33	11.26	10.30	52.5
เฉลี่ยผลของการคลุกเชื้อ					12.07	13.93	1.86	15.4

เมื่อประมวลผลการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยในการเพิ่มปริมาณไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด จะเห็นได้ว่าปริมาณความเข้มข้นไนโตรเจน (%) และการสะสมไนโตรเจน (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดมีการตอบสนองต่อฟอสฟอรัสและปูนขาวอย่างชัดเจน

โสนอัฟริกันมีปริมาณมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งและสะสมไนโตรเจนสูงกว่าถั่วพร้าและถั่วพุ่ม ตามลำดับ (ตารางที่ 10, 12 และ 14) เนื่องจากโสนอัฟริกันมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีปมทั้งที่รากและที่ลำต้น ทำให้มีการเจริญเติบโตรวดเร็วและตรึงไนโตรเจนได้สูงกว่าถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดอื่น ๆ ประมาณ 5-10 เท่า และมีการเจริญเติบโตเพื่อสร้างผลผลิตมวลชีวภาพได้ปริมาณสูง (Ladha *et al*., 1988 ; Rinaudo *et al*., 1983) นอกจากนี้การคลุกเชื้อไรโซเบียมแม้จะไม่ทำให้ระดับผลผลิตมวลชีวภาพไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มในการเพิ่มระดับความเข้มข้นไนโตรเจน (%) ในถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด

3. การปลดปล่อยไนโตรเจน (อัตราและระยะเวลาสับกลบก่อนปักดำข้าว)

3.1 ประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด

ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูป NH_4^+- N ที่ปลดปล่อยจากถั่วปุ๋ยพืช สดที่เวลาต่าง ๆ ภายหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขัง พบว่าถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดมีรูปแบบการปลดปล่อยคล้ายคลึงกัน คือมีการปลดปล่อยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงแรก และไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ 35 วันภายหลังการบ่มดินและแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 30 และตารางภาคผนวกที่ 27, 28, และ29) แล้วจึงค่อย ๆ ลดลง Nagarajah (1988) ; Meelu และ Morris (1988) และ Peter และ Calvert (1982) ได้รายงานสอดคล้องกันว่าปริมาณ NH_4^+- N ที่ปลดปล่อยจากปุ๋ยพืชสดภายใต้สภาพน้ำขังจะเพิ่มขึ้นทันทีจนถึง 2 สัปดาห์แล้วเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และที่เวลา 42 วันภายหลังสับกลบจะค่อย ๆ ลดลงจนต่ำที่สุด

ในการประเมินประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดชนิดต่าง ๆ จะคำนวณโดยใช้อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากการบ่มดินด้วยมวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตรา 500 กก. ไร่$^{-1}$ (ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยไนโตรเจนสูงสุดจากการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ) และปริมาณการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ย (กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$) ของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิด (ตารางที่ 15) พบว่า แม้ปริมาณของไนโตรเจนที่ได้เพิ่มขึ้นตามอัตรามวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดที่เพิ่มขึ้นและสูงสุดในอัตรา 1,500 กก. ไร่$^{-1}$ (ตารางภาคผนวกที่ 27, 28 และ 29) แต่ประสิทธิภาพของการปลดปล่อยไนโตรเจนจะลดลง ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้ไม่เป็นสัดส่วนกับปริมาณน้ำหนักมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดที่ใส่ (ทั้งนี้เนื่องจากปริมาตรดินที่ใช้ในการบ่มในห้องปฏิบัติการค่อนข้างจำกัด เมื่อมีปริมาณ NH_4^+- N ที่ได้จากการปลดปล่อยเพิ่มมากขึ้นใน จะทำให้อัตราการปลดปล่อยลดลง) ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้คาดว่าจะไม่เกิดขึ้นในสภาพการสับกลบถั่วปุ๋ยพืชสดในสภาพไร่นา

ตารางที่ 15 ประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด

อัตรามวลชีวภาพ (กก. ไร่$^{-1}$)	ประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจน (%)		
	โสนอัฟริกัน	ถั่วพุ่ม	ถั่วพร้า
500	41.3	44.1	45.1
1,000	24.1	23.5	25.5
1,500	19.2	17.7	19.3
เฉลี่ย	28.2	28.4	30.0

3.2 ศักยภาพการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจน

การประเมินศักยภาพในการให้ปริมาณไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$) ในระดับมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ของโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า เมื่อมีการสับกลบลงดินจะได้ปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 8.1, 6.0 และ 4.8 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 16) ค่าศักยภาพการปลดปล่อยนี้จะสามารถนำไปประเมินค่าการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดในทางปฏิบัติได้ ซึ่งพบว่าถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดน่าจะมีศักยภาพเพียงพอกับปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการเพื่อสร้างผลผลิตในระดับประมาณ 400-500 กก. ไร่$^{-1}$ ซึ่งศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงแนะนำให้เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอัตรา 8 กก. ไนโตรเจน ไร่$^{-1}$ (ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง, 2549)

ตารางที่ 16 ศักยภาพการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจน (กก. ไร่$^{-1}$) จากถั่วปุ๋ยพืชสดภายใต้สภาพการปรับปรุงดินต่างกัน

ชนิดถั่ว	การปรับ pH ดิน		การไม่ปรับ pH ดิน		เฉลี่ย	ประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจน (%)
	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ	ไม่คลุกเชื้อ	คลุกเชื้อ		
โสนอัฟริกัน	8.6	10.0	6.6	7.1	8.1	41.1
ถั่วพุ่ม	7.1	7.0	4.2	4.8	6.0	44.1
ถั่วพร้า	5.4	6.1	3.4	4.1	4.8	45.1

4. การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มผลผลิตข้าว

4.1 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดในข้าวปทุมธานี 1

4.1.1 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

จากผลการศึกษาการใช้ถั่วปุ๋ยพืชต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 34, 35 และ 36 และตารางภาคผนวกที่ 31) เป็นการทดลองในกระถางพบว่าถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า สามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 จากไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) โดยเฉลี่ย 108.3 % ซึ่งใกล้เคียงกันระหว่างถั่วทั้ง 3 ชนิด ที่เพิ่มขึ้น 106.3, 110.6 และ 107.9 % ตามลำดับ (ตารางที่ 18) ซึ่งส่วนใหญ่ดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีที่แนะนำ (16-20-0 + 21-0-0) ที่เพิ่มขึ้นจากไม่ใส่ปุ๋ย 69.9 % ซึ่งใกล้เคียงถั่วพร้าที่อัตรา 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$ (66.1 %) (ตารางที่ 17)

การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งที่เพิ่มจาก 500 เป็น 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$ สามารถทำให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เฉลี่ย 70.6 % (ประมาณ 67.7, 60.3 และ 70.6 % ตามลำดับ) โดยผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุดในถั่วพร้า (149.9 %) (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

สิ่งทดลอง	ผลผลิตเฉลี่ย[1] (ก. กระถาง$^{-1}$)	เพิ่มขึ้นจากควบคุม (ก. กระถาง$^{-1}$)	% เพิ่มขึ้นจากควบคุม
ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม)	9.3	-	-
โสนอัฟริกัน 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	15.9	6.7	72.4
โสนอัฟริกัน 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	22.2	12.9	140.0
ถั่วพุ่ม 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	16.7	7.4	80.4
ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	22.3	13.0	140.8
ถั่วพร้า 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	15.4	6.1	66.1
ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	23.1	13.9	149.9
ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	15.7	6.5	69.9

[1] กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 ซ.ม. และบรรจุดิน 10 กก.

ตารางที่ 18 การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ถั่วปุ๋ยพืชสด	% เพิ่มขึ้นจาก 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	% เฉลี่ยเพิ่มขึ้นของถั่วปุ๋ยพืชสดจากไม่ใส่ปุ๋ย
โสนอัฟริกัน 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	67.7	106.3
ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	60.3	110.6
ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	83.9	107.9
เฉลี่ย	70.6	108.3

4.1.2 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าว

จากผลของการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน หรือ NUE ของข้าว (ตารางที่ 3) ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทางสรีรวิทยาของข้าว 2 กระบวนการคือกระบวนการดูดไนโตรเจน และกระบวนการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน (Moll *et al*., 1982) โดยมีค่าดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนที่ใช้ศึกษาประกอบด้วย 3 ค่า คือ ค่า YE เป็นดัชนีบ่งบอก

ประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตข้าว ค่า NRE เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ยของข้าว และค่า PE เป็นดัชนีบ่งบอกประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิต จากผลการทดลองนี้ได้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อมีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในปริมาณมากคือที่อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ มีแนวโน้มลดประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่เป็นผลผลิตข้าว (ค่า YE) และลดประสิทธิภาพการเปลี่ยนไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวดูดไปใช้เป็นผลผลิต (ค่า PE) ขณะที่เพิ่มประสิทธิภาพการดูดไนโตรเจนจากปุ๋ย (ค่า NRE) ของข้าว น่าจะเป็นเพราะการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตราที่มากดังกล่าวทำให้รากข้าวได้รับผลกระทบที่เรียกว่า root injury ในช่วง 1 สัปดาห์แรกหลังการสับกลบ (สรสิทธิ์, 2533 ; Ishikava, 1988) สังเกตเห็นได้จากรากข้าวมีสีคล้ำ จึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้รากข้าวดูดใช้ไนโตรเจนนไม่เต็มที่ในช่วง 1 สัปดาห์แรกนี้ แม้ว่าใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดในอัตรามากแล้วก็ตาม โดยเมื่อใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ข้าวมีความสูงที่อายุ 30 วัน ต่ำกว่าที่อัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 30) จะมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของข้าวได้ในช่วงแรก เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิการใช้ไนโตรเจนปรากฏว่า ค่า YE และค่า PE ของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ต่ำกว่าค่า YE และค่า PE ของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่อัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ ขณะที่ค่า NRE ของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ สูงกว่าค่า NRE ของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่อัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ น่าจะเป็นเพราะว่า เมื่อเลย 1 สัปดาห์แรกไปแล้วผลกระทบจาก root injury ดังกล่าวหมดไป และมีการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น (ยุทธชัย และคณะ, 2535 อ้างโดยยุทธชัย, 2545 ; Meelu *et al*., 1994 ; Ishikawa, 1988 ; Nagajah, 1988) ทำให้รากข้าวกลับมาเจริญเติบโตได้ตามปกติต่อไป และรากข้าวมีประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนที่มีปริมาณมากที่ปลดปล่อยจากมวลชีวภาพที่มีปริมาณมาก (1,000 กก. ไร่$^{-1}$) เมื่อวิเคราะห์ค่า NRE จึงสูงกว่าค่า NRE ที่มีปริมาณน้อยกว่า (500 กก. ไร่$^{-1}$) และยังสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอีกด้วย เป็นที่น่าสังเกตว่า การเจริญเติบโตในช่วงการสืบพันธุ์ และช่วงการสุกแก่ เช่น ความสูงของข้าวที่อายุ 50 วัน ที่อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ สูงกว่าที่อัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใส่ปุ๋ยเคมี (ภาพที่ 31 และตารางภาคผนวกที่ 30) และเมื่อพิจารณาค่า NRE ระหว่างการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดกับการใส่ปุ๋ยเคมีปรากฏว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดมีค่า NRE สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี คือการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดมีค่า NRE อยู่ระหว่าง 43.67-54.24 % ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีมีค่า NRE เท่ากับ 51.52% (ตารางที่ 3) น่าจะเป็นเพราะการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดมีปริมาณเพียงพอและมีช่วงกว้างกว่าปุ๋ยเคมีดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ทำให้รากข้าวสามารถดูดใช้ไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดได้ปริมาณมากกว่าและมีช่วงเวลายาวนานกว่าจากปุ๋ยเคมี เป็นที่น่าสังเกตว่า การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดที่อัตราน้ำหนักแห้ง 1,000

กก. ไร่$^{-1}$ มีองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวสูงกว่าที่อัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ และการใส่ปุ๋ยเคมี (ภาพที่ 34 และ 35 และตารางภาคผนวกที่ 31) สำหรับไนโตรเจนส่วนที่ข้าวไม่ได้ใช้ประโยชน์น่าจะเป็นส่วนที่สูญหายไปจากดินโดยกระบวนการต่าง ๆ ทางเคมีและชีวเคมี เช่น การระเหยของก๊าซแอมโมเนีย การถูกจุลินทรีย์และวัชพืชแย่งเอาไปใช้ การชะล้างลงในดินชั้นล่าง กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน เป็นต้น (สุมาลี, 2536 ; Ventura and Yoshida, 1977 ; Broadbent and Nakashima, 1970 ; Koshino, 1975)

4.2 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดในข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

4.2.1 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

จากผลการศึกษาการใช้ถั่วปุ๋ยพืชต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 44, 45, 48, 49 และ 50 และตารางภาคผนวกที่ 31) โดยจำนวนรวงต่อกอและจำนวนเมล็ดต่อรวงแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 35 และ 39) จากการประมวลผลแนวโน้มของปุ๋ย/แหล่งของธาตุอาหารที่ใส่ร่วมกับถั่วปุ๋ยพืชสดสองชนิด คือ ถั่วพุ่มและถั่วพร้าเปรียบเทียบกับอัตราปุ๋ยที่แนะนำที่มีต่อผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง พบว่า ผลของอัตราการใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มจาก 500 เป็น 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 26.9 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 8.5 % ในถั่วพุ่ม และ 34.5 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 10.6 % ในถั่วพร้า (ตารางที่ 19)

การใส่หินฟอสเฟตรวมกับถั่วปุ๋ยพืชสด ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 30.0 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 9.1 % ในถั่วพุ่ม และ 25.1 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 7.3 % ในถั่วพร้า ในขณะที่การใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตรวมกับถั่วปุ๋ยพืชสดทั้งสอง ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกัน เฉลี่ย 59.6 กก. ไร่$^{-1}$ และ 59.9 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ หรือ 18.1 และ 17.9 % ในถั่วพุ่มและถั่วพร้าตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับถั่วปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 38.4 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 11.7 % ในถั่วพุ่ม และ 36.3 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 10.9 % ในถั่วพร้า

การใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (8-10-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ไร่$^{-1}$) รวมกับปุ๋ยพืชสด ให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 30.5 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 9.3 % ในถั่วพุ่ม และ 36.3 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 10.9 % ในถั่วพร้า

ส่วนการสับกลบมวลชีวภาพถั่วปุ๋ยพืชสดก่อนปักดำ 20 วัน มีผลทำให้ผลผลิตข้าวมากกว่า 10 วันเพียง 13.0 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 3.6 % ในถั่วพุ่ม และเพียง 9.3 กก. ไร่$^{-1}$ หรือ 2.6 % เท่านั้นในถั่วพร้า การสับกลบก่อนปักดำ 10-20 วันจึงไม่น่าจะมีผลแตกต่างกัน

ตารางที่ 19 เปรียบเทียบผลของการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในสภาพต่างๆกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แนะนำที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

แหล่งธาตุอาหารใส่ร่วมกับถั่วปุ๋ยพืชสด	ถั่วพุ่ม		ถั่วพร้า	
	ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (กก. ไร่$^{-1}$)	% เพิ่มขึ้น	ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (กก. ไร่$^{-1}$)	% เพิ่มขึ้น
อัตราถั่วปุ๋ยพืชสด	26.9	8.5	26.2	8.2
หินฟอสเฟตรวมกับถั่วปุ๋ยพืชสด	30.0	9.1	28.2	8.4
ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตรวมกับถั่วปุ๋ยพืชสด	59.6	18.1	59.9	17.9
ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับถั่วปุ๋ยพืชสด	38.4	11.7	36.3	10.9
ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	30.5	9.3	36.3	10.9
การสับกลบก่อนปักดำ	13.0	3.6	9.3	2.6

ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในนาข้าวสำหรับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงมีศักยภาพสูงเพียงพอที่จะประกันผลผลิตที่น่าพอใจได้ ข้อมูลที่ได้ยังชี้ให้เห็นอีกว่าหากมีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดร่วมกับแหล่งธาตุอาหารอื่น เช่น ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต สามารถจะยกระดับผลผลิตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีถึงหนึ่งเท่าตัว ถั่วพุ่มและถั่วพร้ามีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวทั้ง 2 พันธุ์ สามารถใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 2 ชนิดในอัตรา 500-1,000 กก. ไร่$^{-1}$ จึงจะให้ผลผลิตข้าวสูงใกล้เคียงหรือดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี การใช้ในอัตราที่สูงเกินไป เช่น 1,500 กก. ไร่$^{-1}$ อาจจะเกิดผลเสีย กล่าวคือ เมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดในสภาพน้ำขัง จะทำให้เกิดการเน่าของอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากเกิดการย่อยสลายได้ช้า เกิดสารที่เป็นพิษต่อรากข้าว (root injury) สังเกตเห็นเป็นสีดำในช่วงเวลา 1 สัปดาห์แรกหลังการปักดำ ซึ่งสังเกตเห็นได้จากทดลองครั้งนี้เช่นกัน อาการดังกล่าวจะกระทบต่อการแตกกอและการให้ผลผลิตของข้าว (สรสิทธิ์, 2533 ; Ishikawa, 1988)

4.2.2 ผลของถั่วปุ๋ยพืชสดต่อสีใบของข้าว

เนื่องจากเกษตรกรใช้การดูสีของใบข้าวด้วยตาเปล่าเพื่อบ่งชี้ถึงสภาพของไนโตรเจนที่ข้าวได้รับและมีความต้องการที่จะต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อกำหนดการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้สอดคล้องกับความต้องการของข้าว ปัจจุบันกรมการข้าวได้ร่วมกับสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) พัฒนาการใช้แผ่นเทียบสีใบข้าวหรือ LCC (leaf Color Chart) ขึ้นมาเพื่อใช้

กำหนดความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะยิ่งการนำแผ่น LCC ไปใช้ในระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการปุ๋ยอินทรียไนโตรเจนให้เพียงพอกับความต้องการของข้าว จากผลของการศึกษาใช้แผ่น LCC เทียบระดับค่าสีของใบข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงที่ได้รับไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด 2 ชนิด คือ ถั่วพุ่มและถั่วพร้า พบว่ามีผลทำให้ใบข้าวมีการเปลี่ยนแปลงระดับสีในทำนองเดียวกันคือ การเจริญเติบโตในของข้าวในช่วงแรกซึ่งเป็นการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบปรากฏว่า มีระดับค่าสีของใบข้าวสูงกว่าค่าวิกฤต (3) ทุกสิ่งทดลอง และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในปัจจัยวันปักดำหลังสับกลบและอัตราน้ำหนักแห้งของถั่วปุ๋ยพืชสดต่างกัน (ภาพที่ 49 และ 52 และตารางภาคผนวกที่ 36 และ 40) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสดในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 30) ที่พบว่าภายหลังการบ่มดินประมาณ 1 เดือนถั่วปุ๋ยพืชสดสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ปริมาณมากและเพียงพอกับความต้องการของข้าวเพื่อใช้เจริญเติบโตทางลำต้นและใบ แต่เมื่อพิจารณาที่เวลา 50 วันหลังการปักดำปรากฏว่า วันปักดำ 20 วันหลังการสับกลบมีค่าระดับสีของใบข้าวต่ำกว่าวันปักดำ 10 วันหลังการสับกลบแต่ยังไม่กระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าว เนื่องจากระดับค่าสีของใบข้าวที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าวิกฤต ต่อมาเมื่อพิจารณาที่เวลา 60 วันหลังปักดำปรากฏว่า สิ่งทดลองที่ 1 การใส่ถั่วปุ๋ยพืชสดอัตราน้ำหนักแห้ง 500 กก. ไร่$^{-1}$ มีระดับค่าสีของใบข้าวต่ำกว่าค่าวิกฤต เนื่องจากที่เวลา 60 วันหลังปักดำนี้การปลดปล่อยไนโตรเจนมีปริมาณลดลงและไม่เพียงพอกับความต้องการของข้าว ซึ่งช่วงนี้เป็นช่วงเวลาที่ข้าวอยู่ในช่วงการสืบพันธุ์คือ อยู่ในระยะกำลังสร้างรวงและสร้างจำนวนดอกต่อรวง (อรรควุฒิ, 2526) ไนโตรเจนที่มีสะสมในลำต้นและใบในช่วงแรกได้ถูกถ่ายเทนำไปสร้างรวงและดอก (Bofogle *et al*., 1997) เมื่อไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากสิ่งทดลองที่ 1 มีปริมาณลดลงและไม่เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์โปรตีนและคลอโรฟิลล์ จึงทำให้มีระดับค่าสีของใบข้าวต่ำกว่าค่าวิกฤต ซึ่งเป็นการบ่งชี้ให้เห็นถึงสภาพว่า ช่วงนี้ต้องใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นปุ๋ยแต่งหน้าให้แก่ข้าว ถ้าหากไม่ใส่จะมีผลต่อการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของข้าวลดลง ได้แก่ จำนวนเมล็ดต่อรวงและจำนวนรวงต่อกอลดลง มีผลทำให้ข้าวมีผลผลิตลดลงเป็นต้น ซึ่งผลของการศึกษานี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในกระถางที่พบว่า องค์ประกอบผลผลิตข้าวจำนวนเมล็ดต่อรวงใช้อธิบายการเพิ่มผลผลิตข้าวได้ 24% และจำนวนรวงต่อกอใช้อธิบายการเพิ่มผลผลิตได้ 53% (ภาพที่ 36) หมายความว่า ถ้ามีการสร้างองค์ประกอบผลผลิตเหล่านี้ลดลงก็จะทำให้ผลผลิตข้าวลดลงด้วย และสอดคล้องกับผลการศึกษาของเกรียงศักดิ์ (2533) ที่รายงานว่าข้าวต้องการไนโตรเจนมากในระยะแตกกอจนถึงระยะออกรวงเพื่อใช้เพิ่มจำนวนรวงต่อกอและจำนวนเมล็ดต่อรวงให้สูงขึ้นซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลของการศึกษาใช้สิ่งทดลองที่ 1

