

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาว

Basic Study on Native Strains of Yard Long Bean Rhizobia

วรรณณา สิ้นศิริ (Wantana Sinsiri)*

ดร. จักรกฤษณ์ หอมจันทร์ (Juckrit Homchan)**

ดร. บรรยง ทูมแสน (Bunyong Toomsan)***

ดร. เทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์ (Thepparit Tulaphitak)****

บทคัดย่อ

การศึกษาข้อมูลพื้นฐานของไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาว พบว่าเชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวพบทั้งชนิดที่เจริญเติบโตเร็ว (Fast growing) และเจริญเติบโตช้า (Slow-growing) จากการตรวจสอบปมรากของถั่วฝักยาวในแปลงปลูกของเกษตรกรพบว่า เชื้อไรโซเบียมมีทั้งชนิดที่มีประสิทธิภาพและไม่มีประสิทธิภาพ และชนิดที่มีประสิทธิภาพมีสัดส่วนที่สูงกว่าชนิดที่ไม่มีประสิทธิภาพอย่างชัดเจน นอกจากนี้ผลการศึกษายังชี้ว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองมีประชากรสูงที่สุดในพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวอย่างต่อเนื่องติดต่อกันเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 1 ปี และพื้นที่ที่ไม่เคยปลูกพืชตระกูลถั่วเลย

ABSTRACT

A study was conducted to acquire basic information of Yard Long Bean rhizobia. It was found that the root-nodule bacteria of Yard Long Bean were both fast-growing and slow-growing types. Investigation of field-grown Yard Long Beans showed that the proportion of root nodules infected by effective rhizobia was greater than those infected by ineffective strains. In addition, the results also indicated that the population of Yard Long Bean rhizobia in the area which yard Long Bean was grown continuously was higher than the area which Yard Long Bean was grown for one year and the area which has never been used for legume cultivation.

คำสำคัญ : เชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์เชื้อไรโซเบียม ถั่วฝักยาว

Keywords : Rhizobium, Strain of Rhizobium, Yard Long Bean

*นักศึกษาลัทธิสุตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***อาจารย์ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

****อาจารย์ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

แม้ว่าไรโซเบียมของถั่วฝักยาวได้ถูกจำแนกไว้ในกลุ่ม cowpea ซึ่งเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อแบบเจริญเติบโตช้า (Slow growing) หรือเป็นชนิด *Bradyrhizobium* ซึ่งโคโลนีจะปรากฏบนอาหารเลี้ยงเชื้อภายใน 5-10 วัน มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1 มิลลิเมตร และเปลี่ยนแปลงสีอาหาร YMA ที่ผสม Bromthymolblue จากสีเขียวเป็นสีฟ้า หรือแสดงสภาพเป็นด่าง (alkaline reaction) (Tikhonorich et al, 1995 ; Hisamatsu, 1995) แต่เนื่องจากปัจจุบันได้มีการปรับปรุงพันธุ์ถั่วฝักยาวขึ้นอีกหลายสายพันธุ์ โดยแบ่งถั่วฝักยาวออกเป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ ถั่วฝักยาวใช้ค้ำ ซึ่งมีขายตามท้องตลาดในพันธุ์ต่างๆ ทั่วไป และถั่วฝักยาวไร้ค้ำที่ได้จากการปรับปรุงพันธุ์ขึ้นใหม่ในสถาบันการศึกษา อาทิ พันธุ์ มข 25 และพันธุ์ มทส.1 เป็นต้น ประกอบกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อกิจกรรมการสร้างปมและกิจกรรมการตรึงไนโตรเจน เช่น ความอุดมสมบูรณ์ดิน การใช้สารเคมีเพื่อประกอบกิจกรรมทางการเกษตร การใช้พื้นที่ดินเพื่อปลูกพืชเหล่านี้ เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะมีผลต่อกิจกรรมของไรโซเบียมดังกล่าวแล้ว อาจมีผลต่อการกลายลักษณะบางประการของไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมือง ซึ่งงานวิจัยด้านไรโซเบียมในถั่วฝักยาวมีน้อย ดังนั้นการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นในเรื่องลักษณะการเจริญเติบโตของเชื้อไรโซเบียมถั่วฝักยาวสายพันธุ์พื้นเมือง การศึกษาสัดส่วนของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีประสิทธิภาพ (effective strain) ต่อเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่มีประสิทธิภาพ (ineffective strain) และการศึกษาอิทธิพลของพืชอาศัย (host) ที่มีผลต่อประชากรไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาว จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณา โดยข้อมูลที่ได้อาจส่งผลถึงการนำไปใช้ในการศึกษาขั้นสูงเพื่อพัฒนาการใช้ศักยภาพของเชื้อไรโซเบียมต่อไป ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อจำแนกการเจริญเติบโตของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวศึกษาสัดส่วนของไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวชนิดที่มีประสิทธิภาพ และชนิดที่ไม่มีประสิทธิภาพในสภาพแปลงปลูกถั่วฝักยาวในธรรมชาติ ตลอดจนศึกษา

