แบบ วจ. 03

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

****

ทะเบียนวิจัย 61 63 17 09 20005 005 105 05 11

ชื่อชุดโครงการวิจัย/โครงการวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 ในดินเหนียว จ.สุพรรณบุรี

ผู้รับผิดชอบ นางสาวพิมพ์ธิดา เรืองไพศาล

หน่วยงาน กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

ที่ปรึกษาโครงการ ดร. ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ หน่วยงาน กรมพัฒนาที่ดิน

ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวพนิดา ปรีเปรมโมทย์ และนางสาวสิรินภา ชินอ่อน

หน่วยงาน กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

เริ่มต้น เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2563

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 36 เดือน

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน และแปลงทดลองในพื้นที่ดินเหนียว หมู่บ้านท่าคอย ต.นางงาม อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2561	-	150,000	150,000
2562	-	150,000	300,000
2563	-	190,000	490,000

แหล่งงบประมาณที่ใช้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดประกอบตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาด้วยแล้ว

ลงชื่อ .....

(นางสาวพิมพ์ธิดา เรืองไพศาล)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ .....

(.....)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61 63 17 09 20005 005 105 05 11

ชื่อชุดโครงการวิจัย/โครงการวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 ในดินเหนียว จ.สุพรรณบุรี
Study efficiency of biofertilizer for rice cultivation on growth and rice yield in clayer soil in Suphanburi province

กลุ่มชุดดินที่ 4 ชุดดินชัยนาท (Cn) ชนิดดินเหนียว พิกัด 47P 0613474 1613934

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ทางการเกษตร กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน และแปลงทดลอง ณ แปลงเกษตรกรพื้นที่ดินเหนียว หมู่บ้านท่าคอย ต.บางงาม อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี

ผู้ร่วมดำเนินการ นางสาวพนิดา ปรีเปรมโมทย์ MISS PANIDA PREEPREMMOTE
นางสาวสิรินภา ชินอ่อน MISS SIRINAPA CHIN-ON

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ดำเนินการในแปลงทดลอง ในปี 2561– 2563 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว และศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินเหนียว กลุ่มชุดดินที่ 4 ชุดดินชัยนาท ณ แปลงเกษตรกร หมู่บ้านท่าคอย ตำบลบางงาม อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ควบคุม ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 50% และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 70% ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 50% และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 70% พบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50% (ตำรับทดลองที่ 4) มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าตำรับอื่น มีผลให้น้ำหนักเมล็ดลีบเฉลี่ยต่ำที่สุด 25.37 เปอร์เซ็นต์ การเจริญเติบโตในด้านความสูงระยะเก็บเกี่ยวเฉลี่ยสูงสุด 99.15 เซนติเมตร น้ำหนักข้าว 100 เมล็ดเฉลี่ย 3.50 กรัม และให้ผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 เฉลี่ย 467.41 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70% (ตำรับทดลองที่ 8) ให้ผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 เฉลี่ยใกล้เคียงจากตำรับทดลองที่ 4 ให้ผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 เฉลี่ย 465.19 กิโลกรัมต่อไร่

Abtracts

This research aimed to study the effect of biofertilizer product for paddy field on growth and yield of rice cultured in clayey soil and chemical property of soil. The field experiment was conducted during 2018-2020 at MuBan Takoi , Tambon Bingham, Amphoe Sriprajun in Supanburi Province. The experiment was randomized completely block design with 8 treatments and 3 replications. The 1 treatments was no treat as a control, the 2 was using chemical fertilizer according to soil analysis test, the 3 and 6 were biofertilizer product in liquid and wettable formulation, respectively, the 4 and 5 were biofertilizer product in liquid formulation together with 50% and 70% of chemical fertilizer, respectively and the 7 and 8 treatments were biofertilizer product in wettable powder formulation together with 50% and 70% of chemical fertilizer, respectively. The results showed the application of

biofertilizer product in liquid formulation together with 50% chemical fertilizer (treatment 4) affected more potassium exchange in the soil than the other treatments and lowest weight of undeveloped kernels as 25.37%. In addition, this treatment performed the highest of stem height, seed weight and total yield at the harvest stage as 99.15 cm, 3.50g/100 seeds and 467.41 kg/rai, respectively. While the use of biofertilizer product in wettable powder formulation together with 70% of chemical fertilizer gave total yield as 465.19 kg/rai which had not significantly difference with the treatment 4.

หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทำการเกษตรโดยภาพรวมมีพื้นที่การเกษตรทั้งหมด 132.49 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ปลูกข้าว 61.70 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย (นาปี และนาปรัง) 445 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 51.6 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งประเทศอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยนาปีและนาปรังเพียง 353 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจทางการเกษตร, 2563) ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำเมื่อเทียบกับประเทศผู้ผลิตข้าวคู่แข่งรายสำคัญในทวีปเอเชีย โดยปัจจัยในการเพิ่มผลผลิตข้าวที่เกษตรกรใช้ คือปุ๋ยเคมี จึงทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้นเพื่อการเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ถึงแม้ในปัจจุบันเกษตรกรจะมีความรู้ความเข้าใจในการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น โดยใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของนักวิชาการเกษตรทำให้มีปริมาณการใช้ปุ๋ยลดลง แต่ราคาต่อหน่วยของปุ๋ยเคมีในปัจจุบันสูงขึ้นทำให้ต้นทุนในการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่ในระบบนิเวศวิทยาของนาข้าวมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อาศัยอยู่จำนวนมากและหลากหลายสายพันธุ์ ทั้งที่อยู่ในดินและส่วนต่าง ๆ ของพืช ทั้งใบ ลำต้น และราก มีทั้งชนิดที่อาศัยอยู่ในดินรอบผนังเซลล์พืช ภายในเซลล์พืช หรือแม้แต่ภายในท่อน้ำท่ออาหารพืช โดยส่วนใหญ่จะอยู่อาศัยกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (hardoim *et al*., 2008) โดยมีหลายสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ละลายซิลิเกตในดิน และสร้างสารเสริมการเจริญเติบโตที่เป็นประโยชน์แก่พืช เช่น *Pseudomonas* sp. *Burkholderia* sp. และ *Azorhizobium* sp. เป็นต้น (jame *et al*., 2002) ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างมากในระบบการเกษตร โดยเฉพาะช่วยลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีให้แก่เกษตร ซึ่งถ้าสามารถแยกและคัดเลือกจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวได้และนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตข้าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากแก่เกษตรกร ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว เพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางให้แก่เกษตรกรในการลดต้นทุนการผลิตข้าวต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินเหนียว
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว

การตรวจเอกสาร

ปุ๋ยชีวภาพ

ความหมายของปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพ (biofertilizer) หมายความว่า ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหาร หรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือทางชีวเคมี และให้หมายรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์ (พระราชบัญญัติปุ๋ย, 2550)

การแบ่งประเภทของปุ๋ยชีวภาพ (ธงชัย, 2550; ราเชนทร์ และ ศิริธรรม, 2551)

สามารถแบ่งตามกลุ่มของจุลินทรีย์ได้ 3 กลุ่ม คือ

1. จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixing microorganisms) จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้สามารถเปลี่ยนไนโตรเจนจากอากาศไปเป็นแอมโมเนีย ซึ่งจุลินทรีย์ และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1.1 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้แบบพึ่งพาอาศัยกันและกัน เรียกจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ว่า symbiotic nitrogen fixing microorganisms ได้แก่ *Rhizobium* sp. ในพืชตระกูลถั่ว (leguminous plant) *Frankia* sp. ในพืชที่ไม่ใช่ถั่ว (non-leguminous plant) *Azotobacter paspali* ในหญ้า *Paspalum* ssp. *Klebsiella* sp. ในข้าว และพืชตระกูลหญ้า (rice and Gramineae) *Nostoc* sp. ในพืชพวก cycad หรือ liverwort

1.2 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้อย่างอิสระ เรียกพวกนี้ว่า non-symbiotic nitrogen fixing microorganisms ได้แก่

1.2.1 แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ อาศัยอยู่บริเวณรากพืช ถูกดึงดูดโดย root exudate หลายชนิดเช่น กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ น้ำตาล และสารประกอบอะโรมาติก (Rodrigues *et al.*, 2015) มีปริมาณมากในธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ในการเพิ่มผลผลิตพืช ตัวอย่างเช่น *Acetobacter diazotrophicus* และ *Herbaspirillum* spp. ซึ่งมีความสัมพันธ์ร่วมกับอ้อย ข้าวฟ่าง และข้าวโพด (Triplett, 1996; James *et al*., 2000; Boddey *et al*., 1999) *Alcaligenes* sp., *Azospirillum* sp., *Bacillus* sp., *Enterobacter* sp., *Herbaspirillum* sp., *Klebsiella* sp. และ *Pseudomonas* sp. ซึ่งมีความสัมพันธ์ร่วมกับข้าว และข้าวโพด (James, 2000) โดยที่ *Azospirillum* sp. เป็นแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนแบบอิสระที่มีประสิทธิภาพสูง พบอาศัยอยู่บริเวณรากพืชยืนต้น และพืชล้มลุกที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว (Sivasakthivelan and Saranraj, 2013) แพร่กระจายอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น เขตร้อนชื้น กึ่งเขตร้อนชื้น เขตอบอุ่น และในดินหลายชนิด จากรายงานการศึกษาประสิทธิภาพของ *Azospirillum* sp. ชี้ว่า การใช้ *Azospirillum* sp. สามารถเพิ่มผลผลิตพืชหลายชนิด เช่น ทานตะวัน แครอท มะเขือ พริกไทย ฝ้าย ข้าวสาลี และข้าว (Bashan *et al*., 1990; Bashan and Holguin, 1997) และจัดได้ว่าเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยการตรึงไนโตรเจน ซึ่งผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 5-30 เปอร์เซ็นต์

1.2.2 สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae; cyanobacteria) เช่น Tolypothx, Calotrix, Nostoc, Cylindrospermum เป็นต้น

2. จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตและธาตุอาหารพืชธาตุอื่นๆ (phosphate and other nutrient elements solubilizing microorganisms) จุลินทรีย์พวกนี้สามารถทำให้ธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น ฟอสฟอรัส เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส ในรูปที่โดยทั่วไปแล้วไม่ละลายให้ละลายออกมา รวมทั้งจุลินทรีย์ที่สามารถส่งเสริมให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารซึ่งโดยปกติแล้วรากพืชไม่สามารถดูดใช้ได้ จุลินทรีย์เหล่านี้ได้แก่ Bacillus, Aspergillus, Thiobacillus และเชื้อราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza fungi) เป็นต้น

บทบาทของปุ๋ยชีวภาพ

ปุ๋ยชีวภาพมีการนำมาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยชีวภาพตรึงไนโตรเจน ปุ๋ยชีวภาพย่อยสลายเซลลูโลส ฟอสเฟต โพแทสเซียม (Nishanth and Biswas, 2008; Han *et al*., 2006; Wu *et al*.; 2005; Suwanbutr *et al*.; 1996; Darmwal and Gaur, 1988) โดยได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และเพิ่มความสำคัญมากยิ่งขึ้นตามลำดับด้วยเหตุผลหลายประการ (Damrongchai, 2003) ดังนี้

1. การใช้ปุ๋ยชีวภาพเป็นการลดกระบวนการสังเคราะห์สารเคมีในการผลิตปุ๋ยเคมีซึ่งผลกระทบ ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งปริมาณการใช้ค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี (Kaewchai *et al*., 2009 และ Damrongchai, 2003)

2. ปุ๋ยชีวภาพมีผลกระทบข้างเคียงน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี เนื่องจากปุ๋ยชีวภาพมีความจำเพาะต่อ การใช้งาน (Kaewchi *et al*., 2009)

3. ราคาของปุ๋ยชีวภาพถูกกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (Kaewchai *et al*., 2009) ปุ๋ยเคมีมีราคาแพง และมีแนวโน้มราคาสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้ต้นทุนในการผลิตพืชสูงขึ้นมาก แต่ผลผลิตของพืชกลับมีราคาไม่แน่นอน (ธงชัย, 2550)

4. ปุ๋ยชีวภาพนอกจากจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชแล้ว จุลินทรีย์บางสายพันธุ์สามารถช่วยควบคุมโรคพืชได้อย่างจำเพาะเจาะจงต่อจุลินทรีย์ก่อโรคในพืช (Kaewchai *et al*., 2009) ปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต (Lee *et al*., 2008 และ Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007) และมีความทนทานต่อความแห้งแล้ง (Aseri *et al*., 2008)

5. การใช้ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดสามารถนำวัสดุเหลือใช้หรือเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรหรืออุตสาหกรรมทางการเกษตรกลับมาใช้ใหม่ได้ (Ogbo, 2010 และ Medina *et al*., 2007) โดยที่เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยชีวภาพไว้ใช้ได้เองทั้งเกษตรกรรายเล็ก และรายใหญ่ (ธงชัย, 2550)

6. กิจกรรมของจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพดำเนินไปอย่างรวดเร็วโดยเกิดขึ้นในดินหรือในบริเวณที่ใกล้กับรากพืช ซึ่งพืชมีโอกาสดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ง่ายและรวดเร็ว (ธงชัย, 2550) มีปัญหาจากการใช้งานที่ยุ่งยาก อายุการเก็บรักษาค่อนข้างจำกัด และผลตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยรวมค่อนข้าง น้อย เมื่อใช้ในระยะเวลาอันสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมี (Kaewchai *et al*., 2009) แต่กระบวนการเหล่านี้กำลังได้ รับการศึกษาและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยกระบวนการเทคโนโลยีชีวภาพ (Damrongchai, 2003)

7. การขาดแคลนปุ๋ยเคมีในประเทศที่กำลังพัฒนา ปริมาณความต้องการปุ๋ยมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี จากการคาดการณ์ปริมาณความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของโลกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 2.6 เปอร์เซ็นต์ จนกระทั่งถึงปี 2018 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2015) ปริมาณปุ๋ย ไนโตรเจนที่โลกต้องการเพื่อผลิตพืชนั้นเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ในปัจจุบันมีการผลิตปุ๋ยไนโตรเจนทางเคมีได้ประมาณปีละ 40 ล้านตัน ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการตลอดจนในประเทศที่กำลังพัฒนาก็ไม่มีกำลังเงินที่จะจัดซื้อได้อย่างเพียงพอกับความต้องการ จึงเป็นสาเหตุให้ความสำคัญของปุ๋ยชีวภาพโดดเด่นขึ้นมาเป็นลำดับ (ธงชัย, 2550)

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการปุ๋ยของโลกระหว่างปี 2014-2018 (ล้านตัน)

Year	2014	2015	2016	2017	2018
Total nitrogen demand	147	151	155	158	161
Total phosphoric acid demand	49	50	51	52	53
Total potash demand	34	35	36	37	38
Total demand	**231**	**237**	**243**	**248**	**253**

ที่มา: ดัดแปลงจาก Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015)

8. ดินบางแห่งมีปัญหา เช่น แข็ง แน่นทึบ เสื่อมโทรม หรือมีมลพิษจากสารเคมีต่างๆ ที่เติมลงสู่ดินอย่างขาดหลักการและขาดความระมัดระวัง จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งที่ต้องบำบัด โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพตามความเหมาะสม (ธงชัย, 2550)

มาตรฐานของปุ๋ยชีวภาพ

1. ปุ๋ยชีวภาพเป็นสินค้าควบคุมฉลากของประเทศไทย ดังนั้น ปุ๋ยชีวภาพจึงต้องระบุชื่อทางการค้าและมีคำว่าปุ๋ยชีวภาพเครื่องหมายการค้า หรือเครื่องหมายอื่นใดซึ่งแสดงที่ภาชนะหรือหีบห่อบรรจุปุ๋ยชีวภาพ ชื่อ จุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบ โดยแจงในระดับสกุลของจุลินทรีย์นั้น ปริมาณจุลินทรีย์รับรองหรือปริมาณจุลินทรีย์ รวมที่มีชีวิตต่อหน่วยน้ำหนักที่เป็นส่วนผสมของปุ๋ย โดยแจงเป็นจำนวนเซลล์ต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม หรือ 1 มิลลิลิตร ในกรณีที่เป็นของเหลวร้อยละความชื้นสำหรับปุ๋ยชีวภาพที่เป็นของแข็ง วิธีการเก็บรักษา น้ำหนักสุทธิ หรือขนาดบรรจุของปุ๋ยชีวภาพตามระบบเมตริก วัสดุรองรับของปุ๋ยชีวภาพ ชื่อผู้ผลิต และที่ตั้งสำนักงาน และสถานที่ผลิตปุ๋ยชีวภาพเพื่อการค้า วันเดือนปีที่ผลิต และหมดอายุ (ราชกิจจานุเบกษา, 2550 และราชกิจจานุเบกษา, 2546)