นี้ปรากฏว่า มีจำนวนเมล็ดต่อรวงต่ำที่สุด และเมื่อวัดระดับค่าสีของใบข้าวก็ปรากฏว่า ระดับค่าสีของใบข้าวลดลงต่ำกว่าค่าวิกฤต

เมื่อประมวลผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง ดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดในนาข้าวสำหรับเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงมีศักยภาพสูงเพียงพอที่จะประกันผลผลิตที่น่าพอใจได้ ข้อมูลที่ได้ยังชี้ให้เห็นอีกว่าหากมีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดร่วมกับแหล่งธาตุอาหารอื่น เช่น ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตสามารถจะยกระดับผลผลิตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีถึงหนึ่งเท่าตัว ถั่วพุ่มและถั่วพร้ามีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวทั้ง 2 พันธุ์ สามารถใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 2 ชนิดในอัตรา 500-1,000 กก. ไร่$^{-1}$ จึงจะให้ผลผลิตข้าวสูงใกล้เคียงหรือดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี การใช้ในอัตราที่สูงเกินไป เช่น 1,500 กก. ไร่$^{-1}$ อาจจะเกิดผลเสีย กล่าวคือ เมื่อไถกลบปุ๋ยพืชสดในสภาพน้ำขัง จะทำให้เกิดการเน่า ของอินทรียวัตถุเนื่องจากเกิดการย่อยสลายได้ช้า เกิดสารที่เป็นพิษต่อรากข้าว (root injury) สังเกตเห็นเป็นสีดำในช่วงเวลา 1 สัปดาห์แรกหลังการปักดำ ซึ่งสังเกตเห็นได้จากทดลองครั้งนี้เช่นกัน อาการดังกล่าวจะกระทบต่อการแตกกอและการให้ผลผลิตของข้าว (สรสิทธิ์, 2533 ; Ishikawa, 1988)

5. ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ทำให้มีข้อเสนอแนะทั้งในทางวิชาการและแนวทางการจัดการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวสำหรับเกษตรกรดังนี้คือ

5.1 ข้อเสนอแนะทางวิชาการ

การศึกษาการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพและประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดเพื่อใช้ในการผลิตข้าวในครั้งนี้พบว่าปัจจัยที่มีผลอย่างสำคัญได้แก่ การปรับ pH ของดินและการเพิ่มธาตุอาหารฟอสฟอรัส โดยที่การเพิ่มฟอสฟอรัสในรูปหินฟอสเฟตซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายได้น้อย อาจต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการใส่ โดยให้มีการใส่หินฟอสเฟตในลักษณะรองพื้นในอัตราสูงๆ เพื่อให้มีการสะสมและเพิ่มการปลดปล่อยให้ทันกับความต้องการของพืชในระยะยาว การเพิ่มฟอสฟอรัสในรูปปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ทำให้สามารถยกระดับผลผลิตข้าวได้ชัดเจนสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีที่แนะนำในการปลูกข้าวเกือบเท่าตัว ส่วนการคลุกเชื้อไรโซเบียมจะให้ผลดีในกรณีที่มีการเพิ่มธาตุอาหารเฉพาะฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย ซึ่งจากการทดลองในครั้งนี้ยังมีประเด็นที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป เช่น

(1) ในแง่การผลิตข้าวในระบบอินทรีย์ในอนาคต การศึกษาประสิทธิภาพของฟอสฟอรัสรวมทั้งอัตราและแนวทางในการจัดการในการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสด

จากแหล่งธาตุอาหารทางเลือกอื่น ๆ โดยเฉพาะจากแหล่งที่เกษตรกรสามารถจะจัดหาได้สะดวกในพื้นที่และมีราคาถูก เช่น แหล่งปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เป็นวัสดุธรรมชาติหรือวัสดุอินทรีย์ เช่น หินฟอสเฟต กระดูกป่น มูลค้างคาว มูลไก่ กากเมล็ดพืช ขี้เถ้าไม้ สาหร่ายทะเล เป็นต้น มาใช้ในการทดลอง

(2) ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความสมดุลของธาตุอาหาร (nutrient balance) เพื่อประเมินสถานภาพความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารให้ละเอียดยิ่งขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการให้สามารถรักษาระดับการผลิตที่ยั่งยืน

(3) ควรมีการทดสอบในลักษณะเดียวกันนี้ในระดับไร่นาของเกษตรกร (on farm experiment) หรือการทดสอบในแปลงของเกษตรกรโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม เช่น ใช้กระบวนการวิจัย PAR (Participatory Action Reseach) เพื่อยืนยันผล เนื่องจากการทดลองครั้งนี้กระทำในสภาพที่ควบคุมปัจจัยได้ ผลที่ได้รับอาจมีความแตกต่างได้

(4) ศึกษารูปแบบ ระยะเวลาการปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดในรายละเอียดเพิ่มเติม ว่าเพียงพอ และสอดคล้องกับความต้องการของข้าวในระดับผลผลิตที่สูงขึ้น เช่นจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า (top dressing) ในช่วงการเจริญเติบโตระยะกำเนิดช่อดอก (panicle initiation)

(5) ศึกษาปัญหาช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกถั่วปุ๋ยพืชสด และช่วงระยะเวลาการไถกลบ ในสภาพแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ที่แตกต่างออกไป เช่น ในช่วงฤดูทำนาปี ซึ่งฝนที่ตกมากในช่วงก่อนการทำนา อาจจะทำให้การไถกลบปุ๋ยพืชสดมีประสิทธิภาพแตกต่างกันออกไปสภาพการปลูกในช่วงฤดูนาปรัง

5.2 ข้อเสนอทางการจัดการสำหรับเกษตรกร

เพื่อให้สามารถผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดให้เพียงพอในการให้ไนโตรเจนแก่ข้าวที่ปลูกตามหลัง มีแนวทางในการปรับปรุงการจัดการข้อจำกัดต่างๆ ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงมีข้อเสนอแนะดังนี้

(1) เลือกใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีศักยภาพและเหมาะสมตามบริบทของแต่ละพื้นที่ปลูกข้าว เช่น ในภาคใต้ควรใช้ถั่วพร้า ถั่วพุ่ม เป็นต้น โดยกำหนดเวลาปลูกซึ่งเมื่อรวมเวลาการเจริญเติบโตและการสับกลบลงดินที่ระยะออกดอกประมาณ 6-8 สัปดาห์ เนื่องจากเป็นระยะที่ถั่วปุ๋ยพืชสดมีการสะสมไนโตรเจนสูงที่สุด หลังจากขังน้ำแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้มีการย่อยสลายซากมวลชีวภาพโดยจุลินทรีย์ดินประมาณ 10-20 วัน จึงปลูกข้าวตามหลัง

(2) เลือกใช้พันธุ์ข้าวที่มีความเหมาะสมตามภูมินิเวศและสังคมของแต่ละพื้นที่ที่สามารถ เพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตได้ เช่น ใช้พันธุ์ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงในพื้นที่จังหวัดพัทลุงเพื่อผลิตข้าวปลอดภัยจากสารเคมี หรือ ข้าวอินทรีย์ในอนาคต

(3) ปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่ pH ประมาณ 5.0-5.5 ก่อนปลูกถั่วปุ๋ยพืชสด และถ้าเป็นไปได้ให้มีการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียม

(4) การใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในลักษณะปุ๋ยรองพื้นในอัตราสูงๆ 2-3 ปีต่อครั้ง เพื่อให้สามารถมีการละลายออกมาอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ให้ทันกับความต้องการของถั่วและมีผลตกค้างสำหรับข้าว

(5) หลีกเลี่ยงการไถกลบปุ๋ยพืชสดในสภาพดินมีความชื้นสูงหรือน้ำขัง เพื่อลดผลกระทบความเป็นพิษต่อรากข้าวจากสภาพการย่อยสลายที่มีสมบูรณ์ หรือเลื่อนระยะเวลาการปักดำข้าวออกไป

(6) นอกจากนี้หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรส่งเสริมและสาธิตการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวอินทรีย์ในแปลงเกษตรกรโดยเน้นการมีส่วนร่วมของเกษตรกร มีการอบรมให้ความรู้ทางเทคนิคแก่เกษตรกรในการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดให้เกิดขึ้นอย่างแพร่หลาย

บทที่ 6

สรุป

การศึกษาผลของถั่วปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบของข้าว ภายใต้สภาพดินนากลุ่มชุดดินที่ 6 ชุดดินพัทลุง พื้นที่จังหวัดพัทลุง สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุงมีการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดผลิตข้าว 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า และปอเทือง และมีความสนใจจะใช้โสนอัฟริกัน ปัญหาในการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดที่พบคือ ขาดเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดให้เพียงพอกับความต้องการของข้าว และกำหนดวันปักดำไม่สอดคล้องกับการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วปุ๋ยพืชสด ทำให้ข้าวที่ปลูกตามหลังได้ผลผลิตไม่เต็มตามศักยภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิด

2. ผลการวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการศึกษา พบว่าสภาพดินที่มีความเป็นกรดสูงถึงเป็นกรดปานกลาง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียวและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณฌอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำมาก จึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงดินก่อนปลูกพืชถั่วปุ๋ยพืชสดเพื่อใช้ในนาข้าว

3. การใส่วัสดุปรับปรุงดินพวกปูนเพื่อยกระดับ pH ดินจาก 4.58 เป็น 5.50 มีผลทำให้ถั่วปุ๋ยพืชสดโสนอัฟริกัน ถั่วพุ่ม และถั่วพร้า เจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตมวลชีวภาพสูงกว่าสภาพไม่ยกระดับ pH ดินชัดเจน เนื่องจากธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะไนโตรเจนและธาตุอาหารอื่นๆ เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และโมลิบดีนัม ถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อถั่วปุ๋ยพืชสดเพิ่มมากขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการของข้าว และช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัมและแมงกานีสที่มีพิษต่อถั่วปุ๋ยพืชสด

4. การใส่วัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้ถั่วปุ๋ยพืชสดโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 ให้ผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่การใส่หินฟอสเฟตมีแนวโน้มให้ค่าเฉลี่ยผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนสูงกว่าการไม่ใส่วัสดุปรับปรุงดิน

5. การคลุกเมล็ดถั่วปุ๋ยพืชสดด้วยเชื้อไรโซเบียมมีแนวโน้มให้ผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดสูงกว่าการไม่คลุกด้วยเชื้อไรโซเบียม เนื่องจากสามารถเพิ่มจำนวนปมช่วยให้มีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้น

6. โสนอัฟริกันมีแนวโน้มให้ผลผลิตมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนสูงกว่าถั่วพร้าและถั่วพุ่ม ตามลำดับ ได้ชี้ให้เห็นว่าโสนอัฟริกันมีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยพืชสดในนาข้าว แต่มีข้อจำกัดที่ต้องพิจารณาก่อนตัดสินใจใช้คือ โสนอัฟริกันเป็นพืชพวกไวต่อช่วงแสงจะออกดอกในสภาพวันสั้นและจัดหาเมล็ดพันธุ์ได้ยาก จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในระบบการผลิตข้าวตลอดทั้งปีของเกษตรกร

7. การปลดปล่อยไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่บ่มดินในสภาพน้ำขังทุกอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง จะมีลักษณะการปลดปล่อยไนโตรเจนในแบบเดียวกัน กล่าวคือจะปลดปล่อยรวดเร็วในช่วงแรก และมีปริมาณมากในช่วง 3-35 วันภายหลังบ่มดิน และมีปริมาณสูงที่สุดที่ 35 วันภายหลังบ่มดิน โดยปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยแปรผันตามปริมาณมวลชีวภาพและการสะสมไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสด

8. การสะสมไนโตรเจนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้น แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับประสิทธิภาพการปลดปล่อยไนโตรเจน

9. การใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดทั้ง 3 ชนิดที่อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวหอมปทุมธานี 1 สูงกว่าการใช้ที่อัตรามวลชีวภาพ 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ และการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ร่วมปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต

10. การใช้ถั่วพร้าอัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวหอมปทุมธานี 1 สูงที่สุด ขณะที่การใช้ถั่วพร้าอัตรามวลชีวภาพ 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำของศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง

11. การใช้มวลชีวภาพในอัตราสูง เช่น 1,500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ในช่วง 1-2 สัปดาห์แรก ที่อยู่ในสภาพน้ำขัง อินทรียวัตถุจะสลายตัวได้ช้าและการเกิดเน่ามีสารพิษเข้าทำลายรากข้าว (root injury) สังเกตรากจะมีสีดำ เช่นในกรณีย์ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงพบว่า วันปักดำ 10 วันหลังการสับกลบมีแนวโน้มให้มีผลผลิตต่ำกว่าวันปักดำ 20 วันหลังการสับกลบ เพราะวันปักดำ 10 วันหลังการสับกลบรากข้าวเกิด root injury จึงควรกำหนดวันปักดำข้าวหลังการสับกลบมวลชีวภาพให้เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว เช่นปักดำในช่วง 10 – 20 วันหลังการสับ

10. ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของข้าวพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพของถั่วปุ๋ยพืชสดจาก ถั่วปุ๋ยพืชสด 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เป็น 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ทำให้ค่า Yield Efficiency (YE) และค่า Physiological Efficiency (PE) ลดลง ส่วนค่า Nitrogen Recovery

Efficiency (NRE) เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะถั่วพร้าที่ปริมาณมวลชีวภาพ 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ให้ค่า NRE (54.24%) สูงกว่าถั่วพุ่ม ปุ๋ยเคมี และโสนอัฟริกัน ตามลำดับ

11. การใช้ถั่วพุ่ม หรือถั่วพร้าที่อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ เพิ่มผลผลิตข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุงได้สูงกว่าการใช้ที่อัตราชีวภาพ 500 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ขณะที่การใช้ถั่วพุ่มและถั่วพร้าที่อัตรามวลชีวภาพ 1,000 กก. นน.แห้ง ไร่$^{-1}$ ร่วมกับปุ๋ยเคมีทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเป็นปุ๋ยรองพื้นสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวสูงที่สุดคือ การใช้ถั่วพุ่มมีค่าเฉลี่ยประมาณ 400 กก. ไร่$^{-1}$ และการใช้ถั่วพร้ามีค่าเฉลี่ยประมาณ 404 กก. ไร่$^{-1}$ ชี้ให้เห็นว่าการใช้ถั่วปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยฟอสเฟตไปช่วยเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวสูงขึ้น

12. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาชนิดและปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตจากแหล่งธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้ร่วมกับถั่วปุ๋ยพืชสดในการเพิ่มผลผลิตข้าวทั้งในระดับแปลงทดลองและระดับไร่นาเพื่อเป้าหมายการผลิตข้าวตามมาตรฐาน GAP และตามมาตรฐานพืชอินทรีย์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2551. การใช้แผ่นเทียบสี (Leaf Color Chart : LCC) เพื่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกข้าวนาชลประทาน. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมการข้าว. 2551. การผลิตข้าวอินทรีย์. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกรียงศักดิ์ ไพรวรรณ. 2533. ผลของเอทีฟอน เอสเอดีเอช เมพิคอลคลอไรด์ และปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสะสมน้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวอินดิกา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2545. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจริญ ศิริอุดมภาส, รังสรรค์ อาภาคัพภะกุล และ ฉวีวรรณ ศิริอุดมภาส. 2532. อิทธิพลของระดับน้ำ ความหนาแน่นและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว. พัทลุง : ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง

จำเป็น อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ชยงค์ นามเมือง. 2527. การตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวที่ปลูกในภาคกลาง. ว. การเกษตร 2 : 164-172.

ทวี คุปต์กาญจนากุล, กิ่งแก้ว คุณเขต, นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ, บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์, ปริศนา หาญวิริยะพันธุ์, ศิวะพงษ์ นฤบาล, อนันต์ สุขสวัสดิ์, กรรณิกา นากลาง, พิบูลวัฒน์ ยังสุด และ อวยชัย บุญญานุพงษ์. 2542. การจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินในการผลิตข้าวอินทรีย์. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2541 สถาบันวิจัยข้าว. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2543. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ. 2541. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 47-53.

นัฐพงศ์ ศรีภูมั่น. 2544. การประเมินอัตราให้ปุ๋ยไนโตรเจนแต่งหน้าที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโดยพิจารณาจากความเข้มข้นของไนโตรเจนและคลอโรฟิลล์ในใบอ่อน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญชัย แซ่ด่าง และ B. L. Gouis. 2533. ผลของความแปรปรวนของความหนาแน่นภายในแปลงต่อกระบวนการสร้างผลผลิตในข้าวนาน้ำตม. พัทลุง : ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง.

บริบูรณ์ สมฤทธิ์. 2545. การผลิตข้าวเพื่อเพิ่มมูลค่าและสุขอนามัยทิศทางในสหัสวรรษใหม่. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ประชา นาคะประเวศ. 2542. ปุ๋ยพืชสด. ว.พัฒนาที่ดิน 36 : 53-61.

ประชา นาคะประเวศ, ปรัชญา ธัญญาดี และ พิรัชฌา วาสนานุกูล. 2538. คู่มือการใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงดิน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

พิชิต พงษ์สกุล และ ปรีชา พากเพียร. 2535. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช. กรุงเทพฯ : ศูนย์การพิมพ์พลชัย.

พฤกษ์ ยิบมันตะสิริ, กุศล ทองงาม, บุศรา ลิ้มนิรันดร์กุล, จำลอง โพธาเจริญ, จตุรงค์ พวงมณี, สิทธิชัย ลอดแก้ว และ นฤมล พู่เจริญ. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์กิจกรรมขยายโครงการการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการพัฒนาระบบเกษตรยั่งยืน: การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยพืชสด. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา และ ดำรง ติยวลีย์. 2528. อิทธิพลของอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อผลผลิตข้าวไร่. ว. เกษตร 1 : 50-60.

เมธี มณีวรรณ และ สุรชัย หมื่นสังข์. 2528. ดินเปรี้ยวจัดและการปรับปรุง. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์. 2545. การใช้ปุ๋ยพืชสดชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงดินเค็ม. ว. พัฒนาที่ดิน 39 : 22-45.

วาสนา พลารักษ์. 2520. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยของข้าวจากการใส่ปุ๋ยวิธีต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิโรจน์ สานเสาวภาคน์, สามารถ สร้อยทอง และ อภิชาติ จงสกุล. 2537. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการทดสอบการใช้พืชตระกูลถั่วบำรุงดินในดินนาชุดบางนรา. สงขลา : สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 12.

ศิริจิต ทุ่งหว้า. 2536. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยด้านกายภาพ ชีวภาพ และเศรษฐกิจสังคมต่อการยอมรับนวัตกรรมการทำนาของครัวเรือนเกษตร ต.พนางตุง อ.ควนขนุน จ.พัทลุง. ว. เกษตรศาสตร์ (สังคม) 14 : 80-93.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2545. ภาวะมลพิษของดินจากการใช้สารเคมี. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. 2542. วันแสดงการผลิตข้าวอย่างถูกต้องและเหมาะสม (GAP). พัทลุง : ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง. 2549. ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง. พัทลุง : ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

สถาบันวิจัยข้าว. 2548. การใช้แผ่นเทียบสี (Leaf Color Chart) เพื่อการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกข้าวนาชลประทาน. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร.

สมศักดิ์ วังใน. 2525. การตรึงไนโตรเจน ,ไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. การวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา: ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สมศักดิ์ สระแก้ว, วิโรจน์ สานเสาวภาคย์ และ อภิชาติ จงสกุล. 2542. ทดสอบการใช้ปุ๋ยพืชสดบางชนิดปรับปรุงดินนาชุดดินพัทลุง. สงขลา : สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 12.

สมศรี อรุณินท์. 2539. การใช้โสน (*Sesbania* spp.) เป็นปุ๋ยพืชสดในดินเค็ม. ว.เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 29 : 108-120.

สมพร ดำยศ. 2547. การใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรที่ทำนาเป็นอาชีพหลักในพื้นที่จังหวัดพัทลุง : รายงานการศึกษาเพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. สงขลา : ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2533. นโยบายและแนวทางการวิจัยด้านการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น : ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2525. หลักสรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สาคร ผ่องพันธุ์. 2530. การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว. ว. ดินและปุ๋ย 3 : 22-28.

สามารถ สร้อยทอง, สมศักดิ์ สระแก้ว และ นิพนธ์ ชูขำ. 2536. ผลของปุ๋ยพืชสดบางชนิดต่อผลผลิตข้าวในดินชุดระแงะ. สงขลา : สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 12.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดพัทลุง. 2550. ยุทธศาสตร์เกษตรจังหวัดพัทลุง. พัทลุง : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2550. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุนทร พูนพิพัฒน์ และ เอ็น วี เวย์. 2536. อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการลดสภาพความเป็นพิษของอะลูมินัมและพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในดินกรดจัด. ว. สงขลานครินทร์ 15 : 197-217.

สุรางค์ จันทวานิช. 2539. วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุมาลี ประดิษฐ์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์, ไพศาล เหล่าสุวรรณ, ธีระพงศ์ จันทรนิยม และ นิมิต อนุชาญ. 2533. ผลของปูนขาวและธาตุอาหารบางธาตุที่มีผลต่อผลผลิตของถั่วลิสงปลูกในดินนาชุดโคกเคียน. ว. สงขลานครินทร์ 12 : 51-57.

