มูลนิธิโครงการหลวง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ตามโครงการวิจัยที่ 3070-3522

ประจำงบประมาณปี 2548

การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วที่ใช้ปรับปรุงบำรุงดินและพืชตระกูลถั่วที่ปลูกเป็นพืชผักบนที่สูง และการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วภายหลังการไถกลบ

Screening of Suitable Root Nodule Bacteria for Green manure and vegetable Leguminous Crops for Highland Areas and Study of N Mineralization of Incorporated Legumes

นางอำพรรณ พรมศิริ

ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

ในการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีอยู่ในดินบนที่สูงตามธรรมชาติ ขั้นตอนที่สอง เป็นการรวบรวมและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพดี ขั้นตอนที่สาม เป็นการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดที่ไถกลบลงไปในดิน ผลงานวิจัยที่สามารถดำเนินการจนแล้วเสร็จ มีเฉพาะงานวิจัยที่ทำกับถั่วพุ่มและปอเทือง ซึ่งพบว่า ดินบนที่สูงซึ่งใช้ในการปลูกผักอินทรีย์จากศูนย์ต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงจำนวน 4 ศูนย์ได้แก่ อ่างขาง ปางดะ แม่แฮ และหนองหอย ที่ใช้ศึกษาจำนวนทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วสำหรับปอเทืองมากกว่า 50 เซลล์/กรัม ซึ่งอาจไม่จำเป็นต้องใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในการปลูกถั่วชนิดนี้ แต่ดินจากสถานีวิจัยอ่างขาง และในพื้นที่แปลงของเกษตรกรที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของสถานีวิจัยอ่างขาง และดินบางแปลงจากสถานีวิจัยปางดะ และหนองหอย จำนวน 7 ตัวอย่าง มีเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วต่ำกว่า 25 เซลล์/กรัม ซึ่งการปลูกปอเทืองในพื้นที่เหล่านี้ จำเป็นต้องใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในการปลูกเพื่อให้ปอเทืองมีการตรึงไนโตรเจนดีขึ้น สำหรับปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่ม พบว่า ดินที่ใช้ศึกษาเกือบทั้งหมด มีปริมาณเชื้อดังกล่าวต่ำกว่า 50 เซลล์/กรัม ซึ่งอาจจำเป็นต้องใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วเพื่อให้การปลูกถั่วพุ่มในพื้นที่ดังกล่าวได้ผลดีขึ้น ในการรวบรวมเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วได้เชื้อสำหรับถั่วแต่ละชนิดดังนี้ ถั่วพุ่มดำ 74 isolate ถั่วพร้า 43 isolate ปอเทือง 87 isolate ถั่วมะแฮะ 67 isolate ถั่วปากอ้า 4 isolate และถั่วลันเตา 12 isolate จากการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสำหรับถั่วพุ่มและปอเทือง โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่า ในจำนวนเชื้อที่รวบรวมไว้ทั้งหมด เป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ถั่วพุ่ม 46 isolate ส่วนเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับปอเทืองมี 41 isolate ในการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของดินบนที่สูง 3 ชนิดได้แก่ ดินอินทนนท์ หนองหอย และห้วยน้ำริน พบว่า ดินจากศูนย์หนองหอย ซึ่งมี pH 6.38 ปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีที่สุด คือ 666 มก.N /กก.ดิน ในเวลา 2 เดือน ส่วนดินอินทนนท์ ซึ่งมี pH 5.94 และ 5.24 ปลดปล่อยไนโตรเจนได้ประมาณ 365-377 มก.N/กก.ดิน ตามลำดับ สำหรับดินหนองหอยที่มี pH 5.34 ปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ 286 มก.N/กก.ดิน และดินห้วยน้ำรินซึ่งมี pH 6.25 ปลดปล่อยไนโตรเจนได้ 177 มก.N/กก.ดิน เมื่อไถกลบปอเทืองและถั่วพุ่มลงไปในดินแต่ละชนิด พบว่า ในดินอินทนนท์ที่มี pH 5.94 ดินหนองหอยที่มี pH 6.34 และดินห้วยน้ำรินซึ่งมีpH 6.25 ปอเทืองปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ออกมาในช่วงสัปดาห์ที่ 8 หลังไถกลบประมาณ 94, 53 และ 47% ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากถั่วพุ่มมีประมาณ 62, 61 และ 65% ตามลำดับ ส่วนดินอินทนนท์ที่มีpH 5.24 และดินหนองหอยที่มีpH 6.38

ไม่พบว่ามีการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดทั้งสองชนิด แต่มีการสูญหายของไนโตรเจนโดยกระบวนการ immobilization โดยจุลินทรีย์ดิน

Abstract

The research consisted of 3 working steps. The first step was the study of the native population of root nodule bacteria in natural condition of the highland soils. The second step was the collection of root nodule bacterial isolates and screening of the effective isolates. The third step was the study of N-mineralization of incorporated green manure legumes in the soils. Only research results involved with cowpea and crotalaria were reported. We found that most of the 36 samples of highland soils collected from 4 stations of the Royal Project foundation namely, Aang Kang, Pangda, Mae Hae and Nong Hoi contained more than 50 cells/g of root nodule bacteria for crotalaria indicating that the use of root nodule bacterial inoculant may not be necessary in these areas. However, there were seven soil samples from Aang Kang Research station, farmer's field from zero plots, Pangda station and Nong Hoi having population of root nodule bacteria for crotalaria less than 25 cells/g. The use of root nodule bacterial inoculation may be needed for improvement of N_2 fixation of crotalaria in the area with low population of root nodule bacteria. Almost all of the studied soil samples contained root nodule bacteria for cowpea less than 50 cells/g suggesting that these areas may require root nodule bacteria inoculant for cowpea cultivation in order to improve N_2 fixation. The root nodule bacterial isolates for the following legumes; cowpea 74 isolates, Pigeon pea 67 isolates, broad bean 4 isolates and sweet pea 12 isolates were collected. The effective root nodule bacteria for cowpea and crotalaria were screened in laboratory. We obtained 46 nighly effective isolates for cowpea and 41 isolates for crotalaria. The soil inculation study using 4 highland soils, Intanon and Nong Hoi with and without pH improvement by liming and Houy Nam Rin were conducted at room temperature and at soil moisture level about 60%WHC in order to evaluate the N-mineralization of the soils with and without cowpea and crotalaria incorporation. We found out that without green manure incorporation, Nong Hoi soil with pH 6.8 released the highest amount of mineralized N about 666 mgN/kg at 2 months after incubation. Intanon soil with pH 5.94 and 5.24 released mineralized N about 365-377 maN/kg respectively. There were about 286 mgN/kg released from Nong Hoi soil with pH 5.34 and about 177 mgN/kg released from Houy Man Rin soil. When cowpea and crotalaria were incorporated into the soils, the following percentage of N, 94 53 and 47% of the total N in crotalaria were mineralized in Intanon

soil with pH 5.94 Nong Hoi soil with pH 6.34 and Houy Nam Rin soil with pH 6.25 respectively at 8 weeks after incorporated. The nitrogen released from incorporated cowpea at the same period were at following: 62% in Intanon soil with 5.94, 61% in Nong Hoi soil with pH 6.25. In Intanon soil with pH 5.24 and Nong Hoi soil with pH 6.38, no available N were released from these two green manure crops but N-immobilization from decomposition of incorporated legumes occurred.

โครงการหลวง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษไทย	2
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	3
สารบัญ	5
สารบัญตาราง	6
สารบัญรูปภาพ	7
คำนำ	8
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย	20
ผลการทดลองและวิจารณ์	23
สรุป	57
เอกสารอ้างอิง	58
รายงานการใช้งบประมาร	63

โครงการหลวง

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วโดยวิธี plant infection count	10
ตารางที่ 2 สมบัติต่างๆ ของดินแต่ละชนิด	22
ตารางที่ 3 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับถั่วพุ่มดำในดิน	24
ตารางที่ 4 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับปอเทืองในดิน	26
ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว	28
ตารางที่ 6 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของปอเทือง และการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของปอเทือง	35
ตารางที่ 7 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจน ของปอเทืองและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของปอเทือง	38
ตารางที่ 8 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่ม และการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของถั่วพุ่ม	43
ตารางที่ 9 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจน ของถั่วพุ่มและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของถั่วพุ่ม	46
ตารางที่ 10 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากอินทรียวัตถุในดินที่ระยะ 1 และ 2 เดือน	51
ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากปอเทืองที่ใส่ลงไปในดินชนิดต่างๆ ที่ระยะ 8 สัปดาห์ หลังการไถกลบ	53
ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากถั่วพุ่มที่ใส่ลงไปในดินชนิดต่างๆ ที่ระยะ 8 สัปดาห์ หลังการไถกลบ	56

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1 ห้องปฏิบัติการที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิได้ในการปลูกถั่ว ที่ใช้ในการคัดเลือกแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพ	42
รูปที่2 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินชนิดต่างๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม	50
รูปที่ 3 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการใส่ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน	52
รูปที่4 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการใส่ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด ในระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน	55

โครงการหลวง

1. คำนำ

ในปัจจุบันการผลิตพืชผักด้วยระบบเกษตรอินทรีย์บนพื้นที่สูง เป็นกิจกรรมอย่างหนึ่งของมูลนิธิโครงการหลวง และพื้นที่ซึ่งได้รับใบรับรองจากทางราชการ ให้ใช้ในการผลิตผักอินทรีย์ได้แก่พื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของสถานีวิจัยอ่างข่าง นอกจากนี้ยังมีพื้นที่อื่นซึ่งมูลนิธิโครงการหลวงกำหนดให้เป็นพื้นที่ผลิตผักอินทรีย์ต่อไปในอนาคต ซึ่งได้แก่พื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์ฯหนองหอย ในการปลูกพืชผักด้วยระบบอินทรีย์ให้ได้ผลดี นอกเหนือจากปัญหาด้านการควบคุมศัตรูพืชแล้ว ปัญหาเรื่องดิน โดยเฉพาะด้านความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน ซึ่งดินส่วนใหญ่มักจะขาดแคลนอยู่แล้ว เป็นปัญหาอีกอย่างหนึ่งซึ่งต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ เพราะหากดินมีไนโตรเจนไม่เพียงพอ การผลิตพืชผักให้ได้ผลดีเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้เลย ในการจัดการดินในระบบเกษตรอินทรีย์บนที่สูงเพื่อให้มีปริมาณไนโตรเจนมากพอ โดยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยหมักเป็นวิธีการที่ค่อนข้างยาก เพราะเกษตรกรส่วนใหญ่มีสัตว์เลี้ยงจำนวนน้อย และยังใช้วิธีการเลี้ยงดูแบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติซึ่งเป็นการยากในการรวบรวมปุ๋ยคอกให้ได้ในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการ ส่วนการทำปุ๋ยหมักอย่างต่อเนื่องให้มีปริมาณมากพอก็เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยากเช่นกัน การเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินโดยการปลูกพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นแนวทางที่เกษตรกรน่าจะปฏิบัติได้ง่ายกว่า ไม่เพียงแต่จะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่ดิน ยังทำให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดผลดีในด้านการพัฒนาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดินให้ดีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว ไม่ว่าจะเป็นพืชที่ใช้ปลูกเพื่อการบำรุงดินหรือปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตขึ้นอยู่กับสมบัติของดิน โดยเฉพาะ pH และปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีอยู่ในธรรมชาติ หากเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะกับพืชตระกูลถั่วที่จะใช้ปลูกมีปริมาณน้อย อีกทั้งดินที่จะใช้ปลูกพืชมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและเป็นดินกรด ก็จำเป็นจะต้องเพิ่มปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถสร้างปมที่รากพืชตระกูลถั่วที่จะใช้ปลูกให้มีมากขึ้นและต้องเลือกเชื้อที่เข้ากันได้ดีกับพันธุ์อีกทั้งทนต่อความเป็นกรดของดินด้วย

สำหรับดินบนที่สูง โดยทั่วไปเป็นดินที่มี pH ต่ำกว่า 5.5 สำหรับพื้นที่ซึ่งไม่เคยใช้ปลูกพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ที่จะปลูกเป็นพืชรายได้ หรือปลูกพืชตระกูลถั่วที่จะใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมาก่อน คาดว่าปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ โดยเฉพาะสายพันธุ์ที่สามารถสร้างปมกับพืชตระกูลถั่วดังกล่าวน่าจะมีน้อย หากต้องการให้พืชตระกูลถั่วเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดีโดยอาศัยไนโตรเจนจากอากาศ ก็จำเป็นจะต้องใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วคลุกเมล็ด เชื้อแบคทีเรียที่จะใช้คลุกเมล็ดก็น่าจะเป็นแบคทีเรียที่ทนกรดได้ดี บนพื้นที่สูงที่จะใช้ผลิตผักอินทรีย์ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่จะใช้ในการปลูกพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นปุ๋ยพืชสดและที่จะปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวกับผลผลิตในรูปของผักสดหรือยอดเพื่อบริโภคเป็นพืชผัก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาวิจัยในเรื่องดังกล่าว เพื่อให้การใช้พืชตระกูลถั่วในการปลูกผัก

อินทรีย์ในพื้นที่เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการปลูกหรือบำรุงดินหรือปลูกเป็นพืชรายได้ก็ตาม อนึ่งในการใช้ประโยชน์จากพืชตระกูลถั่วเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนสำหรับการปลูกพืชรายได้ชนิดอื่น จำเป็นต้องพิจารณาถึงปริมาณและช่วงเวลาที่ต้นถั่วที่ถูกไถกลบลงในดิน ปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ ซึ่งในดินที่มีคุณสมบัติต่างกัน กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่ย่อยสลายเศษพืชที่ถูกไถกลบจะแตกต่างกัน และแม้มีในดินประเภทเดียวกัน แต่เศษพืชที่เกิดการย่อยสลาย มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน อัตราเร็วในการย่อยสลายก็แตกต่างกันด้วย การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปลดปล่อยไนโตรเจนจากต้นถั่วชนิดต่างๆ ที่ถูกไถกลบในดินแต่ละประเภท ที่ใช้ในการผลิตผักอินทรีย์ จะทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ประกอบในการให้คำแนะนำในการจัดการการเพาะปลูกพืชในระบบเกษตรกรรมอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดี และปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับเรื่องนี้สำหรับดินบนที่สูงที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชแต่อย่างใด

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความจำเป็นในการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในการปลูกพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ ในระบบการผลิตแบบอินทรีย์
2. เพื่อคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ
3. เพื่อศึกษาอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ที่ถูกไถกลบลงไปในดินชนิดต่างๆ บนที่สูงที่จะใช้ผลิตผักอินทรีย์

3. ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในความเข้าใจของคนทั่วไป การใช้หัวเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วคลุกเมล็ดก่อนปลูก ทำให้พืชตระกูลถั่วมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีขึ้น แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว การใช้หัวเชื้อดังกล่าวจะได้ผลดีหรือไม่ ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน ความชื้น pH ของดิน อุณหภูมิ และที่สำคัญคือ ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่อยู่เดิมตามธรรมชาติในดิน ในการที่จะทราบว่าพื้นที่ใดจำเป็นต้องใช้หัวเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วสำหรับการปลูกถั่วชนิดใดชนิดหนึ่งหรือไม่ อาจใช้การสังเกตลักษณะบางประการของต้นถั่วที่ปลูกในแต่ละพื้นที่ ซึ่งได้แก่ ปริมาณปม สีของปมและตำแหน่งของปมถั่วที่ปลูกโดยไม่คลุกเชื้อ นอกจากนี้อาจจะใช้ข้อมูลด้านสถานภาพของไนโตรเจนในดินในการพิจารณาอีกด้วย (Vincent, 1970)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน

ปริมาณและประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ปัจจัยที่มีรายงานว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในดินตาม

ธรรมชาติได้แก่ ความเข้มแสง (Lawsan *et al.*, 1987) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปี (Singleton and Tavares, 1986) และการมีพืชตระกูลถั่วเป็นพืชอาศัยของเชื้อแต่ละชนิดขึ้นอยู่ในพื้นที่ (Yousef *et al.*, 1989)

สาเหตุในการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วไม่ได้ผล

ความล้มเหลวในการคลุกเชื้อมักเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งดังต่อไปนี้ (Singleton and Tavares, 1986)

1. เชื้อที่ใช้คลุกไม่สามารถแข่งขันกับเชื้อที่มีอยู่เดิมในดิน
2. เชื้อที่คลุกไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ เนื่องจากดินมีอุณหภูมิหรือความชื้นต่ำเกินไป
3. ดินที่ใช้ปลูกมีความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินสูง
4. เชื้อที่มีอยู่เดิมในดินมีประสิทธิภาพดี

การประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน

ในการประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว โดยวิธี plant infection count มีหลักเกณฑ์ในการประเมินดังนี้ (Vincent, 1970)

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วโดยวิธี plant infection count

ปริมาณเชื้อในดิน cell/g ดินแห้ง	ระดับ
<25	มีน้อยมาก
25 – 1,000	มีน้อย
>1,000 – 100,000	มีมาก
> 100,000	มีมากที่สุด

พื้นที่ใดที่มีเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วมากกว่า 50 cell/g และเชื้อมีประสิทธิภาพดี พืชตระกูลถั่วที่ปลูกในพื้นที่นั้นจะไม่ตอบสนองต่อการคลุกเชื้อ และการตอบสนองจะมีนัยสำคัญต่อเมื่อเชื้อในดินมีน้อยกว่า 10 cell/g (Thies *et al.*, 1991)

ปัจจัยที่มีผลต่อการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว

ในการปลูกถั่วเพื่อการปรับปรุงดิน พืชตระกูลถั่วที่ใช้ปลูกน่าจะมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ดี จึงจะสามารถเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินได้ถ้าถั่วที่ปลูกมีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้น้อย ถั่วดังกล่าวก็จะไม่แตกต่างจากพืชชนิดอื่นที่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ เพราะต้องอาศัยไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินเพื่อการเจริญเติบโต ปริมาณของธาตุอาหารต่างๆในดินมีอิทธิพลต่อการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว โดยมีผลกระทบต่อเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่อาศัยอยู่ในดินโดยตรง