2. Regional biofertilizer development center (2010) กำหนดให้ปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยชีวภาพมีปริมาณมากกว่า $1x10^8$ เซลล์ต่อกรัม หรือมิลลิลิตรของปุ๋ยชีวภาพสำหรับแบคทีเรีย Rhizobium, Azospirillum และจุลินทรีย์ย่อยสลายฟอสเฟต ส่วนแบคทีเรียสกุล Azotobacter มีปริมาณมากกว่า $1x10^7$ เซลล์ต่อกรัม หรือมิลลิลิตรของปุ๋ยชีวภาพ เมื่อนับจากปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตหลังจากการผลิตภายใน 15 วัน นอกจากนั้นก่อนหมดอายุภายใน 15 วัน ปริมาณแบคทีเรีย Rhizobium, Azospirillum และจุลินทรีย์ย่อยสลายฟอสเฟตต้องมากกว่า $1x10^7$ เซลล์ต่อกรัม หรือมิลลิลิตรของปุ๋ยชีวภาพ และปริมาณแบคทีเรีย Azotobacter ต้องมากกว่า $1x10^6$ เซลล์ต่อกรัม หรือมิลลิลิตรของปุ๋ยชีวภาพ

3. ความสามารถของแบคทีเรีย Rhizobium ในปุ๋ยชีวภาพจะต้องทำให้เกิดปมรากมากกว่าร้อยละ 50 ของพืชควบคุม แบคทีเรีย Azotobacter และ Azospirillum จะต้องสามารถตรึงไนโตรเจน 10 มิลลิกรัมของปริมาณก๊าซไนโตรเจนต่อน้ำหนักของน้ำตาลซูโครส และมาเลตที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงตามลำดับ (Regional biofertilizer development center, 2010)

4. พีเอชของปุ๋ยชีวภาพควรอยู่ในช่วง 6.0 - 7.5 (Regional biofertilizer development center, 2010)

5. ปุ๋ยชีวภาพจะต้องไม่มีสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ (Regional biofertilizer development center, 2010)

การใช้ปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตและการเจริญเติบโตของพืช

ณัฐธิดา (2558) ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ CaSUT007 เพื่อพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณสมบัติ phosphorus solubilizing กระตุ้นการเจริญเติบโต และชักนำความต้านทานต่อโรคใบไหม้มันสำปะหลัง พบว่าเชื้อไอโซเลต CaSUT007 มีบริเวณยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคเท่ากับ 8.0±0.058 มิลลิเมตร และประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตเฉลี่ยสูงสุด 209.91 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคใบไหม้ของมันสำปะหลังในสภาพเรือนทดลองในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) พบว่า การแช่ท่อนพันธุ์หรือฉีดพ่นเชื้อไอโซเลต CaSUT007 สามารถควบคุมโรคใบไหม้ของมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีระดับความรุนแรงของโรคใบไหม้มันสำปะหลัง เท่ากับ 1 เทียบเท่ากับการใช้สารเคมีคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ และศึกษาเกี่ยวกับกลไกความต้านทาน พบว่ามีการสะสมของสารในกระบวนการชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับกลไกการส่งเสริมการเจริญเติบโตโดยใช้เทคนิค FTIR microspectroscopy พบกลุ่มไขมันชนิด C-H stretching

(~3,000 - 2,800 cm-1) กลุ่มไขมันชนิด C=O ester (~1,740 cm-1) และกลุ่ม amide I (~1,700 - 1,600 cm-1) กลุ่มคาร์โบไฮเดรตชนิด C-H bonding, C-O stretching และ polysaccharide (~1,450 - 1350 cm-1 , ~1,246 cm-1 และ ~1,200 - 900 cm-1) เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสารเหล่านี้มีสำคัญในการส่งสัญญาณการทำงานของเอนไซม์ ทั้งยังช่วยให้ผนังเซลล์พืชมีความแข็งแรงเพื่อปกป้องตนเองให้ต้านทานจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช จากผลการศึกษาครั้งแสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อไอโซเลต CaSUT007 สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้มันสำปะหลังต้านทานโรคใบไหม้ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xaxonopodis pv. manihotis* ได้

พรรณลดา (2559) ศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาปุ๋ยชีวภาพจากการใช้เชื้อ *Brevibacillus* sp. SUT47 ร่วมกับไมคอร์ไรซ่า ช่วยส่งเสริมการเข้าสู่พืชและเพิ่มจำนวนสปอร์ของไมคอร์ไรซ่าที่นำมาทดสอบทั้ง 2 ชนิด คือ *Claroideoglomus etunicatum* และ *Acaulospora tuberculata* ได้นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยอื่น ๆ เช่น ธาตุฟอสฟอรัส และฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน (indole acetic acid, IAA) เป็นอีกปัจจัยที่ส่งเสริมการเข้าสู่รากพืช และการเพิ่มจำนวนสปอร์ของเชื้อราไมคอร์ไรซ่าได้ จำนวนสปอร์ที่เพิ่มขึ้นนั้นน้อยกว่าจำนวนสปอร์ที่เพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีการปลูกเชื้อร่วมกับ SUT47 ผลการวิเคราะห์โปรตีนของข้าวโพดที่แสดงออกในช่วงที่มีปฏิสัมพันธ์กับไมคอร์ไรซ่า และเชื้อจุลินทรีย์ SUT47 ด้วยเทคนิค 2D-gel electrophoresis พบโปรตีนในกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวของพืช และระบบภูมิคุมิกันภายในพืช โดยเฉพาะในกลุ่มของ reactive oxygen specie (ROS) โดยพบว่าเชื้อแบคทีเรีย SUT47 ช่วยลดการทำงานของกลไกการป้องกันและระบบภูมิคุ้มกันภายในพืชได้ โดยการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในกลุ่ม ROS-Scavenging ในพืช ส่งผลในการยับยั้งกลไกการป้องกัน และระบบภูมิคุ้มกันภายในพืชลดลง และทำให้เชื้อราไมคอร์ไรซ่าเข้าสู่พืชได้มากขึ้น และสร้างสปอร์ได้มากขึ้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตหัวเชื้อไมคอร์ไรซ่าที่มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนในการผลิตต่ำได้

ภารุจีร์ (2556) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณการผลิตหัวเชื้อปุ๋ยชีวภาพจาก *Azotobacter vinelandii* TISTR 1094 ซึ่งเป็นเชื้อที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนในรากพืช รวมถึงลดต้นทุนการผลิตโดยใช้กากน้ำตาลผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ พบว่าเจริญได้สูงสุดที่ความเข้มข้นกากน้ำตาล 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อัตราการกวน 150 รอบต่อนาที อัตราการให้อากาศ 2 vvm และควบคุมค่าความเป็นกรดด่างที่ 7.0 โดยที่สภาวะดังกล่าวสามารถผลิตเชื้อได้ปริมาณ 7.50 x 10^9 จำนวนโคโลนีต่อมิลลิลิตร ที่เวลา 24 ชั่วโมง เมื่อนำหัวเชื้อที่ผลิตได้ไปทดสอบกับการปลูกอ้อยในระดับปฏิบัติการโดยเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเตรียมท่อนอ้อย ดินที่ปลูก และการรดปุ๋ยน้ำชีวภาพ พบว่า การทดลองที่ 12 (ท่อนอ้อยแช่ปุ๋ย-ดินวันดี+กากหม้อกรอง-รดปุ๋ย) ต้นอ้อยมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 136.35 เซนติเมตร ในขณะที่การทดลองที่ 1 (ท่อนอ้อยไม่แช่-ดินวันดี-รดน้ำ) ความสูงของอ้อยเฉลี่ยต่ำสุด 74.80 เซนติเมตร หลังจากการทดลองปลูกอ้อยเป็นเวลา 3 เดือน นำรากอ้อยทดสอบ และดินบริเวณใกล้ราก ไปศึกษาประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อ *A. vinelandii* TISTR 1094 พบว่า รากอ้อยจากการทดลองที่ 10 (ท่อนอ้อยแช่น้ำ-ดินวันดี+กากหม้อกรอง-รดปุ๋ย) แสดงค่ากิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสสูงสุด 37.70 มิลลิโมลเอทธิลีนต่อกรัมต่อชั่วโมง ในขณะที่รากอ้อยจากการทดลองที่ 7 (ท่อนอ้อยไม่แช่-ดินวันดี+กากหม้อกรอง-รดน้ำ) มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสต่ำสุด (14.86 มิลลิโมลเอทธิลีนต่อกรัมต่อชั่วโมง) นอกจากนี้ยังพบว่ารากอ้อยและดินที่รดด้วยปุ๋ยน้ำชีวภาพมีค่ากิจกรรมเอนไซม์ไนโตรจีเนสสูงกว่าตัวอย่างที่รดด้วยน้ำธรรมดา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเชื้อ *A. vinelandii* TISTR 1094 ในปุ๋ยน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนบริเวณรากอ้อย และส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย ดังนั้นการประยุกต์ใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเพาะปลูกจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ทั้งยังช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและเป็นการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย

หนึ่ง (2541) ศึกษาวิจัยปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจนและไมคอร์ไรซา โดยคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนได้กับถั่ว ไมยรา วินคาเซีย และถั่วเซนจูเรียน เมื่อนำเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้สูงของไมยรา วินคาเซีย และเซนจูเรียน ทดลองร่วมกับเชื้อราไมคอร์ไรซา ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ พบว่า ไรโซเบียมไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดีในดินที่ขาดฟอสฟอรัสทำให้ต้นแคระแกรน เช่นเดียวกันในสภาพดินที่มีไรโซเบียมน้อย หรือไม่มีไรโซเบียม ไมโคไรซ่าอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ต้นถั่วเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์มาก ได้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งแสดงว่า ไมโคไรซ่าสามารถใช้แทนฟอสฟอรัสได้ ในกรณีที่ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ การตรึงไนโตรเจนโดยไรโซเบียมกับพืชอาหารสัตว์ประเภทถั่วนั้น ได้ปริมาณที่มากเกินพอที่ถั่วจะใช้ และไนโตรเจนส่วนเกินสามารถปลดปล่อยให้กับหญ้าที่ปลูกร่วมกันได้ จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ไมยราและ โสนหางไก่ เมื่อปลูกร่วมกับหญ้ารูซี่สามารถเพิ่มผลผลิตและปริมาณโปรตีนในหญ้ารูซี่สูงกว่าที่ปลูกหญ้าอย่างเดียว

สรัญญา (2553) คัดเลือกไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตปุ๋ยชีวภาพ เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการส่งออกส่วนใหญ่เป็นผลิตผลทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าว ซึ่งหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวคือ ปุ๋ย ปัจจุบันรัฐบาลได้ส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยชีวภาพแทนปุ๋ยเคมี เนื่องจากไม่มีสารตกค้าง และไม่เป็นอันตรายต่อดิน และระบบนิเวศ ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ ไซยาโนแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้ เนื่องจากมี คุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศเพื่อเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียที่พืชสามารถนำไปใช้ เพื่อการเจริญเติบโต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการคัดเลือกไซยาโนแบคทีเรียจากนาข้าวและดินนาในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งเหมาะสมจะนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำและดินนา คัดแยกเชื้อไซยาโนแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นเส้นสาย พบว่าได้เชื้อบริสุทธิ์จำนวน 15 ไอโซเลท จากนั้น นำไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 15 ไอโซเลท มาเพาะเลี้ยงในอาหาร สูตร BG11 เพื่อศึกษาการเจริญ ทดสอบการตรึงไนโตรเจนในแต่ละไอโซเลท โดยเพาะเลี้ยงในอาหาร สูตร BG11 ซึ่งปราศจากแหล่งไนโตรเจน พบว่ามีเพียงไอโซเลท B14 เท่านั้นที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้ โดยสามารถเจริญในอาหารที่ปราศจากแหล่งไนโตรเจน จากนั้นคัดเลือกไอโซเลท B14 มาศึกษาความทนต่อยาปราบวัชพืช โดยเพาะเลี้ยงไอโซเลท B14 ในอาหารที่มี ยาปราบวัชพืช glyphosate-isopropylammonium และ pyrazosulfuron-ethyl จากการทดลองพบว่า ไอโซเลท B14 สามารถทนต่อยาปราบวัชพืชได้ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 0.1 และ 1.0 ส่วนต่อพันส่วน ตามลำดับ จากนั้น ศึกษาความทนต่อยาฆ่าแมลง โดยเพาะเลี้ยงไอโซเลท B14 ในอาหารสูตรที่มียาฆ่าแมลง abamectin พบว่าไอโซเลท B14 สามารถทนต่อยาฆ่าแมลงได้ที่ความเข้มข้นสุดท้าย 0.01 ส่วนต่อพันส่วน สุดท้ายศึกษาความทนต่อความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์พบว่า ไอโซเลท B14 สามารถทนต่อความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้สูงสุดเท่ากับ 0.1 โมลาร์

อาภากร (2553) ศึกษาวิจัยปุ๋ยชีวภาพไนโตรเจน สายพันธุ์ *Azospirillum largimobile* และ *Azotobacter vinelandii* ในการปลูกข้าว โดยใช้วิธีแช่เมล็ดข้าว วิธีแช่รากกล้าข้าว และวิธีใส่เชื้อในดินบริเวณรากข้าว พบว่าวิธีการใส่เชื้อทั้ง 3 วิธี ไม่ทำให้ปริมาณเชื้อแตกต่างกัน แต่ปริมาณเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อด้วยวิธี Fluorescent Antibody (FA) เมื่อทำการวัดการเจริญเติบโตของข้าว และปริมาณไนโตรเจนที่พืชสามารถนำขึ้นมาใช้ของข้าว พบว่า การใส่เชื้อทำให้น้ำหนักแห้งของข้าว และ ปริมาณไนโตรเจนที่พืชสามารถนำขึ้นมาใช้เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่เชื้อ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองต่อโดยประยุกต์ใช้วิธีการใส่เชื้อในดินบริเวณใกล้รากข้าว เพื่อศึกษา ผลของระบบการปลูกข้าว (ระบบการปลูกข้าวแบบประณีตกับแบบดั้งเดิม) ร่วมกับการใส่เชื้อ *Az. Largimobile* และ *A. vinelandii* ต่อปริมาณและการคงอยู่ของเชื้อ ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน และผลผลิต ของข้าว โดยทำการทดสอบทั้งในระดับกระถาง และแปลงทดลอง ผลการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 การทดลอง ปริมาณเชื้อในระบบการปลูกข้าว

แบบประณีตมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดกว่าระบบดั้งเดิม และสามารถยืนยันการคงอยู่ของเชื้อทั้งสองชนิดด้วยวิธี fluorescent antibody (FA) และระบบการปลูกข้าวแบบประณีตเอื้ออำนวยให้เชื้อทั้ง 2 ชนิด มีประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนสูงกว่าระบบดั้งเดิมอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการวัดการเจริญเติบโตของข้าว พบว่า น้ำหนักแห้งต้น ความสูงต้น ความยาวราก ปริมาตรราก และน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ย ทุกระยะการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน ระหว่างการใส่เชื้อ และไม่ใส่เชื้อ แต่ระบบการปลูกข้าวแบบประณีตให้ผลสูงกว่าในระบบดั้งเดิม การวัดองค์ประกอบผลผลิต พบว่า การใส่เชื้อทำให้องค์ประกอบผลผลิต สูงกว่าการไม่ใส่เชื้อในระบบการปลูกข้าวแบบประณีต ส่วนในระบบดั้งเดิมไม่แตกต่างกันทั้ง 2 การทดลอง ส่วนผลผลิต พบว่าในระดับกระถางโดยทั่วไประบบการปลูกข้าวแบบประณีตสูงกว่าในระบบดั้งเดิม และในระบบการปลูกข้าวแบบประณีตการใส่เชื้อมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่า การไม่ใส่ เชื้อเล็กน้อย แต่ในระบบดั้งเดิมการใส่เชื้อทำให้ผลผลิตแตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อ ส่วนในระดับแปลงทดลอง พบว่า ระบบการปลูกข้าวแบบประณีตให้ผลผลิตสูงกว่าระบบดั้งเดิม โดยการใส่เชื้อ *Az. largimobile* ร่วมกับ *A. vinelandii* ให้ผลผลิตสูงที่สุดส่วนการปลูกข้าวในระบบดั้งเดิมการใส่เชื้อ *Az. largimobile* เพียงอย่างเดียวให้ผลผลิตสูงที่สุด

อังคณา และคณะ (2561) เตรียมกรด 5 อะมิโนลีวูลินิกจากน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสง *Rhodopseudomonas palustris* JP255 นำไปจับกับไคโตซานชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างภายใต้สภาวะคลื่นความถี่สูง จากนั้นนำมาทำให้เป็นผงด้วยวิธีฟรีซดรายน์ เมื่อวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่อง scanning electron microscope พบว่าได้สารอนุภาคขนาด 50 นาโนเมตร นำไปใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์หอมนิล (*Oryza sativa* L.) ที่ปลูกในกระถางพลาสติก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) ประกอบด้วย 10 ชุดการทดลอง คือ ALA ผง (ที่ความเข้มข้น 1 5 และ 10 ไมโครโมลาร์) ALA-nano (ที่ความเข้มข้น 1 5 และ 10 ไมโครโมลาร์) และไคโตซาน (ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกับที่ใช้ใน ALA-nano) ฉีดพ่นต้นข้าวที่ 15 และ 30 วัน หลังย้ายต้นกล้าลงกระถาง จากผลการทดลองพบว่าการใช้ ALA-nano (ที่ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์) มีแนวโน้มในการเพิ่มการเจริญโตด้านความสูงของต้นข้าวจากโคนถึงปลายใบ และจำนวนการแตกกอ (แขนง) ต่อต้นของต้นข้าวดีที่สุด เพิ่มผลผลิตด้านจำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวงหลัก จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และจำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก 100 เมล็ด สูงกว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการใช้สารชีวภัณฑ์ ALA-nano จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่จะนำมาใช้เพิ่มเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต ทั้งยังมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

