BRT 540082

วิทยานิพนธ์

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน

INFLUENCE OF CHANGING IN ECOSYSTEMS ON RHIZOBIAL POPULATION IN SOIL

นางสาวพิกุล หรรษานิมิตกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. ๒๕๔๙

308/2544

RECEIVED

BY [illegible] DATE 23/4/44

โครงการ BRT ชั้น 15 อาคารมหานครยิบซั่ม
539/2 ถนนศรีอยุธยา เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน

Influence of Changing in Ecosystems on Rhizobial Population in Soil

นามผู้วิจัย นางสาวพิกุล หรรษานิมิตกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบให้เป็นวิทยานิพนธ์ระดับ ดี

โดย ประธานกรรมการ .....

(อาจารย์ชวลิต ฮงประยูร, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์นันทกร บุญเกิด, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์ปราโมทย์ ศิริโรจน์, D.Agr.Sci.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(อาจารย์ชวลิต ฮงประยูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(ศาสตราจารย์ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 26 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2544

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน

Influence of Changing in Ecosystems on Rhizobial Population in Soil

โดย

นางสาวพิกุล หรรษานิมิตกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2544

ISBN 974-461-553-2

พิกุล หรรษานิมิตกุล 2544 : อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา : อาจารย์ชวลิต ฮงประยูร
Ph.D. 111 หน้า
ISBN 974-461-553-2

ประชากรไรโซเบียมในดิน มีบทบาทสำคัญต่อการเกิดปมรากถั่ว และการตรึงไนโตรเจนในแต่ละระบบนิเวศ จึงได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณประชากรไรโซเบียมในสภาพนิเวศที่ต่างกันคือ สภาพนิเวศในพื้นที่ราบ และสภาพนิเวศในพื้นที่ภูเขา ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรภายในวัฏจักรของฤดูกาลที่ศึกษาเป็นเวลา 2 ปี

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณประชากรในแต่ละสภาพนิเวศมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในระบบนิเวศที่เป็นพื้นที่เขาซึ่งทำการเกษตร พื้นที่เชิงเขาของเขาใหญ่และพื้นที่กลางเขาของดอยอินทนนท์ มีปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงที่สุด ในระบบนิเวศของพื้นที่ราบ พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวและพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่องมีปริมาณประชากรสูงกว่าพื้นที่รกร้างว่างเปล่าและพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่องตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินมีอิทธิพลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลของฤดูกาลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม พบว่า ในระบบนิเวศที่แตกต่างกัน ปริมาณไรโซเบียมจะลดลงในฤดูหนาวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำ และปริมาณประชากรไรโซเบียมจะเพิ่มขึ้นในฤดูฝนและฤดูร้อน ปริมาณประชากรไรโซเบียมจะมีมากที่สุดในฤดูร้อน ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับปริมาณประชากรไรโซเบียมคือ ความชื้นในดิน และช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียสมีปริมาณประชากรไรโซเบียมมากที่สุด พื้นที่ที่มีความชื้นในดินต่ำจะมีปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงกว่าพื้นที่ที่มีความชื้นในดินสูง สำหรับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ขึ้นจะอยู่กับแต่ละสภาพนิเวศ

พิกุล หรรษานิมิตกุล — ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่อประธานกรรมการ — 22 / มี.ค. / 44

Pikul Hunsanimitkul 2001 : Influence of Changing in Ecosystems on Rhizobial Population in Soil. Master of Science (Agriculture), Major Field Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor : Mr. Chawalit Hongprayoon, Ph.D. 111 pages.
ISBN 974-461-553-2

Rhizobial population in soil play on important role in legume nodulation and nitrogen fixation in each ecosystem. The study of effect of changing in ecosystem on rhizobial population was conducted. The population of rhizobium in different ecosystems including flat land ecosystems and mountain ecosystems were compared. Population dynamics of rhizobium under seasonal cycle were also studied for 2 years.

It was found that populations from different ecosystems differ significantly. In cultivated mountain ecosystem, the population at foothill of Khaoyai mountain and at the middle of Doi Intanon mountain were found to have higher population than others. In the flat land ecosystems, the rotation between rice and other crops showed higher population than abandoned area with natural vegetation and the area of continually growing rice. The result showed that land uses have significantly effect on rhizobium population in flat land ecosystems.

Season was also has the effect on the rhizobium population. It was found that in different ecosystems, the population was decreased in winter, which has low temperature and increased in rainy season and summer. The population in summer was highest. The factors that showed significant effect in population were temperature and soil moisture. The population was highest at temperature between 28 - 35 degree Celcius. Lower soil moisture was found to have higher population than higher soil moisture. Effect of other environmental factors on population were varied depend on each ecosystem.

Pikul Hunsanimitkul — Student's signature

Thesis Advisor's signature — 22 / 3 / 2001

คำนิยม

งานทดลองของวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการทดลองในสองหน่วยงานคือ ห้องปฏิบัติการกลาง กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และห้องปฏิบัติการงานวิจัยไรโซเบียม กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยมีแหล่งเงินทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้ และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.ชวลิต ฮงประยูธ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ดร.นันทกร บุญเกิด กรรมการสาขาวิชาเอก ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์ กรรมการสาขาวิชารอง ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับการศึกษาและการวิจัย ตลอดจนเรียบเรียงวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ ดร.อุทัยวรรณ แสงวณิช ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณนักวิจัยห้องปฏิบัติการไรโซเบียม กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ภายใต้การควบคุมของ นายสมศักดิ์ โคตรพงศ์ ดร. อัจฉรา นันทกิจ และคุณศิริลักษณ์ จิตรอักษร ที่ให้การสนับสนุนและคำปรึกษา

ขอขอบคุณ คุณพิสมัย โพธิ์ศรี และคุณอนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ รวมถึงนิสิต บุคคลากรภาควิชาปฐพีวิทยาทุกคนที่ได้ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจอย่างดีมาตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ และ คุณอาที่ให้การสนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าอย่างดีมาตลอด

พิกุล หรรษานิมิตกุล

มีนาคม 2544

สารบาญ

	หน้า
สารบาญ	(1)
สารบาญตาราง	(2)
สารบาญภาพ	(5)
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	23
สรุป	80
เอกสารอ้างอิง	81
ภาคผนวก	86

สารบาญตาราง

ตารางผนวกที่		หน้า
1	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 1	87
2	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 2	88
3	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 3	89
4	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 4	90
5	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 5	91
6	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 6	92
7	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 7	93
8	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 8	94

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
9	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 9	95
10	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 10	96
11	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 11	97
12	แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 12	98
13	แสดงปริมาณไรโซเบียมในแต่ละตำรับการทดลองจากการเก็บตัวอย่างดิน 12 ครั้ง	99
14	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคกลางในแต่ละเดือนในช่วงพ.ศ. 2540-2542	101
15	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคเหนือในแต่ละเดือนในช่วงพ.ศ. 2540-2542	102
16	แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในแต่ละเดือนในช่วงพ.ศ. 2540-2542	103
17	สูตรอาหารปลูกถั่วที่ปราศจากไนโตรเจน (N – Free solution)	104
18	จำนวนไรโซเบียมที่ประเมินโดยวิธี plant infection count (Vincent, 1970)	105
19	แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคกลางและพืชพรรณที่พบ	106
20	แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคเหนือและพืชพรรณที่พบ	107

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ หน้า

21 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพืชพรรณที่พบ 108

22 คุณสมบัติของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, เนื้อดิน, pH, อินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัส, พอแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม 109

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วิธีทำ MPN-plant infection technique ใน pouch ที่วางบนชั้นแสง	22
2	การติดปมของต้นถั่วที่ได้จากการนับปริมาณโดยวิธี MPN-plant infection technique	22
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณยอดเขา จากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในฤดูกาลต่าง ๆ	23
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณกลางเขา จากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในฤดูกาลต่าง ๆ	25
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณเชิงเขา จากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในฤดูกาลต่าง ๆ	26
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกไร่อย่างต่อเนื่อง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ในฤดูกาลต่าง ๆ	27
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ในฤดูกาลต่าง ๆ	28
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่ข้าว อ.สรรพยา ปลูกพืชไร่สลับ จ.ชัยนาท ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	30
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่า จ.ชัยนาท นครสวรรค์ และสิงห์บุรี ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	31
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ยอดดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	32
11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่กลางดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	33
12	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่เชิงดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	34
13	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	36

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	37
15	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว จ.เชียงใหม่ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	38
16	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่าจ. เชียงใหมในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	39
17	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ยอดเขายอดภูเรือ จ.เลย ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	41
18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่กลางเขายอดภูเรือ จ.เลย ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	42
19	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่เชิงเขายอดภูเรือ จ.เลย ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	43
20	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง อ.เมือง จ.นครราชสีมา ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	44
21	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง อ. ปักธงชัย จ.นครราชสีมา ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	46
22	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมาในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	47
23	การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่า อ.เมือง จ.นครราชสีมา ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ	48
24	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 (เดือนกรกฎาคม 2540)	55
25	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (เดือนกันยายน 2540)	56
26	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 (เดือนพฤศจิกายน 2540)	57

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
27	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 4 (เดือนมกราคม 2541)	59
28	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 5 (เดือนมีนาคม 2541)	60
29	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 6 (เดือนพฤษภาคม 2541)	62
30	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 7 (เดือนกรกฎาคม 2541)	63
31	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 8 (เดือนกันยายน 2541)	65
32	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 9 (เดือนพฤศจิกายน 2541)	66
33	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 10 (เดือนมกราคม 2542)	67
34	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 11 (เดือนมีนาคม 2542)	69
35	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 12 (เดือนพฤษภาคม 2542)	70
36	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่1, 7 (เดือนกรกฎาคม 2540 และ 2541)	73
37	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2, 8 (เดือนกันยายน 2540 และ 2541)	74
38	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3, 9 (เดือนพฤศจิกายน 2540 และ 2541)	74
39	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 4, 10 (เดือนมกราคม 2541 และ 2542)	75

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
40	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 5, 11 (เดือนมีนาคม 2541 และ 2542)	75
41	ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 6, 12 (เดือนพฤษภาคม 2541 และ 2542)	76

อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียมในดิน

Influence of Changing in Ecosystems on Rhizobial Population in Soil

คำนำ

ไรโซเบียมเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความสามารถในการสร้างปมที่รากพืชตระกูลถั่ว แบคทีเรียภายในปมจะทำการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ และให้ไนโตรเจนที่ได้แก่พืชอาศัย ซึ่งเป็นแหล่งไนโตรเจนที่ไม่มีขอบเขตจำกัด (Hartmann และ Amarge, 1991) ดังนั้นจึงมีการคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยการนำเชื้อไรโซเบียมมาคลุกกับถั่วก่อนปลูกเพื่อเพิ่มผลผลิต เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีความสามารถในการเข้าสร้างปมในพืชตระกูลถั่วได้แตกต่างกันไป บางสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูง แต่บางสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนต่ำ การคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้เป็นการช่วยให้พืชเพิ่มผลผลิตแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้ โดยทั่วไปไรโซเบียมจะอาศัยอยู่ในดินที่มีพืชตระกูลถั่วหรือไม่มีพืชตระกูลถั่วก็ได้ ไรโซเบียมที่อยู่อย่างอิสระในดินสามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนในดินเป็นอาหารโดยไม่ทำการตรึงไนโตรเจน แต่หากมีพืชตระกูลถั่วที่เป็นพืชอาศัยของไรโซเบียมขึ้นในดินนั้นไรโซเบียมก็สามารถเพิ่มปริมาณขึ้นมาในบริเวณรากถั่วและเข้าไปทำให้เกิดปมราก ซึ่งทำให้สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ในช่วงที่มีพืชอาศัยนี้ไรโซเบียมจึงสามารถเพิ่มปริมาณได้มาก (Singleton และคณะ, 1990) สภาพแวดล้อมต่างๆในดินจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อปริมาณหรือการรอดชีวิตของไรโซเบียมในดิน ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และการระบายอากาศของดินเป็นต้น (Bordeleau และ Prevost, 1994)

เนื่องจากปริมาณประชากรไรโซเบียมที่มีอยู่ในดินมีความสำคัญต่อปริมาณการเกิดปมของต้นถั่ว และปริมาณการตรึงไนโตรเจนของต้นพืชที่จะมาเจริญเติบโตในพื้นที่เป็นอย่างยิ่ง การศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของไรโซเบียมตามฤดูกาลในนิเวศต่างๆ หรืออิทธิพลของสภาพแวดล้อมในแต่ละระบบนิเวศ ที่มีผลต่อระดับปริมาณของไรโซเบียมในดิน จึงเพิ่มข้อมูลสำคัญที่ทำให้เข้าใจถึงการผันแปรของปริมาณไรโซเบียมในดิน ไรโซเบียมที่อยู่อย่างอิสระในดินสามารถเข้าสู่รากพืชตระกูลถั่วและสร้างปมช่วยตรึงไนโตรเจนได้เช่นเดียวกัน

แต่ก็มีปัจจัยบางอย่างที่ทำให้ไรโซเบียมในดินลดลงคือปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมบางชนิด เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม การระบายอากาศ เป็นต้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากฤดูกาล

2. เพื่อศึกษาปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากการใช้ที่ดิน

3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน

การตรวจเอกสาร

1. ไรโซเบียม

ไรโซเบียม เป็นแบคทีเรียที่อยู่ในวงศ์ Rhizobiaceae ลักษณะเป็นท่อน มีขนาดประมาณ 0.5-0.9 x 1.2-3.0 ไมโครเมตร ติดสีแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ เคลื่อนที่ได้โดยใช้แส้ (flagella) แบบ polar หรือ sub-polar (Jordan, 1984; Alexander,1967) ไรโซเบียมที่อยู่ในดินมีลักษณะเป็นท่อนหรือกลมขนาดเล็ก อาจมีแส้หรือไม่มีแส้ ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต (Walker, 1975) แต่ก็สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนน้อยได้ เช่น ในสภาพน้ำขังตลอดฤดูการทำนา และสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ตามปกติในกรณีที่มีการปลูกพืชตระกูลถั่วหลังจากการทำนา (เธียรชัย, 2531) คุณสมบัติที่สำคัญของไรโซเบียมคือ สามารถทำให้เกิดปมในรากพืชตระกูลถั่วและตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ซึ่งพืชตระกูลถั่วและไรโซเบียมมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis)