หรือมีผลต่อพืชตระกูลถั่ว หรือมีผลต่อการใช้ชีวิตอยู่ร่วมกันระหว่างถั่วกับเชื้อแบคทีเรีย เช่น มีผลต่อการเกิดปม และการทำหน้าที่ของปม (Edward, 1977) การที่ปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและแบคทีเรียมีน้อยเกินไปไม่เพียงพอแก่ความต้องการ ทำให้กระบวนการต่างๆไม่สามารถเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือถ้ามีมากเกินไปจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเชื้อแบคทีเรียและพืช สำหรับอิทธิพลของธาตุต่างๆมีดังนี้

<u>ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน</u>

ในดินที่มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับสูง สามารถยับยั้งการเกิดปมของพืชตระกูลถั่ว และทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงมีน้อยลง (Gibson and Harper, 1985) จากรายงานของ Thies และคณะ (1991) พบว่าเมื่อดินมีปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากกระบวนการ mineralization ในช่วงตั้งแต่ 0.008- 0.044 mg N/g ต่อสัปดาห์ การตอบสนองของพืชตระกูลถั่วต่อการคลุกเชื้อลดลง ในกรณีของถั่ว *Phaseolus vulgaris* จะไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อไรโซเบียม เมื่อดินมีปริมาณ N จากกระบวนการ mineralization สูงถึง 0.025 mg N/g/week

<u>ฟอสฟอรัส</u>

ฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อพืชตระกูลถั่วและเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว แต่เชื่อว่ามีอิทธิพลต่อถั่วมากกว่า เพราะถั่วต้องการ P ในปริมาณที่มากกว่า การขาด P ทำให้การตรึง N ลดลง เพราะจำกัดการเจริญเติบโตของพืชตระกูลถั่ว การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัส จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจึงทำให้มีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Anon, 1993) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การเกิดปม และประสิทธิภาพของปมลดลง (deMooy *et al.*, 1973 อ้างโดย Edwards, 1977) ทั้งนี้เป็นเพราะฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของสารที่จำเป็นสำหรับระบบถ่ายทอดอิเล็กตรอนไปยังไนโตรเจนแกส เช่น NADPH glucose – 6 – phosphate และ glucose – 6 – phosphate dehydrogenase เป็นต้น นอกจากนี้แหล่งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการตรึงไนโตรเจน เช่น ATP ก็เป็นสารที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ (สมศักดิ์, 2528)

<u>โปแตสเซียม (K)</u>

โปแตสเซียมมีอิทธิพลโดยทางอ้อมต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจน โดยที่โปแตสเซียมเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญของไรโซเบียมของพืชตระกูลถั่ว คือ โปแตสเซียมทำให้พืชตระกูลถั่วมีการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์แข็งแรง ซึ่งจะส่งผลทำให้มีการตรึงไนโตรเจนเพิ่มขึ้นด้วย (สมศักดิ์, 2525) และยังมีรายงานว่าการเกิดปมของต้นถั่วจะตอบสนองต่อการใส่โปแตสเซียม (Tewari, 1965 ; deMooy and Pesek, 1966. อ้างโดย Edwards, 1977)

แมกนีเซียม (Mg) และแคลเซียม (Ca)

แมกนีเซียม มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรียปมรากถั่วที่เป็นอิสระในดิน (Norris, 1959 อ้างโดย Edwards, 1977) นอกจากนี้แล้วแมกนีเซียมยังเป็นธาตุที่กระตุ้นให้มีปฏิกิริยาการให้พลังงานโดย ATP แก่กระบวนการตรึงไนโตรเจน (สมศักดิ์, 2525)

แคลเซียมเป็นธาตุที่มีส่วนช่วยในการควบคุมระดับ pH ของดินให้เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียปมรากถั่วที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินต้องการแคลเซียมสำหรับการเจริญเติบโต ในปริมาณมาก (McCalla, 1973 ; Norris, 1959 อ้างโดย O'Hara *et al.*, 1988) และแคลเซียมยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วย นอกจากนี้ยังมีผลต่อกระบวนการเข้าสู่รากของแบคทีเรียปมรากถั่ว (root infection) และการเกิดปม (Loneragan and Dowling, 1958 ; Lowther and Loneragan, 1968 อ้างโดย Edwards, 1977) เพราะแคลเซียมมีส่วนเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการสลายตัวของเพคติน (pectin) โดยเอนไซม์ pectinase กิจกรรมของเอ็นไซม์ pectinase จะลดลงถ้ามี pH ต่ำ และมีแคลเซียมน้อย ซึ่งกระทบกระเทือนการเข้าสู่รากของแบคทีเรียปมรากถั่ว (สมศักดิ์, 2525) นอกจากนี้การขาดแคลเซียมทำให้การตรึงไนโตรเจนลดลงด้วย (Bleving *et al.*, 1977 อ้างโดย O'Hara *et al.*, 1988)

เหล็ก (Fe)

เหล็กมีความสำคัญมากสำหรับการตรึงไนโตรเจนโดยแบคทีเรียปมรากถั่วและพืชตระกูลถั่ว ทั้งนี้นอกจากเหล็กจะเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรจีเนส โดยรวมอยู่ในทั้ง 2 ส่วนของเอนไซม์ที่เรียกว่า AZOFERMO (Mo – Fe protein) และ AZOFER (Fe – protein) (O'Hara *et al.*, 1988 ; สมศักดิ์, 2528) แล้วเหล็กยังเป็นธาตุที่ทำหน้าที่แทน แมกนีเซียมในการกระตุ้นหรือทำให้ปฏิกิริยาในการให้พลังงานของ ATP สมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนี้แล้ว เหล็กยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ leghaemoglobin ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อการตรึงไนโตรเจนในปมรากถั่วอีกด้วย (สมศักดิ์, 2525)

นอกจากเหล็กจะมีผลต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนแล้ว O'Hara *et al.*, (1988) ยังรายงานว่าหากปริมาณเหล็กที่มากเกินไป จะจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียปมรากถั่ว (*Bradyrhizobium sp.*) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยที่ในเหล็กปริมาณ 1.0 M จะเริ่มจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียปมรากถั่ว

แมงกานีส (Mn)

ในดินที่เป็นกรดอาจมีความเป็นพิษของแมงกานีส ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโต การเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว มีรายงานว่า Rhizobium meliloti จะมีความสามารถในการทนต่อความเป็นพิษของแมงกานีส (Wilson and Reisenaver, 1920 ; Holding and lowe, 1971 อ้างโดย Edwards, 1977) ในขณะที่ *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* มีความสามารถในการทนแมงกานีสได้น้อย และการเติมปูนลงไปในดินที่มีปริมาณแมงกานีสสูงช่วยให้มีการเกิดปมและปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในถั่ว (*Phaseolus vulgaris*) มากขึ้น (Dobereiner, 1966 อ้างโดย Edwards, 1977)

ทองแดง (Cu)

มีรายงานว่าการขาดทองแดงจะทำให้การเกิดปม และการตรึงไนโตรเจนของ Subterranean clover ลดลง (Snowball *et al.*, 1980 อ้างโดย O'Hara *et al.*, 1988 ; Greenwood and Hallsworth, 1960 อ้างโดย Edwards, 1977) นอกจากนี้แล้วการเพิ่มปริมาณทองแดง ทำให้การสะสมไนโตรเจน และการเกิดปมของถั่วเหลืองเพิ่มมากขึ้น โดยที่การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักปม (relative increase) จะมากกว่าน้ำหนักพืช แสดงว่าทองแดงมีความจำเป็นต่อการเกิดปมมากกว่าการเจริญเติบโตของพืช (Hallsworth *et al.*, 1964 อ้างโดย Edwards, 1977)

โบรอน (B)

O'Hara *et al.*,(1988) รายงานว่า การขาดโบรอนมีผลกระทบต่อการเจริญของเนื้อเยื่อ (meristem) ดังนั้นจึงมีผลต่อการเกิดปม และการสร้างปมด้วย การขาดโบรอนมีผลต่อพืชตระกูลถั่วบางชนิด (grain legumes) ในเขตร้อนโดยโบรอนมีความสำคัญต่อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน และกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Rerkasem *et al.*, 1987) แต่อย่างไรก็ตาม Edwards (1977) รายงานว่าโบรอนมีความสำคัญต่อกระบวนการตรึงไนโตรเจนมากกว่าการเจริญเติบโตของพืช

นอกจากธาตุที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีธาตุอื่นที่มีผลต่อการตรึงไนโตรเจน เช่น กำมะถัน (sulfur) เนื่องจาก Mo – Fe protein และ Fe - protein ที่เป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการตรึงไนโตรเจน มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมาก ดังนั้น การสังเคราะห์โปรตีนชนิดนี้จะต้องการกำมะถัน นอกจากกำมะถันแล้ว โมลิบดีนัม (Mo) ยังมีความจำเป็นโดยเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Mo – Fe protein หรือ AZOFERMO) และยังมีโคบอลท์ (Co) ซึ่งเป็นองค์ประกอบวิตามิน B_{12} ซึ่งเชื่อกันว่า วิตามิน B_{12} มีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ leghaemoglobin (สมศักดิ์, 2525) โดยมีรายงานว่าถั่วเหลืองจะมีการตรึงไนโตรเจนลดลงถ้ามีการขาดกำมะถัน (Wooding *et al.*, 1970 อ้างโดย Edwards, 1977) และโมลิบดีนัม (Hamdi, 1982)

ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยด้านปริมาณของธาตุอาหารที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการใช้แบคทีเรียปมรากถั่วแล้วยังมีปัจจัยอีกหลายอย่าง ที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการคลุกเชื้อไรโซเบียมเช่นเดียวกัน เช่น

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) จะมีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียปมรากถั่วที่ใช้ชีวิตอยู่อย่างอิสระในดินและการตรึงไนโตรเจน โดยการตรึงไนโตรเจนจะเกิดขึ้นดีในช่วง pH ระหว่าง 5 – 8 นอกจากนี้ pH ยังเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่นที่มีผลต่อแบคทีเรียปมรากถั่ว โดยทำให้ธาตุอาหารบางชนิดเป็นประโยชน์หรือเป็นพิษเพิ่มขึ้นอีกด้วย เช่น ในสภาวะที่ดินเป็นกรดอาจทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และแมงกานีสได้ เป็นต้น (สมศักดิ์, 2525 ; Wheal and Alexander, 1986)

<u>อุณหภูมิ</u>

อุณหภูมิมีผลต่อการเข้าสู่ราก การสร้างและพัฒนาปม ตลอดจนผลต่อการตรึงไนโตรเจน (Gibson, 1977) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 20-30°C โดยเฉพาะถั่ว lecerne, red clover, peas และถั่วเหลือง การเข้าสู่รากและการทำให้รากเกิดปมจะดีที่สุดในช่วงนี้ (สมศักดิ์, 2525) และที่อุณหภูมิมากกว่า 30°C จะทำให้ถั่ว (bean) มีการเกิดปมลดลงมาก (Barriose *et al.*, 1963 อ้างโดย Lie, 1974) โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิดินจะมีผลต่อความอยู่รอดของแบคทีเรียปมรากถั่วเป็นอย่างมาก Salem and Szegi (1971) อ้างโดย Hamdi, (1982) รายงานว่า การเจริญของ *Rhizobium leguminosarum bv. phaseoli* จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30°C และจะถูกจำกัดที่อุณหภูมิ 40°C

<u>ความชื้นในดิน</u>

ความชื้นในดินมีผลกระทบกับความอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในดิน และการเจริญเติบโตของต้นถั่ว และปริมาณน้ำที่มากหรือน้อยเกินไป ยังมีผลต่อการตรึงไนโตรเจน การขาดน้ำใน *Trifolium lelpens, Glycine max, Vicia faba* และ *Lipinus arbreus* มีผลต่อการเข้าราก และเกิดปม ดังนั้นจำนวนปมจึงลดลง (Sprint, 1976 อ้างโดย Hamdi, 1982) ในสภาพน้ำขัง ในแปลงถั่วเหลืองมีผลยับยั้งการตรึงไนโตรเจนโดยทำให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างดินกับปมน้อยลงซึ่งจะทำให้ขาดออกซิเจน และในระหว่างนั้นจะทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนสลดลง (Huang *et al.*, 1975 อ้างโดย Bergersen, 1977) เหตุที่ปริมาณน้ำในดินมากหรือน้อยเกินไปมีอิทธิพลต่อการตรึงไนโตรเจนของปมนั้น โดยทั่วไปเชื่อกันว่าเกิดจากการรับออกซิเจนหรือการหายใจของแบคทีเรียในปมรากไม่สะดวก ไม่เพียงพอแก่ความต้องการ โดยที่เมื่อขากน้ำนั้น น้ำในปมถั่วก็จะลดลงทำให้ออกซิเจนลดลงด้วย เนื่องจากช่องว่างระหว่างเซลล์ได้หายไป ทำให้แบคทีเรียขาดออกซิเจน ส่วนในกรณีน้ำมากนั้น ทำให้การแพร่กระจายของออกซิเจนในน้ำเป็นไปในอัตราต่ำมาก เป็นผลให้ปมและแบคทีเรียได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอ จึงทำให้อัตราการตรึงไนโตรเจนลดลง (สมศักดิ์, 2525)

สภาพ pH ของดินบนพื้นที่สูง

จากรายงานเกี่ยวกับคุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกกาแฟบนที่สูงในจังหวัดเชียงใหม่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 600-2600 เมตร และมีความลาดชันโดยเฉลี่ยเกินกว่า 30% พบว่า ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในระดับต่ำ บางแห่งมีธาตุ Ca, Mg และ Zn อยู่ในระดับต่ำด้วย (ดุสิต และคณะ, 2528) สำหรับพื้นที่ซึ่งใช้ปลูกพืชเพียงชนิดเดียวโดยปราศจากวิธีการอนุรักษ์ดิน ภายใต้โครงการเกษตรบนพื้นที่สูงของไทย-ออสเตรเลีย และกรมประชาสงเคราะห์ ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน ซึ่งมีความสูงในช่วงตั้งแต่ 480 – 1,100 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล และมีความลาดชันในช่วงตั้งแต่ 18-55% Ongprasert and Turkelbloom (1995) รายงานว่าในจำนวนพื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ศึกษา 8 พื้นที่ เป็นพื้นที่ซึ่งมี pH ต่ำกว่า 5.5 ถึง 7 พื้นที่ และส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งมีความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำเช่นกัน ในกรณีของพื้นที่ของศูนย์ต่างๆของ

มูลนิธิโครงการหลวง ที่พบว่ามีสภาพดินเป็นกรดจัด (pH ต่ำกว่า 5.5) ได้แก่ ศูนย์ฯโครงการหลวงแกน้อย (จีราภรณ์, 2540) ห้วยโป่ง (รจเร, 2546) อ่างขาง, แม่สะป๊อก, ขุมแปะ และหมอกจ๋าม (อำพรรณ, ข้อมูลที่ไม่ได้ตีพิมพ์) ผลของความเป็นกรดของดินต่อความสัมพันธ์ระหว่างพืชตระกูลถั่วกับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว

จากรายงานของ Bryan (1923 a,b) ซึ่งอ้างโดย Foy (1984) เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว alfalfa จะตายเมื่อดินมี pH 5.0 ส่วนเชื้อสำหรับถั่ว red clover ตายเมื่อดินมี pH 4.5-4.7 สำหรับเชื้อสำหรับถั่วเหลืองจะตายเมื่อดินมี pH 3.5-3.9 pH ที่ถั่วเกิดปมได้ดีอยู่ในระดับเดียวกับ pH ที่ถั่วสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ปริมาณปมจะมีมากที่สุดในดินที่มี pH 7.0 สำหรับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วเหลืองมีชีวิตรอดอยู่ได้ในช่วง pH ตั้งแต่ 4.8-8.3 แต่การเกิดปมจะลดลงในช่วง pH 3.8-4.6 ในระดับ pH 5.6 ปมจะทำงานได้ดี ระดับ pH ของดินที่เหมาะสำหรับทั่วชนิดต่างๆมีดังนี้ 6.2 สำหรับถั่ว alfalfa 6.5 สำหรับ red clover และ sweet clover และ 6.0 สำหรับ lepedeuza (Doolar 1930 อ้างโดย Foy, 1984)

กระบวนการเข้ารากของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วอ่อนไหวต่อความเป็นกรดของดินมาก ระดับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการเข้ารากจะสูงกว่า pH ที่จำเป็นสำหรับการมีชีวิตรอดของเชื้อ อิทธิพลของ pH ต่อการทำงานของปมผันแปรตามชนิดของถั่วที่เป็นพืชอาศัย ต้นถั่วที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนจะทนต่อ pH ต่ำได้ดีกว่าถั่วที่พึ่งพาอาศัยไนโตรเจนจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน จากรายงานของ France และ Munns (1982) ซึ่งอ้างโดย Foy (1984) พบว่าการที่ pH ของ soil solution ลดลงจาก pH 5.5 เป็น 5.0 ทำให้ bean มีปมน้อยลง แต่ในช่วง pH 4.5-5.5 ไม่มีผลต่อการเจริญของปมและการตรึงไนโตนเจนของปม เชื้อแต่ละสายพันธุ์ทนต่อระดับ pH ของดินได้แตกต่างกัน และยังมีความแตกต่างกันในด้านความสามารถในการเกิดปมรากกับพืชอาศัยแต่ละชนิดที่ปลูกในดินต่ำอีกด้วย (Keyser และ Munns, 1979) ในการเกิดปมสำหรับถั่ว cowpea และถั่วเหลือง pH ต่ำและความเข้มข้นของ Al มีความสำคัญมากกว่าความเป็นพิษของ Mn และ การขาดCa (Keyser และ Munns, 1979)

การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว

ในการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่ทนกรด โดยทั่วไปจะใช้วิธีการเพาะเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วในอาหารเหลวและปรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เป็นกรดด้วย HCl หรือ H_2SO_4 หรือ citric acid แหล่งคาร์บอนที่ใช้ในการเตรียมอาหารโดยทั่วไปใช้ Mannitol แต่ก็อาจใช้ arabinose หรือ galactose แทนได้ (Date และ Halliday ,1979) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าสามารถใช้ peptone yeast,(PY) medium (Abe และคณะ, 1999) หรือ yeast mannitol ได้เช่นกัน ความเข้มข้นของเซลล์ที่ใช้ในระยะเริ่มต้นคือ 10^4 cell/ml และวัดการเจริญของเชื้อในอาหารเหลวจากค่าความขุ่นของเซลล์ในอาหารที่ความยาวคลื่น 600 nm (Abe และคณะ 1999) แต่ก็อาจใช้วิธีการสังเกตการเจริญของเชื้อที่ streak บนอาหารแข็งได้เช่นกัน

การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพดี

ในการคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพดี สามารถใช้วิธีการคัดเลือกเบื้องต้น โดยการปลูกถั่วที่เป็นพืชอาศัยของเชื้อแบคทีเรียในปมรากถั่วแต่ละชนิด ในห้องทดลอง ในการปลูก อาจใช้วิธีการปลูกถั่วโดยใช้ ทราย หรือ vermiculite เป็นวัสดุปลูก และให้ธาตุอาหารแก่ต้นพืชในรูปของสารละลาย ที่ปราศจากไนโตรเจน หลังจากปลูกเชื้อแต่ละ isolate ลงในต้นพืชแล้วประมาณ 1 เดือน หรือมากกว่า ประเมินประสิทธิภาพของเชื้อจากน้ำหนักแห้งและไนโตรเจนที่สะสมในต้นพืชที่ได้รับการใส่เชื้อ เปรียบเทียบกับต้นพืชที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ และที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (Bhromsiri และคณะ, 1995) ในการประเมินประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว Ferreira และ Marques (1992) ได้คำนวณดัชนีประสิทธิภาพ (Effectiveness index, E) จากสูตรดังนี้

$$E = \frac{(X_I - X_u)}{(X_N - X_u)} \times 100$$

เมื่อ X คือ น้ำหนักแห้งหรือการสะสมไนโตรเจนในต้นถั่ว

I คือ ถั่วที่ได้รับการคลุกเชื้อ

U คือ ถั่วที่ไม่ได้รับการคลุกเชื้อ

และ N คือ ถั่วที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

การใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อการบำรุงดินมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาถึงกระบวนการเปลี่ยนรูปของสารประกอบไนโตรเจนในดินในรูปของสารประกอบอินทรีย์ไปเป็นไนโตรเจนในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ หรือกระบวนการ Nitrogen mineralization

สำหรับไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ (Available N) คือ ไนโตรเจนในดินบริเวณรากที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ ซึ่งไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรต

โดยทั่วไปดินชั้นบนจะมีไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 0.08-0.4 % และอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ (Bremner, 1965 a อ้างโดย Keeney,1982) ซึ่งเมื่อไนโตรเจนในรูปสารประกอบอินทรีย์เกิดการแปรสภาพโดยกระบวนการ mineralization 1-3 % ในช่วงที่มีการเพาะปลูก (Bremner, 1965 b อ้างโดย Keeney,1982) ไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 8-120 Kg $N.ha^{-1}$ ต่อหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูก ซึ่งปริมาณไนโตรเจนดังกล่าวนี้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช และยังปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ช้า ซึ่งพืชส่วนใหญ่ต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูงในต้นฤดูกาลเพาะปลูก (Viets, 1965 อ้างโดย Keeney, 1982)

ในการให้คำแนะนำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ควรคำนึงถึงปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ซึ่งมีอยู่เดิม ซึ่งดัชนีชี้วัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนมีหลายอย่าง เช่น ปริมาณไนเตรตในโปรไฟล์ดิน ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาจากดิน เมื่อบ่มที่ช่วงเวลาต่างๆตลอดจนการประเมินไนโตรเจนดังกล่าวโดยวิธีการทางเคมีซึ่งสกัดดินโดยใช้สารละลายบางชนิด เช่น ใช้ความร้อนในการสกัดดินด้วยน้ำ, 1 N NaOH, Solid $Ca(OH)_2$, 0.01 M $CaCl_2$, alkaline $KMnO_4$, $Na_2Cr_2O_7$ ร่วมกับ H_3PO_4 หรือใช้สารละลาย 1N H_2SO_4, 6N H_2SO_4, 0.5N Na_2CO_3, 0.1N $Ba(OH)_2$, 0.1M $NaHCO_3$ ในการสกัดที่อุณหภูมิห้องซึ่งพบว่า การประเมินปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ทางเคมีบางวิธีมีความสัมพันธ์กับวิธีการหาไนโตรเจนโดยวิธีการบ่มดิน (Keeney, 1982)

การสลายตัวของปุ๋ยพืชสดในดิน

การปลูกปุ๋ยพืชสดเพื่อการบำรุงดินมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้ดินร่วนซุย สะดวกในการเตรียมดินและไถพรวน รักษาความชื้นในดิน และทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น กรดซึ่งได้จากการย่อยสลายปุ๋ยพืชสดโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ช่วยละลายธาตุอาหารในดินให้แก่พืชได้มากขึ้น (http://oss.ricr.)

หลังจากที่มีการใส่ปุ๋ยพืชสดลงไปในดินจะเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยพืชสดโดยการไถกลบมักเกิดการย่อยสลายได้เร็วกว่าแบบคลุมดิน (Thonnissen และคณะ, 2000) สำหรับการย่อยสลายปุ๋ยพืชสดเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่ม heterotroph ซึ่งต้องการคาร์บอนและพลังงานจากสารอินทรีย์ในการสร้างเซลล์ (Alexander, 1967) สำหรับการสลายตัวของสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ดิน เรียกว่า กระบวนการ mineralization ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนเป็น NH_4^+-N, NO_2^--N และ NO_3^--N

การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+-N มีสองขั้นตอน

ขั้นตอนแรกเรียกว่า aminization ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังนี้

$$\text{Proteins} \longrightarrow \text{R-NH}_2 + CO_2 + \text{Energy} + \text{other products}$$

ขั้นที่ 2 เรียกว่า ammonification ซึ่งได้ NH_3 เป็นผลผลิตของปฏิกิริยา ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{R-NH}_2 \longrightarrow \text{R-OH} + NH_3 + \text{energy}$$

สำหรับ NH_3 ที่เกิดขึ้นสามารถแปรสภาพต่อไปเป็น NO_2^--N และ NO_3^--N โดยกระบวนการ nitrification ของแบคทีเรียกลุ่ม autotroph ซึ่งต้องการพลังงานจากปฏิกิริยา oxidation และ NH_4^+-N และ NO_2^--N ดังต่อไปนี้

$$2NH_4^+ + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+$$

$$2NO_2^- + O_2 \longrightarrow 2NO_3^-$$

สำหรับจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิด ammonification มีทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีท

จุลินทรีย์ที่มี species แตกต่างกันในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งชนิดและอัตราการย่อยสลาย

ดังนั้น ปริมาณของ NH_3 ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้จึงขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ปริมาณ NH_3 ที่เกิดขึ้น จากกระบวนการ ammonification ขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ดิน เนื่องจากจุลินทรีย์ดิน ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีท แต่ละสายพันธุ์ มีความสามารถในการนำชนิดของสารอินทรีย์ไนโตรเจนไปใช้ได้แตกต่างกัน ดังนั้น จึงทำให้อัตราการย่อยสลายแตกต่างกันไปด้วย นอกจากนี้ยังผันแปรไปตามชนิดของดิน และสภาพแวดล้อม (Alexander, 1967)

สำหรับ NH_3 ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ ammonification นอกจากจะเกิดปฏิกิริยา oxidation และเปลี่ยนเป็นรูป NO_2^--N และ NO_3^--N แล้วบางส่วนสามารถรับ proton จากน้ำที่เกาะยึดกับผิว clay และเกิดเป็นNH_4^+ ion (Mortland และ Wolcote, 1965) สะสมอยู่ในดินหรือถูกดูดใช้ในต้นพืช บางส่วนอาจถูกจุลินทรีย์พวก heterotroph นำไปใช้ในการสร้างเซลล์และอาจถูกตรึงไว้ในหลืบ (lattice) ของแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 (Tisdale และ Nelson, 1975) เช่น เวอร์มิคูไลต์ (Vermiculite), อิลไลต์ (illite), มอนท์โมริโลไนต์ (montmorillonite) ซึ่ง NH_4^+-Nดังกล่าวไม่สามารถเป็นประโยชน์ได้ รวมถึงไม่สามารถออกมาโดยการใช้น้ำยาสกัดดิน (Nommik, 1965) นอกจากนี้ ยังพบอีกว่า จุลินทรีย์พวก heterotroph มีความสามารถแก่งแย่งเอา NH_4^+-N ไปใช้ในการสร้างเซลล์ได้ดีกว่าแบคทีเรียกลุ่ม nitrifier ในกรณีที่ยังมีสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนในดินในปริมาณที่มากพอ อาจกล่าวได้ว่า กระบวนการ NH_4^+-N immobilization เกิดโดยจุลินทรีย์กลุ่ม heterotroph ได้มากกว่า จุลินทรีย์สกุล Nitrifier

อัตราการย่อยสลายซากพืชจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับคุณภาพของซากพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมในดิน (Syers และ Craswell, 1995) สำหรับคุณภาพของซากพืชใช้เกณฑ์ในการชี้วัด 3 ประการด้วยกัน คือ ประการที่ 1 จำนวนเยื่อใยหรือเนื้อไม้ ประการที่ 2 ได้แก่ ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน (Rose, 1989 อ้างโดย Blair และคณะ 1995) โดยซากพืชมีส่วนประกอบดังนี้ cellulose, hemicellulose, lignin, protein, wax, polyphenols,น้ำตาลแป้ง และไขมัน (Brady และ Well, 2002) โดยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนจะถูกย่อยสลายก่อน ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในใบหรือยอดอ่อน ตามด้วยส่วนที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนน้อย สำหรับอินทรีย์สารซึ่งมีโครงสร้างซับซ้อนมากเช่น ลิกนิน และแทนนิน จะทนต่อการย่อยสลายมาก โดยลิกนินจะพบในส่วนของเนื้อไม้และมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอายุพืช polyphenols เช่นแทนนินจะพบในส่วนประกอบของใบและเปลือกของต้นพืช และประการสุดท้ายคือ สัดส่วนของ C/N ratio ก็มีผลต่อการย่อยสลายของซากพืชคือ ซากพืชที่มี C/N ratio กว้างก็จะย่อยสลายได้ช้า และจากการย่อยซากพืชที่มี C/N ratio กว้างจะทำให้ดินขาดไนโตรเจนในระยะเวลาหนึ่ง โดยกระบวนการ N immobilization

การเกิดกระบวนการ Mineralization และ immobilization เป็นกระบวนการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนโดยกระบวนการ mineralization ทำให้อินทรียวัตถุสลายตัว ในขณะที่กระบวนการ

immobilization สร้างอินทรียวัตถุ ดังนั้นทั้งสองกระบวนการแม้ว่าจะเกิดขึ้นไปด้วยกันแต่ก็มีผลในทิศทางตรงกันข้ามกัน ดังนั้นเมื่อนำปริมาณผลผลิตจากกระบวนการทั้งสองมาหักลบกันจะได้เป็นผลสุทธิ ซึ่งอาจเป็นผลสุทธิของ mineralization หรือผลสุทธิของ immobilization (ปัทมา, 2547)

สำหรับปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในดินนั้นจะเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ดิน โดยมีผลส่งเสริมหรือยับยั้งการย่อยสลาย โดยทั่วไปแล้วจุลินทรีย์ดินจะทำงานได้ดีเมื่อ pH ดินค่อนข้างเป็นกลาง ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการ mineralization ได้มากกว่าดินที่เป็นกรด นอกจากนี้ดินที่เป็นกลางมีปริมาณแบคทีเรียที่ทำให้เกิด nitrification มีมากที่สุด อย่างไรก็ตาม pH ที่เหมาะสม สำหรับแบคทีเรียขึ้นกับแหล่งกำเนิดของจุลินทรีย์ สายพันธุ์ที่มาจากดินที่เป็นกรดจะทนต่อ pH ต่ำได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่มาจากดินที่เป็นกลางหรือดินที่เป็นด่างมี pH ที่เหมาะสม สำหรับการเกิดกิจกรรมประมาณ 6.5 ในขณะที่สายพันธุ์ที่มาจากดินที่เป็นกลางหรือเป็นด่างมี pH ที่เหมาะสมสำหรับการเกิดกิจกรรมประมาณ 7.8 (Alexander, 1967) สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 25-35 ^{0}C

การปลดปล่อยไนโตรเจน

การปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยพืชสดมีความแตกต่างจากปุ๋ยเคมี คือ ปุ๋ยพืชสดจะต้องถูกย่อยสลายหรือเกิดกระบวนการ Mineralization ก่อนจึงจะเกิดไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้ปุ๋ยพืชสดยังมีผลต่ออินทรียวัตถุของดิน 2 ประการคือ เป็นแหล่งไนโตรเจนได้อย่างรวดเร็วและเป็นประโยชน์มากต่อพืช เมื่อปลูกตามในระยะเวลาสั้นๆ หลังการไถกลบ ถ้าเป็นปุ๋ยพืชสดที่ย่อยสลายช้าก็จะมีผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนในปริมาณน้อยต่อพืชแรกที่ปลูก แต่ในระยะเวลายาวจะมีผลต่อการสะสมปริมาณอินทรีย์วัตถุ

การวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียม และไนเตรตในวิธีการสกัดดินด้วย Colorimetric

การหาปริมาณ NH_4^+-N ด้วยวิธี indophenol blue หรือ ปฏิกิริยา Berthelot

หลักการ : ภายใต้สภาวะที่ pH สูง และมี oxidizing agent เช่น hypochlorite NH_4^+-N จะเกิดปฏิกิริยากับ phenol และเกิดสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีสีน้ำเงิน ปฏิกิริยาดังกล่าวเสถียรกว่าปฏิกิริยา indophenol blue การใช้ Sodium nitropruesside เป็น catalyze ปฏิกิริยานี้มีผลทำให้ความ sensitive ของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น 10 เท่า การมี cation ที่มีประจุ +2 และ +3 อยู่ในน้ำยาสกัดดินมีผลรบกวน (interfere) ปกิกิริยา indophenol blue โดย cation ดังกล่าวเกิดการตกตะกอน และเกิดสารละลายมีฤทธิ์ด่างซึ่งทำให้สารละลายขุ่น แต่สามารถป้องกันการรบกวนของ cation เหล่านี้ โดยการเติม EDTA ลงในระบบก่อนการปรับ pH ของสารละลายซึ่ง cation เหล่านี้จะเกิดปฏิกิริยา และคงที่เป็นเวลาอย่างน้อย 10 ชั่วโมง (Keeney และ Nelson, 1982 ; Houba และคณะ 1988)

การหาปริมาณ NO_3^--N ด้วยวิธี salicylate method

หลักการ : salicylate ion สามารถเกิดปฏิกิริยากับ nitronium ion (NO_2^+) และเกิดสารประกอบพวก quinoid ซึ่งภายใต้สภาวะที่สารละลายมีฤทธิ์เป็นด่างจะมีสีเหลือง ความเข้มของสีเหลืองที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของ NO_3^--N ในตัวอย่าง (Vollhant, 1987., Olah และคณะ 1989 อ้างโดย Yang, และคณะ 1998)

การใช้ KCl 2 M เป็นน้ำยาสกัดดิน ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับการวิเคราะห์ NO_3^--N ด้วยวิธีนี้ เพราะ Chloride ที่มีความเข้มข้นสูงสามารถเปลี่ยนรูปเป็น nitrosylchloride ซึ่งรบกวนปฏิกิริยาการเกิดสีของ NO_3^--N (Sidowski, 1969 อ้างโดย Yang และคณะ 1998) แต่ถ้าใช้ KCl 1 M หรือ 0.2 % $Ca(OH)_2$ เป็นน้ำยาสกัดดินพบว่าการเกิดสีของ NO_3^--N เกิดได้เป็นปกติ

วิธีการวิเคราะห์ NO_3^--N วิธีนี้มีความสัมพันธ์ (correlate) กับการวิเคราะห์ NO_3^--N ด้วยวิธี automated Cd reduction method และใช้ปริมาณตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของ NO_3^--N ตั้งแต่ 0-4 $mg.L^{-1}$ เพียง 1 ml ในการวิเคราะห์ NO_3^--N ซึ่งปริมาณของสารละลายทั้งหมดที่ทำให้เกิดสี 11 ml ปริมาณต่ำสุดของ NO_3^--N ที่วัดได้คือ 0.1 μg ความเข้มข้นที่วัดได้มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายแบบเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 0-4 μg (Yang, และคณะ 1998)

4. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

4.1. การศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วสำหรับพืชตระกูลถั่วที่จะปลูกเป็นพืชบำรุงดินบนที่สูง ที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ซึ่งจะใช้ในการผลิตผักอินทรีย์ภายใต้ความรับผิดชอบของมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งได้แก่ โครงการหลวงหนองหอย อ่างขาง ปางดะ และแม่แฮ รวมทั้งหมด 36 ตัวอย่าง เพื่อใช้ศึกษาปริมาณแบคทีเรียปมรากถั่ว และสำหรับถั่วที่ใช้เป็นพืชบำรุงดินซึ่งใช้ในการทดลองได้แก่ ถั่วพุ่ม และปอเทือง ซึ่งเป็นพืชที่กรมพัฒนาที่ดินส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นพืชคลุมดิน

ในการหาปริมาณแบคทีเรียปมรากถั่วสำหรับถั่วแต่ละชนิด ใช้วิธีการหาแบบ most propable number (Weaver และ Graham, 1994) โดยปลูกถั่วแต่ละชนิดในถุงพลาสติกซึ่งบรรจุสารละลายที่ปราศจากไนโตรเจน ภายใต้ห้องทดลอง ที่สามารถควบคุมแสงและอุณหภูมิ ใส่ตัวอย่างดินที่เก็บมาจากพื้นที่ ซึ่งเจือจางด้วยน้ำ จนมีความเข้มข้น 10^{-1}-10^{-6} เท่า ลงไปที่รากถั่วโดยใช้ dilution ละ 4 ต้น ประเมินปริมาณเชื้อในดินจากจำนวนต้นถั่วที่ได้รับการใส่ soil suspension แต่ละ dilution ที่มีการเกิดปม ภายหลังการใส่ soil suspension เป็นเวลา 1 เดือน ประเมินระดับเชื้อในดินตามหลักเกณฑ์ของ Vincent (1970)

4.2. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดที่จะใช้ปลูกเป็นพืชบำรุงดินและปลูกเป็นพืชรายได้บนที่สูง

ในการดำเนินงานมีสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการรวบรวมเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วชนิดต่างๆ สำหรับต้นถั่วแต่ละชนิดที่จะใช้ปลูกเป็นพืชบำรุงดินหรือเป็นพืชรายได้บนที่สูง ในการรวบรวมใช้วิธีการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วจากปมที่รากของพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดที่จะใช้ปลูกบนที่สูง หลังจากได้เชื้อแล้วจึงทำเชื้อให้บริสุทธิ์เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วแต่ละชนิดที่รวบรวม ตามแผนงานที่กำหนดไว้ จะศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วกับปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วมะแฮะ ถั่วปากอ้า และถั่วลันเตา แต่เนื่องจากระยะเวลาในการดำเนินการไม่เพียงพอที่จะทดสอบถั่วได้ครบทุกชนิด เพราะห้องปฏิบัติการที่สามารถควบคุมแสงและอุณหภูมิได้มีขนาดเล็ก ใช้ทดสอบถั่วได้เพียงชนิดเดียวกันต่อการทดสอบ 1 ครั้ง ดังนั้นจึงใช้เฉพาะถั่วพุ่มและปอเทืองในการดำเนินการ เพราะพืชตระกูลถั่วทั้งสองเป็นพืชตระกูลถั่วที่กรมพัฒนาที่ดินใช้ในการปลูกเพื่อการบำรุงดิน และถั่วพุ่มเป็นถั่วที่ใช้ปลูกเป็นพืชบำรุงดินในศูนย์ต่างๆ ของมูลนิธิโครงการหลวงอยู่แล้ว การทดลองในขั้นตอนนี้ แยกออกเป็นสองการทดลองย่อยตามชนิดของของถั่ว แต่ละการทดลองใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ และมีตำรับการทดลองที่ใช้เป็นตำรับควบคุม 2 ตำรับ คือ ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่เชื้อและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Uninoculation ;U) และตำรับควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อแต่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน(+N) ส่วนตำรับที่เหลือเป็นตำรับที่ใส่เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่แยกได้จากขั้นตอนที่ 1 ซึ่งมีจำนวน 83 และ 70 isolate สำหรับถั่วพุ่มและปอเทืองตามลำดับ โดยใช้วิธีการปลูกถั่วที่เป็นพืชอาศัยของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วแต่ละชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม ปอเทือง ถั่วพร้า ถั่วมะแฮะ ถั่วปากอ้า และถั่วลันเตา ในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมแสงและอุณหภูมิ (Bhromsiri และคณะ, 1996) ในการปลูกพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดใช้ถุงพลาสติกบรรจุสารละลายที่ปราศจากไนโตรเจนเป็นภาชนะปลูก และปลูกต้นถั่ว ภายใต้สภาพห้องทดลองที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิได้ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศใส่เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วแต่ละ isolate/สายพันธุ์ ที่รากถั่วโดยใช้สายพันธุ์ละ 4 ต้น ประเมินประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วแต่ละสายพันธุ์/isolate จากน้ำหนักแห้งและการสะสมไนโตรเจนในต้นพืชที่ได้รับการใส่เชื้อ โดยเปรียบเทียบกับต้นถั่วที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อและที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และใช้หลักเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของเชื้อของ Ferreira และ Marques (1992) สำหรับเชื้อที่มีประสิทธิภาพ ควรจะมีความสามารถในการทำให้ต้นถั่วที่ได้รับการใส่เชื้อ มีน้ำหนักแห้งหรือการสะสมไนโตรเจน ประมาณ 75% หรือมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นถั่วที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ในอัตรา 70 ppmNO_3^{-2}-N)

4.3. การศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากพืชตระกูลถั่วที่ถูกไถกลบลงไปในดินจากพื้นที่สูงซึ่งมีคุณสมบัติที่ต่างกัน

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่สูง ซึ่งใช้ในการผลิตผักอินทรีย์ โดยเลือกพื้นที่ซึ่งมีดินซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันในด้านเนื้อดิน pH และหรือวัตถุต้นกำเนิดดิน ซึ่งได้แก่ ดินจากศูนย์วิจัยอินทนนท์ หนองหอย และ ห้วยน้ำริน ในกรณีที่ดินเป็นกรด มี pH ต่ำกว่า 5.6 จะปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6-6.5 ตัวอย่างดินแต่ละประเภททั้งที่ปรับและไม่ปรับ pH จะนำมาใช้ในการศึกษาความสามารถในการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จาก พืชตระกูลถั่วที่ใช้บำรุงดิน 2 ชนิดได้แก่ ถั่วพุ่มและปอเทือง นอกจากดินบนที่สูงแล้ว ยังได้เพิ่มดินจากบ้านปิงน้อย อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ ในการศึกษาอีกด้วย เนื่องจากเป็นดินที่ผู้วิจัยได้เคยใช้ศึกษาวิจัยด้านการผลิตผักปลอดสารพิษมาก่อน

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ทุกการทดลองใช้วิธีการบ่มดินในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง โดยใช้ถุงพลาสติก(Polyethylene) เป็นภาชนะบรรจุดินและใช้การบ่มดินแบบ Aerobic incubation ณ ระดับความชื้นที่ 60% WHC (water holding capacity) และใช้ดิน 10 กรัม/ซ้ำ/ตำรับ

การทดลองที่ 1 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomize design, CRD) มี 6 ตำรับ และ 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองคือดินชนิดต่างๆ รวม 6 ชนิด ได้แก่ ดินอินทนนท์1 ดินอินทนนท์2 ดินหนองหอย1 ดินหนองหอย2 ดินห้วยน้ำริน และดินปิงน้อย ซึ่งมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติต่างๆ ของดินแต่ละชนิด

ชนิดดิน	pH	Available P (ppm)	Extractable K (ppm)	Organic matter (%)	ไนโตรเจนทั้งหมด (%)
ดินอินทนนท์1	5.94	1717	607	5.09	0.0477
ดินอินทนนท์2	5.24	710	344	5.50	0.0181
ดินหนองหอย1	6.38	1660	443	5.91	0.2086
ดินหนองหอย2	5.63	704	358	6.82	0.1610
ดินห้วยน้ำริน	6.25	655	394	5.06	0.1211
ดินปิงน้อย	4.80	305	319	3.81	0.1352

จากตาราง ดินแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไปดังนี้ ดินปิงน้อย มี pH 4.80 ซึ่งอยู่ในช่วงกรดจัดมาก ดินอินทนนท์2 มี pH 5.24 อยู่ในช่วงกรดจัด ดินอินทนนท์1 และดินหนองหอย2 มี pH 5.94 และ5.63 ตามลำดับซึ่งอยู่ในช่วงเป็นกรดปานกลาง ส่วนดินหนองหอย1 และดินห้วยน้ำริน มี pH 6.38 และ6.25 ตามลำดับซึ่งอยู่ในช่วงเป็นกรดเล็กน้อย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินทุกชนิดจัดอยู่ในระดับสูงมาก เช่นเดียวกัน ปริมาณ

อินทรีย์วัตถุในดินปิงน้อยจะพบน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับดินชนิดอื่นที่จัดอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนไนโตรเจนทั้งหมด ในดินหนองหอย1 มีมากที่สุด คือ 0.2086 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ดินหนองหอย2 ประมาณ 0.1610 เปอร์เซ็นต์ ส่วนดินอินทนนท์2 มีอยู่น้อยที่สุดคือ 0.0181 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการวิเคราะห์สมบัติดินมีวิธีการดังนี้

- วัด pH ดิน ใช้อัตราส่วนดิน: น้ำ = 1:1
- Available P วิเคราะห์โดยวิธีการสกัดด้วยน้ำยา Bray II
- Extractable K วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย 0.1 N NH_4OAc, pH 7
- Organic matter โดยวิธี Walkley and Black
- ไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Kjeldahl

โดยในการบ่มดินไม่มีการใช้ปุ๋ยพืชสดใส่ลงไปในดิน

การทดลองที่ 2 และ 3 ใช้แผนการทดลองแบบ CRD มี 6 ตำรับ และ 3 ซ้ำ เช่นกัน แต่มีการใส่ปอเทืองลงไปในดินสำหรับการทดลองที่ 2 และถั่วพุ่มสำหรับการทดลองที่ 3 การใส่ปุ๋ยพืชสดทั้ง 2 ชนิด ใช้ปุ๋ยพืชสดซึ่งเก็บเกี่ยวในระยะออกดอก ผ่านการอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70^{0}C และบดให้ละเอียด การใส่ปุ๋ยพืชสดแต่ละชนิดใช้ในอัตราที่เท่ากันคือ 200 mg N/kg ดิน สำหรับปอเทือง มีไนโตรเจนประมาณ 1.7831 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถั่วพุ่มมี 1.9640 เปอร์เซ็นต์

ตลอดช่วงการบ่มดินเป็นเวลา 8 สัปดาห์ รักษาระดับความชื้นในดินให้คงที่ โดยการชั่งน้ำหนักของตัวอย่างทุกๆ 15 วัน และเติมน้ำลงไปในตัวอย่างที่มีน้ำหนักลดลงให้มีน้ำหนักเท่าเดิม

วิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+-N และ NO_3^--N ในดินทุกการทดลองที่ระยะ 0, 2, 4, 6, และ 8 สัปดาห์ โดยสกัดดินด้วย 1N KCl ใช้ดิน: น้ำยาสกัด ในอัตราส่วน 1:10 เขย่าครึ่งชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 น้ำยาสกัดที่กรองแล้วจะเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ – 5^{0}C ก่อนการวิเคราะห์หา NH_4^+-N และ NO_3^--N ด้วยวิธี Colorimetric ในการหาปริมาณ NH_4^+-N ในน้ำยาสกัดดินใช้วิธีการพัฒนาสีด้วยวิธี Indophenols blue (Keeney *et. al*., 1983) ส่วน NO_3^--N ใช้วิธี Salicylate (Yang *et. al*., 1998)

5. ผลการทดลองและวิจารณ์

5.1. การศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วสำหรับพืชตระกูลถั่วที่จะปลูกเป็นพืชบำรุงดินบนที่สูงที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ

ตารางที่ 3 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับถั่วพุ่มดำในดิน

ลำดับที่	สถานที่	ระดับเชื้อในดิน (เซลล์/ดินแห้ง 1 กรัม)
1	โครงการหลวงแม่แฮแหล่งที่ 1	208.33
2	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 2	12.16
3	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 3	37.58
4	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 4	20.86
5	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 5	3.99
6	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 6	18.42
7	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 7	18.85
8	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 8	3.41
9	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 9	6.80
10	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 10	3.63
11	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 1	7.90
12	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 2	4.34
13	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 3	22.76
14	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 4	7.58
15	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 5	4.14
16	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 6 (แปลง C กะหล่ำดาว + ผักกาดหวาน)	22.11
17	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 7 (แปลง C กะหล่ำปลี)	7.15
18	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 8 (แปลง 2000 พื้นที่ของเกษตรกร)	14.20
19	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 9 (แปลง 2000 พื้นที่ของเกษตรกร)	8.59
20	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 10	0.39
21	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 1	0.33
22	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 2	3.29
23	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 3	1.21
24	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 4	6.61

ตารางที่ 3 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับถั่วพุ่มดำในดิน (ต่อ)

ลำดับที่	สถานที่	ระดับเชื้อในดิน (เซลล์/ดินแห้ง 1 กรัม)
25	โครงการหลวงหนองหอย แปลงถั่วแขก	3.31
26	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 1 (กะหล่ำปลีหัวใจ)	20.17
27	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 2 (คะน้ายอดดอยคำ)	36.73
28	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 3 (กะหล่ำปลีหัวใจ)	12.84
29	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 4 (ถั่วฝักยาว)	71.25
30	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 5 (คะน้ายอดดอยคำ)	22.16
31	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 6 (ถั่วฝักยาว)	73.79
32	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 7 (ถั่วฝักยาว)	19.91
33	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 8 (กะหล่ำดอก)	20.09
34	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 9 (ปวยเล้ง)	22.31
35	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 10 (คะน้ายอดดอยคำ)	12.92
36	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 11 (ถั่วฝักยาว)	38.27

ดินจากศูนย์ฯของโครงการหลวง ซึ่งจะใช้ผลิตผักอินทรีย์จำนวน 4 ศูนย์ ได้แก่ ศูนย์แม่แฮ อ่างขาง ปางดะ และหนองหอย จำนวนทั้งหมด 36 ตัวอย่าง ที่ใช้ศึกษามีเพียง 1 ตัวอย่าง ซึ่งมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่ม ในดินตามธรรมชาติมากกว่า 50 cell/g ได้แก่ ดินจากศูนย์ฯแม่แฮ ตัวอย่างดินที่เหลืออีก 35 ตัวอย่าง มีปริมาณเชื้อดังกล่าวต่ำกว่า 50 cell/g (ตารางที่ 3) จึงถือว่าดินที่ใช้ศึกษามี

ปริมาณแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มในดินตามธรรมชาติน้อยตามเกณฑ์ของ Vincent(1970)สำหรับพื้นที่ซึ่งมีเชื้อในดินน้อยกว่า 50 cell/g จำเป็นจะต้องใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มคลุกเมล็ดก่อนปลูก เพื่อให้ถั่วพุ่มที่จะปลูกในพื้นที่ดังกล่าวมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

สำหรับการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วปอเทือง (ตารางที่ 4) พบว่า ดินที่ใช้ศึกษาส่วนใหญ่มีแบคทีเรียปมรากถั่วปอเทืองในดินตามธรรมชาติ มากกว่า 50 cell/g มีเพียง 7 ตัวอย่างที่ปริมาณเชื้อต่ำกว่า 50 cell/g ได้แก่ ดินบางแปลงจากสถานีอ่างขาง และในพื้นที่ของเกษตรที่อยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของสถานีอ่างขาง ดินบางแปลงจากศูนย์ฯปางดะ และศูนย์ฯหนองหอย สำหรับพื้นที่ซึ่งมีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วต่ำกว่า 50 cell/g จำเป็นต้องใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วปอเทืองในการเพิ่มการเจริญเติบโตของปอเทืองเช่นกัน

ตารางที่ 4 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับปอเทืองในดิน

ลำดับที่	สถานที่	ระดับเชื้อในดิน (เซลล์/ดินแห้ง 1 กรัม)
1	โครงการหลวงแม่แฮแหล่งที่ 1	1225.49
2	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 2	121.65
3	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 3	375.76
4	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 4	711.66
5	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 5	74.74
6	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 6	33.59
7	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 7	188.47
8	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 8	110.01
9	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 9	117.23
10	โครงการหลวงแม่แฮ แหล่งที่ 10	199.06
11	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 1	79.02
12	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 2	238.10
13	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 3	41.50
14	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 4	130.72
15	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 5	413.89
16	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 6 (แปลง C กะหล่ำดาว + ผักกาดหวาน)	40.31

ตารางที่ 4 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับปอเทืองในดิน (ต่อ)

ลำดับที่	สถานที่	ระดับเชื้อในดิน (เซลล์/ดินแห้ง 1 กรัม)
17	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 7 (แปลง C กะหล่ำปลี)	209.62
18	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 8 (แปลง 2000 พื้นที่ของเกษตรกร)	24.15
19	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 9 (แปลง 2000 พื้นที่ของเกษตรกร)	148.15
20	โครงการหลวงอ่างขาง แหล่งที่ 10	21.3
21	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 1	332.98
22	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 2	616.36
23	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 3	20.51
24	โครงการหลวงปางดะ แหล่งที่ 4	193.62
25	โครงการหลวงหนองหอย แปลงถั่วแขก	181.62
26	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 1 (กะหล่ำปลีหัวใจ)	201.66
27	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 2 (คะน้ายอดดอยคำ)	687.20
28	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 3 (กะหล่ำปลีหัวใจ)	218.23
29	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 4 (ถั่วฝักยาว)	7125.31
30	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 5 (คะน้ายอดดอยคำ)	1303.78
31	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 6 (ถั่วฝักยาว)	3944.02
32	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 7 (ถั่วฝักยาว)	1170.96
33	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 8 (กะหล่ำดอก)	200.94

ตารางที่ 4 ผลการประเมินระดับเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับปอเทืองในดิน (ต่อ)

ลำดับที่	สถานที่	ระดับเชื้อในดิน (เซลล์/ดินแห้ง 1 กรัม)
34	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 9 (ปวยเล้ง)	40.68
35	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 10 (คะน้ายอดดอยคำ)	129.20
36	โครงการหลวงหนองหอย แปลงผัก แหล่งที่ 11 (ถั่วฝักยาว)	382.72

5.2. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดที่จะใช้ปลูกเป็นพืชปรับปรุงดินและที่จะปลูกเป็นพืชรายได้

5.2.1 การแยกเชื้อจากปมของพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ

จากการแยกเชื้อจากปมของพืชตระกูลถั่ว 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่มดำ ถั่วพร้า ปอเทือง ถั่วมะแฮะ ถั่วปากอ้า และถั่วลันเตา ซึ่งปลูกบนดินจากพื้นที่สูง จำนวน 146 ตัวอย่าง และดินส่วนใหญ่ที่ใช้ศึกษามี pH ต่ำกว่า 5.5 มีระดับของอินทรียวัตถุในดินในช่วงปานกลาง (1.5-2.5%) ถึงสูง (>2.5%) และมีระดับของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในระดับที่สูงมาก (ตารางที่ 5) สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วแต่ละชนิดได้ดังนี้ ถั่วพุ่มดำ 74 isolate, ถั่วพร้า 43 isolate, ปอเทือง 87 isolate, ถั่วมะแฮะ 67 isolate, ถั่วปากอ้า 4 isolate, ถั่วลันเตา 12 isolate สำหรับคุณสมบัติของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อมีดังนี้