อิทธิพลของพืชอาศัยต่อประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมือง เมื่อถั่วฝักยาวมีอายุแตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

1. การศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต

นำปมรากที่ได้จากถั่วฝักยาวชนิดใช้ค้ำ และชนิดไร้ค้ำจากแปลงเกษตรกรที่ปลูกถั่วฝักยาวใน 6 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดมหาสารคาม มาผ่านขั้นตอน Surface Sterilization จากนั้นบดปมให้แตก ใช้ปูนตะกั่ว Suspension (ของเหลวที่ได้จากการบดปมให้แตก) แล้ว streak ลงบนอาหาร YMA (Yeast Mannitol Agar) ที่เติม Bromthymol Blue ความเข้มข้น 25 ppm. (Somasegaran and Hoben, 1985) เพาะเลี้ยงไว้ที่อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นตรวจเช็คการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ ตรวจนับเวลาที่ปรากฏโคโลนีของไรโซเบียม (Tikhonorich et al, 1995) และตรวจลักษณะของโคโลนีเมื่อ 5 วัน ถ้าโคโลนีมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1 มิลลิเมตร หรือน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร เพื่อจำแนกว่าเป็น fast growing หรือ slow growing

2. การศึกษาสัดส่วนของสายพันธุ์ไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพต่อสายพันธุ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพในสภาพแปลงเกษตรกร

อาศัยหลักเกณฑ์การพิจารณาที่ว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์มีประสิทธิภาพเมื่อผ่าปมรากดูจะเห็นเป็นสีแดงหรือชมพูของสาร leghaemoglobin ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการตรึงไนโตรเจนโดยตรง และปมที่มีสีขาวซีดหรือเขียวอ่อนจะถือว่าเป็นปมที่เกิดจากไรโซเบียมสายพันธุ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ (นันทกร และจิระศักดิ์, 2535)

การดำเนินการศึกษา โดยการเก็บปมจากต้นถั่วฝักยาวชนิดใช้ค้ำ และชนิดไร้ค้ำ จากแปลงเกษตรกรที่ปลูกถั่วฝักยาวโดยไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม เมื่อถั่วฝักยาวอายุได้ประมาณ 35-40 วัน (ถั่วกำลังเริ่มออกดอก) ทำการสุ่มเก็บข้อมูลจากแปลงที่ปลูกถั่วฝักยาวใช้ค้ำ 5 ราย และจากแปลงที่ปลูกถั่วฝักยาวไร้ค้ำ 5 ราย โดยแต่ละรายของเกษตรกรถือเป็น 1 แปลง แต่ละแปลงจะเก็บข้อมูล 10 หลุม (10 ตัวอย่าง) แล้วนำปมที่เก็บได้จากแต่ละหลุมมาผ่าปมดูสีภายใน นำมาติดเป็นคำคะแนน

เฉลี่ยและค่าคะแนนร้อยละ

3. การศึกษาอิทธิพลของพืชอาศัย (host) ที่มีต่อประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาว

ปลูกถั่วฝักยาวใน 3 สภาพพื้นที่ คือ 1) ปลูกในพื้นที่ที่ไม่มีการปลูกพืชตระกูลถั่วมาก่อน 2) ปลูกในพื้นที่ที่ปลูกถั่วฝักยาวมาแล้ว 1 ปี 3) ปลูกในพื้นที่ที่ปลูกถั่วฝักยาวมาต่อเนื่อง 3 ปี เก็บดินที่เมื่อถั่วมีอายุครบ 30 วัน 60 วัน และ 90 วัน เป็นดินที่อยู่ในระยะระหว่างต้นในแถวปลูกที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร จำนวน 4 ตัวอย่างของแต่ละพื้นที่ปลูกแล้วนำมาตรวจนับประชากรไรโซเบียมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธี A Plant Infection Method (หรือเรียกว่า The Most Probable Number (MPN) Count) (Toomsan et al., 1984) แล้วนำมาคำนวณหาประชากรเชื้อไรโซเบียมในพื้นที่นั้นๆ

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ตารางที่ 1 แหล่งของปมรากถั่วฝักยาวและลักษณะการเจริญเติบโตบนอาหาร