2. การจำแนกสกุลและอนุกรมวิธานของไรโซเบียม

การจำแนกชนิดของไรโซเบียมนั้นเกิดขึ้นมานานแล้ว ซึ่งในอดีตได้มีการใช้หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ในการจำแนกชนิดของไรโซเบียม สมศักดิ์ (2541) ได้รวบรวมวิธีการจำแนกชนิดของไรโซเบียมต่าง ๆ ไว้มากมาย คือ การจำแนกตามแบบ Breed และคณะ (1975) การจำแนกโดยอาศัย litmus milk การจำแนกตามกลุ่มของพืชตระกูลถั่วที่เกิดปม (cross-inoculation group) ซึ่งเป็นกลุ่มของพืชตระกูลถั่วที่สามารถเกิดปมเมื่อได้รับเชื้อไรโซเบียมชนิดใดชนิดหนึ่งที่มีความจำเพาะ (specificity) ต่อพืชตระกูลถั่วกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง การจำแนกวิธีนี้มักไม่แน่นอนเนื่องจากไรโซเบียมสายพันธุ์หนึ่งมักสามารถทำให้เกิดปมกับพืชตระกูลถั่วได้หลายกลุ่ม นอกจากนี้ยังมีการจำแนกไรโซเบียมตามความสามารถในการผลิตกรดผลิตด่างบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Yeast extract-mannitol agar ที่มี brom thymol blue เป็น pH indicator การจำแนกโดยอาศัย สัดส่วนของเบสในดีเอ็นเอ (DNA base ratio) และ ดีเอ็นเอไฮบริไดเซชัน (DNA hybridization) และการจำแนกโดยวิธี numerical technique อย่างไรก็ตามวิธีการจำแนกชนิดของไรโซเบียมยังคงมีการปรับปรุงแก้ไขกันเรื่อยมาตามเทคนิคใหม่ ๆ ที่ได้พัฒนาขึ้นมา

การจำแนกตาม Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Jordan, 1984) จัดให้ไรโซเบียมอยู่ในวงศ์ Rhizobiaceae แบ่งเป็น 2 สกุลคือ Rhizobium และ Bradyrhizobium จำแนกตามอัตราการเจริญเติบโตบนอาหารวุ้น Rhizobiumเป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตเร็ว โคโลนีบนอาหารวุ้นจะปรากฏภายใน 3-5 วัน ส่วน Bradyrhizobium เป็นพวกที่เจริญเติบโตช้า โคโลนีจะปรากฏภายใน 5-10 วัน (Jordan,1984) ต่อมามีการจำแนกเพิ่มเติม และได้จำแนกไรโซเบียมเพิ่มขึ้นอีก 2 สกุล คือ Azorhizobium (Dreyfus และคณะ,1988) และ Sinorhizobium (Chenและคณะ,1988)

อนุกรมวิธานของไรโซเบียมนั้นได้เปลี่ยนแปลงไปตามเทคนิคที่ใช้จำแนก ซึ่งในปัจจุบันได้ใช้วิธีทางด้านโมเลกุล การดูลำดับของ ดีเอ็นเอ (DNA sequencing) การเข้าคู่กันของ ดีเอ็นเอ (DNA-DNA hybridization) การใช้ไรโบโซมอล อาร์เอ็นเอ (rRNA : SSU or 16S rRNA) ซึ่งทำให้สามารถแยกสายพันธุ์ของไรโซเบียมออกได้อย่างถูกต้อง อนุกรมวิธานจริงจึงได้เปลี่ยนแปลงเรื่อยมาตั้งแต่ Bergey's Manual (Jordan, 1984) จนถึงปัจจุบัน ซึ่ง Yong (1996) ได้แบ่งไรโซเบียมออกเป็น 5 สกุลดังนี้

1. สกุล Azorhizobium ในสกุลนี้มีเพียง 1 species คือ *Azorhizobium caulinodans* เป็นไรโซเบียมของโสนอัฟริกัน มีปมทั้งที่ลำต้นและราก

2. สกุล Bradyrhizobium สายพันธุ์ในสกุลนี้ทั้งหมดเป็นไรโซเบียมของถั่วเหลือง ซึ่งเป็นที่รู้จักใน species *B. japonicum* ซึ่งต่อมาได้มีการใช้เทคนิคของการเข้าคู่กันของ DNA ทำให้แยกเป็น species ใหม่ขึ้นมาคือ *B. elkanii* , *B. liaoningensa* และ *Bradyrhizobium sp.*

3. สกุล Rhizobium คือ *R. leguminosarum* , *R. meliloti* , *R. loti* และ R. *galeage* แต่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มใหม่เป็น *R. leguminosarum* , *R. tropici* , *R. etli*

3. สกุล Sinorhizobium ได้มีการเสนอให้ *R. meliloti* , *R. fredii* อยู่ในสกุล Sinorhizobium ทำให้สกุลนี้ประกอบไปด้วย *S. meliloti* , *S. fredii* , *S. saheli* และ *S. teranga*

5. สกุล Mesorhizobium เป็นสกุลใหม่ถูกจัดไว้เป็นสกุลของไรโซเบียมในปี 1995 โดย Lindstrom et al. (1995) ชื่อที่ตั้งมาจากการเจริญบนอาหารในห้องปฏิบัติการเป็นพวกมีอัตราการเจริญอยู่ช่วงกลางระหว่างพวกเจริญเติบโตเร็ว (*Rhizobium*) และพวกเจริญเติบโตช้า (*Bradyrhizobium)* ประกอบด้วย *M. loti* , *M. huakuii* , *M. cieeri* , *M. tianshanense* และ *M. mediterraneum.*

3. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว</u>

ไรโซเบียมเป็นจุลินทรีย์ดินที่สามารถอาศัยอยู่อย่างอิสระในดินได้ หรืออาจจะเข้าสู่รากพืชตระกูลถั่วทำให้เกิดปมได้ เป็นความสัมพันธ์กันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) กล่าวคือ ไรโซเบียมจะทำให้รากพืชตระกูลถั่วเกิดปม (nodule) เป็นที่อาศัยและแหล่งอาหารในการดำรงชีพ ในขณะเดียวกันไรโซเบียมเองก็จะตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาสร้างสารประกอบไนโตรเจนที่ทั้งพืชและไรโซเบียมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ความสัมพันธ์จะเป็นไปอย่างเฉพาะเจาะจง (เธียรชัย, 2531)

ไรโซเบียมแต่ละชนิดมักจะเกิดปมกับกลุ่มพืชตระกูลถั่วที่จำกัดเฉพาะกลุ่มเท่านั้น (Mulder และคณะ,1969; Ausubel,1984) กลุ่มของพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเกิดปมกับไรโซเบียมชนิดเดียวกันได้เรียกว่า cross inoculation group ไรโซเบียมแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนได้ไม่เท่ากัน แม้แต่ในชนิดเดียวกันประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนยังต่างกันรวมไปถึงสายพันธุ์ของไรโซเบียม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยพื้นฐานที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินกิจกรรมร่วมกันระหว่างไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว และที่สำคัญที่สุดคือ ความจำเพาะเจาะจงกันระหว่างพืชตระกูลถั่วและไรโซเบียม

4. <u>การเข้ารากและการเกิดปม</u>

กลไกที่ไรโซเบียมเข้าสู่รากพืชตระกูลถั่วนั้นเริ่มจาก การที่เซลล์ของรากพืชปล่อยสารพวก flavanoid หรือ isoflavanoid สารนี้จะไปกระตุ้นกลุ่มของยีนที่ควบคุมการสร้างปม (nodulation genes : *nod*) ในเซลล์ไรโซเบียมให้มีการแสดงผลออกมา แล้วจึงเริ่มผลิตเอนไซม์ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสารพวก lipooligosaccharide โดยถูกควบคุมการสร้างจากกลุ่มของ *nod*

gene หรือ *nod* factor ซึ่ง *nod* factor จะทำให้รากพืชเริ่มโค้งงอ ขณะเดียวกันไรโซเบียมก็เคลื่อนตัวเข้าสู่เนื้อเยื่อของรากตามส่วนเนื้อเยื่อที่เรียกว่า คอร์เทกซ์ (cortex) โดยจะสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า infection thread แทรกตัวเข้าไปในรากพืช และในที่สุดก็ถูกปลดปล่อยเข้าไปในเซลล์รากพืช ในส่วนของเซลล์คอร์เทกซ์แล้วมันจะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วภายในผนังหุ้มเซลล์หรือถุงเซลล์ (vesicles) ทั้งถุงเซลล์และไรโซเบียมทำการเพิ่มปริมาณไปพร้อม ๆ กันจนถึงขั้นสุดท้ายผนังหุ้มจะหยุดการแบ่งตัวไรโซเบียมเพิ่มปริมาณต่อไปจนกระทั่งเต็มเซลล์ของพืช หลังจากนั้นไรโซเบียมจะเข้าสู่วัยที่เจริญสมบูรณ์เต็มที่ ซึ่งเป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระวิทยาและชีวเคมีเพื่อเปลี่ยนรูปเป็นแบคทีรอยด์ (bacteriods) ซึ่งสามารถทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนได้ ลักษณะของปมถั่วมีรูปร่างแตกต่างกัน เปลี่ยนแปลงตามชนิดของถั่ว โดยทั่ว ๆ ไปรูปร่างปมจะอยู่ในลักษณะต่าง ๆ คือ ลักษณะกลม กลมรี กลมยาวปลายหยัก รูปกัลปังหา รูปพัด (นันทกร และจริยา, 2534; Teaumroong และ Boonkerd, 1996)

กลุ่มของยีนที่มีบทบาทต่อการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันระหว่างไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วนั้นสามารถจำแนกได้ดังนี้คือ

1. กลุ่มของ *nod* gene ในกลุ่มของไรโซเบียมที่เจริญเร็วนั้นกลุ่มของ *nod* gene จะพบอยู่บนพลาสมิด (plasmid) ขนาดใหญ่ที่เรียกว่า pSym ส่วนในกลุ่มของไรโซเบียมเจริญช้า *nod* gene จะแทรกตัวอยู่บนโครโมโซม ในไรโซเบียมทุกสายพันธุ์จะพบกลุ่มของ *nod* gene อยู่ 2 กลุ่มคือ ส่วนที่เป็น *nod* ABCIJ หรือเรียกว่า common *nod* gene ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งที่พบว่ามีความเกี่ยวข้องกับความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของพืชเรียกว่า specific *nod* gene ซึ่งก็ได้แก่ *nod* DFEGHL *nod* geneมีบทบาทต่อการก่อให้เกิดปมรากถั่วอย่างใกล้ชิด เริ่มจากการที่รากพืชปล่อยสาร flavanoid ที่จะกระตุ้นให้ยีน *nod* D สร้างโปรตีนที่เรียกว่า regulatory *nod* D protein โดยมักพบอยู่ที่บริเวณผนังเซลล์ด้านในของไรโซเบียม หน้าที่ที่สำคัญที่สุดคือเป็นส่วนที่แสดงให้เห็นถึงความจำเพาะเจาะจงต่อสายพันธุ์ของไรโซเบียมและชนิดของพืช โดยมีกลไกพอสังเขปดังนี้ Nod D protein อาจเป็นตัวที่เรียกได้ว่าเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดกระบวนการถอดรหัสบน DNA โดยที่จะเข้าเกาะกับ DNA ในส่วนที่ลำดับเบสมีลักษณะเป็น conserved DNA sequence บริเวณนี้เองที่เรียกว่า *nod* box ของ *nod* operons ที่ปลายโมเลกุลของ Nod D protein ซึ่งมีอะตอมของคาร์บอนเกาะอยู่จะเป็นส่วนที่มีความจำเพาะเจาะจงสูงต่อ flavanoid ในขณะที่อีกปลายหนึ่งมีอะตอมของไนโตรเจนเกาะอยู่จะทำหน้าที่จับกับ *nod* box

ดังนั้นเมื่อ flavanoid ที่ปล่อยจากรากของพืชออกมากระตุ้นให้กลุ่มของยีน *nod* มีการแสดงออก เซลล์ของไรโซเบียมก็จะเข้าสัมผัสที่บริเวณของราก การเข้าไปจับเกาะที่ผิวรากนั้นอาจเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะคือ เข้าจับเกาะอย่างหลวม ๆ ที่บริเวณที่เป็นส่วนตัวรับ (receptor) ซึ่งมักเป็นสารพวก เลคติน (lectin) หรือ ไกลโคโปรตีน (glycoprotein) ของรากโดยใช้โปรตีนที่ผนังเซลล์ของไรโซเบียมเองโปรตีนนี้เรียกว่า ไรคาเดซิน (rhicadesin) อีกลักษณะหนึ่งของการจับเกาะคือ ไรโซเบียมจะเกาะกับผิวรากแบบกระชับขึ้นโดยใช้ส่วนของผนังเซลล์ที่เรียกว่า ฟิมบริ (fimbriae) ซึ่งมีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลส จากนั้นเซลล์ของไรโซเบียมก็จะเข้าสู่เซลล์ของรากที่บริเวณตอนปลายสุดของราก เพราะบริเวณตอนปลายของรากจะมีผนังเซลล์ค่อนข้างบางและมีส่วนที่เป็นส่วนโยง (cross link) ค่อนข้างน้อยทำให้ง่ายต่อการเข้าสู่เซลล์ราก

2. กลุ่มของ *nif* gene มีบทบาทสำคัญต่อโปรตีนที่สำคัญที่สุดในกระบวนการตรึงไนโตรเจน ซึ่งได้แก่ เอนไซม์ไนโตรจีเนส (nitrogenase) รวมไปถึงหน่วยย่อยต่างๆของเอนไซม์ ไนโตรจีเนสโดยทั่วไปประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นโปรตีนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็น iron protein (Fe protein) และ molybdenum-iron protein (MoFe protein) โดยทั้งสองส่วนนี้จะช่วยกันสร้างกระบวนการที่เรียกว่า ATP dependent reduction ทำให้ก๊าซไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนีย

บทบาทหน้าที่ของกลุ่ม *nif* gene โดยรวมก็คือมีหน้าที่เกี่ยวกับการรวมตัวของหน่วยย่อยของเอนไซม์ การก่อให้เกิดความสมบูรณ์ของโครงสร้างของเอนไซม์และเสถียรภาพของเอนไซม์ในการทำงานเพื่อรีดิวซ์ก๊าซไนโตรเจน

3. กลุ่ม *fix* gene

3.1 ยีน *fix* ABCX มีความสำคัญของกลุ่ม *fix* gene จะสัมพันธ์กับกระบวนขนถ่ายอิเลคตรอนไปยังเอนไซม์ไนโตรจีเนส หรือกระบวนการ รีดักชัน นั่นเอง

3.2 ยีน *fix* NOQP มีความสำคัญต่อภาวะแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะในส่วนบทบาทของเอนไซม์ออกซิเดส (oxidase) ซึ่งมีความสำคัญต่อกระบวนการหายใจในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำในปมรากถั่ว

3.3 ยีน fix GHIS มีความสำคัญต่อกระบวนการ รีด็อกซ์(redox) และสัมพันธ์กับเอนไซม์ เอทีพีเอส (ATPase) ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการจัดสรรพลังงานให้แก่เซลล์เพื่อการดำรงชีวิต

3.4 ยีน *fix* R นักวิทยาศาสตร์คาดว่ามีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) แต่รายละเอียดหรือหลักฐานในการสนับสนุนยังไม่ชัดเจน