Gosal *et al*. (2012) ศึกษาผลของการใช้เชื้อ Azotobacter ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยในอินเดีย โดยการนำ*เชื้อ Azotobacter chroococcum* คลุกผสมกับผงถ่าน (activated charcoal) เพื่อให้อยู่ในรูปของปุ๋ยชีวภาพสำหรับการใช้งาน และนำไปใช้ร่วมกับการปลูกอ้อยที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสองระดับ คือ 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอ้อยที่ปลูกโดยมีเชื้อ Azotobacter ช่วยเพิ่มปริมาณผลได้ของอ้อย นั่นคือ ค่า commercial cane sugar percent (CCS%) ของอ้อยในแปลงทดลองสูงกว่าชุดการทดลองควบคุมที่ไม่มีการเติมเชื้อดังกล่าว

Jan *et al*. (2009) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพจาก Azotobacter ร่วมกับ Mycorrhizae และการใช้ปุ๋ยยูเรียต่อการเจริญของถั่วฟาบา (faba beans) พบว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพมีปริมาณคลอโรฟิลและคาร์โรทีนสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้พืชที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพยังมีปริมาณไนเตรทและกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเทส (nitrate reductase activity) สูงกว่าชุดควบคุม ในขณะที่พืชกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยยูเรียมีปริมาณโพรลีนมากกว่ากลุ่มที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพ นอกจากนี้พบว่าในพืชกลุ่มที่ได้รับปุ๋ยชีวภาพมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย

Khan *et al*. (2010) ศึกษาผลของแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ *Brassica Juncea* ซึ่งเป็นพืชน้ำมันของอินเดีย โดยการแช่เมล็ดพืชในน้ำที่มีการเติมเชื้อ Azotobacter และ

Azospirillum จากนั้นวิเคราะห์ความสูงของพืช น้ำหนักลำต้น น้ำหนักราก และผลได้ของเมล็ดพืช พบว่าการแช่เมล็ดพืชในน้ำจุลินทรีย์ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลได้ของพืชสูงขึ้น ทั้งนี้การใช้เชื้อร่วมกัน 2 ชนิด ช่วยให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลได้ สูงกว่าการใช้แบคทีเรียเพียงชนิดเดียวและการสูงกว่าในชุดควบคุมที่ไม่มีการแช่เมล็ดพืชในน้ำจุลินทรีย์ตามลำดับ

ข้าว (*Oryza sativa* L.)

เป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของประชากรในโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก โดยเฉพาะประเทศในเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าประเทศอื่น ๆ ของโลก การผลิต บริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียงร้อยละ 6 เท่านั้น ที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือประเทศไทย รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีนและพม่า ตามลำดับ สำหรับประเทศไทยถือว่าข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีสำคัญ และเป็นพืชไร่ที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งของประเทศ คนไทยเราบริโภคข้าวเป็นประจำทุก ๆ วัน นอกจากนี้ข้าวยังเป็นพืชที่นำรายได้เข้าประเทศปีละนับพันล้านบาท ในปี 2553 ประเทศไทยส่งออกข้าว 8,939,630 ตัน คิดเป็นมูลค่า 168,193.1 ล้านบาท (สำนักเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) ข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้าแฟมิลี Gramineae และอยู่ในจีนัส Oryza มีทั้งหมด 23 สปีชีส์ เป็นข้าวพันธุ์ป่า 21 สปีชีส์ และข้าวพันธุ์ปลูก 2 สปีชีส์ คือ *O. sativa* L. กับ *O. Glaberima* Steud. โดย *O.sativa* L. เป็นข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมาก เป็นข้าวที่มีการปลูกทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่นข้าวสปีชีส์นี้เป็นที่เชื่อกันว่ามีแหล่งกำเนิดแถบทางใต้ของทวีปเอเชีย เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแถบประเทศจีน ซึ่งคาดว่ามีการปลูกข้าวสปีชีส์นี้ในพื้นที่ดังกล่าวมากกว่า 10,000 ปีมาแล้ว (Chang, 1964) ข้าวพวก *O. sativa* L. แบ่งออกเป็น 3 สายพันธุ์ คือ Indica Japonica และ Javanica ข้าวพวก Indica ปลูกกันมากในประเทศ อินเดีย พม่า เวียดนาม มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ เป็นต้น Japonica ปลูกในประเทศจีนตอนเหนือและตะวันออก ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตอบอุ่น ส่วน Javanica เป็นข้าวที่พบปลูกในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น

แหล่งปลูกข้าวของโลก

การปลูกข้าวส่วนใหญ่อยู่ในแถบอบอุ่นและแถบร้อน ในปี 2551 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวรวมทั้งหมด 966,193 พันไร่ ให้ผลผลิตทั้งสิ้น 686,197 พันตัน ผลผลิตต่อไร่ 689 กิโลกรัม ประเทศที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยว ข้าวมากที่สุด คือ ประเทศ อินเดีย (275,000 พันไร่) ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 5 เท่ากับ 66,772 พันไร่ และประเทศที่ให้ผลผลิตสูงสุด ได้แก่ ประเทศจีน (193,354 พันตัน) ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 7 (31,651 พันตัน) ส่วนผลผลิตต่อไร่ สูงสุดได้แก่ ประเทศจีน (1,049 กิโลกรัม) ส่วนประเทศไทยผลผลิตต่อไร่จะต่ำที่สุด (474 กิโลกรัม) ในประเทศที่ให้ผลผลิตต่อไร่สูงจะปลูกข้าวพวก Japonica สำหรับประเทศที่ปลูกข้าว Indica ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 400-800 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตข้าวของโลก ปี 2551

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กิโลกรัม)
รวมทั้งหมด	**966,193**	**686,197**	**689**
จีน	184,333	193,354	1,049
อินเดีย	275,000	148,260	539

อินโดนีเซีย	76,932	60,251	783
บังกลาเทศ	73,381	46,905	639
เวียดนาม	46,339	38,725	836
พม่า	51,250	30,500	595
ไทย	66,772	31,651	474
ฟิลิปปินส์	27,875	16,816	603
บราซิล	17,885	12,100	677
ญี่ปุ่น	10,625	11,029	1,038
อื่นๆ	165,801	96,607	583

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552

การแบ่งชนิดของข้าว

1. แบ่งตามพื้นที่ปลูก ได้แก่

1.1 ข้าวไร่ (Upland Rice) คือข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดอน ไม่ชอบน้ำขัง หรือปลูกตามเชิงเขา ที่ลาดชัน แต่ละปีมีการปลูกข้าวไร่ในประเทศไทยกว่า 1 ล้านไร่ ส่วนมากอยู่ในภาคเหนือและภาคใต้ (ปลูกแซมยางพารา) การปลูกข้าวไร่กระทำโดยการถางโค่นป่า เผา และปลูกโดยไม่มีการเตรียมดิน มักไม่มีการใส่ปุ๋ย เป็นการปลูกที่ใช้ความอุดมสมบูรณ์ที่สะสมอยู่ในดิน เพราะเมื่อปลูกไป 1 - 2 ปี ความสมบูรณ์ของดินถูกใช้หรือถูกชะล้างไปมาก จนเกษตรกรต้องย้ายพื้นที่ปลูกไปยังที่ใหม่

1.2 ข้าวนาสวน (Lowland rice) คือข้าวที่ปลูกในสภาพนาที่มีน้ำขัง 5 - 10 เซนติเมตร จนถึงระดับ 70 - 80 เซนติเมตร หรือไม่มีน้ำขัง ซึ่งสามารถปลูกในฤดูปกติ (เรียกนาปี) หรือนอกฤดู (เรียกนาปรัง)

1.3 ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (Deep water rice) คือข้าวที่ปลูกในพื้นที่ซึ่งมีน้ำลึกตั้งแต่ 80 เซนติเมตร ขึ้นไปจนถึง 3 - 5 เมตร แต่ส่วนใหญ่ระดับน้ำลึก 1 - 2 เมตร (ขณะปลูกน้ำยังไม่ขังหรือขังเล็กน้อย) ข้าวนาเมืองปลูกโดยวิธีหว่านข้าวแห้ง

2. แบ่งตามฤดูกาลการปลูก ได้แก่

2.1 ข้าวนาปี เป็นพันธุ์ข้าวที่ปลูกในฤดูปกติ คือปลูกในต้นฤดู หรือกลางฤดูฝน เก็บเกี่ยวในปลายฤดูฝน ข้าวพวกนี้มีความไวต่อช่วงแสง (sensitive to photoperiod) คือ ออกดอกเมื่อความยาวของวันสั้นลงจนถึงช่วงแสงวิกฤติ (critical day length) ซึ่งส่วนมากสั้นกว่า 12 ชั่วโมง สามารถแบ่งข้าวพวกนี้ออกได้เป็นพันธุ์เบา พันธุ์กลาง และพันธุ์หนัก ซึ่งต้องการวันสั้นน้อย ปานกลาง และมาก ตามลำดับ ข้าวพันธุ์เบาสามารถปลูกนอกฤดูปกติ (นาปี) ได้ แต่พันธุ์หนักไม่สามารถปลูกได้เพราะนอกฤดูปกตินั้น ช่วงแสงวิกฤติจะยาวกว่าต้องการ

2.2 ข้าวนาปรังคือข้าวที่สามารถปลูกนอกฤดูปลูกปกติได้ เป็นพวกไม่ไวแสง (nonesensitive to photoperiod) จึงสามารถปลูกได้ตลอดปี

3. แบ่งตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดข้าวสาร ได้แก่

3.1 ข้าวเจ้า (non-glutinous rice) เป็นพวกที่มีแป้งพวกอมิโลเพคติน (amylopectin) สูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ และเป็นพวกอมิโลส (amylose) ต่ำประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหุงแล้วจะร่วนไม่เกาะกัน

3.2 ข้าวเหนียว (glutinous rice หรือ sticky rice) เป็นข้าวที่เมล็ดมีแป้งพวก amylopectin ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และเป็น amylose ประมาณ 7 - 10 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหุงแล้วเมล็ดจะเหนียวเกาะกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติของ amylopectin เมื่ออุ้มน้ำมาก ๆ

4. แบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว ได้แก่

4.1 ข้าวเบา (early variety) เป็นพวกที่มีอายุสั้น เก็บเกี่ยวได้เร็ว เช่น ถ้าปลูกตามปกติสามารถเก็บเกี่ยวได้ในเดือนกันยายน-ตุลาคม อายุเก็บเกี่ยวต่ำกว่า 120 วัน

4.2 ข้าวกลาง (medium variety) เป็นพวกที่มีอายุยาวขึ้นกว่าพันธุ์เบา สามารถเก็บเกี่ยวก่อนสิ้นเดือนธันวาคม มีอายุเก็บเกี่ยว 120 - 140 วัน

4.3 ข้าวพันธุ์หนัก (late variety) เป็นพวกที่สามารถเก็บเกี่ยวได้หลังเดือนธันวาคม มีอายุเก็บเกี่ยวมากกว่า 140 วัน

ระยะการเจริญเติบโตของข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นับจากการงอกของกล้าจากเมล็ดไปถึงระยะเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตแบ่งได้เป็น 3 ระยะ คือ

1. ระยะกล้า (seedling stage) นับจากงอกจากเมล็ดจนกระทั่งข้าวเริ่มแตกกอ ซึ่งกินเวลาประมาณ 20 วัน ข้าวมี 5 - 6 ใบ

2. ระยะแตกกอ (tillering stage) เริ่มจากข้าวแตกกอจนกระทั่งต้นข้าวเริ่มสร้างดอกอ่อนซึ่งต่อจากระยะกล้าไปอีก 30 - 50 วัน ถ้าเป็นข้าวพันธุ์ไวแสง ช่วงนี้จะยาวออก โดยรอวันที่มีช่วงสั้นลงจนถึงช่วงวิกฤต

3. ระยะสืบพันธุ์ (reproductive stage) นับจากการสร้างดอกอ่อน เริ่มจากการเปลี่ยนจากต้นแบนมาเป็นต้นกลม สร้างจุดกำเนิดช่อดอก (premordium of panicle) ต่อจากนั้นสร้างช่อดอก (panicle initiation) ดอกอ่อนจะขยายตัวใหญ่ขึ้นเป็นระยะตั้งท้อง (booting stage) เกิดช่อดอกที่สมบูรณ์อยู่ในการห่อหุ้มของใบธง (flag leaf) เมื่อข้าวตั้งท้องเต็มที่แล้วจะส่งช่อดอกออกจากกาบใบ ต่อจากนั้นจะผสมระหว่างละอองเกษร และดอกตัวเมียภายในดอกเดียวกันแล้วดอกก็บานออกเป็นการสิ้นสุดระยะสืบพันธุ์

4. ระยะสุกแก่ (ripening stage) ภายหลังการผสมเมล็ดจะพัฒนาผ่านระยะน้ำนม (milky stage) ระยะแป้ง (dough stage) และระยะสุกแก่

สภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมในการปลูกข้าว

ข้าวเป็นพืชที่สามารถปรับตัวได้กว้าง ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่ระดับน้ำทะเลถึง 2,500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเล สามารถเจริญได้ในสภาพน้ำขังตั้งแต่ 5-10 เซนติเมตร จนลึก 4 - 5 เมตร และในสภาพไร่ที่ไม่มีน้ำขัง แม้ข้าวเป็นพืชที่ชอบดินด่าง (pH < 7) แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH กว้าง 3 - 10 ปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ 200 มิลลิเมตร ขึ้นไป สำหรับในประเทศไทยนั้นทุกแหล่งที่ปลูกข้าวมีปริมาณน้ำฝน 1,000 มิลลิเมตรต่อปีขึ้นไป อย่างไรก็ดีฝนต้องมีการกระจายตัวดี De Datta (1981) กล่าวว่า ความต้องการน้ำของข้าวตั้งแต่ปลูกถึงเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 800 - 1,000 มิลลิเมตร

1. แสงและความยาวของวัน การปลูกข้าวในฤดูฝนมักให้ผลผลิตต่ำกว่าในฤดูแล้ง ทั้งนี้เพราะในฤดูฝนมีเมฆหมอกมาก ทำให้มีความเข้มของแสงน้อย จากการทดลองของสถาบันวิจัยข้าว พบว่า ข้าวพันธุ์เดียวกันเมื่อปลูกในฤดูแล้งให้ผลผลิตสูงกว่าปลูกในฤดูฝน 13.64 เปอร์เซ็นต์ ปกติข้าวเป็นพืชไวแสงและเป็นพืชวันสั้น (short day plant) ดังนั้นถ้าในช่วงใกล้ออกดอก ถ้ากลางวันยาวขึ้นจะทำให้ต้นข้าวไม่ออกดอกหรือออกดอกช้าไป (สำหรับประเทศไทยกลางวันยาวที่สุดอยู่ในเดือนมิถุนายน และสั้นที่สุดในปลายเดือนธันวาคม)

2. อุณหภูมิ อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวอยู่ระหว่าง 25 - 33 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำข้าวงอกช้า เจริญเติบโตช้าและออกดอกช้า

ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1

ชื่อพันธุ์ปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1) เป็นข้าวเจ้า ที่ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์ BKNA6-18-3-2 กับสายพันธุ์ PTT85061-86-3-2-1 ที่ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ในปี พ.ศ. 2533 ปลูกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ PTT90071-93-8-1-1 คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตรมีมติให้เป็นพันธุ์รับรอง เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2543 ลักษณะประจำพันธุ์ คือ เป็นข้าวเจ้า ต้นสูงประมาณ 104 - 133 เซนติเมตร

ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 104 - 126 วัน ทรงกอตั้ง ใบสีเขียวมีขน กาบใบและปล้องสีเขียว ใบธงยาวทำมุม 45 องศากับคอรวง รวงอยู่ใต้ใบธง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง มีขน มีหางยาวเล็กน้อย ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 3 - 4 สัปดาห์ เมล็ดข้าวกล้องกว้าง × ยาว × หนา เท่ากับ 2.1 × 7.6 × 1.7 มิลลิเมตร ปริมาณอมิโลส 15 - 19 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพข้าวสุกนุ่มเหนียว มีกลิ่นหอมอ่อน ผลผลิตสูงประมาณ 650 - 774 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพเมล็ดคล้ายพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 ต้านทานโรคไหม้และโรคขอบใบแห้ง ค่อนข้างอ่อนแอเพลี้ยจักจั่นสีเขียว โรคใบหงิก และโรคใบสีส้ม ปลูกมากในเขตชลประทานในภาคกลาง (กรมการข้าว, 2554) เนื่องจากช่วงทำการทดลองอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงธันวาคม จึงเลือกใช้ข้าวสายพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง สามารถปลูกได้ตลอดปี เป็นข้าวอายุสั้น เก็บเกี่ยวได้เร็ว (120 วัน) และเนื่องจากข้าวไม่ไวแสงมีความต้องการไนโตรเจนสูงกว่าหรือมีการตอบสนอง (sensitive) ต่อไนโตรเจนน้อยกว่าข้าวไวแสง ซึ่งจะเห็นได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟต (20 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน) ข้าวไวแสงใส่ 4 - 12 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวไม่ไวแสงใส่ 12 - 22 กิโลกรัมต่อไร่ หรือถ้าเป็นปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์ (25 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน) ข้าวไวแสงใส่ 4 - 10 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวไม่ไวแสงใส่ 10 - 13 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยยูเรีย (45 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน) ข้าวไวแสงใส่ 2 - 6 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวไม่ไวแสงใส่ 6 - 10 กิโลกรัมต่อไร่ (วัชรินทร์, 2527)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลา	เริ่มต้นดำเนินการ	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2561
	สิ้นสุดการวิจัย	เดือนกันยายน พ.ศ. 2563