Rhizobium		Growth rate	
Isolate	Location	Characteristic	
		Slow	Fast
1	หนองคาย	✓	-
2	หนองคาย	✓	-
3	ขอนแก่น	-	✓
4	ขอนแก่น	✓	-
5	ขอนแก่น	✓	-
6	ขอนแก่น	✓	-
7	ร้อยเอ็ด	✓	-
8	อุบลราชธานี	✓	-

9	อุบลราชธานี	✓	-
10	สกลนคร	✓	-
11	สกลนคร	-	✓
12	สกลนคร	✓	-
13	สกลนคร	-	✓
14	สกลนคร	-	✓
15	สกลนคร	-	✓
16	มหาสารคาม	✓	-
17	มหาสารคาม	-	✓
18	มหาสารคาม	-	✓
19	มหาสารคาม	✓	-
20	มหาสารคาม	✓	-
21	มหาสารคาม	✓	-
22	มหาสารคาม	✓	-
23	มหาสารคาม	-	✓
24	มหาสารคาม	✓	-
25	มหาสารคาม	-	✓
26	มหาสารคาม	✓	-
27	มหาสารคาม	-	✓
28	มหาสารคาม	-	✓
29	มหาสารคาม	-	✓
30	มหาสารคาม	-	✓
31	มหาสารคาม	-	✓
32	มหาสารคาม	-	✓
33	มหาสารคาม	✓	-
34	มหาสารคาม	✓	-
35	มหาสารคาม	✓	-
36	มหาสารคาม	-	✓
37	มหาสารคาม	-	✓
38	มหาสารคาม	-	✓
39	มหาสารคาม	✓	-
40	มหาสารคาม	✓	-
41	มหาสารคาม	-	✓
รวม		22	19

ตารางที่ 2 จำนวนร้อยละของเชื้อไรโซเบียมถั่วฝักยาวสายพันธุ์พื้นเมืองที่จัดแบ่งตามลักษณะการเจริญเติบโต

ลักษณะการเจริญเติบโต	จำนวน Isolate	ร้อยละ (%)
Fast growing	19	46
Slow growing	22	54
รวม	41	100

จากตารางที่ 1 และ 2 พบว่าไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวนั้นมีทั้งกลุ่มเจริญเติบโตเร็วและกลุ่มเจริญเติบโตช้า ซึ่งแตกต่างจากที่มีรายงานว่าไรโซเบียมถั่วฝักยาวเป็นชนิดเจริญเติบโตช้า (Somasegaran and Hoben, 1994) นอกจากนี้ในการศึกษาพบว่าสัดส่วนของไรโซเบียมชนิดเติบโตเร็วมีถึงร้อยละ 46 ขณะที่ชนิดเติบโตช้าพบร้อยละ 54 ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูกนั้นด้วย อย่างไรก็ตามงานทดลองนี้สอดคล้องกับ

รายงานของ Nurhayati, Diatloft and Hoult (1988) ซึ่งพบว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วเซตร้อนมีลักษณะการเจริญเติบโตบนอาหาร YMA เป็นชนิดเจริญเติบโตเร็ว ในขณะที่โต้แย้งกับรายงานของ Norris (1965) (อ้างถึงใน Nurhayati, Diatloft and Hoult, 1988) รายงานไว้ว่าไรโซเบียมของถั่วเซตร้อนเป็นชนิดการเจริญเติบโตช้าเพียงอย่างเดียว ในลักษณะที่ปรากฏบนอาหารเลี้ยงเชื้อและลักษณะโคโลนีที่ปรากฏให้เห็น

ตารางที่ 3 ค่าคะแนนร้อยละของปมที่มีประสิทธิภาพ (effective nodule) และปมที่ไม่มีประสิทธิภาพ (ineffective nodule) ของไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองในถั่วฝักยาวจังหวัดร้อยเอ็ด

ชนิดของถั่วฝักยาว	พื้นที่แปลงที่	ค่าคะแนนร้อยละของปม (%)	
		Effective nodule (E)	Ineffective nodule (I)
ถั่วฝักยาวไร่ค้าง	1	67.35	32.65
	2	63.54	36.54
	3	89.51	10.48
	4	81.22	18.79
	5	85.00	14.99
ค่าเฉลี่ย		77.32	22.69
ถั่วฝักยาวไร่ค้าง	1	91.41	8.59
	2	91.43	8.57
	3	61.16	38.05
	4	87.51	12.44
	5	69.63	30.34
ค่าเฉลี่ย		80.22	19.98

