การใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อการปลูกข้าวในสภาพแอโรบิค

กฤชญา ปัญญา

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

การใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อการปลูกข้าวในสภาพแอโรบิค

กฤชญา ปัญญา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อการปลูกข้าวในสภาพแอโรบิค

กฤชญา ปัญญา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา วิรุญรัตน์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รักษาการแทนรองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อการปลูกข้าวในสภาพแอโรบิค
ชื่อผู้เขียน นางสาวกฤชญา ปัญญา
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด

บทคัดย่อ

ข้าวไร่มักมีผลผลิตต่ำ เนื่องจากปัญหาการขาดฟอสฟอรัส ซึ่งพบในดินที่มีสภาพไม่มีน้ำขังและดินมีความเป็นกรดหรือด่างจัด ซึ่งส่งผลให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงด้วยธาตุอาหารอื่นในดินส่งผลให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์และพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ การนำจุลินทรีย์ที่สามารถช่วยในการละลายฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ อาจเป็นแนวทางการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสผลผลิตข้าวได้ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการตอบสนองของข้าวเมื่อใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่มีรูปต่างกัน ประเมินวิธีการที่เหมาะสมในการใช้จุลินทรีย์ และตรวจสอบความจำเพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวและจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต โดยศึกษาในระยะกล้า แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 ทำการปลูกข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ซิวแม่จัน และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในดินที่มีสภาพฟอสฟอรัส 2 รูป ประกอบด้วย (Ca_3O_8P2 : Ca-P) เป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ และ (KH_2PO_4 : K-P) เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ ร่วมกับการใส่เชื้อแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 *Bacillus subtilis* strain MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ ในการทดลองที่ 2 วางแผนการทดลอง 3x3x2 Factorial in RCBD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ การใส่จุลินทรีย์ ประกอบด้วย *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 *Bacillus subtilis* strain MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ (แช่ในน้ำกลั่น เป็นกรรมวิธีควบคุม) ปัจจัยที่ 2 คือ พันธุ์ข้าว ประกอบด้วย พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 49 และ R 258 และปัจจัยที่ 3 คือ วิธีการจุลินทรีย์ ประกอบด้วย การแช่จุลินทรีย์ และการฉีดพ่นจุลินทรีย์ และในการทดลองที่ 3 ทำการปลูกข้าว 20 พันธุ์/สายพันธุ์ ในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ รวมทั้งหมดมี 40 กรรมวิธี ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า สามารถแบ่งกลุ่มตามการตอบสนองลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวได้ 3 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 และ 3 ได้รับอิทธิพลเนื่องจากพันธุ์ข้าว คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของพันธุ์ซิวแม่จันเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพียงอย่างเดียว ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มพันธุ์ที่ได้รับอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่จุลินทรีย์และสภาพฟอสเฟต ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ซิวแม่จันที่ปลูกในสภาพฟอสเฟตในรูปที่เป็นประโยชน์ร่วมกับสภาพที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ (ซิวแม่

จัน + ฟอสเฟตรูป K-P + ไม่ใส่จุลินทรีย์) และพันธุ์ขาวดอกมะลิที่ปลูกในสภาพฟอสเฟตในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดร่วมด้วย (ขาวดอกมะลิ 105 + ฟอสเฟตรูป Ca-P + CR 1.8 และขาวดอกมะลิ 105 + ฟอสเฟตรูป Ca-P + MC 21) และหลังจากนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ปรากฏผลว่าการใส่จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวให้มีความสูงต้น ความยาวราก จำนวนราก ความเขียวใบ และน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเจริญเติบโตด้านจำนวนรากและค่าความเขียวใบของข้าวกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่ามากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ส่วนการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักใบแห้งของข้าวทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การทดลองที่ 2 ยังพบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ร่วมกับการแช่หรือการฉีดพ่นส่งผลต่อการสร้างรากของต้นข้าวที่ระยะ 14 และ 21 วันหลังปลูกอย่างชัดเจน โดยกรรมวิธีการแช่เมล็ดข้าวด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ก่อนการย้ายปลูกส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนรากเพิ่มมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ในขณะต้นข้าวที่อายุ 21 วันหลังปลูก ที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการฉีดพ่นจุลินทรีย์มีจำนวนรากมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการแช่สารละลายจุลินทรีย์ ทั้งนี้จุลินทรีย์ต่างชนิดกันส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างจำนวนรากของต้นข้าวในช่วงอายุที่ต่างกัน โดยการใช้จุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้ความสูงต้น ความเขียวใบ จำนวนราก น้ำหนักต้นแห้ง และน้ำหนักรากแห้ง มีค่ามากกว่าการใช้จุลินทรีย์ CR 1.8 และการไม่ใส่จุลินทรีย์ สำหรับอิทธิพลของสายพันธุ์ข้าวส่งผลต่อความสามารถในการสร้างใบและรากต่อต้นของข้าวอย่างชัดเจนในทุกระยะการเจริญเติบโต รวมถึงค่าความเขียวที่ข้าวอายุ 14 วันหลังปลูก และจากผลการศึกษาการทดลองที่ 3 ทำให้เห็นได้ว่าสายพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ไม่ตอบสนองการใส่จุลินทรีย์ MC21 ในระยะการเพาะเมล็ด มีเพียงสายพันธุ์ R 258 RD 49 และ RD 41 เท่านั้นที่การเจริญเติบโตบางลักษณะได้รับผลการกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นต่างจากต้นที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC21 ในทางกลับกัน ข้าวสายพันธุ์ PT 1 เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับผลในเชิงการยับยั้งการเจริญเติบโตในหลายลักษณะ ทำให้เห็นได้ว่าการเลือกใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึง ความจำเพาะเจาะจงระหว่างชนิดของจุลินทรีย์และสายพันธุ์ข้าว รวมถึงต้องทำการศึกษาถึงการตอบสนองของข้าวแต่ละสายพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ก่อนการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมต่อไป

คำสำคัญ : ข้าว, ฟอสฟอรัส, แบคทีเรียละลายฟอสเฟต, วิธีการใช้เชื้อ

Title UTILIZATION OF THE P SOLUBILIZING MICROBE FOR AEROBIC RICE CULTIVATION

Author Miss Kritchaya Panya

Degree Master of Science in Agronomy

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Nednapa Insalud

ABSTRACT

Low rice yield is most often caused by the problem of phosphorus deficiency especially those grown in aerobic soils and in soils which are either very acidic or very alkaline because this usually lead to phosphorus fixation by other minerals thus causing phosphorus to become unavailable to the rice plant. The use of microbes that help in dissolving phosphates into available P might be able to increase P availability for higher rice yield. This study, therefore, was aimed to evaluate the response of the rice plant to various phosphate dissolving microbes resulting to different P forms, and to assess the proper application of these microbes and the specificity between the rice variety Phosphate Solubilizing microbe. This study which was conducted during the seedling stage of the rice plant, was divided into 3 parts: Experiment 1 using 2 rice varieties (Sew Mae Jan and KDML 105) grown in soils with 2 forms of P, namely, unavailable P (Ca_3O_8P2:Ca-P) and available P (KH_2PO_4:K-P), mixed with 3 types of bacterial treatments (*Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8, *Bacillus subtilis* strain MC 21 and without bacteria); Experiment 2 using experimental design of 3x3x2 Factorial in RCBD in replications with bacterial application in 3 factors 1) use of *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8, use of *Bacillus subtilis* strain MC 21 and no bacteria used (soaked in water as control); 2) use of KDML 105, RD 49 and R 258 rice varieties; and 3) application methods (soaking and spraying) with 20 rice breeds/lines planted in soils containing *Bacillus subtilis* strain MC 21 (factor 1) and without bacteria, for a total of 40 application methods in 3 replications. Results of the study can be divided into 3 groups based on plant responses in terms of rice growth with groups 1 and 3 showing the effect from

various rice varieties (Sew Mae Jan only in group 1 and KDML 105 only in group 3). For group 2, these rice varieties received the effect from combined use of the microbes and phosphate status that included 2 varieties, namely, Sew Mae Jan planted in phosphate conditions with available P mixed with no microbes (Sew Mae Jan + phosphate in K-P + no microbes); and KDML 105 planted in phosphate in unavailable form together with the use of the 2 types of microbes (KDML 105 + phosphate in Ca-P form + CR 1.8 and KDML 105 + phosphate in Ca-P + MC 21). Afterwards, data collected were analyzed for their variance and showed that application of 2 types of microbes was able to stimulate the growth of rice plant by increased plant height, root length, number of roots, green color of the leaves and dry weight of roots, while improved growth in terms of number of roots and green color value of the leaves of rice plants in group 3 (KDML 105) was better than other varieties. As for growth in terms of the number of leaves, weight of dry plant, weight of dry root and weight of dry leaves, no statistical difference was found among the 3 groups. Besides in Experiment 2, it was found that the type of microbe applied either by soaking or spraying to the rice plants clearly indicated an increase in the roots of the rice plant at 14 and 21 days after planting. It was observed that when seeds were soaked with different microbes before transplanting, there was greater increase in the number of roots as compared to when seeds were sprayed with microbes at 21 days of age whose seeds were prepared by spraying, showed more roots than when soaked with dissolving microbes. The different microbes were also found to induce roots of rice plants at different ages with MC 21 bacteria causing plant height, green leaves, number of roots, dry plant weight and dry root weight much greater than when using CR 1.8 or with no applied microbes at all. On the effect caused by the rice plant varieties, results showed clearly in terms of leaf and root production per plant in each plant growth stage including the green color value at 14 days after planting. And from the results of Experiment 3, it can be seen that most rice varieties used in this study, did not respond to the use of MC21 microbe during the seeding stage except for R 258, RD 49 and RD 41 only whose growth in some aspects was stimulated to increase in opposite to not being applied with MC21. The rice variety PT 1 was inhibited of its growth in several characteristics thus indicating that

selecting to use the microbes to improve the growth of the rice plant should consider the specificity between the type of microbes and the rice variety including the need to study the response of each variety in each characteristics before using it for improvement in the future.

Keywords : rice, phosphorus, phosphate solubilizing bacteria, method

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์ คำแนะนำ และความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้สละเวลา ให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อชี้แนะ และติดตามความก้าวหน้าวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้ความดูแล ความเอาใจใส่และความช่วยเหลือในหลาย ๆ สิ่งจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา วิรุญรัตน์ ที่รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและคำปรึกษา ตลอดจนตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ประสาทพร สมิตะมาน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณาจารย์ เพื่อน พี่ๆ น้องๆ และบุคลากรคณะผลิตกรรมการเกษตรที่ให้คำแนะนำให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จตามความมุ่งหมาย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ได้มอบทุนการศึกษา "ทุนศิษย์ก้นกุฏิ" ให้แก่ข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

และขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่ให้กำลังใจ ความห่วงใย และสนับสนุนในการศึกษา และเป็นแรงใจสำคัญให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการเรียน

กฤชญา ปัญญา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ซ
สารบัญ ..... ฌ
สารบัญตาราง ..... ฎ
สารบัญภาพ ..... ฑ
สารบัญตารางผนวก ..... ฒ
สารบัญภาพผนวก ..... ถ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2
ขอบเขตการศึกษา 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 4
ปัญหาด้านทรัพยากรฟอสฟอรัสในระดับโลก 4
ความสำคัญของฟอสฟอรัสและบทบาทของฟอสฟอรัสในพืช 5
ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส 6
ข้าว 8
จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช 13
ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน 19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 22

สถานที่ทำการทดลอง 22
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 22
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 33
การทดลองที่ 1 การตอบสนองของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟต ภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน 33
การทดลองที่ 2 ผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อ การใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัสในวิธีการที่แตกต่างกัน 38
การทดลองที่ 3 ศึกษาความจำเพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าว และจุลินทรีย์ละลายฟอสฟอรัส 48
วิจารณ์ผลการทดลอง 60
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 64
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 71
ประวัติผู้วิจัย 115

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การจำแนกพันธุ์ข้าวตามระบบนิเวศน์การปลูกและประเภทของพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา 20 พันธุ์ 11

ตารางที่ 2 จุลินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยกรดอินทรีย์ในการละลายฟอสเฟต 15

ตารางที่ 3 รายชื่อพันธุข้าวที่ใช้ศึกษาในการทดลองที่ 3 จำนวน 20 สายพันธุ์ต่อพันธุ์..... 31

ตารางที่ 4 การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวและการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นและราก 32

ตารางที่ 5 การเจริญทางด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก ค่าความเขียวใบ และน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้งและน้ำหนักรากแห้งของต้นกล้าข้าวพันธุ์ชิวแม่จันและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก 35

ตารางที่ 6 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 41

ตารางที่ 7 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 42

ตารางที่ 8 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 43

ตารางที่ 9 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 44

ตารางที่ 10 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 45

ตารางที่ 11 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความเขียวใบที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 46

ตารางที่ 12 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน 47

ตารางที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 50

ตารางที่ 14 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 51

ตารางที่ 15 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 52

ตารางที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังการปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 53

ตารางที่ 17 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 54

ตารางที่ 18 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 55

ตารางที่ 19 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 56

ตารางที่ 20 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 57

ตารางที่ 21 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 58

ตารางที่ 22 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังการปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก 59

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั่วโลก 4

ภาพที่ 2 ลักษณะโคโลนีของ Acinetobacter baumannii strain CR 1.8 ที่เจริญบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ..... 17

ภาพที่ 3 ลักษณะ Acinetobacter baumannii strain CR 1.8 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 100X.... 17

ภาพที่ 4 ลักษณะโคโลนีของ Bacillus subtilis strain MC 21 ที่เจริญบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ 18

ภาพที่ 5 ลักษณะ Bacillus subtilis strain MC 21 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 100X..... 19

ภาพที่ 6 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่ม ที่ระดับความคล้ายคลึง 75 เปอร์เซนต์ การเจริญทางด้านความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวราก ค่าความเขียวใบ และน้ำหนักต้นแห้ง และรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก..... 36

ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัส ที่ต่างกันร่วมกับจุลินทรีย์และปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการปลูกข้าว ภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันด้วยวิธีการ CCA..... 37

สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางผนวกที่ 1 การเจริญทางด้านความสูงต้นของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก 72

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญทางด้านจำนวนใบของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก..... 72

ตารางผนวกที่ 3 การเจริญทางด้านความยาวรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก..... 72

ตารางผนวกที่ 4 การเจริญทางด้านจำนวนรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก..... 73

ตารางผนวกที่ 5 การเจริญทางด้านความเขียวใบของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก 73

ตารางผนวกที่ 6 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 7 วัน 74

ตารางผนวกที่ 7 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 14 วัน 75

ตารางผนวกที่ 8 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 21 วัน 76

ตารางผนวกที่ 9 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 7 วัน..... 77

ตารางผนวกที่ 10 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 14 วัน 78

ตารางผนวกที่ 11 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 21 วัน..... 79

ตารางผนวกที่ 12 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 7 วัน 80

ตารางผนวกที่ 13 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 14 วัน 81

ตารางผนวกที่ 14 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 21 วัน 82

ตารางผนวกที่ 15 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 7 วัน 83

ตารางผนวกที่ 16 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 14 วัน 84

ตารางผนวกที่ 17 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 21 วัน 85

ตารางผนวกที่ 18 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 7 วัน 86

ตารางผนวกที่ 19 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 14 วัน 87

ตารางผนวกที่ 20 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 21 วัน 88

ตารางผนวกที่ 21 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 7 วัน 89

ตารางผนวกที่ 22 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 14 วัน 90

ตารางผนวกที่ 23 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 21 วัน 91

ตารางผนวกที่ 24 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก 92

ตารางผนวกที่ 25 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก 93

ตารางผนวกที่ 26 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก 94

ตารางผนวกที่ 27 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก 95

ตารางผนวกที่ 28 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก 96

ตารางผนวกที่ 29 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก 97

ตารางผนวกที่ 30 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก 98

ตารางผนวกที่ 31 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก 99

ตารางผนวกที่ 32 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก 100

ตารางผนวกที่ 33 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก 101

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ 1 ข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน (SMJ) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ก) และ ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ข) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัส ที่อยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม 102

ภาพผนวกที่ 2 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ฃ) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ค) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ใน รูปแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม 102

ภาพผนวกที่ 3 ข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน (SMJ) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ค) และ ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ฃ) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่ อยู่ในรูปโพแทสเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม 103

ภาพผนวกที่ 4 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ง) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (จ) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัส ที่อยู่ในรูปพแทสเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม 103

ภาพผนวกที่ 5 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 104

ภาพผนวกที่ 6 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8 104

ภาพผนวกที่ 7 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 105

ภาพผนวกที่ 8 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 105

ภาพผนวกที่ 9 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 106

ภาพผนวกที่ 10 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8 106

ภาพผนวกที่ 11 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8 107

ภาพผนวกที่ 12 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 107

ภาพผนวกที่ 13 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8 108

ภาพผนวกที่ 14 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 108

ภาพผนวกที่ 15 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่จุลินทรีย์ CR 1.8 109

ภาพผนวกที่ 16 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8 109

ภาพผนวกที่ 17 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่จุลินทรีย์ MC 21 110

ภาพผนวกที่ 18 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 110

ภาพผนวกที่ 19 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่ข้าวอายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 111

ภาพผนวกที่ 20 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีใช้จุลินทรีย์ MC 21 111

ภาพผนวกที่ 21 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 112

ภาพผนวกที่ 22 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีที่ใส่จุลินทรีย์ MC 21 112

ภาพผนวกที่ 23 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 113

ภาพผนวกที่ 24 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีที่ใส่จุลินทรีย์ MC 21 113

ภาพผนวกที่ 25 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม 114

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปัญหาดินเปรี้ยวซึ่งมีค่า pH ต่ำกว่า 7 ดินเปรี้ยวจัดหรือดินกรดจัดมีค่า pH ต่ำกว่า 4 (ศุลีพร, 2558) มีพื้นที่ประมาณ 6.2 ล้านไร่ (สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) โดยพื้นที่ดังกล่าวมักพบปัญหาการขาดฟอสฟอรัสในการผลิตพืช ซึ่งฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก และเป็นองค์ประกอบสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรม รวมถึงเป็นองค์ประกอบของสารพลังงานสูง (Adenosine triphosphate : ATP) หน้าที่โดยทั่วไปของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ช่วยส่งเสริมการเจริญของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วยปรับสมดุลความเข้มข้นของธาตุอาหารในต้นพืชที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป เร่งให้พืชแก่เร็ว ช่วยในการออกดอกและการสร้างเมล็ดของพืช ช่วยทำให้ลำต้นของพืชแข็งแรง ไม่หักล้มง่าย ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิด และทำให้ผลผลิตของพืชมีคุณภาพดี (จีราภรณ์, 2557) ถ้าพืชขาดฟอสฟอรัส การเจริญเติบโตของพืชลดลง ลำต้นแคระแกร็น ผอม สูง ใบมีขนาดเล็กลง จำนวนใบลดลง และมีสีม่วง (Bray and Weil, 2008) ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชหนึ่งที่มักได้รับผลกระทบจากการขาดฟอสฟอรัส โดยนิเวศน์การปลูกข้าวที่มีทั้งสภาพน้ำขัง และไม่มีน้ำขังในดินนา ทำให้ฟอสฟอรัสมีความเป็นประโยชน์ที่แตกต่างกัน ในสภาพน้ำขังหรือการปลูกข้าวนาสวน การขาดฟอสฟอรัสของข้าวนาสวนเกิดขึ้นได้น้อยกว่าข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำไม่ขังหรือสภาพไร่ เนื่องด้วยฟอสฟอรัสสามารถละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และพืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้มากกว่าสภาพไร่

ข้าวไร่หรือข้าวที่ปลูกในสภาพที่ไม่มีน้ำขัง เรียกว่าการปลูกข้าวแอโรบิค (เบญจวรรณ, 2556) มักประสบปัญหาการขาดฟอสฟอรัส ซึ่งการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่สามารถแก้ปัญหาการขาดฟอสฟอรัสในสภาพไร่ได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินมักถูกตรึงด้วยธาตุอื่น ๆ เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก และแคลเซียม ให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์อย่างรวดเร็ว อีกทั้งข้าวที่ปลูกในสภาพไร่ ส่วนใหญ่เป็นข้าวที่อยู่ในพื้นที่สูงหรืออยู่ในพื้นที่ลาดชันมักมีปัญหาในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเป็นกรดจัดที่มีธาตุอื่น ๆ ละลายออกมามากจนตรึงฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์และรากข้าวไม่สามารถดูดใช้ไปใช้ประโยชน์ได้จึงแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสและส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตต่ำ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559)

ในการเพิ่มหรือการส่งเสริมความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสในการปลูกข้าวไร่สามารถทำได้โดยการใช้พันธุ์ข้าวที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้สูงหรือทำการเขตกรรมเพื่อปรับสภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสโดยการปรับปรุงดินที่มีค่าความเป็นกรดสูงด้วยปูนขาว การใส่อินทรียวัตถุเพื่อเพิ่มหรือลดความเป็นกรด-ด่างของดิน เพื่อให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น หรือแม้กระทั่งการใช้จุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์เพื่อให้พืชสามารถดูดใช้ได้เพิ่มขึ้น แต่การใช้จุลินทรีย์ต้องมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของชนิดจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์มีทั้งกลุ่มที่ต้องการออกซิเจน (aerobic bacteria : aerobe) และไม่ต้องการออกซิเจน (anaerobic bacteria : anaerobe) ซึ่งในสภาพไร่จุลินทรีย์ในกลุ่ม aerobe เป็นกลุ่มที่มักมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้มาก โดยเฉพาะแบคทีเรียที่มีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ จากการศึกษาศักยภาพการละลายฟอสเฟตและความทนต่อสภาวะเครียดของแบคทีเรียจากดินบริเวณรากข้าวในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 และ *Bacillus subtilis* strain MC 21 มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ดีและช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (Chaiharn and Lumyong, 2008) ดังนั้นงานวิทยานิพนธ์นี้จึงทำการศึกษาความสามารถของเชื้อแบคทีเรียต่อการละลายฟอสเฟตที่อยู่ในรูปต่างกัน และวิธีการใช้เชื้อแบคทีเรียที่เหมาะสม รวมถึงความเฉพาะเจาะจงระหว่างเชื้อแบคทีเรียและพันธุ์ข้าว เพื่อให้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตและส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในสภาพน้ำไม่ขังหรือการปลูกข้าวแอโรบิค

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อประเมินการตอบสนองของข้าวเมื่อใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่ต่างกัน
2. เพื่อประเมินวิธีการที่เหมาะสมในการใช้เชื้อแบคทีเรียที่ส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัส
3. เพื่อตรวจสอบความเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวและเชื้อแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟต

ขอบเขตการศึกษา

1. เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 และ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ในระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/ml โดยใช้ในอัตรา 25 มิลลิลิตรต่อดิน 1 กิโลกรัม
2. ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์พื้นเมืองในระยะกล้า 20 พันธุ์
3. ฟอสเฟตที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4: K-P) และไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3O_8P_2$: Ca-P)

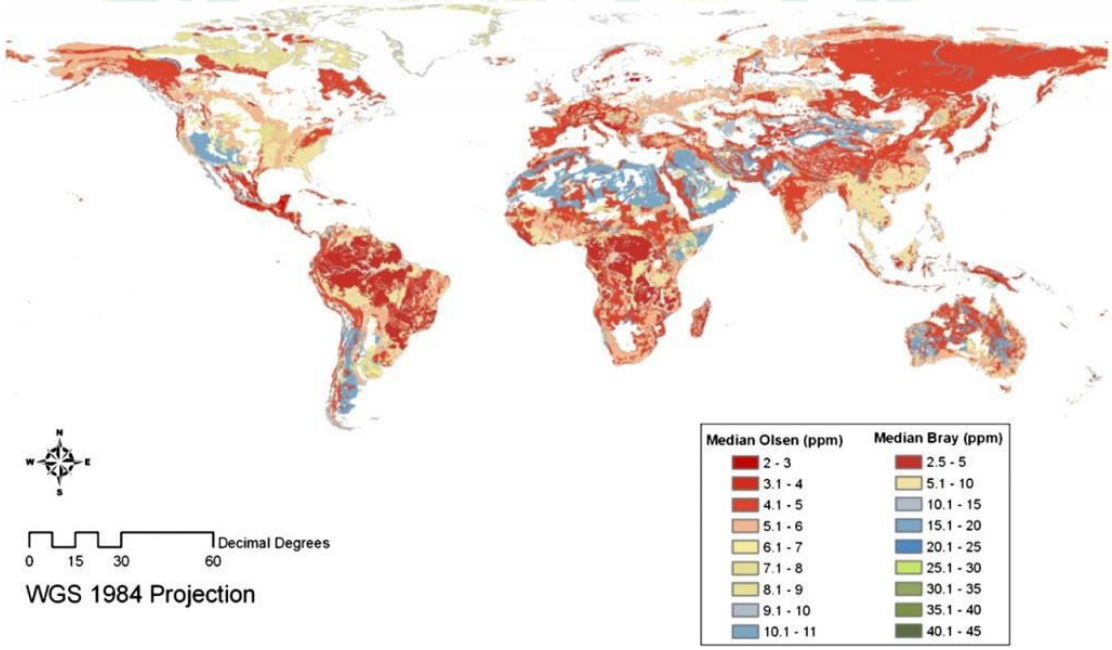
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวเมื่อใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่ต่างกัน
2. ได้ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการใช้เชื้อแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟต
3. ได้พันธุ์ข้าวที่สามารถตอบสนองได้ดีกับเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจากการทดสอบข้าวทั้งหมด 20 พันธุ์

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

ปัญหาด้านทรัพยากรฟอสฟอรัสในระดับโลก

ปริมาณฟอสฟอรัสในโลกนี้มีอยู่อย่างจำกัด โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ในการผลิตปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร จากการพิจารณาแผนที่ภาพที่ 1 มีการประเมินว่าทรัพยากรฟอสฟอรัสจะหมดไปภายใน 80 ปี หากยังคงมีอัตราการใช้อยู่ในปัจจุบัน (Prud'Homme, 2010) ดังนั้น การผลิตพืชอาหารทั่วโลกมีโอกาสที่จะประสบปัญหาการขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัสในอนาคตได้ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตข้าวเป็นหลักนั้นจึงมีโอกาสที่จะประสบปัญหาการขาดแคลนฟอสฟอรัสด้วยเช่นกัน ดังนั้นการใช้ทรัพยากรฟอสฟอรัสอย่างประหยัดและคุ้มค่าจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั่วโลก

ที่มา: Lynch (2011)

ความสำคัญของฟอสฟอรัสและบทบาทของฟอสฟอรัสในพืช

ฟอสฟอรัส (P) เป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นองค์ประกอบของโปรตีนและเซลล์ เช่น 1) เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิกที่เป็นส่วนสำคัญของยีน (gene) ซึ่งกำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต โดยมี 2 ชนิด คือ Deoxyribonucleic acid (DNA) เป็นสารพันธุกรรมและควบคุมการแบ่งเซลล์ และ Ribonucleic acid (RNA) ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนและเอนไซม์ 2) ฟอสโฟลิพิดในโครงสร้างเนื้อเยื่อของเซลล์ทุกชนิด 3) โคเอนไซม์ ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของเอ็นไซม์ต่าง ๆ และ Adenosine Triphosphate (ATP) ที่เป็นแหล่งของพลังงานสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ในเซลล์ (ยงยุทธ, 2543) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่มีการหมุนเวียนในดินและแลกเปลี่ยนกับบรรยากาศ ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในดินทั่วไปมีประมาณ 0.03 - 0.22 เปอร์เซนต์ ฟอสฟอรัสในดินมีทั้งสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ สารประกอบฟอสฟอรัสทั้งสองประเภทนี้พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้โดยตรง สารประกอบอนินทรีย์จะต้องผ่านการสลายตัวจนกลายเป็นฟอสเฟตไอออนก่อน และสารประกอบอินทรีย์พืชจะดูดไปใช้ได้ก็ต่อเมื่อสารประกอบนั้นละลายออกมาอยู่ในรูปฟอสเฟตไอออนเช่นเดียวกัน ดังนั้น ฟอสฟอรัสที่มีอยู่ทั้งหมดในดิน จึงมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ หรือง่ายต่อการละลายหรือสลายตัว เราเรียกฟอสฟอรัสส่วนนี้ว่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) (จีราภรณ์, 2557)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ได้มาจากดินและหินแร่ธรรมชาติ ซึ่งไม่ใช่ทรัพยากรที่ไม่สามารถหมุนเวียนในระยะสั้น ๆ ได้ เมื่อมีการใช้แล้วสามารถหมดไป สำหรับฟอสฟอรัสในพืชประมาณ 30 - 60 เปอร์เซนต์ จะอยู่ในรูปของฟอสเฟตไอออน นอกจากนั้นส่วนที่เหลือเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต ฟอสเฟตไอออนจะอยู่ในของเหลวของท่อลำเลียงน้ำและในเซลล์พืช ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างภายในเซลล์พืช และเป็นสารที่ใช้ในกระบวนการสร้างสารต่าง ๆ โดยเฉพาะสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายทอดพลังงานในพืช ทั้งยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเอนไซม์หลายชนิดซึ่งจำเป็นต่อขบวนการเมทาบอลิซึมของพืช เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ การสังเคราะห์กรดไขมัน การดูดน้ำของพืช การสร้างสารและการขนย้ายสาร เป็นต้น (วิจิตร, 2552) หน้าที่โดยทั่วไปของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช สามารถแยกออกได้ดังนี้ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วยแก้ผลเสียที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป เร่งให้พืชแก่เร็ว ช่วยในการออกดอกและการสร้างเมล็ดของพืช ช่วยทำให้ลำต้นของข้าวแข็งแรง ไม่ล้มง่าย ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิด และทำให้ผลผลิตของพืชมีคุณภาพดี (กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, 2543)

ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Orthophosphate (PO^{3-}_4) ซึ่งมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.02 - 0.15 เปอร์เซนต์ ซึ่งปริมาณฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ (Williams, 1959) และดินที่เกิดขึ้นมาใหม่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินนั้นจะขึ้นอยู่กับอายุของการเกิดดิน ดังนั้นเมื่อดินมีอายุที่มากขึ้นปริมาณฟอสฟอรัสในดินจะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยสลายของวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีฟอสฟอรัสสูงนั้น คือ apatites เมื่อมีการสลายและปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาอาจละลายอยู่ในสารละลายดิน ซึ่งส่วนหนึ่งจะถูกชะล้างสูญเสียไปทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่วนดินที่อยู่ในสภาพไม่มีน้ำขังพบว่า 80 เปอร์เซนต์ของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงในดินเป็นฟอสฟอรัสที่ไม่เคลื่อนย้ายและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช เพราะถูกดูดซับ ตกตะกอน หรือเปลี่ยนรูปไปเป็นอินทรีย์สาร (Schachtman et al., 1998) โดยส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ Ferric phosphate และ Aluminum phosphate แต่เมื่อมีการขังน้ำ Ferric phosphate จะถูกรีดิวซ์กลายเป็น Ferrous phosphate ซึ่งละลายน้ำได้ง่าย ส่วน Aluminum phosphate ละลายได้ดีขึ้นเมื่อดินมีค่าความเป็นกรดลดลงในดินที่ถูกน้ำขัง (Patrick and Reddy, 1978) นอกจากนั้นในดินที่เป็นด่าง ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต ฟอสฟอรัสรูปนี้จะละลายได้ดีขึ้นอันเนื่องจากค่าความเป็นด่างลดลง ภายใต้อิทธิพลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น จากศึกษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินชนิดต่าง ๆ หลังจากที่มีการขังน้ำพบว่าความเป็นประโยชน์และการละลายน้ำได้ของฟอสฟอรัสจะมีมากที่สุดในดินทรายแคลคาเรียสที่มีประมาณเหล็กต่ำ ส่วนในดินทรายที่เป็นกรดและมีเหล็กต่ำฟอสฟอรัสสามารถละลายได้ปานกลาง การละลายของฟอสฟอรัสมักต่ำที่สุดในดินเหนียวที่มีสภาพเป็นกรดและมีเหล็กสูง (Ponnamperuma, 1972)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัส

การที่ฟอสฟอรัสถูกตรึงในดินด้วยธาตุอาหารอื่น ๆ ทำให้ฟอสฟอรัสมีความเป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต้องคำนึงถึงปัจจัยและกลไกของข้าวที่อาจเกี่ยวข้องกับการนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ ปัจจัยทางด้านพันธุกรรม เช่น การปลดปล่อยเอนไซม์ การเคลื่อนที่ของสาร สัณฐานวิทยา กรดอินทรีย์ กลุ่มฮอร์โมนที่อยู่ในต้นพืช ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น ความเป็นกรด-ด่างของดิน องค์ประกอบเคมีของดิน ธาตุอาหารอื่น ๆ อากาศ น้ำ อุณหภูมิ อินทรียวัตถุ จุลินทรีย์ และแบคทีเรีย ปัจจัยด้านการจัดการเขตกรรม เช่น การขังน้ำ การใส่ปุ๋ย (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

1. **พันธุกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช** ในพืชนั้นยีนเป็นตัวสำคัญที่สุดในการกำหนดลักษณะต่าง ๆ สำหรับข้าวมีพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัส

ของข้าว จึงมีการศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรมหรือตำแหน่งยีนของข้าว เช่น การศึกษายีนที่มีความเกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัสโดยการสร้างแผนที่พันธุกรรมนั้นสามารถนำมาใช้เพื่อศึกษาหาตำแหน่งยีน (Quantitative trait loci : QTL) ที่เกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัส พบว่า ยีนตำแหน่งที่เด่น คือ PUP1 หรือ Phosphorus uptake1 ซึ่งเป็น QTL ของข้าว โดยอยู่โครโมโซมที่ 12 ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสร้างความต้านทานของการขาดฟอสฟอรัสในดินให้แก่ข้าว (Wissuwa et al., 2002) และลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวที่มีความเกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัสมีกลไกในการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวได้ดีขึ้น คือ การปลดปล่อยเอนไซม์และกรดอินทรีย์ แต่การที่พืชจะสามารถนำอนินทรีย์ฟอสฟอรัสและอินทรีย์ฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ได้นั้นต้องมีการแปรสภาพเป็นรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ โดยการผลิตเอนไซม์ในกลุ่มฟอสฟาเทสและสามารถผลิตกรดอินทรีย์ออกมาจากราก เช่น กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก ให้ค่าความเป็นกรด–ด่างลดลงอยู่ในช่วง 5.5-7.0 หรือต่ำกว่า 5.5 จะส่งผลให้ฟอสฟอรัสละลายออกมาทำให้พืชสามารถดูดไปใช้ได้ง่ายขึ้น

2. สภาพแวดล้อมเกี่ยวข้องกับการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดิน

2.1 ปฏิกิริยาดิน ฟอสฟอรัสในดินที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในรูปออร์โทฟอสเฟต เช่น โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) มีค่าความเป็นกรด - ด่าง ประมาณ 6 – 7 ถ้าดินมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ต่ำกว่า 6 ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกตรึงด้วยสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมเกิดการตกตะกอนเป็น $FePO_4$ และ $AlPO_4$ ส่วนดินที่มีค่าความเป็นกรด - ด่าง สูงกว่า 7 ฟอสฟอรัสจะตกตะกอนกับ Ca^{2+} เกิดเป็นแร่ที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ และถูกตรึงโดย $CaCO_3$ (Havlin et al., 2005) ในดินกรดเหล็กและอะลูมินัมที่ละลายได้จะทำปฏิกิริยากับ $H_2PO^-_4$ เกิดเป็นสารประกอบ Hydroxy phosphate ที่ไม่ละลายน้ำ โดย Havlin et al. (2005) รายงานว่าอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al) เป็นปัจจัยสำคัญในการดูดซับฟอสฟอรัส เนื่องจาก 1 มิลลิอิควิวาเลนต์ของอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ต่อดิน 100 กรัม สามารถตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้มากถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในสารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในสภาพดินด่างจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม (Ca^{2+}) และแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เกิดเป็นสารประกอบ $Ca_3(PO_4)_2$ ที่ไม่ละลายน้ำ (Brady, 1974) และเมื่อดินถูกน้ำขังฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยในรูปสารประกอบฟอสเฟตของเหล็ก (Fe-P) ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญที่ให้ฟอสฟอรัสแก่ข้าว ส่วนรูปสารประกอบฟอสเฟตของอะลูมินัม (Al-P) มักพบในดินที่สลายตัวมาจากเถ้าภูเขาไฟ รูปสารประกอบฟอสเฟตของแคลเซียม (Ca-P) มักพบในดินด่าง ซึ่ง (Bohn et al., 2001) กล่าวว่า เมื่อดินนามีการระบายน้ำออก ฟอสเฟตมักตกตะกอนกับ Fe^{3+} ทันที ต่อมาเมื่อมีการขังน้ำอีกครั้ง สารประกอบฟอสเฟตของ Fe^{3+} จะเปลี่ยนเป็น สารประกอบฟอสเฟตของ Fe^{2+} ซึ่งละลายน้ำได้มากกว่า

2.2 ชนิดและปริมาณแร่ดินเหนียวในดิน มีผลต่อการดูดซับฟอสฟอรัสโดยดินที่มีแร่ kaolinite เพียงอย่างเดียวจะตรึงฟอสฟอรัสได้มากกว่าดินที่มีแร่ kaolinite ผสมกับ vermiculite (Ramulu et al., 1967) ในทำนองเดียวกัน Havlin et al. (2005) กล่าวว่า ดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 1 : 1 คือที่มีแผ่นอลูมินาและแผ่นซิลิกาอย่างละ 1 แผ่น ประกอบเป็นหนึ่งหน่วย เช่น Kaolinite สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้มากกว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2 : 1 เช่น Montmorillonite เนื่องจากแร่ kaolinite มีหมู่ OH^- ในระหว่างผลึกของแผ่นอะลูมินามากจึงสามารถแลกเปลี่ยนกับฟอสฟอรัสได้ แร่ชนิดนี้พบมากในดินที่มีการผุพังสลายตัวสูง นอกจากนี้แร่ kaolinite ยังมีประจุที่ขอบผิวของแร่ดินเหนียวที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าปฏิกิริยาดิน ทำให้สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ (ธีรพงษ์, 2545) และดินที่มีแร่ดินเหนียวมากกว่า 25 เปอร์เซนต์สามารถดูดซับฟอสฟอรัสจากสารละลายได้เกือบหมดภายในหนึ่งสัปดาห์ส่วนดินที่มีแร่ดินเหนียวต่ำกว่า 25 เปอร์เซนต์ ไม่สามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้หมดแม้ดินอยู่ในสภาพน้ำขังเกือบ 30 วัน (วิศิษฐ์ และคณะ, 2518)

2.3 อินทรียวัตถุในดิน การใส่อินทรียวัตถุในดินไร่ช่วยลดการดูดซับฟอสฟอรัสได้ (Reddy et al., 1980) เนื่องจากผลิตผลที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์และฮิวมัสสามารถลดการดูดซับฟอสฟอรัสได้ โดยทำให้เกิดปฏิกิริยาคีเลตกับสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมป้องกันมิให้เกิดการดูดซับฟอสฟอรัสโดยสารประกอบออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม (Havlin et al., 2005) อินทรียวัตถุเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในกรณีของดินนา การเพิ่มอินทรียวัตถุกลับทำให้เกิดการดูดซับฟอสฟอรัสได้สูงสุดภายหลังจากการขังน้ำเพียง 2 วัน เนื่องจากอินทรียวัตถุมีผลช่วยเร่งการเปลี่ยนแปลงการเกิดรีดักชันและลดการถูกตรึงของเหล็ก โดยทำให้ความเข้มข้นของเหล็กรูปอสัณฐานเพิ่มขึ้น (Sah and Mikkelsen, 1989)

2.4 อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมการดูดซับฟอสฟอรัสในดิน จากการศึกษาของ Sah and Mikkelsen (1989) พบว่าภายใต้สภาพรีดักชัน ดินที่มีการใส่อินทรียวัตถุที่อุณหภูมิสูงขึ้น การดูดซับฟอสฟอรัสสูงสุดจะเกิดขึ้นหลังการขังน้ำเพียงไม่กี่วัน (Tisdale and Nelson, 1975) กล่าวว่า โดยทั่วไปดินในเขตร้อนมีการดูดซับฟอสฟอรัสได้มากกว่าดินในเขตอบอุ่น เนื่องจากอุณหภูมิในเขตร้อนทำให้ดินมีปริมาณไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมเพิ่มขึ้น

ข้าว

1. ความสำคัญของข้าว

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักที่สำคัญของประเทศไทย โดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวในปี 2559/2560 รวมทั้งสิ้น 56.30 ล้านไร่ (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559) ข้าวเป็นพืชที่สามารถปลูกได้

ทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยแหล่งผลิตข้าวเจ้าที่สำคัญคือภาคกลาง ในทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตข้าวเหนียวและข้าวเจ้า อีกทั้งยังเป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี ส่วนในภาคเหนือเป็นแหล่งผลิตข้าวเจ้าโดยเฉพาะภาคเหนือตอนล่าง ส่วนภาคเหนือตอนบนเป็นแหล่งผลิตทั้งข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ในการปลูกข้าวของไทยนั้นมีพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกอยู่มากมาย ซึ่งแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะภายนอกแตกต่างกัน เช่น ขนาดของเมล็ด สีของเมล็ดข้าวเปลือก สีของเมล็ดข้าวกล้อง สีของกาบใบ สีของแผ่นใบ ความกว้างของแผ่นใบ สีของข้อ ขนที่ใบ อายุการออกดอก ความไวต่อช่วงแสง ความสูงของต้น คุณภาพในการหุงต้ม ความสามารถในการทนน้ำลึก ข้าวขึ้นน้ำ ความทนแล้งหรือทนต่ออากาศหนาว ฯลฯ เนื่องจากพื้นที่การปลูกข้าวมีอยู่ทั่วทุกภาค แต่ละภาคมีสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน จึงมีพันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในแต่ละภาคเป็นจำนวนมาก และจากการรวบรวมพันธุ์ข้าวทั่วประเทศ พบว่า พันธุ์ข้าวพื้นเมืองของไทยมีทั้งสิ้นประมาณ 3,000 พันธุ์ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2543)

2. การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสกับการผลิตข้าว

พันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญอันดับแรกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าว โดยไม่ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิต หากมีพันธุ์ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีที่ตรงกับความต้องการของตลาดและมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่น จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตข้าวหรือเป็นการลดต้นทุนการผลิตข้าวได้เป็นอย่างดี อย่างที่กล่าวข้างต้นว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีศักยภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลาย ๆ งานวิจัย เช่น พิชัย และคณะ (2558) ได้ทำการทดสอบผลผลิตพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่จริม จังหวัดน่าน ระหว่างพันธุ์ข้าวไร่ประเภทข้าวเจ้าทั้ง 20 พันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์ลีซอ พบว่าพันธุ์ข้าวไร่ส่วนใหญ่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากพันธุ์ลีซอ แต่ข้าวพันธุ์เกษตร ข้าวแม่แจ่ และข้าวดำน้ำพันให้ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ลีซอ โดยทั้ง 3 พันธุ์ให้ผลผลิต 408.0 390.0 และ 352.0 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ลีซอให้ผลผลิต 584.0 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนงานวิจัยของอุไรวรรณ และคณะ (2560) พบว่า การศึกษาศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว 5 สายพันธุ์ ที่ปลูกในชุดดินรังสิตภายใต้การจัดการปุ๋ยเคมีแบบเฉพาะพื้นที่ทั้งหมด 6 ซ้ำ โดยได้รับการจัดการปุ๋ยแบบเดียวกัน พบว่า ข้าวพันธุ์ กข 41 มีลักษณะการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวเปลือกสูงกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ ในขณะที่ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และเพชรบุรี 1 มีผลผลิตข้าวเปลือกไม่แตกต่างกัน แต่มีผลผลิตข้าวเปลือกสูงกว่าพันธุ์อุไร 1 และพันธุ์ชัยนาท 1 อาจกล่าวได้ว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมและการจัดการปุ๋ยแบบเดียวกัน ข้าวให้ผลผลิตแตกต่างกัน โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมแตกต่างกัน นอกจากนี้วีรยุทธ และจิรวัฒน์ (2554) ทำการประเมินผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่ที่ทดสอบในจังหวัดขอนแก่น พบว่า ผลผลิตของข้าวไร่มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวสายพันธุ์ ULR077 ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 553.8 กิโลกรัมต่อไร่ และสายพันธุ์ ULR023 ให้ผลผลิต 536.7 กิโลกรัมต่อไร่ สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงรองลงมาคือ สายพันธุ์ ULR049 ข้าวขาวเล็ก ตาดฟ้า1 และสายพันธุ์เมล็ดฝ้าย ให้ผลผลิต 472 470.9 468.8 และ 443.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์หอมสกลนครและพันธุ์ชิวแม่จันที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิต 286.2 และ 270 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนข้าวสายพันธุ์ข้าวล้อให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 111.9 กิโลกรัมต่อไร่ ข้อมูลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าข้าวไร่สามารถให้ผลผลิตที่ค่อนข้างสูง ควรมีการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีลักษณะที่ดี เพื่อใช้สำหรับปลูกในระบบการปลูกพืชบนพื้นที่ดอนและใช้สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการเปรียบเทียบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของสายพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเตี้ยไม่ไวต่อช่วงแสงที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ด้วยวิธีผสมกลับโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลช่วยในการคัดเลือก จำนวน 3 สายพันธุ์ ร่วมกับพันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ คือ สันป่าตอง 1 และ กข14 ทำการทดสอบใน 2 พื้นที่ พบว่า สภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อผลผลิต อายุวันออกดอก ความสูง ความยาว และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง แต่ไม่มีผลต่อจำนวนรวงต่อกอ และความกว้างของเมล็ดข้าวกล้อง ยังพบว่าพันธุกรรมของข้าวมีผลต่อผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรในทุกลักษณะอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่ออายุวันออกดอก ความกว้าง และความหนาของเมล็ดข้าวกล้อง แต่ไม่มีผลต่อผลผลิต ความสูง จำนวนรวงต่อกอและความยาวของเมล็ดข้าวกล้อง (ปกาสิต และคณะ, 2559) ดังนั้นการผลิตข้าวเพื่อให้ได้คุณภาพดีและมีผลผลิตสูง เกษตรกรจึงควรเลือกพันธุ์ข้าวที่สามารถปรับตัวได้ดีกับสภาพแวดล้อมของท้องถิ่น ซึ่งในปัจจุบัน สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ได้ดำเนินงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวมาอย่างต่อเนื่องจนได้ข้าวพันธุ์รับรอง พันธุ์แนะนำ และพันธุ์ทั่วไป ให้เกษตรกรปลูกในระบบนิเวศน์ต่าง ๆ มีทั้งพันธุ์ข้าวนาสวน ข้าวไร่ ข้าวขึ้นน้ำ และข้าวน้ำลึก โดยในการศึกษานี้ได้ใช้พันธุ์ข้าวในการศึกษา 20 พันธุ์ มี 2 ประเภท คือข้าวนาสวนและข้าวไร่ โดยจำแนกเป็นพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ปรับปรุง ดังนี้

ตารางที่ 1 การจำแนกพันธุ์ข้าวตามระบบนิเวศน์การปลูกและประเภทของพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษา 20 พันธุ์

ระบบนิเวศน์การปลูก	ประเภทของพันธุ์	
	พันธุ์พื้นเมือง	**พันธุ์ปรับปรุง**
ข้าวนาสวน	- ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105)	- กข 41 (RD 41) - กข 49 (RD 49) - สกลนคร (SKN) - พิษณุโลก 2 (PSL 2) - ชัยนาท 1 (CNT 1) - ปทุมธานี 1 (PT 1)
ข้าวไร่	- ซิวแม่จัน (SMJ) - อาร์ 258 (R 258) - บือขอแผ่ (BKP) - ขาหนี่ (KN) - บือม้ง (BM) - บือกิปางตอง (BKPT) - เฟืองคำ (FK) - ข้าวเล็บนกแม่แจ่ม (LMNJ) - ข้าวลายซาน (LS) - ข้าวลายปางคามน้อย (LPKN) - ปิอิบอโพสพโขง (PIBPSK) - ข้าวแดง (Dang) - ข้าวซิว (Sew)	

ที่มา: กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (2559)

3. การจัดการเขตกรรมในการผลิตข้าว

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลัก (Macronutrient) ที่ส่วนใหญ่ในดินมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม (Tisdale and Nelson, 1975) แต่มีความสำคัญต่อพืชเป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจน (Brady, 1974) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของอินทรียสารที่สำคัญมากมายหลายชนิด เช่น กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิพิด ATP และโคเอนไซม์ ซึ่งเกี่ยวข้องในกระบวนการเมทาบอลิซึมของพืช ในพืชทั่วไปฟอสฟอรัสมีความสำคัญในช่วงแรกของการเจริญเติบโตเพื่อส่งเสริมการเจริญของระบบราก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และภายในต้นพืชมีฟอสฟอรัสเฉลี่ยประมาณ 0.1 เปอร์เซนต์ และ 0.5 เปอร์เซนต์ สำหรับพืชตระกูลหญ้ามักมีความต้องการฟอสฟอรัสสูงมากกว่าพืชผักและฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของสารที่ให้พลังงานในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างแป้งและน้ำตาล เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์หลายชนิด ช่วยเสริมสร้างส่วนที่เป็นดอก การผสมเกสร ตลอดจนการติดเมล็ด สร้างระบบรากให้แข็งแรง ช่วยในการแตกกอ และช่วยให้ลำต้นแข็งแรงไม่ล้มง่าย ช่วยให้พืชดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโมลิบดีนัมได้ดีขึ้น โดยพบปริมาณฟอสฟอรัสในองค์ประกอบพืชสูงถึง 0.3 - 0.4 เปอร์เซนต์ ถ้าน้อยกว่านี้มักแสดงอาการขาดฟอสฟอรัส (จีราภรณ์, 2557) หากข้าวขาดฟอสฟอรัสมักสุกแก่ช้า (มักล่าช้าไป 1 สัปดาห์หรือมากกว่านั้น) ในกรณีที่ขาดฟอสฟอรัสรุนแรง ข้าวมักไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจน ไม่ทนต่ออากาศเย็น มีอาการแคระแกร็น การแตกกอน้อย ใบแคบ สั้น ตั้งตรง มีสีเขียวเข้ม ลำต้นผอมเรียว จำนวนใบ จำนวนรวงและจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและตายในที่สุด ถ้าพันธุ์ข้าวที่ปลูกสามารถผลิต Anthocyanin ได้ใบอาจเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือสีม่วง (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2559)

1. การขังน้ำ Holford and Patrick (1979) รายงานว่า การขังน้ำจะช่วยเพิ่มความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดิน ซึ่งในสภาพน้ำขังปราศจากออกซิเจน และมักพบเหล็กในรูปอสัณฐาน (Sah and Mikkelsen, 1989) ซึ่งเหล็กรูปนี้สามารถวิเคราะห์ได้โดยการสกัดด้วย Ammonium oxalate และจากการศึกษาของ Khalid et al. (1977) ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเหล็กที่สกัดได้ด้วยวิธีดังกล่าวกับปริมาณฟอสเฟตที่ถูกดูดซับภายใต้สภาพน้ำขัง พบว่า เมื่อปริมาณเหล็กเพิ่มมากขึ้น ฟอสเฟตจะถูกดูดซับได้มากขึ้นจนถึงระดับอิ่มตัว การที่ฟอสเฟตถูกดูดซับได้เพิ่มขึ้นนั้นเกิดจากการแปรสภาพของสารประกอบเหล็กและอะลูมินัมในรูปผลึกไปเป็นรูปอสัณฐานซึ่งมีพื้นที่ผิวสูงกว่าทำให้ดูดซับฟอสเฟตได้มากขึ้น

จากการศึกษาของณฐมณ และศุภธิดา (2557) พบว่า การปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้งจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในสารละลายดิน รวมถึงฟอสฟอรัสในรูปเหล็กฟอสเฟต และแคลเซียมฟอสเฟตสูงกว่าการปลูกข้าวแบบน้ำขัง เนื่องจากการเปลี่ยนรูปของเหล็กในดิน พบว่าเมื่อค่า

ความเป็นกรด - ด่างสูงขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายดิน และอะลูมิเนียมฟอสเฟตในดินมักเพิ่มขึ้น

2. จุลินทรีย์ที่ใช้กับข้าว จากการศึกษาของ Kucey et al. (1989) พบว่า จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกระบวนการหรือกิจกรรมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด โดยทั่วไปจุลินทรีย์มีความสามารถในการย่อยสลายหินฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดย Murdoch et al. (1967) ทำการศึกษาใส่เชื้อราไมคอร์ไรซ่า สามารถช่วยยืดขยายความยาวรากของพืชได้มากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซ่า นอกจากนี้ยังมีจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยหินฟอสเฟต (phosphate solubilizing microorganism) สามารถสร้างเอนไซม์หรือกรดอินทรีย์บางชนิดแล้วปลดปล่อยออกมาย่อยหินฟอสเฟตที่ตกตะกอนในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ กรดแลคติก กรดซิตริก กรดคีโตกลูโคนิค กรดมาลิค กรดออกซาลิค กรดทาร์ทาริค และกรดซัคซิค จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้ เช่น *Aspergillus, Bacillus, Pseudomonas, Bacteria, Actinomycetes* และ เชื้อรา เป็นต้น

การรายงานการศึกษาของเกตน์ณนิภา และสมาพร (2557) พบว่า เชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตจากดินนาข้าว ได้แก่ *Burkhoderia* sp. และ *Pantoea dispersa* ซึ่งเป็นเชื้อที่มีการตรึงฟอสเฟตในขี้เถ้าแกลบสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวทั้งในด้านความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของลำต้น

จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในด้านการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช (Plant Growth Promoting Microoganism : PGPM)

1. บทบาทของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกระบวนการหรือกิจกรรมที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชมากที่สุด ซึ่งจุลินทรีย์ดินหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย แอคตินัยซีท และเชื้อราชนิดต่าง ๆ มีความสามารถในการละลายสารประกอบฟอสเฟตได้ (Kucey et al., 1989) สำหรับจุลินทรีย์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ PGPR เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินรอบรากพืช (rhizosphere) และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช กระบวนการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชผ่าน PGPR นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ การส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยตรงและทางอ้อม ได้แก่

1. ช่วยในกระบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุ (organic matter decomposition) ในการที่จุลินทรีย์จะย่อยอินทรียวัตถุในดินนั้นจำเป็นต้องใช้เอนไซม์เข้าย่อย ซึ่งเอนไซม์ที่ใช้มีทั้งชนิดที่ปล่อยออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) เพื่อย่อยให้อินทรียวัตถุมีโมเลกุลเล็กลงจน

สามารถดูดซึมผ่านผนังเซลล์เข้าไปได้ แล้วจะถูกย่อยอีกครั้งด้วยเอนไซม์ที่อยู่ภายในเซลล์ (intracellular enzyme) เพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืชหรือการสร้างไซเดอร์โรฟอร์ (siderophore production) ซึ่งมีคุณสมบัติเพิ่มการนำธาตุเหล็กเข้าสู่เซลล์พืช โดยการแย่งจับธาตุเหล็กบริเวณรอบรากพืช ทำให้เชื้อราโรคพืชไม่สามารถนำธาตุเหล็กไปใช้ได้ นอกจากนี้เชื้อจุลินทรีย์ยังสามารถสร้างฮอร์โมนพืช (phytohormones) เช่น ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน ซึ่งกระตุ้นการยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์การเปลี่ยนสภาพของเซลล์ สร้างเอนไซม์ไคติเนสและลามินาริเนส ย่อยเส้นใยเชื้อราโรคพืช และสร้างสารปฏิชีวนะที่สามารถยับยั้งการเกิดโรคพืชได้

2. จุลินทรีย์ดินมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน รวมถึงสามารถเปลี่ยนแปลงฟอสเฟตในรูปที่ไม่สามารถละลายได้ในดินให้อยู่ในรูปที่สามารถละลายน้ำได้และพืชดูดไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต อีกทั้งจุลินทรีย์ดินเองเป็นแหล่งของฟอสเฟตอินทรีย์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะปลดปล่อยให้แก่พืชเมื่อตายและถูกย่อยสลาย จุลินทรีย์มีกลไกในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้เป็นประโยชน์กับพืชแตกต่างกันออกไป และยังสามารถปลดปล่อยอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้ เป็นผลทำให้มีฟอสฟอรัสในดินอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นจะเห็นว่ากระบวนการละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตเป็นกระบวนการที่สำคัญต่อการเพิ่มฟอสฟอรัสให้แก่พืช โดยจุลินทรีย์ในกลุ่มแบคทีเรียและรามีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนรูปของสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (เกตน์ณนิภา, 2556)

จุลินทรีย์ที่ช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืชมีหลายกลุ่ม กลุ่มแรก คือ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส (phosphate solubilizing microorganisms : PSM) โดยการแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และยังสามารถย่อยสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟตหรือตะกอนของสารประกอบฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างต่อเนื่องแต่ถูกตรึงไว้ในดินจุลินทรีย์ที่ช่วยละลายฟอสเฟตจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินได้ จุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ได้แก่ *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas* sp., *Thiobacillus* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. กลุ่มที่สองจุลินทรีย์ช่วยเพิ่มศักยภาพในการดูดซึมธาตุอาหารพืช ได้แก่ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับรากพืชชั้นสูง โดยเชื้อราจะได้รับอาหารจากพืช และพืชก็ได้รับประโยชน์จากรากในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช (สุวรรณ, 2555) กลุ่มที่สามกลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพไนโตรเจนซึ่งผลิตเอนไซม์โปรตีเอสย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดินให้อยู่ในรูปของไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์ในดินที่มีบทบาทในการย่อย ได้แก่ *Bacillus, Arthrobacter, Streptomyces, Aspergillus, Nitrobacter,* และ *Nitrosomonas* นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินบางชนิดสามารถตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) จากอากาศเปลี่ยนเป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีประโยชน์ต่อพืชได้ สามารถพบแบคทีเรียเหล่านี้ได้ในดินรอบ ๆ รากพืช และแบคทีเรียเหล่านี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชอีกด้วย (Gyaneshwar et al., 2002)