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
1	ห้วยเสี้ยว 1		5.2	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
2	ห้วยเสี้ยว 2		6.4	สูง	ปานกลาง	สูง
3	ห้วยเสี้ยว 3		5.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
4	ห้วยเสี้ยว 4		5.0	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
5	ห้วยเสี้ยว 5		6.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
6	ปังค่า 1	แตงกวาญี่ปุ่น อ.สมชาย กันหา	5.0	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
7	ปังค่า 2	แฝกย่อย อ.วีระชัย อัณานภาลัย	4.6	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
8	ปังค่า 3	ดินแปลงน้ำดะ	6.4	สูง	สูง	ต่ำ
9	ปังค่า 4	ดินแปลงองุ่น อ.อรุณ บุญชื่น	5.0	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
10	ปังค่า 5	หลังห้องครัว อ.เสน่ห์ ไชยงาม	5.8	สูง	ปานกลาง	สูง
11	แม่สะเรียง 1	รกร้าง (หมู่บ้านเก่า)	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
12	แม่สะเรียง 2	แปลงมะเขือเทศ	5.0	สูง	สูงมาก	สูง
13	แม่สะเรียง 3	แปลงพริกหวานเขียว	5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
14	แม่สะเรียง 4	แปลงฟักทองญี่ปุ่น	4.8	สูง	ปานกลาง	สูง
15	แม่สะเรียง 5	หญ้าแฝก	4.4	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
16	ดอยอินทนนท์ 1	หน่อไม้ฝรั่ง	5.2	สูง	สูงมาก	สูง
17	ดอยอินทนนท์ 2	อาร์ติโชค	4.8	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง
18	ดอยอินทนนท์ 3	แปลงปลูกผักนอน	6.8	สูง	สูงมาก	สูงมาก
19	ดอยอินทนนท์ 4	mixed salad	6.2	สูง	สูงมาก	สูงมาก
20	ดอยอินทนนท์ 5	กีวี่	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
21	ดอยอินทนนท์ 6	องุ่น	5.2	สูง	สูงมาก	ต่ำ
22	แม่แฮ 1	โรงบน 1	4.4	สูง	สูงมาก	สูง
23	แม่แฮ 2	โรงบน 2	4.2	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
24	แม่แฮ 3	โรงล่าง 1	4.0	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
25	แม่แฮ 4	โรงล่าง 2	4.4	ต่ำ	ต่ำ	สูง
26	แม่แฮ 5	แปลงซ้าย 1	6.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูง
27	แม่แฮ 6	แปลงซ้าย 2	5.0	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
28	แม่แฮ 7	แปลงขวา	5.2	สูง	ปานกลาง	สูง

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
29	แม่หลอด 1	สถานีแปลง 1	5.2	สูง	สูงมาก	สูง
30	แม่หลอด 2	สถานีแปลง 2	5.4	สูง	สูงมาก	สูง
31	แม่หลอด 3	สถานีแปลง 3	5.0	สูง	สูง	สูง
32	แม่หลอด 4	คุณพนา	5.2	สูง	ปานกลาง	สูง
33	แม่หลอด 5	อ.วินาย	5.2	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ
34	วัดจันทร์ 1	เกษตรกร ห้วยช้างหล่ม	5.8	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
35	วัดจันทร์ 2	เกษตรกร บ้านเดิน	4.8	ต่ำ	สูงมาก	ต่ำ
36	วัดจันทร์ 3	แปลงไม้ผล	5.2	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
37	วัดจันทร์ 4	แปลงห้วยงู	5.0	ปานกลาง	สูง	ต่ำ
38	วัดจันทร์ 5	แปลงสาธิต	5.2	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
39	ทุ่งเริง 1	กุหลาบ	5.6	สูง	ปานกลาง	สูงมาก
40	ทุ่งเริง 2	พุทรา	5.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูง
41	ขุนแปะ	นายเหวแฮ ปีโข่	5.2	สูง	สูงมาก	สูงมาก
42	ห้วยลึก	แปลงสาธิต	7.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
43	ห้วยลึก	คุณสม	6.2	สูง	สูงมาก	สูง
44	ห้วยลึก	คุณวัลลภ	6.4	สูง	สูงมาก	สูง
45	ห้วยลึก	ฝั่งม้ง ด้านบน	8.0	สูง	สูงมาก	สูง
46	ห้วยลึก	ฝั่งม้ง ด้านล่าง	7.4	สูง	สูงมาก	สูง
47	แม่แฮ 8	แปลงขวา	5.2	สูง	สูง	สูง
48	ป่าเมี่ยง 1		5.1	สูง	สูงมาก	สูง
49	ป่าเมี่ยง 2		5.6	ต่ำ	สูงมาก	สูง
50	ป่าเมี่ยง 3		5.6	ปานกลาง	สูงมาก	สูง
51	พระบาทห้วยต้ม	มะเฟืองไต้หวัน	6.0	ต่ำ	สูงมาก	สูง
52	พระบาทห้วยต้ม	มะม่วง	5.0	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
53	พระบาทห้วยต้ม	สาธิต 48	5.2	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
54	พระบาทห้วยต้ม	นายปัน ปันโปธา	5.2	ต่ำ	สูง	สูง
55	พระบาทห้วยต้ม	นายสมชาติ	5.0	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
56	แม่โถ 6	นายซุ สาครบำรุง	5.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
57	ขุนวาง		5.2	สูง	สูงมาก	สูง
58	แม่ปูนหลวง 1	แปลงสาธิตไม้ผลนอก	5.6	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
59	แม่ปูนหลวง 2	โรงเรือนพลาสติกพืชผัก	4.6	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
60	แม่ปูนหลวง 3	ไม้ผล (บ๊วย)	6.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
61	แม่ปูนหลวง 4	โรงเรือนพลาสติกไม้ดอก	5.2	ต่ำ	ปานกลาง	สูงมาก
62	ทุ่งเรา 1	กุ้ยช่ายดอก	7.4	สูง	ปานกลาง	สูงมาก
63	ทุ่งเรา 2	หญ้าแฝก	5.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
64	ทุ่งเรา 3	แปลงบนอ่าง	5.0	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
65	ทุ่งเรา 4	โรงเรือนกุหลาบ	6.4	สูง	สูงมาก	สูงมาก
66	ทุ่งเรา 5	แปลง avocado	6.2	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
67	ห้วยโป่ง 1	แปลงสถานี	6.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
68	ห้วยโป่ง 2	แปลง 20 ไร่	6.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
69	ห้วยโป่ง 3	แปลงวิจัย	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
70	ห้วยโป่ง 4	นายสิงห์คำ อินทรา	6.2	สูง	สูงมาก	สูงมาก
71	ห้วยโป่ง 5	นายอุดม สาแปง	5.2	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
72	หนองเขียว 1	มะม่วง , avocado	5.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
73	หนองเขียว 2	น้อยหน่า, แก้วมังกร	5.2	ต่ำ	สูง	สูงมาก
74	หนองเขียว 3	นายบุญมา ทองยู	5.1	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง
75	หนองเขียว 4	นายแดง ฟื่นหย่า	6.2	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
76	หนองเขียว 5	นายคำ พรมทอง	8.2	สูง	ปานกลาง	สูง
77	หนองเขียว 6	นายชนวินท์ วารีรัตน์	5.6	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
78	แม่ทาเหนือ 1		5.2	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
79	แม่ทาเหนือ 2		5.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
80	แม่ทาเหนือ 3		5.2	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
81	แม่ทาเหนือ 4		5.0	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
82	แม่ทาเหนือ 5		5.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
83	หนองหอย 3 A		5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
84	หนองหอย 3 B		5.6	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
85	หนองหอย 3 C		5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
86	หนองหอย 3 D		5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
87	หนองหอย 3 E		5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
88	หนองหอย 2	แปลงวิจัย เบน C1	5.4	สูง	สูงมาก	สูงมาก
89	หนองหอย 2	แปลงวิจัย เบน C2	5.4	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
90	หนองหอย 2	แปลงวิจัย เบน C3	5.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
91	หนองหอย 2	แปลงวิจัย เบน C4	4.6	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
92	หนองหอย 2	แปลงวิจัย เบน C5	5.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
93	หนองหอย 6	ผลิต 1	6.2	สูง	สูงมาก	สูงมาก
94	หนองหอย 6	ผลิต 2	6.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
95	หนองหอย 6	ผลิต 3	6.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
96	หนองหอย 6	ผลิต 4	6.8	สูง	สูงมาก	สูงมาก
97	หนองหอย 6	ผลิต 5	6.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
98	หนองหอย	แปลงไม้ผล 1	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
99	หนองหอย	แปลงไม้ผล 2	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
100	หนองหอย	แปลงไม้ผล 3	4.8	สูง	สูงมาก	สูงมาก
101	หนองหอย	แปลงไม้ผล 4	4.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
102	หนองหอย	แปลงไม้ผล 5	4.4	สูง	สูงมาก	สูงมาก
103	หนองหอย	แปลงสมุนไพร 1	5.2	สูง	สูงมาก	สูงมาก
104	หนองหอย	แปลงสมุนไพร 2	5.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
105	หนองหอย	แปลงสมุนไพร 3	5.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
106	หนองหอย	แปลงสมุนไพร 4	6.2	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
107	หนองหอย	แปลงสมุนไพร 5	4.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูง
108	หนองหอย 4	งานผลิตและแปลงสาธิต (3L)	6.4	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
109	หนองหอย 4	งานผลิตและแปลงสาธิต (4R)	6.8	สูง	สูงมาก	สูงมาก
110	หนองหอย 4	งานผลิตและแปลงสาธิต (10)	6.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
111	หนองหอย 4	งานผลิต แปลงสาธิต พด. บน	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
112	หนองหอย 4	งานผลิตและแปลงสาธิต 7R	6.8	สูง	สูงมาก	สูงมาก
113	ห้วยน้ำริน 1	แปลงนางนาอือ จะทอ	5.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
114	ห้วยน้ำริน 2	แปลงสาธิต	5.8	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
115	ห้วยน้ำริน 3	แปลงนายอะเส่อ จะตอ	5.0	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
116	ห้วยน้ำริน 4	แปลงนายจะต๊ะ จะตอ	5.0	ปานกลาง	สูง	สูง
117	ห้วยน้ำริน 5	แปลงนายจะเซอ แคะฟอ	5.0	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
118	ห้วยน้ำริน 6	แปลงคุณนาฟู จะแส	5.0	ต่ำ	สูง	สูง
119	ห้วยน้ำริน 7	แปลงนายจะฟะ จะนิ	4.6	ต่ำ	ปานกลาง	สูงมาก
120	ห้วยน้ำริน 8	แปลงนางนาพือ จะแส	4.8	ต่ำ	สูงมาก	สูงมาก
121	ห้วยน้ำริน 9	แปลงนางนาเต๊าะ จะหลู	5.2	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
122	ห้วยน้ำริน 10	แปละนายจะทอ จะตอ	5.0	ปานกลาง	สูงมาก	สูงมาก
123	ห้วยน้ำริน 11	แปลงนายจะเต๊าะ จะอู	5.1	ต่ำ	สูงมาก	สูง
124	ขุนวาง 1	แปลงสาธิตพืช 1	2.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
125	ขุนวาง 2	แปลงไม้ดอก 1	5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
126	ขุนวาง 3	แปลงนายเย้ง	4.8	สูง	สูงมาก	สูง
127	ขุนวาง 4	แปลงสาธิตองุ่น	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
128	ขุนวาง 5	แปลงนายแดง	5.0	สูง	สูงมาก	สูงมาก
129	ขุนวาง 6	แปลงนายจาเน้า	4.8	สูง	สูงมาก	สูง
130	ขุนวาง 7	แปลงไม้ดอก 2	5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
131	แม่ปูนหลวง	แปลงทดสอบสาธิตชาจีน	5.0	สูง	ปานกลาง	สูงมาก

ตารางที่ 5 คุณสมบัติบางประการของดินบนที่สูงที่ใช้ในการแยกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว (ต่อ)

ลำดับ	ศูนย์ฯ	รายละเอียด	pH	ระดับอินทรีย์วัตถุ	ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้	ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
132	ม่อนเงาะ		4.8	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
133		แปลงคุณประจักษ์	5.0	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง
134		แปลงคุณประเสริฐ	5.2	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง
135	ห้วยโป่ง		6.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
136	ทุ่งหลวง		5.6	สูง	สูงมาก	สูงมาก
137	ห้วยน้ำขุ่น	แปลงชา ประภัสสร	5.2	สูง	สูง	สูงมาก
138	ห้วยน้ำขุ่น	แปลงชา อาลิ แซ่ซี	5.4	ต่ำ	ต่ำ	สูง
139	ห้วยน้ำขุ่น	แปลงชา ธวัชชัย	5.0	ปานกลาง	ต่ำ	สูง
140	ห้วยน้ำขุ่น	แปลงชา นะอา	5.2	ต่ำ	สูง	สูง
141	ห้วยน้ำขุ่น	แปลงชา สถานี	5.2	ปานกลาง	ต่ำ	สูง
142	อ่างขาง	แปลงผลไม้	5.4	สูง	ต่ำ	สูง
143	อ่างขาง	สตรอเบอรี่เก่า	5.4	สูง	สูงมาก	สูงมาก
144	อ่างขาง	สตรอเบอรี่ใหม่	5.4	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
145	อ่างขาง	แปลงชา	5.2	สูง	สูงมาก	ต่ำ
146	อ่างขาง	แปลงผัก	5.0	สูง	สูงมาก	สูง

*หมายเหตุ : วิเคราะห์ดินโดยชุดตรวจดินแบบง่าย

ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้
ต่ำ = น้อยกว่า 10 มก.P / กก. ดิน
ปานกลาง = 10-40 มก.P / กก. ดิน
สูง = มากกว่า 40 มก.P / กก. ดิน
สูงมาก = มากกว่า 100 มก.P / กก. ดิน

ระดับโปแตสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้
ต่ำ = น้อยกว่า 60 มก.K / กก. ดิน
ปานกลาง = 60 – 100 มก.K / กก. ดิน
สูง = มากกว่า 100 มก.K / กก. ดิน
สูงมาก = มากกว่า 300 มก.K / กก. ดิน

ระดับอินทรียวัตถุ
ต่ำ = น้อยกว่า 1.5%
ปานกลาง = 1.5 – 2.5%
สูง = มากกว่า 2.5%

5.2.2. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมสำหรับถั่วพุ่มและปอเทือง

5.2.2.1. ปอเทือง

ตารางที่ 6 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของปอเทืองและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของปอเทือง

Trt.ที่	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
1	+N	1.5220	-	-	
2	-N-R	0.5280	-	-	
3	AK1	0.1394u	-39.09	IE	อ่างขาง
4	AK2	0.2070u	-32.29	IE	"
5	AK3	0.6684a	14.12	IE	"
6	AK4	0.4008a	-12.80	IE	"
7	AK5	0.5849a	5.72	IE	"
8	KP5	0.6514a	12.41	IE	ขุนแปะ
9	KP	0.1667u	-36.35	IE	"
10	HNK1	0.2363u	-29.35	IE	ห้วยน้ำขุ่น
11	HNK3	0.3336u	-19.56	IE	"
12	HNK4	0.7912a	26.48	ME	"
13	HNK5	0.1613u	-36.89	IE	"
14	HNR2	0.2606u	-26.90	IE	ห้วยน้ำริน
15	HNR3	0.9500a	42.45	ME	"
16	HNR4	0.4576a	-7.08	IE	"
17	HNR5	0.9873a	46.21	ME	"
18	HNR6	0.1541u	-37.62	IE	"
19	HNR7	0.1782u	-35.19	IE	"
20	HNR8	1.0293a	50.43	ME	"
21	HNR9	0.1737u	-35.64	IE	"
22	HNR10	0.9644a	43.90	ME	"
23	HP1	0.5536a	2.58	IE	ห้วยโป่ง
24	HP3	0.7264a	19.96	IE	"

ตารางที่ 6 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของปอเทืองและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของปอเทือง (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
25	HP4	0.1953u	-33.47	IE	"
26	HP5	0.1287u	-40.17	IE	"
27	HS2	0.1171u	-41.34	IE	ห้วยเสี้ยว
28	HS4	0.9389a	41.34	IE	"
29	HS5	0.5875a	5.99	IE	"
30	IN3	0.7840a	25.75	ME	อินทนนท์
31	IN4	0.4328a	-9.58	IE	"
32	IN6	0.7974a	27.10	ME	"
33	KW	0.0446a	-48.63	IE	ขุนวาง
34	KW1	0.2352u	-29.46	IE	"
35	KW2	0.6893a	16.23	IE	"
36	KW3	0.4676a	-6.08	IE	"
37	KW4	0.5120a	-1.61	IE	ขุนวาง
38	KW5	0.4928a	-3.54	IE	"
39	KW6	0.1817u	-34.84	IE	"
40	MG	0.2348u	-29.50	IE	ม่อนเงาะ
41	MH1	0.1792u	-35.09	IE	แม่แฮ
42	MH2	0.6990a	17.20	IE	"
43	MH3	1.3678a	84.49	HE	"
44	MH5	0.4179a	-11.08	IE	"
45	ML4	0.9738a	44.85	ME	แม่หลอด
46	MPL	0.6722a	14.51	IE	แม่ปูนหลวง
47	MPL2	0.5387a	1.08	IE	"
48	MPL3	0.1497u	-38.06	IE	"
49	MPL4	0.1855u	-34.46	IE	"
50	MSR2	0.5711a	4.34	IE	แม่สะเรียง
51	MSR5	0.4058a	-12.29	IE	"

ตารางที่ 6 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของปอเทืองและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของปอเทือง (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
52	MT	0.2026u	-32.74	IE	แม่โถ
53	MTN1	0.2842u	-24.53	IE	แม่ทาเหนือ
54	NH2C1	0.4894a	-3.88	IE	หนองหอย
55	NH2C2	0.6707a	14.36	IE	"
56	NH2C3	0.2006u	-32.94	IE	"
57	NH2C4	0.3286u	-20.06	IE	"
58	NH3D	0.4846a	-4.37	IE	"
59	NH3B	0.8755a	34.96	ME	"
60	NH3E	1.1131a	58.86	ME	"
61	NH4/2	0.1952u	-33.48	IE	"
62	NH4/3	0.5636a	3.58	IE	"
63	NH4/4	0.5708a	4.31	IE	"
64	NH6/1	0.1903u	-33.97	IE	"
65	NH6/2	0.4192a	-10.95	IE	"
66	NH6/3	0.1794u	-35.07	IE	"
67	NH6/5	0.1909u	-33.91	IE	"
68	HNR	0.1416u	-38.87	IE	ห้วยน้ำริน
69	NK1	0.8325a	30.63	ME	หนองเขียว
70	NK3	0.1438u	-38.65	IE	"
71	NK5	0.1636u	-36.66	IE	"
72	NK6	0.1522u	-37.81	IE	"
73	PHT1	1.4904a	96.82	ME	พระบาทห้วยต้ม
74	PHT2	0.5230a	-0.50	IE	"
75	PHT5	0.1319u	-39.85	IE	"
76	PK4	0.5381a	1.02	IE	ปังค่า
77	PM1	0.1522u	-37.81	IE	ป่าเมี่ยง
78	PM3	0.1311u	-39.93	IE	"