สถานที่ดำเนินการ

ห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

แปลงเกษตรกรพื้นที่ดินเหนียว หมู่บ้านท่าคอย ตำบลบางงาม อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี

จุดพิกัด 47P 0613474 UTM 1613934

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างดิน เช่น พลั่วมือ ถุงพลาสติก ยางวง
2. อุปกรณ์เครื่องแก้ว สารเคมีสำหรับเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณกรดจัสโมนิค
3. ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว ประกอบด้วย เชื้อราเอนโดไฟต์ P11 รูปแบบผงละลายน้ำสำหรับแปลงเพาะกล้า ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ และรูปแบบผงละลายน้ำ ได้แก่ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน 42 และแบคทีเรียละลายซิลิเกต CP31/1 ใส่ในแปลงปักดำ
4. ปุ๋ยหมักตราบอลลูน
5. ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0
6. เมล็ดพันธุ์ข้าวปทุมธานี 1
7. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ถุงตาข่ายสีฟ้า ไม้วัดความสูง ตาชั่งกระสอบเก็บผลผลิต ตู้อบตัวอย่างพืชเพื่อใช้อบพืชในการหาน้ำหนักแห้ง
8. อุปกรณ์วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ คอมพิวเตอร์ โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป

วิธีการ

1. ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 ในดินเหนียว

1. ศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว

1.1 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 8 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ ได้แก่

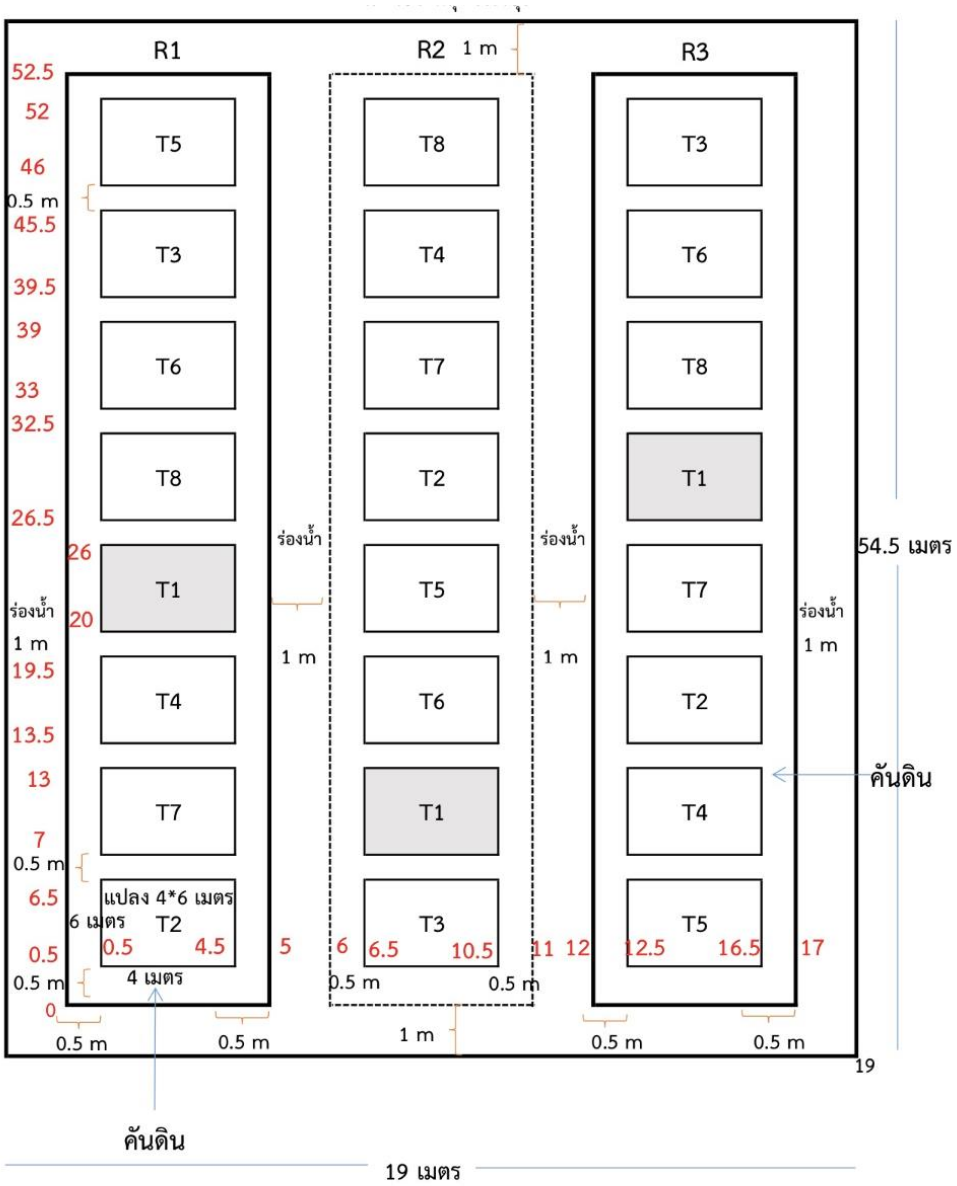
ตำรับทดลองที่ 1 ควบคุม
ตำรับทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมี อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน
ตำรับทดลองที่ 3 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ
ตำรับทดลองที่ 4 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%
ตำรับทดลองที่ 5 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%
ตำรับทดลองที่ 6 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง
ตำรับทดลองที่ 7 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%
ตำรับทดลองที่ 8 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง+ ปุ๋ยเคมี 70%

1.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.2.1 คัดเลือกพื้นที่แปลงทดลองที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดำเนินการในพื้นที่แปลงเกษตรกร ตำบลบางงาม อำเภอศรีประจันต์ จังหวัดสุพรรณบุรี พื้นที่เป็นกลุ่มชุดดินที่ 4 ชุดดินชัยนาท เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว มีปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.4)

ลักษณะของชุดดิน ชัยนาท (Cn)

การจำแนกดิน (USDA)	Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Aeric (Vertic) Endoaquepts
สภาพพื้นที่	ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0 – 2 %
ภูมิสัณฐาน	ที่ราบน้ำท่วมถึง
วัตถุต้นกำเนิดดิน	ที่ตะกอนน้ำพา
การระบายน้ำ	ค่อนข้างเลวถึงเลว
การซึมผ่านได้ของน้ำ	ช้า
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน	ช้า
ลักษณะสมบัติของดิน	เป็นดินลุก ดินบนเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีผสมของสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม ปฏิกิริยาดินเปนกรดเล็กน้อยถึงเปนดางปานกลาง (pH 6.5 - 8.0) พบรอยไถล และหน้าอัดมันในดินลาง ในฤดูแล้งหน้าดินจะแตกระแหง ดินลางเนื้อดินเปนดินเหนียว สีผสมของสีเทากับสีน้ำตาลปนเหลืองเข้มถึงสีเทา ปฏิกิริยาดินเปนกลางถึงเปนดางปานกลาง (pH 7.0 - 8.0)
ขอจำกัด	มีน้ำทวมขังในฤดูฝนนาน
ข้อเสนอแนะ	ควรเพิ่มความอุดมสมบูรณของดินด้วยการปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้ปุยอินทรีย และปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสม หลังฤดูการทำนาควรปลูกพืชอายุสั้นหรือพืชปรับปรุงดิน



หมายเหตุ : แปลงกว้าง 19 ม.X ยาว 54.5 ม. แปลงย่อยขนาด 4 เมตรX 6 เมตร จำนวน 24 แปลง
ระยะปลูก 20X20 ซม. จำนวนแถว 19 แถว ระยะปักดำ 29 หลุม/1 แถว หลุมละ 3 ต้น
เพราะฉะนั้นใช้กล้าข้าวปักดำจำนวน 29x3 ต้นx19แถว = 1,653 ต้น/1 แปลงย่อย
****ถ้า 24 แปลงย่อยใช้กล้าจำนวน = 1,653x24 =39,672 ต้น** **พท. 1,035.5 ตร.ม.**

ภาพที่ 1 แผนผังแปลงวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 ในดินเหนียว จ.สุพรรณบุรี

1.2.2 การเตรียมพื้นที่ ไถดะ ตากดินทิ้งไว้ แล้วไถแปรปรับสภาพแปลงให้ราบเรียบ แบ่งพื้นที่แปลงย่อยขนาด 4 x 6 เมตร จำนวน 24 แปลงย่อย คันดินแบ่งแปลงย่อยกว้าง 25 เซนติเมตร ทำร่องระบายน้ำกว้าง 1 เมตร

1.2.3 การปลูกข้าวปทุมธานี 1 โดยการปักดำใช้อายุกล้าประมาณ 30 วัน ปักดำจับละ 2 - 3 ต้น ระยะปักดำ 25 X 25 เซนติเมตร

1.2.4 การใส่ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพนาข้าว

1) เชื้อราเอนโดไฟต์ P11 รูปแบบผงละลายน้ำใส่ในแปลงเพาะกล้า แปลงเพาะกล้ามี 2 แปลง ดังนี้ แปลงที่ 1 สำหรับเพาะกล้าใช้ในตำรับทดลองที่ 1 และ 2 ไม่ต้องใส่เชื้อราเอนโดไฟต์ P11 แปลงที่ 2 สำหรับเพาะกล้าข้าวเพื่อใช้ในตำรับทดลองที่ 3 4 5 6 7 และ 8 ใส่เชื้อราเอนโดไฟต์ P11 อัตรา 100 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่

2) ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน 42 และแบคทีเรียละลายซิลิเกต CP31/1 ตำรับทดลองที่ 3 4 และ 5 อัตราการใช้ ดังนี้ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน 42 อัตรา 250 มิลลิลิลิตร และแบคทีเรียละลายซิลิเกต CP31/1 อัตรา 250 มิลลิลิลิตร ต่อน้ำ 50 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ ใส่ในแปลงระยะปักดำข้าว

3) ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงละลายน้ำ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน 42 และแบคทีเรียละลายซิลิเกต CP31/1 ตำรับทดลองที่ 6 7 และ 8 อัตราการใช้ ดังนี้ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจน 42 อัตรา 225 กรัม และแบคทีเรียละลายซิลิเกต CP31/1 อัตรา 225 กรัม ต่อน้ำ 50 ลิตร ต่อพื้นที่ 1 ไร่ ใส่ในแปลงระยะปักดำข้าว

1.2.5 การใส่ปุ๋ยเคมี

1) แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ระยะปักดำข้าว ครั้งที่ 2 ระยะกำเนิดช่อดอก

2) ตำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ใช้ปุ๋ยเคมี 46 - 0 - 0 อัตรา 26 กิโลกรัมต่อไร่

3) ตำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 13 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับทดลองที่ 5 และ 8 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46 - 0 - 0 อัตรา 18.2 กิโลกรัมต่อไร่

1.3 การเก็บข้อมูล

1.3.1 ข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวในแต่ละแปลงที่ระดับความลึก 0 - 15 เซนติเมตร โดยนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทุกตำรับทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว

1.3.2 ข้อมูลข้าวปทุมธานี 1

1) การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง และการแตกกอ

2) ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตข้าวที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองโดยใช้ Fisher's Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินเหนียว

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

สมบัติทางเคมีของดิน ปีที่ 1

จากการจำแนกดิน พบว่าดินในแปลงทดลองอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 4 ชุดดินชัยนาท ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน พบว่าดินก่อนการทดลองมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 6.40 มีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูงมาก คือ 1.39 เปอร์เซ็นต์ 303 และ 216 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

หลังการทดลองได้มีการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร วิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน พบว่า

1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จากการทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 7.33 – 7.77 ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 7.77 และ 7.67 ตามลำดับ โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 4 และ 5) ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 7.57 7.43 และ 7.57 ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 7 และ 8) ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 7.50 7.53 และ 7.33 ตามลำดับ การใช้ดังตารางที่ 3

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากการทดลองพบว่า อินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.36 - 1.83 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง ยกเว้นตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุด 1.36 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) ปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.82 เปอร์เซ็นต์ โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 และ 7) มีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น โดยปริมาณอินทรียวัตถุ 1.67 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำและใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 และ 4) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 1.58 และ1.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 1.66 และ1.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในช่วง 242.33 – 295.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าดินก่อนการทดลอง ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 303.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 7 และ 8) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 295.00 283.00 และ 291.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 4 และ 5) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 272.33 242.33 และ 244.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 265.67 และ 249.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน จากการทดลองพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 101.43 – 118.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลองซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 216 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าทุกตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงสุด (ตำรับทดลองที่ 8) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 118.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 109.60 และ 110.93 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 4 และ 5) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 101.93 105.27 และ 101.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน 115.93 และ 109.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 3

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินปีที่ 1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 7.33 – 7.77 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ระหว่าง 1.36 - 1.83 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 และ 7) มีอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น มากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 และ 4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในช่วง 242.33 – 295.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้อยกว่าดินก่อนการทดลอง และพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 7 และ 8) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกตำรับทดลอง โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 101.43 – 118.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าทุกตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินก่อนและหลังการทดลอง ปีที่ 1

ตำรับทดลอง		pH	OM (%)	Aval.P (mg/kg)	Aval.K (mg/kg)
ดินก่อนการทดลอง		6.40	1.39	303.00	216.00
T1	ควบคุม	7.77	1.83	265.67	115.93
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.67	1.66	249.00	109.43
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	7.57	1.58	272.33	101.93
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	7.43	1.44	242.33	105.27
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	7.57	1.67	244.00	101.43
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	7.50	1.67	295.00	109.60
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	7.53	1.50	283.00	110.93
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	7.33	1.36	291.67	118.43
CV (%)		3.09	17.30	10.42	11.88
F-test		ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ปีที่ 2

1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าว ตำรับทดลองที่มีการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.30 แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 3 และ 4) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 7.50 และ 7.47 ตามลำดับ โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) มีความเป็นกรดเป็นด่างของดิน 7.47 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับตำรับทดลองที่ 7 และ 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 7.20 และ 7.27 ตามลำดับ โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นด่างเล็กน้อย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเป็นกลาง ดังตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.43 – 7.77 โดยตำรับควบคุม และตำรับทดลองที่ 2 ใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงจาก 7.63 เป็น 7.43 และค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลงจาก 7.63 เป็น 7.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.26 - 1.52 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.52 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.47 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) หลังการทดลอง

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ระหว่าง 1.42 – 2.05 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุสูงขึ้นเล็กน้อยหลังทดลองในทุกตำรับทดลอง โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด 2.05 เปอร์เซ็นต์ และสูงกว่าตำรับควบคุม มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.85 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 262.33 – 316.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4) หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในตำรับควบคุม และตำรับใส่ปุ๋ยเคมี อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 1 และ 2) ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 328.67 และ 331.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และพบว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ (ตำรับทดลองที่ 3 – 8) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 228.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุมและตำรับใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 1 และ 2) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 328.67 และ 331.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 101.27 – 111.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) และการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 101.77 เป็น 118.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 102.60 เป็น 109.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจาก 101.27 เป็น 106.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเพิ่มขึ้นจาก 108.10 เป็น 120.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินปีที่ 2 การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเป็นด่างเล็กน้อย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเป็นกลาง หลังทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวแต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.43 – 7.77 ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.26 - 1.52 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกับก่อนการทดลอง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ระหว่าง 1.42 – 2.05 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุสูงขึ้นเล็กน้อยหลังทดลองในทุกตำรับทดลอง โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 262.33 – 316.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในตำรับควบคุม และตำรับใส่ปุ๋ยเคมี อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 1 และ 2) ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 101.27 – 111.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับดินหลังทดลองปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) และการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8)

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ปีที่ 2

ตำรับทดลอง		pH	OM (%)	Aval.P (mg/kg)	Aval.K (mg/kg)
T1	ควบคุม	7.63a	1.47	262.33	101.77
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.63a	1.52	270.33	102.60
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	7.50ab	1.40	283.67	101.27
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	7.47b	1.37	302.33	103.27
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	7.30c	1.26	313.33	110.93
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	7.47b	1.35	290.67	102.10
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	7.20c	1.26	302.33	111.27
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	7.27c	1.30	316.67	108.10
CV (%)		1.23	9.32	12.35	12.77
F-test		**	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง ปีที่ 2