โดยชนิดกรดที่แบคทีเรียสามารถปลดปล่อยแบ่งออกได้ ดังนี้ 1) กรดอินทรีย์ (organic acids) เป็นสิ่งที่จุลินทรีย์สามารถสร้างและปลดปล่อยออกมาได้ เช่น กรดฟอร์มิค อะซิติค โปรปิโอนิค แลคติค ไกลโคลิค ฟูมาริค และ ซัคซินิค เป็นต้น ส่วนมากจุลินทรีย์จำพวกเฮทเทอโรโทรปจะปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมาจำนวนหนึ่งเสมอในระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ แต่มีความแตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณของกรดอินทรีย์ โดยกรดอินทรีย์บางชนิดอาจเกิดคีเลต คือ สารอินทรีย์ที่สามารถจับกับแร่ธาตุประจุบวก ได้แก่ เหล็ก สังกะสี ทองแดง โคบอลต์ แมงกานีส โดยสารคีเลตจะล้อมแคตไอออนหรือประจุบวกของธาตุที่เป็นโลหะไว้กับแคลเซียมและเหล็ก ส่งผลให้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตได้มากขึ้นและพืชสามารถดูดใช้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณการละลายฟอสเฟตจะแตกต่างกันตามความสามารถในการละลายของจุลินทรีย์แต่ละชนิด รวมทั้งลักษณะและชนิดของสารประกอบฟอสเฟตด้วย กรดต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดลดลงและเกิดการละลายฟอสเฟตมากขึ้น กลไกสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์ คือ การสร้างกรดอินทรีย์ สารคีเลต และการแลกเปลี่ยนไอออน แต่กลไกหลัก คือ การสร้างกรดอินทรีย์ (Vessey, 2003) จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถปลดปล่อยกรดอินทรีย์ที่สามารถช่วยให้อนินทรีย์ฟอสเฟตย่อยละลายได้ เช่น กรดกลูโคนิก กรดอะซีติก กรดซิทริก กรดออกซาลิก เป็นต้น และกลไกที่สอง คือ การสร้างกรดอนินทรีย์ (Inorganic acids) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างและปลดปล่อยกรดอนินทรีย์ออกมา ได้แก่ กรดไนตริค และซัลฟูริคจากกิจกรรมของ Nitrobacter และ Thiobacillus ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จุลินทรีย์ที่สามารถปลดปล่อยกรดอินทรีย์ในการละลายฟอสเฟต

จุลินทรีย์	กรดอินทรีย์
Penicillium radicum	Gluconic
Aspergillus niger	Gluconic, oxalic, citric
Azospirillum spp.	Gluconic
Penicillium rugulosum	Gluconic citric
Yarowia lipolytica	Citric
Rahnella aquatilis	Gluconic
Serratia marcescens	Gluconic
Pseudomonas cepacia	Gluconic

ที่มา: ดัดแปลงจาก สมคิด และวรางคณา (2556)

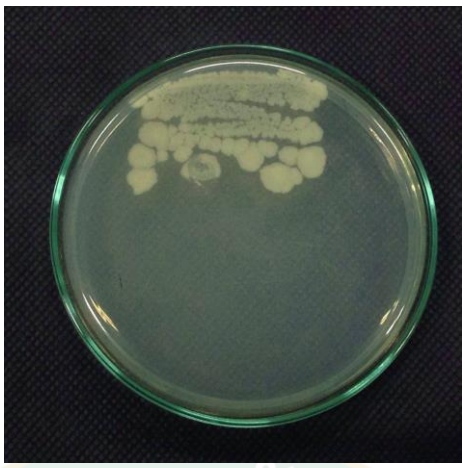
ในดินต่าง ๆ มักพบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตได้ในปริมาณที่แตกต่างกันไป และยังพบว่ามีแบคทีเรียพวกนี้ในบริเวณรากพืช (rhizosphere) มากกว่าบริเวณที่ไกลออกไปจากรากพืช มีสารสำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นตัวดึงดูดชนิดและส่งผลต่อจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในบริเวณไรโซสเฟียร์ คือ สารเอกซูเดท (exudate) ที่รากพืชปลดปล่อยออกมาภายในบริเวณรากพืช ซึ่งสารเอกซูเดทอาจเป็นกรดอะมิโน น้ำตาล หรือโพลีแซคคาร์ไรค์อื่น ๆ และยังเป็นตัวคัดเลือกชนิดของจุลินทรีย์ได้ นอกจากนี้ปริมาณและชนิดของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตผันแปรไปตามอิทธิพลชนิดดินและการเขตกรรมที่แตกต่างกันมากกว่าสภาพทางกายภาพของดิน ปริมาณฮิวมัส ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดิน (ธงชัย, 2550)

2. จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการศึกษา

2.1 จุลินทรีย์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีความสามารถในการละลายไตรแคลเซียมฟอสเฟตและอะลูมินัมฟอสเฟตได้ ทนต่อความเค็มที่ 25 เปอร์เซนต์ และเจริญในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นกรด – ด่างที่เหมาะสมคือ 7.0 พบได้บริเวณดินและน้ำทั่วไป

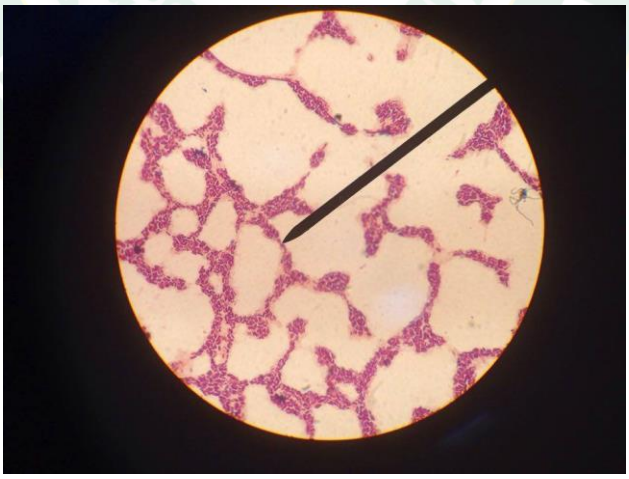
แหล่งที่มาของจุลินทรีย์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 ได้มาจากการศึกษาของ ศ.ดร.สายสมร ลำยอง และอาจารย์ ดร.มธุรส ชัยหาญ ในปี พ.ศ. 2552 โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณรอบ ๆ รากข้าวจำนวน 150 ตัวอย่างจากพื้นที่ปลูกข้าวต่าง ๆ เขตภาคเหนือในแต่ละเขตพื้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างดินในบริเวณรอบ ๆ รากที่ปลูกข้าว 2 จุดและถอนรากข้าวออกมาในตัวอย่าง 10 กรัม ของรากและดินส่วนที่ยึดเกาะรากไว้ ถูกนำมายังห้องปฏิบัติการโดยเก็บไว้ในกล่องน้ำแข็ง ซึ่งการแยกไอโซเลทของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นภายใน 48 ชั่วโมง ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลักษณะของแบคทีเรีย *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 บนจานเพาะเลี้ยงเชื้อมีลักษณะโคโลนี เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปร่างเป็นแท่ง ลักษณะอ้วนสั้น



ภาพที่ 2 ลักษณะโคโลนีของ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 ที่เจริญบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ

ลักษณะเซลล์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่ามีรูปร่างจากการย้อมสีแกรมจากอาหารแข็งมักมีรูปร่างกลม และอยู่เป็นคู่ มีขนาด 1.0 x 0.7 ไมโครเมตร คล้ายแบคทีเรียในจีนัส Neisseria แต่ถ้าย้อมจากอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลว จะพบว่ามีรูปร่างเป็นแท่งขนาด 2.0 x 1.2 ไมโครเมตร เชื้อเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา ดังภาพที่ 3

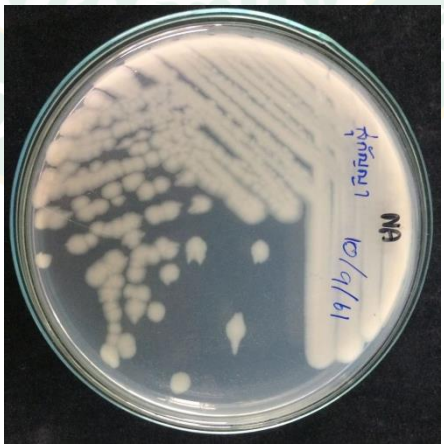


ภาพที่ 3 ลักษณะ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 100X

2.2 จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 การจำแนกลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่าจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน สร้างสปอร์ ผิวหน้าโคโลนีมีลักษณะผิวหน้าเกลี้ยง มันวาว โคโลนีมีลักษณะกลม ขอบโคโลนีเป็นคลื่นที่โค้งเว้าเพียงเล็กน้อย แต่ไม่สามารถระบุจีนัสได้ เนื่องจากผลการทดสอบปฏิกิริยาทางชีวเคมีเหล่านี้ไม่เพียงพอสำหรับการระบุจีนัส *Bacillus subtilis*

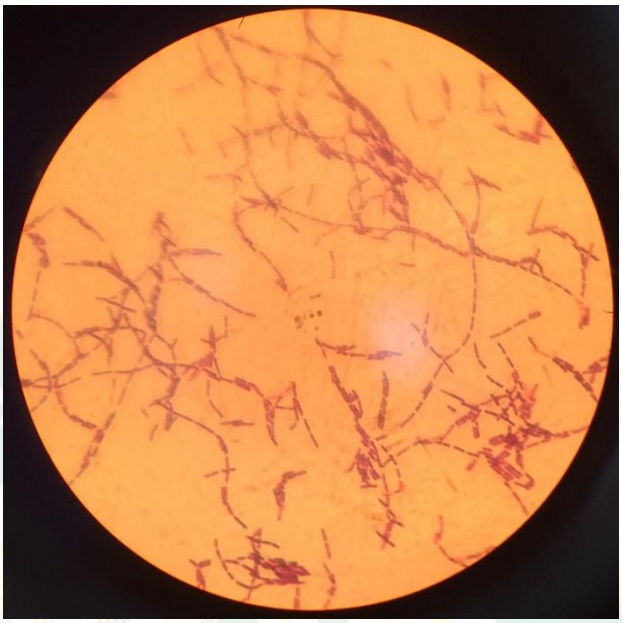
แหล่งที่มาของจุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ได้มาจากการศึกษาของ ศ.ดร. สายสมร ลำยอง และอาจารย์ ดร.มธุรส ชัยหาญ ในปี พ.ศ. 2552 โดยการเก็บตัวอย่างบริเวณรอบ ๆ รากข้าว จำนวน 150 ตัวอย่าง จากพื้นที่ปลูกข้าวต่าง ๆ เขตภาคเหนือในแต่ละเขตพื้นที่ สุ่มเก็บตัวอย่างดินในบริเวณรอบ ๆ รากที่ปลูกข้าว 2 จุดและถอนรากข้าวออกมา ในตัวอย่าง 10 กรัมของรากและดินส่วนที่ยึดเกาะรากไว้ถูกนำมายังห้องปฏิบัติการโดยเก็บไว้ในกล่องน้ำแข็ง ซึ่งการแยกไอโซเลทของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นภายใน 48 ชั่วโมง ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลักษณะของแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* strain MC 21 บนจานเพาะเลี้ยงเชื้อมีลักษณะเป็นโคโลนีกลม ขอบเรียบ โคโลนีมีขนาดใหญ่โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 0.8 มิลลิเมตร ระดับความนูนของโคโลนีพบว่า เป็นโคโลนีหนาขึ้นเล็กน้อยริมหรือขอบโคโลนีมีลักษณะเรียบและบางโคโลนีมีริมหรือขอบโคโลนีเป็นคลื่นที่โค้งเว้าเพียงเล็กน้อยและลักษณะของผิวหน้าโคโลนีมีลักษณะผิวหน้าเกลี้ยงมันวาว ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะโคโลนีของ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ที่เจริญบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อ

ลักษณะเซลล์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่ามี รูปร่างเป็นท่อน มีการจัดเรียงตัวโดยเป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ 100X

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน

1. ปริมาณธาตุอาหาร

การเจริญเติบโตและดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์ดินจำเป็นต้องใช้ธาตุอาหารเช่นเดียวกับพืชชั้นสูงทั่วไป และแหล่งอาหารที่สำคัญส่วนมากได้จากการย่อยสลายซากพืชหรือสัตว์ ยกเว้นจุลินทรีย์บางชนิดที่สามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง ดังนั้นปริมาณของจุลินทรีย์และกิจกรรมต่าง ๆ ในดินที่เกิดโดยจุลินทรีย์จึงขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินด้วย

2. อุณหภูมิของดิน

การเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินมีความผันแปรตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในดิน แม้ว่าจุลินทรีย์ส่วนมากสามารถปรับตัวและลดกิจกรรมต่าง ๆ ลงเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง แต่จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมต่างกัน เช่น Psychrophile เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ดีในที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 15-20 องศาเซลเซียส Mesophile เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญ

ได้ดีในอุณหภูมิปานกลาง ในช่วง 20-40 องศาเซลเซียส และ Thermophile เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง ในช่วง 40-60 องศาเซลเซียส

3. ความชื้น

จุลินทรีย์ดินมักจะมีความสามารถสูงในการปรับตัวเข้ากับระดับความชื้นในดิน แต่โดยปกติความชื้นที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์มักแตกต่างกันไป โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความสามารถในการอุ้มน้ำ เช่น แบคทีเรียเจริญได้ดีที่ความชื้น 50 - 75 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแอคติโนมัยซีทจะเจริญได้ดี 50 - 70 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อราเจริญได้ดีที่ความชื้น 27 เปอร์เซ็นต์ (พฤกษา, ม.ป.ป.)

4. ปฏิกิริยาของดิน

จุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ส่วนมากจะเจริญได้ดีในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลาง เช่น แบคทีเรียเจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 6.0 - 8.0 และเชื้อรา เจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 4.0 - 5.0 ส่วนแอคติโนมัยซีท เจริญได้ดีที่ค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 7.0 - 7.5 และถ้าหากดินมีความเป็นกรดสูงแล้ว กิจกรรมที่เกิดจากแบคทีเรียพวกนี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว

5. การถ่ายเทอากาศ

ในอากาศประกอบด้วยก๊าซที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น ออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนจำเป็นต่อการหายใจ กระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ในเชื้อราและแอคติโนมัยซีท กระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายบางชนิด และเป็นแหล่งคาร์บอนของแบคทีเรียบางชนิด และลักษณะดินที่มีเนื้อหยาบมักจะมีการถ่ายเทอากาศและสามารถสร้างกิจกรรมต่าง ๆ ได้ง่ายกว่าดีกว่าดินที่มีเนื้อละเอียดและแน่นทึบ สำหรับแบคทีเรียมีความต้องการออกซิเจนที่แตกต่างกันออกไป โดยแบ่งออกได้ดังนี้

Aerobic bacteria เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน เจริญได้เฉพาะในที่มีออกซิเจนเท่านั้น เพราะต้องการออกซิเจนในการสร้างพลังงาน เนื่องจากไม่สามารถสร้างพลังงานโดยกระบวนการหมักได้ ได้แก่ *Bacillus* และ *Pseudomonas* เป็นต้น

Anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ดีในที่ไม่มีออกซิเจน

Facultative anaerobic bacteria เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาพมีและไม่มีออกซิเจน แต่เจริญได้ดีในที่ออกซิเจนมากกว่า

Microaerophillic bacteria เป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ดีในที่มีออกซิเจนน้อย

6. แสง

แสงมีความจำเป็นสำหรับจุลินทรีย์บางชนิดที่ต้องสังเคราะห์อาหารเอง เช่น สาหร่ายแต่สำหรับแบคทีเรียแล้ว จะไม่สามารถทนต่อแสงอาทิตย์โดยตรงได้ (สมคิด และวรางคณา, 2556)

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

สถานที่ทำการทดลอง

ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวในระยะต้นกล้า (ณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 3 การทดลองตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา

การทดลองที่ 1 การตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน

การทดลองที่ 2 ผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในวิธีการที่แตกต่างกัน

การทดลองที่ 3 ศึกษาความเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวและเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟต

ซึ่งในการทดลองที่ 1 – 3 มีการเตรียมดิน การเตรียมเชื้อและวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมภายในต้นและรากดังนี้

การเตรียมดิน

การนึ่งฆ่าเชื้อในดิน

นำดินที่บรรจุในถุงพลาสติกมานึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งไอน้ำ แบบไม่มีความดัน ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง เมื่อนึ่งฆ่าเชื้อในดินครั้งที่ 1 เสร็จแล้ว นำดินมาตากแดดนาน 7 วัน หลังจากนั้นนำดินมานึ่งฆ่าเชื้อครั้งที่ 2 นำดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อมาคลุกเคล้าให้เข้ากันในแต่ละการทดลอง และนำดินบรรจุลงถาดหลุมจำนวน 104 หลุม ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อถาด (โดยดินที่ใช้ในการทดลองที่ 1 และ 2 นึ่งฆ่าเชื้อพร้อมกัน ส่วนการทดลองที่ 3 นึ่งซ้ำอีกครั้ง เนื่องจากเป็นดินต่างชุดกัน)

การวิเคราะห์ทางเคมีในดิน

สุ่มตัวอย่างดินการทดลองที่ 1 และ 3 มาวิเคราะห์ทางเคมีในดินมีการสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั้งก่อนและหลังการปลูกข้าว ตัวอย่างละ 30 กรัมเพื่อให้เพียงพอสำหรับการวัดความเป็นกรด – ด่างของ

ดินและการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน โดยก่อนการปลูกข้าวสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วและคลุกเคล้าให้เข้ากันการทดลองละ 3 ตัวอย่าง ส่วนหลังการปลูกในการทดลองที่ 1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินทุกกรรมวิธีในทุกระยะการเก็บข้อมูล และการทดลองที่ 3 สุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการปลูกข้าวในทุกกรรมวิธีจำนวน 3 สายพันธุ์ หลังจากนั้นนำดินมาผึ่งลมนาน 7 วัน แล้วนำตัวอย่างดินบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วจึงนำดินไปวิเคราะห์ทางเคมี

การวัดความเป็นกรด-ด่างของดิน นำตัวอย่างดินในแต่ละการทดลองมาชั่งน้ำหนัก 10 กรัม ต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร (1 : 1) คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ทำซ้ำกัน 2 ครั้ง ครั้งที่ 3 ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้ววัดโดยเครื่องมือ pH-meter

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน นำตัวอย่างดินร่อนผ่านตะแกรงร่อน ขนาด 2 มิลลิลิตร และชั่งน้ำหนัก 2.5 กรัม เทลงในหลอดเซนติฟิวส์ เติมน้ำยาสกัด Bray II ที่มีส่วนผสมของ 0.1 mol/L HC1 และ 0.03 mol/L NH_4F ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงในเครื่องปั่นเหวี่ยงประมาณ 5 นาที นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้ในขวดพลาสติก หลังจากนั้นดูดสารละลายจากขวดพลาสติกในปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้มาพัฒนาสีด้วย ascorbic acid ตามวิธีการของ Watanabe and Olsen (1962) ด้วยการเติม Reagent B หรือน้ำยาปรับสี (น้ำยาปรับสี 200 มิลลิลิตร ประกอบด้วย Ammonium molybdate 12 กรัม Potassium tarrate 0.2908 กรัม H2SO4 98 เปอร์เซนต์ 141 มิลลิลิตร Ascorbic acid 1.056 กรัม) 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าแล้วทิ้งไว้ 30 นาที นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer อ่านค่า Transmittance (เปอร์เซนต์T) ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร

การเตรียมเชื้อ

อุปกรณ์และอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งสองชนิดสำหรับการทดลองที่ 1 - 3

1. ตู้เขี่ยเชื้อ (laminar flow) ยี่ห้อ Biohazard Class II รุ่น V5
2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (incubator) ยี่ห้อ BINDER “Germany” รุ่น BD 15
3. ตู้อบลมร้อน (hot air oven) ยี่ห้อ Memmert รุ่น UNE500
4. หม้อนึ่งอบไอน้ำ (autoclave) ยี่ห้อ DAIHAN รุ่น NAC - 47
5. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) ยี่ห้อ Thermo รุ่น GENESYS 20 Visible Spectrophotometer
6. เครื่องเขย่าแบบ orbital shaker ยี่ห้อ Wizard รุ่น Nine
7. จานเลี้ยงเชื้อ (petri dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
8. ขวดใส่สารละลาย

9. ขวดรูปชมพู่
10. สำลี Swab
11. ปิเปต (pipette)
12. อาหารเลี้ยงเชื้อ

12.1 Nutrient agar (NA)

Beep extract	3 กรัม
Peptone	5 กรัม
ผงวุ้น	15 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

12.2 Nutrient broth (NB)

Beep extract	3 กรัม
Peptone	5 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

12.3 Nutrient glucose agar (NGA)

Beep extract	3 กรัม
Peptone	5 กรัม
Glucose	2.5 กรัม
ผงวุ้น	15 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

12.4 Nutrient glucose broth (NGB)

Beep extract	3 กรัม
Peptone	5 กรัม
Glucose	2.5 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

12.5 Pikovskaya 's medium

Yeast extract	0.5 กรัม
Dextrose	10 กรัม
Calcium phosphate	5 กรัม
Ammonium sulphate	0.5 กรัม
Potassium chloride	0.2 กรัม
Magnesium sulphate	0.1 กรัม

Manganese sulphate	0.0001 กรัม
Ferrous sulphate	0.0001 กรัม

การเตรียมเชื้อ

การเตรียมจุลินทรีย์ทดสอบ ทำได้โดยนำจุลินทรีย์จาก Stock culture โดยใช้เชื้อ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8, *Bacillus subtilis* strain MC 21 (Chaiharn and Lumyong, 2008) ที่ระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ที่ได้มาจากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มาเขี่ยลงบนอาหารสังเคราะห์ Nutrient glucose agar (NGA) เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว ๆ โดยบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง เมื่อได้โคโลนีเดี่ยว ๆ จากนั้นทำการถ่ายจุลินทรีย์ที่ได้จากโคโลนีเดี่ยวลงในขวดรูปชมพู่ที่บรรจุอาหารสังเคราะห์ Nutrient glucose broth (NGB) ขนาด 150 มิลลิลิตร แล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าแบบ Orbital shaker เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อ แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm ให้มีค่าเท่ากับ 0.5 หากค่าการดูดกลืนแสงมากกว่า 0.5 ทำการเจือจางด้วยน้ำเกลือ 0.85 เปอร์เซนต์ เพื่อได้จุลินทรีย์ที่มีความเข้มข้น 10^6 CFU/ml

การทดสอบความสามารถในการการละลายฟอสเฟต

นำจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดที่เจริญในอาหารเหลว Nutrient glucose broth (NGB) มาspread plate ลงบนอาหารแข็ง Pikovskaya's medium (PVK) และบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 4-5 วัน และสังเกตบริเวณวงใสรอบโคโลนี ซึ่งแสดงว่าโคโลนีนั้นเป็นจุลินทรีย์ที่สร้างกรดออกมาละลายฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ เนื่องจากในอาหาร Pikovskaya's medium นั้นมี $Ca_3(PO_4)_2$ เป็นส่วนผสมอยู่และเป็นแหล่งของฟอสเฟตอย่างเดียวที่มีในอาหาร

การใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต

ทำการใส่จุลินทรีย์แต่ละชนิด โดยการใส่จุลินทรีย์ที่มีระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ลงในหลุม ๆ ละ 1 มิลลิลิตร ในทุก ๆ การทดลองใส่จุลินทรีย์ในวันย้ายปลูกลงดิน 1 ครั้ง แต่ในการทดลองที่ 2 ใส่จุลินทรีย์ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวอายุ 21 วันหลังงอก และการทดลองที่ 3 ใส่จุลินทรีย์ อีก 2 ครั้ง คือ เมื่อข้าวอายุ 14 และ 21 วันหลังงอก สำหรับจุลินทรีย์ที่ใส่ลงดินตั้งแต่การทดลองที่ 1 และ 2 ใช้จุลินทรีย์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 และ *Bacillus subtilis* strain MC 21 ส่วนการทดลองที่ 3 ใช้จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 เพียงชนิดเดียว

วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมภายในต้นและราก

นำตัวอย่างแห้งที่ตัดอบแยกต้นและรากมาชั่งน้ำหนักแห้งแล้วมาบดและเผาตัวอย่างพืช 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 500 - 550 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 ชั่วโมง แล้วนำมาละลายใน HCl 2 N ต่อน้ำกลั่น ในอัตรา 15 : 15 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 จากนั้นปิเปตสารละลาย 2 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม Mixed reagent (Mixed reagent 1 ลิตร ประกอบด้วย Ammonium vanadate 1.25 กรัม HNO_3 AR grade 250 มิลลิลิตร และ Ammonium molybdate tetrahydrate 25 กรัม) 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 20 นาที นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer อ่านค่า Transmittance (%T) ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร (จำเป็น, 2547)

การทดลองที่ 1

การศึกษาการตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน โดยทำการปลูกข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ซิวแม่จัน (V1) และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (V2) ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ 3 ชนิด คือ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 (B1), *Bacillus* subtilis strain MC 21 (B2) และไม่ใส่จุลินทรีย์ (B3) โดยในดินที่มีสภาพฟอสเฟต 2 สภาพ ประกอบด้วย ($Ca_3O_8P_2$: Ca-P) เป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ (P1) และ (KH_2PO_4 : K-P) เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ (P2) รวมทั้งหมด 12 กรรมวิธี และทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + CR 1.8 +ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 2 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + MC 21 + ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 3 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + CR 1.8 + ฟอสเฟตรูป K-P
กรรมวิธีที่ 4 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + MC 21 + ฟอสเฟตรูป K-P
กรรมวิธีที่ 5 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + CR 1.8+ ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 6 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + MC 21 + ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 7 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + CR 1.8 + ฟอสเฟตรูป K-P
กรรมวิธีที่ 8 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + MC 21 + ฟอสเฟตรูป K-P
กรรมวิธีที่ 9 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + ไม่ใส่จุลินทรีย์ + ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 10 ข้าวพันธุ์ซิวแม่จัน + ไม่ใส่จุลินทรีย์ + ฟอสเฟตรูป K-P
กรรมวิธีที่ 11 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + ไม่ใส่จุลินทรีย์ + ฟอสเฟตรูป Ca-P
กรรมวิธีที่ 12 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 + ไม่ใส่จุลินทรีย์ + ฟอสเฟตรูป K-P

อุปกรณ์ในการเพาะปลูกข้าว

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และพันธุ์ซิวแม่จัน
2. ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง
3. ฟอสเฟตในรูป $Ca_3O_8P_2$ และ KH_2PO_4
4. จุลินทรีย์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 และ *Bacillus* subtilis strain MC 21
5. ถาดหลุมจำนวน 104 หลุม
6.