สุรพล อุปดิสสกุล. 2528. การตรวจสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ย. นครปฐม : ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวพันธุ์ รัตนรัต. 2535. สาเหตุบางประการที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเมล็ดลีบของถั่วลิสง. ว. ดินและปุ๋ย 24 : 111-112.

โสภณ จันทร์เจริญสุข, จุมพล ยูวะนิยม, นงคราญ มณีวรรณ และ รสมาลิน ณ ระนอง. 2542. ผลของปูนมาร์ล และปุ๋ยเคมีในระบบปลูกพืชข้าว-ถั่วเขียวในชุดดินรังสิต. ว.ดินและปุ๋ย 21 : 22-28.

อภินันท์ กำนัลรัตน์. 2540. ระบบนิเวศน์เกษตร. สงขลา : คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อรรควุฒิ ทัศนสองชั้น. 2526. เรื่องของข้าว. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรรถชัย จินตะเวช. 2530. วิธีการวิเคราะห์พื้นที่. ขอนแก่น : คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อรพินท์ สุริยพันธุ์. 2541. ผลของพืชตระกูลถั่วที่ใช้ไถกลบและตัดคลุมดินที่มีต่อความอุดมสมบูรณ์ของธาตุไนโตรเจนในดิน. ว. ดินและปุ๋ย 20 : 16-23.

อรุณี ยุวะนิยม, พรรณี รุ่งแสงจันทร์, ชัยนาม ดิสถาพร, อนงค์ สุทธาวาส และสมศรี อรุณินท์, 2529. การใช้ไรโซเบียมกับโสนเพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดในดินเค็ม. กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อุษา ศรีใส. 2546. สภาพกรดด่างของดินที่เหมาะสมต่อมวลชีวภาพและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของถั่วหรั่งและถั่วพร้าที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรดิน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Alazard, D. and M. Becker. 1987. *Aeschynomene* as green manure for rice. Plant Soil 101 : 141-143.

Allen, O. N. and E. K. Allen. 1989. Uses and nodulation. *In* The Leguminosae, pp. 604-607. Madison : The University of Wisconsin Press.

Andrew, C. S. 1976. Nutritional restraints on legume-symbiosis. *In* Exploiting the Legume-*Rhizobium* Symbiosis in Tropical, pp. 145. Hawaii : Univ. of Hawaii.

Ankumah, R. O., V. Khan, K. Mwamba and K. Kpomblekou-A. 2003. The influence of source and timing of nitrogen fertilizers on yield and nitrogen use efficiency of four sweet potato cultivars. Agriculture, Ecosystems and Environment. 100 : 201-207.

Becker, M. 1990. Potential use of the stem-nodulation legumes *Sesbania rostrate* and *Aeschynomene afraspera* as green manure for lowland rice. Ph.D. Thesis. Justus Liebig University

Becker, M., J. K. Ladha and J. C. G. Ottow. 1986. Mineral nitrogen effect on nodulation and nitrogen fixation of stem nodulating leguma *A. afraspera,* J. pfl. Ernahr. 149 : 485-491.

Becker, M., J. K. Ladha and J. C. G. Ottow. 1990. Growth and N_2 fixation of two stem-nodulating legumes and their effect as green manure on lowland rice. Soil Biol. Biochem. 22 : 1109-1119.

Becker, M., K. H. Diekmann, J. K. Ladha and S. K. De Datta. 1991. Effect of NPK on growth and nitrogen fixation of *Sesbania rostrata* as green manure for lowland rice (*Oryza sativa* L.). Plant and Soil 132 : 149-158.

Berri, V. and O. P. Meelu. 1981. Add nitrogen through green manure. Prog. Farming 16 : 8-9.

Bofogle, A. T., P. K. Boolich, R. J. Norman, J. L. Kovar, C. W. Lindau and R. G. Macchiavelli. 1997. Rice growth and nitrogen accumulation in drill-seeded and water-seeded culture. Soil Sci. Soc. Amer. J. 61 : 832-839.

Bouldin, D. R. 1988. Effect of green manure on soil organic matter content and nitrogen availability. *In* Green Manuring in Rice Farming, pp. 151-163. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Bouldin, D. R. and B. V. Alimagno. 1976. NH_3 volatilization losses from IRRI paddies following brooding application of fertilizer nitrogen. *In* Terminal Report of D. R. Bouldin as Visiting Scientist at IRRI, pp. 34-35. Los Banos : Int. Rice Res. Inst.

Broadbent, F. E. and T. Nakashima. 1970. Nitrogen immobilization in flood soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 34 : 218-221.

Cassman, K. G., M. J. Kropff, J. Gaunt and S. Peng. 1933. Nitroge use efficiency of rice Reconsidered : What are the key constraints. Plant and Soil 155/156 : 359-362.

Chandler, R. F. 1979. Rice in the tropic. U. S. Int. Agri. Dev. Service.

Chapman, A. L. and R. J. J. Myers. 1987. Nitrogen contributed by grain legumes to rice grown in rotations on the Cununurra soils of the irrigation's area. Aust. J. Expl. Agric. 27 : 155-163.

Craswell, E. T. and P. L. G. Vlek. 1979. Fate of fertilizer nitrogen applied to wetland rice. *In* Nitrogen and Rice, pp. 175-192. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Dahnke, W. C. and G. V. Johnson. 1990. Testing soils for available nitrogen. *In* Soil Testing and Plant Analysis, pp. 128-139. Madison : Soil Sci. Soc. Amer.

De Datta, S. K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. New York : John Wiley & Sons.

De Datta, S. K. and R. J. Buresh. 1989. Integrated nitrogen management in irrigated rice. Adv. Soil Sci. 10 : 143-163.

Delame, R. D. and W. H. Patrick. 1970. Urea conversion to ammonium in water logged soil. Soil Sci. Amer. J. 34 : 603-607.

De Mooy, C. J. and J. Pesek. 1966. Nodulation responses of soybeans to added phosphorus, potassium and calcium salts. Agron. J. 58 : 275-280.

Diekman, K. H. and S. K. De Datta. 1990. Effect of seeding rate on dry matter production and N-accumulation of *Sesbania rostrata.* Int. Rice Res. Newsl. 15 : 22-23.

Diekman, K. H., S. K. De Datta and J. C. G. Ottow. 1992. Effect of combined Application of green manure and urea on N losses from urea fertilizer. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Dreytus, B., G. Rinaudo and Y. Dommergues. 1983. Use of *Sesbania rostrata* as a green manure in paddy field. Dakar : Laboratories de Microbiologic de Sols Senegal.

Dreyfus, B., G. Rinaudo and Y. Dommergues. 1985. Observations on the use of *Sesbania rostrata* as green manure in paddy fields. Mircen J. 1 : 121.

FAO. 1980. Annual Report. Los Banos : Int. Rice Res. Inst.

FAO. 1982. Annual Report. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Flinn, J. C. and S. K. De Datta. 1984. Trends in irrigated rice yields under intensive cropping at Phillippine Research Stations. Field Crops Res. 9 : 1-15.

Focht, D. D. and W. Verstracte. 1979. Biochemical ecology of nitrification and denitrification. *In* Advances in Microbial Ecology, pp. 285-330. New York : Plenum Press.

Fried, M., F. Zsoldos, P. B. Vose and I. L. Shatokhin. 1965. Characterizing the nitrate and ammonium uptake process of rice roots by use of ^{15}N-labelled ammonium nitrate. Physio. Plant. 18 : 313-320.

Garrity, D. P. and J. C. Flinn. 1988. Farm level management system for green manure drops in Asian rice environment. *In* Green Manuring in Rice Farming, pp. 111-129. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Gates, C. T. 1974. Nodule and plant development in *Stylosanthe s hemilis* : Symbiotic response to Pand S. Aust. J. Bot. 22 : 44 – 45.

George, T., J. K . Ladha, R. J. Buresh and D. P. Garrity. 1992. Managing native and legume fixed nitrogen in lowland rice-base cropping systems. Plant and Soil. 141 : 69-91.

Guar, A .C . 1978. Recycling and utilization of organic wastes as fertilizers. New Delhi : Ministry of Agric. And Irrig.

Hauck, R. D. 1980. Nitrification Inhibitors-Potentials and Limitation. Madison : Am. Soc. Agron. Pub.

Hauck, R. D. and J. M. Bremner. 1976. Use of tracers for soil and fertilizer nitrogen research. Adv. Agron. 28 : 219-266.

Haynes, R. J., K. C. Cameron, K. M. Goh and R. R. Sherlock. 1996. Physiological ecology a Series of Monography. London : Academies Press.

Higashida, S. and K. Takao. 1986. Relations between soil microbial measures and soil properties in the grassland soil. Soil Sci. and Plant Nutr. 32 : 587-597.

Inko, A., F. Peter and C. Ralf. 1998. Denitrification coupled for nitrification in the rhizosphere of rice. Soil Bio. & Bioc. 30 : 509-515.

IRRI. 1986. Annual report. Los Banos : Int. Rice Res. Inst.

Ishikawa, M. 1963. Soil scientific and plant nutritional study on the milk vetch manuring of rice. Tokyama : Agric. Exp. Stn. Spec. Stud.

Ishikawa, M. 1988. Green manure in rice. *In* Green Manuring in Rice Farming, pp. 45-61. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Janson, S. L. 1971. Use of ^{15}N in studies of soil nitrogen. *In* Soil Biochemistry, pp. 129-166. New York : Marcel Dekker.

Kanareugsa, C. 1969. The influence of timing and rate of mid-season nitrogen application on the grain yield and yield components of Blue belle rice. Thai J. Agri. Scio. 2 : 13-33.

Keeney. 1982. Methods of Soil Analysis Part 2. Wisconsin : Mwdeison Publisher.

Koshino, M. 1975. Incoming and out going of fertilizer nutrients in cropped lands. Kyoto : HESC, Science Council of Japan.

Koyama, T. and A. App. 1979. Nitrogen balance in flooded rice soils. In Nitrogen and Rice, pp. 95-104. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Kulasooriya. S. A. and I. M. Samarakoon. 1990. Decapitating young *Sesbania rostrata* plants to increase biomass production and nitrogen fixation. Int. Rice Res. Newl. 15 : 25-26.

Ladha, J. K., I. Watanabe and S. Saono. 1988. Nitrogen fixation by leguminous green manure and practices its enhancement in tropical lowland rice. *In* Green manure in Rice Farming, pp. 165-184. Los Baños : Int. Rice Res Inst.

Ladha, J. K., M. Garcia, S. Miyan, A. T. Padre and I. Watanabe. 1989. Survival of *Azorbizobium caulinodans* in the soil and rhizosphere of wetland rice under *Sesbania rostrata* rice rotation. Appl. Environ. Microbiol. 55 : 454-460.

Ladha, J. K., R. P. Pareek and M. Becker. 1992. Stem-nodulation Legume. *Rhizobium* symbiosis and its agronomic use in lowland rice. Adv. Soil Sci. 20 : 454-460.

Ladha, J. K., D. Kundu, M. G. Copenolle, M. B. Peoples, V. R. Carangal and P. Dart. 1996. Grain and forage legume effects of soil nitrogen dynamics in lowland rice-based cropping systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 60 : 183-192.

Lawson, I. Y. D., K. Muramatsu and I. Nioh. 1995. Effect of organic matter on growth, nodulation and nitrogen fixation of soybean grown under acids and saline conditions. Soil Sci. and Plant Nutri. 41 : 721-728.

Lin, C. C., A. B. Arun, P. D. Rekha and C. C. Young. 2008. Application of wastewater paper and food seasoning industries with green manure to increase soil organic arbon : A Laboratory Study. [on line]. Available from http://www.sciencedirect.com/science (Accessed August 27, 2008).

Lizhi, C. 1988. Green manure cultivation and use for rice in China. *In* Green Manure in Rice Farming, pp. 63-70. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Mac Rac, I. C. and R. R. Ancajas. 1970. Volatilized ammonia from submerged soils. Plant Soil 33 : 97-103.

Matsushima, S. 1966. Crop Science in Rice. Tokyo : Fuji Publishing Co.

Meelu, O. P., R. A. Morris, R. E. Foroc and M. A. Dizon. 1992. Grain yield responses in rice to eight tropical green manures. Trop. Agric. 66 : 133-136.

Meelu, O. P., Y. Singh and B. Singh. 1994. Green manuring for soil productivity improvement. Rome : FAO.

Michandani, I. J. and A. R. Khan. 1952 . Effect of age of sunnhemp on the succeeding wheat crop. *In* Green Manuring, pp. 37. ICAR Review.

Mikkelson, D. S., S. K. De Datta and W. N. Obcemea. 1978. Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. Soil Sci. Soc, Amer. J. 42 : 275-281.

Mikkelson, D. S. and S. K. De Datta. 1979. Ammonia volatilization from wetland rice soil. *In* Nitrogen and Rice, pp. 135-156. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Mitsui, S. and K. Kurihara. 1962. The intake and utilization of carbon by plant root from ^{14}C-labelled urea. Soil Sci. Plant Nutr. 8 : 2219-2225.

Moll, R. H., E. J. Kamprath and W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J. 77 : 562-564.

Moreau, D., A. Kamnalrat, Po Thongkum and S. Boonvanno. 1988. Cultural diagnosis on rice cropping systems in Phatthalung provinee. Songkla : Faculty of Natural Resources.

Mulvaney. R. L. 1996. Nitrogen-Inorganic Forms. *In* Method of soil Analysis. Part 3 Chemical Method. pp. 1123-1183. Madison : Soil Sci. Soc. of Amer. and Amer. Soc. of Agro.

Munns, D. N., R. L. Fox and B. L. Koch. 1977. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate Legumes. Plant and Soil 46 : 590-601.

Murata, Y. 1982. Physiological response to nitrogen in rice plant. *In* Physiology aspects of crop yield. pp. 235-263. Amer. Soc. of Agro.

Murayama, N. 1979. The importance of nitrogen for rice production. *In* Nitrogen and Rice, pp. 5-23. Los Baños : Int. Rice Res Inst.

Nagarajah. S., H. U. Neue and M. C. R. Alberta. 1989. Effect of *Sesbania* spp. and *Azolla* spp. and rice straw incorporation on the kinetics of NH_4^+, K, Fe, Mn, Zn and P in some flooded soils. Plant Soi. 116 : 37-48.

Norton, J. M. 2000. Nitrogen mineralization-immobilization turnover. *In* Handbook of Soil Science, pp. 148-160. Boca Ration, FI : CRC Press LLC.

Panse, V. G., T. P. Abraham and C. R. Leelavathi. 1965. Green manuring of crops. Indian council Agri. Res. Tech, Bull. 2 : 84-94.

Patrick, W. H. and K. R. Reddy. 1978. Fate of fertilizer nitrogen in flood rice. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40 : 679-681.

Patnaik, S. and M. V. Roa. 1979. Source of nitrogen for rice production. *In* Nitrogen and Rice, pp. 25-33. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Rinaudo, G., B. Dreyfus and Y. R. Dommergues. 1983. *Sesbania rostrata* green manure and the nitrogen content of rice crop and soil. Soil Biol. Biochem. 15 : 111-113.

Rinaudo, G., D. Alazard and A. Moudiongui. 1988. Stem-nodulating legumes as green manure for rice in West Africa. *In* Green Manure in Rice Farming, pp. 97-109. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Saito, M. and I. Watanabe. 1978. Organic production in rice field flood water Soil Sci. Plant Nutr. 24 : 427-444.

Shoji, S. 1986. Fate of nitrogen in paddy fields and nitrogen desorption by rice plants. JATCQ. 20 : 127-134.

Siddiqui, M. A., M. Astain, M. Y. Hayat and B. R. Sandhu. 1985. Nodulation studies on *Sesbania rostrata*. Pakistan J. Sci. Indus. Res. 28 : 407-411.

Sim, J. T. 2000. Soil fertility evaluation. *In* Handbook of Soil Science, pp. 113-153 Boca Ratio, FI : CRC Press LLC.

Sinckair, T. R. and C. T. Wit. 1975. Photosynthate and nitrogen requirement for seed production by various crops. Crop Sci. 189 : 565-567.

Singh, V. P. 1978. Nitrogen movement in water draining from irrigated riceland. Ph.D. Thesis. University of the Philippines.

Somado, E. A., M. Beeker, R. F. Kuehne, K. L. Sawrawat and P. L. G. 2003. Combine effects of legumes with rock phosphorus on rice in West Africa. [on line]. Available from http ://pitres. Unbonn.de/pitrospuldications_beckrab. htm (Accessed August 7, 2008).

Supametee, S. and B. Norman. 1975. Irrigate soybean response to inoculation and nitrogen fertilizer. Bangkok : Department of Agriculture Kasetsart University.

Tanaka, A., S. A. Nevasero, C. V. Garcia, F. T. Parao and E. Ramirez. 1964. Growth habit of the rice plant in the tropical and its effect on nitrogen response. Los Ba̅os : Int. Rice Res. Inst.

Tsien, H. C., B. Dreyfus and E. L. Schmidt. 1983. Initial stage in the morphogenesis of the nitrogen-fixing stem nodules o f *Sesbania rostrata*. J. Bacteriol. 156 : 888-897.

Trebuil, G., J. Kimnarux, P. Prempree, นพพร สายัมพล and J. C. Castella. 2535. Diagnosis on farming systems functioning and farmers decision making in Kanchanaburi province : Hypotheses for improvement of the sustainablility of maize-cotton cropping system. *In* Proceedings of the 9th Thailand national farming systems seminar, pp. 313-324. Bangkok.

Ventura, W. B. and T. Yoshida. 1977. Ammonia volatilization from a flooded tropical soil. Plant Soil 46 : 521-534.

Ventrua, W. B. and I. Watanabe. 1991. *Azolla* and *Sesbania* : organic fertilizers. *In* The Philippine Environment : Opportunities in Conservation and Rehabilitation, pp. 171-178. Manila.

Vlek, P. L. G. and E. T. Craswell. 1978. Effect of nitrogen source and management on ammonia volatilization losses from flooded rice soil systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42 : 352-360.

Vlek, P. L. G. and J. M. Stumpe. 1978. Effects of solution chemistry and environmental of solution chemistry and environmental condition on ammonia volatilization losses from aqueous systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42 : 416-422.

Williams, W. A. and D. C. Finrock. 1962. Effect of placement and time of incorporation of vetch on rice yields. Agron. J. 54 : 547-549.

Yadvinder-Sigh, B. Sigh, C. S. Khind and O. P. Meelu. 1988. Response of flooded rice to green manure. Int. Rice Res. Newsl. 13 : 23-24.

Yoshida, S. 1981. Mineral nutrition of rice in fundamental of rice crop sciences. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Yoshida, S. and F. T. Paras. 1976. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. *In* Climate and Rice, pp. 471-494. Los Baños : Int. Rice Res. Inst.

Yoshihara, K. and S. Kawanshee. 1956. Mineral nutrition of soybean. *In* The Soybean, pp. 125-160. New York : Academic Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

เรื่อง การใช้ปุ๋ยพืชสดผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดพัทลุง

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ (หัวหน้าครัวเรือน)……
วันที่สัมภาษณ์……
ที่อยู่……
เพศ……..อายุ……...ศาสนา……ระดับการศึกษาสูงสุด……..
อาชีพรอง……..

ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับระบบการผลิตของครัวเรือนเกษตรกร

1. ปัจจุบันท่านมีกิจกรรมการผลิตอะไรบ้าง
2. วัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รองของการผลิตในแต่ละกิจกรรมคืออะไร
3. ขั้นตอนและวิธีดำเนินการผลิตในแต่ละกิจกรรมเป็นอย่างไร

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าว

ขอให้อธิบายว่า รายการต่างๆ ตามหัวข้อข้างล่างนี้เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรับปรุงการผลิตข้าวของท่านอย่างไร

1. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบหรือปัจจัยประเภทกายภาพ

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิประเทศเป็นอย่างไร เกิดขึ้นเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

1.2 ลักษณะภูมิประเทศ สภาพอากาศเป็นอย่างไร เกิดขึ้นเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าวของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

1.3 ลักษณะน้ำเพื่อการเกษตร น้ำฝนซึ่งเป็นแหล่งน้ำหลักที่ใช้เพื่อการผลิตข้าว มีปริมาณและการกระจายตัวในฤดูปลูกข้าวอย่างไร มีช่วงที่ฝนแล้งและฝนมากเกินค่าเฉลี่ยเกิดขึ้น

บ่อยหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่าไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร เช่น ระยะเวลาการปักดำข้าว พันธุ์ข้าว วิธีการดูแลรักษา และผลผลิตที่ได้รับ เป็นต้น ระบบการส่งน้ำชลประทาน ปริมาณน้ำเพื่อการผลิตข้าว และความสามารถที่จะปล่อยน้ำในฤดูกาลต่างๆ เป็นอย่างไร ประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ ขนาด ความยาวคลอง และการกระจายตัวของคลองส่งน้ำในเขตส่งน้ำต่างๆ เป็นอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

1.4 ลักษณะดิน และศักยภาพในการผลิต ลักษณะดินเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อศักยภาพการผลิตข้าวอย่างไร ลักษณะดินของท่านเป็นอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

1.5 ลักษณะโครงสร้างด้านคมนาคม โครงสร้างด้านคมนาคมเป็นอย่างไร เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อระบบตลาดข้าวอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

2. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบหรือปัจจัยประเภทชีวภาพ

2.1 ชนิดและพันธุ์ข้าวที่ปลูก ชนิดและพันธุ์ข้าว วิธีการดูแลรักษา และผลผลิตที่ได้รับในสภาพแวดล้อมของท่านเป็นอย่างไร แตกต่างกันในแต่ละปี แต่ละฤดูกาลหรือไม่ มีความผันแปรตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

2.2 ระบบการปลูกพืชที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติของพื้นที่นั้น ๆ การกระจายตัวของน้ำฝนผสมผสานกับประสบการณ์ของท่านมีผลต่อระบบการปลูกพืชของท่านอย่างไร การอาศัยน้ำฝนและการจัดระบบการชลประทานมีผลต่อระบบการปลูกพืชของท่านอย่างไรและท่านมีการตัดสินใจปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

2.3 การใช้ปัจจัยการผลิต ปัจจัยที่ใช้ในการผลิตข้าวเป็นอย่างไร เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเคมี และสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ส่งผลต่อ

การผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

2.4 ชนิดและพันธุ์พืชและสัตว์อื่น ๆ มีความผันแปรเช่นเดียวกันกับชนิดและพันธุ์ข้าวดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 2.1 ตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมของท่านอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

3. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบหรือปัจจัยประเภทสังคมและเศรษฐกิจ

3.1 แรงงาน ที่สามารถประกอบกิจกรรมการผลิตข้าว แรงงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้จำนวนกิจกรรมที่ท่านจะสามารถดำเนินการได้อย่างไร โครงสร้างของครอบครัวของท่านเป็นอย่างไร มีการเคลื่อนย้ายแรงงานไปทำงานนอกภาคเกษตรเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น อย่างไร

3.2 ทัศนคติ สภาพสังคมในพื้นที่ และความเชื่อทางศาสนา มีความสำคัญต่อการยอมรับวิธีการทำการผลิตข้าวสมัยใหม่อย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

3.3 การตัดสินใจประกอบกิจกรรมต่าง ๆ สภาพแรงงานความเห็นของสมาชิกในครอบครัวของท่าน หรือระดับชุมชนมีเหตุผลเฉพาะเรื่องหรือไม่ เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ได้รับการคัดค้านหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

3.4 บุญประเพณี มีประเพณีการทำบุญที่เกี่ยวข้องกับการทำนาของท่านหรือไม่ ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

3.5 ที่ดินและทุนทรัพย์ที่ใช้ในการผลิต สภาพการถือครองที่ดินทำนาของท่านเป็นอย่างไร ท่านใช้เงินทุนจากแหล่งใดส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

3.6 โครงสร้างตลาดและราคาผลผลิต มีโครงสร้างการซื้อขายผลผลิตในพื้นที่อย่างไร ส่งผลกระทบต่อรายได้และการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร เช่น คุณภาพผลผลิต และระบบตลาด เป็นต้น

3.7 โครงสร้างการกระจายผลผลิตในระดับต่าง ๆ การกระจายผลผลิตเป็นอย่างไร เช่น ในหมู่บ้าน ระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด เป็นต้น เป็นการกระจายผลผลิตที่ผ่านและไม่ได้ผ่านระบบตลาด หรือเป็นการแลกเปลี่ยนสินค้าอย่างไร ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

3.8 อื่น ๆ เช่น การประกอบอาชีพอื่น ๆ การรวมกลุ่มวิธีการรวมกลุ่ม การจัดการกลุ่มผลผลิตข้าวอินทรีย์ เป้าหมายสู่การจัดการเพื่อทำการเกษตรแบบยั่งยืน เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

ตอนที่ 3 การประเมินผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าว

1. ท่านคิดว่ารูปแบบ หรือวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดที่ประสบความสำเร็จควรมีลักษณะอย่างไร เพราะอะไรจึงคิดเช่นนั้น
2. รูปแบบหรือวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดที่ท่านทำอยู่ปัจจุบันนี้ท่านคิดว่ามีความสำเร็จตามที่ท่านคิดไว้หรือไม่ เพราะอะไรยังมีปัญหาอะไรและควรมีการปรับปรุงอย่างไร
3. ในอนาคตท่านคิดว่าจะทำการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดอีกเมื่อไร เพราะอะไร

สมุดบันทึกข้อมูล
การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง

เรื่อง ……

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์ (หัวหน้าครัวเรือน)……
วันที่สัมภาษณ์……
ที่อยู่……
เพศ……..อายุ……...ศาสนา……ระดับการศึกษาสูงสุด……..
อาชีพรอง……..

ตอนที่ 1 คำถามเกี่ยวกับระบบการผลิตของครัวเรือนเกษตรกร

ปัจจุบันท่านมีกิจกรรมการผลิตอะไรบ้าง วัตถุประสงค์หลักและวัตถุประสงค์รองของการผลิตในแต่ละกิจกรรมคืออะไร

กิจกรรม วัตถุประสงค์หลัก วัตถุประสงค์รอง

…….
…….

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการผลิตในแต่ละกิจกรรมเป็นอย่างไร

…….
…….

ตอนที่ 2 คำถามเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าว

1. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบหรือปัจจัยประเภทกายภาพ

1.1 ลักษณะภูมิประเทศ สภาพภูมิประเทศเป็นอย่างไร เกิดขึ้นเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

…….
…….

1.2 ลักษณะภูมิประเทศ สภาพอากาศเป็นอย่างไร เกิดขึ้นเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าวของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

.....

.....

1.3 สภาพน้ำเพื่อการเกษตร น้ำฝนซึ่งเป็นแหล่งน้ำหลักที่ใช้เพื่อการผลิตข้าว มีปริมาณและการกระจายตัวในฤดูปลูกข้าวอย่างไร มีช่วงที่ฝนแล้งและฝนมากเกินค่าเฉลี่ยเกิดขึ้นบ่อยหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่าไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร เช่น ระยะเวลาการปักดำข้าว พันธุ์ข้าว วิธีการดูแลรักษา และผลผลิตที่ได้รับ เป็นต้น ระบบการส่งน้ำชลประทาน ปริมาณน้ำเพื่อการผลิตข้าว และความสามารถที่จะปล่อยน้ำในฤดูกาลต่าง ๆ เป็นอย่างไร ประสิทธิภาพของคลองส่งน้ำ ขนาด ความยาวคลอง และการกระจายตัวของคลองส่งน้ำในเขตส่งน้ำต่าง ๆ เป็นอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

.....

.....

1.4 ลักษณะดิน และศักยภาพในการผลิต ลักษณะดินเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญต่อศักยภาพการผลิตข้าวอย่างไร ลักษณะดินของท่านเป็นอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

.....

.....

1.5 โครงสร้างด้านคมนาคม โครงสร้างด้านคมนาคมเป็นอย่างไร เป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อระบบตลาดข้าวอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

.....

.....

2. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบ หรือปัจจัยประเภทชีวภาพ

2.1 ชนิดและพันธุ์ข้าวที่ปลูก ชนิดและพันธุ์ข้าว วิธีการดูแลรักษา และผลผลิตที่ได้รับในสภาพแวดล้อมของท่านเป็นอย่างไร แตกต่างกันในแต่ละปี แต่ละฤดูกาลหรือไม่ มีความผันแปรตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

……

……

2.2 ระบบการปลูกพืชที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติของพื้นที่นั้น ๆ การกระจายตัวของน้ำฝนผสมผสานกับประสบการณ์ของท่านมีผลต่อระบบการปลูกพืชของท่านอย่างไร การอาศัยน้ำฝนและการจัดระบบการชลประทานมีผลต่อระบบการปลูกพืชของท่านอย่างไรและท่านมีการตัดสินใจปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

……

……

2.3 การใช้ปัจจัยการผลิต ปัจจัยที่ใช้ในการผลิตข้าวเป็นอย่างไร เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยเคมี และสารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

2.4 ชนิดและพันธุ์พืชและสัตว์อื่น ๆ มีความผันแปรเช่นเดียวกันกับชนิดและพันธุ์ข้าวดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้อ 2.1 ตามสภาพเศรษฐกิจและสังคมของท่านอย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

3. เหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนขององค์ประกอบหรือปัจจัยประเภทสังคมและเศรษฐกิจ

3.1 แรงงาน ที่สามารถประกอบกิจกรรมการผลิตข้าว แรงงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบ่งชี้จำนวนกิจกรรมที่ท่านจะสามารถดำเนินการได้อย่างไร โครงสร้างของครอบครัวของท่านเป็นอย่างไร มีการเคลื่อนย้ายแรงงานไปทำงานนอกภาคเกษตรเมื่อใด ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น อย่างไร

……

……

3.2 ทัศนคติ สภาพสังคมในพื้นที่ และความเชื่อทางศาสนา มีความสำคัญต่อการยอมรับวิธีการทำการผลิตข้าวสมัยใหม่อย่างไร ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

3.3 การตัดสินใจประกอบกิจกรรมต่าง ๆ สภาพแรงงานความเห็นของสมาชิกในครอบครัวของท่าน หรือระดับชุมชนมีเหตุผลเฉพาะเรื่องหรือไม่ เช่น การใช้ปุ๋ยพืชสดในการผลิตข้าวเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ได้รับการคัดค้านหรือไม่ ส่งผลต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

3.4 บุญประเพณี มีประเพณีการทำบุญที่เกี่ยวข้องกับการทำนาของท่านหรือไม่ ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

3.5 ที่ดินและทุนทรัพย์ที่ใช้ในการผลิต สภาพการถือครองที่ดินทำนาของท่านเป็นอย่างไร ท่านใช้เงินทุนจากแหล่งใดส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร

……

……

3.6 โครงสร้างตลาดและราคาผลผลิต มีโครงสร้างการซื้อขายผลผลิตในพื้นที่อย่างไร ส่งผลกระทบต่อรายได้และการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไร เช่น คุณภาพผลผลิต และระบบตลาด เป็นต้น

……

……

3.7 โครงสร้างการกระจายผลผลิตในระดับต่าง ๆ การกระจายผลผลิตเป็นอย่างไร เช่น ในหมู่บ้าน ระดับตำบล อำเภอ และจังหวัด เป็นต้น เป็นการกระจายผลผลิตที่ผ่านและไม่ได้ผ่านระบบตลาด หรือเป็นการแลกเปลี่ยนสินค้าอย่างไร ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

……

……

3.8 อื่น ๆ เช่น การประกอบอาชีพอื่น ๆ การรวมกลุ่มวิธีการรวมกลุ่ม การจัดการกลุ่มผลผลิตข้าวอินทรีย์ เป้าหมายสู่การจัดการเพื่อทำการเกษตรแบบยั่งยืน เป็นต้น ส่งผลกระทบต่อการผลิตข้าวของท่านอย่างไร และท่านมีการตัดสินใจในการเลือกใช้ปุ๋ยพืชสดของเกษตรกรเพื่อปรับ-ปรุงการผลิตของท่านให้เหมาะสมกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนี้อย่างไร

……

……

ตอนที่ 3 การประเมินผลของการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อปรับปรุงการผลิตข้าว

1. ท่านคิดว่ารูปแบบ หรือวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดที่ประสบความสำเร็จควรมีลักษณะอย่างไร เพราะอะไรจึงคิดเช่นนั้น

.....

.....

2. รูปแบบหรือวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดที่ท่านทำอยู่ปัจจุบันนี้ท่านคิดว่ามีความสำเร็จตามที่ท่านคิดไว้หรือไม่ เพราะอะไรยังมีปัญหาอะไรและควรมีการปรับปรุงอย่างไร

.....

.....

3. ในอนาคตท่านคิดว่าจะทำการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวิธีการทำนาโดยใช้ปุ๋ยพืชสดอีกเมื่อไร เพราะอะไร

.....

.....

ภาคผนวก ข
ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ประวัติพันธุ์

ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathumthani 1) ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างข้าว BKNA 6-18-3-2 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ PTT 8506-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเมื่อฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2533

พ.ศ. 2533-2536 ปลูกคัดเลือกพันธุ์ข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1-2 และคัดเลือกข้าวแบบสืบตระกูลชั่วที่ 3-6 จนได้สายพันธุ์ PTT 90071-93-8-11 พ.ศ. 2537-2540 วิเคราะห์คุณภาพเมล็ดทางกายภาพและทางเคมีและทดสอบความต้านทานโรคแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ พ.ศ. 2540-2541 เปรียบเทียบผลผลิตในนาราษฎร์และทดสอบเสถียรภาพการให้ผลผลิต พ.ศ. 2541-2542 ขยายเป็นพันธุ์คัด และ พ.ศ. 2543 กรมวิชาการเกษตรพิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองโดยใช้ชื่อ “พันธุ์ปทุมธานี 1”

ลักษณะดีเด่น

1. เป็นข้าวเจ้าหอมไม่ไวต่อช่วงแสง
2. คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ข้าสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอม
3. ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
4. ต้านทานเพลี้ยกระโดดหลังขาว
5. ต้านทานโรคไหม้
6. ต้านทานโรคขอบใบแห้ง
7. ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 650-774 กก. $ไร่^{-1}$

ลักษณะประจำพันธุ์

1. ปลูกได้ทั้งฤดูนาปีและนาปรัง มีอายุการเก็บเกี่ยวนาดำ 113-126 วัน นาหว่านน้ำตม 104-114 วัน

2. ต้นสูงประมาณ 104-113 ซ.ม.
3. ทรงกอตั้ง
4. ใบสีเขียวมีขน ใบแก่ช้า กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาวตั้งตรงปานกลาง
5. คอรวงสั้น รวงอยู่ใต้ใบธง
6. เปลือกเมล็ดสีฟาง มีขน มีหาง กลีบรองดอกสีฟาง
7. เมล็ดข้าวเปลือกเฉลี่ย ยาว 10.52 ซ.ม. กว้าง 2.47 ม.ม. และหนา 1.95 ม.ม.
8. เมล็ดข้าวกล้องเฉลี่ย ยาว 7.60 ซ.ม. กว้าง 2.17 ม.ม. และหนา 1.72 ม.ม.
9. ระยะพักตัวของเมล็ด 3-4 สัปดาห์
10. ปริมาณอมิโลส 15-19 %
11. คุณภาพข้าวสุก นุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน

ข้อควรระวัง

1. ค่อนข้างไม่ต้านทานเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม
2. ไม่ควรใช้ปุ๋ยในอัตราสูง โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ถ้าใส่มากเกินไปทำให้ฟางอ่อน ต้นข้าวล้ม และผลผลิตลดลง

พื้นที่แนะนำ

พื้นที่ปลูกข้าวในเขตชลประทาน เช่น เขตชลประทานในภาคกลาง เป็นต้น

ภาคผนวก ค
ข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง

จังหวัดพัทลุงได้ชื่อว่าเป็นเมืองอู่ข้าวอู่น้ำดังคำขวัญของจังหวัดพัทลุงที่ว่า “เมืองหนังโนรา อู่นาข้าว พราวน้ำตก แหล่งนกน้ำ ทะเลสาบงาม เขาอกทะลุ น้ำพุร้อน” เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวมากเป็นอันดับ 2 ของภาคใต้ มีพื้นที่ทำนาประมาณ 5 แสนกว่าไร่ มีผลผลิตปีละ 274,458 ตัน และประมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง โดยเฉพาะข้าวสังข์หยดเป็นข้าวที่เป็นเอกลักษณ์ของจังหวัดพัทลุงและมีการสืบทอดสายพันธุ์มาอย่างยาวนาน และจากการที่เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง จังหวัดพัทลุงจึงมีแนวคิดในการพัฒนาและส่งเสริมข้าวสังข์หยดให้แพร่หลายมากขึ้น โดยจะส่งเสริมให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกให้มากขึ้น ดังนั้นตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาจังหวัดพัทลุงปี 2547-2550 ที่มุ่งเน้นการพัฒนาด้านการเกษตร โดยเฉพาะการพัฒนาการผลิตข้าวที่เน้นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ได้รับความนิยมในท้องถิ่นพัทลุงและจังหวัดใกล้เคียง จึงได้กำหนดให้ข้าวสังข์หยดเป็นข้าวพื้นเมือง 1 ใน 3 พันธุ์ นอกเหนือจากพันธุ์เล็บนกปัตตานีและพันธุ์เฉี้ยงพัทลุงที่ได้รับการส่งเสริมการผลิตตามแผนยุทธศาสตร์พัฒนาจังหวัด โดยเป้าหมายผลิตเมล็ดพันธุ์คุณภาพดีจำนวน 75 ตัน เพื่อให้ปลูกในพื้นที่ประมาณ 5,000 ไร่ในระยะเวลา 4 ปี (ปี 2547/48-2550/51) ดังนั้นเพื่อสนองนโยบายตามยุทธศาสตร์ของจังหวัด ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงจึงได้ดำเนินการพัฒนาข้าวพันธุ์สังข์หยด ซึ่งได้ปลูกรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์ข้าวนี้ให้เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ เพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมให้เกษตรกรที่ต้องการจะปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าวสังข์หยดให้ได้พันธุ์ที่มีความคงตัวในลักษณะพันธุกรรมสำหรับใช้แนะนำปลูกในพื้นที่จังหวัดพัทลุง และจังหวัดใกล้เคียงต่อไป

ข้าวสังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่มีแหล่งปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุงไม่น้อยกว่า 100 ปีมาแล้ว ชาวเมืองพัทลุงได้เก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวสังข์หยดเพื่อปลูกและรักษาพันธุ์ติดต่อกันมาด้วยภูมิปัญญาท้องถิ่น ต่อมามีหน่วยงานภาครัฐโดยศูนย์วิจัยข้างพัทลุงได้พัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าวสังข์หยดให้เป็นสายพันธุ์บริสุทธิ์ และยื่นหนังสือคำขอรับรองพันธุ์เมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ. 2549 เพื่อขึ้นทะเบียนตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ให้ชื่อว่า “พันธุ์สังข์หยดพัทลุง”

ในปีพ.ศ. 2549 ข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง ได้รับคำประกาศรับรองให้เป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (ข้าว จีไอ : Geographical Indication, GI) ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ. 2546 โดยใช้ชื่อว่า “ข้าวสังข์หยดเมืองพัทลุง (Sangyodmuangphatthalung)” ตั้งแต่วันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ. 2549 นับเป็นข้าว จี ไอ พันธุ์ของแรกของประเทศไทย ซึ่งชาวนาเมืองพัทลุงภาคภูมิใจที่ได้รับมรดกและรักษาภูมิปัญญาของบรรพบุรุษไว้ได้จนถึงทุกวันนี้ การ

คุ้มครองสิทธินี้ได้ให้แก่ชุมชนผู้ผลิตข้าวพันธุ์สังข์หยดในจังหวัดพัทลุง ซึ่งมีประโยชน์หลักอยู่ 5 ประการ คือ

1. การคุ้มครองตามกฎหมายในสิทธิของชุมชนผู้ผลิต เพื่อส่งเสริมให้มีการพัฒนาคุณภาพสินค้าที่ผลิตในท้องถิ่น

2. การเพิ่มมูลค่าในท้องถิ่นและเป็นเครื่องมือทางการตลาด เพื่อพัฒนาทางด้านการค้าต่อไป

3. การกระตุ้นให้ผู้ผลิตในท้องถิ่นมีการดูแลรักษามาตรฐานของสินค้า เพื่อรักษาภาพพจน์ในสินค้าที่ผลิตจากท้องถิ่นตน

4. การส่งเสริมอุตสาหกรรมท้องถิ่น เพื่อเพิ่มและกระจายรายได้สู่ท้องถิ่น

5. การสร้างความเข้มแข็งให้แก่ชุมชนและความภาคภูมิใจในการรักษาภูมิปัญญาท้องถิ่น และจะเป็นส่วนหนึ่งของการส่งเสริมการท่องเที่ยว

ประวัติและขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่ปรากฏแหล่งปลูกดั้งเดิมในจังหวัดพัทลุง จากหลักฐานการรวบรวมพันธุ์ข้าวจากท้องถิ่นต่าง ๆ ทั่วประเทศ ภายใต้โครงการบำรุงพันธุ์ข้าว พ.ศ. 2493 ปรากฏว่าใน Locality ที่ 81 ซึ่งหมายถึงท้องถิ่นที่เก็บรวบรวมจากอำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง มีชื่อข้าวสังข์หยดเป็นหนึ่งในพันธุ์ข้าวพื้นเมือง 11 พันธุ์ ที่เก็บในปี พ.ศ. 2495-2496 โดยนายน้อม น้อมละมุน ผู้เก็บรวบรวม ต่อมาในปี พ.ศ. 2525 หลังจากที่สถาบันวิจัยข้าวได้รับมอบตึกศูนย์ปฏิบัติการและเก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมือง (ศขช.) จากรัฐบาลญี่ปุ่น ได้มีโครงการรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมือง เพื่อนำมาอนุรักษ์ไว้มิให้เสื่อมพันธุ์ หรือสูญพันธุ์จึงได้เริ่มขึ้นอีกในปี พ.ศ. 2525-2529 ในครั้งนี้ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้เก็บรวบรวมพันธุ์ข้าวพื้นเมืองในภาคใต้รวมทั้งหมด 1,997 พันธุ์ และเก็บตัวอย่างพันธุ์ข้าวสังข์หยดในปี พ. ศ. 2525 จำนวน 3 ตัวอย่าง ได้แก่ สังข์หยด KGTC82045 จากตำบลโคกทราย อำเภอปากพะยูน จังหวัดพัทลุง สังข์หยด KGTC82239 จากตำบลท่ามะเดื่อ อำเภอเขาชัยสน (ปัจจุบันอยู่ในเขตอำเภอบางแก้ว) จังหวัดพัทลุง และสังข์หยด KHTC82267 จากตำบลควนขนุน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรวบรวมส่วนหนึ่งได้ส่งไปเก็บไว้ที่ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเมล็ดเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี และอีกส่วนหนึ่งได้ปลูกรักษาพันธุ์ไว้ในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง

ในฤดูนาปี 2530/31 ได้เริ่มคัดเลือกพันธุ์สังข์หยด KGTC82239 จากแหล่งเก็บตำบลท่ามะเดื่อ อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง โดยคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) จนได้