5. ไรโซเบียมในธรรมชาติ

ไรโซเบียม สามารถอาศัยได้โดยอิสระในดินโดยไม่ต้องมีพืชตระกูลถั่วในบริเวณนั้น ๆ ไรโซเบียมที่อยู่ในดินหรือในธรรมชาติเจริญเติบโตอย่างอิสระ ประชากรไรโซเบียมในดินมีหลายชนิด (species) แตกต่างกันออกไป และในแต่ละชนิดก็แบ่งออกเป็นหลายสายพันธุ์ ประชากรไรโซเบียมในดินอาจผันแปรไปได้มาก ซึ่งอาจอยู่ในช่วงที่ไม่มีจนถึงจำนวนมากเป็นล้านเซลล์ ต่อดินแห้ง 1 กรัม จากการศึกษาของ Singleton และคณะ (1990) พบว่า ดินลึกประมาณ 25 เซนติเมตรจากผิวหน้าดินอาจนับจำนวนไรโซเบียมได้ถึง 2×10^{11} เซลล์ต่อดินแห้ง 100 กรัม ไรโซเบียมที่อยู่ในธรรมชาติหรือในดินสามารถทำให้เกิดปมได้เช่นเดียวกับเชื้อไรโซเบียมที่คัดเลือกแล้ว เมื่อมีการใส่เชื้อลงไปในดิน ไรโซเบียมจะเกิดการแข่งขันกันระหว่างไรโซเบียมที่อยู่ในดินกับไรโซเบียมที่ใส่ลงไป ถ้าไรโซเบียมที่ใส่ลงไปในดินไม่มีประสิทธิภาพพอหรือมีจำนวนน้อยเกินไปจะทำให้ไรโซเบียมในธรรมชาติเข้าไปในปมรากถั่วแทน และมีผลทำให้การตรึงไนโตรเจนได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น นักวิทยาศาสตร์พบว่า จำนวนไรโซเบียมในธรรมชาติมีมากในบริเวณรากพืชไม่ว่าจะเป็นพืชตระกูลถั่วหรือไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว ดังนั้นในดินที่มีพืชปกคลุม ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่พืชตระกูลถั่วก็สามารถสนับสนุนให้มีจำนวนไรโซเบียมปริมาณมากได้ ปริมาณของไรโซเบียมขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ความสามารถเข้าสู่รากพืชตระกูลถั่ว บริเวณที่พบว่ามีไรโซเบียมสูงในธรรมชาติ คือ บริเวณพื้นที่ป่า พื้นที่เพาะปลูก และบริเวณที่มีพืชตระกูลถั่วปกคลุมอยู่

6. ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของไรโซเบียมในธรรมชาติ

ปัจจัยที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของไรโซเบียมที่สำคัญได้แก่ ปัจจัยทางด้านอาหาร และปัจจัยทางสภาพแวดล้อม

6.1 ปัจจัยทางด้านอาหาร

อาหารของไรโซเบียมก็คือ สารอินทรีย์ ไรโซเบียมที่อยู่อย่างอิสระส่วนใหญ่ใช้อาหารจากดินโดยเฉพาะอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน ดังนั้นการมีชีวิตอยู่นานในดินที่ปราศจากพืชตระกูลถั่วจึงเป็นไปได้ นอกจากนี้ไรโซเบียมบางชนิดยังสามารถใช้ก๊าซไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงานในการดำรงชีพได้ด้วย (สมศักดิ์ , 2541) อินทรียวัตถุในดินมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของไรโซเบียมที่อยู่อย่างอิสระในดินในแง่ที่เป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งอินทรียวัตถุในดินนั้นได้มาจากการเน่าเปื่อยของซากพืชและซากสัตว์ จากปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยคอก และจากการปลดปล่อยออกจากรากของพืชที่ยังมีชีวิตอยู่ การที่ไรโซเบียมจะเจริญเติบโตได้ดีแค่ไหนขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสารประกอบอินทรีย์ที่มาจากแหล่งต่าง ๆ ด้วย ปกติสารประกอบอินทรีย์ที่เหมาะสมที่สุดนั้นได้แก่ mannitol และ น้ำตาลหลายชนิด ถ้าในดินมี mannitol และน้ำตาลอยู่ในปริมาณที่เพียงพอแล้ว ไรโซเบียมอาจอาศัยและมีชีวิตอยู่ในดินได้นาน โดยปราศจากพืชตระกูลถั่ว (Walker, 1975) แต่ก็มีสารอินทรีย์บางชนิดที่แสดงความเป็นพิษต่อไรโซเบียม เช่น กรดฟิโนลิคเป็นอินทรีย์สารที่ทำให้การเจริญเติบโตของไรโซเบียมหยุดชะงัก และบางครั้งมีผลต่อ plasmid DNA ซึ่งทำให้ไรโซเบียมกลายพันธุ์ได้ (สมศักดิ์ , 2541)

6.2 ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม

สภาพแวดล้อมมีบทบาทต่อจำนวนประชากร ชนิดและกิจกรรมของแบคทีเรียเป็นจำนวนมากสภาพแวดล้อมที่สำคัญประกอบด้วย ความชื้นในดิน การระบายอากาศ อุณหภูมิ อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ (ศุภมาศ, 2529) เช่นเดียวกับไรโซเบียม สภาพแวดล้อมจะมีความสัมพันธ์ต่อการเกิดปม และการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมเช่นกัน (Mordeleau and Prevost,1994)

6.2.1 ความชื้น

ความชื้น มีอิทธิพลต่อกิจกรรมและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ และความสัมพันธ์ กับปริมาณออกซิเจน ถ้ามีความชื้นมากเกินไป การแลกเปลี่ยนออกซิเจนของดินจะลดลง ทำให้แบคทีเรียที่ต้องการอากาศเจริญเติบโตไม่ดี ระดับความชื้นในดินที่พบปริมาณและกิจ

กรรมของแบคทีเรียมากที่สุดอยู่ในช่วง 50-75 เปอร์เซ็นต์ของความสามารถอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity, WH) ของดิน จากรายงานของ นงลักษณ์ (2518) กล่าวว่า ใน ดินพีทที่ไม่นึ่งฆ่าเชื้อ(non-sterile peat) ที่มีความชื้นต่ำเกินไป (30 เปอร์เซ็นต์) และสูงเกินไป (60 เปอร์เซ็นต์) จะทำให้ไรโซเบียมมีชีวิตรอดได้ไม่ดี และพบว่าไรโซเบียมสายพันธุ์ CB756 สามารถทนอยู่ในความชื้นสูงได้ ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 45-50 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองของ Boonkerd และ Weaver (1982) พบว่าในดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยกำหนดให้มีความชื้นระดับความจุความชื้นสนาม จำนวนไรโซเบียมจะเพิ่มขึ้นในช่วง 2สัปดาห์แรก และลดลงอย่างรวดเร็ว ภายใน 45 วัน ส่วนดินที่ไม่นึ่งฆ่าเชื้อระดับความชื้นสนามกลับพบไรโซเบียมเจริญเติบโตได้ดีที่สุด

6.2.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของ ไรโซเบียม กล่าวคือ จะทำให้ปริมาณไรโซเบียมที่เจริญอย่างอิสระลดลงหรือสูญหายไปจากดิน ไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในดินร่วนมักมีความคงทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าที่อาศัยอยู่ในดินเหนียว และมักปรากฏว่าไรโซเบียมที่อาศัยอยู่ในเขตร้อน (native tropical rhizobia) มาก่อน มีความคงทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีกว่าไรโซเบียมชนิดอื่น ๆ เช่น *R. japonicum* มักมีความคงทนและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงได้ดีกว่า *R. trifolii* และ *R. meliloti* ซึ่งเป็นพวกที่อยู่ในเขตหนาว (native temperate rhizobia) (Marshall, 1964 ; Dixun, 1969) Boonkerd และ Weaver (1982) รายงานว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณไรโซเบียมจะลดลง และลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 45 องศาเซลเซียส และการลดลงช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ไรโซเบียม Osa-afiana และ Alexander (1981) รายงานว่าอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญและมีชีวิตอยู่ของ ไรโซเบียม พบว่า อยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส และยังพบอีกว่า อุณหภูมิในดินจะมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิเป็นตัวกำหนดประชากรของไรโซเบียมได้ จากการรายงานของ Singleton และคณะ (1990) กล่าวว่า อุณหภูมิดินที่เหมาะสมที่ทำให้ประชากรไรโซเบียมมีปริมาณสูงคือ 25-30 องศาเซลเซียส

6.2.3 สภาพความเป็นกรดเป็นด่าง

การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของ ไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ต้องการความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสม ความเป็นกรดเป็นด่างของสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของไรโซเบียมที่เจริญอยู่อย่างอิสระในธรรมชาติ ในสภาพที่เป็นกลางหรือด่างอ่อน ๆ เหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของไรโซเบียมที่สุด ในสภาพที่เป็นกรดจัดไรโซเบียมไม่สามารถทนอยู่ได้ เนื่องจากทนต่อความเป็นพิษของอนุมูลอลูมินัม (Al^{+++}) แมงกานีส (Mn^{++++}) และเหล็ก (Fe^{++}) ไม่ได้ (สมศักดิ์, 2541) Graham และ Parker (1964) รายงานว่า ไรโซเบียมในกลุ่มที่เจริญช้าทนกรดได้ดีกว่ากลุ่มเจริญเร็ว ไรโซเบียมจำนวนมากจะไวต่อการตอบสนองต่อ pH ต่ำ ๆ และ pH ในดินช่วงระหว่าง 6.0-6.8 เป็นช่วงที่ส่งผลดีกับไรโซเบียม Singleton และคณะ (1990) พบว่า *R. trifolii* ไม่สามารถเจริญได้ในช่วง pH ที่ต่ำกว่า 5 หรือสูงกว่า 7 แต่ *R. meliloti* สามารถทนอยู่ได้ในช่วง pH 3.5-8.7 *R. meliloti* และ *R. leguminosarum* ทนอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่างได้ดีกว่า *R. japonicum* (Walker,1975) นอกจากนี้ยังพบว่า ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดมักพบสายพันธุ์ไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพต่อสายพันธุ์ไรโซเบียมที่ไม่มีประสิทธิภาพอยู่ในอัตราที่ค่อนข้างต่ำ และอัตราส่วนดังกล่าว จะสูงขึ้นเมื่อใส่ปูนลงไปแก้ความเป็นกรดของดิน อัจฉรา และคณะ (2541) ได้ศึกษาการมีชีวิตรอดของไรโซเบียมในอาหารเลี้ยงเชื้อ pH ต่าง ๆ โดยใช้ไรโซเบียม 40 สายพันธุ์ พบว่า ทุกสายพันธุ์เจริญได้ดีใน pH ตั้งแต่ 4.5-6.8 และมีบางสายพันธุ์ที่เจริญได้ใน pH 4.0 และ 3.5 ซึ่งความสามารถในการทนกรดของไรโซเบียมใน pH ต่ำ ๆ นั้นจากการทดสอบโดยเทคนิค PCR พบว่าไรโซเบียมมียีนที่ควบคุมการทนกรดอยู่บนสาย DNA ของไรโซเบียมเหล่านั้น และพบว่า แบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้จะมีความไวต่อ pH ค่อนข้างต่ำ ในสภาพความเป็นกรดเป็นด่างจะจำกัดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการสร้างปมของไรโซเบียม เลอลักษณ์ (2522) รายงานว่า อิทธิพลของ pH ต่อการสร้างปมนั้นสรุปว่า pH 4.5 รากขนอ่อนจะสามารถปรับตัวได้ ทำให้ไรโซเบียมเข้าไป infect ได้

6.2.4 การระบายอากาศ

น้ำและอากาศในดินต่างอาศัยช่องว่างในดิน ถ้าน้ำมากอากาศจะน้อย ดังนั้นอากาศอาจเป็นตัวกำหนดชนิดของแบคทีเรียที่มีบทบาทสำคัญในดินได้ เช่น เมื่อสภาพน้ำมากจะเกิดการอับอากาศ สภาพแวดล้อมเช่นนี้อำนวยต่อกิจกรรมแบคทีเรียพวกที่ไม่ต้องการ

ออกซิเจน (anaerobes) เป็นต้น (ศุภมาศ, 2529) เช่นเดียวกับไรโซเบียมซึ่งเป็นแบคทีเรียพวกต้องการอากาศ ในดินที่แน่นทึบจะส่งผลกระทบต่อไรโซเบียม ทำให้ไรโซเบียมลดจำนวนลง เนื่องจากในดินแน่นทึบการระบายอากาศไม่ดี ช่องว่างในดินถูกบีบให้ติดกัน มีออกซิเจนไม่พอเพียงต่อการดำรงชีวิตจำนวน ไรโซเบียมจึงลดลง

6.2.5 สิ่งมีชีวิตในดิน

จุลินทรีย์ดินชนิดต่าง ๆ เช่น รา แบคทีเรีย และไวรัส สามารถทำลายไรโซเบียมได้ทั้งที่อาศัยอย่างอิสระในดินและอาศัยอยู่ภายในปม จุลินทรีย์ดินบางชนิดสามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่สามารถทำให้การเจริญเติบโตของไรโซเบียมชะงักหรือหยุดการเจริญเติบโตได้ โดยทั่ว ๆ ไป เรียก จุลินทรีย์พวกนี้ว่าจุลินทรีย์ปรปักษ์ (antagonists) เช่น aspergillus, fusarium, streptomyces และ Bacillus เพราะฉะนั้นดินที่มีจุลินทรีย์ดังกล่าวอาศัยอยู่ การเจริญหรือการดำรงชีวิตจึงถูกรบกวน แต่พบว่า ไรโซเบียมที่ขึ้นร่วมกับถั่วพวก Cowpea มีความทนทานต่อสารปฏิชีวนะเป็นพิเศษ ตรงกันข้ามกับ *R. lupini* และ *R. japonicum* มีความทนทานต่อสารปฏิชีวนะน้อยมาก แต่อย่างไรก็ตามก็มีจุลินทรีย์บางชนิดส่งเสริมและกระตุ้นการเจริญของ ไรโซเบียม เช่น จุลินทรีย์พวก Cytophaga มีความสามารถในการย่อยสารประกอบพวกเซลลูโลสได้เป็นอย่างดี ทำให้ได้คาร์บอนในรูปสารประกอบอินทรีย์ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อไรโซเบียม นอกจากนี้จุลินทรีย์ดินอีกหลายจำพวกก็สามารถผลิตสารประกอบที่เป็น growth factor ของไรโซเบียม โดยเฉพาะไธอะมีน (thiamine) ซึ่งถือได้ว่าเป็น growth factor ที่สำคัญของไรโซเบียม ดังนั้นสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ในดิน ก็อาจมีประโยชน์และโทษต่อไรโซเบียมในดิน

6.2.6 ความเค็ม

ความเค็มมีความสัมพันธ์กับความชื้นในดิน เมื่อความชื้นในดินถูกใช้ไปทำให้เกลือใต้ดินเคลื่อนที่ขึ้นมา ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและจุลินทรีย์ในดินรวมทั้งไรโซเบียมด้วย เกลือมีอยู่ทั่วไปในทะเลและในพื้นที่แห้งแล้ง ในดินที่เป็นด่างความเค็มจะส่งผลกระทบต่อพืชตระกูลถั่วมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของถั่ว ค่าความเค็มที่มีผลทำให้การเจริญลดลงถึง50 เปอร์เซ็นต์ วัดจากค่าการนำไฟฟ้า (EC) ได้ที่ระดับ 4, 8 และ 12 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร ไรโซเบียมสามารถทนความเค็มได้ในระดับความเข้มข้นที่สูงกว่าพืชตระกูลถั่วเพราะฉะนั้นในการใช้ไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่วจึงจำเป็นต้องใช้พืชอาศัยที่ทนเค็มได้ (Munns และ France,1986) การ