การเตรียมเมล็ดข้าว

ทำการแช่เมล็ดในน้ำกลั่น นาน 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เมื่ออายุ 7 วัน หลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวในแต่ละกรรมวิธีและทำการสุ่มต้นข้าว จำนวน 10 ต้น เมื่อข้าวอายุ 21 วันหลังย้ายปลูกหรือ 28 วันหลังงอก โดยบันทึกข้อมูลด้านความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก จำนวนรากต่อต้น ค่าความเขียวใบ น้ำหนักต้นแห้งและรากแห้ง และวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในดินก่อนปลูกและหลังปลูกข้าว

การวิเคราะห์ข้อมูล

ประเมินการตอบสนองของข้าวในระยะกล้าต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน โดยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (cluster analysis) และคำนวณค่าลักษณะการเจริญเติบโตระหว่างกลุ่มด้วยวิธี nonparameteric test สามารถทำได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์การจัดกลุ่มการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าว โดยกรรมวิธีต่าง ๆ ด้วยวิธีการ cluster analysis

1.1 คำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างกรรมวิธีโดยใช้ Relative Euclidean distance (RED) ซึ่งจะได้ค่าระยะทางของคู่ (j,k) ดังสมการ

$$RED_{j,k} = \sqrt{\sum_{i=1}^{s}\left[\left(\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{s} x_{ij}^2}}\right) - \left(\frac{x_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{s} x_{ij}^2}}\right)\right]^2}$$

นำ RED ไปจัดทำเป็นเมทริกซ์ของความคล้ายคลึง โดยใช้ระยะทางดังกล่าวข้างต้นนี้เป็น D matrix จากนั้นตรวจดูว่ามีระยะทางของคู่ของการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวโดยกรรมวิธีต่าง ๆ เป็นระยะทางน้อยที่สุดซึ่งจะเป็นการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวโดยกรรมวิธีต่าง ๆ เริ่มต้นคู่แรกที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด

1.2 คำนวณหาระยะทางระหว่างกลุ่มแรกที่ได้จากขั้นตอนที่หนึ่งกับพันธุ์ข้าวที่เหลือโดยใช้สมการ Linear combinatorial ของ Lance and Williams (1967) เพื่อใช้ในการคำนวณหาระยะทางของคู่ของพันธุ์ข้าวใหม่ดังนี้

$$D_{(j,k)(h)} = \alpha_1 D_{(j,h)} + \alpha_2 D_{(k,h)} + \beta D_{(j,k)}$$

โดยที่ กำหนดให้ α_1 เท่ากับ 0.625 α_2 เท่ากับ 0.625 และ β เท่ากับ -0.25 ซึ่งจะทำให้ได้ matrix ใหม่ (D} matrix) ที่ลดจำนวนลงแล้ว

1.3 พิจารณาค่าระยะทางที่น้อยที่สุดที่ได้ในข้อที่ 1.2 เพื่อจับกลุ่มเข้ากับคู่แรกจากข้อที่ 1.1

1.4 กระทำตามขั้นตอนที่ 1.2 และ 1.3 ซ้ำ จนกระทั่งการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวโดยวิธีต่าง ๆ ตัวอย่างเชื่อมต่อกันทุกการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวโดยวิธีต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภาพต้นไม้ หรือ Dendrogram ได้

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวกับสภาพฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ ด้วยวิธีวิเคราะห์การจัดลำดับชั้น (ordination analysis) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ Canonical correspondence analysis (CCA) กล่าวคือ จะใช้วิธีการวิเคราะห์แบบหลายตัวแปรเพื่อการจัดลำดับทั้งส่วนของหน่วยตัวอย่าง (sampling units) และตัวแปร (variables) รวมถึงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของผลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยการนำค่าการเจริญเติบโตโดยใช้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการปลูกข้าว ทั้ง 12 กรรมวิธี เพื่อหาการจัดลำดับกลุ่มของการเติบโตด้วยวิธีนี้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปัจจัยแวดล้อมทั้งหมด

ซึ่งจาก 3 ปัจจัยข้างต้น ได้แก่ พันธุ์ข้าว สภาพฟอสเฟต และจุลินทรีย์ ซึ่งหลักการทั่วไปของวิธีการนี้คือ การใช้ multiple regression เพื่อการเลือกเอา linear combination ของปัจจัยแวดล้อมที่อธิบายความแปรผันของ species score ในแต่ละแกน วิธีการนี้จึงสามารถจัดลำดับสังคมพืชและชนิดไม้ภายในสังคมไปตามปัจจัยแวดล้อมได้ในเวลาเดียวกัน (Kent and Coker, 1995)

การทดลองที่ 2

การศึกษาผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตในวิธีการที่แตกต่างกัน วางแผนการทดลอง 2×3×3 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการใช้จุลินทรีย์ ประกอบด้วย การแช่จุลินทรีย์ และการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ปัจจัยที่ 2 คือ การใส่เชื้อจุลินทรีย์ ประกอบด้วย *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8, *Bacillus* subtilis strain MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ และปัจจัยที่ 3 คือ พันธุ์ข้าว ประกอบด้วย พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 49 และอาร์ 258 ซึ่งมีทั้งหมด 15 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + CR 1.8 + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 2 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + CR 1.8 + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 3 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + CR 1.8 +ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 4 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + CR 1.8 + ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 5 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + CR 1.8 + ข้าวพันธุ์อาร์ 258
กรรมวิธีที่ 6 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + CR 1.8 + ข้าวพันธุ์อาร์ 258
กรรมวิธีที่ 7 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 8 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 9 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 10 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 11 วิธีการแช่จุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์อาร์ 258
กรรมวิธีที่ 12 วิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ + MC 21 + ข้าวพันธุ์อาร์ 258
กรรมวิธีที่ 13 วิธีการแช่ + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 14 วิธีการฉีดพ่น + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 15 วิธีการแช่ + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์อาร์ 258
กรรมวิธีที่ 16 วิธีการฉีดพ่น + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105
กรรมวิธีที่ 17 วิธีการแช่ + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์ กข 49
กรรมวิธีที่ 18 วิธีการฉีดพ่น + น้ำกลั่น + ข้าวพันธุ์อาร์ 258

อุปกรณ์ในการเพาะปลูกข้าว

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 กข 49 และอาร์ 258
2. ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง

3. จุลินทรีย์ *Acinetobacter baumannii* strain CR 1.8 และ *Bacillus* subtilis strain MC 21

4. ถาดหลุมจำนวน 104 หลุม

5. กระบอกฉีดน้ำ

6. กล่องเพาะเมล็ด

7. กระดาษเพาะเมล็ด

8. ภาชนะสำหรับแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์

การเตรียมเมล็ดข้าว

1. วิธีการแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์ โดยนำเมล็ดข้าวแช่ในสารละลายจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ปริมาตร 15 มิลลิลิตร นาน 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เมื่ออายุ 7 วันหลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม

2. การฉีดพ่นจุลินทรีย์ นำสารละลายจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่ความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ปริมาตร 15 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงในเมล็ดที่วางอยู่บนกระดาษเพาะเมล็ด เมื่ออายุ 7 วันหลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม

3. การฉีดพ่นน้ำกลั่น นำน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงในเมล็ดที่วางอยู่บนกระดาษเพาะเมล็ด เมื่ออายุ 7 วันหลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด104 หลุม

4. การแช่เมล็ดในน้ำ แช่เมล็ดในน้ำกลั่นปริมาตร 15 มิลลิลิตร นาน 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เมื่ออายุ 7 วันหลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวทุก ๆ สัปดาห์ จนถึงอายุ 28 วันหลังงอก ในด้านความสูงต้น จำนวนใบ การยืดขยายความยาวราก จำนวนราก ค่าความเขียวใบ น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากแห้ง และวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นและราก

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลความแปรปรวนพร้อมเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม R

การทดลองที่ 3

ในการศึกษาความเฉพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวและเชื้อแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการละลายฟอสฟอรัส ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยทำการปลูกข้าว 20 พันธุ์/สายพันธุ์ ในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ *Bacillus subtilis* strain MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ รวมทั้งหมดมี 40 กรรมวิธี

อุปกรณ์ในการเพาะปลูกข้าว

1. ดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 ครั้ง
2. แบคทีเรีย *Bacillus* subtilis strain MC 21
3. ถาดหลุมจำนวน 104 หลุม
4. เมล็ดพันธุ์จำนวน 20 พันธุ์ต่อสายพันธุ์ โดยมีรายชื่อพันธุ์ข้าวดังนี้

ตารางที่ 3 รายชื่อพันธุข้าวที่ใช้ศึกษาในการทดลองที่ 3 จำนวน 20 สายพันธุ์ต่อพันธุ์

ลำดับ	ตัวย่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
1	PSL 2	พิษณุโลก 2
2	RD 49	กข 49
3	SKNK	สกลนคร
4	CNT 1	ชัยนาท 1
5	PT 1	ปทุมธานี 1
6	RD 41	กข 41
7	KDML 105	ขาวดอกมะลิ 105
8	BKP	บือขอแผ่
9	KN	ขาหนี่
10	BM	บือม้ง
11	BKPT	บือกิปางตอง
12	FK	เฟืองคำ
13	LMNJ	ข้าวเล็บนกแม่แจ่ม
14	LS	ข้าวลายซาน
15	LPKN	ข้าวลายปางคามน้อย
16	PIBPSK	ปิอิบอโพสบโขง
17	SMJ	ซิวแม่จัน
18	R 258	อาร์ 258
19	Dang	ข้าวแดง
20	Sew	ข้าวซิว

การเตรียมเมล็ดข้าว

ทำการแช่เมล็ดในน้ำกลั่น นาน 12 ชั่วโมง และบ่มที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เมื่ออายุ 7 วัน หลังงอก ย้ายปลูกลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวทุก ๆ สัปดาห์ จนถึงอายุ 28 วันหลังงอก ในการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น จำนวนใบ การยืดขยายความยาวราก จำนวนราก ค่าความเขียวใบ น้ำหนักต้นแห้ง รากน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นและราก วิเคราะห์ดินก่อนปลูกและหลังปลูก

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลมาวิเคราะห์หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม ด้วยวิธีการเปรียบเทียบแบบ t-test โดยโปรแกรม R

ตารางที่ 4 การบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวและการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่สะสมในต้นและราก

ลักษณะการเจริญเติบโต	วิธีการประเมิน
ด้านความสูงต้น	วัดความสูงต้นตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายใบที่ยาวที่สุด
ด้านจำนวนใบ	นับจำนวนใบทั้งหมดของต้นที่คลี่อย่างเต็มที่ (ใบต่อต้น)
ด้านการยืดขยายความยาวราก	วัดความยาวรากที่ยาวที่สุดตั้งแต่โคนรากจนถึงปลายราก
ด้านจำนวนราก	นับจำนวนรากต่อต้นทั้งหมดที่เจริญจากโคนต้น
ด้านความเขียวใบ	วัดค่าความเขียวใบโดยใช้ Chlorophyll Meter ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น SPAD-502 Plus วัดจากใบที่ 2 ของข้าว นับจากใบที่คลี่แล้วเต็มที่
ด้านน้ำหนักต้นแห้งและรากแห้ง	ชั่งน้ำหนักต้นแห้งและรากแห้งที่ผ่านการอบด้วยอุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การตอบสนองของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน

จากการศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้ฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน ในการศึกษานี้ได้เก็บบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 21 วัน นำข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวทั้ง 8 ลักษณะมาวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่ม ที่ระดับความคล้ายคลึง 75 เปอร์เซนต์ สามารถแบ่งกลุ่มตามการตอบสนองลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวได้ 3 กลุ่ม (ภาพที่ 6) โดยกลุ่มที่ 1 และ 3 ได้รับอิทธิพลเนื่องจากพันธุ์ข้าว คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของพันธุ์ชิวแม่จันเพียงอย่างเดียวและกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มของพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพียงอย่างเดียว ส่วนกลุ่มที่ 2 กลุ่มพันธุ์ที่ได้รับอิทธิพลร่วมระหว่างการใส่จุลินทรีย์และสภาพฟอสเฟต ประกอบด้วยพันธุ์ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกในสภาพฟอสเฟตในรูปที่เป็นประโยชน์ร่วมกับสภาพที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ (ชิวแม่จัน + ฟอสเฟตรูป K-P + ไม่ใส่จุลินทรีย์) และพันธุ์ขาวดอกมะลิที่ปลูกในสภาพฟอสเฟตในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดร่วมด้วย (ขาวดอกมะลิ 105 + ฟอสเฟตรูป Ca-P + CR 1.8 และขาวดอกมะลิ 105 + ฟอสเฟตรูป Ca-P + MC 21) หลังจากนำข้อมูลที่ได้จากการจัดกลุ่มมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน ปรากฏผลว่าการใส่จุลินทรีย์ทั้งสองชนิดสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวให้มีความสูงต้น ความยาวราก จำนวนราก ความเขียวใบ และน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น ในขณะที่การเจริญเติบโตด้านจำนวนใบ น้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักใบแห้งของข้าวทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยพบว่า กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน มีลักษณะการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น ความยาวราก และน้ำหนักรากแห้ง มีค่ามากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ถึง 11.5 17.8 และ 16.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่การเจริญเติบโตด้านจำนวนรากและค่าความเขียวใบของข้าวกลุ่มที่ 3 คือ กลุ่มข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีค่ามากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ถึง 15.8 และ 11.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในดิน จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่ต่างกันร่วมกับจุลินทรีย์และปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการปลูกข้าวภายใต้สภาพฟอสฟอรัสทั้งสองสภาพ รวมทั้งหมด 12 กรรมวิธี ด้วยวิธีการ CCA โดยมีค่า Eigenvalues ของแกนที่ 1 (Axis 1) และแกนที่ 2 (Axis 2) เท่ากับ 0.88 และ

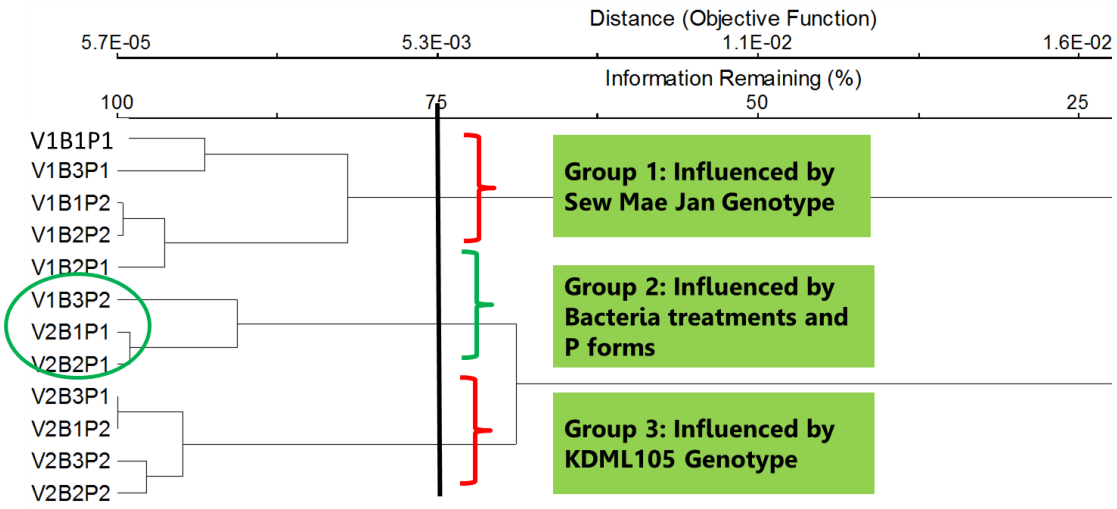
0.5 ตามลำดับ (ภาพที่ 7) โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มที่ตอบสนองต่อปริมาณฟอสฟอรัส กล่าวคือ กลุ่มที่ 1 คือ V1B2P2 เป็นข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตมากที่สุด เท่ากับ 41.5 ppm. กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีผลต่อการเจริญเติบโต โดยสามารถเจริญเติบโตภายใต้ฟอสฟอรัสที่มีค่ามากกว่าผลการศึกษา ประกอบด้วย ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ในสภาพที่ฟอสฟอรัสไม่เป็นประโยชน์ (V2B3P1) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (V2B1P2) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 ในสภาพฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ (V2B1P1) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 ในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (V2B2P1) ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (V2B2P2) และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (V2B3P2) โดยกลุ่มที่ 2 นี้มีช่วงค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 39.49 ถึง 44.41 ppm. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.66 ± 1.75 ppm. และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีผลต่อการเจริญเติบโต โดยสามารถเจริญเติบโตภายใต้ฟอสฟอรัสที่มีค่าน้อยกว่าผลการศึกษา ประกอบด้วย ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 ในสภาพที่ฟอสฟอรัสไม่เป็นประโยชน์ (V1B1P1) ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 ในสภาพที่ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ (V1B1P2) ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในสภาพฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ (V1B2P1) ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ในสภาพที่ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ (V1B3P2) และข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกร่วมกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ในสภาพที่ฟอสฟอรัสไม่เป็นประโยชน์ (V1B3P1) โดยกลุ่มที่ 3 นี้มีค่าช่วงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระหว่าง 40.41 ถึง 42.96 ppm. มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.70 ± 0.93 ppm.

การศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้ฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน พบว่า อิทธิพลของพันธุ์ข้าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าอิทธิพลของการใส่จุลินทรีย์หรือการใส่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (V1B2P2) มีผลต่อการเจริญเติบโตมาก แต่ในกรรมวิธีอื่น ๆ ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกในฟอสฟอรัสและการใส่จุลินทรีย์ทั้งสามชนิด อาจไม่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวมากนัก ซึ่งปกติแล้วข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน มีความเฉพาะเจาะจงกับการอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์บางชนิด (กฤชญา และคณะ, 2560) ขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความทนต่อสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเขตกรรม เช่น การใส่จุลินทรีย์ต่าง ๆ การเพิ่มธาตุอาหารที่สำคัญ ทำให้มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ (อนุเทพ, 2558) โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในผลการศึกษา

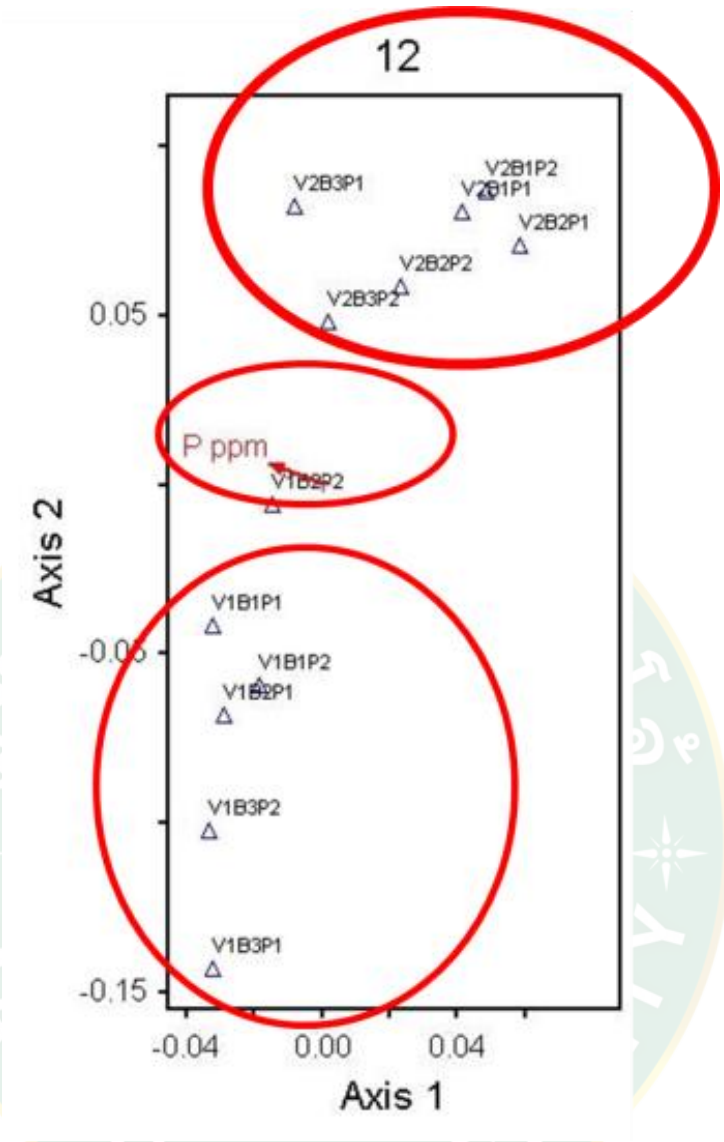
ตารางที่ 5 การเจริญทางด้านความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก จำนวนราก ค่าความเขียวใบ และน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้งและน้ำหนักรากแห้งของต้นกล้าข้าวพันธุ์ซิวแม่จันและพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Growth	1	2	3	Kruskal-Wallis chi-squared	P-value
Shoot Length (cm.)	32.45a	30.34b	28.72c	68.19***	<0.001
Leaf Number (no.)	3	3	3	3.32ns	>0.05
Root Length (cm.)	20.21a	17.60b	16.80b	41.28***	<0.001
Root Number (no.)	16c	18b	19a	112.5***	<0.001
Leaf greenness	16.23b	17.99ab	18.43a	43.7***	<0.001
Shoot Dry Weight (g.)	0.1823	0.1754	0.1874	0.31ns	>0.05
Leaf Dry Weight (g.)	0.2959	0.2731	0.2525	4.434ns	>0.05
Root Dry Weight (g)	0.2096a	0.1821ab	0.1744b	6.35*	<0.05

* หมายเหตุ ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวยกที่แตกต่างกันในแถวเดียวกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ด้วยวิธีการ Kruskal-Wallis chi-squared



ภาพที่ 6 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มด้วยวิธีการวัดความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่มที่ระดับความคล้ายคลึง 75 เปอร์เซนต์ การเจริญทางด้านความสูงต้น จำนวนใบ จำนวนราก ความยาวราก ค่าความเขียวใบ และน้ำหนักต้นแห้งและรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเจริญเติบโตของพันธุ์ข้าวที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่ต่างกันร่วมกับจุลินทรีย์และปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการปลูกข้าวภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน ด้วยวิธีการ CCA

การทดลองที่ 2 ผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อ
การใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัสในวิธีการที่แตกต่างกัน

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนการย้ายปลูกด้วยวิธีการแช่หรือการฉีดพ่นเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ร่วมกับการแช่หรือการฉีดพ่นส่งผลต่อการสร้างรากของต้นข้าวที่ระยะ 14 วันหลังปลูกอย่างชัดเจน โดยกรรมวิธีการแช่เมล็ดข้าวด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ก่อนการย้ายปลูกส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนรากเพิ่มมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ในขณะต้นข้าวที่อายุ 21 วันหลังปลูก ที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการฉีดพ่นจุลินทรีย์มีจำนวนรากมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการแช่สารละลายจุลินทรีย์ ทั้งนี้จุลินทรีย์ต่างชนิดกันส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างจำนวนรากของต้นข้าวในช่วงอายุที่ต่างกัน โดยจุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้ข้าวที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูก มีจำนวนรากมากกว่าการไม่ใส่จุลินทรีย์ และการใส่เชื้อ CR 1.8 ตามลำดับ ในขณะที่ต้นข้าวที่อายุ 21 วันหลังการปลูก ที่ได้รับจุลินทรีย์ CR 1.8 มีการสร้างจำนวนรากเพิ่มขึ้นและมีจำนวนใกล้เคียงกับต้นข้าวที่ได้รับ MC 21 ในขณะที่ต้นข้าวที่ไม่ได้รับการใส่จุลินทรีย์ไม่มีการสร้างรากใหม่ทำให้มีจำนวนรากไม่แตกต่างกันในระยะ 14 และ 21 วันหลังปลูก และต้นข้าวมีจำนวนรากน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ สำหรับอิทธิพลของสายพันธุ์ข้าวส่งผลต่อความสามารถในการสร้างรากต่อต้นของข้าวอย่างชัดเจนในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยข้าวพันธุ์ RD 49 มีจำนวนรากต่อต้นมากกว่า KDML 105 และ R 258 ตามลำดับ นอกจากนี้ลักษณะจำนวนรากต่อต้นข้าวที่ระยะ 21 วันหลังปลูกยังมีความแตกต่างกันไปเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการการเตรียมเมล็ดก่อนปลูก ชนิดจุลินทรีย์และสายพันธุ์ข้าว โดยพันธุ์ข้าว RD 49 ที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 และ CR 1.8 มีจำนวนรากต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ สำหรับข้าวสายพันธุ์ RD 49 ที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยวิธีการแช่เมล็ดด้วยจุลินทรีย์ MC 21 และการไม่ใส่จุลินทรีย์ รวมถึงข้าวสายพันธุ์ KDML 105 ที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยวิธีการฉีดพ่น MC 21 และ CR 1.8 มีจำนวนรากต่อต้นมากและใกล้เคียงกัน กลุ่มกรรมวิธีที่ส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนรากต่อต้นสูง คือ วิธีการเตรียมเมล็ดก่อนการย้ายปลูกด้วยการแช่เมล็ดด้วยจุลินทรีย์ CR 1.8 ในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ สำหรับกรรมวิธีอื่น ๆ มีการสร้างจำนวนรากลดน้อยแตกต่างกันไป โดยต้นข้าวที่มีวิธีการเตรียมเมล็ดก่อนการย้ายปลูกด้วยการแช่เมล็ด ด้วย MC 21 ในสายพันธุ์ KDML 105 มีจำนวนรากต่อต้นของข้าวน้อยที่สุด (ตารางที่ 6)

สำหรับการยืดขยายความยาวรากของต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดข้าวก่อนการย้ายปลูกด้วยวิธีการแช่ หรือการฉีดพ่นจุลินทรีย์นั้นไม่ปรากฏความแตกต่างตลอดช่วงการเจริญระยะกล้าที่ทำการศึกษา ในขณะที่ชนิดของจุลินทรีย์ที่ใส่ให้ในช่วงการเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนการย้ายปลูกทั้ง CR 1.8 และ MC 21 ส่งผลต่อชะลอการยืดขยายความยาวรากข้าวที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูกเท่านั้น ทำให้ต้นข้าวที่ได้รับจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด มีความยาวรากน้อยกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ สำหรับ

ความแตกต่างของสายพันธุ์ข้าวส่งผลต่อการยืดขยายความยาวรากที่ช่วงอายุ 7 และ 14 วันหลังปลูก โดยข้าวสายพันธุ์ RD 49 และ KDML 105 มีการยืดขยายความยาวรากของข้าวน้อยกว่าสายพันธุ์ R 258 สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างกรรมวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวก่อนย้ายปลูก ชนิดจุลินทรีย์ และสายพันธุ์ข้าวไม่ปรากฏผลต่อการยืดขยายความยาวรากของข้าวในระยะกล้า (ตารางที่ 7)

การสะสมน้ำหนักรากแห้งเป็นลักษณะที่เป็นผลปรากฏร่วมกันทั้งลักษณะจำนวนรากและความยาวรากของต้นข้าว ทำให้การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งต่อวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวก่อนปลูกโดยการแช่เมล็ด หรือการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์ ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักรากแห้งของข้าว ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับลักษณะความยาวราก ในขณะที่การใช้จุลินทรีย์แต่ละชนิดส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักรากแห้งของข้าวทุกสายพันธุ์ที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูก โดยต้นข้าวที่เมล็ดพันธุ์ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ในระหว่างการเตรียมเมล็ดก่อนการย้ายปลูกมีการสะสมน้ำหนักรากแห้งของข้าวมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ สำหรับข้าวที่อายุ 21 วันหลังปลูก ที่ได้รับเชื้อ CR 1.8 และ MC 21 มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งใกล้เคียงกัน สำหรับข้าวแต่ละสายพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งแตกต่างกันในช่วงอายุ 7 และ 14 วันหลังปลูก โดยที่ระยะ 7 วันหลังปลูก ข้าวพันธุ์ R 258 มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งมากกว่า KDML 105 และ RD 49 ในขณะที่ต้นข้าวที่ระยะ 14 วัน หลังการปลูก ข้าวพันธุ์ RD 49 มีการสะสมน้ำหนักรากแห้งมากกว่า KDML 105 และ R 258 สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการเตรียมเมล็ดชนิดเชื้อ และสายพันธุ์ข้าวไม่ส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักรากแห้ง (ตารางที่ 8)

สำหรับการศึกษานี้พบว่า วิธีการเตรียมเมล็ดข้าวสำหรับการย้ายปลูกด้วยการแช่และการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ไม่ส่งผลต่อความสูงของต้นข้าวในระยะกล้า ในขณะที่การใช้จุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้ข้าวทุกสายพันธุ์ที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูก มีความสูงต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับจุลินทรีย์ CR 1.8 และการไม่ใส่จุลินทรีย์ โดยข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่อายุ 14 วันหลังปลูก ที่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 มีความสูงต้นมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ ในขณะที่ความสูงต้นของข้าวที่อายุ 21 วันหลังปลูก ปรากฏความแตกต่างเนื่องจากการใส่จุลินทรีย์และไม่ใส่จุลินทรีย์ โดยข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่ได้รับจุลินทรีย์ทั้ง MC 21 และ CR 1.8 มีความสูงต้นมากกว่าข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ นอกจากนี้ลักษณะของสายพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสูงของต้นข้าวตั้งแต่อายุ 7 ถึง 21 วันหลังปลูก โดยข้าวสายพันธุ์ KDML 105 มีความสูงของลำต้นมากกว่าข้าวสายพันธุ์ R 258 และ RD 49 ตามลำดับ ในขณะที่อิทธิพลร่วมระหว่างกรรมวิธีเตรียมเมล็ด ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ และสายพันธุ์ข้าวไม่ส่งผลต่อความสูงต้นข้าว (ตารางที่ 9) สำหรับจำนวนใบต่อต้นของข้าวได้รับอิทธิพลของวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวก่อนการย้ายปลูกโดยกรรมวิธีการแช่เมล็ดข้าวหรือกรรมวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ส่งผลต่อการสร้างจำนวนใบของข้าวตั้งแต่ 14 วันหลังปลูกเป็นต้นไป โดยการเตรียมเมล็ดด้วยกรรมวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนใบต่อต้นมากกว่าต้นข้าว

ที่เตรียมเมล็ดก่อนปลูกด้วยการแช่เมล็ด สำหรับกรรมวิธีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 MC 21 และไม่ใส่จุลินทรีย์ ไม่ส่งผลต่อจำนวนใบของข้าวทุกสายพันธุ์ สำหรับอิทธิพลของสายพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลทำให้การสร้างจำนวนใบของข้าวสายพันธุ์ RD 49 มีผลตั้งแต่ 7 วันหลังย้ายปลูก ทำให้มีจำนวนใบมากกว่าข้าวสายพันธุ์ KDML 105 และ R 258 สำหรับอิทธิพลร่วมของจุลินทรีย์ กรรมวิธี และสายพันธุ์ไม่ปรากฏต่อจำนวนใบของข้าว (ตารางที่ 10)