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าปมรากของถั่วฝักยาวไร่ค้างและไร่ค้างที่เกิดจากเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองมีทั้งชนิดที่มีประสิทธิภาพและไม่มีประสิทธิภาพ โดยพบว่าร้อยละของปมที่เกิดจากไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีประสิทธิภาพนั้นสูงกว่าปมที่เกิดจากไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่ไม่มีประสิทธิภาพทั้งชนิดถั่วฝักยาวไร่ค้างและถั่วฝักยาวไร่ค้าง ซึ่งมีรายงานทำนองเดียวกันว่าในสภาพเรือนทดลองที่ทดสอบไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วลิสง พบว่าไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วลิสงที่จัดอยู่ในกลุ่ม Cowpea ซึ่งจัดอยู่กลุ่มเดียวกับกลุ่มของถั่วฝักยาว เป็นไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพแตกต่างกัน

ทางสถิติตั้งแต่ประสิทธิภาพสูงสุดจนถึงต่ำสุด (วรรณ, 2532) และงานทดลองของ Nurhayati, Diatloff and Hoult (1988) พบว่า ไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่ศึกษาในประเทศอินโดนีเซียมีประสิทธิภาพสูง มีศักยภาพและการพัฒนาตัวได้สูง ไม่แตกต่างกับสายพันธุ์มาตรฐานทางการค้า (Commercial Strains) ซึ่งจะเห็นได้ว่าในสภาพตามธรรมชาติเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองยังถูกนำมาใช้ประโยชน์น้อย และสามารถนำศักยภาพที่มีอยู่มาพัฒนาต่อไปได้อีก ไม่เฉพาะแต่ต้องใช้เชื้อไรโซเบียมที่ต้องนำเข้าหรือใช้เฉพาะสายพันธุ์ทางการค้าเดิมอย่างเดียว แต่แนวการนำศักยภาพมาใช้ยังคงมีการศึกษาค้นคว้าต่อไป

ตารางที่ 4 อิทธิพลของพืชอาศัยต่อประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองในถั่วฝักยาวที่ปลูกในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน เมื่อถั่วฝักยาวมีอายุ 30 60 และ 90 วัน

สภาพพื้นที่ปลูก	MPN/Unit Original Sample เมื่อถั่วฝักยาวมีอายุ (cells/g ดิน)			ค่าเฉลี่ย
	30	60	90	
พื้นที่ที่ไม่เคยปลูกพืชตระกูลถั่ว	2,018	453	704	1,054
พื้นที่ปลูกถั่วฝักยาว 1 ปี	6,415	5,561	3,028	4,668
พื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวต่อเนื่อง 3 ปี	42,100	14,618	13,408	23,374
ค่าเฉลี่ย	16,844.33	6,877.33	5,713.3	9,698.67

จากตารางที่ 4 พบว่า พืชอาศัยมีอิทธิพลต่อประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมือง โดยประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองจะมีปริมาณสูงที่สุด เมื่อพื้นที่นั้นปลูกถั่วฝักยาวอย่างต่อเนื่องติดต่อกัน รองลงมาคือพื้นที่ที่ปลูกถั่วฝักยาว 1 ปี และประชากรต่ำสุดเมื่อพื้นที่นั้นๆ ไม่เคยปลูกพืชตระกูลถั่วมาก่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Luangchaisri (1995) ที่พบว่าการปลูกถั่วเหลืองอย่างต่อเนื่องจะทำให้ประชากรของเชื้อไรโซเบียมถั่วเหลืองสูง ทำให้การใส่ไรโซเบียมลงไปในดินไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อไรโซเบียม ซึ่งเป็นการชี้ให้เห็นว่าถ้าสามารถดำรงเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนไว้ในดิน ก็ไม่มีความจำเป็นต้องใส่หรือคลุกเชื้อทุกปี แต่ทั้งนี้ต้องมีการตรวจสอบว่าเชื้อนั้นยังคงเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการแก่งแย่งสูงจำนวนมาก สามารถชักนำให้เกิดสายพันธุ์ใหม่ ๆ ขึ้นภายหลังได้ (มรกต, 2539)

และจากตารางที่ 4 พบว่าประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองในถั่วฝักยาวมีปริมาณมากเมื่อถั่วฝักยาวอายุ 30 60 และ 90 วัน ตามลำดับ ทุกสภาพพื้นที่ปลูก ทั้งนี้อาจด้วยเหตุผลที่ว่าเมื่อถั่วฝักยาวมีอายุ 30 วัน นั้น สารอาหารจาก root exudate ที่ปลดปล่อยออกมาจะมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไรโซเบียมในบริเวณรอบรากได้มากกว่าเมื่อถั่วฝักยาวอายุ 60 และ