ทดลองของ Chaffar และคณะ (1981) พบว่า ดินเค็มส่งผลกระทบต่อการเกิดจำนวนปมของไรโซเบียม โดยจะทำให้จำนวนปมของถั่วอัลฟาฟาลดลงถึง 13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการให้น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้า 2 มิลลิโมลต่อเซนติเมตร เท่านั้น จากการทดลองพบว่า ไรโซเบียมสายพันธุ์ CB756 สามารถทนความเค็มของโซเดียมคลอไรด์ได้เพียง 0.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แต่ Singleton (1990) กลับพบสายพันธุ์ไรโซเบียมจำนวนมากที่สามารถทนต่อความเค็มได้

6.2.7 สภาพแวดล้อมอื่น ๆ

นอกจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ยังพบว่า ไรโซเบียมในธรรมชาติยังได้รับอิทธิพลจากการปลูกพืช หรือพืชพรรณที่ขึ้นเองในธรรมชาติ ในดินที่เคยปลูกพืชตระกูลถั่วมากนาน ยังปรากฏว่ามีไรโซเบียมอาศัยอยู่ และเมื่อปลูกพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว พบว่า ไรโซเบียมสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้และใช้สารอินทรีย์ที่ปล่อยมาจากรากพืช (root exudates) แม้จะใช้ได้ไม่ดีเท่าสารอินทรีย์ที่ปล่อยมาจากรากพืชตระกูลถั่วก็ตาม

นอกจากนี้สภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น ฤดูกาล มีผลต่อไรโซเบียม และเป็นตัวกำหนดบทบาทของพืชพรรณ การเขตกรรม การไถพรวน การให้น้ำ ส่งผลต่อสภาพการระบายอากาศและความชื้นในดิน เพิ่มการเน่าและทำให้มีการเปื่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น ระดับความลึกของดินมีอิทธิพลต่อชนิดและจำนวนของไรโซเบียมด้วย โดยทั่วไปพบว่าจุลินทรีย์ส่วนใหญ่มีปริมาณลดลงตามระดับความลึกของดิน ดินที่มีการระบายน้ำและอากาศดีส่งผลให้มีไรโซเบียมมากกว่าดินที่แน่นทึบ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วเขอราโตร

2.สูตรอาหารเหลวที่ปราศจากแหล่งไนโตรเจน สำหรับต้นเพราะเลี้ยงกล้าในถุงเลี้ยงต้นกล้า (Broughton และ Dillworth , 1971)

3. ถุงปลูก (growth pouch) ขนาด 5 x 8 นิ้ว

4. เครื่องมือต่างๆสำหรับการเก็บผลการทดลอง

- เครื่องอบดิน
- เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter)
- เครื่องมือวัดค่า การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity meter)
- เทอร์โมมิเตอร์
- เครื่องมือวิเคราะห์อินทรียวัตถุ

5. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์อินทรียวัตถุ

- Standard potassium dicromate ($K_2Cr_2O_7$)
- Sulfuric acid
- Redox indicator (Barium diphenylamine sulfonate , BDS)
- Ferrous ammonium sulfate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$)
- Phosphoric acid (H_3PO_4)

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) โดยแบ่งตำรับการทดลองออกตามลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะการใช้ที่ดิน ซึ่งมีจำนวนตำรับการทดลองทั้งสิ้น 21 ตำรับ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ดินบริเวณยอดเขา จากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 2 ดินบริเวณกลางเขา จากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 3 ดินบริเวณเชิงเขา จากอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 4 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จากจังหวัดชัยนาท
ตำรับที่ 5 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จากจังหวัดชัยนาท
ตำรับที่ 6 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จากจังหวัดชัยนาท
ตำรับที่ 7 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดชัยนาท นครสวรรค์ สิงห์บุรี
ตำรับที่ 8 ดินบริเวณยอดเขาจากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 9 ดินบริเวณกลางเขาจากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 10 ดินบริเวณเชิงเขาจากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 11 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 12 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 13 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 14 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดเชียงใหม่
ตำรับที่ 15 ดินบริเวณยอดเขาจากอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย
ตำรับที่ 16 ดินบริเวณกลางเขาจากอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย
ตำรับที่ 17 ดินบริเวณเชิงเขาจากอุทยานแห่งชาติภูเรือ จังหวัดเลย
ตำรับที่18 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่องจังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 19 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องจังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 20 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าวจังหวัดนครราชสีมา
ตำรับที่ 21 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดนครราชสีมา

เก็บตัวอย่างดิน ตำรับละ 4 ซ้ำ

2. <u>พื้นที่เก็บตัวอย่าง</u>

ตำรับที่ 1, 2 และ 3 เป็นพื้นที่ภูเขาจากบริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา

ตำรับที่ 4 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จากสถานีทดลองพืชไร่ ดงเกณฑ์หลวง จ.ชัยนาท

ตำรับที่ 5 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวต่อเนื่อง จากสถานีทดลองพืชไร่ชัยนาท อ.สรรพยา จ.ชัยนาท และแปลงเกษตรกร หมู่บ้านดอนเสือ อ.สรรพยา จ.ชัยนาท

ตำรับที่ 6 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าวจากสถานีทดลองพืชไร่ ดงเกณฑ์หลวง จ.ชัยนาทและสถานีทดลองพืชไร่ชัยนาท อ.สรรพยา จ.ชัยนาท

ตำรับที่ 7 เป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่าจากป่าสมุนไพร สถานีทดลองพืชไร่ ดงเกณฑ์หลวง จ.ชัยนาท, วัดเขากบ อ.เมือง จ.นครสวรรค์, ถ.พหลโยธิน (กม. ที่ 219-220)นครสวรรค์-กรุงเทพฯ และ อ.ปากบาง จ.สิงห์บุรี

ตำรับที่ 8, 9 และ 10 เป็นพื้นที่เขา จากอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

ตำรับที่ 11 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จาก อ.พร้าว จ.เชียงใหม่

ตำรับที่ 12 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวต่อเนื่อง จากอ.สันป่าตอง, อ.สันกำแพง, อ.แม่แตง และ อ.ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่

ตำรับที่ 13 เป็นพื้นที่ที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จากอ.จอมทอง, อ.พร้าว และ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่

ตำรับที่ 14 เป็นพื้นที่รกร้าวว่างเปล่า จากอ.สันกำแพง จ. เชียงใหม่

ตำรับที่ 15, 16 และ 17 เป็นพื้นที่เขา จากอุทยานแห่งชาติภูเรือ อ.ภูเรือ จ. เลย

ตำรับที่ 18 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จาก อ. เมือง จ.นครราชสีมา

ตำรับที่ 19 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวต่อเนื่อง จาก อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา

ตำรับที่ 20 เป็นพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าวจาก อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา

ตำรับที่ 21 เป็นพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จาก อ.เมือง จ.นครราชสีมา

3. <u>การเก็บตัวอย่างดิน</u>

การเก็บตัวอย่างดินจะเก็บจากจุดที่กำหนดโดย เก็บตัวอย่างดินของแต่ละพื้นที่ 4 จุด (replication) ซึ่งแต่ละจุดต้องมีระยะทางห่างกันพอสมควรเพื่อให้ครอบคลุมลักษณะตัวแทนของจุดเลือกนั้น ๆ และเก็บตัวอย่างดินลึกจากผิวดิน 15 เซนติเมตร ทำการขุดอย่างน้อย 5 หลุม ในบริเวณ 25 ตารางเมตร แล้วนำดินมาผสมกันใส่ถุงพลาสติกผูกให้แน่น และใส่ถังน้ำแข็ง นำไปวิเคราะห์ยังห้องปฏิบัติการ ทุกตัวอย่างดินที่เก็บมาต้องเก็บไว้ในตู้เย็น

4. <u>ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างดิน</u>

ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่กำหนด เป็นเวลา 2 ปี โดยจะเก็บทุก ๆ 2 เดือน เป็นจำนวน 12 ครั้ง โดยเริ่มตั้งแต่ กรกฎาคม 2540 จนถึงเดือน พฤษภาคม 2542 รวมตัวอย่างดินในแต่ละครั้งที่เก็บคือ 84 ตัวอย่างดิน

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา ใช้ข้อมูลจากหน่วยอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้เคียงกับสถานที่วิจัย ซึ่งข้อมูลที่ต้องการศึกษาได้แก่

- ปริมาณฝนเฉลี่ยในรอบปี การกระจายของฝน
- อุณหภูมิเฉลี่ย

5.2 ข้อมูลสมบัติทั่วไปของดิน

- อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ ณ จุดเก็บตัวอย่างโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์
- ความชื้นของดิน
- ชนิดของพืชที่มีอยู่ในบริเวณนั้น ๆ และความสูงของพื้นที่
- pH
- Electrical conductivity (EC)
- อินทรียวัตถุ (OM)

5.3 ข้อมูลการวิเคราะห์ดิน

ตัวอย่างดินที่เก็บมาในแต่ละครั้ง จะนำมาแบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 นำไปวิเคราะห์สมบัติของดินและส่วนที่ 2 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไรโซเบียม ในการวิเคราะห์สมบัติทั่วไปของดินนั้นในการเก็บครั้งที่ 1 ทำการแบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกวิเคราะห์ข้อมูล ตามข้อ 5.2 ส่วนที่สอง นำมาวิเคราะห์หา เนื้อดิน ปริมาณธาตุอาหารที่สำคัญ คือ P, K , Ca และMg ซึ่งจะดำเนินการวิเคราะห์ในการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรกเท่านั้น เพื่อเก็บเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อไป

6 การนับปริมาณไรโซเบียม

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไรโซเบียมโดยวิธี MPN-plant infection technique ตามวิธีการของ Padma and Hoban (1994) โดยใช้ถั่วเซอราโตร เป็นพืชทดสอบ

6.1 การเตรียมสารละลายดิน

โดยการนำดินตัวอย่างมาหาความชื้น เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณดินที่ต้องใช้ ให้ได้ตัวอย่างดินแห้ง 50 กรัม ต่อน้ำ 150 มิลลิลิตร (เจือจางดิน 4 เท่า) เริ่มจากปริมาณตั้งต้นที่ 4^{-1} ถึง 4^{-8} วิธีการทำคือเตรียมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อจำนวน 8 ขวด โดยขวดที่ 1 ใส่น้ำ 150 มิลลิลิตร ขวดที่ 2-8 ใส่น้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ชั่งดินที่คำนวณได้ใส่ในขวดที่ 1 เขย่าและดูดสารละลายจากขวดที่ 1 ใส่ในขวดที่ 2 จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าทำการเจือจางเช่นนี้ถึงขวดที่ 8 ก็จะได้สารละลายดินที่เจือจางจากความเข้มข้น 4^{-1} ถึง 4^{-8} เท่า

6.2 การเพาะเมล็ดเซอราโตร

เพื่อกระตุ้นการงอกของเมล็ดเซอราโตรต้องทำความสะอาดผิวของเมล็ดและทำให้เปลือกหุ้มเมล็ดอ่อนลง โดยการใช้กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้นตามวิธีการของ Somasegaran และ Hoben (1985) โดยทำการแช่เมล็ดเซอราโตรในกรดซัลฟูริกเข้มข้น เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นล้างกรดออกด้วยน้ำสะอาดแล้วปล่อยให้ผ่านน้ำเป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง และนำเมล็ดไปเพาะลงบนจานสำลีที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว โดยเทน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ให้ชุ่มทั่วสำลี ใส่เมล็ดเซอราโตรลงบนสำลีเกลี่ยเมล็ดให้กระจายทั่วจานสำลี แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน เมล็ดก็จะงอกรากออกมาประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร นำไปปลูกในขั้นตอนต่อไป

6.3 การเตรียมถุงปลูก (growth pouch)

ถุงปลูกทำจากกระดาษฟางซึ่งใส่อยู่ในถุงพลาสติกขนาด 5x8 นิ้ว โดยใส่หลอดพลาสติกไว้ทางด้านใดด้านหนึ่งของถุง แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนแรคที่ใช้วางถุงปลูกทำจากลวดสแตนเลสดัดเป็นกรอบตอกลงบนแผ่นไม้ ช่องห่างระหว่างกรอบลวดควรห่างประมาณ 1-1.5 เซนติเมตรตามคำบรรยายของ Somasegaran และ Hoben (1985)

6.4 การปลูกถั่วเขอราโตรและการใส่สารละลายดินลงในถุงปลูก

นำถุงปลูกที่เตรียมไว้ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อมาแล้ว ก่อนนำมาใช้ปลูกถั่วเขอราโตรต้องลวกถุงในน้ำร้อนอีกครั้ง แล้วนำถุงปลูกไปวางเรียงไว้ในที่ว่าง เตรียมสารอาหารเหลวที่ปราศจากไนโตรเจน ตามสูตรของ Broughton และ Dillworth (1970) แต่ใช้สาร FeNaEDTA 6.9266 กรัมต่อลิตร แทน Fe-citrate ที่มีอยู่ในสูตร โดยเติมสารอาหารเหลวนี้ 50 มิลลิลิตรต่อถุง จากนั้นปลูกเมล็ดเขอราโตรลงบนปากถุงปลูก ซึ่ง 1 ถุง จะปลูกเมล็ดเขอราโตร 2 เมล็ด ทิ้งไว้ 1 คืน เพื่อให้รากยาวแล้วนำสารละลายดินหยดลงบริเวณรากจำนวน 1 มิลลิลิตร ต่อ 1 ถุงปลูก โดยเริ่มจากความเจือจางที่ 4^{-1}ถึง 4^{-8} ระดับความเจือจางละ 4 ถุง รวมถุงที่ไม่ใส่สารละลายดิน 4 ถุง เพื่อเป็นตัวเปรียบเทียบ หลังจากใส่สารละลายดินแล้วนำไปวางไว้บนชั้นแสง ซึ่งมีแสงจากหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ โดยมีระยะห่างเหนือปากถุง 17 เซนติเมตร ช่วงเวลาให้แสง 12 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิห้อง 28 องศาเซลเซียส

6.5 การนับจำนวนไรโซเบียม

หลังจากปลูกถั่วเขอราโตรในถุงปลูก ประมาณ 3-4 สัปดาห์สามารถตรวจนับจำนวนไรโซเบียมได้โดยตรวจนับดูว่าต้นถั่วเขอราโตรติดปมทั้งหมดกี่ถุง หลังจากนั้นจึงนำค่าที่ได้ไปเปิดตาราง MPN เพื่อเทียบเป็นจำนวนเซลล์แล้วคำนวณเป็นจำนวนไรโซเบียมต่อดินแห้ง 1 กรัม

7. การวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ดำเนินการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาพภูมิประเทศ ลักษณะการใช้ที่ดิน และฤดูกาลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม โดยนำเอาค่าเฉลี่ยของปริมาณประชากรไรโซเบียมมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี DMRT(Duncan's new multiple range test) และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินโดยใช้สมการถดถอยพหุแบบปกติ (multiple regression) (สุชาติ, 2540) ซึ่งแบบจำลองของสมการคือ POP = b0+b1(MOIST)+b2(TS)+b3(TA)+b4(OM)+b5(EC)+b6(pH)+b7(LEVEL)

POP = ปริมาณประชากรไรโซเบียม

b0 = ค่าคงที่

b1-b7 = ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยเชิงส่วนของตัวแปร

MOIST = ความชื้นในดิน (เปอร์เซ็นต์)

TS = อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)

TA = อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส)

OM = อินทรียวัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)

EC = ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเซ็นติเมตร)

pH = ความเป็นกรดเป็นด่าง

LEVEL = ความสูงของพื้นที่ (เมตร)

หลักการพิจารณา

1. พิจารณาดูเครื่องหมายบวก–ลบของค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรแต่ละตัว

2. พิจารณาดูค่า t และระดับนัยสำคัญของ t ว่ามีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่า 2.00 หรือไม่ และระดับนัยสำคัญเท่ากับหรือน้อยกว่า 0.05 หรือไม่ ถ้าเป็นไปดังกล่าวถือได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยของตัวแปรตัวนั้นใช้ได้

3. พิจารณาค่า R^2 ของสมการซึ่งบ่งชี้ว่าตัวแปรอิสระทั้งหมดอธิบายตัวแปรตามได้มากน้อยเพียงใด (ร้อยละเท่าใด)

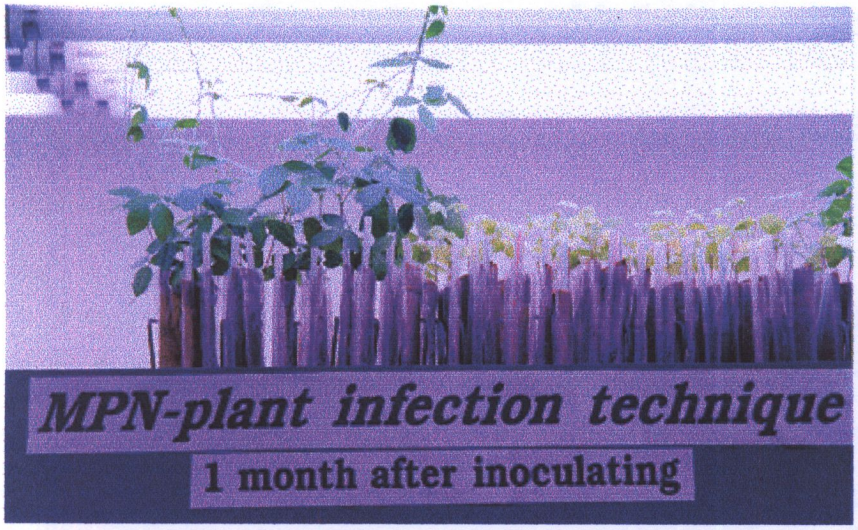
8. <u>สถานที่ทำการทดลอง</u>

- ห้องปฏิบัติการกลาง กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

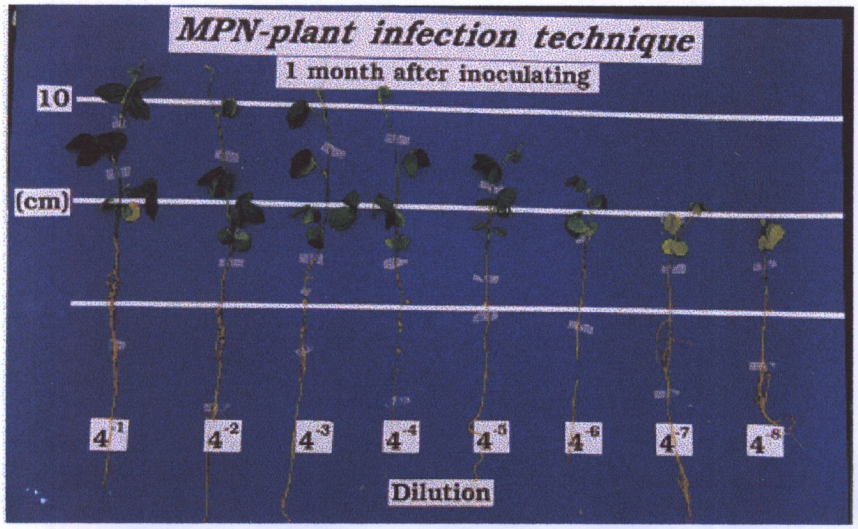
- กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน ตึกไรโซเบียม กองปฐพีวิทยากรม วิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

9. ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2540 เสร็จสิ้นการทดลอง เดือนพฤษภาคม 2542



ภาพที่ 1 วิธีทำ MPN-plant infection technique ใน pouch ที่วางบนชั้นแสง



ภาพที่ 2 การติดปมของต้นถั่วที่ได้จากการนับปริมาณโดยวิธี MPN-plant infection technique

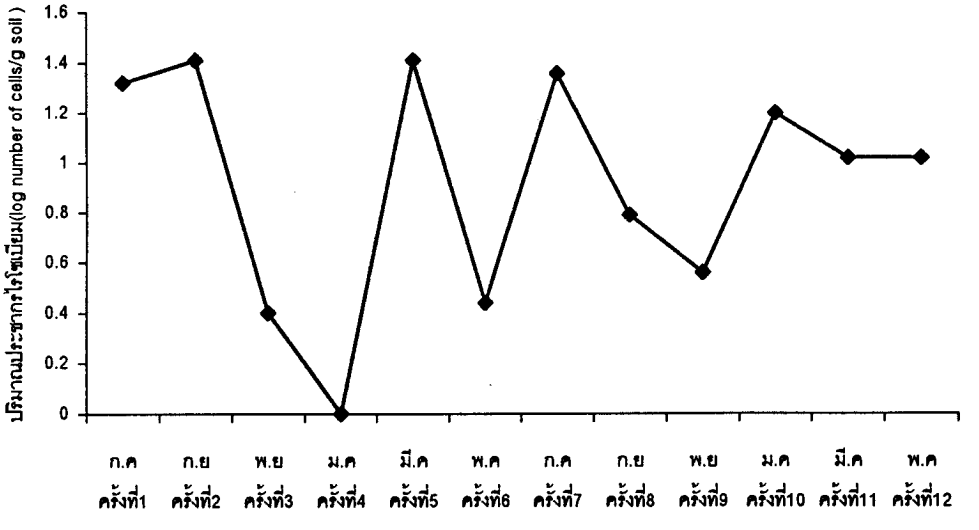
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ต่าง ๆ มาวิเคราะห์หาปริมาณประชากรไรโซเบียม โดยวิธี MPN-Plant infection technique ได้ผลการทดลองดังนี้

1. อิทธิพลของฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในแต่ละสภาพนิเวศ

ในการศึกษาปริมาณไรโซเบียมในครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่เดิมเป็นเวลา 2 ปี จำนวน 12 ครั้ง พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมดังนี้

ตำรับที่ 1 ดินบริเวณยอดเขา เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียม ที่เปลี่ยนแปลงนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่3) โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 0-1.41 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) และครั้งที่พบว่ามีปริมาณประชากรสูงที่สุดคือ ครั้งที่ 5 มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.41 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัมซึ่งตรงกับเดือนมีนาคม เป็นช่วงต้นฤดูร้อน ครั้งที่พบ ว่า มีปริมาณประชากรต่ำสุด คือ มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0 ตรงกับเดือน มกราคม เป็นช่วงฤดูหนาว



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณยอดเขาจากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

POP (T1) = 19.404-0.002318 (MOIST) – 0.124**(TS) + 0.08712** (TA)
+ 0.001481 (OM) + 2.707 (EC) – 0.0285 (pH) – 0.02708 (LEVEL)

R^2 = 0.308, SEE = 0.591, F = 2.538, Sig. F = 0.029

POP = ประชากรไรโซเบียม MOIST = ความชื้นในดิน TS = อุณหภูมิดิน
TA = อุณหภูมิอากาศ OM = อินทรียวัตถุ EC = ค่าการนำไฟฟ้า
pH = ความเป็นกรดเป็นด่าง LEVEL = ความสูงของพื้นที่

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติได้แก่อุณหภูมิดิน (TS) และอุณหภูมิอากาศ (TA) โดยที่อุณหภูมิดินมีผลในเชิงลบ อุณหภูมิอากาศมีผลในเชิงบวก กล่าวคือ เมื่ออุณหภูมิอากาศสูงปริมาณประชากรจะสูงตาม ส่วนอุณหภูมิดินนั้นจะมีผลกลับกันโดยอุณหภูมิดินต่ำประชากรจะสูงขึ้น ซึ่งจากแบบลำลองสมการถดถอยแบบพหุปกตินี้ ปัจจัยต่างๆที่ศึกษาทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 30.8% ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำแต่ระดับนัยสำคัญทางสถิติแสดงให้เห็นว่าที่ (Sig. F มีค่าเท่ากับ 0.029 ซึ่ง < 0.05) สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้

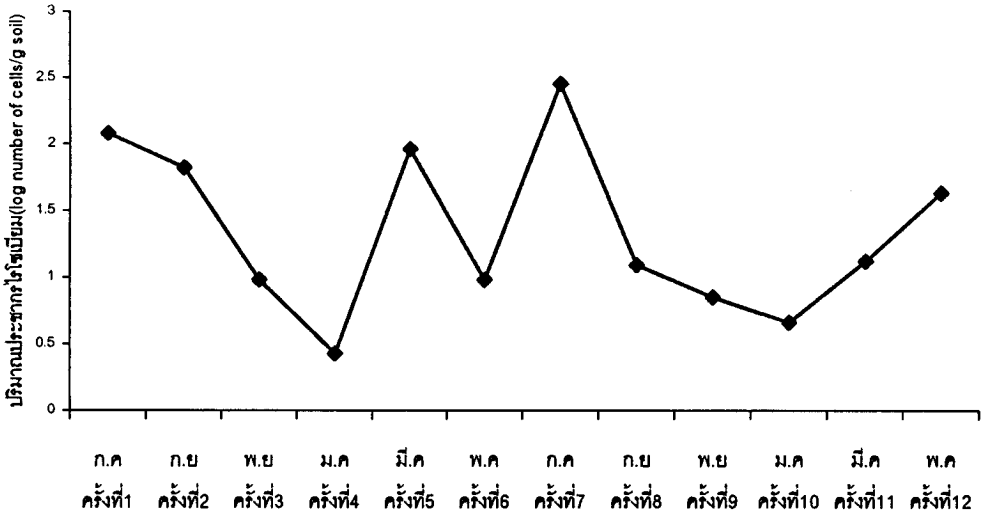
ตำรับที่ 2 ดินบริเวณกลางเขา เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่กลางเขาใหญ่ พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมที่วิเคราะห์ได้จากการเก็บตัวอย่าง 12 ครั้ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.43-2.45 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 4 การเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 7 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 2.45 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน กรกฎาคม เป็นช่วงที่อยู่ในฤดูฝน ในดินมีความชื้นค่อนข้างสูง และครั้งที่ 4 พบว่าปริมาณประชากรไรโซเบียมเฉลี่ยต่ำสุด คือ 0.43 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งการเก็บตัวอย่างดินครั้งนี้ตรงกับเดือน มกราคม ซึ่งตกอยู่ในช่วงฤดูหนาว ปริมาณประชากรจะต่ำ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T2) = -4.533 + 0.0162\ (MOIST) - 0.09331\ (TS)^{*} - 0.04252\ (OM) + 2.762\ (EC) + 0.313\ (pH) + 0.00426\ (LEVEL)$$

$$R^2 = .270,\ SEE.\ 0.797,\ F = 2.115,\ Sig.\ F = 0.064$$

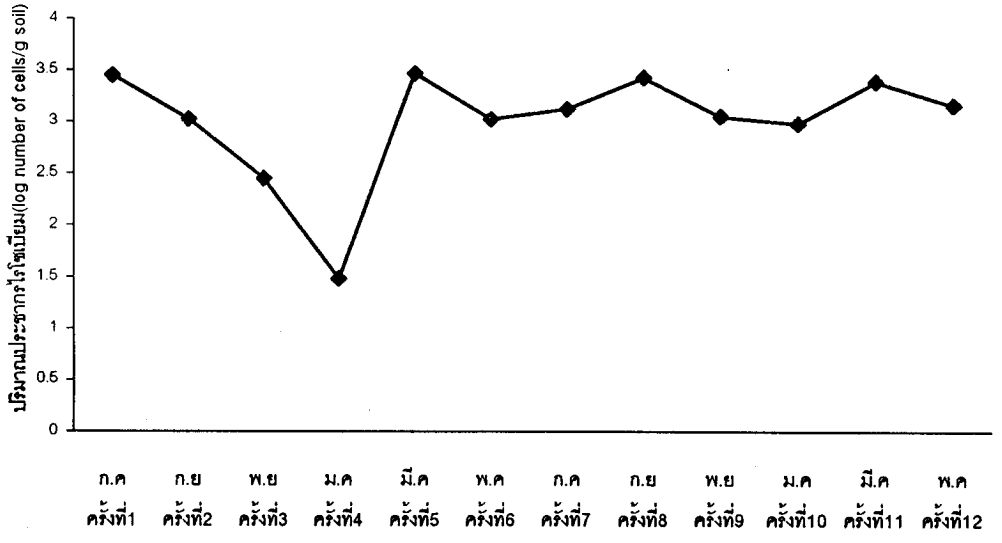
จากสมการข้างต้น แสดงว่า ผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ทั้งหมดอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 2.7% และระดับนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าสมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F. = 0.064 ซึ่ง > 0.05) แต่จากสมการจะพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมคืออุณหภูมิอากาศซึ่งมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณกลางเขา จากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ตำรับที่ 3 ดินบริเวณเชิงเขา เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมที่วิเคราะห์ทั้ง 12 ครั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วง 1.48-3.47 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) ครั้งที่พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดคือครั้งที่ 5 มีค่าเท่ากับ 3.47 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

พบว่า มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุดคือครั้งที่ 5 มีค่าเท่ากับ 3.47 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน มีนาคมอยู่ในช่วงฤดูร้อน และครั้งที่ 4 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 1.48 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม อยู่ในเดือน มกราคมเป็นช่วงฤดูหนาว (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณเชิงเขา จากเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