สำหรับลักษณะความเขียวใบของข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่อายุ 14 วันหลังย้ายปลูกโดยต้นข้าวที่ผ่านวิธีการเตรียมเมล็ดด้วยวิธีการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์มีความเขียวใบมากกว่าต้นข้าวที่วิธีการแช่เมล็ดด้วยสารละลายจุลินทรีย์ สำหรับการใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 MC 21 และการไม่ใส่จุลินทรีย์ในการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ ส่งผลต่อลักษณะความเขียวใบของข้าวที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูกโดยการใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR1.8 และ MC 21 ช่วยส่งเสริมให้ใบมีความเขียวมากกว่าต้นข้าวที่ไม่ใส่สารละลายจุลินทรีย์ สำหรับข้าวสายพันธุ์ KDML 105 RD 49 และ R 258 ตั้งแต่ข้าวอายุ 14 วันหลังปลูก มีความเขียวใบของข้าวสายพันธุ์ RD 49 และ R 258 มีค่าความเขียวใบสูงกว่าข้าวสายพันธุ์ KDML 105 ข้าวสายพันธุ์ RD 49 มีค่าความเขียวใบสูงกว่าพันธุ์ KDML 105 R 258 ที่อายุ 21 วันหลังปลูก สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีเตรียมเมล็ด ชนิดของเชื้อ และสายพันธุ์ข้าว ไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของความเขียวใบ (ตารางที่ 11)

ลักษณะการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของต้นข้าวเป็นลักษณะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวสำหรับการย้ายปลูกด้วยกรรมวิธีการแช่สารละลายจุลินทรีย์หรือกรรมวิธีการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ไม่ส่งผลต่อข้าว ในขณะที่การใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 MC 21 และกรรมวิธีการไม่ใส่สารละลายจุลินทรีย์ ส่งผลให้ข้าวทั้งสามสายพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งที่แตกต่างกันตั้งแต่อายุ 14 วันหลังปลูกเป็นต้นไป โดยข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่ได้รับสารละลายจุลินทรีย์กรรมวิธีการใส่สารละลายจุลินทรีย์ MC 21 ในระยะ 14 และ 21 วันหลังปลูกมีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของข้าวมากกว่ากรรมวิธีการใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีที่ไม่ใส่สารละลายจุลินทรีย์ สำหรับพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างในการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของข้าวในทุกระยะ โดยที่ระยะ 7 วันหลังย้ายปลูก พันธุ์ข้าว RD 49 และ R 258 มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งมากกว่าพันธุ์ข้าว KDML 105 ในขณะที่ระยะ 14 และ 21 วันหลังย้ายปลูก พันธุ์ข้าว RD 49 มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งมากกว่าพันธุ์ข้าว KDML 105 และ R 258 (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 6 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Root number (Number/plant)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	9.52 ± 1.46	16.26 ± 1.59 a	15.53 ± 3.54 b
	Spray	9.31 ± 1.50	15.33 ± 1.71 b	17.94 ± 3.95 a
	F-test	ns	*	*
	LSD (P<0.05)	-	0.807	1.120
Microorganism	CR1.8	9.26 ± 1.58	15.11 ± 1.45 b	16.65 ± 3.84 ab
	MC 21	9.51 ± 1.22	16.40 ± 1.24 a	17.81 ± 3.33 a
	Control	9.49 ± 1.64	15.87 ± 1.69 ab	15.76 ± 4.43 b
	F-test	ns	*	*
	LSD (P<0.05)	-	0.989	1.370
Varieties	KDML105	9.35 ± 1.47 b	16.36 ± 1.63 b	17.19 ± 2.01 b
	RD49	10.63 ± 1.04 a	18.13 ± 2.01 a	20.01 ± 3.32 a
	R258	8.27 ± 0.74 c	12.89 ± 1.20 c	13.02 ± 2.54 c
	F-test	***	***	***
	LSD (P<0.05)	0.680	0.989	1.371
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	9.10 ± 0.53	17.17 ± 0.11	17.03 ± 1.34 c-g
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	8.93 ± 1.8	14.13 ± 2.00	19.80 ± 2.10 b-d
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	10.77 ± 0.95	19.70 ± 1.49	17.80 ± 1.56 c-f
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	10.63 ± 0.81	18.73 ± 2.15	23.77 ± 1.55 ab
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	9.70 ± 1.32	15.63 ± 0.71	16.87 ± 0.32 c-f
	(6) Spray + CR1.8 + R258	9.43 ± 0.35	15.87 ± 1.55	18.77 ± 0.81 e-g
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	8.17 ± 0.38	12.77 ± 1.27	9.87 ± 1.58 i
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	7.63 ± 1.37	11.90 ± 0.54	15.47 ± 0.46 b-e
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	11.23 ± 0.99	18.57 ± 2.47	17.17 ± 0.32 b-f
	(10) Spray + MC 21 + RD49	10.47 ± 0.93	16.13 ± 1.14	20.57 ± 2.64 a
	(11) Soaking + MC 21 + R258	8.27 ± 0.32	14.90 ± 0.97	13.80 ± 1.50 gh
	(12) Spray + MC 21 + R258	8.23 ± 0.06	13.57 ± 0.68	15.83 ± 0.70 e-g
	(13) Soaking + Control + KDML105	9.47 ± 2.50	17.67 ± 2.00	15.33 ± 1.19 hi
	(14) Spray + Control + KDML105	8.67 ± 0.85	12.10 ± 0.34	11.57 ± 1.78 f-g
	(15) Soaking + Control + RD49	10.33 ± 1.56	17.83 ± 2.84	20.37 ± 4.50 bc
	(16) Spray + Control + RD49	10.33 ± 1.56	17.83 ± 2.84	20.37 ± 4.50 bc
	(17) Soaking + Control + R258	9.47 ± 2.50	17.67 ± 2.00	15.33 ± 1.19 hi
	(18) Spray + Control + R258	8.67 ± 0.85	12.10 ± 0.34	11.57 ± 1.78 f-g
	F-test	ns	ns	*
	LSD (P<0.05)	-	-	3.357
	CV (%)	13.639	9.261	12.113

ตารางที่ 7 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Root length (cm)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	8.96 ± 2.03	17.47 ± 1.59	19.35 ± 2.50
	Spray	8.68 ± 2.00	17.17 ± 1.71	19.34 ± 2.64
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
Microorganism	CR1.8	8.75 ± 2.08	17.04 ± 1.45 b	19.38 ± 2.92
	MC 21	8.51 ± 1.66	16.55 ± 1.24 b	18.54 ± 2.57
	Control	9.21 ± 2.26	18.37 ± 1.69 a	20.11 ± 1.93
	F-test	ns	**	Ns
	LSD (P<0.05)	-	1.113	-
Varieties	KDML105	7.29 ± 0.68	17.08 ± 1.63	18.69 ± 2.03 b
	RD49	7.85 ± 0.73	17.72 ± 2.01	17.93 ± 2.16 b
	R258	11.33 ± 1.18	17.17 ± 1.20	21.42 ± 2.07 a
	F-test	***	ns	***
	LSD (P<0.05)		-	1.382
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	7.37 ± 1.16	16.74 ± 0.11	18.80 ± 1.96
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	6.72 ± 0.78	16.28 ± 2.00	18.82 ± 2.01
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	7.66 ± 0.62	16.98 ± 1.49	17.79 ± 3.59
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	7.68 ± 0.26	16.72 ± 2.15	17.74 ± 0.79
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	7.50 ± 0.30	17.02 ± 0.71	16.62 ± 1.45
	(6) Spray + CR1.8 + R258	7.03 ± 0.96	15.85 ± 1.55	17.54 ± 2.32
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	11.29 ± 1.82	17.16 ± 1.27	20.31 ± 3.35
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	11.13 ± 0.99	16.21 ± 0.54	23.54 ± 1.60
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	8.06 ± 0.52	18.23 ± 2.47	19.02 ± 1.50
	(10) Spray + MC 21 + RD49	7.92 ± 1.20	17.61 ± 1.14	15.81 ± 0.96
	(11) Soaking + MC 21 + R258	11.15 ± 0.34	16.00 ± 0.97	21.30 ± 2.78
	(12) Spray + MC 21 + R258	10.05 ± 1.02	16.73 ± 0.68	20.28 ± 1.65
	(13) Soaking + Control + KDML105	7.57 ± 0.13	18.28 ± 2.00	20.19 ± 1.49
	(14) Spray + Control + KDML105	12.17 ± 0.90	18.45 ± 0.34	21.53 ± 0.84
	(15) Soaking + Control + RD49	12.17 ± 0.90	18.45 ± 0.34	21.53 ± 0.84
	(16) Spray + Control + RD49	7.90 ± 1.06	18.39 ± 2.84	18.62 ± 2.55
	(17) Soaking + Control + R258	7.57 ± 0.13	18.28 ± 2.00	20.19 ± 1.49
	(18) Spray + Control + R258	12.17 ± 0.90	18.45 ± 0.34	21.53 ± 0.84
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	10.167	9.502	10.564

ตารางที่ 8 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Root dry weight (g)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	0.0087 ± 0.0037	0.0323 ± 0.0046	0.0490 ± 0.0108
	Spray	0.0075 ± 0.0024	0.0313 ± 0.0058	0.0508 ± 0.0120
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
Microorganism	CR1.8	0.0077 ± 0.0024	0.0303 ± 0.0052 b	0.0507 ± 0.0092 ab
	MC 21	0.0088 ± 0.0045	0.0343 ± 0.0065 a	0.0553 ± 0.0121 a
	Control	0.0079 ± 0.0022	0.0309 ± 0.0023 b	0.0437 ± 0.0098 b
	F-test	ns	*	**
	LSD (P<0.05)	-	0.003	0.007
Varieties	KDML105	0.0067 ± 0.0045 b	0.0295 ± 0.0051 b	0.0485 ± 0.0139
	RD49	0.0074 ± 0.0016 b	0.0354 ± 0.0053 a	0.0530 ± 0.0099
	R258	0.0102 ± 0.0013 a	0.0306 ± 0.0030 b	0.0482 ± 0.0097
	F-test	**	***	Ns
	LSD (P<0.05)	0.002	0.003	-
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	0.0061 ± 0.0007	0.0290 ± 0.0045	0.0554 ± 0.0052
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	0.0052 ± 0.0017	0.0247 ± 0.0014	0.0439 ± 0.0176
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	0.0076 ± 0.0021	0.0366 ± 0.0088	0.0595 ± 0.0169
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	0.0075 ± 0.0008	0.0396 ± 0.0078	0.0558 ± 0.0098
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	0.0122 ± 0.0104	0.0365 ± 0.0043	0.0508 ± 0.0049
	(6) Spray + CR1.8 + R258	0.0050 ± 0.0001	0.0304 ± 0.0080	0.0639 ± 0.0166
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	0.0099 ± 0.0004	0.0290 ± 0.0050	0.0493 ± 0.0089
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	0.0107 ± 0.0015	0.0284 ± 0.0009	0.0551 ± 0.0046
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	0.0082 ± 0.0019	0.0333 ± 0.0023	0.0476 ± 0.0101
	(10) Spray + MC 21 + RD49	0.0059 ± 0.0011	0.0372 ± 0.0059	0.0528 ± 0.0053
	(11) Soaking + MC 21 + R258	0.0105 ± 0.0020	0.0340 ± 0.0019	0.0473 ± 0.0153
	(12) Spray + MC 21 + R258	0.0099 ± 0.0017	0.0289 ± 0.0021	0.0548 ± 0.0082
	(13) Soaking + Control + KDML105	0.0059 ± 0.0016	0.0281 ± 0.0015	0.0385 ± 0.0109
	(14) Spray + Control + KDML105	0.0101 ± 0.0013	0.0316 ± 0.0014	0.0415 ± 0.0081
	(15) Soaking + Control + RD49	0.0077 ± 0.0018	0.0328 ± 0.0009	0.0510 ± 0.0100
	(16) Spray + Control + RD49	0.0077 ± 0.0018	0.0328 ± 0.0009	0.0510 ± 0.0100
	(17) Soaking + Control + R258	0.0059 ± 0.0016	0.0281 ± 0.0015	0.0385 ± 0.0109
	(18) Spray + Control + R258	0.0101 ± 0.0013	0.0316 ± 0.0014	0.0415 ± 0.0081
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	35.120	13.395	21.724

ตารางที่ 9 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Shoot length (cm)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	23.49 ± 1.75	38.63 ± 4.61	39.95 ± 6.51
	Spray	23.36 ± 1.75	39.60 ± 4.54	40.66 ± 6.02
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
Microorganism	CR1.8	23.38 ± 1.51	39.02 ± 4.09 b	41.71 ± 6.25 a
	MC 21	23.21 ± 1.70	41.75 ± 3.46 a	42.2 ± 5.52 a
	Control	23.69 ± 2.03	36.57 ± 4.66 c	37.01 ± 5.81 b
	F-test	ns	***	***
	LSD (P<0.05)	-	1.719	2.592
Varieties	KDML105	24.79 ± 1.39 a	42.72 ± 2.41 a	46.25 ± 3.91 a
	RD49	21.98 ± 1.22 c	35.18 ± 2.86 c	35.3 ± 4.00 c
	R258	23.52 ± 1.34 b	39.45 ± 4.53 b	39.36 ± 4.95 b
	F-test	***	***	***
	LSD (P<0.05)	0.870	1.719	2.592
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	23.31 ± 0.53	42.92 ± 1.08	47.80 ± 3.03
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	24.68 ± 1.28	41.90 ± 2.38	47.66 ± 5.84
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	22.17 ± 1.15	37.00 ± 0.92	37.62 ± 0.92
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	21.23 ± 1.74	37.91 ± 2.54	36.65 ± 6.03
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	25.25 ± 1.60	44.14 ± 2.68	49.26 ± 3.53
	(6) Spray + CR1.8 + R258	23.48 ± 0.58	44.39 ± 0.95	45.48 ± 2.85
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	23.99 ± 2.02	36.44 ± 3.08	37.18 ± 5.39
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	24.31 ± 1.06	42.59 ± 2.35	43.73 ± 3.16
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	21.89 ± 0.15	34.51 ± 2.71	35.07 ± 2.50
	(10) Spray + MC 21 + RD49	22.12 ± 1.48	35.79 ± 1.67	38.80 ± 4.37
	(11) Soaking + MC 21 + R258	23.76 ± 1.56	42.95 ± 0.61	41.56 ± 5.42
	(12) Spray + MC 21 + R258	23.38 ± 0.71	44.11 ± 0.69	42.60 ± 1.46
	(13) Soaking + Control + KDML105	26.00 ± 0.73	41.48 ± 3.27	43.65 ± 3.50
	(14) Spray + Control + KDML105	22.85 ± 1.48	35.29 ± 3.68	35.56 ± 4.20
	(15) Soaking + Control + RD49	22.22 ± 1.57	32.93 ± 3.13	31.81 ± 1.98
	(16) Spray + Control + RD49	22.22 ± 1.57	32.93 ± 3.13	31.81 ± 1.98
	(17) Soaking + Control + R258	26.00 ± 0.73	41.48 ± 3.27	43.65 ± 3.50
	(18) Spray + Control + R258	22.85 ± 1.48	35.29 ± 3.68	35.56 ± 4.20
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	5.496	6.500	9.514

ตารางที่ 10 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Leaf number (Number/plant)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	3.6 ± 0.4	4.5 ± 2.8 b	3.8 ± 3.5 b
	Spray	3.6 ± 0.4	4.7 ± 2.7 a	4.1 ± 4.0 a
	F-test	ns	**	*
	LSD (P<0.05)	-	0.149	0.218
Microorganism	CR1.8	3.6 ± 0.5	4.5 ± 2.6	4.0 ± 3.8
	MC 21	3.6 ± 0.4	4.7 ± 2.5	4.0 ± 3.3
	Control	3.6 ± 0.4	4.6 ± 3.2	4.0 ± 4.4
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
Varieties	KDML105	3.8 ± 0.1 b	4.7 ± 1.7 b	4.0 ± 2.0 b
	RD49	3.9 ± 0.1 a	5.0 ± 1.7 a	4.3 ± 3.3 a
	R258	3.0 ± 0.1 c	4.0 ± 1.7 c	3.7 ± 2.5 c
	F-test	***	***	***
	LSD (P<0.05)	0.074	0.182	0.267
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	4.0 ± 0.1	4.6 ± 0.1	3.9 ± 1.3
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	3.8 ± 0.2	4.8 ± 0.7	4.3 ± 2.1
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	3.8 ± 0.2	4.9 ± 1.1	4.0 ± 1.6
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	3.9 ± 0.1	5.3 ± 1.4	4.3 ± 1.6
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	3.9 ± 0.1	4.6 ± 0.8	4.1 ± 0.3
	(6) Spray + CR1.8 + R258	3.7 ± 0.2	4.8 ± 1.5	4.4 ± 0.8
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	3.0 ± 0.1	3.5 ± 1.9	3.2 ± 1.6
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	3.0 ± 0.0	4.1 ± 0.1	3.9 ± 0.5
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	4.0 ± 0.0	4.9 ± 1.5	4.2 ± 0.3
	(10) Spray + MC 21 + RD49	4.0 ± 0.0	5.2 ± 1.0	4.4 ± 2.6
	(11) Soaking + MC 21 + R258	2.9 ± 0.1	4.0 ± 2.0	3.4 ± 1.5
	(12) Spray + MC 21 + R258	3.1 ± 0.1	4.4 ± 0.5	4.1 ± 0.7
	(13) Soaking + Control + KDML105	3.8 ± 0.1	4.7 ± 1.8	3.7 ± 1.2
	(14) Spray + Control + KDML105	3.1 ± 0.1	4.0 ± 2.0	3.8 ± 1.8
	(15) Soaking + Control + RD49	3.9 ± 0.1	5.0 ± 1.8	4.4 ± 4.5
	(16) Spray + Control + RD49	3.9 ± 0.1	5.0 ± 1.8	4.4 ± 4.5
	(17) Soaking + Control + R258	3.8 ± 0.1	4.7 ± 1.8	3.7 ± 1.2
	(18) Spray + Control + R258	3.1 ± 0.1	4.0 ± 2.0	3.8 ± 1.8
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	3.052	5.886	9.890

ตารางที่ 11 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความเขียวใบที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Leaf greenness (SPAD)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	0.00 ± 0.00	24.54 ± 2.27 a	19.74 ± 2.07
	Spray	0.00 ± 0.00	25.65 ± 2.01 b	20.49 ± 2.23
	F-test	ns	*	Ns
	LSD (P<0.05)	-	0.974	-
Microorganism	CR1.8	0.00 ± 0.00	25.34 ± 1.72 a	20.30 ± 1.87 a
	MC 21	0.00 ± 0.00	25.97 ± 2.20 a	21.38 ± 1.74 a
	Control	0.00 ± 0.00	23.99 ± 2.26 b	18.67 ± 2.03 b
	F-test	ns	**	***
	LSD (P<0.05)	-	1.193	1.115
Varieties	KDML105	0.00 ± 0.00	23.70 ± 2.43 b	19.33 ± 1.89 b
	RD49	0.00 ± 0.00	26.15 ± 1.70 a	21.56 ± 1.95 a
	R258	0.00 ± 0.00	25.44 ± 1.71 a	19.46 ± 1.98 b
	F-test	ns	***	***
	LSD (P<0.05)	-	1.193	1.115
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	0.00 ± 0.00	23.44 ± 0.86	19.24 ± 1.34
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	0.00 ± 0.00	26.42 ± 0.10	20.79 ± 1.87
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	0.00 ± 0.00	27.40 ± 1.78	22.43 ± 1.51
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	0.00 ± 0.00	27.47 ± 0.62	23.66 ± 2.28
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	0.00 ± 0.00	23.08 ± 3.02	20.17 ± 0.85
	(6) Spray + CR1.8 + R258	0.00 ± 0.00	25.00 ± 1.67	19.88 ± 0.82
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	0.00 ± 0.00	24.63 ± 1.74	17.82 ± 2.20
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	0.00 ± 0.00	26.75 ± 1.25	20.91 ± 0.50
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	0.00 ± 0.00	24.49 ± 2.27	21.32 ± 0.57
	(10) Spray + MC 21 + RD49	0.00 ± 0.00	26.30 ± 1.09	21.73 ± 1.63
	(11) Soaking + MC 21 + R258	0.00 ± 0.00	25.87 ± 1.73	20.69 ± 0.77
	(12) Spray + MC 21 + R258	0.00 ± 0.00	26.98 ± 0.97	21.45 ± 0.65
	(13) Soaking + Control + KDML105	0.00 ± 0.00	22.13 ± 2.82	17.96 ± 2.57
	(14) Spray + Control + KDML105	0.00 ± 0.00	24.21 ± 1.47	17.93 ± 1.52
	(15) Soaking + Control + RD49	0.00 ± 0.00	25.63 ± 1.53	20.12 ± 1.98
	(16) Spray + Control + RD49	0.00 ± 0.00	25.63 ± 1.53	20.12 ± 1.98
	(17) Soaking + Control + R258	0.00 ± 0.00	22.13 ± 2.82	17.96 ± 2.57
	(18) Spray + Control + R258	0.00 ± 0.00	24.21 ± 1.47	17.93 ± 1.52
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	-	7.030	8.193

ตารางที่ 12 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 7, 14 และ 21 วัน

Source of variance		Shoot dry weight (g)		
		7 day	14 day	21 day
Methods	Soaking	0.0244 ± 0.0052	0.0769 ± 0.0109	0.0996 ± 0.0238
	Spray	0.0251 ± 0.0029	0.0796 ± 0.0103	0.1091 ± 0.0275
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
Microorganism	CR1.8	0.0246 ± 0.0031	0.0764 ± 0.009 b	0.1045 ± 0.0239 ab
	MC 21	0.0242 ± 0.0058	0.0852 ± 0.0091 a	0.1152 ± 0.0287 a
	Control	0.0254 ± 0.0033	0.0732 ± 0.0102 b	0.0933 ± 0.0212 b
	F-test	ns	***	*
	LSD (P<0.05)	-	0.005	0.015
Varieties	KDML105	0.0220 ± 0.0046 b	0.0737 ± 0.0072 b	0.0999 ± 0.0182 b
	RD49	0.0271 ± 0.0034 a	0.0861 ± 0.0103 a	0.1206 ± 0.0272 a
	R258	0.0252 ± 0.0028 a	0.0749 ± 0.0097 b	0.0925 ± 0.0240 b
	F-test	**	***	**
	LSD (P<0.05)	0.003	0.005	0.015
Microorganism X Varieties X Methods	(1) Soaking + CR1.8 + KDML105	0.0215 ± 0.0014	0.0723 ± 0.0027	0.0982 ± 0.0221
	(2) Spray + CR1.8 + KDML105	0.0239 ± 0.0036	0.0720 ± 0.0031	0.1126 ± 0.0335
	(3) Soaking + CR1.8 + RD49	0.0275 ± 0.0055	0.0964 ± 0.0038	0.1302 ± 0.0082
	(4) Spray + CR1.8 + RD49	0.0282 ± 0.0033	0.0929 ± 0.0027	0.1481 ± 0.0493
	(5) Soaking + CR1.8 + R258	0.0173 ± 0.0109	0.0770 ± 0.0035	0.1056 ± 0.0103
	(6) Spray + CR1.8 + R258	0.0227 ± 0.0008	0.0788 ± 0.0061	0.0986 ± 0.0123
	(7) Soaking + MC 21 + KDML105	0.0239 ± 0.0030	0.0662 ± 0.0087	0.0749 ± 0.0224
	(8) Spray + MC 21 + KDML105	0.0260 ± 0.0018	0.0775 ± 0.0052	0.1140 ± 0.0038
	(9) Soaking + MC 21 + RD49	0.0276 ± 0.0038	0.0813 ± 0.0081	0.1120 ± 0.0210
	(10) Spray + MC 21 + RD49	0.0249 ± 0.0025	0.0892 ± 0.0033	0.1154 ± 0.0201
	(11) Soaking + MC 21 + R258	0.0254 ± 0.0024	0.0799 ± 0.0073	0.0954 ± 0.0320
	(12) Spray + MC 21 + R258	0.0240 ± 0.0019	0.0863 ± 0.0095	0.1131 ± 0.0102
	(13) Soaking + Control + KDML105	0.0232 ± 0.0014	0.0712 ± 0.0120	0.0922 ± 0.0152
	(14) Spray + Control + KDML105	0.0260 ± 0.0042	0.0698 ± 0.0078	0.0788 ± 0.0207
	(15) Soaking + Control + RD49	0.0271 ± 0.0037	0.0785 ± 0.0132	0.1089 ± 0.0239
	(16) Spray + Control + RD49	0.0271 ± 0.0037	0.0785 ± 0.0132	0.1089 ± 0.0239
	(17) Soaking + Control + R258	0.0232 ± 0.0014	0.0712 ± 0.0120	0.0922 ± 0.0152
	(18) Spray + Control + R258	0.0260 ± 0.0042	0.0698 ± 0.0078	0.0788 ± 0.0207
	F-test	ns	ns	Ns
	LSD (P<0.05)	-	-	-
	CV (%)	10.308	16.040	21.81

การทดลองที่ 3 ศึกษาความจำเพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าว
และจุลินทรีย์ละลายฟอสฟอรัส

การเปรียบเทียบผลของการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) ในถาดเพาะกล้าข้าว เพื่อช่วยส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัสและกระตุ้นการเจริญเติบโตในข้าวแต่ละสายพันธุ์ จำนวน 20 สายพันธุ์ ตั้งแต่งอกจนถึงอายุ 28 หลังปลูก ผลการศึกษาพบว่า การใส่จุลินทรีย์ให้กับข้าวตั้งแต่การหยอดเมล็ดนั้น ไม่ปรากฏผลกระทบใด ๆ ในสายพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ มีเพียงข้าวบางสายพันธุ์ที่ปรากฏผลทั้งในการกระตุ้น การส่งเสริมการเจริญเติบโต ในขณะที่บางสายพันธุ์ที่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 แล้วอัตราการเจริญเติบโตในหลายลักษณะถูกยับยั้ง หรือเจริญเติบโตช้ากว่าการไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 สำหรับสายพันธุ์ข้าวที่ตอบสนองต่อการใส่จุลินทรีย์อย่างชัดเจนในหลายลักษณะ คือ สายพันธุ์ PT 1 โดยการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านการสะสมน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และน้ำหนักรากแห้งของข้าวสายพันธุ์ PT 1 ที่ระยะการเจริญเติบโตในช่วง 21-28 วันหลังปลูก น้อยกว่าข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ถึง 51.6 47.5 และ 36.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 18 20 และ 22) นอกจากนี้ข้าวสายพันธุ์ KN เป็นอีกหนึ่งสายพันธุ์ที่ได้รับผลการได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ในเชิงการลดอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านการสะสมน้ำหนักรากแห้งในช่วงการเจริญเติบโตที่ 14-21 วันหลังปลูก จึงทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านการสะสมน้ำหนักรากแห้งน้อยกว่ารากของต้นที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ถึง 46.9 เปอร์เซนต์ สำหรับอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นเป็นลักษณะที่ได้รับผลกระทบจากการได้รับจุลินทรีย์ MC 21 โดยมีข้าว 2 สายพันธุ์ คือ BKPT และ RD 41 ที่ได้รับผลจากการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นที่ช่วงอายุ 14-21 วันหลังปลูก แต่ข้าวทั้งสองพันธุ์นี้มีการตอบสนองต่อการได้รับจุลินทรีย์ในทิศทางที่ตรงข้ามกัน คือ ข้าวสายพันธุ์ BKPT ที่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นที่ช่วงอายุ 14-21 วันหลังปลูกมากกว่าข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ถึง 31.2 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวสายพันธุ์ RD 41 ที่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้นที่ช่วงอายุ 14-21 วันหลังปลูก น้อยกว่าข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ถึง 58.6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) ทั้งนี้กรรมวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 ไม่ปรากฏผลต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงของต้นข้าวที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูก ในข้าวทุกสายพันธุ์ (ตารางที่ 14) สำหรับพันธุ์ข้าว R 258 และ RD 49 มีลักษณะที่ได้รับการกระตุ้นจากการได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ให้มีการสะสมน้ำหนักใบแห้งต่อวัน ในช่วงอายุ 21-28 วัน ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของการสะสมน้ำหนักใบแห้งสูงกว่าต้นข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ถึง 52.5 และ 61.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

จากผลการศึกษาทำให้เห็นได้ว่า สายพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ไม่ตอบสนองการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในระยะการเพาะเมล็ด มีเพียงสายพันธุ์ R 258 RD 49 และ RD 41 เท่านั้นที่การเจริญเติบโตบางลักษณะได้รับผลการกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นต่างจากต้นที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ในทางกลับกัน ข้าวสายพันธุ์ PT 1 เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับผลในเชิงการยับยั้งการเจริญเติบโตในหลายลักษณะ ทำให้เห็นได้ว่าการเลือกใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึง ความจำเพาะเจาะจงระหว่างชนิดของจุลินทรีย์และสายพันธุ์ข้าว รวมถึงต้องทำการศึกษาถึงการตอบสนองของข้าวแต่ละสายพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ก่อนการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมต่อไป