ตารางที่ 6 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของปอเทืองและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของปอเทือง (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
79	TLa1	1.0233a	49.83	ME	ทุ่งเลา
80	TLa4	0.1615u	-36.87	IE	"
81	TLa5	0.1788u	-35.13	IE	"
82	Tlu	0.6452a	11.79	IE	ทุ่งหลวง
83	TR2	0.6611a	13.39	IE	ทุ่งเริง
84	WC3	1.2444a	72.07	ME	วัดจันทร์
85	WC4	0.7115a	18.46	IE	"
86	WC5	0.5750a	4.73	IE	"

ค่าเฉลี่ยของ DW 4 ซ้ำ

u = ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TR1-N-R

a = ต่างจากกลุ่มควบคุม TR1-N-R ที่ $P<0.01$

b = มีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม +N ที่ $P<0.01$

ตารางที่ 7 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของปอเทืองและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของปอเทือง

Trt.ที่	ISOLATE CODE	N UPTAKE(gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
1	+N	0.0298	-	-
2	-N-R	0.0006	-	-
3	AK1	0.0141a	46.23	ME
4	AK2	0.0199u	66.10	ME
5	AK3	0.0301a	101.03	HE
6	AK4	0.0087a	27.74	ME
7	AK5	0.0233a	77.74	HE
8	KP5	0.0334a	112.33	HE
9	KP	0.0181u	59.93	ME
10	HNK1	0.0099u	31.85	ME
11	HNK3	0.0276a	92.47	HE

ตารางที่ 7 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของปอเทือง และค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของปอเทือง (ต่อ)

Trt.ที่	ISOLATE CODE	N UPTAKE(gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
12	HNK4	0.0480a	162.33	HE
13	HNK5	0.0124u	40.41	ME
14	HNR2	0.0095u	30.48	ME
15	HNR3	0.0538b	182.19	HE
16	HNR4	0.0292a	97.95	HE
17	HNR5	0.0316a	106.16	HE
18	HNR6	0.0184u	60.96	ME
19	HNR7	0.0093u	29.79	ME
20	HNR8	0.0500a	169.18	HE
21	HNR9	0.0080u	25.34	ME
22	HNR10	0.0511a	172.95	HE
23	HP1	0.0162u	53.42	ME
24	HP3	0.0127u	41.44	ME
25	HP4	0.0059u	18.15	IE
26	HP5	0.0221a	73.63	ME
27	HS2	0.0217u	72.26	ME
28	HS4	0.0339a	114.04	HE
29	HS5	0.0220u	73.29	ME
30	IN3	0.0410a	138.36	HE
31	IN4	0.0103u	33.22	ME
32	IN6	0.0271a	90.75	HE
33	KW	0.0196u	65.07	ME
34	KW1	0.0249a	83.22	HE
35	KW2	0.0219u	72.95	ME
36	KW3	0.0305a	102.40	HE
37	KW4	0.0422a	142.47	HE
38	KW5	0.0203u	67.47	ME

ตารางที่ 7 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของปอเทือง และค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของปอเทือง (ต่อ)

Trt.ที่	ISOLATE CODE	N UPTAKE(gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
39	KW6	0.0237a	79.11	HE
40	MG	0.0174u	57.53	ME
41	MH1	0.0170u	56.16	ME
42	MH2	0.0412a	139.04	HE
43	MH3	0.0646b	219.18	HE
44	MH5	0.0241a	80.48	HE
45	ML4	0.0438a	147.95	HE
46	MPL	0.0239a	79.79	HE
47	MPL2	0.0325a	109.25	HE
48	MPL3	0.0177u	58.56	ME
49	MPL4	0.0086u	27.40	ME
50	MSR2	0.0149u	48.97	ME
51	MSR5	0.0184u	60.96	ME
52	MT	0.0267a	89.38	HE
53	MTN1	0.0170u	56.16	ME
54	NH2C1	0.0223a	74.32	HE
55	NH2C2	0.0369a	124.32	HE
56	NH2C3	0.0396a	133.56	HE
57	NH2C4	0.0197u	65.41	ME
58	NH3D	0.0234a	78.08	HE
59	NH3B	0.0330a	110.96	HE
60	NH3E	0.0560b	189.73	HE
61	NH4/2	0.0109u	35.27	ME
62	NH4/3	0.0475a	160.62	HE
63	NH4/4	0.0213u	70.89	ME
64	NH6/1	0.0087u	27.74	ME
65	NH6/2	0.0303a	101.71	HE

ตารางที่ 7 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของปอเทือง และค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของปอเทือง (ต่อ)

Trt.ที่	ISOLATE CODE	N UPTAKE(gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
66	NH6/3	0.0155u	51.03	ME
67	NH6/5	0.0167u	55.14	ME
68	HNR	0.0219u	72.95	ME
69	NK1	0.0318a	106.85	HE
70	NK3	0.0077u	24.32	ME
71	NK5	0.0077u	24.32	ME
72	NK6	0.0102u	32.88	ME
73	PHT1	0.0559b	189.38	HE
74	PHT2	0.0260a	86.99	HE
75	PHT5	0.0085u	27.05	ME
76	PK4	0.0233a	77.74	HE
77	PM1	0.0249a	83.22	HE
78	PM3	0.0209u	69.52	ME
79	TLa1	0.0697b	236.64	HE
80	TLa4	0.0101u	32.53	ME
81	TLa5	0.0071u	22.26	ME
82	Tlu	0.0202u	67.12	ME
83	TR2	0.0283a	94.86	HE
84	WC3	0.0506a	171.23	HE
85	WC4	0.0510a	172.60	HE
86	WC5	0.0248a	82.88	HE

ค่าเฉลี่ยของ N uptake 4 ซ้ำ

u = ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TR1-N-R

a = ต่างจากกลุ่มควบคุม TR1-N-R ที่ $P<0.01$

b = มีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม +N ที่ $P<0.01$

จากเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วจำนวนทั้งหมด 84 isolate ที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพกับปอเทือง พบว่า ภายใต้สภาพการปลูกถั่วในสารละลายที่ปราศจากไนโตรเจน และใช้ห้องปฏิบัติการที่ควบคุม

แสงและอุณหภูมิได้ในการปลูกถั่ว (รูปที่ 1) พบว่า เชื้อทุก isolate ทำให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดของปอเทือง(ต้นรวมราก)มากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 6) เชื้อที่ใช้ทดสอบทั้งหมดสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับของประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำหนักแห้งให้แก่ต้นปอเทือง เมื่อเปรียบเทียบต้นถั่วที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ เป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง คือ มีประสิทธิภาพในช่วงตั้งแต่ 25.9 %ของประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและมีเพียง 2 isolate คือ MH3 และ PHT1 ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำหนักแห้งของปอเทืองประมาณ 81 และ 97.8% ของประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามลำดับ ที่เหลือเป็นเชื้อที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีความสามารถในการเพิ่มน้ำหนักแห้งของปอเทืองต่ำกว่า 25%ของน้ำหนักแห้งของต้นถั่วที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน แต่เมื่อพิจารณาจากการสะสมไนโตรเจนในต้นถั่ว (ตารางที่ 7) พบว่า เชื้อที่สามารถทำให้การสะสมไนโตรเจนให้แก่ปอเทืองมากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่เชื้อและได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมีทั้งหมด 5 เชื้อ หรือประมาณ 6% ของปริมาณเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ ที่เหลือเป็นเชื้อที่ทำให้ต้นถั่วมีการสะสมไนโตรเจนไม่แตกต่างจากต้นถั่วที่ไม่ได้รับเชื้อและไม่ได้รับปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อแบ่งกลุ่มเชื้อที่ใช้ทดสอบตามระดับประสิทธิภาพของเชื้อในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ต้นปอเทือง พบว่า เชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (Highly effective ; HE) ซึ่งสามารถเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ต้นปอเทืองในระดับที่สูงกว่า 75%ของประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีทั้งหมด 41 isolate โดยเชื้อเหล่านี้สามารถเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ปอเทืองในช่วงตั้งแต่ 79-182% ของต้นถั่วที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจน (ค่า EN) สำหรับเชื้อที่ไม่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ต้นปอเทืองมีเพียง 1 เชื้อ ที่เหลือเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง

รูปที่ 1 ห้องปฏิบัติการที่ควบคุมแสงและอุณหภูมิได้ในการปลูกถั่ว ที่ใช้ในการคัดเลือกแบคทีเรียปมรากถั่วที่มีประสิทธิภาพ

5.2.2.2. ถั่วพุ่ม

ตารางที่ 8 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของถั่วพุ่ม

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
1	+N	1.8758	-	-	
2	-N-R	0.4043	-	-	
3	AK1	1.0613a	44.65	ME	อ่างขาง
4	AK5	0.3001u	-7.08	IE	"
5	KP5	1.1097a	47.94	ME	ขุนแปะ
6	HNK1	0.9258a	35.44	ME	ห้วยน้ำขุ่น
7	HNK5	0.5006u	6.54	IE	"
8	HP3	0.7835u	25.77	ME	ห้วยโป่ง
9	IN1	0.8953a	33.37	ME	อินทนนท์
10	IN2	0.8811a	32.40	ME	"
11	IN3	0.7375u	22.64	IE	"
12	IN5	0.8105a	27.60	ME	"
13	IN6	0.4266u	1.52	IE	"
14	KW	0.1891u	-14.62	IE	ขุนวาง
15	MH2	0.3603u	-2.99	IE	แม่แฮ
16	MH3	0.5436u	9.47	IE	"
17	MH6	0.2582u	-9.93	IE	"
18	ML2	0.2345u	-11.54	IE	แม่หลอด
19	MPL1	1.2034a	54.31	ME	แม่ปูนหลวง
20	MPL4	0.7565u	23.93	IE	"
21	MSR1	0.2688u	-9.21	IE	แม่สะเรียง
22	MSR4	0.3150u	-6.07	IE	"
23	MSR5	0.6998u	20.08	IE	"
24	NH2C2	0.8926a	33.18	ME	หนองหอย
25	NH4/1	1.0740a	45.51	ME	"
26	NH4/3	0.4409a	2.49	IE	"

ตารางที่ 8 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของถั่วพุ่ม (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
27	NH6/2	0.6917u	19.53	IE	"
28	NH6/3	1.1721a	52.18	ME	"
29	NHR1	0.6973u	19.91	IE	ห้วยน้ำริน
30	NHR2	1.2405a	56.83	ME	"
31	NHR5	0.6127u	14.16	IE	"
32	NK3	1.3462a	64.01	ME	หนองเขียว
33	NK6	1.2751a	59.18	ME	"
34	PHT2	0.6494u	16.66	IE	"
35	PHT4	1.564a	78.81	HE	พระบาทห้วยต้ม
36	PHT5	0.9949a	40.14	ME	"
37	PM3	1.1931a	53.61	ME	ป่าเมี่ยง
38	TLA3	1.2158a	55.15	ME	ทุ่งเลา
39	TLA5	1.2272a	55.92	ME	"
40	TR2	0.83075a	28.98	ME	ทุ่งเริง
41	WC4	0.9297a	35.71	ME	วัดจันทร์
42	พด5	0.3011u	-7.01	IE	ห้วยเสี้ยว
43	พด8	0.2528u	-10.30	IE	ปังค่า
44	พด53/1	0.7187u	21.37	IE	แม่แฮ
45	พด53/2	0.4242u	1.35	IE	"
46	พด63/1	0.8031a	27.10	ME	วัดจันทร์
47	พด63/2	0.2583u	-9.92	IE	"
48	พด76	1.3619a	65.08	ME	พระบาทห้วยต้ม
49	พด84/5	0.8980a	33.55	ME	แม่ปูนหลวง
50	พด98	0.5562u	10.32	IE	หนองเขียว
51	พด100	0.3433u	-4.15	IE	"
52	พด101	1.0432a	43.42	ME	"
53	พด113	0.8263a	28.68	ME	หนองหอย

ตารางที่ 8 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มและการจัดกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพ (EDW)ของถั่วพุ่ม (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	DW(g/ต้น)*	EDW	GROUP	แหล่งที่มา
54	พด118	0.4426u	2.60	IE	หนองหอย
55	พด121	0.2649u	-9.47	IE	"
56	พด134/2	0.9366a	36.17	ME	"
57	พด139	0.6336u	15.58	IE	ห้วยน้ำริน
58	พด141	0.2275u	-12.01	IE	"
59	พด143	0.2478u	-10.64	IE	"
60	พด145	0.6162u	14.40	IE	"
61	พด152	0.5886u	12.52	IE	ขุนวาง
62	พด153	0.4364u	2.18	IE	"
63	พด154	1.2365A	56.55	ME	"
64	พด156	0.9125a	34.54	ME	แม่ปูนหลวง
65	พด157/1	0.2846u	-8.13	IE	ม่อนเงาะ
66	พด157/2	0.3423u	-4.21	IE	"
67	พด158/2	0.7198u	21.44	IE	แปลงคุณประจักษ์
68	พด163	0.6491u	16.64	IE	ห้วยน้ำขุ่น
69	พด165	0.6024u	13.46	IE	"
70	พด169	0.5401u	9.23	IE	อ่างขาง
71	พด170	0.8456a	29.99	ME	"
72	พด189	1.6029a	81.45	HE	

* ค่าเฉลี่ยของ DW 4 ซ้ำ

u = ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TR1-N-R

a = ต่างจากกลุ่มควบคุม TR1-N-R ที่ $P<0.01$

A = มีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม +N ที่ $P<0.01$

ตารางที่ 9 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของถั่วพุ่ม

NO.	ISOLATE CODE	N UPTAKE (gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
1	+N	0.0369	-	-
2	-N-R	0.0043	-	-
3	AK1	0.0690a	198.47	HE
4	AK5	0.0049u	1.84	IE
5	FP5	0.0961a	281.60	HE
6	HNK1	0.0842a	245.09	HE
7	HNK5	0.0343u	92.02	HE
8	HP3	0.0554a	156.75	HE
9	IN1	0.0789a	228.83	HE
10	IN2	0.0393u	107.36	HE
11	IN3	0.0417u	114.72	HE
12	IN5	0.0672a	192.94	HE
13	IN6	0.0091u	14.72	IE
14	KW	0.0029u	-4.29	IE
15	MH2	0.0047u	1.23	IE
16	MH3	0.0330u	88.04	HE
17	MH6	0.0068u	7.67	IE
18	ML2	0.0039u	-1.23	IE
19	MPL1	0.1083a	319.02	HE
20	MPL4	0.0609u	173.62	HE
21	MSR1	0.0103u	18.40	IE
22	MSR4	0.0143u	30.67	ME
23	MSR5	0.0544a	153.68	HE
24	NH2C2	0.0702a	202.15	HE
25	NH4/1	0.0794a	230.37	HE
26	NH4/3	0.0077u	10.43	IE
27	NH6/2	0.0358u	96.63	HE

ตารางที่ 9 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของถั่วพุ่ม (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	N UPTAKE (gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
28	NH6/3	0.0963a	282.21	HE
29	NHH1	0.0535a	150.92	HE
30	NHH2	0.1158a	342.02	HE
31	NHH5	0.0351u	94.48	HE
32	NK3	0.1253b	371.17	HE
33	NK6	0.1149a	339.26	HE
34	PHT2	0.0317u	84.05	HE
35	PHT4	0.1482b	441.41	HE
36	PHT5	0.0662a	189.88	HE
37	PM3	0.0996a	292.33	HE
38	TLA3	0.1101a	324.54	HE
39	TLA5	0.1157a	341.72	HE
40	TR2	0.0542a	153.07	HE
41	WC4	0.0769a	222.70	HE
42	พด5	0.0053u	3.07	IE
43	พด8	0.0037u	-1.84	IE
44	พด53/1	0.0499a	139.88	HE
45	พด53/2	0.0193u	46.01	ME
46	พด63/1	0.0306u	80.67	HE
47	พด63/2	0.0036u	-2.15	IE
48	พด76	0.1016a	298.47	HE
49	พด84/5	0.0736a	212.58	HE
50	พด98	0.0123u	24.54	IE
51	พด100	0.0044u	0.31	IE
52	พด101	0.0667a	191.41	HE
53	พด113	0.0561a	158.90	HE
54	พด118	0.0185u	43.56	ME

ตารางที่ 9 ผลของการใช้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว isolate ต่างๆต่อการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มและค่าดัชนีประสิทธิภาพ (EN)ของถั่วพุ่ม (ต่อ)

NO.	ISOLATE CODE	N UPTAKE (gN/ต้น)*	E N UPTAKE	GROUP
55	พด121	0.0041u	-0.61	IE
56	พด134/2	0.0336u	89.88	HE
57	พด139	0.0342u	91.72	HE
58	พด141	0.0082u	11.96	IE
59	พด143	0.0034u	-2.76	IE
60	พด145	0.0345u	92.64	HE
61	พด152	0.0236u	59.20	ME
62	พด153	0.0049u	1.84	IE
63	พด154	0.0921a	269.33	HE
64	พด156	0.0598a	170.25	HE
65	พด157/1	0.0039u	-1.23	IE
66	พด157/2	0.0046u	0.92	IE
67	พด158/2	0.0428u	118.10	HE
68	พด163	0.0423u	116.56	HE
69	พด165	0.0307u	80.98	HE
70	พด169	0.0317u	84.05	HE
71	พด170	0.0448a	124.23	HE
72	พด189	0.1527b	455.21	HE

* ค่าเฉลี่ยของ N uptake 4 ซ้ำ

u = ไม่แตกต่างจากกลุ่ม TR1-N-R

a = ต่างจากกลุ่มควบคุม TR1-N-R ที่ $P<0.01$

b = มีประสิทธิภาพสูงกว่ากลุ่มควบคุม +N ที่ $P<0.01$

จากเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วจำนวนทั้งหมด 72 isolate ที่ใช้ทดสอบกับถั่วพุ่ม พบว่า มีเชื้อจำนวน 30 isolate ที่ทำให้ถั่วพุ่มมีน้ำหนักแห้งมากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ได้ใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8) คิดเป็น 41.7% ของจำนวนเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบและในจำนวนนี้มีเชื้อ 1 isolate ได้แก่ เชื้อ พด154 ซึ่งทำให้น้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มมากกว่าถั่วพุ่มที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ที่เหลือเป็นเชื้อที่ไม่สามารถทำให้ถั่วพุ่มมีน้ำหนักแห้งมากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ได้ใส่เชื้อและไม่ได้ใส่

ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อแบ่งกลุ่มเชื้อตามระดับประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำหนักแห้งให้แก่ถั่วพุ่ม(EDW) พบว่า เชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (HE) มี 2 isolate ได้แก่ PHT4 และ พด189 ซึ่งสามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งของถั่วพุ่มได้ 79-82% ของประสิทธิภาพของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ส่วนเชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลางมีจำนวน 25 isolate หรือประมาณ 35.7% ของเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการเพิ่มน้ำหนักแห้งให้แก่ถั่วพุ่ม

เมื่อพิจารณาจากการสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่ม มีเชื้อจำนวน 30 isolate (ตารางที่9)ที่สามารถทำให้การสะสมไนโตรเจนของถั่วพุ่มมากกว่าตำรับควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ซึ่งคิดเป็น 21% ของจำนวนเชื้อทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ และในจำนวนนี้มีเชื้อ 3 isolate ซึ่งสามารถเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ถั่วพุ่มได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ เชื้อ NK3, PHT4 และพด189 ที่เหลือเป็นเชื้อที่ไม่ทำให้การสะสมไนโตรเจนแตกต่างจากตำรับควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อและไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เมื่อแบ่งกลุ่มเชื้อที่ใช้ทดสอบตามค่าดัชนีประสิทธิภาพในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจน (EN uptake) พบว่า เชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง (HE) มีจำนวน 46 เชื้อ ซึ่งให้ค่าดัชนีประสิทธิภาพในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจนในช่วงตั้งแต่ 81-319% ของการสะสมไนโตรเจนในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เชื้อที่มีประสิทธิภาพปานกลาง (ME) มีเพียง 1 เชื้อ ที่เหลือเป็นเชื้อที่ไม่มีประสิทธิภาพในการสะสมไนโตรเจน (IE)

เชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพปานกลางและประสิทธิภาพสูง ทั้งที่ใช้กับถั่วพุ่มและปอเทือง จำเป็นจะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพโดยการทดลองในกระถางโดยใช้ดิน และทดลองในภาคสนามอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่า เชื้อเหล่านี้มีความเหมาะสมกับถั่วที่ใช้ปรับปรุงบำรุงดินอย่างแท้จริง

5.3 การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินบนที่สูงบางชนิดและการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปอเทืองและถั่วพุ่มหลังการไถกลบ

5.3.1. การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินชนิดต่างๆ

ปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชนิดต่างๆ แสดงไว้ในรูปที่ 2 เมื่อบ่มดินเป็นเวลา 2-8 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในการบ่ม

ก่อนการบ่มดิน ดินจากพื้นที่สูงทุกชนิดมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำกว่าดินปิงน้อย (P 0.05) สำหรับดินจากพื้นที่สูง พบว่า ดินหนองหอย1 มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้สูงกว่าดินชนิดอื่น (P 0.01)

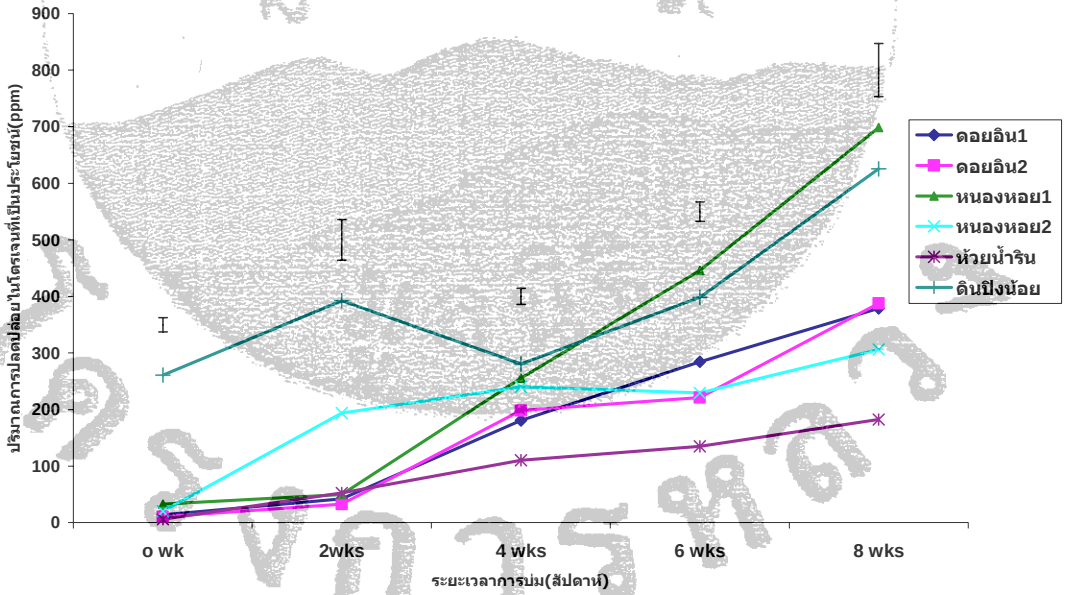
ในช่วง 2 สัปดาห์ของการบ่มดิน ดินปิงน้อยมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้สูงที่สุด รองลงมาคือ ดินหนองหอย2 ส่วนดินอินทนนท์ทั้ง 2 พื้นที่ ดินหนองหอย1 และดินห้วยน้ำรินมี

ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ไม่แตกต่างกัน และทุกๆ ดินมีไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดิน 2 ชนิดแรก (P 0.05)

ที่ระยะ 4 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ในดินหนองหอย1 เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ดังนั้น ที่ระยะนี้ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินชนิดนี้จึงไม่แตกต่างจากดินปิงน้อยและไม่แตกต่างจากดินหนองหอย2 ด้วย ส่วนดินอินทนนท์ทั้ง 2 แห่งยังคงมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำกว่าดินชนิดอื่น (P 0.05)

ช่วงสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินหนองหอย1 ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด รองลงมาคือดินปิงน้อย ส่วนดินอินทนนท์2 และดินหนองหอย2 มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดิน 2 ชนิดแรก (P 0.05)

และในช่วง 8 สัปดาห์ พบว่า ดินหนองหอย1 และดินปิงน้อยปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ยังคงเพิ่มขึ้นอยู่อย่างเห็นได้ชัด ส่วนดินอินทนนท์ทั้ง 2 พื้นที่ และดินหนองหอย2 มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ไม่แตกต่างกัน ส่วนดินห้วยน้ำรินในทุกช่วงเวลาบ่ม พบว่า จะมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับดินทุกชนิด



รูปที่2 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินชนิดต่างๆ ตามระยะเวลาที่ใช้ในการบ่ม

แต่เมื่อคิดปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากอินทรีย์วัตถุในดินที่ระยะ 0-1 เดือน พบว่าดินที่สูงซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่สูงสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้ดีกว่า ดินปิงน้อยซึ่งเป็นดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน โดยใน 1 เดือนปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากอินทรีย์วัตถุในดินหนองหอยคิดเป็น 69 Kg N/ไร่ ดินอินทนนท์อยู่ในช่วง 52-59 Kg N/ไร่ และดินห้วยน้ำริน 33 Kg N/ไร่ ส่วนดินปิงน้อยมีเพียง 6 Kg N/ไร่ และในช่วง 2 เดือน พบว่า ในดินหนองหอยทั้ง 2 พื้นที่ มีปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาแตกต่างกัน โดยในดินหนองหอย1 มีการปลดปล่อยไนโตรเจน

ได้มากกว่าดินหนองหอย2 คิดเป็น 208 และ 89 Kg N/ไร่ ส่วนในดินอินทนนท์ทั้ง 2 พื้นที่นั้นไม่ต่างกัน คือ มีไนโตรเจนที่ปลดปล่อยได้ 114-118 Kg N/ไร่ ในดินปิงน้อยก็เช่นกัน ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยได้ 114 Kg N/ไร่ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากอินทรียวัตถุในดินที่ระยะ 1 และ 2 เดือน

ชนิดของดิน	ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อย (Kg N/ไร่)			
	1 เดือน		2 เดือน	
	mg N/Kg	Kg N/ไร่	mg N/Kg	Kg N/ไร่
ดินอินทนนท์1	167	52	365	114
ดินอินทนนท์2	188	59	377	118
ดินหนองหอย1	223	69	666	208
ดินหนองหอย2	220	69	286	89
ดินห้วยน้ำริน	104	33	177	55
ดินปิงน้อย	20	6	364	114

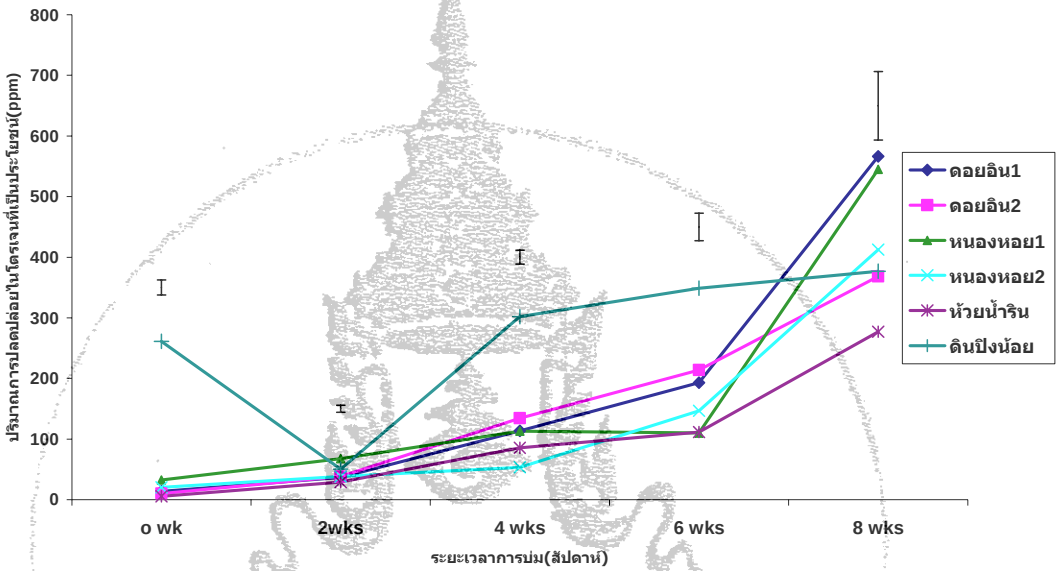
5.3.2. การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการใส่ปอเทืองลงไปในดิน

โดยทั่วไป ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของเวลาที่ใช้ในการบ่ม ที่ระยะ 2 สัปดาห์ เมื่อมีการใส่ปอเทืองลงไปในดินแล้ว ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ลดลง เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด ซึ่งดินแต่ละชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้แตกต่างกันไป โดยในดินหนองหอย1 มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ดินปิงน้อย ส่วนดินอีก 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่าง (P 0.05)

ที่ 4 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ยังน้อยกว่าเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด ดินปิงน้อยมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้มากที่สุด รองลงมาคือ ดินอินทนนท์1 ดินอินทนนท์2 และดินหนองหอย1 ส่วนดินหนองหอย2 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จะต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับดินชนิดอื่น

ในสัปดาห์ที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ ในดินอินทนนท์ทั้ง 2 แห่งไม่ต่างกัน (P 0.01) และดินหนองหอย1 ดินหนองหอย2 และดินห้วยน้ำริน ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินทั้ง 3 ชนิดนี้ไม่ต่างกัน (P 0.05) โดยตั้งแต่ สัปดาห์ที่ 2, 4 และ 6 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินที่มีการใส่ปอเทืองจะต่ำกว่า เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด

แต่ในสัปดาห์ที่ 8 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินเพิ่มสูงขึ้นและสูงกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด แสดงว่า ดินมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จากปอเทืองที่ไถกลบลงไปในดิน ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการใส่ปอเทืองเป็นปุ๋ยพืชสดในระยะเวลาการบ่มที่ต่างกัน

ตารางที่ 11 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากปอเทืองที่ใส่ลงไปในดินชนิดต่างๆ ที่ระยะ 8 สัปดาห์ หลังการไถกลบ

ชนิดดิน	ปริมาณไนโตรเจนของปอเทืองที่ใส่ในดิน (mg N/Kg)	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/Kg)									การปลดปล่อย N ที่ 8 สัปดาห์ (%)[1]
		ไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด					ใส่ปอเทือง				
		ระยะเวลา (สัปดาห์)					ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8	2	4	6	8	
ดินอินทนนท์1	200	13.7bc	41.8c	180.8c	284.6c	378.5b	36.6c	113.7b	192.8b	566.1a	93.8
ดินอินทนนท์2	200	10.3bc	32.5c	198.4c	221.0d	387.6b	38.1c	134.7b	214.0b	368.2bc	-
ดินหนองหอย1	200	32.67b	49.8c	255.3ab	446.1a	698.8a	67.9a	113.0b	109.9c	544.6a	-
ดินหนองหอย2	200	20.3bc	193.7b	240.3b	229.3d	306.1b	38.1c	53.7d	146.4c	412.5b	53.2
ดินห้วยน้ำริน	200	5.8c	52.4c	110.3d	135.0e	182.3c	28.9c	85.6c	111.7c	277.1c	47.4
ดินปิงน้อย	200	261.1a	392.2a	280.8a	398.4b	625.4a	50.3b	302.2a	349.0a	377.0bc	-

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1]การปลดปล่อย N = $\frac{\text{ปริมาณอนินทรีย์ N ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในดิน}}$ * 100

จากตารางที่ 11 พบว่า หลังจากมีการใส่ปอเทืองลงไปในดินเป็นเวลา 2-6 สัปดาห์ การสลายตัวของปอเทืองต่ำกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสดเลย แสดงว่า เกิดการ Immobilization โดยจุลินทรีย์ดินขึ้น ซึ่งการเกิด immobilization ชี้ให้เห็นว่า ในช่วง 2-6 สัปดาห์ที่ไม่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แล้วยังทำให้ไนโตรเจนในดินลดลงอีกนั้น ทำให้ไม่เกิดประโยชน์ต่อการปลูกพืช ดังนั้น การไถกลบปอเทืองลงไปในดิน ควรทิ้งระยะเวลาไว้ 8 สัปดาห์หลังการไถกลบแล้วจึงปลูกพืชตาม เพื่อให้เกิดความเป็นประโยชน์ในการปลูกพืช

โดยในสัปดาห์ที่ 8 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากการสลายตัวของปอเทืองในดินอินทนนท์1 ดินหนองหอย2 และดินห้วยน้ำริน มีมากถึง 93.8, 53.2 และ 47.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนดินอีก 3 ชนิด ไม่พบการปลดปล่อยไนโตรเจนเมื่อมีการใส่ปอเทืองลงไปในดิน

5.3.3. การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินชนิดต่างๆ เมื่อมีการใส่ถั่วพุ่มลงไปในดิน

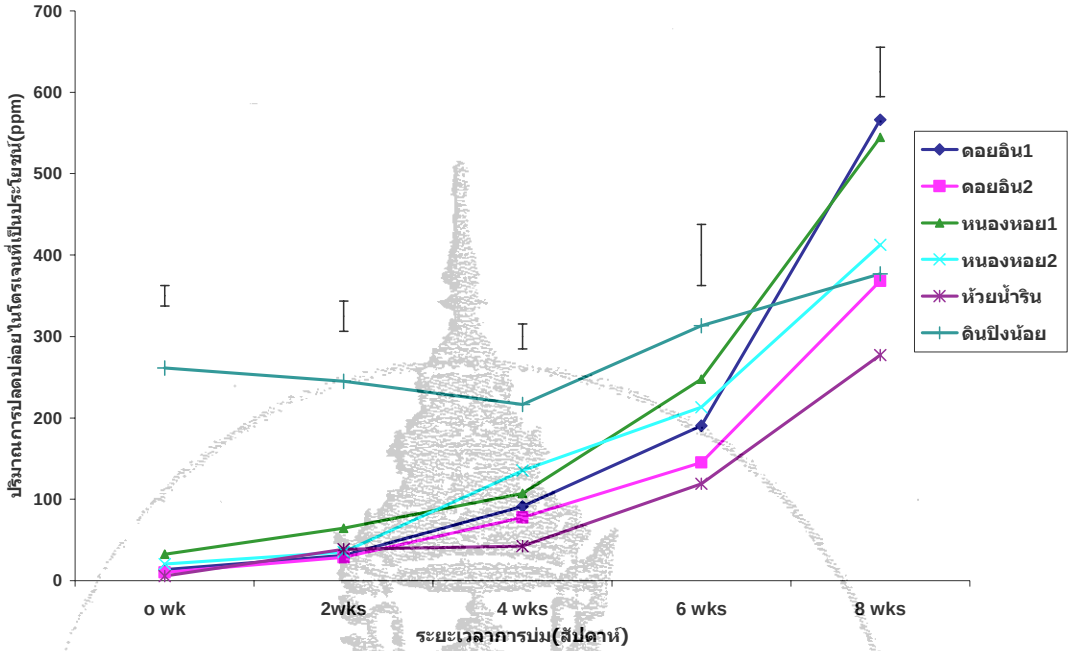
การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ของดินชนิดต่างๆ เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการบ่มที่เพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 2 เมื่อมีการใส่ถั่วพุ่มลงไปในดิน ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ลดลง เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด ในดินปิงน้อยมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์มากที่สุด ส่วนดินที่สูงอีก 5 ชนิด ไม่มีความแตกต่างกัน ($P< 0.05$)

ที่ระยะ 4 สัปดาห์ ดินปิงน้อยยังคงมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ปลดปล่อยออกมามากที่สุด รองลงมาคือ ดินหนองหอย2 ส่วนดินอินทนนท์ทั้ง 2 แห่ง และดินหนองหอย1 ไม่มีความแตกต่างกัน ($P< 0.05$)

ระยะ 6 สัปดาห์ ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนยังคงน้อยกว่า เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด ดินห้วยน้ำรินยังคงมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด ส่วนดินอินทนนท์ทั้ง 2 แห่ง และดินหนองหอย2 ไม่มีความต่างกัน ($P< 0.05$)

จากการศึกษาพบว่า เมื่อบ่มดินเป็นเวลา 2-6 สัปดาห์ ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด และให้ผลเช่นเดียวกันกับ การใส่ปอเทืองลงไปในดิน

แต่ที่สัปดาห์ที่ 8 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด แสดงว่า ดินมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่ได้จากการสลายตัวของถั่วพุ่มเมื่อมีการไถกลบลงไปในดิน ดังรูปที่ 4



รูปที่4 แสดงการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินชนิดต่างๆเมื่อมีการใส่ถั่วพุ่มเป็นปุ๋ยพืชสด ในระยะเวลาการบ่มที่แตกต่างกัน