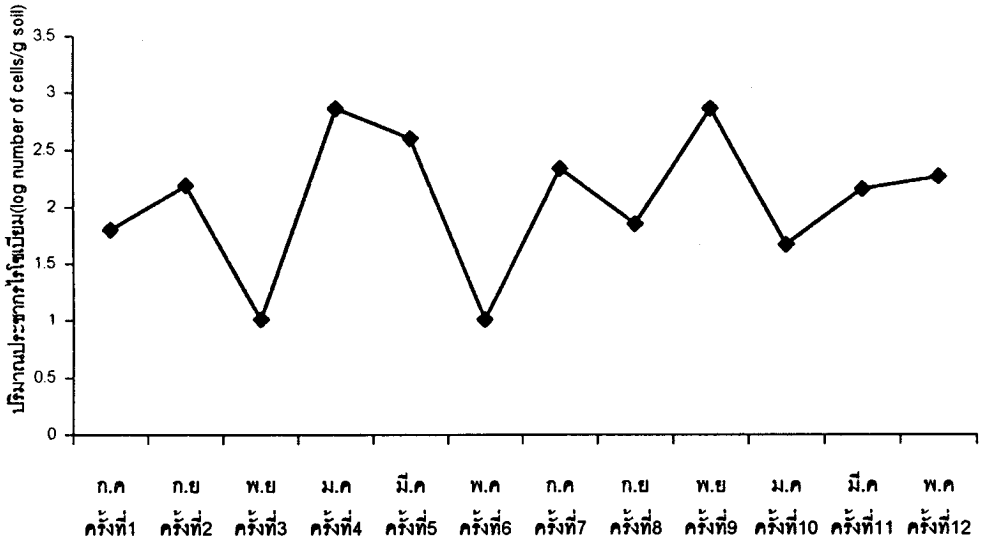
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T3) = -2.522 - 0.00008122\ (MOIST) + 0.07772^{*}(TS) + 0.01271\ (TA) + 0.09408\ (OM) + 3.391\ (EC) - 0.129\ (pH) + 0.01976\ (LEVEL)$$

$$R^2 = 0.251,\ SEG = 0.661,\ F = 1.910,\ Sig.\ F = 0.093$$

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรคืออุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียมและผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าปัจจัยทั้งหมดที่ศึกษา อธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 25.1% ซึ่งต่ำมาก และสมการที่ได้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F > 0.05)

ตำรับที่ 4 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมที่วิเคราะห์ทั้ง 12 ครั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากร อยู่ในช่วงระหว่าง 1.01 – 2.86 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 6 พบว่า การเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 9 ปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงสุดเท่ากันคือ 2.86 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน มกราคม และ พฤศจิกายน ตามลำดับโดยจะเห็นว่าทั้ง 2 เดือนนี้เป็นเดือนที่อยู่ในช่วงฤดูหนาว ส่วนครั้งที่ 3 และครั้งที่ 6 พบว่า ปริมาณประชากรเฉลี่ยมีค่าต่ำ คือ 1.01 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายน และ พฤษภาคม เป็นเดือนในฤดูหนาวและฤดูฝน ตามลำดับ



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

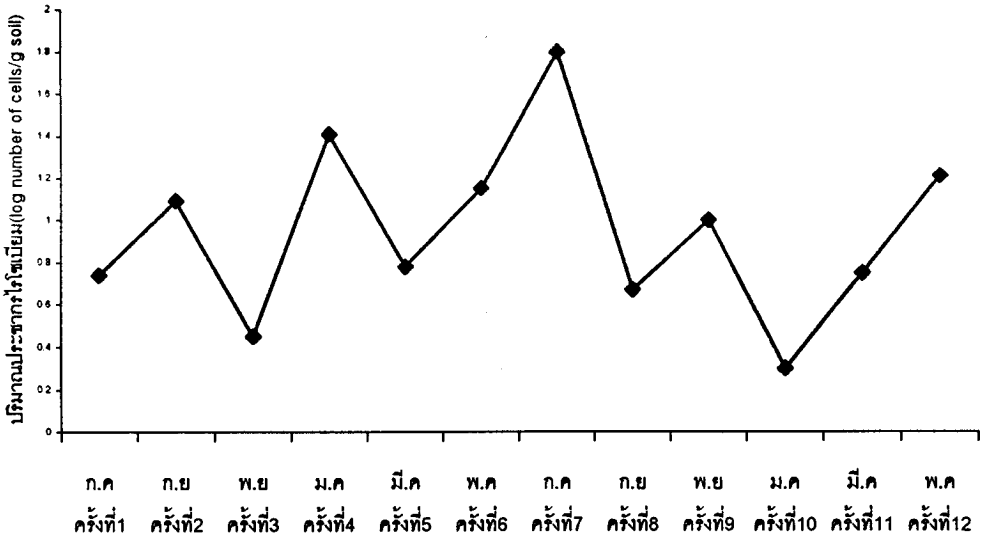
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T4) = 4.46 + 0.0195\ (MOIST) - 0.07358\ (TS) + 0.04633\ (TA) + 0.06394\ (OM) - 0.413\ (EC) - 0.172\ (pH) - 0.05231\ (LEVEL)$$

R^2 = 0.244, SEE = 0.764, F = 1.844, Sig. F = .105

จากสมการดังกล่าว ไม่พบว่าปัจจัยที่ศึกษามีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมโดยที่ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ต่ำ คือ 24.4 % และสมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.105 ซึ่ง > 0.05)

ตำรับที่ 5 ดินบริเวณที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ทั้ง 12 ครั้ง ปริมาณประชากรโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.3-1.8 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งอยู่ในช่วงที่ต่ำ (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 7 พบว่า การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 7 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงสุด คือ 1.8 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนกรกฎาคมในฤดูฝน และการเก็บครั้งที่ 3 พบว่ามีปริมาณประชากรต่ำสุดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.3 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน พฤศจิกายนในฤดูหนาว



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T5) = 8.003-0.009503 (MOIST) + 0.008544 (TS) – 0.153**(TA)-
0.222 (OM) – 3.726 (EC) + 0.387 (pH) – 0.261 (LEVEL)

R^2 = 0.355, SEE = 0.718 , F. 3.147 , Sig. F = 0.01

จากสมการดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษา สามารถอธิบายความผันแปรของประชากรไรโซเบียมได้ 35.5% และสมการนี้สามารถนำไปใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.01 ซึ่ง < 0.05) อุณหภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตำรับที่ 6 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดชัยนาท พบว่าปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 1.48 – 2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 8 พบว่า ประมาณประชากรในการเก็บครั้งที่ 2 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน กันยายน อยู่ในช่วงฤดูฝน และครั้งที่ 10 ปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 1.48 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมกราคม ในฤดูหนาว ในตำรับนี้มีการกระจายของปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่มากนัก โดยดูจากกราฟจะเห็นว่าขึ้น-ลงไม่ต่างกันมาก

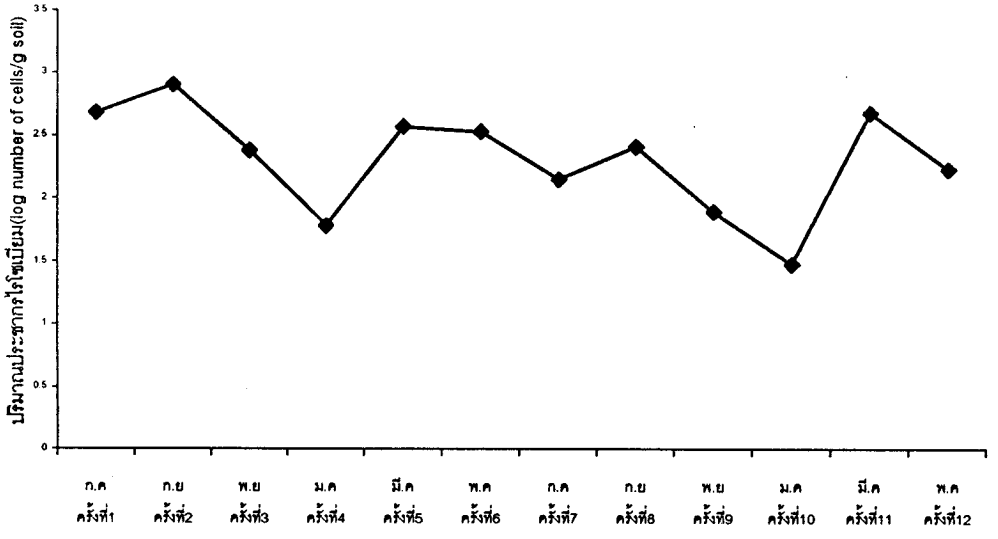
เมื่อนำปัจจัยต่าง ๆ กับปริมาณประชากรมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

POP (T6) = 3.162 + 0.03112**(MOIST) + 0.07966*(TS) – 0.07485 (TA)
– 0.303 (OM) + 2.542 (EC) – 0.377 (pH) + 0.06507 (LEVEL)

R^2 = 0.249, SEE = 0.589, F = 1.892, Sig. F = 0.097

จากสมการข้างบนแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้เพียง 24.9% และสมการข้างต้นก็นำไปใช้พยากรณ์พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ไม่ได้ (Sig. F = 0.097 ซึ่ง > 0.05)

แต่จากสมการ พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิดินมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว อ.สรรพยา จ.ชัยนาท ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

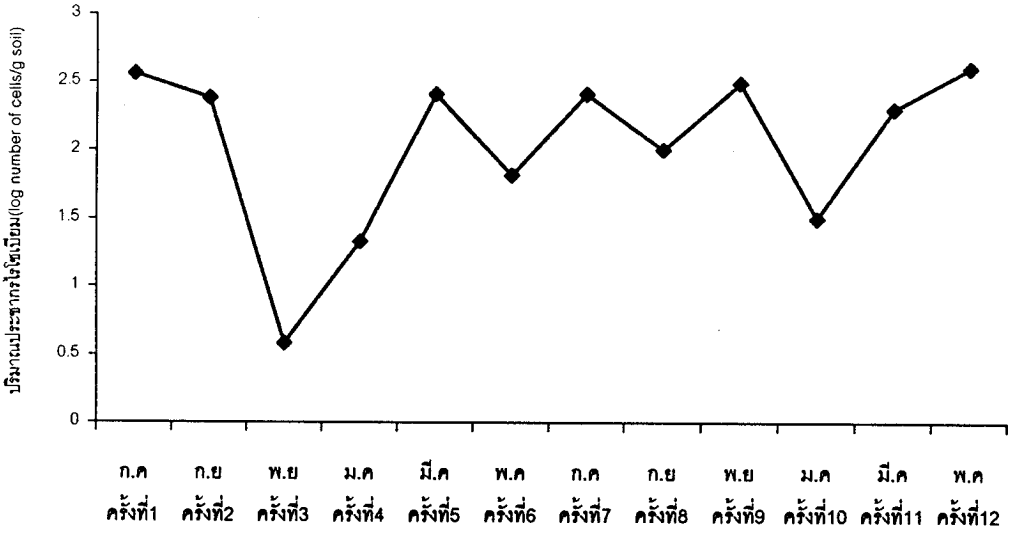
ตำรับที่ 7 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดชัยนาท, นครสวรรค์ และสิงห์บุรี พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรไรโซเบียมอยู่ในช่วง 0.58-2.6 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 9 พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมในการเก็บครั้งที่ 12 มีปริมาณประชากรสูงที่สุด คือ 2.6 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤษภาคมในช่วงฤดูฝน และปริมาณประชากรไรโซเบียมในการเก็บครั้งที่ 3 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0.58 ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายนในช่วงฤดูหนาว การกระจายของปริมาณประชากรอยู่ในช่วงกว้างขึ้น-ลงตามช่วงเวลาที่เก็บ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T7) = 2.327 + 0.05666** (MOIST) + 0.50879 (TS) – 0.09719 (TA)
+ 0.05187 (OM) – 2.6652 (EC) + 0.03388 (pH) + 0.0062 (LEVEL)

R^2 = 0.354, SEE = 0.807, F = 3.131, Sig. F= 0.01

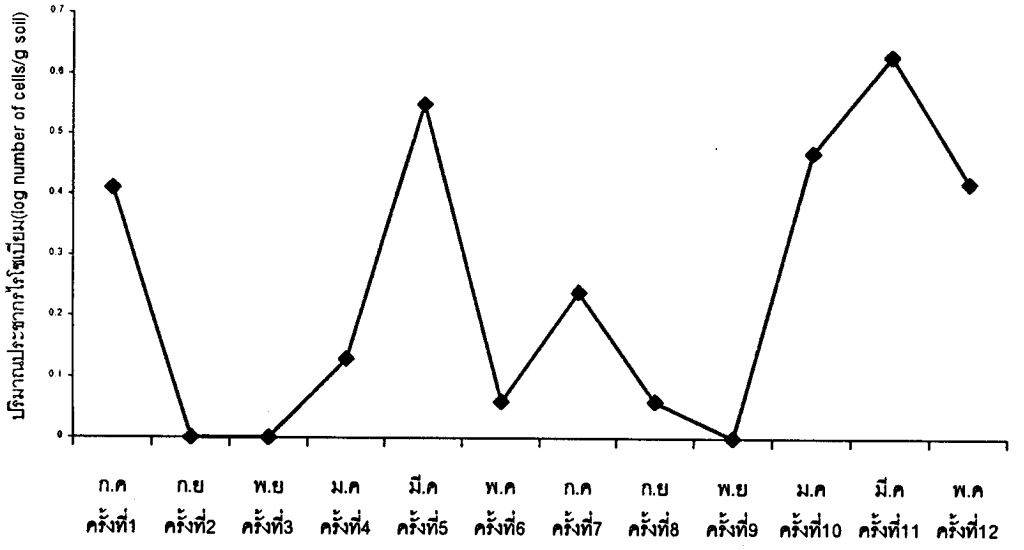
จากสมการข้างต้น สามารถพยากรณ์ได้ว่า ปัจจัยด้านความชื้น มีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 35.4 % สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig F= 0.01 ซึ่งมีค่า < .05)



<u>ภาพที่ 9</u> การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่า จ.ชัยนาท นครสวรรค์ และสิงห์บุรี ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ตำรับที่ 8 ดินบริเวณพื้นที่ยอดเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของปริมาณประชากรไรโซเบียมในการเก็บ 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 0-0.63 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) และจากภาพที่ 10 พบว่า การกระจายของปริมาณอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่สูงและมีข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ ในการเก็บหลาย ๆ ครั้ง พบว่า ไม่มีปริมาณประชากรเลย และในครั้งที่พบว่ามีปริมาณประชากรสูงที่สุด คือ ครั้งที่ 11 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่า

กับ 0.63 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน มีนาคม ในฤดูร้อน นอกจากนี้ยังพบว่า มีหลายครั้งที่ปริมาณประชากรน้อยมากจนไม่สามารถนับได้ คือ 2, 3 และ 9 ตามลำดับ



ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ยอดดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