ตำรับทดลอง		pH	OM (%)	Aval.P (mg/kg)	Aval.K (mg/kg)
T1	ควบคุม	7.43	1.85	328.67a	118.67
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.50	1.79	331.67a	109.33
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	7.70	1.42	282.33ab	106.67
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	7.53	1.51	269.67bc	95.33
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	7.53	2.05	258.00bc	98.67
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	7.60	1.43	288.67ab	90.67
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	7.70	1.52	228.33c	89.00
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	7.77	1.48	282.00ab	120.00
CV (%)		2.41	19.51	10.39	18.48
F-test		ns	ns	*	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน ปีที่ 3

1) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.47 – 7.77 โดยใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.77 และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำสุด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.47 โดยตำรับควบคุม การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 1 3 และ 5) ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 7.57 7.73 และ 7.53 ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 6 7 และ 8) ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเท่ากับ 7.63 7.57 และ 7.50 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงทุกตำรับทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.22 – 7.50 โดยใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงสุด มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 7.50 และใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำสุด 7.47 ดังตารางที่ 7

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.39 - 1.86 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 6 ปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุดโดยใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.86 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ 1.82 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำสุด 1.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองไม่มีความ

แตกต่างทางสถิติ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ระหว่าง 1.54 – 2.16 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นเล็กน้อยในทุกตำรับทดลอง ยกเว้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีค่าอินทรียวัตถุลดลงเท่ากับ 1.65 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 7

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 244.67–306.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด เท่ากับ 244.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าใช้ ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด มีปริมาณ 244.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 6 และพบว่าหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 212.00 – 269.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าทุกตำรับทดลองปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงยกเว้นตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) ดังตารางที่ 7

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน จากการทดลองพบว่า ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 113.33 – 193.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด 193.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด 113.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังตารางที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบหลังการทดลองทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 119.33 – 158.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6 – 8) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 128.33 141.00 และ 132.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินปีที่ 3 ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.47 – 7.77 เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองพบว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินลดลงทุกตำรับทดลอง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.22 – 7.50 ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.39 - 1.86 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลังทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ระหว่าง 1.54 – 2.16 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงขึ้นเล็กน้อยในทุกตำรับทดลอง ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 244.67–306.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระหว่าง 212.00 – 269.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ก่อนการปลูกข้าวทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน อยู่ในช่วง 113.33 – 193.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ปีที่ 3

ตำรับทดลอง		pH	OM (%)	Aval.P (mg/kg)	Aval.K (mg/kg)
T1	ควบคุม	7.57	1.82	252.67	121.33
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.77	1.70	244.67	159.67
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	7.73	1.77	281.33	143.67
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	7.47	1.56	306.00	140.67
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	7.53	1.86	295.67	193.33
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	7.63	1.41	264.67	113.33
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	7.57	1.80	265.67	140.33
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	7.50	1.39	285.33	127.33
	CV (%)	1.88	13.68	13.54	23.14
	F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง ปีที่ 3

ตำรับทดลอง		pH	OM (%)	Aval.P (mg/kg)	Aval.K (mg/kg)
T1	ควบคุม	7.37	2.07	269.33	154.00
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.29	2.16	228.67	158.33
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	7.29	1.89	244.33	138.67
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	7.35	2.02	236.67	141.00
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	7.24	1.65	212.00	119.33
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	7.22	1.54	243.00	128.33
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	7.26	1.84	250.33	141.00
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	7.50	1.93	253.67	132.33
	CV (%)	2.50	17.30	10.42	11.88
	F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในดินปีที่ 1

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เอนโดไฟท์ในแปลงเพาะกล้ามีปริมาณ $1.3x10^{7}$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม สำหรับปริมาณแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ 2 สายพันธุ์ คือ *Azospirillum brasilence* และ Silicate bacteria ซึ่งเป็น *Bacillus megaterium* ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวทั้งรูปแบบน้ำและรูปแบบผง พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ *A. brasilence* ในตำรับทดลอง

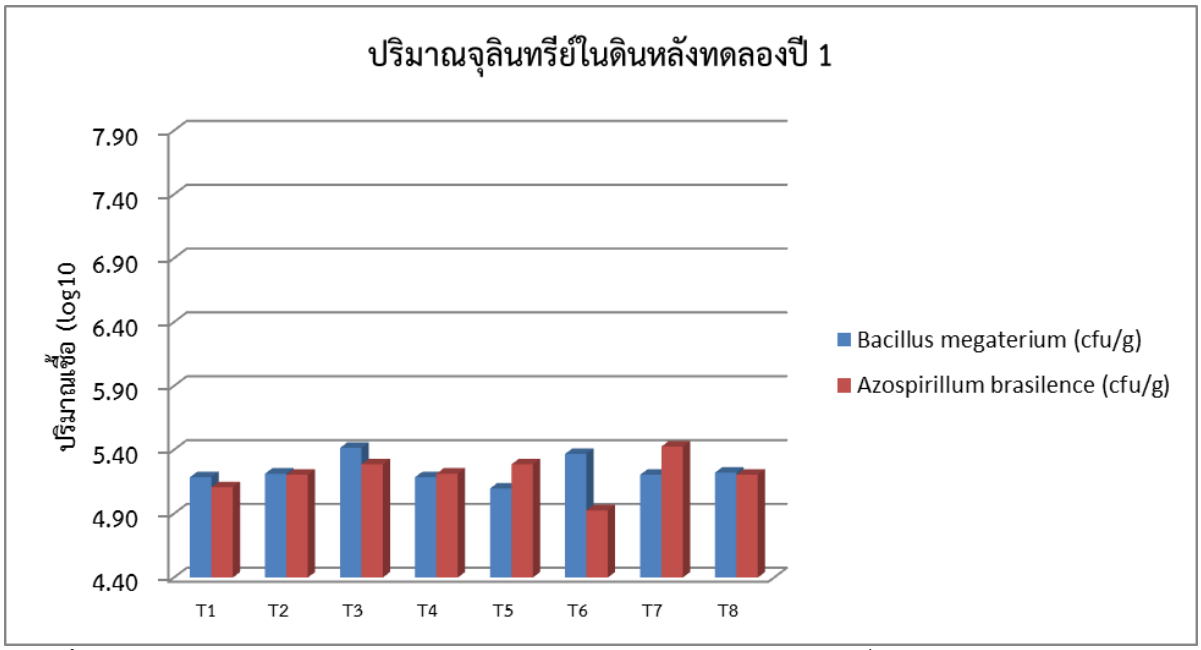
มีปริมาณอยู่ในช่วง $8.4x10^4$ – $2.7x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม และพบว่าตำรับทดลอง 7 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ *A. brasilence* สูงสุด $2.7x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 3 และ 5 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำและใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ *A. brasilence* เท่ากันเท่ากับ $1.9x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม สำหรับ *B. megaterium* อยู่ในช่วง $1.2x10^5$ – $1.7x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม พบว่าตำรับทดลองที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ พบปริมาณ *B. megaterium* สูงสุด $2.6x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับ 7 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ $2.3x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม ดังกราฟที่ 1

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในดินปีที่ 2

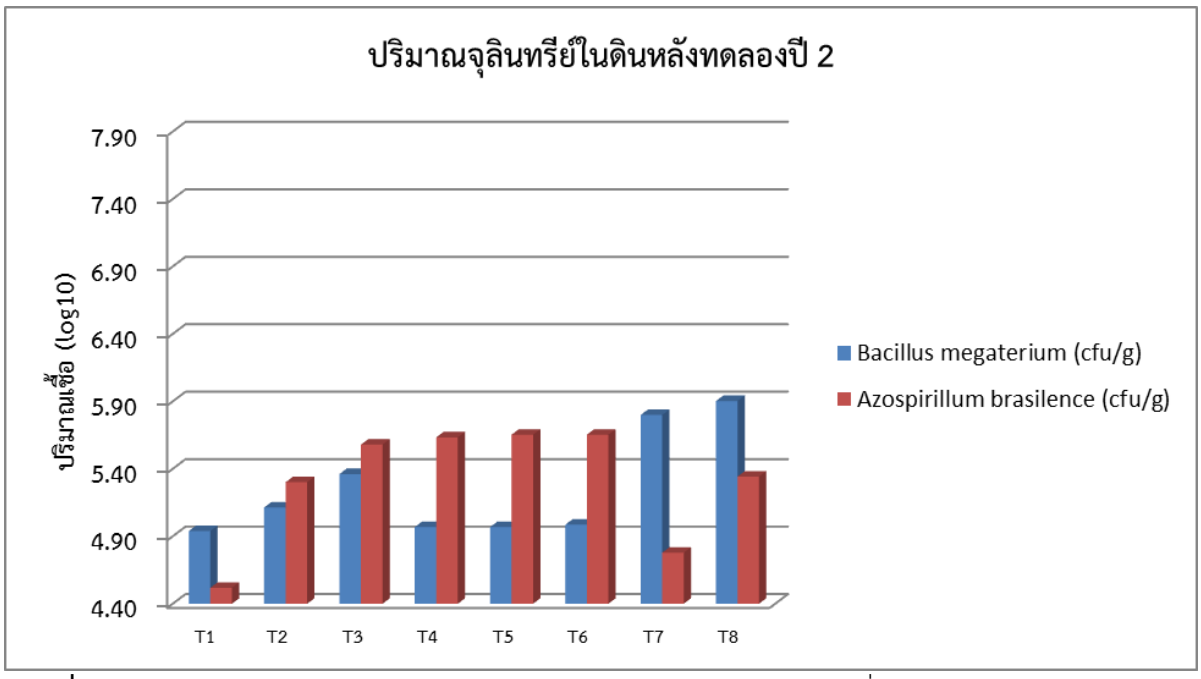
ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เอนโดไฟท์ในแปลงเพาะกล้ามีปริมาณ $1.3x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม และ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ *A. brasilence* ในตำรับทดลองมีปริมาณอยู่ในช่วง $8.4x10^4$ – $2.6x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม และพบว่าตำรับทดลอง 7 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ *A. brasilence* สูงสุด $2.7x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 3 และ 5 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ *A. brasilence* เท่ากันเท่ากับ $1.9x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม สำหรับ *B. megaterium* อยู่ในช่วง $1.2x10^5$ – $1.7x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม พบว่าตำรับทดลองที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ พบปริมาณ *B. megaterium* สูงสุด $2.6x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 6 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงมีปริมาณจุลินทรีย์ $2.3x10^5$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม ดังกราฟที่ 2

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในดินปีที่ 3

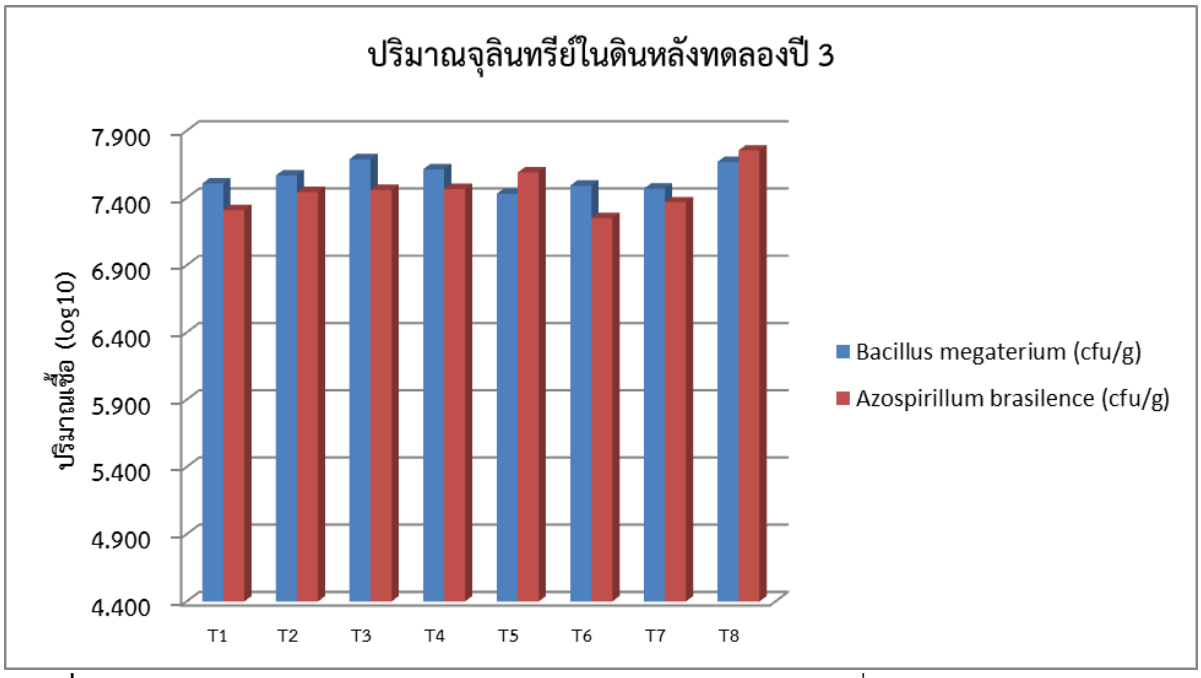
ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์เอนโดไฟท์ในแปลงเพาะกล้ามีปริมาณ $1.5x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม และ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ *A. brasilence* ในตำรับทดลองมีปริมาณอยู่ในช่วง $2.0x10^7$ – $5.7x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม และพบว่าตำรับทดลอง 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ *A. brasilence* สูงสุด $5.7x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 5 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณ *B. megaterium* อยู่ในช่วง $2.7x10^7$ – $4.9x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม พบว่าตำรับทดลองที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ พบปริมาณ *B. megaterium* สูงสุด $4.9x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม รองลงมาคือตำรับ 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณจุลินทรีย์ $4.7x10^7$ จำนวนโคโลนีต่อกรัม ดังกราฟที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ในดินปีที่ 3 พบว่าสูงกว่าในปีที่ 1 และ 2 อาจเนื่องจากเมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพเป็นเวลานานจะเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้มากขึ้นในดินซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพคือจุลินทรีย์ที่อยู่ในปุ๋ยว่ายังคงมีชีวิตในระหว่างการผลิต การขนส่งและเก็บรักษา ตลอดจนสามารถแสดงกิจกรรมส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้เมื่อนำไปใช้งานในแปลงปลูกพืชจริง Brar *et al*. (2012) รายงานว่าปุ๋ยชีวภาพที่อยู่ในรูปน้ำมักจะมีอายุในการเก็บรักษาได้ยาวนานกว่าการเก็บในรูปแบบแห้ง ซึ่งเป็นการนำเอารูปแบบน้ำมาคลุกผสมกับสารตัวพาทั้งนี้ปุ๋ยน้ำมักมีสารอาหารที่ช่วยปกป้องเซลล์และเหนี่ยวนำจุลินทรีย์ให้มีการสร้างสปอร์หรือซีสต์ซึ่งช่วยให้เก็บรักษาได้ยาวนาน



ภาพที่ 2 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวหลังทดลองปีที่ 1



ภาพที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวหลังทดลองปีที่ 2



ภาพที่ 4 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวหลังทดลองปีที่ 3

2. การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว

1. การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1

1.1 การเจริญเติบโตของข้าว ปีที่ 1

1.1.1 ความสูงระยะเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตด้านความสูง จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีการเจริญด้านความสูงสูงที่สุดคือ 120 เซนติเมตร รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 4 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างจากตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำและผง (ตำรับทดลองที่ 3 และ 6) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ดังตารางที่ 8

1.1.2 จำนวนต้นต่อกอ

จากการทดลองพบว่า ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนต้นต่อกออยู่ในช่วง 13.00 – 16.33 ต้น โดยมีแนวโน้มว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) จำนวนต้นต่อกอสูงสุด เท่ากับ 16.33 ต้น ซึ่งสูงกว่าตำรับควบคุมและตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 14.67 ต้น ดังตารางที่ 8

1.2 การเจริญเติบโตของข้าว ปีที่ 2

1.2.1 ความสูงระยะเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตด้านความสูง จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีการเจริญด้านความสูงสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสูงคือ 94.17 และ 93.27 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างจากตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ซึ่งมีความสูงคือ 81.73 เซนติเมตร และพบว่าทุกตำรับทดลองที่ใส่ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว ยกเว้น

ตำรับทดลองที่ 6 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ดังตารางที่ 9

1.2.2 จำนวนต้นต่อกอ

จากการทดลองพบว่า ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนต้นต่อกออยู่ในช่วง 9.67 – 13.00 ต้น โดยมีแนวโน้มว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำทุกตำรับทดลอง (ตำรับทดลองที่ 3-5) มีจำนวนต้นต่อกอสูงกว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6-8) และพบว่าเมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำและรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5 และ 7) มีแนวโน้มจำนวนต้นต่อกอสูงกว่าตำรับปุ๋ยเคมี ซึ่งจำนวนต้นต่อกอ คือ 13.00 และ 12.67 ต้น ตามลำดับ โดยตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีจำนวนต้นตอกอ คือ 11.67 ต้น ดังตารางที่ 9