สายพันธุ์ 5-239-2 เมื่อปี พ. ศ. 2535 ซึ่งมีลักษณะเมล็ดเล็กเรียวยาว ปริมาณอมิโลสต่ำ อายุเบา และนำเข้าเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี แต่เนื่องจากพันธุ์ข้าวสังข์หยดมีลักษณะของเมล็ดข้าวกล้องสีแดง ทั่วไปเรียกว่า “ข้าวแดง” ซึ่งเป็นข้าวต้องห้ามสำหรับการผลิตเมล็ดพันธุ์หลัก จึงได้นำพันธุ์ข้าวสังข์หยดออกจากการทดลอง แต่นำไปปลูกรักษาพันธุ์ในแปลงแสดงพันธุ์ข้าวนาสวนน้ำฝน ซึ่งข้าวสังข์หยดมีคุณสมบัติพิเศษในลักษณะของสีข้าวกล้องมีสีแดง เป็นข้าวรูปร่างเมล็ดเรียว ความยาวเมล็ดข้าวกล้อง 6.70 ม.ม. ข้าวซ้อมมือมีสีแดงปนสีขาว ข้าวจากรวงเดียวกันเมื่อขัดสีแล้วบางเมล็ดมีสีขาวใส แต่ส่วนใหญ่มีลักษณะขาวขุ่น คุณสมบัติการหุงต้มมีลักษณะนุ่ม เป็นข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (94) มีปริมาณอมิโลสต่ำ (14.25 %) ลักษณะการทรงต้นสูง 140 ซ.ม. ทรงกอตั้ง เป็นข้าวไวต่อช่วงแสง วันออกดอกประมาณ วันที่ 10 มกราคม

ในปี พ. ศ. 2543 สมเด็จพระนางเจ้า ฯ พระบรมราชินีนาถ ทรงมีพระราชดำริให้มี โครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริจังหวัดพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้รับมอบหมายจากคณะกรรมการดำเนินงานโครงการอันเนื่องมาจากพะราชดำริฯ และคำสั่งคณะกรรมการบริหารงานโครงการพิเศษ กรมวิชาการเกษตร ให้เข้าไปดำเนินการในพื้นที่การทำนา ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงจึงได้ดำเนินการปลูกข้าวพันธุ์พื้นเมืองหลายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์สังข์หยด ข้าวพันธุ์หัวนา ข้าวพันธุ์หอมจันท์ และพันธุ์นางพญา 132 ในฤดูนาปี 2544/45 ปี 2545/46 และปี 2546/47 และเมื่อวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2546 สมเด็จพระนางเจ้า ฯ พระบรมราชินีนาถ ได้เสด็จไปยังฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริจังหวัดพัทลุง ในครั้งนั้นศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ได้ถวายข้าวสังข์หยด ซึ่งทรงได้นำมาเสวย และเมื่อวันที่ 8 ธันวาคม พ.ศ. 2546 พระองค์ได้เสด็จฯ เป็นองค์ประธานในพิธีเปิดงานรวมพลังอาหารปลอดภัยถวายแด่แม่ของแผ่นดิน ทรงมีรับสั่งความตอนหนึ่งเกี่ยวกับข้าวพื้นเมือง “ข้าวพันธุ์สังข์หยด” ที่ทรงนำมาเสวย และยังทรงรับสั่งแนะนำให้ นายกรัฐมนตรี และประชาชนทั่วไปได้รับประทานด้วย

ลักษณะดีเด่น

1. เป็นพันธุ์ข้าวที่มีลักษณะเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดงเข้ม เมล็ดเล็กเรียว เมื่อหุงเป็นข้าวสุกมีความนุ่มรสชาติอร่อย โดยเฉพาะในลักษณะข้าวซ้อมมือ หรือข้าวกล้องที่ขัดสีปานกลาง

2. คุณค่าทางโภชนาการ มีสารอาหารสูงกว่าข้าวเล็บนกปัตตานี ได้แก่ โปรตีน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ฟอสฟอรัส และโดยเฉพาะไนอาซินที่มีสูงกว่าอย่างชัดเจน โดยมีมากกว่าถึง 66 % ส่วนสารอาหารอื่น ได้แก่ ไขมัน กากเยื่อใย เถ้า และธาตุเหล็ก ก็มีปริมาณค่อนข้างสูง และ

นอกจากนี้มีสารอาหารที่เกี่ยวข้องกับความจำ คือ สารกาบา (Gamma-aminobututyric, GABA) อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงอีกด้วย

3. ข้อมูลสนับสนุนบางประการเกี่ยวกับลักษณะดีเด่น

3.1 ข้าวกล้องมีสีแดง (เยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง) เมื่อสีเป็นข้าวสารจะเป็นสีขาวอมชมพู หรือปนแดงขาว ส่วนคุณสมบัติทางเคมีเป็นข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ (14.25 %) คุณภาพการหุงต้มเมื่อหุงสุกมีลักษณะนิ่ม มีค่าการสลายเมล็ดในค่าเท่ากับ 5.0 และแม้ว่าจะหุงจากข้าวกล้องก็นิ่มเช่นเดียวกัน

3.2 คุณค่าทางโภชนาการ เป็นพันธุ์ข้าวพื้นเมืองที่เกษตรกรและผู้บริโภคทั่วไปนิยมบริโภคในรูปแบบข้าวกล้อง หรือข้าวซ้อมมือ เมื่อหุงเป็นข้าวสุกก็มีความนุ่ม รสชาติอร่อย ถึงแม้ว่าข้าวกล้องหุงแล้วจะแข็งกว่าข้าวซ้อมมือ แต่แตกต่างจากข้าวอื่น ๆ ที่หุงในรูปแบบข้าวกล้อง จากการวิเคราะห์ตัวอย่างข้าวพันธุ์สังข์หยดในรูปแบบข้าวซ้อมมือเปรียบเทียบกับข้าวสารพันธุ์เล็บนกปัตตานี โดยกองโภชนาการ กรมอนามัย พบว่า ในตัวอย่าง 100 ก. มีสารอาหารที่สูงกว่าข้าวกล้องโดยทั่วไป ได้แก่ โปรตีน วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 ฟอสฟอรัส และโดยเฉพาะไนอาซินสูงกว่าถึง 66 % ของข้าวเล็บนกปัตตานี ส่วนสารอาหารอื่น ได้แก่ ไขมัน กากเยื่อใย เถ้า และเหล็กก็มีปริมาณค่อนข้างสูง

ลักษณะประจำพันธุ์

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ทรงกอ	:	ตั้ง
สีของปล้อง	:	เหลืองอ่อน
สีของกาบใบ	:	เขียว
การมีขนที่ใบ	:	มี
สีของลิ้นใบ	:	ขาว
รูปร่างลิ้นใบ	:	มี 2 ยอด
สีของเกสรตัวเมีย	:	ขาว
สีของยอดดอก	:	ขาว
สีของกลีบรองดอก	:	ฟาง
ขนาดของเมล็ดข้าวเปลือก	:	ยาว 9.33 ม.ม. กว้าง 2.11 ม.ม. หนา 1.77 ม.ม.
ขนาดของเมล็ดข้าวกล้อง	:	ยาว 6.70 ม.ม. กว้าง 1.81 ม.ม. หนา 1.64 ม.ม.

สีของข้าวสาร : สีแดงปนขาว

สีของเปลือกเมล็ด : ฟาง

2. ลักษณะทางการเกษตร

ประเภท : ข้าวเจ้า ไวต่อช่วงแสง

ลักษณะใบธง : ตั้ง

ลักษณะรวง : รวงแน่นปานกลาง ระแง้ถี่

การยืดของคอรวง : คอรวงยาว

ค่าท้องไข่ : 4.33

การล้ม : ไม่ล้ม

การแก่ของใบ : ใบแก่ช้า

ความสูง : ประมาณ 140 ซ.ม.

อายุ : วันดอกดอก ประมาณ 10 มกราคม

ระยะพักตัวของเมล็ด : 8 สัปดาห์

องค์ประกอบของผลผลิต : จำนวนรวงต่อ ตร.ม. เฉลี่ย 87 รวง

: จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เฉลี่ย 207 เมล็ด

: น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 เมล็ด เฉลี่ย 17.64 ก.

น้ำหนักข้าวเปลือกต่อถัง : 10.60 กก.

3. คุณสมบัติทางเคมี

ปริมาณอมิโลส : 14.25 %

ความคงตัวของแป้งสุก : 94

การสลายเมล็ดในด่าง : 5.0

การยืดตัวของข้าวสุกต่อข้าวดิบ : 1.51

4. ข้อจำกัด

ไม่ต้านทานโรคไหม้คอรวง

5. พื้นที่ปลูกที่แนะนำ

พื้นที่ปลูกข้าวนาปีในภาคใต้ ได้แก่จังหวัดพัทลุง และจังหวัดใกล้เคียง

6. ข้อมูลสนับสนุนบางประการเกี่ยวกับการประเมินลักษณะประจำพันธุ์

6.1 ผลผลิต

6.1.1 การเปรียบเทียบข้าวนาสวนระหว่างสถานี (Inter station yield trial) ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี และศูนย์วิจัยข้าวกระบี่ ในฤดูนาปี

2530/31 ปลูกแบบปักดำระยะปลูก 25×33.3 ซ.ม. กอละ 3-5 ต้น ใส่ปุ๋ยอัตรา 3-6-6 กก. ไร่$^{-1}$ (N, P_2O_5 และ K_2) และใส่ปุ๋ยแต่งหน้า (ยูเรีย = 46 % N) อัตรา 5 กก. ไร่$^{-1}$ ปลูกพันธุ์/สายพันธุ์ละ 5 แถว ๆ ยาว 5 ม. เก็บเกี่ยวผลผลิต 3 แถวกลาง ผลผลิตเปรียบเทียบพันธุ์พื้นเมือง ต่าง ๆ จำนวน 22 พันธุ์ โดยมีพันธุ์แก่นจันทร์และพันธุ์ กข .13 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบมาตรฐาน ผลการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุงได้ผลผลิต 335 กก. ไร่$^{-1}$ ไม่แตกต่างกันสถิติกับพันธุ์แก่นจันทร์ ที่ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี ให้ผลผลิต 361 กก. ไร่$^{-1}$ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์ กข. 13 และที่ศูนย์วิจัยข้าวกระบี่ให้ผลผิต 283 กก. ไร่$^{-1}$ ผลผลิตเฉลี่ย 326 กก. ไร่$^{-1}$

6.1.2 แปลงแสดงพันธุ์ (Show plot) จากการบันทึกข้อมูลในปลงแสดงพันธุ์ข้าวนาสวนน้ำฝน ในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ฤดูนาปี 2545/46 และฤดูนาปี 2546/47 ปลูกแบบปักดำ ระยะปลูก 25×33.3 ซ.ม. กอละ 3 ต้น ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กก. ไร่$^{-1}$ เก็บเกี่ยวผลผลิตโดยสุ่มในพื้นที่ 2×5 ม. จำนวน 2 จุด ได้ผลผลิตแต่ละปีเท่ากับ 326 กก. ไร่$^{-1}$ และ 334 กก. ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ

6.1.3 แปลงทดสอบในโครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริจังหวัดพัทลุง ได้ ดำเนินการปลูกข้าวสังข์หยดในแปลงโครงการฯ ในฤดูนาปี 2544/2545 ปี 2545/46 และปี 2546/47 โดยปลูกแบบปักดำ ระยะปลูก 25×33.3 ซ.ม. ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กก. ไร่$^{-1}$ สุ่มเก็บผลผลิต จำนวน 8 จุด ในพื้นที่ 2×5 ม. ได้ผลผลิตเฉลี่ยแต่ละปีเท่ากับ 328, 336 และ 338 กก.ไร่$^{-1}$ ตามลำดับ

6.1.4 แปลงทดสอบเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตข้าวสังข์หยดได้ดำเนินในศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ในฤดูนาปี 2547/48 โดยปลูกแบบปักดำ ระยะเวลาปลูก 25×33.3 ซ.ม. ใช้เทคโนโลยีด้านปุ๋ยคอกร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก. ไร่$^{-1}$ ก่อนปักดำ 5 วันในแปลงที่ไถดะแล้ว และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 15 กก. ไร่$^{-1}$ อีก 2 ครั้ง ครั้งแรกหลังปักดำ 1 วัน และครั้งที่ 2 ในอัตราเดียวกันในระยะเริ่มแตกกอ และใส่ปุ๋ยแต่งหน้า (ยูเรีย = 46 % N) อัตรา 5 กก.ไร่$^{-1}$ เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งแปลงในพื้นที่ 1 ไร่ ได้ผลผลิตที่ความชื้น 14 % เท่ากับ 502 กก. ไร่$^{-1}$

6.2 ลักษณะความสูง การแตกกอ และวันออกดอก

ข้าวพันธุ์สังข์หยด มีความสูงเฉลี่ย 140 ซ.ม. การแตกกอเฉลี่ย 8 ต้น กอ$^{-1}$ วันออกดอก โดยฤดูกาลปกติที่ปลูกข้าวนาปีในภาคใต้ เริ่มตกกล้าเดือนสิงหาคม และปักดำหลังจากตกกล้า 30 วัน (เดือนกันยายน) ข้าวพันธุ์สังข์หยด จะออกดอกประมาณวันที่ 10 มกราคม

6.3 คุณสมบัติเมล็ดทางกายภาพ

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นข้าวเจ้า เปลือกเมล็ดมีสีฟาง เมล็ดเรียวยาว ข้าว-เปลือกมีขนาดความยาวเฉลี่ย 9.33 ม.ม. กว้าง 2.11 ม.ม. หนา 1.7 ม.ม. ส่วนขนาดเมล็ดข้าวกล้องยาวเฉลี่ย 6.70 ม.ม. กว้าง 1.81 ม.ม. หนา 1.64 ม.ม. น้ำหนัก 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 17.64 ก. น้ำหนักข้าวเปลือกต่อถังเท่ากับ 1.60 กก. คุณภาพการสีดี ต้นข้าว 53.63 % ข้าวกล้อง มีสีแดง เมื่อสีเป็นข้าวสารจะเป็นสีขาวขุ่นอมชมพูหรือแดงปนขาว

6.4 คุณสมบัติทางเคมี และคุณภาพการหุงต้ม

เป็นข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ (14.25 %) ค่าความคงตัวของแป้งสุก อยู่ในระดับอ่อน (94 ม.ม.) ค่าการสลายเมล็ดในด่างเท่ากับ 5.0 อัตราการยืดตัวของข้าวสุกต่อข้าวดิบปกติ (1.51) คุณภาพการหุงต้ม เมื่อหุงสุกมีลักษณะนิ่ม ทั้งการหุงในรูปแบบข้าวซ้อมมือและข้าวกล้อง แต่ข้าวกล้องกระด้างกว่าเล็กน้อย

6.5 ความต้านทานต่อโรคที่สำคัญ

จากการทดสอบปฏิกิริยาต่อโรคไหม้ ที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง พบว่า ข้าวพันธุ์สังข์หยด KGTC82239-2 มีปฏิกิริยาในระดับค่อนข้างอ่อนแอถึงอ่อนแอ

6.6 การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน

การทดสอบการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวพันธุ์สังข์หยด KGTC82239 ที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง ปี 2544/45 กับกลุ่มดินชุดแกลง ซึ่งมีค่า pH 4.5 อินทรียวัตถุ 1.8 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 32 ppm และเนื้อดินเป็นดินเหนียว ผลการทดลองพบว่า ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อัตรา 6 กก. ไร่$^{-1}$ ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0-6-4 กก. ไร่$^{-1}$ ของ N, P_2O_5 และ K_2O คือ จากผลผลิต 271 กก. ไร่$^{-1}$ เพิ่มเป็น 355 กก. ไร่$^{-1}$ คิดเป็น 31 % และจากการนำไปวิเคราะห์สมการการตอบสนอง พบว่า ไม่มีรูปแบบการตอบสนองที่ชัดเจน

6.7 คุณค่าทางโภชนาการ

ข้าวพันธุ์สังข์หยด เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณค่าทางอาหารสูง และอยู่ในกระแสความนิยมบริโภคของผู้บริโภคสืบเนื่องมาจากการให้ความสำคัญกับอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน กรมอนามัย กองโภชนาการ ได้ทำการศึกษาวิจัยอาหารชีวจิตพบว่า เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าของสารอาหารในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ปรากฏว่า ข้าวสังข์หยดมีคุณค่าทางอาหารที่สูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ดังนี้ มีปริมาณกากใยอาหารสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงมีประโยชน์ต่อระบบขับถ่าย มีวิตามินอีสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ มีประโยชน์ด้านชะลอความแก่ และมีโปรตีน ธาตุเหล็ก และธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ จึงมีประโยชน์ในการบำรุงโลหิต บำรุงร่างกายให้แข็งแรง และ

ป้องกันโรคความจำเสื่อม และจากการนำตัวอย่างข้าวกล้อง และข้าวสารของพันธุ์ข้าวสังข์หยดไปตรวจวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า ในตัวอย่างข้าวกล้องมีโปรตีนสูง (7.85 %) และมีกากใยสูง (1.21 %)

6.8 ระยะพักตัวของเมล็ด

จากการทดสอบระยะพักตัวของเมล็ดข้าวพันธุ์สังข์หยด ที่ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง พบว่า มีระยะพักตัวเฉลี่ย 8 สัปดาห์

ภาคผนวก ง

ตารางภาคผนวกที่ 1 ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 47 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	12.24	12.29	**12.27**	42.79	44.95	**43.87**	115.83	120.00	**118.10**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	12.31	12.33	**12.32**	42.93	44.76	**43.84**	134.70	154.00	**144.57**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	12.55	12.56	**12.56**	43.95	45.81	**44.88**	117.63	121.10	**119.37**[b]
เฉลี่ย	**12.37**	**12.40**	**12.38**	**43.22**	**45.17**	**44.20**	**122.72**[b]	**131.97**[a]	**127.35**
F-test (M)			ns			ns			*
F-test (S)			ns			ns			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)									9.06
$LSD_{0.05}$ (S)									20.69
C.V. (M) %			10.01			3.76			3.51
C.V. (S) %			3.10			3.73			12.20

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 47 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	9.50	9.62	**9.56**	33.69	34.16	**33.93**	104.53	115.59	**110.06**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	9.50	9.66	**9.58**	33.80	34.57	**34.19**	136.66	147.99	**142.57**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	9.73	9.77	**9.75**	34.58	35.11	**34.85**	111.91	117.43	**114.67**[b]
เฉลี่ย	**9.58**	**9.68**	**9.63**	**34.03**	**34.61**	**34.32**	**117.70**	**127.00**	**122.35**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)									21.35
C.V. (M) %			3.62			4.96			16.72
C.V. (S) %			2.13			4.43			13.10

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 3 จำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	ที่ลำต้น			ที่ราก			ทั้งหมด		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	194.59	201.33	**197.96**[b]	55.62	57.54	**56.58**[b]	250.20	258.87	**254.54**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	228.13	258.28	**243.20**[a]	65.09	74.20	**69.59**[a]	293.22	332.37	**312.80**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	198.65	202.32	**200.48**[b]	57.35	58.27	**57.81**[b]	255.99	260.58	**258.29**[b]
เฉลี่ย	**207.12**	**220.64**	**213.88**	**59.35**	**63.30**	**61.33**	**266.47**	**283.94**	**275.21**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)									46.48
C.V. (M) %			3.63			4.79			3.83
C.V. (S) %			12.69			12.80			12.68

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 4 จำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดิน ที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	ที่ลำต้น			ที่ราก			ทั้งหมด		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	179.51	193.60	**186.59**^{b}	36.09	39.85	**37.97**^{b}	215.60	233.45	**224.53**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	223.04	233.06	**228.05**^{a}	47.41	51.78	**49.60**^{a}	270.45	284.84	**277.65**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	192.10	196.93	**194.52**^{b}	38.52	41.16	**39.83**^{b}	230.62	238.09	**234.36**^{b}
เฉลี่ย	**198.22**	**207.86**	**203.04**	**40.67**	**44.26**	**41.47**	**238.89**	**252.13**	**245.51**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)									33.22
C.V. (M) %			12.29			13.90			12.52
C.V. (S) %			10.37			13.99			10.16

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	2,444.02	2,717.62	**2,580.82**^{b}	527.60	545.87	**536.74**^{b}	2.97	3.10	**3.04**^{b}	15.76	17.18	**16.47**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	3,219.37	3,486.36	**3,352.87**^{a}	618.29	702.11	**660.20**^{a}	3.49	3.85	**3.67**^{a}	21.67	27.13	**24.40**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	2,630.32	2,772.52	**2,701.42**^{b}	538.75	549.39	**544.07**^{b}	3.05	3.29	**3.17**^{b}	16.50	18.10	**17.30**^{b}
เฉลี่ย	**2,764.57**	**2,992.17**	**3,496.94**	**561.55**	**599.12**	**580.34**	**3.17**^{b}	**3.41**^{a}	**3.29**	**17.97**	**20.81**	**19.39**
F-test (M)			ns			ns			*			ns
F-test (S)			*			*			*			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.14			-
$LSD_{0.05}$ (S)			595.88			99.42			0.38			3.41
C.V. (M) %			16.15			3.45			2.12			7.38
C.V. (S) %			13.37			12.87			8.57			13.20

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 6 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	2,444.02	2,717.62	**2,580.82**^{b}	407.39	452.59	**429.99**^{b}	2.29	2.54	**2.42**^{b}	12.13	13.47	**12.82**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	3,219.37	3,486.36	**3,352.87**^{a}	535.76	580.41	**558.09**^{a}	3.01	3.26	**3.14**^{a}	15.95	17.28	**16.62**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	2,630.32	2,772.52	**2,701.42**^{b}	436.37	460.88	**448.63**^{b}	2.45	2.56	**2.52**^{b}	12.99	13.72	**13.37**^{b}
เฉลี่ย	**2,764.57**	**2,992.17**	**2,878.37**	**459.84**	**497.96**	**478.90**	**2.58**	**2.80**	**2.69**	**13.70**	**14.84**	**14.27**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			512.35			85.62			0.48			1.18
C.V. (M) %			16.15			16.55			16.50			11.12
C.V. (S) %			13.37			13.43			13.42			9.48