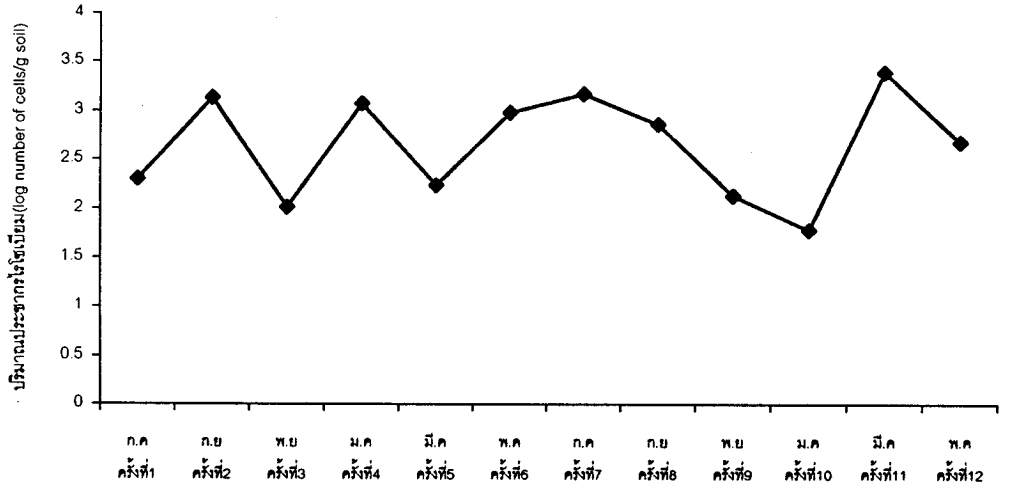
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T8) = 2.217 + 0.002097\ (MOIST) + 0.03018\ (TS) - 0.04183\ (TA)$$
$$- 0.03217\ (OM) - 0.542\ (EC) - 0.0003342\ (LEVEL)$$

$R^2 = 0.149,\ SEE = 0.423,\ F = 1.002,\ Sig.\ F = 0.444$

จากสมการข้างต้นไม่พบว่า มีปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม และปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ต่ำมาก คือ 14.9% สมการใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.444 ซึ่งมีค่า > 0.05)

ตำรับที่ 9 ดินบริเวณพื้นที่กลางเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีความแตกต่างของปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วง 1.78-3.39 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 11 พบว่า ปริมาณประชากรในการเก็บครั้งที่ 11 มีปริมาณเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 3.39 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในช่วงฤดูร้อน และการเก็บครั้งที่ 10 พบว่า มีปริมาณประชากรต่ำที่สุด คือ 1.78 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน มกราคมในช่วงฤดูหนาว ปริมาณโดยเฉลี่ยของ ตำรับที่นี้ ถือว่ามีปริมาณประชากรค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับ ตำรับที่ 8



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่กลางดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

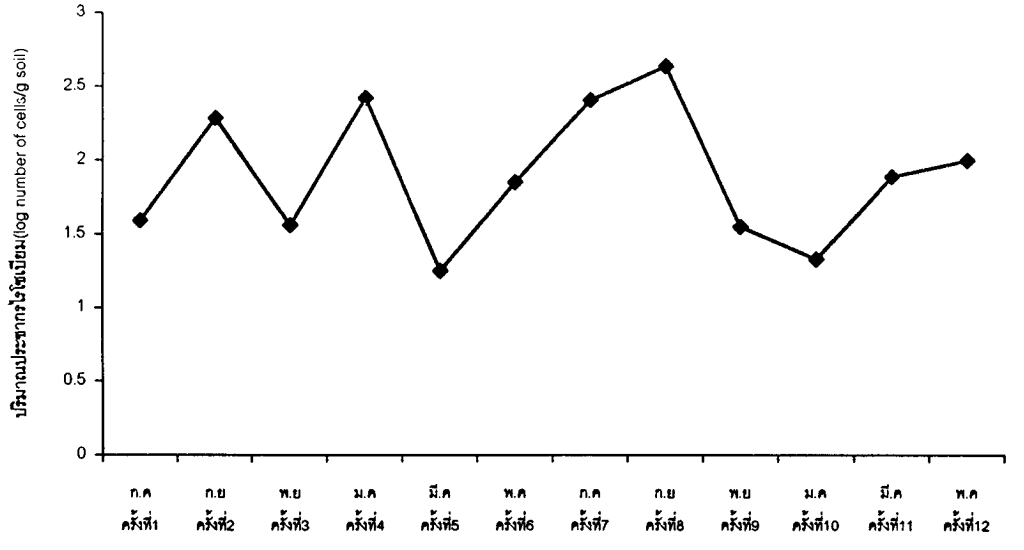
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T9) = -6.34 + 0.009866\ (MOIST) + 0.02594\ (TS) - 0.03076\ (TA)$$
$$-0.119\ (OM) + 3.372^{*}\ (EC) - 0.113\ (pH) - 0.009719\ (LEVEL)$$

R^2 = 0.258, SEE = 0.758, F = 1.987, Sig. F = 0.0.081

จากสมการดังกล่าวพบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีผลในเชิงบวกต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและปัจจัยที่ศึกษาสามารถอธิบายการแปรผันของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ต่ำคือ 25.8% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.081 ซึ่งมีค่า > 0.05)

ตำรับที่ 10 ดินบริเวณพื้นที่เชิงเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีความแตกต่างของปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วง 1.25-2.64 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 12 พบว่า ปริมาณประชากรในการเก็บครั้งที่ 8 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.64 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตรงกับเดือน กันยายน ในช่วงฤดูฝนและการเก็บครั้งที่ 5 พบว่า ปริมาณประชากรโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในฤดูร้อน ปริมาณมีการกระจายขึ้นลงตามช่วงเวลาที่เก็บ



ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่เชิงดอย จากดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T10) = - 0.226 + 0.009866 (MOIST) + 0.02595 (TS) – 0.03323(TA)
– 0.0201 (OM) + 1.452 (EC) – 0. 205(pH) + 0.004083 (LEVEL)

R^2 = 0.301, SEE = 0.619, F = 2.461, Sig. F = 0.034

จากสมการดังกล่าวพบว่า ไม่มีปัจจัยใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมโดยปัจจัยที่ศึกษามีความสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 30.1% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F= 0.034 ซึ่งมีค่า < 0.05) แต่ผลการวิเคราะห์กลับไม่พบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม

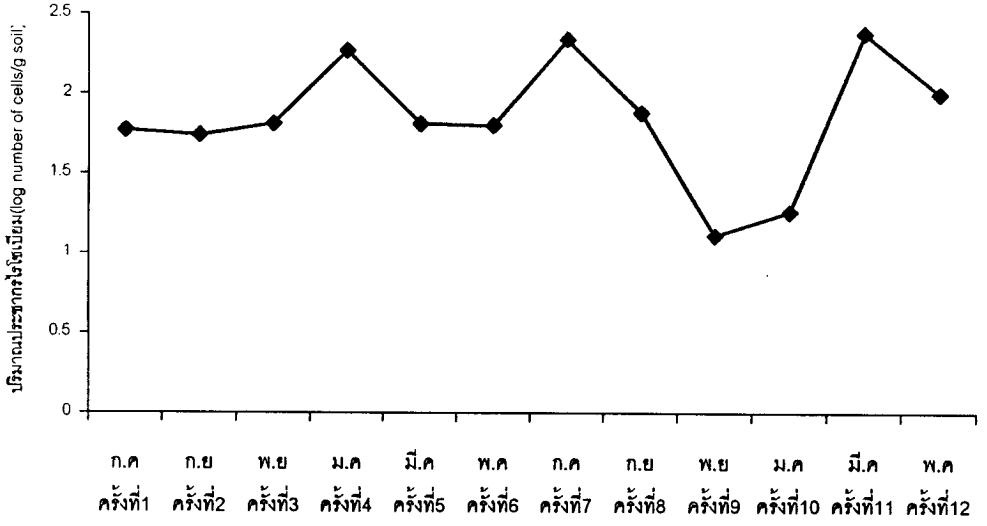
ตำรับที่ 11 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปริมาณประชากร ไรโซเบียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วง 1.11-2 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 13 พบว่า ปริมาณประชากรอยู่ในระดับปานกลาง การเก็บครั้งที่ 11 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในฤดูร้อนและการเก็บครั้งที่ 9 พบว่า ปริมาณประชากรโดยเฉลี่ยต่ำสุดคือ 1.11 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายนในฤดูหนาว

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T11) = 7.131 - 0.01046 (MOIST) – 0.01658 (TS) – 0.05474 (TA)
– 0.194 (OM) - 1.021 (EC) + 0. 148 (pH) - 0.0113** (LEVEL)

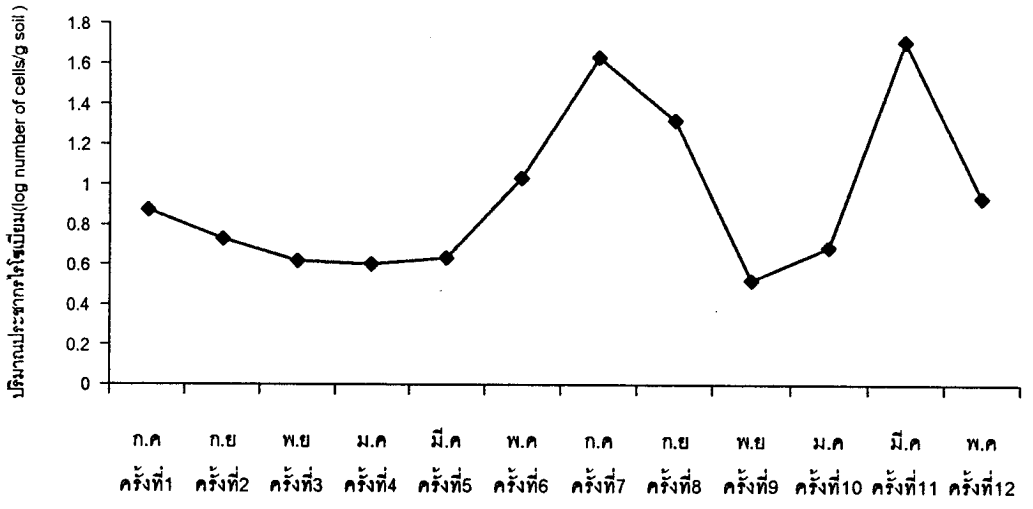
R^2 = 0.70, SEE = 0.527, F = 13.361, Sig. F = 0.000

จากสมการดังกล่าวพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรได้สูงถึง 70% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.000 ซึ่งมีค่า < 0.05) และจากสมการพบว่าความสูงของพื้นที่มีผลในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมกล่าวคือ ถ้าพื้นที่ระดับความสูงมาก ปริมาณประชากรไรโซเบียมก็จะต่ำแปรผกผันกัน



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ตำรับที่ 12 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในการเก็บตัวอย่างจำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากรอยู่ในช่วง 0.52-1.71 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 14 พบว่า ปริมาณประชากรกระจายอยู่ในระดับต่ำ โดยการเก็บครั้งที่ 11 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 1.71 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในฤดูร้อนและครั้งที่ 9 พบว่า ปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 0.52 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายนในฤดูหนาว



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

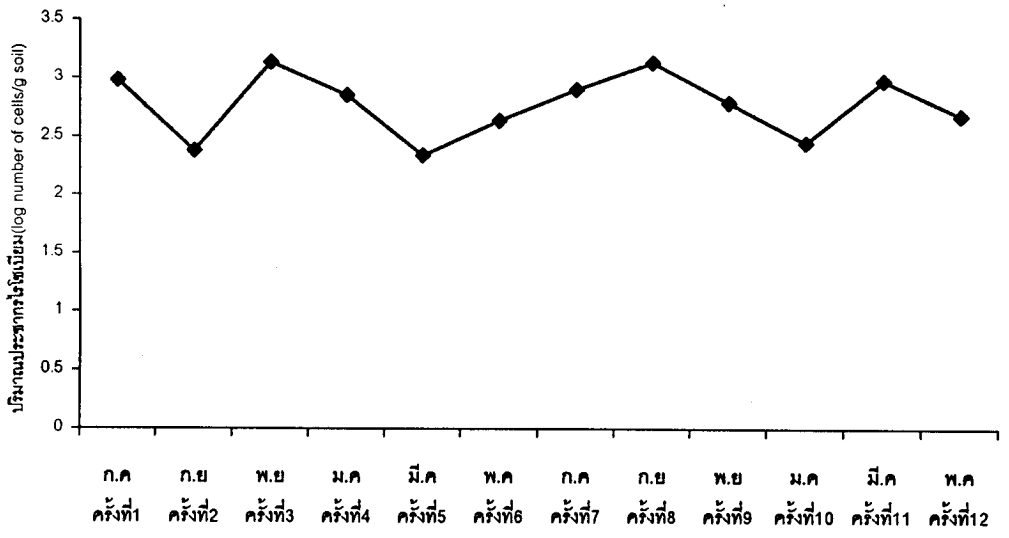
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T12) = 5.48 + 0.009106^{*}\ (MOIST) - 0.01379\ (TS) - 0.001464\ (TA)$$
$$- 08718\ (OM) - 2.856\ (EC) + 0.04358\ (pH) - 0.0129\ (LEVEL)$$
$$R^2 = 0.251,\ SEE = 0.646,\ F = 1.91,\ Sig.\ F = 0.093$$

จากสมการข้างต้น พบว่าปัจจัยที่ศึกษา สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 25.1% สมการนี้ใช้ พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.093 ซึ่ง > 0.05) แต่จากการวิเคราะห์พบว่าความชื้นมีผลในทางบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตำรับที่ 13 ดินบริเวณที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติของปริมาณประชากรไรโซเบียมในการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 12 ครั้ง โดยพบปริมาณประชากรโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 2.34 – 3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 15 พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมอยู่ในระดับค่อน

ข้างสูง การเก็บครั้งที่3และครั้งที่ 8 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่ากันคือ 3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณที่มากที่สุดโดยอยู่ในเดือนพฤศจิกายนในฤดูหนาว และเดือนกันยายนในฤดูฝน ตามลำดับ ครั้งที่ 5 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำสุดคือ 2.34 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งอยู่ในเดือนมีนาคม ในฤดูร้อน



ภาพที่ 15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว จ.เชียงใหม่ ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

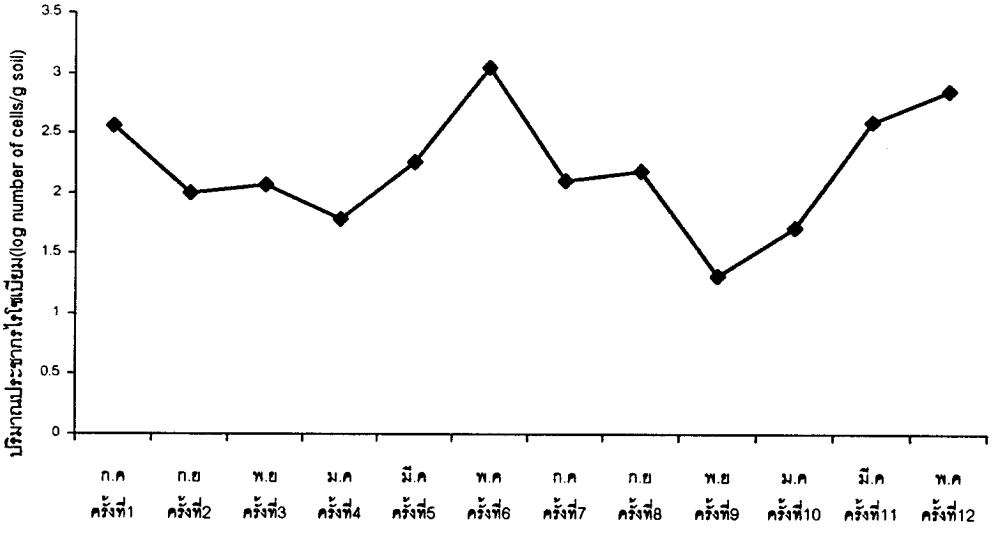
POP (T13) = 3.706 – 0.00185 (MOIST) – 0.0411 (TS) + 0.0153 (TA)
+ 0.3706 (OM) – 4.384 (EC) - 0.04407 (pH) + 0.0006057 (LEVEL)