ตารางที่ 13 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of shoot length (cm/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0042	0.0206	ns
2	BKPT	0.0181	0.0263	*
3	BM	0.0107	0.0206	ns
4	CNT1	0.0142	0.0142	ns
5	Dang	0.0170	0.0168	ns
6	FK	0.0048	0.0055	ns
7	KDML105	0.0183	0.0127	ns
8	KN	0.0061	0.0188	ns
9	LMNJ	0.0198	0.0182	ns
10	LPKN	0.0118	0.0139	ns
11	LS	0.0128	0.0075	ns
12	PIBPSK	0.0003	0.0045	ns
13	PSL2	0.0064	0.0073	ns
14	PT1	0.0127	0.0202	ns
15	R258	0.0079	0.0085	ns
16	RD41	0.0157	0.0065	*
17	RD49	0.0051	0.0078	ns
18	Sew	0.0138	0.0116	ns
19	SKNK	0.0147	0.0216	ns
20	SMJ	0.0161	0.0205	ns

ตารางที่ 14 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of shoot length (cm/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0174	0.0079	ns
2	BKPT	0.0138	0.0201	ns
3	BM	0.0148	0.0037	ns
4	CNT1	0.0077	0.0060	ns
5	Dang	0.0128	0.0145	ns
6	FK	0.0111	0.0170	ns
7	KDML105	0.0158	0.0133	ns
8	KN	0.0026	0.0081	ns
9	LMNJ	0.0160	0.0151	ns
10	LPKN	0.0112	0.0214	ns
11	LS	0.0045	0.0078	ns
12	PIBPSK	0.0081	0.0201	ns
13	PSL2	0.0103	0.0034	ns
14	PT1	0.0057	0.0140	ns
15	R258	0.0070	0.0053	ns
16	RD41	0.0131	0.0136	ns
17	RD49	0.0027	0.0027	ns
18	Sew	0.0037	0.0068	ns
19	SKNK	0.0149	0.0183	ns
20	SMJ	0.0210	0.0209	ns

ตารางที่ 15 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of root length (cm/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0740	0.0675	ns
2	BKPT	0.0776	0.0712	ns
3	BM	0.0786	0.0538	ns
4	CNT1	0.0437	0.0673	ns
5	Dang	0.0659	0.0751	ns
6	FK	0.0796	0.0818	ns
7	KDML105	0.0745	0.0523	ns
8	KN	0.0385	0.0233	ns
9	LMNJ	0.0780	0.0682	ns
10	LPKN	0.0823	0.0775	ns
11	LS	0.0618	0.0747	ns
12	PIBPSK	0.0355	0.0551	ns
13	PSL2	0.0507	0.0468	ns
14	PT1	0.0539	0.0665	ns
15	R258	0.0571	0.0630	ns
16	RD41	0.0712	0.0526	ns
17	RD49	0.0450	0.0548	ns
18	Sew	0.0660	0.0548	ns
19	SKNK	0.0510	0.0547	ns
20	SMJ	0.0803	0.0838	ns

ตารางที่ 16 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังการปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of root length (cm/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0259	0.0278	ns
2	BKPT	0.0153	0.0198	ns
3	BM	0.0272	0.0105	ns
4	CNT1	0.0097	0.0164	ns
5	Dang	0.0150	0.0307	ns
6	FK	0.0250	0.0102	ns
7	KDML105	0.0174	0.0000	ns
8	KN	0.0054	0.0067	ns
9	LMNJ	0.0306	0.0485	ns
10	LPKN	0.0116	0.0025	ns
11	LS	0.0174	0.0190	ns
12	PIBPSK	0.0135	0.0060	ns
13	PSL2	0.0246	0.0114	ns
14	PT1	0.0001	0.0068	ns
15	R258	0.0156	0.0050	ns
16	RD41	0.0071	0.0183	ns
17	RD49	0.0003	0.0061	ns
18	Sew	0.0246	0.0207	ns
19	SKNK	0.0099	0.0194	ns
20	SMJ	0.0095	0.0018	ns

ตารางที่ 17 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of stem dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0533	0.0708	ns
2	BKPT	0.0688	0.0697	ns
3	BM	0.0706	0.1073	ns
4	CNT1	0.0572	0.0526	ns
5	Dang	0.0455	0.0543	ns
6	FK	0.0728	0.0517	ns
7	KDML105	0.0608	0.0613	ns
8	KN	0.0627	0.0711	ns
9	LMNJ	0.0490	0.0104	ns
10	LPKN	0.0441	0.0413	ns
11	LS	0.0662	0.0450	ns
12	PIBPSK	0.0234	0.0309	ns
13	PSL2	0.0435	0.0638	ns
14	PT1	0.0809	0.0572	ns
15	R258	0.0306	0.0868	ns
16	RD41	0.0984	0.0739	ns
17	RD49	0.0599	0.0627	ns
18	Sew	0.0383	0.0489	ns
19	SKNK	0.0714	0.0827	ns
20	SMJ	0.0441	0.0584	ns

ตารางที่ 18 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of stem dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0489	0.0611	ns
2	BKPT	0.0315	0.0604	ns
3	BM	0.0634	0.0431	ns
4	CNT1	0.0499	0.0687	ns
5	Dang	0.0572	0.0602	ns
6	FK	0.0375	0.0511	ns
7	KDML105	0.0662	0.0674	ns
8	KN	0.0195	0.0456	ns
9	LMNJ	0.0680	0.0562	ns
10	LPKN	0.0442	0.0675	ns
11	LS	0.0490	0.0525	ns
12	PIBPSK	0.0554	0.0960	ns
13	PSL2	0.0482	0.0412	ns
14	PT1	0.0420	0.0868	*
15	R258	0.0432	0.0234	ns
16	RD41	0.0558	0.0645	ns
17	RD49	0.0621	0.0491	ns
18	Sew	0.0359	0.0494	ns
19	SKNK	0.0494	0.0782	ns
20	SMJ	0.0621	0.0682	ns

ตารางที่ 19 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of leaf dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0687	0.0908	ns
2	BKPT	0.0556	0.0847	ns
3	BM	0.1000	0.1081	ns
4	CNT1	0.0853	0.0820	ns
5	Dang	0.0603	0.0601	ns
6	FK	0.0916	0.0863	ns
7	KDML105	0.0675	0.0709	ns
8	KN	0.0687	0.0758	ns
9	LMNJ	0.0924	0.0857	ns
10	LPKN	0.0695	0.0730	ns
11	LS	0.0508	0.0721	ns
12	PIBPSK	0.0477	0.0679	ns
13	PSL2	0.0421	0.0603	ns
14	PT1	0.0879	0.0695	ns
15	R258	0.0447	0.0844	ns
16	RD41	0.0939	0.0737	ns
17	RD49	0.0688	0.0843	ns
18	Sew	0.0559	0.0659	ns
19	SKNK	0.0723	0.0867	ns
20	SMJ	0.0566	0.0778	ns

ตารางที่ 20 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of leaf dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0532	0.0248	ns
2	BKPT	0.0330	0.0559	ns
3	BM	0.0309	0.0209	ns
4	CNT1	0.0409	0.0198	ns
5	Dang	0.0567	0.0495	ns
6	FK	0.0407	0.0433	ns
7	KDML105	0.0709	0.0346	ns
8	KN	0.0192	-0.0016	ns
9	LMNJ	0.0234	0.0303	ns
10	LPKN	0.0431	0.0460	ns
11	LS	0.0560	0.0401	ns
12	PIBPSK	0.0407	0.0454	ns
13	PSL2	0.0439	0.0380	ns
14	PT1	0.0268	0.0510	*
15	R258	0.0708	0.0336	*
16	RD41	0.0564	0.0409	ns
17	RD49	0.0491	0.0191	*
18	Sew	0.0358	0.0427	ns
19	SKNK	0.0607	0.0577	ns
20	SMJ	0.0602	0.0380	ns

ตารางที่ 21 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 14-21 วันหลังปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of root dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0882	0.0624	ns
2	BKPT	0.1280	0.1037	ns
3	BM	0.0962	0.0870	ns
4	CNT1	0.0938	0.0785	ns
5	Dang	0.0788	0.0929	ns
6	FK	0.1351	0.1114	ns
7	KDML105	0.0953	0.0788	ns
8	KN	0.0389	0.0733	*
9	LMNJ	0.0971	0.0781	ns
10	LPKN	0.0942	0.0944	ns
11	LS	0.0908	0.070.90	ns
12	PIBPSK	0.0552	0.0659	ns
13	PSL2	0.0408	0.0597	ns
14	PT1	0.0934	0.0791	ns
15	R258	0.0852	0.0852	ns
16	RD41	0.1182	0.0880	ns
17	RD49	0.0710	0.0705	ns
18	Sew	0.0686	0.0822	ns
19	SKNK	0.0966	0.0774	ns
20	SMJ	0.0909	0.0901	ns

ตารางที่ 22 อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (กรัม/วัน) ที่ระยะ 21-28 วันหลังการปลูกของข้าว 20 สายพันธุ์ ที่ได้รับฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (Control) ที่ถาดเพาะเมล็ดในวันที่ย้ายปลูก

No.	Relative growth rate of root dry weight (g/day)			
	Varieties	MC 21	Control	T-test
1	BKP	0.0922	0.1086	ns
2	BKPT	0.0333	0.0808	ns
3	BM	0.0929	0.1008	ns
4	CNT1	0.0670	0.0794	ns
5	Dang	0.0967	0.0774	ns
6	FK	0.0751	0.0697	ns
7	KDML105	0.0831	0.0673	ns
8	KN	0.0940	0.0750	ns
9	LMNJ	0.0634	0.0933	ns
10	LPKN	0.0791	0.0680	ns
11	LS	0.0794	0.0891	ns
12	PIBPSK	0.0688	0.1065	ns
13	PSL2	0.0594	0.0759	ns
14	PT1	0.0590	0.0927	*
15	R258	0.0584	0.0554	ns
16	RD41	0.0760	0.0844	ns
17	RD49	0.0680	0.0698	ns
18	Sew	0.0411	0.0639	ns
19	SKNK	0.0556	0.0945	ns
20	SMJ	0.0894	0.0957	ns

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 การตอบสนองของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน

การศึกษาการตอบสนองการเจริญเติบโตของข้าวต่อการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตภายใต้ฟอสฟอรัสในรูปที่ต่างกัน พบว่า อิทธิพลของพันธุ์ข้าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าอิทธิพลของการใส่จุลินทรีย์หรือการใส่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (V1B2P2) มีผลต่อการเจริญเติบโตมาก โดยการใส่จุลินทรีย์ MC 21 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวให้มีความสูงต้น ความยาวราก จำนวนราก ความเขียวใบ และน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้น แต่ข้าวพันธุ์ชิวแม่จันที่ปลูกในกรรมวิธีอื่น ๆ ภายใต้สภาพฟอสฟอรัสและการใส่จุลินทรีย์ชนิดอื่น ไม่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว กล่าวคือ ข้าวชิวแม่จันที่ปลูกในกรรมวิธีอื่น ๆ มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนรากและค่าความเขียวใบของข้าวมากกว่ากรรมวิธีที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (V1B2P2) อย่างชัดเจน ซึ่งปกติแล้วข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน มีความจำเพาะเจาะจงกับการอยู่ร่วมกับจุลินทรีย์บางชนิด (กฤชญา และคณะ, 2560) ขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความทนต่อสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเขตกรรม เช่น การใส่จุลินทรีย์ต่าง ๆ การเพิ่มธาตุอาหารที่สำคัญ ทำให้มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ (อนุเทพ, 2557) โดยเฉพาะข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในผลการศึกษา

การทดลองที่ 2 ผลของการเจริญเติบโตของข้าวต่อการการใช้เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสฟอรัสในวิธีการที่แตกต่างกัน

การนำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับการปลูกข้าวด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการศึกษามีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้นในหลายลักษณะทั้งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและราก โดยปรากฏผลอย่างเด่นชัด โดยจาการการศึกษาการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนการย้ายปลูกด้วยวิธีการแช่หรือการฉีดพ่นเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ร่วมกับการแช่หรือการฉีดพ่นส่งผลต่อการสร้างรากของต้นข้าว โดยกรรมวิธีการแช่เมล็ดข้าวด้วยจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ก่อนการย้ายปลูกส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนรากเพิ่มมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ในระยะ 14 วันหลังปลูกอย่างชัดเจน ในขณะต้นข้าวที่อายุ 21 วันหลังปลูก ที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการฉีดพ่นจุลินทรีย์มีจำนวนรากมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการแช่สารละลายจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ทำได้โดยฉีดพ่นจุลินทรีย์ให้กับเมล็ดที่วางไว้บนกระดาษเพาะและเมื่อมี

การฉีดพ่นจุลินทรีย์ลงไปในกระดาษเพาะทำให้จุลินทรีย์มีโอกาสเจริญได้ทั้งบนเมล็ดและบนกระดาษเพาะ ทำให้เชื้อสามารถเพิ่มจำนวนได้มากขึ้นในกล่องเพาะเมล็ดในช่วง 7 วันก่อนย้ายปลูก และเมื่อรากงอกออกมา รากจะสัมผัสกับเชื้อที่อยู่บนกระดาษเพาะได้และอาจติดอยู่กับต้นกล้า ทำให้เมื่อย้ายปลูกลงถาดหลุมจุลินทรีย์ที่ติดไปจึงสามารถเจริญเติบโตได้ในถาดหลุมและมีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ และยังช่วยละลายฟอสเฟตในดินให้แก่ข้าวเพื่อดูดใช้และเจริญเติบโตได้ดีขึ้น และเห็นได้ชัดเมื่อนำจุลินทรีย์ MC 21 มาใช้ในการปลูกข้าวด้วยวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ พบว่าจุลินทรีย์ MC 21 สามารถช่วยเพิ่มความสูงต้น จำนวนราก น้ำหนักต้นแห้งและรากได้มากกว่ากรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ที่นำมาทดลองในการศึกษาเป็นจุลินทรีย์กลุ่มเดียวกันกับมธุรส และคณะ (2557) ที่ใช้ในทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของข้าวแล้ว พบว่าสามารถกระตุ้นให้ข้าวมีความยาวรากและมีการเจริญเติบโตได้เพิ่มมากที่สุด และจุลินทรีย์ MC 21 นี้เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่ม *Bacillus subtilis* ที่สามารถพบได้ทั่วไปในดินและมีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตในรูปไตรแคลเซียมฟอสเฟตและอลูมิเนียมฟอสเฟต และในการศึกษานี้พบว่าจุลินทรีย์ MC 21 สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ดีเมื่อข้าวอายุ 21 วันหลังงอก จากการปรากฏผลในระยะนี้แสดงให้เห็นถึงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้จำเป็นต้องมีระยะในการเพิ่มจำนวนตามระยะการเจริญเติบโตของเชื้อ คืออยู่ในระยะแบ่งตัวทวีคูณ (log phase) (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2550) และอาจเป็นระยะที่จุลินทรีย์ชนิดที่นำมาใช้นี้มีการเพิ่มจำนวนมากที่สุดหรือในระยะแรกกิจกรรมในการละลายฟอสเฟตของจุลินทรีย์ยังต่ำ แต่สะสมเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ทำให้มีปริมาณฟอสเฟตที่ละลายออกมาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้นได้รวดเร็วกว่าข้าวที่อายุ 14 และ 28 วันหลังงอก

ลักษณะการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของต้นข้าวเป็นลักษณะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวสำหรับการย้ายปลูกด้วยกรรมวิธีการแช่สารละลายจุลินทรีย์หรือกรรมวิธีการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ไม่ส่งผลต่อข้าว ในขณะที่การใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 MC 21 และกรรมวิธีการไม่ใส่สารละลายจุลินทรีย์ ส่งผลให้ข้าวทั้งสามสายพันธุ์มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งที่แตกต่างกันตั้งแต่อายุ 14 วันหลังปลูก เป็นต้นไป โดยข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่ได้รับสารละลายจุลินทรีย์กรรมวิธีการใส่สารละลายจุลินทรีย์ MC 21 ในระยะ 14 และ 21 วันหลังปลูกมีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของข้าวมากกว่ากรรมวิธีการใส่สารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีที่ไม่ใส่สารละลายจุลินทรีย์ สำหรับพันธุ์ข้าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแตกต่างในการสะสมน้ำหนักต้นแห้งของข้าวในทุกระยะ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศพร และคณะ (2560) โดยที่ระยะ 7 วันหลังปลูก พันธุ์ข้าว RD 49 และ R 258 มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งมากกว่าพันธุ์ข้าว KDML 105 ในขณะที่ระยะ 14 และ 21 วันหลังปลูก พันธุ์ข้าว RD 49 มีการสะสมน้ำหนักต้นแห้งมากกว่าพันธุ์ข้าว KDML 105 และ R 258 ซึ่งผลการเจริญของระบบรากของข้าวพันธุ์อาร์ 258 นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พุทธพงศ์ และ

คณะ (2557) ซึ่งพบว่าข้าวพันธุ์อาร์ 258 มีน้ำหนักรากแห้งเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในสภาพแอโรบิก แสดงให้เห็นว่าข้าวพันธุ์อาร์ 258 เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะเด่นตามพันธุกรรมของข้าวที่เหมาะสมในการปลูกในสภาพไร่ สำหรับผลการศึกษานี้ทำให้เห็นถึงความแตกต่างของความสามารถของจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่จะนำมาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว นอกจากนี้วิธีการใช้จุลินทรีย์ยังมีผลต่อการแสดงศักยภาพของเชื้อให้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้ ทั้งนี้จำเป็นต้องมีการศึกษาความเฉพาะเจาะจงระหว่างเชื้อและพันธุ์ข้าวที่จะนำมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้การนำจุลินทรีย์มาใช้ร่วมกับการปลูกข้าวเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

การทดลองที่ 3 ศึกษาความจำเพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์ข้าวและจุลินทรีย์ละลายฟอสฟอรัส

การเปรียบเทียบผลของการฉีดพ่นสารละลายจุลินทรีย์ MC 21 และการฉีดพ่นน้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) ในถาดเพาะกล้าข้าว เพื่อช่วยส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัสและกระตุ้นการเจริญเติบโตในข้าวแต่ละสายพันธุ์ จำนวน 20 พันธุ์/สายพันธุ์ ตั้งแต่งอกจนถึงอายุ 28 วันหลังปลูกจากผลการศึกษาทำให้เห็นได้ว่า สายพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ไม่ตอบสนองการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในระยะเพาะเมล็ด มีเพียงสายพันธุ์ R 258 RD 49 และ RD 41 เท่านั้นที่การเจริญเติบโตบางลักษณะได้รับผลการกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นต่างจากต้นข้าวที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุจิตตรา และคณะ (2556) การใช้เอนโดไฟติกแบคทีเรีย KJHSB-9 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยเพิ่มความสูง ปริมาณการแตกกอจำนวนรวงต่อกอและผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ วรรณทกาญจน์ (2561) ได้ศึกษาการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวหอมไชยาในระดับโรงเรือนโดยปลูกแบคทีเรียร่วมกับต้นข้าว พบว่า แบคทีเรียช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ปลูกในดินที่มีฟอสเฟตรูปละลายยาก โดยให้ค่าน้ำหนักแห้งของต้นข้าวหอมไชยาเพิ่มขึ้นมากกว่า 300 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นกลไกการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจะผลิตกรดอินทรีย์ออกมาเพื่อปลดปล่อยอนินทรีย์ฟอสเฟตที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ แต่ในทางกลับกัน ผลการศึกษานี้พบว่า ข้าวสายพันธุ์ PT 1 เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับผลในเชิงการยับยั้งการเจริญเติบโตในหลายลักษณะ กล่าวคือ ข้าวพันธุ์ PT 1 ที่ได้รับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ด้านการสะสมน้ำหนักต้นแห้ง น้ำหนักใบแห้ง และน้ำหนักรากแห้ง ที่ระยะการเจริญเติบโตในช่วง 21-28 วัน น้อยกว่าข้าวพันธุ์เดียวกันที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sundara et al. (2002) ได้รายงานว่า การใส่แบคทีเรียละลายฟอสเฟต *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum* ให้กับอ้อยจะส่งผลให้น้ำหนักแห้งของลำอ้อยไม่มีความแตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และเช่นเดียวกับงานวิจัยของ ซูไรยา และคณะ (2562) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และ

การส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยตามศักย์ผลิตภาพดินในจังหวัดสระแก้ว พบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตไม่มีผลต่อความสูงของอ้อย เมื่ออ้อยอายุ 6 และ 8 เดือน เมื่อพิจารณาจากหลายงานวิจัยพบว่า การนำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตมาใช้ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการ (บรรเจิดลักษณ์, 2558) เช่น ชนิดจุลินทรีย์ วิธีการใช้ และนอกจากนี้จำนวนของจุลินทรีย์จะผันแปรไปตามสภาพแวดล้อมของดิน เช่นเดียวกับงานวิจัยของกนกอร และคณะ (2561) ได้รายงานว่า จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่มีคุณสมบัติแบบ multiple PGP ที่ทำการทดสอบมีผลต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าแต่ละสายพันธุ์ย่อยแตกต่างกัน โดย *A. woluwensis* PSM-15 ส่งเสริมการเจริญเติบโตทางต้นของพันธุ์ Bourbon แต่ในขณะที่ *B. arboris* PSM-6 ไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญของกาแฟ ทั้ง 4 สายพันธุ์ย่อย อาจสรุปได้ว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกาแฟอาราบิก้าโดยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละสายพันธุ์ย่อยของกาแฟ และเห็นได้ว่าการเลือกใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึง ความจำเพาะเจาะจงระหว่างชนิดของจุลินทรีย์และสายพันธุ์ข้าว รวมถึงต้องทำการศึกษาถึงการตอบสนองของข้าวแต่ละสายพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ก่อนการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมต่อไป

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตเพื่อการปลูกข้าวสภาพในสภาพแอโรบิค ได้นำจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตมาใช้เพื่อศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ ประเมินการตอบสนองของข้าวเมื่อใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตภายใต้สภาพฟอสฟอรัสที่ต่างกัน พร้อมทั้งการศึกษาวิธีการใช้จุลินทรีย์ที่เหมาะสม และมีความจำเพาะเจาะจงกับพันธุ์ข้าวทั้ง 20 สายพันธุ์/พันธุ์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ว่า อิทธิพลของพันธุ์ข้าวมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าอิทธิพลของการใส่จุลินทรีย์หรือการใส่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวพันธุ์ชิวแม่จันในกรรมวิธีที่ปลูกในสภาพฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ร่วมกับการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (V1B2P2) มีผลต่อการเจริญเติบโตมาก ในขณะที่ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความทนต่อสภาพแวดล้อมหรือการจัดการเขตกรรม เช่น การใส่จุลินทรีย์ต่าง ๆ การเพิ่มธาตุอาหารที่สำคัญ ทำให้มีรูปแบบการเจริญเติบโตที่ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่น ๆ และในการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกด้วยการฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21มีจำนวนรากมากกว่าต้นข้าวที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยการแช่สารละลายจุลินทรีย์ ทั้งนี้จุลินทรีย์ต่างชนิดกันส่งผลต่อการกระตุ้นการสร้างจำนวนรากของต้นข้าวในช่วงอายุที่ต่างกัน โดยจุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้ข้าวที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูก มีจำนวนรากมากกว่าการไม่ใส่จุลินทรีย์ และการใส่เชื้อ CR 1.8 สำหรับอิทธิพลของสายพันธุ์ข้าวส่งผลต่อความสามารถในการสร้างรากต่อต้นของข้าวอย่างชัดเจนในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยข้าวพันธุ์ RD 49 มีจำนวนรากต่อต้นมากกว่า KDML 105 และ R 258 ตามลำดับ นอกจากนี้ลักษณะจำนวนรากต่อต้นข้าวที่ระยะ 21 วันหลังปลูก ยังมีความแตกต่างกันไปเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างวิธีการการเตรียมเมล็ดก่อนปลูก ชนิดจุลินทรีย์ และสายพันธุ์ข้าว โดยพันธุ์ข้าว RD 49 ที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21 และ CR 1.8 มีจำนวนรากต่อต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ การสะสมน้ำหนักรากแห้งเป็นลักษณะที่เป็นผลปรากฏร่วมกันทั้งลักษณะจำนวนรากและความยาวรากของต้นข้าว ทำให้การตอบสนองของการสะสมน้ำหนักแห้งต่อวิธีการเตรียมเมล็ดข้าวก่อนปลูกโดยการแช่เมล็ด หรือการฉีดพ่นด้วยจุลินทรีย์ ไม่ส่งผลต่อน้ำหนักรากแห้งของข้าว ซึ่งเป็นการตอบสนองที่เป็นไปในทิศทางเดียวกับลักษณะความยาวราก ในขณะที่การใช้จุลินทรีย์ MC 21 ส่งผลให้ข้าวทุกสายพันธุ์ที่อายุ 14 และ 21 วันหลังปลูก มีความสูงต้นมากกว่าต้นข้าวที่ได้รับจุลินทรีย์ CR 1.8 และการไม่ใส่จุลินทรีย์ โดยข้าวทั้งสามสายพันธุ์ที่อายุ 14 วันหลังปลูก ที่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 มีความสูงต้นมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ CR 1.8 และกรรมวิธีการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ หลังจากการประเมินวิธีการใช้จุลินทรีย์ในการทดลองที่ 2 นั้นการใช้จุลินทรีย์ MC 21 ด้วยการฉีดพ่นสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวได้

ในหลายลักษณะ และได้นำมาใช้ในการศึกษาความจำเพาะเจาะจงระหว่างพันธุ์และจุลินทรีย์ ทำให้เห็นได้ว่า สายพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ในการศึกษานี้ไม่ตอบสนองการใส่จุลินทรีย์ MC 21 ในระยะการเพาะเมล็ด มีเพียงสายพันธุ์ R 258 RD 49 และ RD 41 เท่านั้นที่การเจริญเติบโตบางลักษณะได้รับผลการกระตุ้นให้เพิ่มขึ้นต่างจากต้นที่ไม่ได้รับจุลินทรีย์ MC 21 ในทางกลับกัน ข้าวสายพันธุ์ PT 1 เป็นสายพันธุ์ที่ได้รับผลในเชิงการยับยั้งการเจริญเติบโตในหลายลักษณะ ทำให้เห็นได้ว่าการเลือกใช้จุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึง ความจำเพาะเจาะจงระหว่างชนิดของจุลินทรีย์และสายพันธุ์ข้าว รวมถึงต้องทำการศึกษาถึงการตอบสนองของข้าวแต่ละสายพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ก่อนการนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมต่อไป

บรรณานุกรม

กนกอร อัมพรายน์, รจนา ตั้งกุลบริบูรณ์, อนันต์ พิริยะภัทรกิจ, วชิระพร สุภาวงศ์, ภัทรวดี เก่งกว่า สิงห์, ศศิพิมล อ่องสา และ นุชจรินทร์ จันทร์แจ่ม. 2561. จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในระบบการปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบวนเกษตร. **ว. วิทย์. กษ.**, 49(พิเศษ2), 637-640.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2543. **ข้าวพันธุ์ดี**. กรุงเทพฯ: กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร.

กฤชญา ปัญญา, เนตรนภา อินสลุด และ สายสมร ลำยอง. 2560. ผลของการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวในสภาพแอโรบิก. **แก่นเกษตร**, 45(ฉบับพิเศษ 1), 1093-1098.

กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 2543. **ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2559. **การจัดการดินและปุ๋ยในนาข้าว: องค์ความรู้เรื่องข้าว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index (19 ตุลาคม 2562).

เกตน์ณนิภา วันชัย. 2556. **การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรึงอยู่บนวัสดุชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพดินนาข้าวที่เกิดอุทกภัย กรณีศึกษา : อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา**. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

เกตน์ณนิภา วันชัย และ สมาพร เรืองสังข์. 2557. ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่ตรึงอยู่บนขี้เถ้าแกลบต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข47. **ว. วิทยาศาสตร์เกษตร**, 45(2พิเศษ), 513-516.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. สงขลา: ภาควิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2557. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เชียงใหม่: ดีพริ้นท์.

ซูไรยา มัชปอ, เพรชดา ปินใจ และ เสาวนุช ถาวรพฤกษ์. 2562. ประสิทธิภาพของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยตามศักย์ผลิตภาพดินในจังหวัดสระแก้ว. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์**, 6(3), 77-88.

ณฐมณ กันธิยะ และ ศุภธิดา อ่ำทอง. 2557. ผลของชนิดของดิน ระดับความชื้นและค่า pH ของดินต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในส่วนต่างๆ. **แก่นเกษตร**, 42(ฉบับพิเศษ 2), 314-321.

ทศพร บ่อบัวทอง, เนตรนภา อินสลุด, วิชญ์ภาส สังพาลี และ จุฑามาศ อาจนาเสียว. 2560. ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อการพัฒนาระบบรากข้าว. **แก่นเกษตร**, 45(ฉบับพิเศษ1), 997-1002.

ธงชัย มาลา. 2550. **ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรพงษ์ แสงสิทธิ์. 2545. **การตรึงฟอสฟอรัสในดินโดยแร่ดินเหนียว**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://nakhamwit.ac.th/pingpong (29 ตุลาคม 2562).

บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์. 2558. **การใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของฟอสเฟตเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อนในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัดภาคใต้**. กรุงเทพฯ: กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2556. **การปลูกข้าวแอโรบิก Plant of Thai**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.sites.google.com/site/plantofthai (19 ตุลาคม 2562).

ปกาสิต ถัดภูเขียว, วราภรณ์ แสงทอง, แสงทอง พงษ์เจริญกิต และ ช่อทิพา สกูลสิงหาโรจน์. 2559. การเปรียบเทียบผลผลิตในหลายพื้นที่ของสายพันธุ์ข้าวเหนียวต้นเตี้ยและไม่ไวต่อช่วงแสงในฤดูนาปรังปี พ.ศ. 2557. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 34(2), 105-113.

พฤกษา หล้าวงษา. ม.ป.ป. **จุลินทรีย์ในดิน : แบคทีเรีย**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://ag.kku.ac.th/land/FileCours/1503591905002505.pdf (29 ธันวาคม 2562).

พิชัย สุรพรไพบูลย์, พิกุล สุรพรไพบูลย์, สุนทร มีพอ และ สริตา ปิ่นมณี. 2558. การทดสอบผลผลิตพันธุ์ข้าวไร่ในพื้นที่โครงการขยายผลโครงการหลวงแม่จริม จังหวัดน่าน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 23(5ฉบับพิเศษ), 818-824.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2550. **Generation time**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://goo.gl/soQVRz (14 พฤศจิกายน 2559).

พุทธพงศ์ มะโนคำ, ณัฏฐิณี ภัทรกุล, ศันสนีย์ จำจด, ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย และ เบญจวรรณ ฤกษ์เกษม. 2557. การ ปรับตัวต่อสภาพแอโรบิกของพันธุ์ข้าวไร่ และข้าวนาสวน. **วารสารเกษตร**, 30(2), 121-132.

มธุรส ชัยหาญ, จักรพงษ์ หรั่งเจริญ และ นงลักษณ์ สายเทพ. 2557. **การควบคุมทางชีวภาพของแบคทีเรียบริเวณรากพืชในการยับยังโรคขอบใบแห้งในข้าวสายพันธ์เศรษฐกิจของไทย**. เชียงใหม่: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรรณทกาญจน์ เอียดเหตุ. 2561. **ประสิทธิภาพของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตข้าวหอมไชยา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล**. กรุงเทพฯ: วี.บี. บุ๊คเซ็นเตอร์.

วิศิษฐ์ โชลิตกุล, มะลิวัลย์ กาญจนนิรัติศัย และ มนูเวทย์ ศรีเสน. 2518. **เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน: งานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กองเกษตรเคมี.

วีรยุทธ สีหานู และ จิรวัฒน์ สนิทชน. 2554. การประเมินผลผลิตของเชื้อพันธุกรรมข้าวไร่ที่ทดสอบในจังหวัดขอนแก่น. **ว. วิทย์. กษ.**, 42(พิเศษ2), 137-140.

ศุลีพร บุญบงการ. 2558. **ดิน**. เอกสารพระราชทานของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เมื่อวันที่ 25 มิถุนายน 2540 (มูลนิธิชัยพัฒนา). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.chaipat.or.th/publication/publish-document/tips (4 ตุลาคม 2562).

สมคิด ดีจริง และ วรางคณา สงวนพงษ์. 2556. **การศึกษาคุณภาพดินในแปลงข้าวเกษตรอินทรีย์และเกษตรแบบเดิมเพื่อการปรับปรุงคุณภาพการผลิตข้าวอินทรีย์**. เชียงใหม่: รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. **คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการพัฒนาที่ดิน กระบวนการย่อยที่ 2 การปรับปรุงบำรุงดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สุจิตตรา ปะนันโต, ภาคภูมิ ตันเตชสาธิต, ศิริลักษณ์ จิตรอักษร, รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ และ กรรณิการ์ สัจจาพันธ์. 2556. เอนโดไฟติกแบคทีเรียและผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว. **แก่นเกษตร**, 4(14), 457-468.

อนุเทพ ภาสระ. 2558. **การใช้ชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ Bacillus subtilis ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล**. ชลบุรี: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2557 มหาวิทยาลัยบูรพา.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, ธนกฤต เขียวอร่าม และ ธนวดี พรหมจันทร์. 2560. ศักยภาพการให้ผลผลิตของข้าว 5 สายพันธุ์ ที่ปลูกในชุดดินรังสิตภายใต้การจัดการปุ๋ยเคมีแบบเฉพาะพื้นที่. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์**, 4(2), 46-50.

Bohn, H., McNeal, B. L. & O'Connor, G. A. 2001. **Soil Chemistry**. New York: John Wiley & Sons.

Brady, N. C. 1974. **The nature and properties of soils**. New York: MacMillan.

Bray, N. C. & Weil, R. R. 2008. **The nature and properties of soils**. New Jersey: Pearson Education.

Chaiharn, M. & Lumyong, S. 2008. Phosphate solubilization potential and stress tolerance of rhizobacteria from rice soil in Northern Thailand. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, 25(2), 305-314.

Gyaneshwar, P., Gattupalli, N. K., Parekh, L. & Poole, P. 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. **Plant and Soil**, 245(1), 83-93.

Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. M. & Nelson, W. L. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. New Jersey: Pearson Prentice Hall Inc.

Holford, I. C. R. & Patrick, W. H. 1979. Effects of Reduction and pH Changes on Phosphate Sorption and Mobility in an Acid Soil1. **Soil Science Society of America Journal**, 43(2), 292-297.

Kent, M. & Coker, P. 1995. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach**. Chichester: Wiley.

Khalid, R. A., Patrick, W. H. & DeLaune, R. D. 1977. Phosphorus Sorption Characteristics of Flooded Soils. **Soil Science Society of America Journal**, 41(2), 305-310.

Kucey, R. M. N., Janzen, H. & Leggett, M. 1989. Microbially Mediated Increases in Plant-Available Phosphorus. **Advances in Agronomy**, 42, 199-228.

Lance, G. N. & Williams, W. T. 1967. A General Theory of Classificatory Sorting Strategies: 1. Hierarchical Systems. **Comput Journal**, 9, 373-380.

Lynch, J. P. 2011. Root Phenes for Enhanced Soil Exploration and Phosphorus Acquisition: Tools for Future Crops. **Plant Physiology**, 156(3), 1041-1049.

Murdoch, C. L., Jackobs, J. A. & Gerdemann, J. W. 1967. Utilization of phosphorus sources of different availability by mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. **Plant and soil**, 27(3), 329-334.

Patrick, W. H. & Reddy, C. N. (1978). Chemical change in rice soils. pp. 361-379. In N.C. Brady (Ed.), **Soil and Rice**. Los Baños: International Rice Research Institute.

Ponnamperuma, F. N. 1972. This Week's Citation Classic. **Advan. Agron**, 24(22), 29-96.

Prud'Homme, M. 2010. **Peak Phosphorus: an issue to be addressed**. New York: Fertilizers and Agriculture, International Fertilizer Industry Association (IFA).

Ramulu, U. S. S., Pratt, P. F. & Page, A. L. 1967. Phosphorus Fixation by Soils in Relation to Extractable Iron Oxides and Mineralogical Composition1. **Soil Science Society of America Journal**, 31(2), 193-196.

Reddy, E. P., Smith, M., Canaani, E., Robbins, K., Tronick, S., Zain, S. & Aaronson, S. 1980. Nucleotide sequence analysis of the transforming region and large terminal redundancies of Moloney murine sarcoma virus. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, 77(9), 5234-5238.

Sah, R. N. & Mikkelsen, D. S. 1989. Phosphorus behavior in flooded-drained soils. I. Effect onphosphate sorption. **Soil Science Society of America Journal**, 53(6), 1718-1722.

Schachtman, D. P., Reid, R. J. & Ayling, S. M. 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. **Plant Physiology**, 116(2), 447-453.

Sundara, B., Natarajan, V. & Hari, K. 2002. Influenceof phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus andsugarcane and sugar yield. **Field Crop Research**, 77, 43-49.

Tisdale, S. L. & Nelson, W. L. 1975. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, 255(2), 571-586.

Watanabe, F. S. & Olsen, S. R. 1962. Calorimetric Determination of Phosphorus in Water Extracts of Soil. **Soil Science**, 93(3), 183-188.

Williams, E. G. 1959. Influences of parent material and drainage conditions on soil phosphorus relationships. **Agrochimica**, 3, 279-309.

Wissuwa, M., Wegner, J., Ae, N. & Yano, M. 2002. Substitution mapping of Pup1: a major QTL increasing phosphorus uptake of rice from a phosphorus-deficient soil. **Theor Appl Genet**, 105(6-7), 890-897.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเจริญทางด้านความสูงต้นของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Group	Repication				
	1	2	3	4	5
1	30.86	32.49	35.47	31.62	31.81
2	33.00	27.89	30.12		
3	31.63	27.81	27.03	28.43	

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญทางด้านจำนวนใบของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Group	Repication				
	1	2	3	4	5
1	3	4	3	3	3
2	3	3	3		
3	3	3	3	3	

ตารางผนวกที่ 3 การเจริญทางด้านความยาวรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Group	Repication				
	1	2	3	4	5
1	21.10	20.93	19.58	19.98	19.45
2	19.64	16.05	17.12		
3	17.66	17.00	15.57	16.96	

ตารางผนวกที่ 4 การเจริญทางด้านจำนวนรากของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Group	Repication				
	1	2	3	4	5
1	14	15	16	17	16
2	16	19	18		
3	19	20	19	19	

ตารางผนวกที่ 5 การเจริญทางด้านความเขียวใบของต้นกล้าข้าว เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก

Group	Repication				
	1	2	3	4	5
1	14.33	14.83	16.90	18.62	16.47
2	16.72	18.52	18.72		
3	18.63	19.35	18.51	17.22	

ตารางผนวกที่ 6 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**22.99**	**23.27**	**24.22**
Control	**23.48**	**23.08**	**24.50**
KDML 105	25.71	26.83	25.45
R258	22.05	21.94	24.55
RD49	22.68	20.48	23.51
CR1.8	**22.93**	**22.55**	**23.71**
KDML 105	22.72	23.74	23.47
R258	24.17	21.89	25.92
RD49	21.90	22.03	21.73
MC 21	**22.57**	**24.17**	**24.45**
KDML 105	23.40	26.08	26.26
R258	22.23	25.34	23.71
RD49	22.07	21.08	23.37
Spray	**23.01**	**23.08**	**24.00**
Control	**23.48**	**23.08**	**24.50**
KDML 105	25.71	26.83	25.45
R258	22.05	21.94	24.55
RD49	22.68	20.48	23.51
CR1.8	**23.25**	**24.07**	**23.79**
KDML 105	23.57	26.08	24.40
R258	24.08	25.47	23.38
RD49	22.10	20.65	23.60
MC 21	**22.30**	**22.08**	**23.71**
KDML 105	22.81	23.72	23.90
R258	23.00	22.95	24.20
RD49	21.08	19.57	23.04

ตารางผนวกที่ 7 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**39.08**	**37.31**	**39.50**
Control	**38.67**	**34.70**	**36.34**
KDML 105	45.25	39.45	39.73
R258	39.51	33.64	32.73
RD49	31.25	31.00	36.55
CR1.8	**38.27**	**36.12**	**39.48**
KDML 105	43.06	41.77	43.92
R258	39.25	33.14	36.92
RD49	32.50	33.44	37.59
MC 21	**40.29**	**41.10**	**42.70**
KDML 105	41.75	43.63	47.04
R258	42.30	43.50	43.06
RD49	36.83	36.18	37.99
Spray	**40.01**	**39.75**	**39.04**
Control	**38.67**	**34.70**	**36.34**
KDML 105	45.25	39.45	39.73
R258	39.51	33.64	32.73
RD49	31.25	31.00	36.55
CR1.8	**38.79**	**41.70**	**39.78**
KDML 105	41.27	44.54	39.90
R258	40.72	45.22	41.82
RD49	34.38	35.35	37.63
MC 21	**42.57**	**42.84**	**41.00**
KDML 105	45.45	43.61	44.10
R258	44.67	44.32	43.34
RD49	37.58	40.60	35.55

ตารางผนวกที่ 8 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**41.02**	**38.53**	**40.30**
Control	**39.25**	**34.75**	**37.03**
KDML 105	46.55	39.76	44.65
R258	40.31	34.02	32.35
RD49	30.88	30.47	34.09
CR1.8	**41.97**	**36.51**	**41.57**
KDML 105	48.92	44.37	50.12
R258	42.79	32.05	36.69
RD49	34.20	33.12	37.89
MC 21	**41.84**	**44.31**	**42.29**
KDML 105	45.61	49.52	52.65
R258	43.00	46.12	35.57
RD49	36.90	37.30	38.66
Spray	**40.09**	**41.92**	**39.98**
Control	**39.25**	**34.75**	**37.03**
KDML 105	46.55	39.76	44.65
R258	40.31	34.02	32.35
RD49	30.88	30.47	34.09
CR1.8	**39.75**	**47.74**	**42.70**
KDML 105	44.58	54.39	44.01
R258	40.89	47.14	43.15
RD49	33.77	41.69	40.95
MC 21	**41.27**	**43.26**	**40.20**
KDML 105	46.49	42.26	47.69
R258	42.03	44.26	41.50
RD49	35.28	43.25	31.42

ตารางผนวกที่ 9 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**8.63**	**8.82**	**9.43**
Control	**9.33**	**8.74**	**9.56**
KDML 105	7.6	7.7	7.4
R258	11.5	11.8	13.2
RD49	8.9	6.8	8.1
CR1.8	**7.98**	**8.99**	**9.75**
KDML 105	6.3	8.6	7.3
R258	10.1	10.4	13.4
RD49	7.6	8.0	8.6
MC 21	**8.60**	**8.73**	**8.99**
KDML 105	7.4	7.8	7.3
R258	10.8	11.3	11.4
RD49	7.6	7.1	8.3
Spray	**8.69**	**8.41**	**8.96**
Control	**9.33**	**8.74**	**9.56**
KDML 105	7.6	7.7	7.4
R258	11.5	11.8	13.2
RD49	8.9	6.8	8.1
CR1.8	**8.46**	**8.34**	**8.97**
KDML 105	6.0	6.6	7.6
R258	12.0	11.4	10.1
RD49	7.4	7.1	9.3
MC 21	**8.27**	**8.15**	**8.34**
KDML 105	6.2	8.1	6.8
R258	11.0	8.9	10.3
RD49	7.7	7.4	7.9

ตารางผนวกที่ 10 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความยาวรากที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**17.26**	**17.14**	**18.01**
Control	**16.87**	**18.43**	**19.82**
KDML 105	16.0	19.8	19.0
R258	18.2	18.3	18.8
RD49	16.4	17.2	21.6
CR1.8	**18.49**	**16.89**	**16.74**
KDML 105	16.8	16.6	16.8
R258	17.8	18.0	15.7
RD49	20.9	16.1	17.7
MC 21	**16.42**	**16.10**	**17.48**
KDML 105	17.7	16.3	17.0
R258	14.9	16.3	16.8
RD49	16.6	15.7	18.6
Spray	**16.91**	**16.58**	**18.02**
Control	**16.87**	**18.43**	**19.82**
KDML 105	16.0	19.8	19.0
R258	18.2	18.3	18.8
RD49	16.4	17.2	21.6
CR1.8	**17.14**	**15.97**	**16.99**
KDML 105	16.0	14.4	18.4
R258	16.8	15.7	16.2
RD49	18.6	17.8	16.4
MC 21	**16.73**	**15.33**	**17.24**
KDML 105	15.6	14.5	17.5
R258	16.9	17.3	16.0
RD49	17.7	14.3	18.2

ตารางผนวกที่ 11 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อความสูงต้นที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**19.33**	**19.81**	**18.92**
Control	**18.89**	**20.35**	**21.10**
KDML 105	19.1	21.9	19.5
R258	21.3	20.8	22.5
RD49	16.2	18.4	21.3
CR1.8	**20.23**	**20.55**	**17.34**
KDML 105	18.2	21.0	17.2
R258	21.7	22.7	16.5
RD49	20.7	18.0	18.4
MC 21	**18.87**	**18.52**	**18.32**
KDML 105	17.6	17.3	15.0
R258	23.0	22.8	18.1
RD49	16.0	15.4	21.9
Spray	**18.49**	**19.58**	**19.95**
Control	**18.89**	**20.35**	**21.10**
KDML 105	19.1	21.9	19.5
R258	21.3	20.8	22.5
RD49	16.2	18.4	21.3
CR1.8	**18.79**	**18.81**	**20.57**
KDML 105	17.4	17.9	21.1
R258	22.1	23.3	25.2
RD49	16.9	15.2	15.3
MC 21	**17.80**	**19.56**	**18.19**
KDML 105	15.2	19.8	17.6
R258	21.1	21.3	18.4
RD49	17.1	17.5	18.6

ตารางผนวกที่ 12 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**4**	**4**	**4**
Control	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4
CR1.8	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4
MC 21	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4
Spray	**4**	**4**	**4**
Control	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4
CR1.8	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4
MC 21	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	3	3
RD49	4	4	4

ตารางผนวกที่ 13 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**4**	**4**	**5**
Control	**5**	**4**	**5**
KDML 105	5	5	5
R258	4	4	4
RD49	5	5	5
CR1.8	**4**	**4**	**4**
KDML 105	5	5	5
R258	4	3	4
RD49	5	5	5
MC 21	**4**	**5**	**5**
KDML 105	4	5	5
R258	4	4	5
RD49	5	5	5
Spray	**5**	**5**	**5**
Control	**5**	**4**	**5**
KDML 105	5	5	5
R258	4	4	4
RD49	5	5	5
CR1.8	**5**	**5**	**5**
KDML 105	5	5	5
R258	4	4	4
RD49	5	5	5
MC 21	**5**	**5**	**5**
KDML 105	5	5	5
R258	5	4	4
RD49	5	6	5

ตารางผนวกที่ 14 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนใบที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**4**	**4**	**4**
Control	**4**	**4**	**4**
KDML 105	3	4	4
R258	4	4	4
RD49	4	4	5
CR1.8	**4**	**3**	**4**
KDML 105	4	3	4
R258	4	3	3
RD49	5	4	4
MC 21	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	4
R258	3	4	3
RD49	4	4	5
Spray	**4**	**4**	**4**
Control	**4**	**4**	**4**
KDML 105	3	4	4
R258	4	4	4
RD49	4	4	5
CR1.8	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	5
R258	4	4	4
RD49	4	4	5
MC 21	**4**	**4**	**4**
KDML 105	4	4	5
R258	4	4	4
RD49	4	5	4

ตารางผนวกที่ 15 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**9**	**9**	**10**
Control	**10**	**9**	**10**
KDML 105	7	9	12
R258	9	8	9
RD49	12	9	10
CR1.8	**9**	**9**	**10**
KDML 105	10	9	9
R258	8	8	9
RD49	10	12	12
MC 21	**9**	**9**	**10**
KDML 105	9	9	11
R258	9	8	8
RD49	11	10	12
Spray	**9**	**9**	**10**
Control	**10**	**9**	**10**
KDML 105	7	9	12
R258	9	8	9
RD49	12	9	10
CR1.8	**8**	**9**	**10**
KDML 105	7	10	10
R258	6	7	9
RD49	11	9	11
MC 21	**9**	**9**	**10**
KDML 105	9	10	9
R258	8	8	8
RD49	11	10	12

ตารางผนวกที่ 16 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**16**	**16**	**17**
Control	**17**	**14**	**17**
KDML 105	20	16	18
R258	14	10	12
RD49	17	17	20
CR1.8	**16**	**16**	**16**
KDML 105	17	17	17
R258	15	12	11
RD49	17	18	20
MC 21	**16**	**17**	**17**
KDML 105	15	16	16
R258	13	15	17
RD49	20	21	19
Spray	**16**	**15**	**16**
Control	**17**	**14**	**17**
KDML 105	20	16	18
R258	14	10	12
RD49	17	17	20
CR1.8	**14**	**14**	**14**
KDML 105	15	14	13
R258	12	12	12
RD49	16	15	17
MC 21	**16**	**16**	**16**
KDML 105	17	16	14
R258	14	14	13
RD49	18	18	20

ตารางผนวกที่ 17 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อจำนวนรากที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**16**	**15**	**16**
Control	**15**	**15**	**17**
KDML 105	16	14	16
R258	14	11	10
RD49	16	20	25
CR1.8	**15**	**14**	**15**
KDML 105	18	16	18
R258	12	10	9
RD49	17	17	17
MC 21	**16**	**16**	**17**
KDML 105	17	17	17
R258	12	15	14
RD49	19	16	19
Spray	**17**	**18**	**18**
Control	**15**	**15**	**17**
KDML 105	16	14	16
R258	14	11	10
RD49	16	20	25
CR1.8	**17**	**19**	**19**
KDML 105	19	22	18
R258	15	15	16
RD49	18	21	23
MC 21	**19**	**21**	**19**
KDML 105	18	20	18
R258	15	17	16
RD49	24	25	22

ตารางผนวกที่ 18 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.0236**	**0.0214**	**0.0282**
Control	**0.0244**	**0.0232**	**0.0287**
KDML 105	0.0217	0.0235	0.0244
R258	0.0246	0.0227	0.0308
RD49	0.0269	0.0235	0.0309
CR1.8	**0.0231**	**0.0227**	**0.0273**
KDML 105	0.0216	0.0202	0.0229
R258	0.0233	0.0212	0.0271
RD49	0.0243	0.0268	0.0318
MC 21	**0.0233**	**0.0182**	**0.0287**
KDML 105	0.0215	0.0050	0.0254
R258	0.0226	0.0263	0.0271
RD49	0.0256	0.0232	0.0338
Spray	**0.0242**	**0.0238**	**0.0274**
Control	**0.0244**	**0.0232**	**0.0287**
KDML 105	0.0217	0.0235	0.0244
R258	0.0246	0.0227	0.0308
RD49	0.0269	0.0235	0.0309
CR1.8	**0.0237**	**0.0243**	**0.0268**
KDML 105	0.0199	0.0252	0.0267
R258	0.0245	0.0256	0.0280
RD49	0.0269	0.0222	0.0258
MC 21	**0.0244**	**0.0238**	**0.0268**
KDML 105	0.0217	0.0231	0.0231
R258	0.0251	0.0218	0.0252
RD49	0.0263	0.0263	0.0320

ตารางผนวกที่ 19 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.0788**	**0.0731**	**0.0788**
Control	**0.0783**	**0.0643**	**0.0768**
KDML 105	0.0843	0.0608	0.0684
R258	0.0782	0.0628	0.0683
RD49	0.0724	0.0694	0.0936
CR1.8	**0.0736**	**0.0693**	**0.0769**
KDML 105	0.0736	0.0691	0.0741
R258	0.0743	0.0569	0.0675
RD49	0.0730	0.0817	0.0891
MC 21	**0.0846**	**0.0858**	**0.0828**
KDML 105	0.0749	0.0750	0.0811
R258	0.0781	0.0879	0.0736
RD49	0.1007	0.0947	0.0938
Spray	**0.0832**	**0.0750**	**0.0805**
Control	**0.0783**	**0.0643**	**0.0768**
KDML 105	0.0843	0.0608	0.0684
R258	0.0782	0.0628	0.0683
RD49	0.0724	0.0694	0.0936
CR1.8	**0.0796**	**0.0758**	**0.0833**
KDML 105	0.0724	0.0687	0.0749
R258	0.0759	0.0733	0.0833
RD49	0.0905	0.0854	0.0915
MC 21	**0.0918**	**0.0848**	**0.0814**
KDML 105	0.0859	0.0750	0.0755
R258	0.0940	0.0893	0.0757
RD49	0.0956	0.0901	0.0930

ตารางผนวกที่ 20 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักต้นแห้งที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.1005**	**0.0951**	**0.1032**
Control	**0.0913**	**0.0839**	**0.1047**
KDML 105	0.0844	0.0825	0.1098
R258	0.1025	0.0639	0.0700
RD49	0.0870	0.1054	0.1343
CR1.8	**0.1064**	**0.0764**	**0.1024**
KDML 105	0.1129	0.0728	0.1090
R258	0.1008	0.0613	0.0626
RD49	0.1055	0.0951	0.1355
MC 21	**0.1038**	**0.1250**	**0.1024**
KDML 105	0.0950	0.1156	0.1063
R258	0.0952	0.1276	0.0635
RD49	0.1213	0.1318	0.1374
Spray	**0.1041**	**0.1120**	**0.1111**
Control	**0.0913**	**0.0839**	**0.1047**
KDML 105	0.0844	0.0825	0.1098
R258	0.1025	0.0639	0.0700
RD49	0.0870	0.1054	0.1343
CR1.8	**0.1076**	**0.1189**	**0.1155**
KDML 105	0.0929	0.1513	0.0934
R258	0.1132	0.1107	0.1182
RD49	0.1165	0.0947	0.1349
MC 21	**0.1135**	**0.1333**	**0.1130**
KDML 105	0.0985	0.0864	0.1110
R258	0.1036	0.1120	0.1238
RD49	0.1385	0.2014	0.1043

ตารางผนวกที่ 21 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 7 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.0072**	**0.0093**	**0.0095**
Control	**0.0075**	**0.0068**	**0.0095**
KDML 105	0.0045	0.0056	0.0077
R258	0.0106	0.0086	0.0110
RD49	0.0073	0.0061	0.0097
CR1.8	**0.0075**	**0.0076**	**0.0092**
KDML 105	0.0057	0.0058	0.0069
R258	0.0097	0.0097	0.0104
RD49	0.0070	0.0072	0.0104
MC 21	**0.0068**	**0.0137**	**0.0098**
KDML 105	0.0051	0.0241	0.0073
R258	0.0083	0.0109	0.0123
RD49	0.0068	0.0060	0.0099
Spray	**0.0070**	**0.0070**	**0.0087**
Control	**0.0075**	**0.0068**	**0.0095**
KDML 105	0.0045	0.0056	0.0077
R258	0.0106	0.0086	0.0110
RD49	0.0073	0.0061	0.0097
CR1.8	**0.0058**	**0.0073**	**0.0086**
KDML 105	0.0039	0.0046	0.0070
R258	0.0090	0.0111	0.0119
RD49	0.0047	0.0062	0.0068
MC 21	**0.0076**	**0.0069**	**0.0080**
KDML 105	0.0049	0.0051	0.0051
R258	0.0112	0.0081	0.0106
RD49	0.0066	0.0076	0.0083

ตารางผนวกที่ 22 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 14 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.0321**	**0.0322**	**0.0326**
Control	**0.0310**	**0.0312**	**0.0304**
KDML 105	0.0280	0.0297	0.0267
R258	0.0331	0.0303	0.0316
RD49	0.0318	0.0336	0.0329
CR1.8	**0.0322**	**0.0303**	**0.0287**
KDML 105	0.0316	0.0316	0.0238
R258	0.0333	0.0235	0.0302
RD49	0.0319	0.0360	0.0322
MC 21	**0.0331**	**0.0352**	**0.0388**
KDML 105	0.0317	0.0399	0.0378
R258	0.0353	0.0350	0.0318
RD49	0.0323	0.0307	0.0467
Spray	**0.0328**	**0.0306**	**0.0305**
Control	**0.0310**	**0.0312**	**0.0304**
KDML 105	0.0280	0.0297	0.0267
R258	0.0331	0.0303	0.0316
RD49	0.0318	0.0336	0.0329
CR1.8	**0.0317**	**0.0281**	**0.0307**
KDML 105	0.0243	0.0236	0.0263
R258	0.0274	0.0291	0.0288
RD49	0.0433	0.0315	0.0369
MC 21	**0.0358**	**0.0327**	**0.0303**
KDML 105	0.0337	0.0361	0.0212
R258	0.0284	0.0312	0.0270
RD49	0.0454	0.0308	0.0427

ตารางผนวกที่ 23 การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก โดยวิธีการแช่ (Soaking) และฉีดพ่น (Spray) เชื้อ CR1.8, MC 21 และไม่ใส่เชื้อ (Control) ร่วมกับข้าว 3 สายพันธุ์ และปฏิสัมพันธ์ร่วม ที่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งที่อายุ 21 วัน

Treatment	Repication		
	1	2	3
Soaking	**0.0458**	**0.0500**	**0.0512**
Control	**0.0411**	**0.0403**	**0.0497**
KDML 105	0.0285	0.0370	0.0501
R258	0.0509	0.0372	0.0365
RD49	0.0438	0.0468	0.0625
CR1.8	**0.0515**	**0.0437**	**0.0571**
KDML 105	0.0577	0.0494	0.0592
R258	0.0558	0.0392	0.0529
RD49	0.0410	0.0425	0.0592
MC 21	**0.0447**	**0.0661**	**0.0468**
KDML 105	0.0460	0.0557	0.0507
R258	0.0426	0.0643	0.0348
RD49	0.0455	0.0782	0.0548
Spray	**0.0496**	**0.0502**	**0.0526**
Control	**0.0411**	**0.0403**	**0.0497**
KDML 105	0.0285	0.0370	0.0501
R258	0.0509	0.0372	0.0365
RD49	0.0438	0.0468	0.0625
CR1.8	**0.0444**	**0.0540**	**0.0534**
KDML 105	0.0243	0.0585	0.0489
R258	0.0605	0.0523	0.0526
RD49	0.0486	0.0512	0.0587
MC 21	**0.0632**	**0.0564**	**0.0548**
KDML 105	0.0748	0.0448	0.0721
R258	0.0607	0.0581	0.0455
RD49	0.0542	0.0663	0.0469