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.59	0.60	**0.59**^{b}	3.12	3.33	**3.22**^{b}	1.53	1.58	**1.55**^{b}	7.70	7.97	**7.84**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.68	0.77	**0.72**^{a}	4.23	5.43	**4.83**^{a}	1.79	2.03	**1.91**^{a}	9.03	10.25	**9.64**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.60	0.61	**0.60**^{b}	3.23	3.34	**3.29**^{b}	1.57	1.60	**1.59**^{b}	7.87	8.02	**7.94**^{b}
เฉลี่ย	**0.62**	**0.66**	**0.64**	**3.52**	**4.03**	**3.78**	**1.63**^{b}	**1.74**^{a}	**1.69**	**8.20**	**8.75**	**8.84**
F-test (M)			ns			ns			*			ns
F-test (S)			**			**			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.10			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.08			0.83			0.27			1.45
C.V. (M) %			9.59			15.24			2.85			3.51
C.V. (S) %			9.44			16.40			11.86			12.87

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	17.23	16.54	**16.89**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	15.69	14.67	**15.18**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	16.57	16.10	**16.34**[b]
เฉลี่ย	**16.50**	**15.77**	**16.14**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.58
C.V. (M) %			6.21
C.V. (S) %			2.69

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของโสนอัฟริกันที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.45	0.50	**0.48**^{b}	1.83	2.26	**2.07**^{b}	1.17	1.31	**1.25**^{b}	4.72	5.25	**4.99**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.59	0.63	**0.61**^{a}	3.16	3.71	**3.71**^{a}	1.55	1.67	**1.61**^{a}	6.21	6.73	**6.47**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.48	0.51	**0.49**^{b}	2.09	2.35	**2.35**^{b}	1.27	1.33	**1.30**^{b}	5.06	5.35	**5.21**^{b}
เฉลี่ย	**0.51**	**0.54**	**0.53**	**2.38**^{b}	**2.80**^{a}	**2.57**	**1.33**	**1.43**	**1.38**	**5.33**	**5.78**	**5.56**
F-test (M)			ns			*			ns			ns
F-test (S)			*			**			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{.05}$ (M)			-			0.28			-			-
$LSD_{.05}$ (S)			0.08			0.55			0.28			0.99
C.V. (M) %			15.19			5.28			15.13			16.47
C.V. (S) %			12.03			15.99			12.51			13.43

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	21.03	18.09	**19.59**[a]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	16.01	15.14	**15.58**[c]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	18.92	17.44	**18.18**[b]
เฉลี่ย	**18.65**	**16.89**	**17.77**
F-test (M)			ns
F-test (S)			**
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.93
C.V. (M) %			4.96
C.V. (S) %			3.93

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 9 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกัน 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.79	5.81	**5.80**[a]	2.18	2.39	**2.29**[b]	0.15	0.16	**0.15**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.93	5.14	**5.03**[b]	2.83	3.07	**2.95**[a]	0.18	0.20	**0.19**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	5.54	5.64	**5.59**[a]	2.30	2.47	**2.39**[b]	0.15	0.16	**0.15**[b]
เฉลี่ย	**5.42**	**5.53**	**5.48**	**2.44**	**2.64**	**2.54**	**0.16**	**0.17**	**0.17**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.39			0.43			0.03
C.V. (M) %			6.11			16.39			10.68
C.V. (S) %			5.33			12.69			14.90

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 9 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	32.29	34.73	**33.51**^{b}	0.15	0.16	**0.16**^{b}	9.59	9.93	**9.76**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	39.35	44.66	**42.00**^{a}	0.18	0.19	**0.19**^{a}	11.24	12.69	**11.96**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	33.25	36.34	**34.80**^{b}	0.15	0.16	**0.16**^{b}	9.78	9.98	**9.88**^{b}
เฉลี่ย	**34.96**	**38.58**	**36.77**	**0.16**	**0.17**	**0.17**	**10.20**	**10.86**	**10.53**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			5.99			0.02			1.75
C.V. (M) %			8.34			3.77			3.26
C.V. (S) %			12.23			10.70			12.49

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 10 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบโสนอัฟริกัน 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.23	5.33	**5.28**[a]	2.13	2.26	**2.20**[b]	0.11	0.13	**0.12**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.58	4.60	**4.59**[b]	2.73	3.04	**2.88**[a]	0.15	0.16	**0.16**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	4.59	4.80	**4.69**[b]	2.24	2.28	**2.26**[b]	0.12	0.15	**0.14**[b]
เฉลี่ย	**4.80**	**4.91**	**4.86**	**2.37**	**2.53**	**2.45**	**0.13**	**0.15**	**0.14**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.52			0.55			0.02
C.V. (M) %			3.90			8.86			13.63
C.V. (S) %			8.04			17.04			9.01

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 10 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	29.63	32.91	**31.27**^{b}	0.11	0.12	**0.12**^{b}	8.72	9.20	**8.96**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	38.95	43.52	**41.24**^{a}	0.15	0.16	**0.15**^{a}	10.87	11.41	**11.14**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	31.72	33.52	**32.62**^{b}	0.12	0.13	**0.13**^{b}	9.30	9.51	**9.40**^{b}
เฉลี่ย	**33.43**	**36.65**	**35.04**	**0.13**	**0.14**	**0.14**	**9.62**	**10.04**	**9.83**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			**			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			6.42			0.02			1.31
C.V. (M) %			18.98			12.40			13.79
C.V. (S) %			13.77			10.74			9.97

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 11 ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียม และใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 45 วัน			อายุ 53 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	11.91	11.95	**11.93**	15.09	15.14	**15.12**	45.06	45.13	**45.10**^{b}	57.11	57.99	**57.55**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	12.19	12.30	**12.25**	15.63	15.95	**15.79**	51.47	54.86	**53.17**^{a}	66.06	69.61	**67.84**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	12.26	12.46	**12.36**	15.36	15.41	**15.38**	45.22	45.71	**45.46**^{b}	57.61	58.57	**58.09**^{b}
เฉลี่ย	**12.12**	**12.24**	**12.18**	**15.36**	**15.50**	**15.43**	**47.25**	**48.57**	**47.91**	**60.26**	**62.06**	**61.16**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			5.99			7.60
C.V. (M) %			5.32			7.44			4.25			4.50
C.V. (S) %			4.00			5.16			9.39			9.34

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 11 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	จำนวนปม		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	58.37	58.23	**58.31**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	66.92	71.00	**68.96**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	58.30	59.55	**58.93**[b]
เฉลี่ย	**61.20**	**62.93**	**62.07**
F-test (M)			ns
F-test (S)			**
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			6.10
C.V. (M) %			12.49
C.V. (S) %			7.38

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 12 ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 45 วัน			อายุ 53 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	8.66	9.99	**9.33**	12.45	12.56	**12.50**	21.44	22.46	**21.99**[b]	28.67	29.47	**29.07**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	9.35	9.73	**9.54**	13.29	13.36	**13.32**	23.03	26.68	**24.85**[a]	31.80	34.50	**33.15**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	9.44	9.74	**9.55**	13.21	13.26	**13.24**	21.59	22.84	**22.22**[b]	29.26	29.31	**29.29**[b]
เฉลี่ย	**9.15**	**9.82**	**9.49**	**12.98**	**13.06**	**13.02**	**22.02**	**23.99**	**23.01**	**29.91**	**31.09**	**30.50**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			2.04			3.40
C.V. (M) %			6.60			6.66			15.64			12.98
C.V. (S) %			8.21			10.97			6.68			8.38

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	จำนวนปม		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	37.16	37.88	**37.52**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	41.10	44.20	**42.65**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	37.78	37.95	**37.84**[b]
เฉลี่ย	**38.66**	**40.01**	**39.34**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			4.19
C.V. (M) %			14.19
C.V. (S) %			8.00

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 13 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	3,015.78	3,010.26	**3,013.00**^{b}	502.63	501.71	**502.17**^{b}	2.56	2.57	**2.57**^{b}	12.92	13.04	**12.98**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	3,451.86	3,669.60	**3,560.72**^{a}	575.31	611.60	**593.45**^{a}	3.11	3.40	**3.26**^{a}	18.25	20.87	**19.56**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	3,016.02	3,073.14	**3,044.56**^{b}	502.67	512.19	**507.43**^{b}	2.60	3.01	**2.81**^{b}	13.12	15.42	**14.27**^{b}
เฉลี่ย	**3,161.20**	**3,250.99**	**3,206.09**	**526.67**	**541.83**	**534.35**	**2.76**	**2.99**	**2.88**	**14.76**	**16.44**	**15.60**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			*			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			311.23			51.88			0.25			2.81
C.V. (M) %			12.30			12.30			7.98			18.03
C.V. (S) %			7.29			7.29			6.63			13.52

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 14 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	2,332.98	2,373.36	**2,353.17**^{b}	388.83	395.56	**392.20**^{b}	2.10	2.14	**2.12**^{b}	8.18	8.49	**8.34**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	2,575.68	2,772.66	**2,674.17**^{a}	429.28	462.11	**445.70**^{a}	2.38	2.67	**2.53**^{a}	10.25	12.38	**11.31**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	2,361.92	2,380.00	**2,370.96**^{b}	393.65	396.67	**395.16**^{b}	2.11	2.29	**2.20**^{b}	8.33	9.11	**8.72**^{b}
เฉลี่ย	**2,423.53**	**2,508.86**	**2,466.10**	**403.92**	**418.11**	**411.02**	**2.20**^{b}	**2.37**^{a}	**2.29**	**8.92**	**9.99**	**9.46**
F-test (M)			ns			ns			*			ns
F-test (S)			*			*			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			295.58			44.26			0.18			1.48
C.V. (M) %			14.15			14.15			2.53			16.10
C.V. (S) %			8.09			8.09			5.84			11.74

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.56	0.56	**0.56**^{b}	2.82	2.83	**2.83**^{b}	1.55	1.56	**1.56**^{b}	7.90	7.65	**7.91**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.64	0.68	**0.66**^{a}	3.73	4.20	**3.96**^{a}	1.77	1.86	**1.82**^{a}	6.59	9.35	**10.92**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.56	0.57	**0.57**^{b}	2.82	2.92	**2.87**^{b}	1.56	1.60	**1.58**^{b}	5.90	6.98	**8.08**^{b}
เฉลี่ย	**0.59**	**0.61**	**0.60**	**3.12**	**3.32**	**3.22**	**1.63**	**1.67**	**1.65**	**8.73**	**9.21**	**18.14**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			**			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.04			0.53			0.11			1.31
C.V. (M) %			7.25			18.71			6.64			16.53
C.V. (S) %			5.04			12.29			4.86			7.91^{b}

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 15 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	19.08	18.91	**18.99**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	17.09	16.09	**16.59**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	18.88	18.77	**18.83**[b]
เฉลี่ย	**18.35**	**17.92**	**18.14**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			1.67
C.V. (M) %			12.66
C.V. (S) %			6.91

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 16 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพุ่มที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.43	0.44	**0.43**^{b}	1.67	1.77	**1.72**^{b}	1.21	1.23	**1.22**^{b}	4.47	4.93	**4.82**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.49	0.53	**0.51**^{a}	2.12	2.47	**2.30**^{a}	1.34	1.42	**1.38**^{a}	5.71	6.57	**6.14**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.44	0.46	**0.45**^{b}	1.73	1.81	**1.77**^{b}	1.22	1.24	**1.23**^{b}	4.82	4.92	**4.87**^{b}
เฉลี่ย	**0.45**	**0.48**	**0.47**	**1.84**	**2.02**	**1.93**	**1.26**	**1.30**	**1.28**	**5.08**	**5.48**	**5.28**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			*			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.05			0.29			0.09			0.58
C.V. (M) %			9.03			18.37			4.60			16.92
C.V. (S) %			8.43			11.49			5.06			8.13

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 16 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	23.17	20.40	**21.78**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	18.50	17.94	**18.22**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	20.48	19.37	**19.92**[b]
เฉลี่ย	**20.71**	**19.23**	**19.97**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			2.67
C.V. (M) %			13.60
C.V. (S) %			10.03

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 17 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่ม 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.54	5.72	**5.63**[a]	2.14	2.15	**2.15**[b]	0.11	0.12	**0.12**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.71	4.82	**4.76**[b]	2.45	2.61	**2.53**[a]	0.14	0.16	**0.15**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	5.29	5.60	**5.44**[a]	2.15	2.18	**2.17**[b]	0.12	0.14	**0.13**[b]
เฉลี่ย	**5.18**	**5.38**	**5.28**	**2.25**	**2.32**	**2.29**	**0.13**	**0.14**	**0.13**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.49			0.22			0.01
C.V. (M) %			12.04			12.70			8.10
C.V. (S) %			6.95			7.08			8.10

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 17 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	31.65	31.91	**31.78**^{b}	0.14	0.14	**0.14**^{b}	9.11	9.13	**9.12**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	36.58	38.98	**37.78**^{a}	0.16	0.17	**0.17**^{a}	10.46	11.11	**10.78**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	31.99	32.59	**32.29**^{b}	0.14	0.14	**0.14**^{b}	9.14	9.16	**9.15**^{b}
เฉลี่ย	**33.41**	**34.50**	**33.96**	**0.15**	**0.15**	**0.15**	**9.57**	**9.80**	**9.69**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			3.42			0.02			1.25
C.V. (M) %			11.82			14.24			5.73
C.V. (S) %			7.58			8.51			9.74

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 18 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพุ่ม 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.28	5.37	**5.32**[a]	2.11	2.15	**2.13**[b]	0.10	0.10	**0.10**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.58	4.59	**4.59**[b]	2.32	2.51	**2.42**[a]	0.12	0.13	**0.12**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	4.61	4.87	**4.74**[a]	2.13	2.19	**2.14**[b]	0.10	0.11	**0.10**[b]
เฉลี่ย	**4.83**	**4.94**	**4.88**	**2.19**	**2.28**	**2.24**	**0.11**	**0.11**	**0.11**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			*			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.33			0.21			0.01
C.V. (M) %			14.20			14.67			9.82
C.V. (S) %			5.14			7.05			9.46

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 18 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	28.26	28.76	**28.51**^{b}	0.11	0.11	**0.11**^{b}	8.31	8.47	**8.39**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	32.22	34.59	**33.40**^{a}	0.13	0.16	**0.14**^{a}	9.19	9.90	**9.54**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	28.91	30.83	**29.87**^{b}	0.11	0.12	**0.12**^{b}	8.43	8.49	**8.46**^{b}
เฉลี่ย	**29.80**	**31.39**	**30.60**	**0.12**	**0.13**	**0.13**	**8.65**	**8.95**	**8.80**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			**			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			3.29			0.12			0.99
C.V. (M) %			13.64			16.91			14.08
C.V. (S) %			8.08			9.51			8.06

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 19 ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 45 วัน			อายุ 59 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	10.47	10.81	**10.64**	22.02	22.04	**22.03**	36.45	38.05	**37.25**^{b}	67.69	68.50	**68.09**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	10.54	10.85	**10.70**	22.02	22.08	**22.05**	39.64	43.94	**41.79**^{a}	74.40	77.86	**76.13**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	10.63	11.17	**10.90**	22.08	22.14	**22.11**	36.78	38.60	**37.69**^{b}	68.10	70.66	**69.35**^{b}
เฉลี่ย	**10.54**	**10.94**	**10.75**	**22.04**	**22.09**	**22.07**	**37.62**	**40.20**	**38.91**	**70.06**	**72.32**	**71.19**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			3.47			6.14
C.V. (M) %			5.40			5.41			8.63			4.43
C.V. (S) %			3.21			10.10			6.71			6.48

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 19 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	จำนวนปม		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	60.17	61.74	**60.95**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	71.75	79.11	**75.43**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	62.99	65.03	**64.01**[b]
เฉลี่ย	**64.97**	**68.62**	**66.80**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			10.04
C.V. (M) %			7.86
C.V. (S) %			11.29

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 20 ความสูงที่อายุต่าง ๆ เฉลี่ย (ซ.ม.) และจำนวนปมเฉลี่ย (ปม ต้น$^{-1}$) ของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	อายุ 15 วัน			อายุ 30 วัน			อายุ 45 วัน			อายุ 59 วัน		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	9.08	9.09	**9.09**	17.68	17.90	**17.79**	32.22	35.28	**33.75**^{b}	48.34	49.70	**49.02**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	9.12	9.14	**9.14**	17.89	17.99	**17.94**	37.90	41.99	**39.95**^{a}	55.34	60.95	**58.14**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	9.29	9.34	**9.32**	17.96	18.27	**18.11**	34.12	35.73	**34.92**^{b}	49.92	50.34	**50.13**^{b}
เฉลี่ย	**9.17**	**9.19**	**9.18**	**17.84**	**18.05**	**17.95**	**34.75**	**37.66**	**36.21**	**51.20**	**53.67**	**52.43**
F-test (M)			ns			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			4.09			7.59
C.V. (M) %			2.52			4.53			7.37			6.99
C.V. (S) %			3.02			5.24			8.49			10.88

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 20 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	จำนวนปม		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	38.45	39.29	**38.87**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	45.04	55.29	**50.17**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	39.67	39.91	**39.78**[b]
เฉลี่ย	**41.05**	**44.83**	**42.44**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			10.04
C.V. (M) %			7.49
C.V. (S) %			16.01

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 21 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	2,887.77	2,963.66	**2,925.71**^{b}	481.36	493.89	**487.63**^{b}	2.57	2.64	**2.61**^{b}	12.49	13.06	**12.78**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	3,444.01	3,797.38	**3,620.70**^{a}	574.00	632.84	**603.42**^{a}	3.15	3.40	**3.28**^{a}	18.20	21.06	**19.92**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	3,023.88	3,122.26	**3,073.07**^{b}	503.92	520.21	**512.07**^{b}	2.70	2.83	**2.77**^{b}	13.74	15.09	**14.42**^{b}
เฉลี่ย	**3,118.55**	**3,294.43**	**3,206.49**	**519.76**	**548.98**	**534.39**	**2.81**^{b}	**2.96**^{a}	**2.89**	**14.81**	**16.60**	**15.71**
F-test (M)			ns			ns			*			*
F-test (S)			*			*			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.15			-
$LSD_{0.05}$ (S)			481.44			80.33			0.23			3.52
C.V. (M) %			7.86			7.86			2.55			9.86
C.V. (S) %			11.28			11.29			6.10			16.86

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 22 ปริมาณมวลชีวภาพและไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	น้ำหนักสด (กก. ไร่$^{-1}$)			น้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$)			% N			การสะสม N (กก. N ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	2.303.54	2,352.20	**2,327.88**^{b}	383.87	391.49	**387.68**^{b}	2.05	2.09	**2.16**^{b}	8.29	8.60	**8.45**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	2,704.68	3,308.99	**3,006.83**^{a}	450.72	551.49	**501.17**^{a}	2.41	2.95	**2.62**^{a}	10.99	15.66	**13.32**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	2,373.48	2,388.38	**2,380.93**^{b}	395.52	397.89	**396.71**^{b}	2.41	2.13	**2.26**^{b}	8.72	9.52	**9.12**^{b}
เฉลี่ย	**2,460.57**	**2,683.19**	**3,206.49**	**410.04**	**446.96**	**428.50**	**2.24**^{b}	**2.45**^{a}	**2.35**	**9.33**^{b}	**11.26**^{a}	**10.30**
F-test (M)			ns			ns			**			*
F-test (S)			*			*			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.08			1.61
$LSD_{0.05}$ (S)			549.25			91.50			0.17			2.57
C.V. (M) %			7.70			7.71			2.59			7.69
C.V. (S) %			16.05			16.04			5.33			18.77

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 23 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.55	0.57	**0.56**^{b}	2.65	2.78	**2.72**^{b}	1.45	1.49	**1.46**^{b}	7.01	7.27	**7.14**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.66	0.72	**0.69**^{a}	3.82	4.59	**4.21**^{a}	1.74	1.92	**1.76**^{a}	9.83	11.65	**10.74**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.58	0.60	**0.57**^{b}	2.82	3.12	**2.98**^{b}	1.52	1.57	**1.51**^{b}	7.51	8.06	**7.79**^{b}
เฉลี่ย	**0.59**	**0.62**	**0.61**	**3.10**	**3.50**	**3.30**	**1.55**	**1.61**	**1.58**	**8.14**	**8.99**	**8.56**
F-test (M)			ns			*			ns			ns
F-test (S)			**			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.08			0.91			0.11			1.72
C.V. (M) %			6.90			14.98			2.35			7.41
C.V. (S) %			9.72			19.71			5.24			15.09

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 23 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	21.50	18.98	**20.24**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	16.07	15.18	**15.63**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	19.08	18.86	**18.97**[b]
เฉลี่ย	**18.88**	**17.67**	**18.28**
F-test (M)			ns
F-test (S)			*
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			3.42
C.V. (M) %			10.27
C.V. (S) %			14.07

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 24 ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ยของถั่วพร้าที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	% P			การสะสม P (กก. P ไร่$^{-1}$)			% K			การสะสม K (กก. K ไร่$^{-1}$)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	เฉลี่ย
ไม่ใส่ (S_1)	0.40	0.41	**0.41**^{b}	1.56	1.67	**1.62**^{b}	1.23	1.15	**1.20**^{b}	4.64	4.78	**4.71**^{b}
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	0.48	0.60	**0.52**^{a}	2.21	3.12	**2.67**^{a}	1.33	1.62	**1.49**^{a}	6.47	8.60	**7.53**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	0.42	0.43	**0.43**^{b}	1.73	1.79	**1.76**^{b}	1.16	1.18	**1.21**^{b}	4.79	5.03	**4.91**^{b}
เฉลี่ย	**0.44**	**0.48**	**0.46**	**1.84**^{b}	**2.19**^{a}	**2.02**	**1.27**	**1.32**	**1.30**	**5.30**	**6.14**	**5.72**
F-test (M)			ns			**			ns			ns
F-test (S)			**			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			0.14			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.05			0.57			0.10			1.54
C.V. (M) %			7.29			3.37			8.52			17.68
C.V. (S) %			7.77			19.24			6.01			18.18