1.3 การเจริญเติบโตของข้าว ปีที่ 3

1.3.1 ความสูงระยะเก็บเกี่ยว

การเจริญเติบโตด้านความสูง จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีการเจริญด้านความสูงสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70% ความสูงคือ 91.53 และ 90.63 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างจากตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีความสูง 83.63 เซนติเมตร ดังตารางที่ 10

1.3.2 จำนวนต้นต่อกอ

จากการทดลองพบว่า ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนต้นต่อกออยู่ในช่วง 10.00 – 11.33 ต้น โดยมีแนวโน้มว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีแนวโน้มจำนวนต้นต่อกอสูงสุด คือ 11.33 ต้น ดังตารางที่ 10

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 8 ผลการเจริญเติบโตของข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินชัยนาท ปีที่ 1

ตำรับทดลอง		ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)
T1	ควบคุม	104.33c	14.67
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	120.00a	14.67
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	106.67c	16.33
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	116.00ab	15.00
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	107.33c	13.00
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	106.67c	14.33
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	111.67bc	14.67
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	110.67bc	14.33
	F-test	*	ns
	CV (%)	4.22	13.55

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 9 ผลการเจริญเติบโตของข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินชัยนาทปีที่ 2

ตำรับทดลอง		ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)
T1	ควบคุม	81.73d	11.67
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	94.17a	12.00
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	87.60bc	11.67
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	91.92ab	11.33
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	91.02ab	13.00
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	84.67cd	9.67
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	90.27ab	11.33
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	93.27a	12.67
	F-test	**	ns
	CV (%)	2.99	11.77

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ
** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 ผลการเจริญเติบโตของข้าวปทุมธานี 1 ที่ปลูกในดินเหนียว ชุดดินชัยนาท ปีที่ 3

ตำรับทดลอง		ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนต้นต่อกอ (ต้น)
T1	ควบคุม	83.63bc	10.33
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	89.08ab	10.67
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	81.50c	10.00
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	89.53ab	10.33
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	91.53a	11.33
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	81.92c	11.00
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	88.53c	10.33
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	90.63a	10.00
	F-test	*	ns
	CV (%)	4.13	18.01

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.4 ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 1

1.4.1 จำนวนรวงต่อกอ

จากการทดลองพบว่า จำนวนรวงต่อกอทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนรวงต่อกออยู่ระหว่าง 11.67 - 15.67 รวง ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) มีจำนวนรวงต่อกอสูงสุด คือ 15.67 รวง สูงกว่าตำรับควบคุมซึ่งมีจำนวนรวงต่อกอ 14.33 รวง รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) มีจำนวนรวงต่อกอเท่ากับ 14.67 รวง ดังตารางที่ 11

1.4.2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) และตำรับทดลองที่ 5 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าการทดลองอื่นซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำที่สุด คือ 18.92 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบใกล้เคียงกัน คือ 18.69 และ 18.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตำรับทดลองที่ 7 และ 5) ดังตารางที่ 11

1.4.3 น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักข้าว 100 เมล็ดทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีน้ำหนักข้าว 100 เมล็ด อยู่ในช่วง 2.64 - 2.78 กรัม ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) มีน้ำหนักข้าว 100 เมล็ดสูงสุด คือ 2.78 กรัม รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) 2.77 กรัม ดังตารางที่ 11

1.4.4 น้ำหนักผลผลิตที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่า ผลผลิตของข้าวซึ่งใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด คือ 822.22 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) และผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) ให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างจากตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี โดยให้ผลผลิตคือ 791.11 และ 777.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่ให้ผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุมซึ่งให้ผลผลิตข้าว คือ 662.22 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวทุกตำรับทดลองให้ผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 11

1.5 ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 2

1.5.1 จำนวนรวงต่อกอ

จากการทดลองพบว่า จำนวนรวงต่อกอทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนรวงต่อกออยู่ระหว่าง 9.67 - 11.67 รวง ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) และตำรับทดลองที่ 8 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนรวงต่อกอสูงสุด คือ 11.67 รวง สูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีจำนวนรวงต่อกอ 11.00 และ 10.67 รวง ตามลำดับ และพบว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง มีจำนวนรวงต่อกอต่ำสุดเท่ากับ 9.67 รวง ดังตารางที่ 11

1.5.2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 5) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าการทดลองอื่นและตำรับควบคุม ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำที่สุด คือ 17.98 เปอร์เซ็นต์ และใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 5 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ คือ 20.01 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าตำรับควบคุมมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุด คือ 32.40 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 11 การได้รับปุ๋ยที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการของข้าวไม่ว่าจะมากเกินไป (ตำรับทดลองที่) หรือน้อยเกินไป(ตำรับทดลองที่) อาจส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลในกระบวนการเจริญเติบโตของเมล็ดข้าวและส่งผลต่อเนื่องทำให้ข้าวมีสัดส่วนเมล็ดลีบเพิ่มมากขึ้น (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

1.5.3 น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด ในตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมี มีน้ำหนักข้าว 100 เมล็ดสูงสุด คือ 2.66 กรัม รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) คือ 2.63 กรัม และพบว่าใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงและรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 6 และ 3) ให้น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด ต่ำสุดใกล้เคียงกัน คือ 2.39 และ 2.42 กรัม ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมี ดังตารางที่ 11

1.5.4 น้ำหนักผลผลิตที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่า ผลผลิตของข้าวทุกตำรับทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีผลผลิตข้าวอยู่ระหว่าง 311.11 - 455.56 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด คือ 455.56 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) ให้ผลผลิตข้าวรองลงมาคือ 400.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตำรับทดลองที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 5) ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับตำรับควบคุม คือ 311.11 กิโลกรัมต่อไร่ ดังตารางที่ 11

1.6 ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 3

1.6.1 จำนวนรวงต่อกอ

จากการทดลองพบว่า จำนวนรวงต่อกอทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีจำนวนรวงต่อกออยู่ระหว่าง 6.67 - 8.67 รวง ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ (ตำรับทดลองที่ 3) มีจำนวนรวงต่อกอสูงสุด คือ 8.67 รวง รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 7 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ และตำรับควบคุม ซึ่งมีจำนวนรวงต่อกอเท่ากันคือ 8.33รวง และพบว่าตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนรวงต่อกอต่ำสุดเท่ากับ 6.67 รวง ดังตารางที่ 13

1.6.2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ

จากการทดลองพบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำกว่าการทดลองอื่น และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำที่สุด คือ 31.86 เปอร์เซ็นต์ และใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 7 เปอร์เซ็นต์

เมล็ดลีบ คือ 32.37 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบมากที่สุด คือ 39.93 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 13

1.6.3 น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด ในตำรับควบคุมมีน้ำหนักข้าว 100 เมล็ดสูงสุด คือ 5.58 กรัม รองลงมาคือ ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง (ตำรับทดลองที่ 6) และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) ให้น้ำหนักข้าว 100 เมล็ด ใกล้เคียงกัน คือ 5.39 5.26 และ 5.16 กรัม ตามลำดับ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ ซึ่งมีน้ำหนักข้าว 100 เมล็ดต่ำที่สุดเท่ากับ 3.62 กรัม ดังตารางที่ 13

1.6.4 น้ำหนักผลผลิตที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองพบว่า ผลผลิตของข้าวทุกตำรับทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีผลผลิตข้าวอยู่ระหว่าง 211.11 - 277.78 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ให้ผลผลิตข้าวสูงสุด คือ 277.78 กิโลกรัมต่อไร่ และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) ให้ผลผลิตข้าวรองลงมา และเท่ากันกับตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) คือ 266.67 กิโลกรัมต่อไร่ ดังตารางที่ 13

1.6.5 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย

จากการทดลองพบว่า น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี ผลผลิตรวมอยู่ระหว่าง 413.33 – 518.52 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 2) ให้ผลผลิตรวมสูงสุด คือ 518.52 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) และตำรับที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 8) น้ำหนักผลผลิตข้าวเฉลี่ย 467.41 และ 465.19 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พบว่าทุกตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพยกเว้น ตำรับทดลองที่ 3 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ ให้น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าตำรับควบคุม ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 11 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 1

ตำรับทดลอง		จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	%เมล็ดลีบ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
T1	ควบคุม	14.33	21.99bc	2.71	662.22c
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	14.00	23.14bc	2.75	822.22a
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	15.67	18.92a	2.64	662.22c
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	14.67	18.55a	2.78	791.11ab
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	11.67	22.21bc	2.75	768.89abc
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	14.00	21.58b	2.73	688.89bc
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	13.67	24.32c	2.73	777.78ab
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	14.33	18.69a	2.77	762.22abc
CV (%)		10.37	6.47	3.36	8.27
F-test		ns	**	ns	*

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 2

ตำรับทดลอง		จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	%เมล็ดลีบ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
T1	ควบคุม	11.00	32.40c	2.49abc	311.11
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	10.67	30.80c	2.66a	455.56
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	11.67	25.81b	2.42c	311.11
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	10.33	25.71b	2.56abc	344.44
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	11.33	20.01a	2.52abc	377.78
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	9.67	17.98a	2.39c	400.00
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	11.00	26.28b	2.46bc	333.33
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	11.67	28.59bc	2.63ab	366.67
CV (%)		12.22	9.82	3.90	19.40
		ns	**	*	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 13 ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวปทุมธานี 1 ปีที่ 3

	ตำรับทดลอง	จำนวนรวงต่อกอ (รวง)	%เมล็ดลีบ	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)
T1	ควบคุม	8.33	36.16abc	5.58a	266.67
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	7.33	33.09ab	4.99ab	277.78
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ	8.67	33.62ab	3.62c	211.11
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	8.00	31.86a	5.16 a	266.67
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	8.00	35.68abc	4.76abc	233.33
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง	8.00	37.05bc	5.26 a	222.22
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	8.33	32.37a	5.39a	255.56
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	6.67	39.93c	3.71bc	266.67
	CV (%)	19.47	7.14	16.19	16.49
	F-test	ns	*	*	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางที่ 14 ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวปทุมธานี 1

ตำรับทดลอง		น้ำหนักผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)			เฉลี่ย
		ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 3	
T1	ควบคุม	662.22c	311.11	266.67	413.33
T2	ปุ๋ยเคมี (อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน)	822.22a	455.56	277.78	518.52
T3	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบน้ำ	662.22c	311.11	211.11	394.81
T4	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 50%	791.11ab	344.44	266.67	467.41
T5	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบน้ำ + ปุ๋ยเคมี 70%	768.89abc	377.78	233.33	460.00
T6	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบผง	688.89bc	400.00	222.22	437.04
T7	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 50%	777.78ab	333.33	255.56	455.56
T8	ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าว รูปแบบผง + ปุ๋ยเคมี 70%	762.22abc	366.67	266.67	465.19
CV (%)		8.27	19.40	16.19	12.30
F-test		*	ns	ns	ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

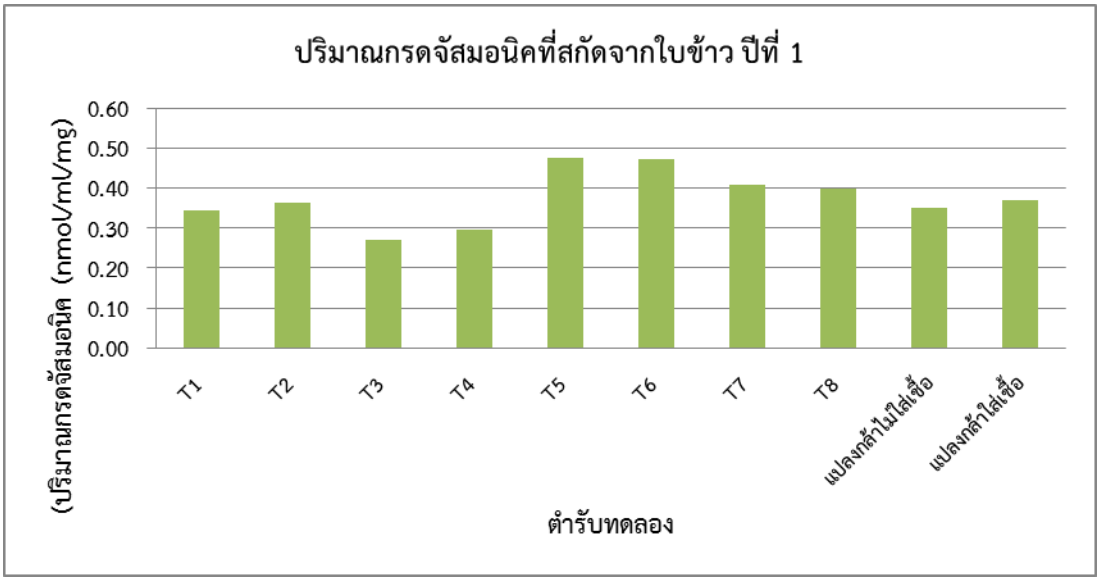
* = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4. การวิเคราะห์ปริมาณกรดจัสมอนิคหลังการทดลองด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

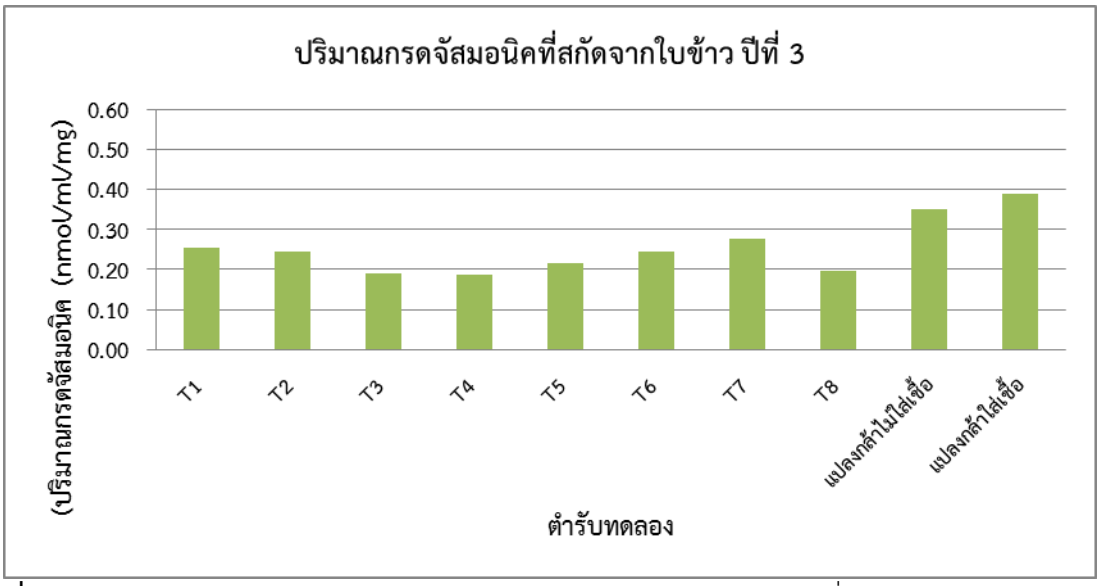
การวิเคราะห์ปริมาณกรดจัสมอนิค ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องต่อระบบภูมิคุ้มกันของพืชแบบ ISR เพื่อยืนยันว่าเชื้อราเอนโดไฟต์เข้าอาศัยอยู่ในข้าวปทุมธานี 1 ที่ใช้ในการทดลองจริง โดยใช้ชุดวิเคราะห์สำเร็จรูป Plant Jasmonic Acid (JA) ELISA Kit ซึ่งสกัดจากตัวอย่างใบข้าวอายุ 30 วัน (ช่วงเตรียมกล้า) และ 120 วัน (ก่อนเก็บเกี่ยว) สำหรับตำรับทดลองที่แช่รากในผลิตภัณฑ์เชื้อราเอนโดไฟต์ วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการแช่รากและเข้าสู่ใบข้าวในปีที่ 1 พบว่าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างกรดจัสมอนิคได้มากกว่าตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) โดยการใช้การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ การใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตำรับทดลองที่ 5 6 7 และ 8) ตำรับทดลองที่ 5 มีปริมาณกรดจัสมอนิคสูงสุด 0.48 นาโนโมลต่อมิลลิลิตร รองลงมาคือ ตำรับที่ 6 มีปริมาณกรดจัสมอนิค 0.47 นาโนโมลต่อมิลลิลิตร และพบว่าใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 50% (ตำรับที่ 7) ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 70% มีปริมาณกรดจัสมอนิค 0.41 และ 0.40 ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์รูปแบบน้ำและรูปแบบผงพบว่า การใช้ในรูปแบบผงพบปริมาณกรดจัสมอนิคที่สูงกว่าการใช้รูปแบบน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 5

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการแช่รากและเข้าสู่ใบข้าวในปีที่ 3 พบว่าตำรับที่ 7 ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการสร้างกรดจัสมอนิคได้มากกว่าตำรับควบคุม (ตำรับทดลองที่ 1) และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (ตำรับทดลองที่ 2) มีปริมาณกรดจัสมอนิคสูงสุด 0.48 นาโนโมลต่อมิลลิลิตร โดยการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผง (ตำรับที่ 5) ตำรับทดลองที่ 5 มีปริมาณกรดจัสมอนิคสูงสุด 0.28 นาโนโมลต่อมิลลิลิตร และเมื่อเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์รูปแบบน้ำและรูปแบบผงพบว่า การใช้ในรูปแบบผงพบปริมาณกรดจัสมอนิคที่สูงกว่าการใช้รูปแบบน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวหลังทดลองปีที่ 1