90 วัน ตามลำดับ ซึ่งสาร exudate นั้น อาจมีผลทั้งกระตุ้นหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่อยู่บริเวณรอบรากพืชได้ (Anderson and Ingram, 1993) จึงอาจเป็นไปได้ว่าเมื่อพืชมีระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน สาร exudate ที่ปลดปล่อยออกมามีความแตกต่างกัน ซึ่งมีระยะถั่วฝักยาวอายุ 30 วัน อาจส่งผลกระตุ้นการเจริญเติบโตต่อเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองได้มากกว่าระยะ 60 หรือ 90 วัน

สรุปผลการทดลอง

ผลการศึกษาสรุปได้ว่าไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาว มีทั้งชนิดการเจริญเติบโตเร็วและการเจริญเติบโตช้า ในสภาพแปลงเกษตรกรสามารถพบไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองทั้งชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงและมีประสิทธิภาพต่ำ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาอยู่ในระยะที่ต้นถั่วฝักยาวกำลังออกดอก ซึ่งจะพบว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีประสิทธิภาพสูง มีสัดส่วนที่มากกว่าเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองที่มีประสิทธิภาพต่ำ ประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวจะมีสูงในพื้นที่ที่ปลูกถั่วฝักยาวอย่างต่อเนื่อง และพบว่าเมื่อถั่วฝักยาวมีอายุในช่วง 30 วัน จะพบประชากรของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์พื้นเมืองของถั่วฝักยาวสูงกว่าเมื่อถั่วมีอายุ 60 หรือ 90 วัน ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาประชากรของเชื้อไรโซเบียมในพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวอย่างต่อเนื่องว่าเชื้อไรโซเบียมดังกล่าวมีส่วนของเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่อเชื้อไม่มีประสิทธิภาพ มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

2. ควรมีการศึกษาหาแนวทางในการดำรงเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพไว้ในดินโดยใช้พืชอาศัยอื่นๆ ที่ไม่ใช่ถั่วฝักยาว ซึ่งอาจจะเป็นวัชพืชตระกูลถั่ว หรือถั่วอื่นๆ ที่ปลูกง่ายในพื้นที่เป้าหมาย และประเมินติดตามเชื้อที่มีประสิทธิภาพต่อไปว่าเป็นอย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- นันทกร บุญเกิด และจิระศักดิ์ อรุณศรี. 2535. **ชีววิทยาของเชื้อไรโซเบียมและเทคนิคการใช้เชื้อไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพ**. กรุงเทพฯ : กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- มรกต ดันติเจริญ. 2539. เทคโนโลยีชีวภาพกับการพัฒนาที่ยั่งยืน. เอกสารการประชุมวิชาการเนื่องในโอกาสครบรอบ 10 ปี ของการก่อตั้งคณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วันที่ 8-9 สิงหาคม 2539. ณ โรงแรมเจริญธานี ปรีณเชส. จังหวัดขอนแก่น.
- วรรณภา สิ้นศิริ. 2532. การตอบสนองของถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-1 ต่อเชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์พื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตพืชไร่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Anderson, J.M. and Ingram, J.S.I. 1993. Tropical soil biology and fertility. **C.A.B. Environmental Microbiology**. 50(3): 732-734.
- Hisamatsu, M. 1995. Structures and functions of polysaccharides related to plants. JICA short-term Expert (07/12/1995-12/01/1995) for Chiang Mai University Plant Biotechnology Research Project.
- Luangchaisri, N. 1995. Ecological studies and symbiotic performance of soybean rhizobia under different cropping systems in north-east Thailand. Ph.D. Thesis, Graduate School, UPLB Los Banos.
- Nurhayati, D.P. ; Diatloff, I.A. and Hoult, E.M. 1988. The effectiveness of some Indonesian strains of rhizobium on four tropical legumes. **Plant and Soil**. 108: 171-177.
- Somasegaran, P. and Hoben, H.J. 1994. **Handbook for rhizobia : Method in legume-rhizobium technology**. New York: Springer-Verlag.
- Tikhonovich, I.A.; Provorow, A.; Vassily, I. ; Romanov, I. and Newton, W.E. 1995. **Nitrogen fixation fundamentals and application**. London: Kluwer academic Publishers.
- Toomsan, B.; Rupela, O.P.; Mittal, S.; Dart, P.J. and Clark, K.W. 1984. Counting cicer-rhizobium using a plant infection technique. **Sili Biol. Biochem**. 16(5): 503-507.