โดยหลังจากที่มีการใส่ถั่วพุ่มลงไปในดินเป็นเวลา 2-6 สัปดาห์ พบว่า การสลายตัวของถั่วพุ่มต่ำกว่าเมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยพืชสด แสดงว่า ในช่วงนี้ดินเกิดการ immobilization โดยจุลินทรีย์ดินขึ้น และจากการเกิด immobilization ชี้ให้เห็นว่า ในช่วง 2-6 สัปดาห์ที่ไม่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนนั้นทำให้ไม่เกิดประโยชน์ต่อการปลูกพืช ดังนั้น ถ้าต้องการไถกลบถั่วพุ่มลงไปในดินเพื่อใช้เป็นแหล่งของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้นั้น ควรไถกลบถั่วพุ่มลงไปในดินนาน 8 สัปดาห์ แล้วจึงมีการปลูกพืชตามลงไป โดยในดินห้วยน้ำริน ดินอินทนนท์1 และดินหนองหอย2 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เมื่อมีการไถกลบถั่วพุ่มลงไปในดินนาน 8 สัปดาห์ คิดเป็น 65.0, 62.1 และ 60.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนดินอีก 3 ชนิด ไม่พบการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เมื่อมีการไถกลบถั่วพุ่มลงไปในดิน ดังตารางที่ 12

แต่เมื่อเปรียบเทียบการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินแต่ละชนิด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชสดระหว่าง ปอเทืองกับถั่วพุ่ม พบว่า เมื่อมีการไถกลบปอเทืองลงไปในดินนาน 8 สัปดาห์ ดินอินทนนท์1 มีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมามากที่สุด คือ 93.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การไถกลบถั่วพุ่มลงไปในดินนาน 8 สัปดาห์ ดินที่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมามากที่สุดคือ ดินห้วยน้ำรินซึ่งปลดปล่อยออกมา 65.0 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองดังกล่าว จะเห็นได้ว่า การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของปุ๋ยพืชสดนั้นขึ้นอยู่กับ ชนิดของดิน ชนิดของปุ๋ยพืชสด และระยะเวลาในการสลายตัวของปุ๋ยพืชสดหรือระยะเวลาในการไถกลบปุ๋ยพืชสดลงไปในดิน

ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากถั่วพุ่มที่ใส่ลงไปในดินชนิดต่างๆ ที่ระยะ 8 สัปดาห์ หลังการไถกลบ

ชนิดดิน	ปริมาณไนโตรเจนของถั่วพุ่มที่ใส่ในดิน (mg N/Kg)	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/Kg)									การ[1]ปลดปล่อย N ที่ 8 สัปดาห์ (%)
		ไม่ใส่ปุ๋ยพืชสด					ใส่ถั่วพุ่ม				
		ระยะเวลา (สัปดาห์)					ระยะเวลา (สัปดาห์)				
		0	2	4	6	8	2	4	6	8	
ดินอินทนนท์1	200	13.7bc	41.8c	180.8c	284.6c	378.5b	31.1b	91.3	190bcd	502.8a	62.1
ดินอินทนนท์2	200	10.3bc	32.5c	198.4c	221.0d	387.6b	28.8b	77.6c	145.3cd	287.3c	-
ดินหนองหอย1	200	32.67b	49.8c	255.3ab	446.1a	698.8a	64.5b	107.3bc	247.6ab	511.7a	-
ดินหนองหอย2	200	20.3bc	193.7b	240.3b	229.3d	306.1b	35.4b	135.4b	213.0bc	427.8b	60.9
ดินห้วยน้ำริน	200	5.8c	52.4c	110.3d	135.0e	182.3c	38.6b	42.3d	119.2d	312.4c	65
ดินปิงน้อย	200	261.1a	392.2a	280.8a	398.4b	625.4a	244.8a	216.5a	313.0a	537.8a	-

ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

[1]การปลดปล่อย N = $\frac{\text{ปริมาณอนินทรีย์ N ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ในดิน}}$ * 100

สรุป

จากการศึกษาปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มและปอเทืองซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่ว เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่เหมาะสมกับถั่วทั้งสองชนิด ตลอดจนการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนจากถั่วดังกล่าวภายหลังการไถกลบ พอสรุปผลได้ดังนี้

1.ดินบนที่สูงที่จะใช้เป็นพื้นที่ผลิตผักอินทรีย์ ได้แก่ ดินจากสถานีวิจัยอ่างขาง ปางดะ อินทนนท์ และหนองหอย จำนวน 36 ตัวอย่าง ที่ใช้ศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วปอเทืองไม่ต่ำกว่า 50 เซลล์/กรัม ซึ่งแสดงว่าการปลูกถั่วชนิดนี้ อาจจะไม่จำเป็นต้องใส่ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่ว สำหรับปริมาณเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มในดินเกือบทั้งหมดที่ใช้ศึกษา มีน้อยกว่า 50 เซลล์/กรัม ซึ่งการปลูกถั่วพุ่มในพื้นที่เหล่านี้ อาจต้องใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วคลุกเมล็ดเพื่อให้ถั่วมีการตรึงไนโตรเจนดีขึ้น

2.จากจำนวนเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่มทั้งหมด 72 isolate และเชื้อสำหรับปอเทืองจำนวน 84 isolate ที่งานวิจัยได้รวบรวมไว้ สมารถคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงในการเพิ่มการสะสมไนโตรเจนให้แก่ถั่วพุ่มภายใต้การทดสอบในห้องปฏิบัติการ ได้ 30 isolate ส่วนเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับปอเทืองมี่จำนวน 46 isolate เชื้อที่มีประสิทธิภาพสูงเหล่านี้ จำเป็นจะต้องมีการทดสอบเพิ่มเติมโดยใช้การทดลองปลูกพืชในกระถางและใช้ดินเป็นวัสดุปลูก และทดลองในภาคสนามต่อไปก่อนนำไปใช้ในการปลูกถั่วในสภาพไร่นา

3. จากการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากถั่วพุ่มและปอเทือง ภายหลังการใช้ไถกลบลงไปในดินบนที่สูง พบว่า ในช่วงเวลา 8 สัปดาห์หลังการไถกลบ ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากถั่วพุ่มในดินอินทนนท์ ที่มีซึ่งมี pH 5.94 ดินจากศูนย์หนองหอยซึ่งมี pH 6.38 และดินห้วยน้ำรินซึ่งมี pH 6.25 มีประมาณ 62 , 61 และ 65% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในถั่วพุ่ม ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากปอเทืองมีประมาณ 94 , 53 และ 47% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่มีในปอเทือง ตามลำดับ ในดินอินทนนท์ที่มี pH 5.24 และดินหนองหอยที่มี pH 6.38 ไม่พบว่ามีการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยพืชสดทั้งสองชนิด ในช่วง 8 สัปดาห์หลังการไถกลบ แสดงว่าการสลายตัวของพืชทั้งสองชนิด ก่อให้เกิดกระบวนการ N-immobilization

จากผลการวิจัยเรื่องนี้ ชี้ให้เห็นความจำเป็นในการใช้ผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วเพื่อการปลูกถั่วพุ่ม และได้เชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วที่สมควรนำไปทดสอบต่อเพื่อนำไปใช้ผลิตผงเชื้อแบคทีเรียปมรากถั่วพุ่ม อีกทั้งได้แนวทางในการจัดการดินโดยการใช้ปุ๋ยพืชสดสำหรับดินบนที่สูงอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา.2544.ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.528 หน้า.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2540. การวัดการตรึงไนโตรเจนของถั่วแดงหลวงโดยการวิเคราะห์ยูริไอด์ในตัวอย่างลำต้นแห้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดุสิต มานะจุติ, บุญยวาทย์ ลำเพาพงศ์ และ จรูญ สุขเกษม. 2528. การศึกษาคุณสมบัติของที่ดินที่ใช้ปลูกกาแฟในภาคเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 86 หน้า.

ปัทมา วิตยากร.2547.ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง.พิมพ์ครั้งที่ 2(ปรับปรุง). ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 423 หน้า.

ปุ๋ยพืชสด.2548[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา
http://www.ricr.ac.th/story/story003.html (18 มิถุนายน 2548)

ปุ๋ยพืชสด.2548[ระบบออนไลน์].แหล่งที่มา
www.doae.go.th/spp/biofertilizer/index.htm (10 สิงหาคม 2548)

รจเร นพคุณวงศ์. 2546. การวินิจฉัยการขาดธาตุอาหารในผักกาดขาวปลี. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2546. หน้า 11-34.

สมภพ จงรวยทรัพย์ และคณะ.2544.ผลกระทบของกากตะกอนอ้อยต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของชุดดินที่มีการปลูกอ้อยในเขตจังหวัดสระแก้ว.วารสารดินและปุ๋ย.23: 91-98.

สมศักดิ์ วังใน. 2525. การตรึงไนโตรเจน ไรโซเบียม: พืชตระกูลถั่ว. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 283 หน้า.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 193 หน้า.

สุชาติ จิรพรเจริญ.2543.เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยเพื่อการเกษตร.ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.567หน้า.

Abe, M., S. Fukada, A. Natagiz, T. Prema, I. D. Drijambada, D. Widianto, T. Uchoumi, A, Suzuki and S. Higashi. 1999. Environmental neutralization by acid tolerant Bradyrhizobia japonicum isolated from soybean nodule. In Murooka Y. (ed). Evaluation of Nitrogen Fixing Bacteria in Southeast Asia. Report of Monbusho Grant in AID for International Scientific Research. Osaka University. pp. 403-410.

Alexander, M. 1967. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 248-291.

Anon, 1993. Removing the guess work : Prediction response of legume crops to inoculation. BNF Bull. Vol. XII. Number 1. 12 p.

Aulakh, M.S., T.S. Khera, J.W. Doran, K. Singh and B. Singh. Yield and nitrogen dynamic in rice-wheat system using green manure and fertilizer. Soil Sci.Soc.Am.J.64:1867-1876.

Bergensen, F. T. 1977. Factors controlling nitrogen fixation by rhizobia. pp. 153-168. In Ayanaba, A. and P. J. Dart. (Eds.). Biological Nitrogen Fixation in Farming System of the Tropics. Wiley. New York.

Bhromsiri, A., A. shutsrirung, S. Nillakan, A. Peagnoo and P. Suttigoolabud. 1995. Native root nodule bacteria for soybean and red kigney bean in northern Thailand In Murooka, Y. 1996. Breeding of Nitrogen-Fixing Bacteria in Southeast Asia. Report of Monbusho International Scientific Research Program.

Blair, G.J., A. Conteh and R.D.B. Sefroy. 1995. Fate of Organic Matter and Nutrients in Upland Agricultural Systems, Soil Organic Matter Management for sustainable Agriculture.Australian Centre for International Agricultural Research Canberra.(ACIAR PROCEEDINGS) No. 56,pp.41-49

Brady, N.C.and R.r. Well.2002. The Nature and Properties of Soils. 13 Edition.United states of America.pp.935.

Breland, T.A. 1994. Enhanced mineralization and denitrification as a result of heterogenous distribution of clover residues in soil. Plant and Soil. 166:1-12.

Bundy, L.G. and J.J. Meisinger. 1994. Nitrogen availability indices. *In* Weaver, R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Bahatabai and A. Wollum (eds). 1994. Methods of Soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biolochemical Properties. SSSA Book Series, No. 5. pp. 951-984.

Date, R. A. and J. Halliday. 1979. Selecting rhizobium for acid infertile soil of the tropics. Nature. 227. 62-64.

Edward, D. G. 1977. Nutritional factors limiting nitrogen fixed by rhizobia. pp.189-204. In Ayanaba, A. and P. J. Dart. (Eds.). Biological Nitrogen Fixation in Farming System of the Tropics. Wiley. New York.

Ferreira, E. M. and J. F. Marques. 1992. Selection of portugues Rhizobium leguminosarum bv. trifolii strains for production of legume inoculants. I. Screening of effectiveness in laboratory condition. Plant and Soil. 147 : 151-158.

Foy, C.d. 1984. Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soil. In Adams, F. (ed) Soil Acidity and Liming. Amer. Soc. of Agron. Inc Madison. pp. 57-97.

Gibson, A.H. and J.E. Harper. 1985. Nitrate effect on nodulation of soybean by Bradyrhizobium japonicum. Crop Sci. 25 : 4 97-501.

Hamdi, Y.A. 1982. Application of Nitrogen-Fixing Systems in Soil Improvement and Management. FAO Soil Bulletin. 40. Rome.

Houba, V.J.G., J.J.Van Der Lee, I.Novozamsky and J. Wallimga. 26: 1221-1231. Soil and Plant Analysis. Part 5: Soil Analysis Procedures. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University. Netherlands. pp.15-22.

Keeney, D.R. 1982. Nitrogen availability indices. *In* Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney. (cds.). 1982. Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Amer. Sci. Agron. Inc. and Soil Sci. Amer. Inc. Madison. pp. 711-730.

Keeney, D.R. and D.W. Nelson.1983.Nitroger inorganic forms. *In* Method of Soil Analysis. Page., A.L., D.R.Keeney., D.E.Baker., R.H.Miller., Roscoe Ellis, Jr.and J.D.Rhoades.eds (1982). Method of Soil Analysis.

Keyser, H.H and D.N.Munns.1979.Tolerance of rhizobia to acidity aluminum and phosphate. Soil Sci. Soc. Am. J.43:519-523.

Kucey, R. M. N. 1988. Responses of field bean (Phaseolus vulgaris) to level of rhizobium leguminosarum bv. phaseoli. Inoculation in soil containing effective R. leguminosarum bv. phaseoli population. Can, J. plant. soil. 69 : 419-426.

Lawson, k. A., Y. K. Barnet and C. A. Mcgilchrist. 1987. Environment factors influencing numbers of Rhizobium leguminosarum. biovar. tritolii and its bacteriophases in field soil. Appl. Environ. Microbiol. 33 : 1125-1131.

Lie, T. A. 1974. Environment effects on nodulation and symbiotic nitrogen fixation. pp. 555-582.*In* Quizpel, A.(ed) The Biology of Nitrogen Fixation. North Holland Publishing co. Amsterdam.

Mortland, M.M. and A.R. Welcote. 1965. Sorption or inorganic nitrogen compounds by soil mattrials. In Bartholomew, W.V. and F.E. Clark. Soil Nitrogen. Amer. Soc. Of Argon. Inc, Madison. pp. 151-193.

Mulvaney, R. L., S.A. Khan, R.G. Hoeft and M.H. Brown. 2001. A Soil organic nitrogen fraction that reduces the need for nitrogen fertilization. Soil Sci. Am. J. 65: 1164-1172.

Nommik, H. 1965. Ammonium fixation and other reactions involving a nonenzymatic immobilization or mineral nitrogen in soil. In Bartholomew, W.V. and F.E. Clark. Soil Nitrogen. Amer. Soc. Of Argon. Inc, Madison. pp. 200-260.

O'Hara, G. W., N. Boonkerd and M. J. Dilworth. 1988. Mineral constraints to nitrogen fixation. Plant and Soil. 108 : 93-110.

Ongprasert, S. 1995. 20 years of alley cropping research and extension in slopes of northern Thailand. Proceedings of the Forumon Highland farming : Soil and the Future. Dec. 21-22. 1995. Chiangmai. Thailand. pp. 55-71.

Paul, E.J. and F.E. Clark. 1996. Soil Microbiology and Biochemistry. ACADEMIC PRESS. San Diego.pp.340.

Rerkasem, B., R. Netsangtip, J. F. Loneragan and R. W. Bell. 1987. Boron deficiency in grain legumes. *In* Proc. Int. Workshop on Food Legume Improvement in Asia Farmers System. Khon Kaen. Thailand. ACIAR. No. 18. p 267.

Singleton, P. W. and J. W. Tavares. 1986. Inoculation response of legumes in relation to the number and effectiveness of indigenous rhizobium populations. Appl. Environ. Mocrobiol. 51:1013-1018.

Syers, J.K. and E.T. Craswell. 1995. Role of Soil Organic Matter in Sustainable Agricultural Systems. Soil Organic Matter Management for Sustainable Agriculture.Australian Centre for International Agricultural Research Canberra. ACIAR PROCEEDINGS No.56, pp.7-14.

Thies, J. E., P. W. Singleton and B. B. Bahlool. 1999. Modeling symbiotic performance of introduced rhizobia in the field by use of indices of indigenous population size and nitrogen status of the soil. Appl. Environ. Microbiol. 57:29-37.

Thonnissen, D.J., J.K. Midmore, D.C. Ladha, Olk and U. Schmidhalter. Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. Argon. J.92:253-260.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. Mac. Millan Publishirs co., Inc. New York.pp.122-188.

Uri, V., K.Lohmus and H.Tullus.2003. Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (Alnus incana (L.) moench) plantation on abandoned agriculture land. For.Ecol.Manage.184:167-176.

Vincent, J.M. 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. Int. Biol. Programme Handb.15.Blackwell Scientific Publ., Oxford.pp73-101.

Weaver, R. W. and P. H. Graham. 1994.Legume nodule symbiosis. In Weaver, R. W. et al. (eds). Method of soil Analysis Part 2 Microbiological and Biochemical Properties. Soil. Sci. Soc. Amer., Inc. pp. 199-218.

Whelan, A. M. and M. Alexander. 1986. Effects of low pH and high Al, Mn and Fe levels on survival of Rhizobium trifolii and the nodulation of subteraranean clover. Plant and Soil. 97:363-371.

Woomer, P. L., P. W. Singleton and B. B. Bahlool. 1988. Reliability of the most probable number technique for enumerating rhiaobia in tropical soil. Appl. Environ. Microbiol. 54:1494-1497.

Yang ,J.E., E.O. Skogley, B.E. Schaff, and J.J. Kim.1998. A simple spectrophotometric determination of nitrate in water resin and soil extracts.Soil.Sci.Soc.Am.J.62:1108-1115.

Yousef, A. N., A. S. Al. Nessini, S. K. Al-Azawi and N. A. Hussain. 1989. Abundance of peanut rhizobia as effected by environmental condition in Iraq. SoilBiol. Biochem. 19:394-396.

รายงานการใช้งบประมาร

หมวด	จำนวนเงินที่ได้รับ(บาท)	จำนวนเงินที่ใช้ไป(บาท)
ค่าจ้างชั่คราว	120,000	120,000
ค่าใช้สอยและวัสดุ	112,000	112,000
สาธารณูปโภค	18,000	18,000
รวม	250,000	250,000

โครงการหลวง