ภาพที่ 6 ปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวหลังทดลองปีที่ 3

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในดินเหนียว พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน กล่าวคือ ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงขึ้นกว่าตำรับทดลองอื่น และใกล้เคียงกับการใช้ผลิตภัณฑ์รูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์

2. การศึกษาประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวไม่ไวแสงในดินเหนียว พบว่า ตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 4) และตำรับทดลองที่ใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวรูปแบบผงร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ (ตำรับทดลองที่ 7) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่ำสุด การเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยสูงสุด 99.15 เซนติเมตร น้ำหนักเมล็ดลีบเฉลี่ยต่ำสุด 25.37 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักข้าว 100 เมล็ดเฉลี่ย 3.50 กรัม และให้ผลผลิตข้าวปทุมธานี 1 เฉลี่ยสูง 467.41 กิโลกรัมต่อไร่

3. เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ทั้งสองรูปแบบสามารถใช้ได้โดยถ้าใช้รูปแบบน้ำ ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรูปแบบผง ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์

4. ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดจัสมอนิค ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องต่อระบบภูมิคุ้มกันของพืชแบบ ISR เพื่อยืนยันว่าเชื้อราเอนโดไฟต์เข้าอาศัยอยู่ในข้าวปทุมธานี 1 พบว่าการใช้ในผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบผงพบปริมาณกรดจัสมอนิคสูงกว่าการใช้ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพรูปแบบน้ำ

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. การนำปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวไปใช้ควรแนะนำให้เพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตและอยู่รอดในดินได้

2. รูปแบบผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพสำหรับนาข้าวมีกระบวนการเลี้ยงในห้องปฏิบัติการแบบปลอดเชื้อและมีต้นทุนในการเลี้ยงที่สูงแต่มีรูปแบบที่ใช้ง่ายและสะดวก จึงควรมีการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจก่อนที่จะมีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม และควรคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก

3. ควรศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวในรูปแบบการใช้ปุ๋ยชีวภาพเนื่องจากอาจได้ผลผลิตไม่สูงมากแต่ต้นทุนหรือคุณภาพของผลผลิตอาจเป็นประเด็นที่สำคัญรองลงมา

เอกสารอ้างอิง

กมลาภา วัฒนประพัฒน์. 2549. **ผลของปุ๋ยพืชสดตระกูลถั่วต่อสมบัติทางเคมี และชีวภาพของดิน และผลผลิตข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **พืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. **ปุ๋ยอินทรีย์**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2542. **เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ**. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน. 2535. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรปุ๋ยชีวภาพ รุ่นที่ 9**. จัดพิมพ์โดย กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กิ่งกานท พานิชนอก. 2552. **ผลของการจัดการหญ้าแฝก พืชปุยสด และปุยเคมีที่มีตอผลผลิตของข้าวโพดและสมบัติของดินคลายชุดดินมาบบอนที่มีเนื้อรวนหยาบ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จารุวรรณ เฮียงมะณี. 2551. โครงการทดสอบการปลูกถั่วพุ่มร่วมกับปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น. 44. *ใน* สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, **รวบรวม รายงานผลการดำเนินงาน ปี 2550/2551**. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จักรกฤษณ์ หอมจันทน์ และสงัด ปัญญาพฤกษ์. 2545. **การศึกษาสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อไรโซเบียมที่สร้างปมรากวัชพืช และไม้ยืนต้นตระกูลถั่ว และเชื้อไรโซเบียมที่สร้างปมรากถั่วเศรษฐกิจ: การติดปมข้ามและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ**. รายงานการวิจัยทุนอุดหนุนทั่วไป มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จันทนา ศิริไพบูลย์ พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ จิตติมา ยถาภูธานนท์ จิตรา คล้ายมนต์ วิมล ปิ่นไพฑูรย์ และ A.B. Mvula. 2541. การใช้ 15n isotope dilution technique และ Acetylene Reduction assay ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อไรโซเบียมบางสายพันธุ์ในดินที่มี pH แตกต่างกัน. **วารสารดินและปุ๋ย** 20: 153-162.

จันทร์จรัส วีรสาร, อรุณศิริ กำลัง และวรรณา ปลื้มพวก. 2550. ผลของการปลดปล่อยไนโตรเจนจากมูลโคขุนและมูลโคเลี้ยงปล่อยต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้ง. **วิทยาสารกำแพงแสน** 5 (3): 19-26.

จิตรา เกาะแก้ว, มนต์ชัย มนัสสิลา, อมรรัตน์ ใจยะเสน, ธนวัฒน์ เสนเผือก และ ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง. 2559. การคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมและผลการใช้ไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเกิดปมและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์เชียงใหม่ 84-2. น. 350-357. *ใน* **รายงานการ**

ประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่54. ระหว่างวันที่ 2 - 5 กุมภาพันธ์ 2559. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2542. ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของไรโซเบียม, น. 83-123. *ใน* : **เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ**. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, ฉัตรพงศ์ บาลลา, นพพงศ์ จุลจอหอ, ทศพล ทองลาภ, ชำนาญ ฉัตรแก้ว, สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์ และสุจินต์ จินายน. 2551. **ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5**. แหล่งที่มา: http://www.ku.ac.th/kaset60/ku60/corn1.html, 24 มีนาคม 2551.

ณัฐา เฮงเจริญ. 2550. **การสะสมไนโตรเจนในถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดสำหรับข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในกระถางในชุดดินปากช่อง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2546. **ปุยอินทรียและปุยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใชประโยชน**.: สำนักพิมพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทกร บุญเกิด. 2529. **คูมือการใชเชื้อไรโซเบียม**. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,กรุงเทพฯ.

แนวหน้า. 2558. กรุงเทพฯ. 1 กันยายน 2558. หน้า 13.

ประชา นาคะประเวศ. 2544. **เอกสารวิชาการ เรื่อง การใช้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดินเพื่อเกษตรยั่งยืน**. กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประชา นาคะประเวศ และปรัชญา ธัญญาดี. 2538. **การใช้ปุ๋ยพืชสดปรับปรุงและบำรุงดิน**. กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประชา นาคะประเวศ, ธัชมน ภัสราเยี่ยงยงค์, และกมลาภา วัฒนประพัฒน์. 2545. ปุ๋ยพืชสด, น. 113-128. *ใน* **คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ** กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

ประชา นาคะประเวศ, ปรัชญา ธัญญาดี และพิรัชฌา วาสนานุกูล. 2538. **คู่มือการใช้ปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน**. กลุ่มอินทรียวัตถุและวัสดุเหลือใช้ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , กรุงเทพฯ.

ประชา นาคะประเวศ, ปรัชญา ธัญญาดี และพิรัชฌา วาสนานุกูล. 2543. พืชปุ๋ยสดบำรุงดิน. **วารสารพัฒนาที่ดิน** 37: 6-26.

ประดิษฐ์ บุญอำพล, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และบุญเลิศ บุญยงค์. 2532. ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับพืชตระกูลถั่วร่วมกับข้าวฟ่างเป็นพืชหลักต่อผลผลิตและคุณสมบัติของดิน. น 126-138. *ใน* **รายงานผลการวิจัยดิน-ปุ๋ยพืชไร่ 2532 เล่ม 1**. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ประพฤติ พรหมสมบูรณ์ และศิริวรรณ คิดประเสริฐ. 2540. อิทธิพลของเชื้อไรโซเบียมและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของถั่วเขียวพันธุ์กำแพงแสน1. น. 163 - 167. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติ ครั้งที่ 7**. ระหว่างวันที่ 2 - 4 ธันวาคม 2540. โรงแรมโกลเด้นแกรนด์ จังหวัดพิษณุโลก.

ปวีณา คงเมือง. 2552. **ผลของปุ๋ยพืชสดต่อระดับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในถั่วเหลืองฝักสด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ผกาทิพย์ จินตกานนท์. 2532. การใช้ตอซังข้าวโพดฝักอ่อนเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. **วารสารดินและปุ๋ย** 11 (1): หน้า 55–65.

พระใบฎีกาดำรงเกียรติ คำรังสี. 2555. **ผลของการเผาตอซังและการไถกลบถั่วพร้า (*Canavalia ensiformis* L.) ต่อสมบัติของดินและผลผลิตข้าวโพด (*Zea may* L.) ตำบลงอบ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พิกุล หรรษานิมิตรกุล. 2544. **อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิรัชฌา วาสนานุกูล, ประชา นาคะประเวศ, วิฑูร ชินพันธุ์, กมลาภา วัฒนประพัฒน์ และบุศกร ทวีคูณ. 2539. พืชปุ๋ยสดแห่งความหวังของการเร่งรัดการปรับปรุงบำรุงดิน. *ใน* **เอกสารการประชุม สัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การเร่งรัดการปรับปรุงบำรุงดิน" วันที่ 24-26 กันยายน 2539** โรงแรมดุสิต ไอร์แลนด์รีสอร์ท จังหวัดเชียงราย.

พิมประภา สินค้ำคูณ. 2557. **ผลของปุยพืชสดและการจัดการปุยไนโตรเจนสำหรับมันสำปะหลังและข้าวโพดหวานที่ปลูกตอเนื่องกันในดินวาริน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. 2549. อิทธิพลของปุ๋ยพืชสดต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. **แก่นเกษตร** 34: 218-223.

มงคล พานิชกุล, สันติ ธีราภรณ์, ประดิษฐ์ บุญอำพล และหริ่ง มีสวัสดิ์. 2539. การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยเคมีกับข้าวโพดหวานที่ปลูกอย่างต่อเนื่องในดินทรายภายใต้การจัดการโดยใช้ถั่วพร้าเป็นพืชบำรุงดิน, น. 33 *ใน* **บทคัดย่อผลงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ ปี 2539**. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. **ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถดิษฐ วงศมานีโรจน และชัยสิทธิ ทองจู. 2541.**ปฐพีวิทยาเบื้องตน**. สำนักพิมพมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร. กรุงเทพฯ. 547 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2548. ความตองการธาตุอาหารของพืชไรและพืชสวน. *ใน* **เอกสารประกอบการฝึกอบรมบุคลากรกรมพัฒนาที่ดิน หลักสูตรระบบขอมูลดินและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช** ภาควิชาปฐพีศาสตร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

รัตติญา นนทกรกิติกุล. 2554. **ผลของปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนอินทรีย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

เศรษฐา ศิริพินทุ์. 2539. การสร้างองค์ประกอบการตรึงไนโตรเจนและการสะสมธาตุไนโตรเจนในสายพันธุ์ถั่วเหลืองแนะนำของทางราชการ. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 6** เชียงใหม่.

สุภัทรา นุชนารถ. 2545. **ผลของปุยมูลโคและปุยเคมีตอคุณสมบัติของดินที่ใชปลูกทอและผลผลิตของท้อพันธุ EarliGrande**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

สมศักดิ์ วังใน. 2541. **การตรึงไนโตรเจน: ไรโซเบียม-พืชตระกูลถั่ว**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5. 2539. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **เอกสารฉบับที่ 1**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2563. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2563** แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี/TH-TH 21 พฤษภาคม 2563

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, จิระศักดิ์ อรุณศรี และประยูร สวัสดี. 2536. การปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพ. *ใน* **เอกสารวิชาการ ประจำปี 2536 เกษตรยั่งยืน: อนาคตของการเกษตรไทย**. กรมวิชาการ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อโนชา เทพสุภรณ์กุล, สมนึก ศรีทองฉิม และสุรชัย สุวรรณชาติ. 2550. การปรับปรุงดินชุดแม่รินโดยการไถกลบต้นถั่วเขียวร่วมกับการตัดกิ่งและใบถั่วยืนต้นคลุมดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น.65 *ใน* สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, **รวบรวม รายงานผลสำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อัจฉรา นันทกิจ, ปรีชา วดีศิริศักดิ์, สมศักดิ์ โคตรพงศ์ และปาหนัน เริงสำราญ. 2544. ไรโซเบียมถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพในสภาพดินกรดจัด. น. 179 - 203. *ใน* **การประชุมถั่วเหลืองแห่งชาติ ครั้งที่ 8**. ระหว่างวันที่ 28 - 29 สิงหาคม 2544 โรงแรมพรพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่.

Alexander, M. 1997. **Introduction to Soil Microbiology**. John Wiley and Sons, New York.

Astier, M., J.M. Maass, J.D. Etchevers-Barra, J.J. Pena and F. de LeÓn. Gonzalez. 2006. Short term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. **Soil Tillage Res**. 88: 153-159.

Bhattacharyya, R. N. and Basu, P.S. 1991. Studies of the root nodules of leguminous plants IV: Production of indole acetic acid by a *Bradyrhizobium* sp. from the root nodules of a leguminous shrub, *Crotalaria retusa* L. **Acta Biotechnol**. 11 (5): 439-477.

Braithwaite, B.M., A.E. Jane, and F.G. Swain. 1985. Performance od rhizobia under adverse conditions. pp. 141-146. *In* **G.L. Blair, D.A. Ivory and T.R. Evans (Eds.) Forages in Southeast Asia and South Pacific Agriculture**. Proceedings of an International Workshop. 19-23 August 1985. Cisarua Indonesia.

Burton, J.C. 1965. The rhizobium legume association, *In* **Microbiology and soil fertility**. Ed C.M. Glimour and O.N. Allen Oregon State University Press.

Cassan, F., D. Perrig, V. Sgroy, O. Masciareli, C. Penna and V. Luna. 2009. *Azospirillum brasilense* Az39 and *Bradyrhizobium japonicum* E109, inoculated singly or in combination, promote seed germination and early seedling growth in corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.). **European Journal of Soil Biology** 45 (1): 28-35.

Corbin, E.J., J. Brockwell, and R.R. Gault. 1977. Nodulation studies on chickpea (*Cicer arietnum*). **Aust. J. Expt. Agric. Anim. Husb**. 17: 126-134.

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

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

Dunican, L. K. and F. C. Cannon. 1971. The genetic control of symbiotic properties in Rhizobium evidence for plant control. **Plant and Soil** Special volume: 73-79.

Francisco, G.D., R.T.Gutiérrez., K.G. Mora. And M. C. N. García. 2016. Isolation and characterization of Rhizobium from Crotalaria sp. in Southern Ecuador. **Cultivos Tropicales**.37: 40-47.

Frankenberg, C.L.D., J.R.J. Freire and R.W.S.P. Thimas. 1995. Growth competition between two strains of *Bradyrhizobium japonicum* in brith and in peat-based inoculant:

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

dinitrogen fixation efficiency and competiton for nodulation sites. **Rev. Microbiol. Sao Paulo**. 26: 211-218.

Fukuhara, H., Minakawa, Y., Akao, S., and Minamisawa, K. 1994. The involvement of indole-3-acetic acid produced by Bradyrhizobium elkanii in nodule formation. **Plant Cell Physiol** 35 (8): 1261-1265

Fullen, M.A., C.A. Booth and R.T. Brandsma. 2006. Long-term effects of grass ley set-aside on erosion rate and soil organic matter on sandy soils in east Shropshire, UK. **Soil & Tillage Research** 89: 122-128.

Gloria M. Martin, Reynerio Reyes and Juan F. Ramirez. 2015. Coinocculation of *Canavalia ensiformis* with rhizobium and arbuscular mycorrhizal fungus in two soils from Cuba. **Cultivos Tropicales** 36 (2):.22-29.

Gosh AC and Basu PS. 2002. Growth behavior and bioproduction of Indole acetic acid by a *Rhizobium* sp. from root nodules of leguminous tree *Dalbergia lanceolaria*. **Indian J. Exp. Biol**. 40: 796-801.

Hossain, M.E., I.F.Chowdhury, M. Hassnuzzaman, S. Mazumder, M.A. Matin and R. Jerin. 2014. Effect of nitrogen and Bradyrhizobium on growth and yield of mungbean. **J. Biosci Agri. Dev. Reporter.** 14 (1-2): 8-11.

Hussain, T., A.A. Sheikh, M.A. Abbas, G. Jilani and M. Yaseen. 1992. Efficiency of various green manures for N fertilizer substitution and residual effect on the following wheat crop. **Pakistan. J. Agri. Sci**. 29 (3): 263-267.

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

Jordan, D.C. 1984. Family III Rhizobiacea CONN 1938, 321AL. *In* **Bergey's Manual of systematic Bacteriology**, Vol.1, ed by Klieg, N.R.*et al*. Willaiams & Wilkins, Baltimore, pp.234-256.

Jude, J.O. 2009. Decomposition and nitrogen release by green manure legume residues in different soil types. **African Journal of Agricultural Research** 5: 90-96.

Kaizzi, C.K., H. Ssali and P.L.G. Vlek. 2006. Differeatial use and benefits of Velvet bean (Mucuna pruriens var. utlis) and N fertilizers in maize production in contrasting agroecological zones of E. Ugandn. **Agr. Syst.** 88: 44-60.

Khanam, D., M.H.H. Rahman, and A.K.M. Hossain. 1996. Irrigation, N-fertilizer and rhizobial effect on soybean. **Thai J. Agric, Sci**. 29: 555-562.