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 24 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	C/N		เฉลี่ย
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	
ไม่ใส่ (S_1)	24.47	22.16	**23.32**[b]
ใส่ปุ๋ย 12-24-12 (S_2)	19.19	17.45	**18.32**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	22.27	20.90	**21.59**[b]
เฉลี่ย	**21.97**	**20.17**	**21.07**
F-test (M)			ns
F-test (S)			**
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-
$LSD_{0.05}$ (S)			2.75
C.V. (M) %			9.07
C.V. (S) %			9.79

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 25 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้า 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.65	5.75	**5.70**[a]	2.14	2.21	**2.18**[b]	0.13	0.13	**0.13**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.63	4.76	**4.70**[b]	2.57	3.01	**2.79**[a]	0.15	0.17	**0.16**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	5.47	5.60	**5.53**[a]	2.19	2.33	**2.26**[b]	0.13	0.14	**0.14**[b]
เฉลี่ย	**5.25**	**5.37**	**5.31**	**2.30**[b]	**2.52**[a]	**2.41**	**0.14**	**0.15**	**0.15**
F-test (M)			ns			*			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			0.15			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.77			0.48			0.02
C.V. (M) %			5.98			3.01			4.38
C.V. (S) %			10.83			14.94			12.29

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 25 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	30.62	31.41	**31.02**^{b}	0.13	0.14	**0.13**^{b}	8.75	8.98	**8.86**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	36.49	40.26	**38.38**^{a}	0.16	0.17	**0.17**^{a}	10.90	11.50	**11.20**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	32.06	33.09	**32.57**^{b}	0.14	0.15	**0.14**^{b}	9.16	9.45	**9.30**^{b}
เฉลี่ย	**33.06**	**34.92**	**33.99**	**0.14**	**0.15**	**0.15**	**9.60**	**9.97**	**9.77**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			5.14			0.02			1.29
C.V. (M) %			7.82			6.85			11.09
C.V. (S) %			11.36			12.22			9.91

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 26 สมบัติดินเฉลี่ยหลังการสับกลบถั่วพร้า 1 สัปดาห์ที่ปลูกในสภาพไม่ยกระดับ pH ดินที่คลุกเมล็ดพันธุ์ด้วยเชื้อไรโซเบียมและใส่วัสดุปรับปรุงดินต่างกัน

วัสดุปรับปรุงดิน	pH (1 : 5)			OM (%)			Total N (%)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	5.38	5.55	**5.47**[a]	2.11	2.16	**2.14**[b]	0.11	0.11	**0.11**[b]
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	4.59	4.60	**4.60**[b]	2.48	2.82	**2.65**[a]	0.13	0.16	**0.14**[a]
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	4.75	4.89	**4.82**[b]	2.15	2.20	**2.18**[b]	0.11	0.11	**0.11**[b]
เฉลี่ย	**4.91**	**5.01**	**4.96**	**2.25**	**2.39**	**2.32**	**0.12**	**0.12**	**0.12**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			0.47			0.41			0.03
C.V. (M) %			7.56			8.98			10.94
C.V. (S) %			7.06			13.28			17.07

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 26 (ต่อ)

วัสดุปรับปรุงดิน	avai. P (มก. กก.$^{-1}$)			exch. K (meq 100 g^{-1} soil)			CEC (meq 100 g^{-1} soil)		
	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**	ไม่คลุกเชื้อ (M_1)	คลุกเชื้อ (M_2)	**เฉลี่ย**
ไม่ใส่ (S_1)	27.90	28.43	**28.19**^{b}	0.11	0.11	**0.11**^{b}	8.41	8.53	**8.47**^{b}
ใส่ปุ๋ยสูตร 12-24-12 (S_2)	32.75	40.07	**36.41**^{a}	0.13	0.15	**0.14**^{a}	9.30	10.21	**9.75**^{a}
ใส่หินฟอสเฟต (S_3)	28.75	28.92	**28.83**^{b}	0.12	0.12	**0.12**^{b}	8.47	8.49	**8.45**^{b}
เฉลี่ย	**29.80**	**32.49**	**31.15**	**0.12**	**0.13**	**0.13**	**8.73**	**9.07**	**8.90**
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			*			*			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			6.65			0.02			1.13
C.V. (M) %			7.69			8.29			2.98
C.V. (S) %			16.04			13.72			9.50

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 27 ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพโสนอัฟริกันอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน

อัตรามวลชีวภาพ	ปริมาณ NH_4^+-N เฉลี่ย (มก.N กก. ดิน$^{-1}$) ที่เวลา (วัน) หลังการบ่มดิน								
(กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$)	0	3	7	14	21	28	35	49	70
0	2.13	7.84	9.71	12.20^{c}	14.47^{d}	15.51^{d}	15.42^{d}	15.97^{d}	10.40^{d}
500	2.47	8.14	10.56	13.42^{c}	17.36^{c}	19.10^{c}	19.79^{c}	19.51^{c}	19.14^{c}
1,000	2.58	8.44	11.30	16.94^{c}	21.10^{b}	22.61^{b}	23.07^{b}	22.97^{b}	21.23^{b}
1,500	2.43	8.44	12.01	21.42^{c}	24.65^{a}	25.89^{a}	27.59^{a}	27.20^{a}	26.94^{a}
F-test	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**
$LSD_{0.05}$				2.37	2.25	2.61	3.06	2.54	3.52
C.V. (%)	7.85	8.01	9.94	7.87	6.16	6.67	7.14	6.29	9.08

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 28 ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพถั่วพุ่มอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน

อัตรามวลชีวภาพ	ปริมาณ NH_4^+-N เฉลี่ย (มก.N กก. ดิน$^{-1}$) ที่เวลา (วัน) หลังการบ่มดิน								
(กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$)	0	3	7	14	21	28	35	49	70
0	2.83	7.06	9.01	12.54^{c}	14.52^{c}	15.47^{c}	15.77^{d}	15.89^{c}	10.72^{c}
500	2.75	7.23	9.11	14.06^{bc}	15.50^{bc}	18.31^{b}	18.83^{c}	18.47^{bc}	18.13^{b}
1,000	2.90	8.12	9.70	16.14^{ab}	17.83^{ab}	19.51^{ab}	21.32^{b}	20.77^{b}	19.76^{b}
1,500	2.83	8.19	9.80	18.58^{a}	19.79^{a}	22.06^{a}	24.20^{a}	23.96^{a}	23.07^{a}
F-test	ns	ns	ns	**	*	**	**	**	**
$LSD_{0.05}$				2.37	2.25	2.61	3.06	2.54	3.52
C.V. (%)	5.50	6.80	5.59	10.15	9.17	7.60	5.77	8.55	6.15

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 29 ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+-N) จากการใช้มวลชีวภาพถั่วพร้าอัตราต่างกันที่เวลาหลังการบ่มดินในสภาพน้ำขังต่าง ๆ กัน

อัตรามวลชีวภาพ (กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$)	ปริมาณ NH_4^+-N เฉลี่ย (มก.N กก. ดิน$^{-1}$) ที่เวลา (วัน) หลังการบ่มดิน								
	0	3	7	14	21	28	35	49	70
0	1.89	4.97	8.70	12.68^{b}	14.33^{c}	15.54^{c}	15.62^{d}	15.66^{c}	10.58^{c}
500	2.24	5.01	8.85	13.89^{b}	16.17^{bc}	17.27^{c}	18.92^{c}	18.40^{bc}	18.21^{b}
1,000	2.04	4.85	9.61	14.62^{ab}	18.16^{b}	20.37^{b}	21.40^{b}	20.58^{ab}	19.91^{b}
1,500	2.15	5.13	9.66	16.44^{a}	20.76^{a}	22.74^{a}	24.36^{a}	23.68^{a}	23.22^{a}
F-test	ns	ns	ns	*	**	**	**	*	**
$LSD_{0.05}$				2.34	2.30	2.08	2.16	4.84	2.10
C.V. (%)	9.04	11.33	4.74	8.63	7.03	5.81	5.71	13.12	6.19

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 30 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน

สิ่งทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (ซ.ม.) ที่อายุ (วัน) หลังการปักดำ			การแตกกอเฉลี่ย	ความยาวใบธงเฉลี่ย
	30	50	เก็บเกี่ยว	(หน่อ กอ$^{-1}$)	(ซ.ม.)
1. โสนอัฟริกัน 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	64.88^{bc}	90.78^{de}	112.63^{abc}	10.50^{bc}	42.57^{b}
2. โสนอัฟริกัน 1,000 กก.นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	59.50^{d}	93.53^{cd}	108.75^{bcd}	11.50^{b}	44.34^{b}
3. ถั่วพุ่ม 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	66.00^{b}	93.28^{cd}	108.25^{bcd}	10.00^{bc}	41.88^{bc}
4. ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	59.13^{d}	98.65^{ab}	115.25^{ab}	11.50^{b}	47.47^{a}
5. ถั่วพร้า 500 กก. นน .แห้ง ไร่$^{-1}$	63.50^{bcd}	93.15^{cd}	106.25^{cd}	10.00^{bc}	44.35^{b}
6. ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	59.00^{d}	96.03^{bc}	116.25^{a}	13.90^{a}	47.25^{a}
7. ไม่ใส่ปุ๋ย	60.25^{cd}	86.76^{e}	104.75^{d}	8.13^{c}	30.58^{d}
8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	79.38^{a}	101.03^{a}	108.64^{bcd}	11.00^{b}	39.83^{c}
F-test	**	**	*	*	**
$LSD_{0.05}$	4.85	4.37	6.49	2.33	2.58
C.V. (%)	5.16	3.16	4.01	14.43	4.15

หมายเหตุ * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน

สิ่งทดลอง	ผลผลิตเฉลี่ย (ก. กระถาง$^{-1}$)	ผลผลิตเฉลี่ยร้อยละจากการไม่ใส่ปุ๋ย	องค์ประกอบผลผลิตเฉลี่ย			
			จำนวนรวง กอ$^{-1}$	จำนวนเมล็ด รวง$^{-1}$	% เมล็ดดี	นน. 100 เมล็ด (ก.)
1. โสนอัฟริกัน 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	15.95^{b}	72.42	7.50^{b}	98.93	77.00	2.64
2. โสนอัฟริกัน 1,000 กก.นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	22.21^{a}	140.09	9.00^{ab}	102.92	82.04	2.50
3. ถั่วพุ่ม 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	16.69^{b}	80.42	8.00^{b}	103.54	77.77	2.60
4. ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	22.27^{a}	140.74	9.00^{ab}	109.93	80.79	2.52
5. ถั่วพร้า 500 กก. นน .แห้ง ไร่$^{-1}$	15.36^{b}	64.96	8.00^{b}	101.82	71.38	2.53
6. ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	23.12^{a}	149.93	11.00^{a}	107.74	79.57	2.48
7. ไม่ใส่ปุ๋ย	9.25^{c}	-	7.00^{b}	84.04	76.48	2.65
8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	15.72^{b}	69.93	8.00^{b}	102.96	77.81	2.78
F-test	**		*	ns	ns	ns
$LSD_{0.05}$	1.31		2.14	-	-	-
C.V. (%)	7.30		17.23	12.80	6.47	13.16

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 32 ปริมาณไนโตรเจน (NH_4^+-N) ของดินที่อายุต่าง ๆ กันของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน

สิ่งทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน (NH_4^+-N) เฉลี่ย (มก. N กก. ดิน$^{-1}$) ที่อายุต่าง ๆ กันของข้าว		
	20 วันก่อนสร้างรวงอ่อน	ระยะสร้างรวงอ่อน	30 วันหลังสร้างรวงอ่อน
1. โสนอัฟริกัน 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	15.91^{bc}	10.32^{c}	3.18^{ab}
2. โสนอัฟริกัน 1,000 กก.นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	21.41^{a}	16.69^{a}	4.17^{ab}
3. ถั่วพุ่ม 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	14.85^{bc}	10.78^{c}	3.16^{b}
4. ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	17.57^{abc}	15.23^{ab}	3.96^{ab}
5. ถั่วพร้า 500 กก. นน .แห้ง ไร่$^{-1}$	14.69^{bc}	10.02^{c}	3.24^{ab}
6. ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	20.13^{ab}	17.62^{a}	4.45^{a}
7. ไม่ใส่ปุ๋ย	8.87^{d}	5.31^{d}	1.02^{c}
8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	13.64^{cd}	11.82^{bc}	3.72^{ab}
F-test	**	**	**
$LSD_{0.05}$	5.03	4.23	1.13
C.V. (%)	21.56	23.52	21.98

หมายเหตุ ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 33 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ปริมาณไนโตรเจนในดิน และอินทรียวัตถุของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ใส่ถั่วปุ๋ยพืชสด 3 ชนิดในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้งต่างกัน

สิ่งทดลอง	ไนโตรเจนเฉลี่ย (%)			อินทรียวัตถุของดินเฉลี่ย
	เมล็ดข้าว	ตอซังข้าว	ดิน	(%)
1. โสนอัฟริกัน 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	1.25	0.78	0.09	1.75^{a}
2. โสนอัฟริกัน 1,000 กก.นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	1.29	0.94	0.09	1.76^{a}
3. ถั่วพุ่ม 500 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	1.26	0.76	0.09	1.76^{a}
4. ถั่วพุ่ม 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	1.28	0.93	0.09	1.75^{a}
5. ถั่วพร้า 500 กก. นน .แห้ง ไร่$^{-1}$	1.24	0.77	0.09	1.73^{a}
6. ถั่วพร้า 1,000 กก. นน. แห้ง ไร่$^{-1}$	1.29	0.94	0.09	1.75^{a}
7. ไม่ใส่ปุ๋ย	1.18	0.68	0.08	1.61^{b}
8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ	1.22	0.76	0.09	1.74^{a}
F-test	ns	ns	ns	**
$LSD_{0.05}$	-	-	-	0.05
C.V. (%)	8.17	17.20	3.11	4.90

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 34 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ความสูง (ซ.ม.) 30 วันหลังการปักดำ			ความสูง (ซ.ม.) ระยะสร้างรวงอ่อน			ความสูง (ซ.ม.) เก็บเกี่ยว		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	76.63	80.54	78.59	91.52	91.46	91.49	155.45	154.82	155.13^{ab}
2. 1,000	85.69	86.35	86.02	104.40	97.54	100.97	164.58	163.04	163.81^{a}
3. 500 + RP	83.40	83.57	83.48	100.59	92.42	96.50	161.69	160.52	161.10^{a}
4. 1,000 + RP	87.54	87.60	87.57	105.35	98.44	101.90	165.72	163.93	164.82^{a}
5. 500 + TP	85.76	86.27	86.01	105.56	93.59	99.58	168.77	165.53	167.15^{a}
6. 1,000 + TP	87.49	88.53	88.01	112.41	99.48	105.95	169.53	166.35	167.94^{a}
7. 500 + AS	77.48	83.36	80.42	103.41	95.33	99.37	165.41	155.58	160.49^{a}
8. 1,000 + AS	84.70	85.80	85.47	107.36	98.63	102.99	167.58	158.31	162.94^{a}
9. CF	76.69	77.75	77.22	90.60	89.37	89.98	149.62	147.16	148.39^{b}
เฉลี่ย	82.82	84.42	83.62	102.36^{a}	95.14^{b}	98.75	163.15	159.47	161.31
F-test (M)			ns			**			ns
F-test (S)			ns			ns			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			3.80			-
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			11.34
C.V. (M) %			5.36			5.14			3.23
C.V. (S) %			11.92			11.38			7.99

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 34 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	การแตกกอ (หน่อ กอ$^{-1}$)			ความยาวใบธง (ซ.ม.)		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	13.00	13.76	13.38^{cd}	34.12	34.46	34.29
2. 1,000	14.70	15.54	15.12^{bc}	35.29	35.55	35.42
3. 500 + RP	14.55	15.16	14.85^{bc}	33.28	35.09	34.18
4. 1,000 + RP	16.36	16.40	16.38^{b}	35.76	36.13	35.95
5. 500 + TP	16.23	16.29	16.26^{b}	36.76	37.48	37.12
6. 1,000 + TP	18.68	19.51	19.09^{a}	38.41	38.91	38.66
7. 500 + AS	16.84	16.73	16.78^{ab}	37.55	38.06	37.80
8. 1,000 + AS	17.33	17.40	17.36^{ab}	38.34	39.04	38.69
9. CF	12.44	12.23	12.33^{d}	34.84	34.92	34.88
เฉลี่ย	15.57	15.89	15.73	36.04	36.63	36.34
F-test (M)			ns			ns
F-test (S)			**			ns
F-test (MS)			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			2.37			-
C.V. (M) %			8.17			4.26
C.V. (S) %			14.95			11.02

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ผลผลิต (กก. ไร่$^{-1}$)			จำนวนรวง กอ$^{-1}$			จำนวนเมล็ด รวง$^{-1}$		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	310.9	320.3	315.6^{d}	9.08	9.53	9.30	191.62	190.67	191.14^{d}
2. 1,000	329.8	355.1	342.5^{cd}	10.83	10.63	10.73	196.44	196.56	196.50^{cd}
3. 500 + RP	337.5	364.1	350.8^{bcd}	10.20	10.52	10.36	219.51	217.42	218.46^{abc}
4. 1,000 + RP	357.4	377.2	367.3^{abc}	10.88	10.99	10.93	225.40	220.53	222.96^{ab}
5. 500 + TP	374.0	380.3	377.2^{abc}	10.92	10.98	10.95	233.20	230.46	231.82^{ab}
6. 1,000 + TP	395.1	405.2	400.1^{a}	12.06	12.21	12.13	241.19	238.59	239.89^{a}
7. 500 + AS	345.3	357.6	351.9^{bcd}	10.80	10.87	10.83	210.22	211.57	210.89^{bcd}
8. 1,000 + AS	380.3	386.3	383.3^{abc}	10.97	10.98	10.97	221.68	219.98	220.83^{abc}
9. CF	394.8	396.1	395.5^{ab}	9.76	9.88	9.82	229.43	227.54	228.49^{ab}
เฉลี่ย	358.4	371.4	364.90	10.61	10.73	10.67	218.74	217.03	217.89
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			ns			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			43.06			-			22.68
C.V. (M) %			9.01			9.61			4.59
C.V. (S) %			11.73			15.05			10.35

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 35 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	% เมล็ดดี			นน. 1,000 เมล็ด (ก.)		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	77.42	77.66	77.54	18.81	18.78	18.79
2. 1,000	79.12	79.55	79.34	18.89	18.85	18.87
3. 500 + RP	79.54	79.74	79.64	18.85	18.15	18.50
4. 1,000 + RP	79.80	81.17	80.48	18.88	19.93	18.90
5. 500 + TP	83.73	84.29	84.01	18.18	18.19	18.19
6. 1,000 + TP	85.45	86.10	85.77	17.72	18.27	17.99
7. 500 + AS	79.56	79.68	79.62	17.96	17.98	17.97
8. 1,000 + AS	79.94	80.20	80.07	17.98	17.79	17.88
9. CF	85.18	85.15	85.16	17.54	17.29	17.41
เฉลี่ย	81.08	81.50	81.29	18.31	18.25	18.28
F-test (M)			ns			ns
F-test (S)			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-
C.V. (M) %			5.94			8.81
C.V. (S) %			13.80			17.36

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 36 ระดับค่าสีใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	30 วันหลังการปักดำ			40 วันหลังการปักดำ			50 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	3.53	3.46	3.50	3.68	3.60	3.64	3.40	3.00	3.20
2. 1,000	3.64	3.67	3.66	3.90	3.73	3.91	3.58	3.30	3.44
3. 500 + RP	3.65	3.55	3.60	3.65	3.69	3.67	3.55	3.12	3.33
4. 1,000 + RP	3.65	3.56	3.61	3.95	3.81	3.88	3.65	3.32	3.49
5. 500 + TP	3.66	3.64	3.65	3.96	3.83	3.90	3.65	3.35	3.50
6. 1,000 + TP	3.67	3.65	3.66	3.99	3.88	3.94	3.75	3.55	3.65
7. 500 + AS	3.59	3.45	3.52	3.66	3.64	3.65	3.61	3.30	3.46
8. 1,000 + AS	3.63	3.55	3.60	3.92	3.71	3.82	3.70	3.45	3.58
9. CF	3.61	3.53	3.57	3.78	3.79	3.79	3.65	3.59	3.62
เฉลี่ย	3.63	3.56	3.60	3.83	3.74	3.74	3.62[a]	3.33[b]	3.48
F-test (M)			ns			ns			*
F-test (S)			ns			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.23
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			-
C.V. (M) %			4.11			7.32			8.72
C.V. (S) %			10.33			16.20			19.43

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 36 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	60 วันหลังการปักดำ			70 วันหลังการปักดำ			80 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	3.25	2.88	3.06	3.10	2.70	2.90	2.81	2.59	2.70
2. 1,000	3.43	3.20	3.31	3.41	3.11	3.26	3.28	2.85	3.07
3. 500 + RP	3.43	3.16	3.29	3.35	3.14	3.24	3.30	3.01	3.16
4. 1,000 + RP	3.50	3.20	3.36	3.44	3.17	3.31	3.36	2.95	3.16
5. 500 + TP	3.49	3.27	3.38	3.43	3.20	3.32	3.39	3.06	3.23
6. 1,000 + TP	3.63	3.46	3.54	3.50	3.45	3.48	3.43	3.15	3.29
7. 500 + AS	3.72	3.55	3.63	3.55	3.25	3.30	3.30	2.95	3.13
8. 1,000 + AS	3.87	3.61	3.74	3.55	3.48	3.52	3.34	3.06	3.20
9. CF	3.78	3.80	3.79	3.57	3.54	3.56	3.45	3.49	3.47
เฉลี่ย	3.57	3.35	3.46	3.41	3.22	3.32	3.30[a]	3.01[b]	3.16
F-test (M)			ns			ns			*
F-test (S)			ns			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.14
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			-
C.V. (M) %			8.50			11.42			8.19
C.V. (S) %			19.21			19.16			19.16