ตารางผนวกที่ 24 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0047	0.0083	0.0163	0.0145	0.0266	0.0206
BKPT	0.0113	0.0226	0.0202	0.0291	0.0284	0.0214
BM	0.0039	0.0164	0.0117	0.0125	0.0288	0.0205
CNT1	0.0059	0.0152	0.0215	0.0150	0.0191	0.0085
Dang	0.0065	0.0199	0.0246	0.0093	0.0229	0.0182
FK	0.0038	0.0103	0.0078	0.0070	0.0060	0.0036
KDML105	0.0097	0.0253	0.0199	0.0090	0.0099	0.0190
KN	0.0187	0.0045	0.0029	0.0022	0.0168	0.0222
LMNJ	0.0228	0.0257	0.0109	0.0181	0.0092	0.0275
LPKN	0.0128	0.0172	0.0053	0.0009	0.0243	0.0163
LS	0.0122	0.0182	0.0082	0.0011	0.0069	0.0168
PIBPSK	0.0069	0.0164	0.0085	0.0076	0.0078	0.0019
PSL2	0.0108	0.0005	0.0079	0.0075	0.0126	0.0020
PT1	0.0088	0.0166	0.0126	0.0050	0.0398	0.0157
R258	0.0105	0.0142	0.0042	0.0164	0.0007	0.0032
RD41	0.0162	0.0172	0.0138	0.0083	0.0083	0.0028
RD49	0.0090	0.0029	0.0091	0.0028	0.0031	0.0229
Sew	0.0123	0.0027	0.0165	0.0101	0.0011	0.0216
SKNK	0.0163	0.0200	0.0079	0.0153	0.0257	0.0240
SMJ	0.0087	0.0201	0.0195	0.0152	0.0247	0.0217

ตารางผนวกที่ 25 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความสูงต้น (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0072	0.0325	0.0126	0.0104	0.0027	0.0107
BKPT	0.0320	0.0091	0.0004	0.0253	0.0143	0.0208
BM	0.0285	0.0163	-0.0003	0.0047	0.0077	0.0014
CNT1	0.0095	0.0073	0.0062	0.0015	0.0064	0.0131
Dang	0.0179	0.0092	0.0112	0.0218	0.0120	0.0096
FK	0.0206	0.0014	0.0114	0.0116	0.0261	0.0133
KDML105	0.0251	0.0037	0.0187	0.0176	0.0168	0.0055
KN	0.0044	0.0062	0.0070	0.0032	0.0048	0.0162
LMNJ	0.0148	0.0128	0.0205	0.0001	0.0260	0.0193
LPKN	0.0180	0.0060	0.0095	0.0372	0.0123	0.0146
LS	0.0026	0.0070	0.0179	0.0167	0.0037	0.0030
PIBPSK	0.0093	0.0259	0.0056	0.0139	0.0160	0.0285
PSL2	0.0124	0.0004	0.0009	0.0011	0.0031	0.0081
PT1	0.0153	0.0000	0.0018	0.0171	0.0131	0.0120
R258	0.0094	0.0161	0.0055	0.0021	0.0128	0.0008
RD41	0.0123	0.0193	0.0077	0.0187	0.0109	0.0113
RD49	0.0021	0.0059	0.0044	0.0105	0.0126	0.0149
Sew	0.0095	0.0009	0.0007	0.0092	0.0144	0.0041
SKNK	0.0245	0.0072	0.0131	0.0150	0.0077	0.0320
SMJ	0.0294	0.0170	0.0166	0.0290	0.0124	0.0213

ตารางผนวกที่ 26 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0770	0.0748	0.0701	0.0602	0.0644	0.0780
BKPT	0.0694	0.0849	0.0786	0.0778	0.0640	0.0716
BM	0.0525	0.0411	0.0609	0.0576	0.0398	0.0572
CNT1	0.0483	0.0509	0.0319	0.0436	0.0847	0.0735
Dang	0.0578	0.0805	0.0593	0.0795	0.0827	0.0119
FK	0.0516	0.1087	0.0784	0.0663	0.0868	0.0708
KDML105	0.0479	0.1134	0.0622	0.0397	0.0748	0.0424
KN	0.0247	0.0625	0.0177	0.0065	0.0504	0.0015
LMNJ	0.0685	0.0722	0.0933	0.0684	0.0787	0.0575
LPKN	0.0797	0.0828	0.0843	0.0691	0.0928	0.0706
LS	0.0491	0.0787	0.0575	0.0750	0.0798	0.0692
PIBPSK	0.0352	0.0537	0.0175	0.0386	0.0662	0.0604
PSL2	0.0303	0.0691	0.0527	0.0268	0.0601	0.0536
PT1	0.0636	0.0580	0.0402	0.0618	0.0970	0.0407
R258	0.0709	0.0753	0.0251	0.0484	0.0904	0.0502
RD41	0.0512	0.0964	0.0661	0.0581	0.0625	0.0372
RD49	0.0604	0.0473	0.0273	0.0650	0.0298	0.0695
Sew	0.0453	0.0783	0.0167	0.0520	0.0718	0.0405
SKNK	0.0453	0.0689	0.0149	0.0481	0.0266	0.0549
SMJ	0.0879	0.0733	0.0797	0.0833	0.0743	0.0937

ตารางผนวกที่ 27 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของความยาวราก (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0353	0.0093	0.0330	0.0282	0.0511	0.0040
BKPT	0.0081	0.0302	0.0240	0.0019	0.0146	0.0465
BM	0.0434	0.0131	0.0252	0.0235	0.0066	0.0147
CNT1	0.0031	0.0038	0.0359	0.0317	0.0032	0.0207
Dang	0.0231	0.0067	0.0152	0.0200	0.0208	0.0513
FK	0.0420	0.0254	0.0076	0.0111	0.0111	0.0084
KDML105	0.0210	0.0048	0.0359	0.0152	0.0144	0.0008
KN	0.0016	0.0105	0.0041	0.0246	0.0061	0.0382
LMNJ	0.0237	0.0432	0.0250	0.0453	0.0457	0.0546
LPKN	0.0214	0.0164	0.0297	0.0011	0.0190	0.0255
LS	0.0101	0.0178	0.0243	0.0524	0.0199	0.0151
PIBPSK	0.0259	0.0061	0.0207	0.0022	0.0015	0.0143
PSL2	0.0185	0.0186	0.0367	0.0128	0.0000	0.0215
PT1	0.0271	0.0095	0.0368	0.0136	0.0075	0.0007
R258	0.0126	0.0449	0.0106	0.0081	0.0026	0.0042
RD41	0.0003	0.0153	0.0057	0.0277	0.0090	0.0181
RD49	0.0168	0.0026	0.0150	0.0066	0.0246	0.0129
Sew	0.0126	0.0158	0.0454	0.0382	0.0125	0.0114
SKNK	0.0204	0.0055	0.0038	0.0235	0.0269	0.0077
SMJ	0.0064	0.0138	0.0212	0.0087	0.0003	0.0035

ตารางผนวกที่ 28 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0631	0.0483	0.0487	0.0830	0.0748	0.0545
BKPT	0.0510	0.1143	0.0411	0.0705	0.1018	0.0367
BM	0.0987	0.0696	0.0436	0.0931	0.1275	0.1014
CNT1	0.0407	0.0512	0.0798	0.0630	0.0465	0.0484
Dang	0.0332	0.0850	0.0182	0.0429	0.0646	0.0554
FK	0.0437	0.1127	0.0620	0.0310	0.0866	0.0375
KDML105	0.0541	0.0854	0.0430	0.0387	0.0784	0.0668
KN	0.1039	0.0219	0.0624	0.0224	0.1092	0.0816
LMNJ	0.0789	0.0500	0.0182	0.0403	0.0729	0.0637
LPKN	0.0563	0.0834	0.0075	0.0299	0.1054	0.0483
LS	0.0736	0.0711	0.0539	0.0220	0.0573	0.0558
PIBPSK	0.0373	0.0474	0.0146	0.0243	0.0414	0.0270
PSL2	0.0585	0.0229	0.0490	0.0637	0.0725	0.0552
PT1	0.0538	0.1082	0.0808	0.0341	0.0938	0.0438
R258	0.0017	0.0610	0.0326	0.0946	0.0990	0.0668
RD41	0.0873	0.1500	0.0580	0.0875	0.0892	0.0452
RD49	0.0587	0.0675	0.0535	0.0364	0.0581	0.0935
Sew	0.0650	0.0182	0.0317	0.0596	0.0040	0.0831
SKNK	0.0585	0.1122	0.0434	0.0866	0.0791	0.0825
SMJ	0.0491	0.0295	0.0536	0.0215	0.0895	0.0642

ตารางผนวกที่ 29 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักต้นแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.021531	0.06082	0.064491	0.061951	0.061574	0.059666
BKPT	0.062562	0.020023	0.011917	0.081527	0.012881	0.086821
BM	0.041671	0.078166	0.070297	0.060603	0.044653	0.024038
CNT1	0.051711	0.067568	0.030386	0.063195	0.074896	0.067953
Dang	0.067362	0.024568	0.079721	0.0885	0.031197	0.061001
FK	0.070829	0.00125	0.042888	0.056344	0.052369	0.044453
KDML105	0.066044	0.027745	0.10475	0.104689	0.051701	0.045911
KN	0.00516	0.037446	0.015754	0.069676	0.027006	0.040066
LMNJ	0.033893	0.081538	0.088583	0.075821	0.041632	0.051248
LPKN	0.051367	0.013292	0.067832	0.118845	0.039208	0.044417
LS	0.022905	0.035592	0.088537	0.082209	0.031118	0.044147
PIBPSK	0.044043	0.025027	0.097201	0.101125	0.0917	0.09524
PSL2	0.048082	0.045788	0.050741	0.04679	0.065352	0.011447
PT1	0.059412	0.028144	0.038572	0.105009	0.078682	0.076793
R258	0.054534	0.042364	0.032741	0.012628	0.017534	0.039892
RD41	0.057906	0.037573	0.071785	0.092127	0.039519	0.061893
RD49	0.068213	0.026449	0.091764	0.062793	0.061336	0.023096
Sew	0.01922	0.056328	0.070653	0.074667	0.065871	0.007708
SKNK	0.070834	0.011182	0.066268	0.055442	0.079919	0.099301
SMJ	0.070066	0.057306	0.058976	0.109713	0.02929	0.06566

ตารางผนวกที่ 30 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0619	0.0614	0.0828	0.0735	0.1067	0.0922
BKPT	-0.0317	0.1069	0.0915	0.0915	0.0642	0.0982
BM	0.0790	0.1151	0.1059	0.1087	0.0954	0.1201
CNT1	0.0544	0.1033	0.0981	0.0801	0.0832	0.0826
Dang	0.0535	0.0669	0.0606	0.0066	0.1170	0.0700
FK	0.0790	0.0906	0.1053	0.1072	0.0654	0.0862
KDML105	0.0438	0.0850	0.0736	0.0642	0.0439	0.1046
KN	0.0832	0.0512	0.0717	0.0590	0.0528	0.1156
LMNJ	0.1052	0.0904	0.0817	0.1107	0.0344	0.1121
LPKN	0.0514	0.0682	0.0890	0.0929	0.0468	0.0792
LS	0.0594	0.0001	0.0927	0.0850	0.0421	0.0893
PIBPSK	0.0353	0.0431	0.0646	0.0466	0.0915	0.0657
PSL2	0.0355	0.0221	0.0687	0.0432	0.0882	0.0495
PT1	0.0649	0.1044	0.0942	0.0579	0.1175	0.0329
R258	0.0399	0.0500	0.0444	0.0862	0.0570	0.1100
RD41	0.0898	0.0979	0.0939	0.0927	0.0507	0.0777
RD49	0.0679	0.0569	0.0817	0.0782	0.0778	0.0969
Sew	0.0769	0.0135	0.0772	0.0902	0.0015	0.1060
SKNK	0.0585	0.0916	0.0668	0.0756	0.1103	0.0742
SMJ	0.0659	0.0334	0.0706	0.0496	0.0744	0.1095

ตารางผนวกที่ 31 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักใบแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0349	0.0657	0.0590	0.0423	0.0008	0.0314
BKPT	0.0855	0.0243	0.0107	0.0552	0.0845	0.0281
BM	0.0501	0.0102	0.0325	0.0083	0.0427	0.0116
CNT1	0.0550	0.0371	0.0306	0.0030	0.0206	0.0356
Dang	0.0795	0.0474	0.0432	0.1282	0.0174	0.0377
FK	0.0773	0.0120	0.0329	0.0187	0.0743	0.0369
KDML105	0.0987	0.0479	0.0660	0.0446	0.0555	0.0038
KN	0.0232	0.0252	0.0093	0.0017	0.0162	0.0192
LMNJ	0.0384	0.0293	0.0026	0.0096	0.0728	0.0276
LPKN	0.0691	0.0333	0.0268	0.0728	0.0331	0.0320
LS	0.0691	0.0735	0.0255	0.0356	0.0582	0.0266
PIBPSK	0.0532	0.0427	0.0262	0.0742	0.0196	0.0423
PSL2	0.0679	0.0341	0.0295	0.0354	0.0302	0.0484
PT1	0.0356	0.0218	0.0229	0.0538	0.0623	0.0368
R258	0.0670	0.0859	0.0596	0.0277	0.0552	0.0178
RD41	0.0715	0.0667	0.0308	0.0523	0.0467	0.0236
RD49	0.0476	0.0360	0.0637	0.0290	0.0134	0.0148
Sew	0.0029	0.0641	0.0461	0.0458	0.0726	0.0097
SKNK	0.0963	0.0403	0.0455	0.0546	0.0039	0.1147
SMJ	0.0791	0.0556	0.0458	0.0447	0.0440	0.0254

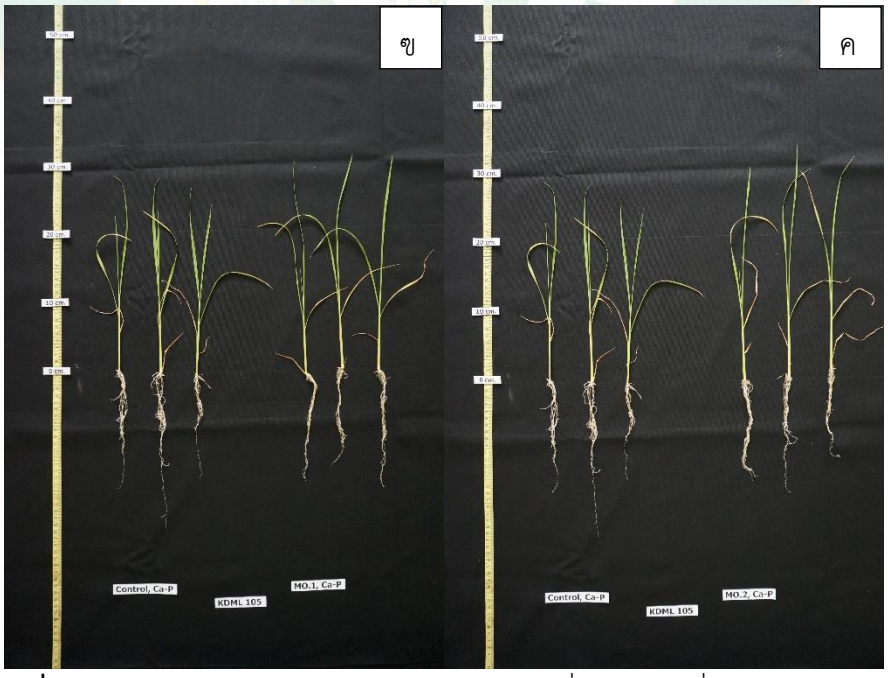
ตารางผนวกที่ 32 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 14-21 วัน หลังปลูก

Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.096	0.072	0.097	0.065	0.050	0.072
BKPT	0.091	0.192	0.102	0.110	0.129	0.072
BM	0.120	0.095	0.073	0.078	0.119	0.064
CNT1	0.102	0.092	0.088	0.069	0.099	0.068
Dang	0.078	0.102	0.057	0.089	0.107	0.083
FK	0.092	0.175	0.138	0.103	0.138	0.092
KDML105	0.098	0.089	0.099	0.033	0.097	0.106
KN	0.039	0.022	0.056	0.082	0.059	0.079
LMNJ	0.111	0.094	0.086	0.103	0.065	0.066
LPKN	0.103	0.101	0.079	0.058	0.125	0.100
LS	0.082	0.090	0.100	0.051	0.104	0.082
PIBPSK	0.027	0.096	0.044	0.047	0.102	0.049
PSL2	0.040	0.058	0.024	0.063	0.088	0.028
PT1	0.088	0.126	0.067	0.068	0.124	0.045
R258	0.080	0.103	0.072	0.073	0.093	0.089
RD41	0.133	0.116	0.106	0.099	0.099	0.065
RD49	0.094	0.035	0.084	0.086	0.075	0.050
Sew	0.074	0.048	0.084	0.079	0.046	0.121
SKNK	0.086	0.128	0.076	0.073	0.088	0.072
SMJ	0.112	0.065	0.096	0.087	0.080	0.104

ตารางผนวกที่ 33 อัตราการเจริญเติบโตด้านสัมพันธ์ของน้ำหนักรากแห้ง (เซนติเมตร/วัน) ที่ระยะ 21-28 วัน หลังปลูก

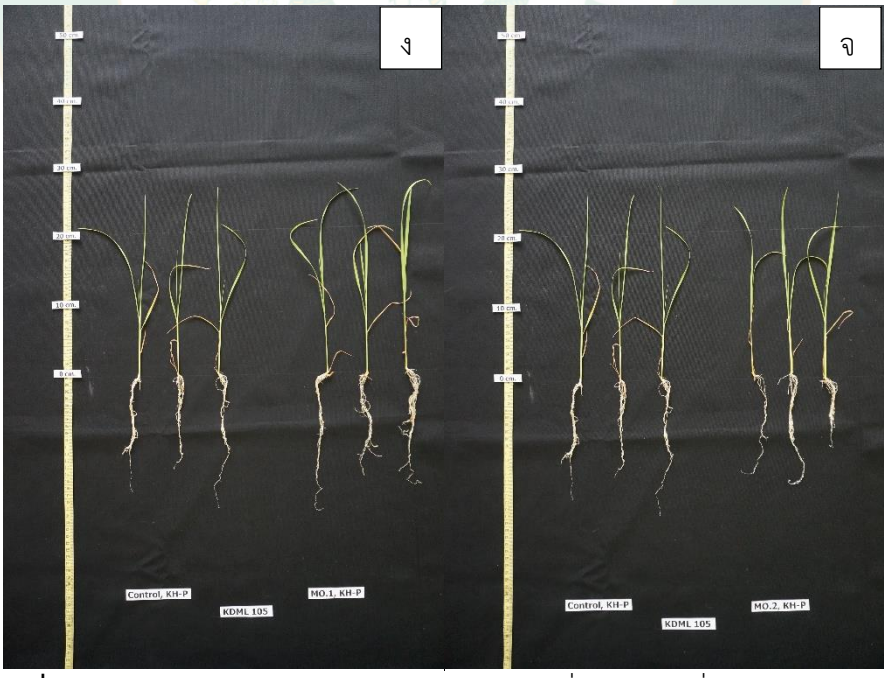
Varieties	MC 21			Non-Mo		
	1	2	3	1	2	3
BKP	0.0647	0.1110	0.1009	0.0967	0.1105	0.1186
BKPT	0.0732	0.0205	0.0061	0.0934	0.0511	0.0977
BM	0.0617	0.1379	0.0793	0.0630	0.1230	0.1165
CNT1	0.0379	0.0772	0.0860	0.0805	0.0785	0.0793
Dang	0.1385	0.0737	0.0779	0.1051	0.0739	0.0532
FK	0.1306	0.0506	0.0441	0.0697	0.0876	0.0516
KDML105	0.0647	0.0955	0.0890	0.0863	0.0649	0.0508
KN	0.0565	0.1577	0.0677	0.0513	0.1420	0.0315
LMNJ	0.0483	0.0951	0.0469	0.0573	0.1052	0.1173
LPKN	0.0622	0.0880	0.0871	0.0872	0.0413	0.0755
LS	0.0785	0.0873	0.0725	0.1617	0.0391	0.0666
PIBPSK	0.0930	0.0463	0.0670	0.1867	0.0866	0.0464
PSL2	0.0557	0.0352	0.0874	0.0478	0.0699	0.1099
PT1	0.0520	0.0511	0.0740	0.0929	0.1053	0.0799
R258	0.0490	0.0682	0.0579	0.0509	0.0874	0.0280
RD41	0.0792	0.0611	0.0876	0.1372	0.0696	0.0464
RD49	0.0688	0.0565	0.0789	0.0806	0.0624	0.0664
Sew	0.0103	0.0715	0.0415	0.1091	0.0651	0.0174
SKNK	0.0611	0.0276	0.0780	0.1006	0.0851	0.0980
SMJ	0.1119	0.0824	0.0738	0.0653	0.1526	0.0693

ภาพผนวกที่ 1 ข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน (SMJ) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ก) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ข) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม



ภาพผนวกที่ 2 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ฃ) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ค) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

ภาพผนวกที่ 3 ข้าวพันธุ์ชิวแม่จัน (SMJ) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ค) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (ฆ) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปโพแทสเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม



ภาพผนวกที่ 4 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) ที่ปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ CR 1.8 (ง) และปลูกในดินที่มีการใส่จุลินทรีย์ MC 21 (จ) ร่วมกับการใส่สารละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปพแทสเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

ภาพผนวกที่ 5 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 6 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 7 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่เมล็ดในสารละลายจุลินทรีย์ MC 21

ภาพผนวกที่ 8 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21

ภาพผนวกที่ 9 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) กข 49 (RD 49) และอาร์ 258 (R 258) ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม

ภาพผนวกที่ 10 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 11 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 12 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21

ภาพผนวกที่ 13 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 14 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม

ภาพผนวกที่ 15 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่จุลินทรีย์ CR 1.8

ภาพผนวกที่ 16 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ CR 1.8

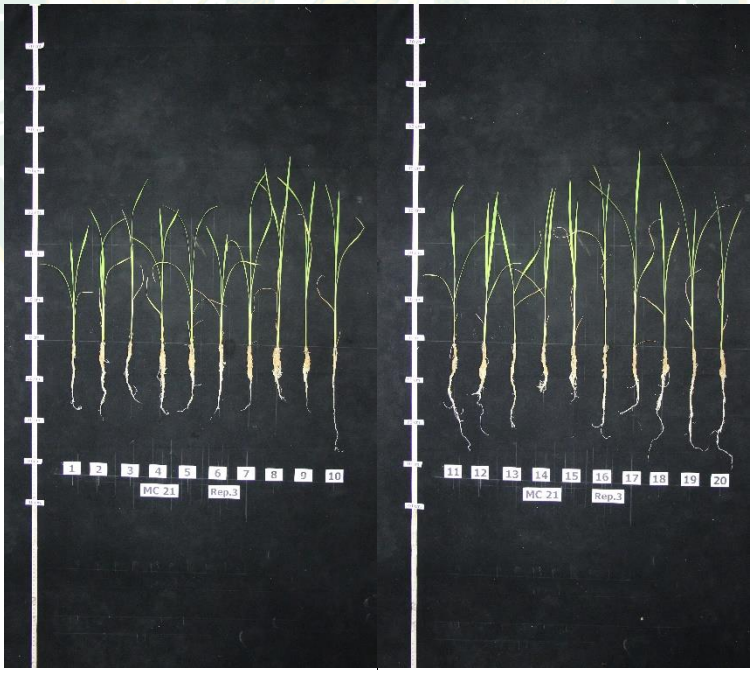
ภาพผนวกที่ 17 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีแช่จุลินทรีย์ MC 21

ภาพผนวกที่ 18 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีฉีดพ่นจุลินทรีย์ MC 21

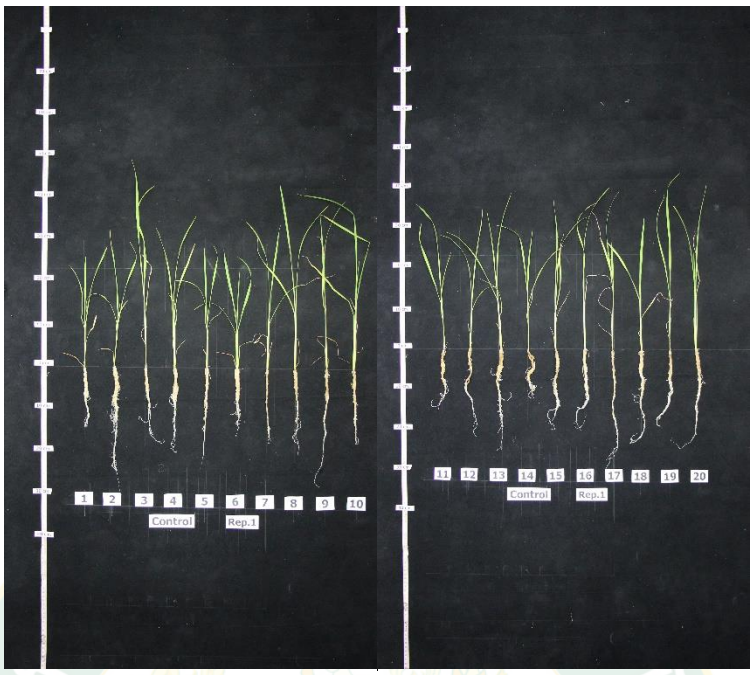
ภาพผนวกที่ 19 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) RD 49 และ R 258 ที่ข้าวอายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม

ภาพผนวกที่ 20 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีใช้จุลินทรีย์ MC 21

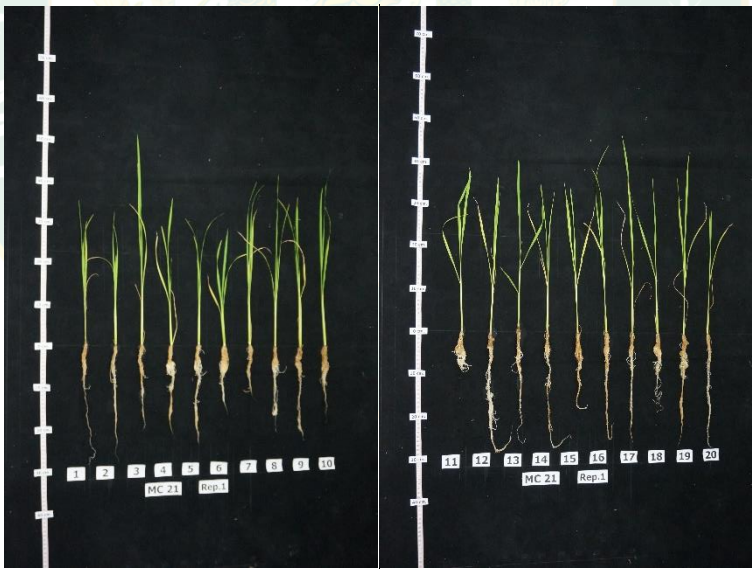
ภาพผนวกที่ 21 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 7 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม



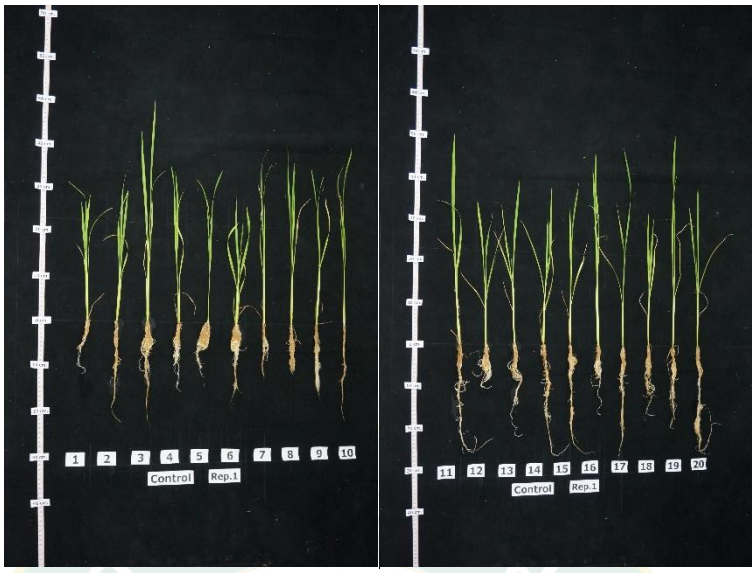
ภาพผนวกที่ 22 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีที่ใส่จุลินทรีย์ MC 21



ภาพผนวกที่ 23 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 14 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม



ภาพผนวกที่ 24 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีที่ใส่จุลินทรีย์ MC 21



ภาพผนวกที่ 25 ข้าว 20 สายพันธุ์ ที่อายุ 21 วัน เมื่อปลูกในกรรมวิธีควบคุม

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นางสาวกฤชญา ปัญญา

เกิดเมื่อ 13 พฤษภาคม 2536

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนพร้าววิทยาคม อำเภอพร้าว
จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2558 วิทยาศาสตรบัณฑิต เกษตรศาสตร์ (พืชไร่)
คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้