Kipe-Nolt, J.A., H. Vargas and K.E. Giller. 1993. Nitrogen fixation in breeding lines of *Phaseolus vulgaris* L. **Plant Soil** 152: 103-106.

Kumar, A. 1998. **Dynamics of VA-mycorrhizae in revegetated coalmine spoil**. Ph. D. Thesis, Banaras Hindu University Varanasi, India.

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.

Leonard, L.T. 1943. A simple assembly for use in the testing of cultures of rhizobia. J. Bacteriol. 45: 523–525.

Lynch, J.M., and J.E. Hobbie. 1988. Microbial adaptions to extreme environments, 11: 193-206. *In* **micro-organisms in action: concepts and applications in microbial ecology**, Blackwell scientific-publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne.

Mandal, U.K., G. Singh, U.S. Victor and K.L. Sharma. 2003. Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. **Europ. J.Agron**. 19: 225-237.

Muhr, L., S.A. Tarawali, M. Peters and R. Schultze-Kraft. 2002. Soil mineral N dynamics and maize grain yields following Centrosema macrocarpum and Stylosanthes guianensis: effects of different rotations and varying levels of N fertilizer. **Field Crops Research** 78: 197-209.

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

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

Nutman, P.S., 1977. Study Frame Works for Symbiotic Nitrogen Fixation, pp. 443-448. *In* Newton, W.E., J.R. Postgate and C. Rodriguez-Barrueco (Eds.). **Recent Developments in Nitrogen Fixation**. Academic Press, London, UK.

Onyango, R.M.A., T.K. Mwangi, J.M. N' geny, E. Lunzalu and J.K. Barkutwo. 2001. Effect of relaying green manure lugumes on yields of intercropped maize in smallholder farms of Trans Nzoia district, Kenya, pp. 330-334. *In* **Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference. 11-15 February 2001**, Kenya.

Poehlman, J.M. 1991. **Tha mungbean**. Mohan Primlani for Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi, India.

Prevost, D. and Antoun, N. 2006 **Root Nodule Bacteria and Symbiotic Nitrogen Fixation** แหล่งที่มา http://www.niordc.ir/uploads%5C86_106_Binder3.pdf วันที่ 6 พฤศจิกายน 2559.

Rumjanek, N.G., R.C. Dobert, P. Van Berkum and E.W. Tripiett. 1993. Common soybean inoculant strains in Brazil are members of Bradyrhizobium elkanii. **Appl. Environ. Microbiol**. 59, 4371-4373.

Sadowsky, M.J. 2000. Complementation for nodulation in the soybean/Bradyrhizobium Symbiosis. *In* **E. Tripett (Ed): Prokaryotic nitrogen fixation** pp. 279-293.

Sahgal, M. and Johri, B.N. 2003. **The changing face of rhizobial systemics**. Current Science. 84 (1): 43-48.

Senaratne, H. and S.K. Mukhopadhyay. 1987. Effect of nitrogen and potassium on tuber yield and quality of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) J. **Root Crops**. 15: 33-37.

Sinclair, T.R., and C.T. De Wit. 1975. Photosynthate and nitrogen requirements for seed production by various crops. **Science**. 189: 565-567 p.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

Singha, B., P. Das And P. B. Mazumder. 2013. Morphological and Biochemical Characterization of Rhizobia Isolated from Root Nodule of Crotolaria junceae L. Grown in Assam. **International Journal of Science and Research**. 4: 1928-1931.

Somasegaran, P. and Hoben, H.J. 1985. Method in Legume-Rhizobium technology. USA: College of Tropical Agriculture and Human Resources.

Somasegaran, P., and B.B. Bohlool. 1990. Single-strain versus multistrain inoculation: Effect of soil mineral N availability on rhizobial strain effectiveness and competition for nodulation on chickpea, soybean, and dry bean. **Appl. Environ. Microbiol**. 56: 3298–3303.

Somasegaran, P. and Hoben, H.J. 1994. **Handbook for rhizobia: methods in legumes-rhizobium technology**. New York: Springer-Verlag.

Sorenson, R.C. and Penus, E.J. 1978. Nitrogen Fertilization of Soybean. **Agron**.66: 112-114.

Sprent, J.I., and A.E. Gallacher. 1976. Anaerobiosis in soil bean root nodules under water stress. **Soil Biol. Biochem**. 8: 317-320.

Sridevi ,M .,Yadav NCS. And Mallaiah KV. 2008. Production of IAA by rhizobium isolates from *Crotalaria* sp .**Research journal of microbiology**. 3: 276-281.

Trinick, M.J. 1982. Competition between rhizobial strains for nodulation, pp. 229-238. *In* J.M. Vincent (Ed.). **Nitrogen fixation in legumes**. Academic Press, Sydney, New York, London, Paris, San Diego, San Francisco, Sao Paulo, Tokyo, Toronto.

Vincent, J.M. 1970. **A manual for practical study of root-nonule bacteria**. IBP Handbook No.15. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh. pp. 105-112.

Vincent, J.M. 1982. Nature and basic properties of the rhizobia. *In* **J. M. Vincent (Ed), Nitrogen fixation in legume** pp. 5-12, Sydney: Academic Press.

Wongwiwatchai, C., K. Paisancharoen and J. Kogram. 2002. Soil fertility improvement through manures and cropping systems and the effect on cassava productivity in Thailand. *In* **7 th Asian Cassava Research Workshop. Oct 28-Nov 1, 2002**, Rama Garden Hotel, Bangkok, Thailand.

Young, J.M., L.D. Kuykendall, E. Matinetz-Romero, A. Kerr and H. Sawada. 2001. A revision of *Rhizobium* Frank 1889, with an emended description of the genus, and the inclusion of all species of *Agrobacterium* Conn 1942 and *Allorhizobium undicola* de Lajudie et al. 1998 as new combinations: *Rhizobium radiobacter*, *R. rhizogenes*, *R. rubi*, *R. undicola* and *R. vitis*. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol**., 51: 89-103.

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ภาคผนวก

สูตรอาหาร Modified tryptone–yeast extract and glucose (TYG) medium
(Bashan et al., 2002)

tryptone	5.0	กรัม
Yeast extract	5.0	กรัม
D-glucose	5.0	กรัม
NaCl	1.2	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.25	กรัม
K_2HPO_4	0.17	กรัม
CaCl	0.22	กรัม
K_2SO_4	0.22	กรัม
Na2SO4	2.4	กรัม
NaHCO3	0.09	กรัม
Fe(III) EDTA	0.07	กรัม
Agar	15.0	กรัม
Congo red (0.25%)	10.0	กรัม
Distilled water	1,000	มิลลิลิตร

pH 7.0

ละลายส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

สูตรอาหาร Silicate bacteria medium (Institute of Microbiology, 1982)

Sucrose	5.0	กรัม
Na_2HPO_4	2.0	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	0.5	กรัม
$CaCO_3$	0.1	กรัม
$FeCl_3$	1.0	กรัม
Glass powder	1.0	กรัม
Agar	18-20	กรัม
Distilled water	1,000	มิลลิลิตร

pH 7.0

ละลายส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ชุดดิน **ชัยนาท** **Series Cn** **กลุ่มชุดดินที่ 4**

การจำแนกดิน (USDA) Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Aeric (Vertic) Endoaquepts

สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 %

ภูมิสัณฐาน ที่ราบน้ำท่วมถึง

วัตถุต้นกำเนิดดิน ตะกอนน้ำพา

การระบายน้ำ ค่อนข้างเลวถึงเลว

การซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า **การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน** ช้า

ลักษณะสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีผสมของสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) พบรอยไถลและหน้าอัดมันในดินล่าง ในฤดูแล้งหน้าดินจะแตกระแหง ดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีผสมของสีเทากับสีน้ำตาลปนเหลืองเข้มถึงสีเทา ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0)

ข้อจำกัด มีน้ำท่วมขังในฤดูฝนนาน

ข้อเสนอแนะ ควรเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสม หลังฤดูการทำนาควรปลูกพืชอายุสั้นหรือพืชปรับปรุงดิน

สมบัติทางเคมี	ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
	0-25	ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
	25-50	ปานกลาง	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง
	50-100	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	ปานกลาง

Activate Wind
Go to PC settings t

ดินคล้ายชุดดิน	คำอธิบาย
Cn-fsi	ดินคล้ายชุดดินชัยนาทที่เป็นดินทรายแป้งละเอียด

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างในดินหลังการทดลองปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.00583	0.00292		
Treatment	7	0.37292	0.05327	0.98	0.4824
Error	14	0.76083	0.05435		
Total	23	1.13958			

CV = 3.09 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลองปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.04343	0.02171		
Treatment	7	0.47546	0.06792	0.90	0.5337
Error	14	1.05817	0.07558		
Total	23	1.57706			

CV = 17.30 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	3807.3	1903.63		
Treatment	7	9402.0	1343.14	1.72	0.1825
Error	14	10903.4	778.82		
Total	23	24112.6			

CV = 10.42 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลองปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	1350.58	675.292		
Treatment	7	787.07	112.439	0.67	0.6953
Error	14	2353.58	168.113		
Total	1723	4491.24			

CV = 11.88 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างในดินก่อนการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.01583	0.00792		
Treatment	7	0.56000	0.08000	9.53	0.0002
Error	14	0.11750	0.00839		
Total	23	0.69333			

CV = 1.23 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.37613	0.18807		
Treatment	7	0.18790	0.02684	1.65	0.2007
Error	14	0.22747	0.01625		
Total	23	0.79150			

CV = 9.32 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	26414.3	13207.2		
Treatment	7	8081.6	1154.5	0.88	0.5433
Error	14	18285.0	1306.1		
Total	23	52781.0			

CV = 12.35 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	1774.75	87.375		
Treatment	7	376.32	53.760	0.30	0.9432
Error	14	2525.08	180.363		
Total	23	4676.16			

CV = 12.77 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างในดินหลังการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.07583	0.03792		
Treatment	7	0.28292	0.04042	1.20	0.3631
Error	14	0.47083	0.03363		
Total	23	0.82958			

CV = 2.41 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.46526	0.23263		
Treatment	7	1.14223	0.16318	1.61	0.2112
Error	14	1.41601	0.10114		
Total	23	3.02350			

CV = 19.51 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	12171.1	6085.54		
Treatment	7	24825.3	3546.48	4.08	0.0121
Error	14	12156.9	868.35		
Total	23	49153.3			

CV = 10.39 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลองปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	520.08	260.042		
Treatment	7	3033.96	433.423	1.18	0.3717
Error	14	5125.92	366.137		
Total	23	8679.96			

CV = 18.48 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างในดินก่อนการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.08083	0.04042		
Treatment	7	0.24292	0.03470	1.70	0.1885
Error	14	0.28583	0.02042		
Total	23	0.60958			

CV = 1.88 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.42510	0.21255		
Treatment	7	0.73487	0.10498	2.02	0.1239
Error	14	0.72623	0.05187		
Total	23	1.88620			

CV = 13.68 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินก่อนการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	24325.0	12162.5		
Treatment	7	9437.3	1348.2	0.98	0.4852
Error	14	19343.7	1381.7		
Total	23	53106.0			

CV = 13.54 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	1898.1	949.04		
Treatment	7	13250.6	1892.95	1.74	0.1784
Error	14	15215.2	1086.80		
Total	23	30364.0			

CV = 23.14 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความเป็นกรดเป็นด่างในดินหลังการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.02373	0.01186		
Treatment	7	0.16983	0.02426	1.08	0.4268
Error	14	0.31541	0.02253		
Total	23	0.50896			

CV = 2.05 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.51010	0.25505		
Treatment	7	0.91206	0.13029	2.41	0.0765
Error	14	0.72730	0.05409		
Total	23	2.17946			

CV = 17.30 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	18742.8	9371.38		
Treatment	7	6194.5	884.963	1.27	0.3329
Error	14	9769.2	697.80		
Total	23	34706.5			

CV = 10.42 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลองปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	2028.2	1014.12		
Treatment	7	3455.3	493.61	1.48	0.2532
Error	14	4683.1	334.51		
Total	23	10166.6			

CV = 11.88 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	69.333	34.6667		
Treatment	7	597.833	85.4048	3.92	0.0142
Error	14	304.667	21.7619		
Total	23	971.833			

CV = 4.22 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นต่อกอของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	3.0000	1.50000		
Treatment	7	17.6250	2.51786	0.64	0.7161
Error	14	55.0000	3.92857		
Total	23	75.6250			

CV = 13.55 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของข้าว ปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	127.791	63.8954		
Treatment	7	395.258	56.4654	7.89	0.0006
Error	14	100.176	7.1554		
Total	23	623.225			

CV = 2.99 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นต่อกอของข้าว ปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	1.5833	0.79167		
Treatment	7	21.3333	3.04762	1.62	0.2107
Error	14	26.4167	1.88690		
Total	23	49.3333			

CV = 11.77 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของข้าว ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	16.709	8.3545		
Treatment	7	342.808	48.9726	3.79	0.0162
Error	14	180.828	12.9163		
Total	23	540.345			

CV = 4.13 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นต่อกอของข้าว ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	29.2500	14.6250		
Treatment	7	4.6667	0.6667	0.19	0.9837
Error	14	50.0833	3.5774		
Total	23	84.0000			

CV = 18.01 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนรวงต่อกอของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	2.3333	1.16667		
Treatment	7	26.9583	3.85119	1.82	0.1617
Error	14	29.6667	2.11905		
Total	23	58.9583			

CV = 10.37 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	9.159	4.5797		
Treatment	7	101.441	14.4916	7.73	0.0006
Error	14	26.244	1.8746		
Total	23	136.845			

CV = 6.47 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.05423	0.02711		
Treatment	7	0.04223	0.0603	0.71	0.6622
Error	14	0.11831	0.00845		
Total	23	0.21476			

CV = 3.36 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักผลผลิตของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	30781	15390.7		
Treatment	7	80428	11489.7	3.05	0.0360
Error	14	52744	3767.5		
Total	23	163954			

CV = 8.27 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนรวงต่อกอของข้าว ปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	3.0833	1.54167		
Treatment	7	9.8333	1.40476	0.79	0.6079
Error	14	24.9167	1.77976		
Total	23	37.8333			

CV = 12.22 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	10.238	5.1189		
Treatment	7	513.331	73.3330	11.29	0.0001
Error	14	90.900	6.4928		
Total	23	614.468			

CV = 9.82 % ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว ปีที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.02413	0.01207		
Treatment	7	0.19547	0.02792	2.89	0.0431
Error	14	0.13513	0.00965		
Total	23	0.35473			

CV = 3.90 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักผลผลิตของข้าว ปีที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	7778	3888.89		
Treatment	7	50324	7189.15	1.45	0.2609
Error	14	69259	4947.09		
Total	23	127361			

CV = 19.40 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนรวงต่อกอของข้าว ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	6.0833	3.04167		
Treatment	7	8.5000	1.21429	0.51	0.8115
Error	14	33.2500	2.37500		
Total	23	47.8333			

CV = 19.47 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	30.665	15.3323		
Treatment	7	158.023	22.5747	3.62	0.0194
Error	14	87.369	6.2406		
Total	23	276.056			

CV = 7.14 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าว ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	0.2850	.014251		
Treatment	7	11.7861	1.68372	2.78	0.0492
Error	14	8.4830	0.60593		
Total	23	20.5541			

CV = 16.19 % * = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางภาคผนวกที่ 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของน้ำหนักผลผลิตของข้าว ปีที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	2	5833.3	2916.67		
Treatment	7	12592.6	1798.94	1.06	0.4370
Error	14	23796.3	1699.74		
Total	23	42222.2			

CV = 16.49 % ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางภาคผนวกที่ 39 ระดับปริมาณอินทรียวัตถุ และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (Walkly and Black method)

ระดับ	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	แคลเซียม	แมกนีเซียม
		(มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)			
ต่ำมาก	< 0.5	< 3	< 30	< 400	< 36
ต่ำ	0.5 – 1.0	3 - 10	30 - 60	400 - 1000	36 - 120
ต่ำปานกลาง	1.0 – 1.5				
ปานกลาง	1.5 – 2.5	11 - 15	61 - 90	1001 - 2000	121 - 365
สูงปานกลาง	2.5 – 3.5				
สูง	3.5 – 4.5	16 - 45	91 - 120	2001 - 4000	366 - 975
สูงมาก	> 4.5	> 45	> 120	> 4000	> 975

ที่มา : สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางภาคผนวกที่ 40 เกณฑ์ค่าวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการประเมินระดับปฏิกิริยาของดิน (soil reaction), pH (ดิน : น้ำ = 1 : 1) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ระดับ (rating)	พิสัย (rang)
เป็นกรดรุนแรง (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดจัดมาก (extremely acid)	3.5 - 4.5
เป็นกรดจัด (very strongly acid)	4.6 - 5.0
เป็นกรดแก่ (strongly acid)	5.1 - 5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6 - 6.0
เป็นกรดจัดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1 - 6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6 - 7.3
เป็นด่างอย่างอ่อน (slightly alkaline)	7.4 - 7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9 - 8.4
เป็นด่างแก่ (strongly alkaline)	8.5 - 9.0
เป็นด่างจัด (extremely alkaline)	> 9.0

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน

ห้องสมุดกรมพัฒนาที่ดิน