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 36 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	90 วันหลังการปักดำ			100 วันหลังการปักดำ			ใบธง 100 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	2.50	2.37	2.44[d]	2.11	2.05	2.08	2.15	2.09	2.12
2. 1,000	2.87	2.71	2.79[bcd]	2.45	2.25	2.35	2.57	2.26	2.41
3. 500 + RP	2.85	2.53	2.69[cd]	2.40	2.30	2.35	2.44	2.35	2.40
4. 1,000 + RP	2.88	2.71	2.80[bcd]	2.56	2.39	2.47	2.64	2.39	2.52
5. 500 + TP	2.96	2.80	2.88[bc]	2.56	2.50	2.53	2.65	2.52	2.59
6. 1,000 + TP	3.35	3.05	3.20[ab]	2.70	2.39	2.54	2.81	2.75	2.78
7. 500 + AS	3.21	2.79	3.00[abc]	2.50	2.36	2.43	2.47	2.39	2.43
8. 1,000 + AS	3.30	2.86	3.08[abc]	2.54	2.49	2.51	2.55	2.47	2.51
9. CF	3.36	3.31	3.34[a]	2.59	2.55	2.57	2.55	2.58	2.56
เฉลี่ย	3.03[a]	2.79[b]	2.91	2.49	2.36	2.41	2.54	2.42	2.48
F-test (M)			*			ns			ns
F-test (S)			**			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			0.14			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.37			-			-
C.V. (M) %			6.22			10.79			6.50
C.V. (S) %			12.63			14.76			14.63

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 37 ปริมาณไนโตรเจน (%) ในต้น เมล็ด และตอซัง และปริมาณไนโตรเจน (%) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพุ่มในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในต้น 15 วันหลังการปักดำ			ในต้น 30 วันหลังการปักดำ			ในต้น 45 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	2.46	2.74	2.60	2.46	2.50	2.48	1.39	1.43	1.41^{c}
2. 1,000	2.81	2.89	2.85	2.83	2.89	2.86	1.63	1.69	1.66^{bc}
3. 500 + RP	2.81	2.81	2.81	2.84	2.83	2.83	1.78	1.76	1.77^{bc}
4. 1,000 + RP	2.81	2.82	2.81	2.88	2.89	2.89	1.86	1.80	1.83^{bc}
5. 500 + TP	2.83	2.82	2.82	2.85	2.90	2.88	2.11	2.04	2.08^{ab}
6. 1,000 + TP	2.84	2.91	2.88	2.89	2.94	2.92	2.30	2.35	2.33^{a}
7. 500 + AS	2.49	2.50	2.47	2.50	2.49	2.50	1.43	1.53	1.48^{c}
8. 1,000 + AS	2.83	2.88	2.85	2.79	2.87	2.83	1.55	1.61	1.58^{c}
9. CF	2.89	2.91	2.90	2.88	2.92	2.90	2.40	2.38	2.39^{a}
เฉลี่ย	2.75	2.81	2.78	2.77	2.80	2.79	1.83	1.84	1.84
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			0.40
C.V. (M) %			11.75			10.65			6.07
C.V. (S) %			16.51			20.22			19.66

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 37 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในต้น 60วันหลังการปักดำ			ในเมล็ด			ในตอซัง		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	1.22	1.18	1.20^{e}	1.80	1.79	1.79^{c}	0.65	0.57	0.61^{e}
2. 1,000	1.43	1.40	1.41^{de}	1.84	1.81	1.82^{bc}	0.90	0.58	0.74^{cd}
3. 500 + RP	1.40	1.43	1.41^{de}	1.87	1.89	1.88^{bc}	0.77	0.65	0.71^{d}
4. 1,000 + RP	1.60	1.58	1.59^{cd}	1.87	1.90	1.88^{bc}	0.93	0.69	0.81^{c}
5. 500 + TP	1.69	1.60	1.64^{cd}	1.92	1.91	1.91^{b}	0.99	1.09	1.04^{b}
6. 1,000 + TP	2.06	2.01	2.04^{ab}	2.09	2.09	2.09^{a}	1.15	1.13	1.14^{a}
7. 500 + AS	1.70	1.60	1.65^{cd}	1.88	1.81	1.84^{bc}	1.03	1.00	1.01^{b}
8. 1,000 + AS	1.88	1.81	1.84^{bc}	1.90	1.86	1.88^{bc}	1.05	1.01	1.03^{b}
9. CF	2.21	2.18	2.20^{a}	2.12	2.15	2.13^{a}	1.14	1.13	1.14^{a}
เฉลี่ย	1.69	1.64	1.67	1.92	1.91	1.92	0.96^{a}	0.87^{b}	0.92
F-test (M)			ns			ns			*
F-test (S)			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			**
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.05
$LSD_{0.05}$ (S)			0.29			0.08			0.08
C.V. (M) %			7.78			4.47			7.42
C.V. (S) %			17.33			4.04			8.40

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 37 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในดิน		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	0.080	0.080	0.080[c]
2. 1,000	0.090	0.080	0.085[bc]
3. 500 + RP	0.090	0.090	0.090[b]
4. 1,000 + RP	0.090	0.090	0.090[b]
5. 500 + TP	0.090	0.090	0.090[b]
6. 1,000 + TP	0.100	0.090	0.095[a]
7. 500 + AS	0.090	0.090	0.090[b]
8. 1,000 + AS	0.090	0.090	0.090[b]
9. CF	0.080	0.080	0.080[c]
เฉลี่ย	0.090	0.090	0.090
F-test (M)			ns
F-test (S)			**
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.01
C.V. (M) %			4.43
C.V. (S) %			7.94

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 38 การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ความสูง (ซ.ม.) 30 วันหลังการปักดำ			ความสูง (ซ.ม.) ระยะสร้างรวงอ่อน			ความสูง (ซ.ม.) เก็บเกี่ยว		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	75.28	83.17	79.22	94.70	90.41	92.5^{bc}	156.32	153.98	155.15^{bc}
2. 1,000	86.73	86.78	86.76	109.29	98.15	103.72^{a}	164.99	162.73	163.86^{ab}
3. 500 + RP	84.16	84.70	84.43	103.48	95.88	99.68^{abc}	162.16	161.38	161.77^{ab}
4. 1,000 + RP	87.58	88.13	87.86	110.39	98.73	104.56^{a}	166.52	164.06	165.29^{a}
5. 500 + TP	85.92	86.32	86.12	106.69	94.81	100.75^{ab}	168.33	164.99	166.66^{a}
6. 1,000 + TP	88.36	90.93	89.65	111.87	99.81	105.84^{a}	171.53	167.20	169.37^{a}
7. 500 + AS	78.64	82.48	80.56	104.04	94.62	99.03^{abc}	165.89	161.85	163.87^{ab}
8. 1,000 + AS	87.03	87.83	87.43	107.65	99.55	103.60^{a}	168.19	163.50	165.85^{a}
9. CF	77.81	78.38	78.10	90.92	91.05	90.99^{c}	148.19	148.35	148.27^{c}
เฉลี่ย	83.50	85.41	84.46	104.34^{a}	95.82^{b}	100.08	163.57	160.89	162.23
F-test (M)			ns			*			ns
F-test (S)			ns			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			5.48			-
$LSD_{0.05}$ (S)			-			8.56			9.04
C.V. (M) %			8.47			7.29			4.83
C.V. (S) %			10.08			8.50			5.54

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 38 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	การแตกกอ (หน่อ กอ$^{-1}$)			ความยาวใบธง (ซ.ม.)		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	13.75	13.89	13.82^{de}	34.33	34.58	34.46^{c}
2. 1,000	14.81	15.90	15.35^{cd}	35.45	35.76	35.61^{abc}
3. 500 + RP	14.76	15.70	15.23^{cd}	34.85	35.12	34.99^{bc}
4. 1,000 + RP	16.30	16.85	16.58^{bc}	35.87	36.40	36.14^{abc}
5. 500 + TP	16.35	16.90	16.63^{bc}	36.81	37.46	37.14^{abc}
6. 1,000 + TP	18.77	18.99	18.88^{a}	37.74	38.45	38.10^{ab}
7. 500 + AS	16.90	16.90	16.90^{bc}	37.69	38.28	37.98^{abc}
8. 1,000 + AS	17.30	17.20	17.25^{b}	38.55	39.36	38.96^{a}
9. CF	12.83	12.79	12.81^{e}	34.79	33.98	34.39^{c}
เฉลี่ย	15.76	16.12	15.94	36.23	36.60	36.42
F-test (M)			ns			ns
F-test (S)			**			*
F-test (MS)			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			1.59			3.17
C.V. (M) %			8.49			7.48
C.V. (S) %			9.93			8.66

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 39 ผลผลิตที่ความชื้น 14% และองค์ประกอบของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ผลผลิต (กก. ไร่$^{-1}$)			จำนวนรวง กอ$^{-1}$			จำนวนเมล็ด รวง$^{-1}$		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	317.3	325.3	321.3^{c}	9.11	9.71	9.41^{c}	184.2	179.6	181.9^{d}
2. 1,000	335.3	359.8	347.5^{bc}	10.40	10.67	10.54^{bc}	190.1	187.9	189.0^{d}
3. 500 + RP	347.2	359.0	353.1^{bc}	10.29	10.62	10.46^{bc}	215.1	202.0	208.5^{bc}
4. 1,000 + RP	368.0	376.3	372.1^{ab}	10.88	10.99	10.94^{b}	228.5	213.6	221.0^{ab}
5. 500 + TP	383.3	385.5	384.4^{ab}	10.95	10.98	10.96^{b}	230.7	228.0	229.3^{a}
6. 1,000 + TP	399.7	408.6	404.2^{a}	12.11	12.33	12.22^{a}	237.0	231.8	234.4^{a}
7. 500 + AS	345.0	365.0	355.0^{abc}	10.86	10.89	10.87^{b}	200.4	198.9	199.6^{cd}
8. 1,000 + AS	385.1	387.6	386.4^{ab}	10.97	10.98	10.98^{b}	224.4	216.7	220.5^{ab}
9. CF	395.7	393.1	394.4^{ab}	9.80	9.85	9.83^{bc}	226.7	229.8	228.3^{a}
เฉลี่ย	364.1	373.4	368.75	10.60	10.78	10.69	215.2	209.8	212.50
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			43.54			1.07			17.68
C.V. (M) %			7.79			8.41			7.02
C.V. (S) %			11.74			9.93			8.27

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 39 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	% เมล็ดดี			นน. 1,000 เมล็ด (ก.)		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	77.98	77.81	77.90	18.88	18.77	18.83
2. 1,000	79.47	79.04	79.26	18.90	18.85	18.88
3. 500 + RP	79.70	79.43	79.57	18.87	18.90	18.89
4. 1,000 + RP	79.89	80.17	80.03	18.88	18.95	18.92
5. 500 + TP	85.01	85.26	85.14	18.20	18.19	18.19
6. 1,000 + TP	85.95	86.32	86.13	18.27	18.29	18.28
7. 500 + AS	79.72	80.37	80.04	17.96	17.97	17.97
8. 1,000 + AS	80.04	80.72	80.38	17.99	17.99	17.99
9. CF	86.09	85.33	85.71	17.67	17.52	17.60
เฉลี่ย	81.54	81.61	81.58	18.40	18.38	18.39
F-test (M)			ns			ns
F-test (S)			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-
C.V. (M) %			10.86			5.23
C.V. (S) %			12.42			15.83

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 40 ระดับค่าสีใบเฉลี่ยของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	30 วันหลังการปักดำ			40 วันหลังการปักดำ			50 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	3.52	3.53	3.53	3.57	3.56	3.57	3.42	3.02	3.22
2. 1,000	3.62	3.62	3.62	3.82	3.65	3.74	3.55	3.26	3.41
3. 500 + RP	3.65	3.69	3.67	3.75	3.70	3.73	3.50	3.18	3.34
4. 1,000 + RP	3.75	3.70	3.73	3.93	3.80	3.89	3.67	3.36	3.52
5. 500 + TP	3.75	3.71	3.73	3.96	3.88	3.92	3.66	3.45	3.50
6. 1,000 + TP	3.85	3.77	3.81	3.97	3.90	3.94	3.79	3.60	3.70
7. 500 + AS	3.54	3.55	3.55	3.66	3.60	3.63	3.62	3.31	3.46
8. 1,000 + AS	3.61	3.59	3.60	3.90	3.69	3.80	3.69	3.49	3.59
9. CF	3.62	3.67	3.65	3.82	3.78	3.80	3.61	3.63	3.62
เฉลี่ย	3.66	3.65	3.66	3.81	3.73	3.77	3.61	3.36	3.49
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			ns
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.23
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			-
C.V. (M) %			6.71			10.88			12.58
C.V. (S) %			8.47			11.48			13.66

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 40 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	60 วันหลังการปักดำ			70 วันหลังการปักดำ			80 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	3.30	2.81	3.06	3.12	2.82	2.97	2.82	2.51	2.67[b]
2. 1,000	3.47	3.25	3.36	3.40	3.01	3.21	3.25	2.90	3.08[a]
3. 500 + RP	3.37	3.10	3.24	3.39	3.18	3.29	3.37	3.00	3.18[a]
4. 1,000 + RP	3.51	3.30	3.41	3.46	3.20	3.33	3.41	2.99	3.20[a]
5. 500 + TP	3.45	3.41	3.43	3.43	3.20	3.32	3.41	3.08	3.24[a]
6. 1,000 + TP	3.62	3.50	3.56	3.52	3.46	3.49	3.44	3.20	3.32[a]
7. 500 + AS	3.70	3.50	3.60	3.40	3.21	3.31	3.32	2.98	3.15[a]
8. 1,000 + AS	3.85	3.65	3.75	3.50	3.46	3.48	3.35	3.10	3.23[a]
9. CF	3.75	3.79	3.77	3.60	3.58	3.59	3.41	3.48	3.44[a]
เฉลี่ย	3.56	3.37	3.47	3.43	3.24	3.34	3.31[a]	3.03[b]	3.17
F-test (M)			ns			ns			*
F-test (S)			ns			ns			*
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.23
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			0.38
C.V. (M) %			12.45			12.55			9.87
C.V. (S) %			13.38			14.46			11.77

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 40 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	90 วันหลังการปักดำ			100 วันหลังการปักดำ			ใบธง 100 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	2.54	2.31	2.43^{d}	2.15	2.03	2.09^{b}	2.19	2.02	2.10^{c}
2. 1,000	2.86	2.70	2.78^{c}	2.41	2.29	2.35^{ab}	2.56	2.31	2.44^{b}
3. 500 + RP	2.85	2.55	2.70^{c}	2.38	2.41	2.40^{a}	2.45	2.39	2.42^{b}
4. 1,000 + RP	2.89	2.69	2.79^{c}	2.54	2.49	2.52^{a}	2.67	2.50	2.59^{ab}
5. 500 + TP	2.99	2.85	2.92^{bc}	2.57	2.50	2.54^{a}	2.63	2.53	2.58^{ab}
6. 1,000 + TP	3.39	2.98	3.18^{ab}	2.73	2.56	2.65^{a}	2.89	2.60	2.75^{a}
7. 500 + AS	3.18	2.76	2.97^{bc}	2.48	2.37	2.43^{a}	2.48	2.37	2.43^{b}
8. 1,000 + AS	3.35	2.90	3.13^{ab}	2.55	2.51	2.53^{a}	2.54	2.53	2.54^{ab}
9. CF	3.35	3.37	3.36^{a}	2.48	2.57	2.52^{a}	2.57	2.58	2.57^{ab}
เฉลี่ย	3.04^{a}	2.79^{b}	2.92	2.48	2.41	2.45	2.55	2.43	2.49
F-test (M)			*			ns			ns
F-test (S)			**			**			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			0.15			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.27			0.26			0.27
C.V. (M) %			6.99			8.11			10.93
C.V. (S) %			9.20			10.65			10.79

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 41 ปริมาณไนโตรเจน (%) ในต้น เมล็ด และตอซัง และปริมาณไนโตรเจน (%) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุงที่วันปักดำหลังการสับกลบและใส่ถั่วพร้าในอัตรามวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง (กก. ไร่$^{-1}$) ต่างกัน

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในต้น 15 วันหลังการปักดำ			ในต้น 30 วันหลังการปักดำ			ในต้น 45 วันหลังการปักดำ		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	2.44	2.74	2.60	2.47	2.50	2.49	1.39	1.53	1.55^{e}
2. 1,000	2.82	2.88	2.85	2.80	2.90	2.85	1.60	1.69	1.64^{de}
3. 500 + RP	2.80	2.81	2.80	2.85	2.80	2.83	1.76	1.75	1.76^{de}
4. 1,000 + RP	2.85	2.86	2.86	2.90	2.90	2.90	1.88	1.82	1.85^{cd}
5. 500 + TP	2.85	2.85	2.85	2.93	2.90	2.91	2.13	2.05	2.09^{bc}
6. 1,000 + TP	2.86	2.90	2.88	2.90	2.97	2.93	2.35	2.37	2.36^{ab}
7. 500 + AS	2.40	2.51	2.46	2.75	2.50	2.62	1.40	1.70	1.46^{e}
8. 1,000 + AS	2.82	2.88	2.85	2.80	2.88	2.84	1.58	1.59	1.55^{de}
9. CF	2.90	2.89	2.90	2.88	2.90	2.89	2.41	2.42	2.42^{a}
เฉลี่ย	2.75	2.81	2.78	2.80	2.81	2.81	1.83	1.88	1.86
F-test (M)			ns			ns			ns
F-test (S)			ns			ns			**
F-test (MS)			ns			ns			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			-
$LSD_{0.05}$ (S)			-			-			0.30
C.V. (M) %			13.01			8.29			16.28
C.V. (S) %			15.52			13.56			15.87

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 41 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในต้น 60วันหลังการปักดำ			ในเมล็ด			ในตอซัง		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)			วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	1.20	1.19	1.20^{e}	1.81	1.77	1.79	0.65	0.56	0.60^{e}
2. 1,000	1.45	1.40	1.43^{d}	1.83	1.81	1.82	0.88	0.59	0.74^{d}
3. 500 + RP	1.39	1.51	1.45^{cd}	1.88	1.88	1.88	0.80	0.68	0.74^{d}
4. 1,000 + RP	1.60	1.61	1.61^{bcd}	1.89	1.90	1.89	0.89	0.69	0.79^{c}
5. 500 + TP	1.70	1.65	1.68^{bc}	1.90	1.91	1.91	0.99	1.11	1.05^{b}
6. 1,000 + TP	2.10	2.01	2.06^{a}	2.11	2.12	2.12	1.21	1.13	1.17^{a}
7. 500 + AS	1.69	1.66	1.67^{bc}	1.88	1.86	1.87	1.04	1.01	1.02^{b}
8. 1,000 + AS	1.88	1.79	1.84^{b}	1.89	1.88	1.88	1.07	1.05	1.06^{b}
9. CF	2.18	2.22	2.20^{a}	2.12	2.13	2.12	1.14	1.16	1.15^{a}
เฉลี่ย	1.69	1.67	1.68	1.92	1.91	1.92	0.96^{a}	0.88^{b}	0.92
F-test (M)			ns			ns			**
F-test (S)			**			ns			**
F-test (MS)			ns			ns			**
$LSD_{0.05}$ (M)			-			-			0.02
$LSD_{0.05}$ (S)			0.22			-			0.04
C.V. (M) %			10.16			12.41			4.41
C.V. (S) %			12.93			13.95			4.76

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแถวหรือคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ตารางภาคผนวกที่ 41 (ต่อ)

อัตราน้ำหนักแห้ง (S)	ในดิน		
	วันปักดำหลังการสับกลบ (M)		
	10 วัน	20 วัน	เฉลี่ย
1. 500	0.08	0.08	0.08[b]
2. 1,000	0.09	0.08	0.09[b]
3. 500 + RP	0.09	0.09	0.09[b]
4. 1,000 + RP	0.09	0.09	0.09[b]
5. 500 + TP	0.09	0.09	0.09[b]
6. 1,000 + TP	0.11	0.10	0.11[a]
7. 500 + AS	0.09	0.09	0.09[b]
8. 1,000 + AS	0.09	0.09	0.09[b]
9. CF	0.08	0.08	0.08[c]
เฉลี่ย	0.09	0.09	0.09
F-test (M)			ns
F-test (S)			**
F-test (MS)			ns
$LSD_{0.05}$ (M)			-
$LSD_{0.05}$ (S)			0.01
C.V. (M) %			10.60
C.V. (S) %			12.43

หมายเหตุ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01

ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายสมพร ดำยศ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4543002

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วท.บ. (พืชศาสตร์)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2524
ป.บัณฑิตวิชาชีพครู	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	2550
ป. บัณฑิตการบริหารการศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา	2551
วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2532

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ

สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีพัทลุง ตำบลควนมะพร้าว อำเภอเมืองพัทลุง จังหวัดพัทลุง 93000

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฏุพจน์. 2550. ผลผลิตมวลชีวภาพและการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของถั่วปุ๋ยพืชสดบางชนิด. *ใน* การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 ระหว่างวันที่ 30 มกราคม -2 กุมภาพันธ์ 2550. หน้า 342-350. กรุงเทพฯ.

สมพร ดำยศ, อภินันท์ กำนัลรัตน์ และวิเชียร จาฏุพจน์. 2552. ผลของการใช้ถั่วพร้าเป็นปุ๋ยพืชสดที่มีต่อผลผลิตและสีใบของข้าวพันธุ์สังข์หยดเมืองพัทลุง. *ใน* การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 23-24 เมษายน 2552. หน้า 12. นครปฐม.