R^2 = 0.166, SEE = 0.526, F = 1.136, Sig. F = 0.361

จากสมการข้างต้นพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 16.6% ซึ่งต่ำมาก สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ

ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.361 ซึ่ง > 0.05) และจากการวิเคราะห์ยังไม่พบว่าปัจจัยใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม

ตำรับที่ 14 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณประชากรไรโซเบียมในการเก็บตัวอย่างจำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยพบว่า ปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 1.31-3.05 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 16 พบว่า การกระจายของปริมาณประชากรไรโซเบียมมีระดับค่อนข้างสูง โดยพบว่าการปริมาณประชากรสูงสุดครั้งที่ 6 มีประชากรเฉลี่ย เท่ากับ 3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัมซึ่งตรงกับเดือนพฤษภาคม และพบว่า ครั้งที่ 9 มีประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 1.31 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายนในฤดูหนาว



ภาพที่ 16 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่า จ.เชียงใหม่ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T14) = 0.681+0.008328 (MOIST) – 0.008027(TS) –0.009763 (TA)

POP (T14) = 0.681+0.008328 (MOIST) – 0.008027(TS) –0.009763 (TA)

– 0.03831 (OM) – 1.37** (EC) + 0.227 (pH) + 0.0029186 (LEVEL)

R^2 = 0.344, SEE = 0.640, F = 3.003, Sig. F = 0.012

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 34.4 % สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.012 ซึ่ง < 0.05) และจากการวิเคราะห์ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีผลในทางลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียม กล่าวคือ เมื่อค่าการนำไฟฟ้ามีค่ามากขึ้นปริมาณประชากรไรโซเบียมก็จะต่ำลง

ตำรับที่ 15 ดินบริเวณพื้นที่ยอดเขา ภูเรือ จังหวัดเลย พบปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยปริมาณประชากร ไรโซเบียมอยู่ในช่วง 0.97-3.21 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 17 พบว่าปริมาณประชากรไรโซเบียมมีการกระจายขึ้นลงในแต่ละช่วงเวลาที่เก็บจะเห็นว่าการเก็บครั้งที่ 12 มีปริมาณประชากรสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน พฤษภาคมในฤดูฝน และการเก็บครั้งที่ 3 เป็นครั้งที่มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.97 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน พฤศจิกายน ในฤดูหนาว

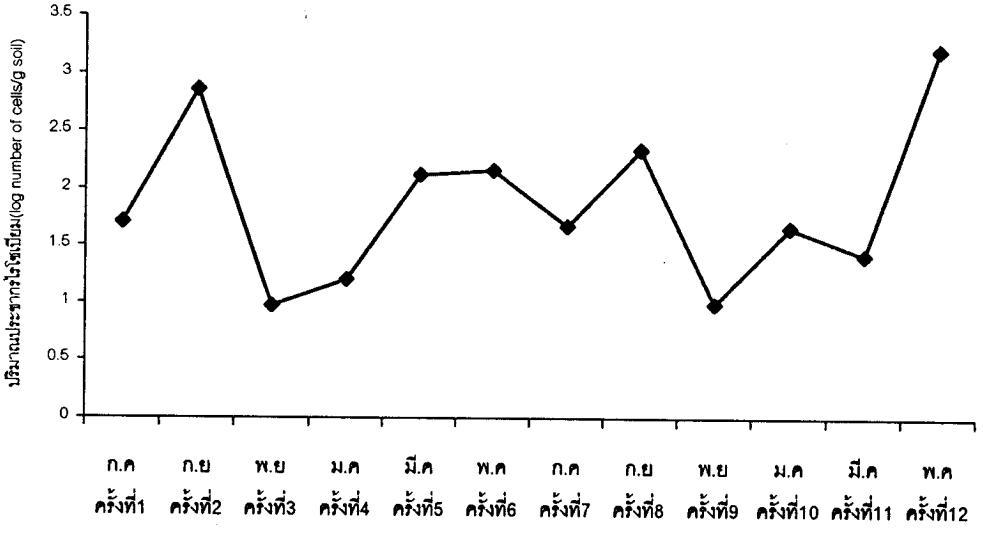
เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T15) = - 137.564 + 0.0178 (MOIST)- 0.04435 (TS) + 0.005184 (TA)

–0.142 (OM) –1.576 (EC)-0.310 (pH) + 0.108 (LEVEL)

R^2 = 0.177, SEE, 0.856, F = 1.227, Sig. F = 0.311

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรได้เพียง 17.7% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไร



ภาพที่ 17 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ยอดเขา ภูเรือ จ.เลย ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ตำรับที่ 16 ดินบริเวณพื้นที่กลางเขา ภูเรือ จังหวัดเลย พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพบว่าปริมาณประชากรเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 0.12 – 2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 18 พบว่า ปริมาณมีการกระจายขึ้นลงตามช่วงเดือนในแต่ละฤดูในช่วงแรกปริมาณสูงแล้วลดลงจนถึงเดือน มกราคม ซึ่งตรงกับการเก็บครั้งที่4ในช่วงฤดูหนาว พบว่ามีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 0.12 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม และเส้นกราฟจะสูงขึ้นช่วงเดือน พฤษภาคมแล้วตกลงมาในช่วงฤดูหนาว และขึ้นสูงสุดในเดือนพฤษภาคม ซึ่งตรงกับการเก็บครั้งที่ 12 ในช่วงฤดูร้อนมีปริมาณประชากรเฉลี่ยเท่ากับ 2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

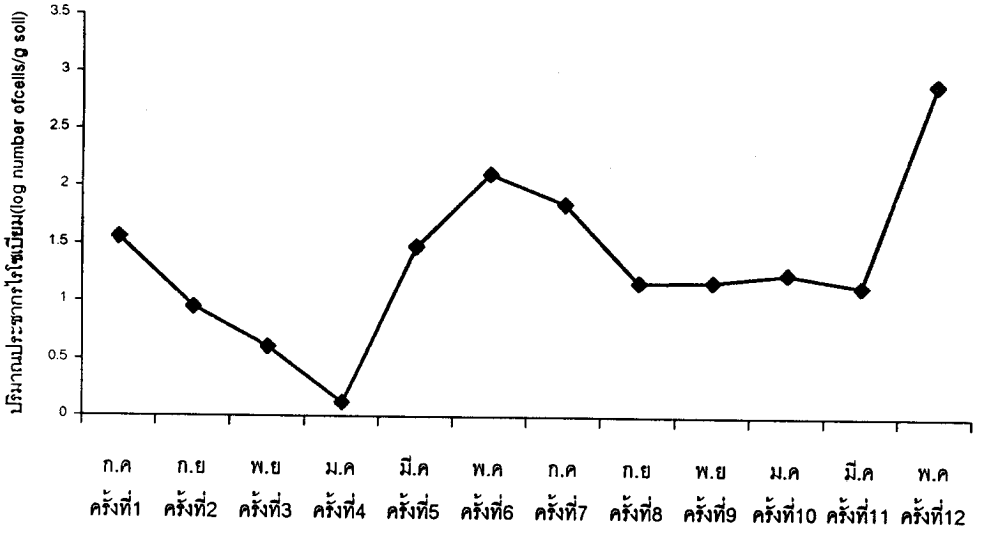
$$POP\ (T16) = -17.634 + 0.005559\ (MOIST) - 0.131\ (TS) - 0.07895\ (TA) + 0.02765\ (OM) - 4.296\ (EC) - 0.175\ (pH) + 0.02084(LEVEL)$$

R^2 = 0.240, SEE = 0.794, F = 1.803, Sig. F = 0.114

POP (T16) = -17.634 + 0.005559 (MOIST) – 0.131 (TS)-0.07895 (TA)
+ 0.02765 (OM) – 4.296 (EC)-0.175 (pH) + 0.02084(LEVEL)

R^2 = 0.240, SEE = 0.794, F = 1.803, Sig. F = 0.114

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้เพียง 24 % แสดงว่าสมการใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.114 ซึ่ง > 0.05) และผลการวิเคราะห์ไม่พบว่ามีปัจจัยใดที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ



ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่กลางเขา ภูเรือ จ.เลย ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

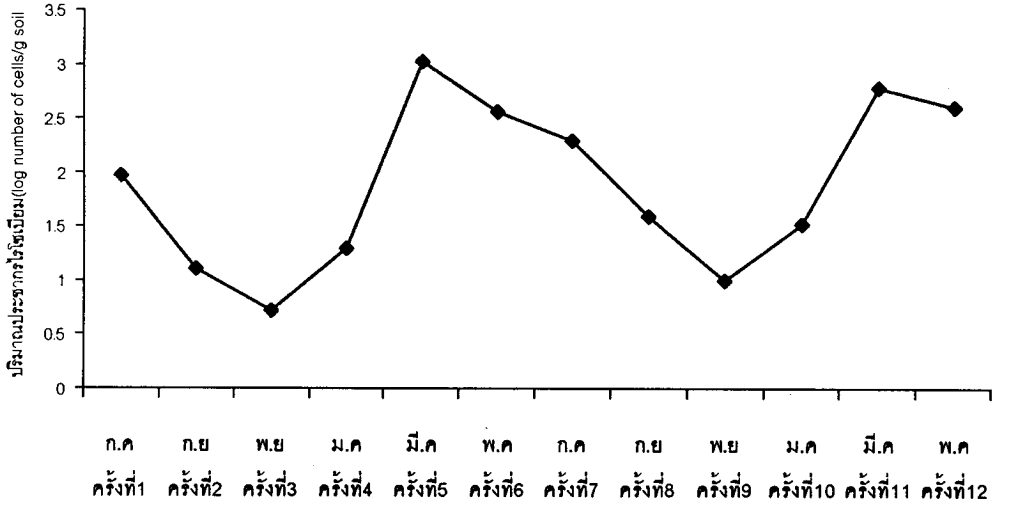
ตำรับที่ 17 ดินบริเวณพื้นที่เชิงเขา ภูเรือ จังหวัดเลย พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ย พบปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.72-3.02 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 19 พบว่า ปริมาณประชากรมีการกระจายอยู่ในช่วงเดือนในแต่ละฤดูเริ่มจากเดือนกรกฎาคมลดลงจนถึงเดือนพฤศจิกายนปริมาณประชากรเพิ่มขึ้นจนถึงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงสุดคือ 3.02 log ของจำนวนเซลล์ต่อ

ดินแห้ง 1 กรัม แล้วลดต่ำลงเรื่อย ๆ จนถึงเดือนพฤศจิกายน เส้นกราฟสูงขึ้นอีกจนถึงช่วงเดือนมกราคม ซึ่งในการเก็บครั้งที่ 3 พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.72 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งอยู่ในช่วงเดือน พฤศจิกายนในฤดูหนาว

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

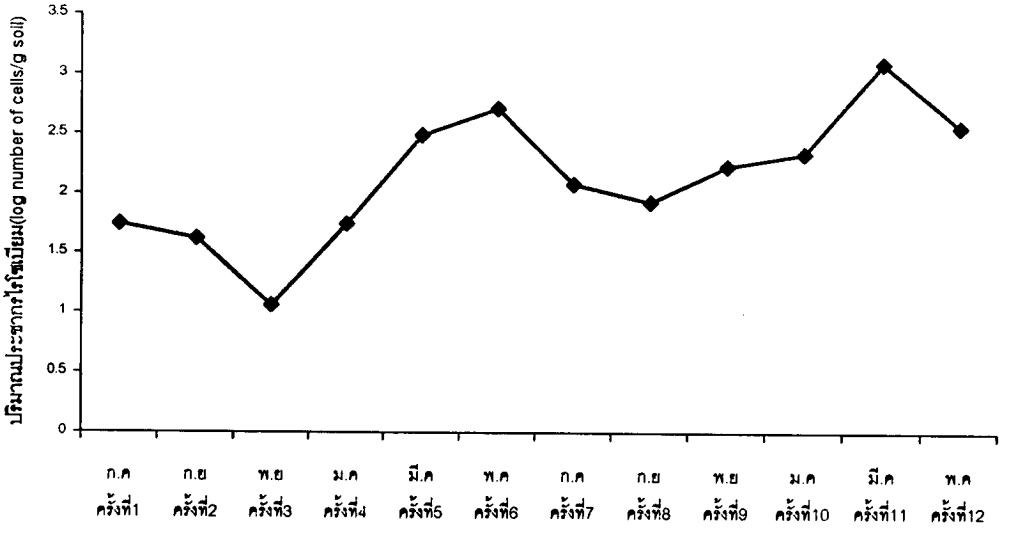
$$POP\ (T17) = -28.021 + 03029\ (MOIST) + 0.00345\ (TS) - 0.127\ (TA)$$
$$+ 0.02751\ (OM) + 0.756\ (EC) - 0.562\ (pH) + 0.05028(LEVEL)$$
$$R^2 = 0.407,\quad SEE = 0.743,\quad F = 3.918,\quad Sig.\ F = 0.002$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 40.7% สมการที่ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.002 ซึ่ง < 0.05) แต่จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบปกติกลับไม่พบว่ามีปัจจัยใดที่มีผลในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียม



ภาพที่ 19 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่เชิงเขา ภูเรือ จ.เลย ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ที่ 20 พบว่า ปริมาณประชากรมีการกระจายอยู่ในช่วงไม่ต่างกันโดยในช่วงการเก็บครั้งที่ 1-6 ปริมาณจะต่ำกว่าในการเก็บครั้งที่ 7-12 ในช่วงเดือนเดียวกัน และพบว่า การเก็บในครั้งที่ 11 มีปริมาณประชากรสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.09 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในช่วงฤดูร้อน และการเก็บครั้งที่ 3 มีปริมาณประชากรต่ำที่สุดโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.06 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายนในช่วงฤดูหนาว



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง อ.เมือง จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T18) = 2.863 + 0.03285\ (MOIST) + 0.04615\ (TS) - 0.0152\ (TA)$$
$$- 0.203\ (OM) + 2.055\ (EC) + 0.01071(pH) - 0.009337(LEVEL)$$

$R^2 = 0.147$, SEE= 0.802, F= 0.988, Sig. F = 0.453

จากสมการข้างต้นพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณไรโซเบียมได้เพียง 14.7% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณ

จากสมการข้างต้นพบว่าปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณไรโซเบียมได้เพียง 14.7% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.453 ซึ่ง > 0.05) และไม่พบว่ามีปัจจัยใดที่มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในเชิงบวกและลบ

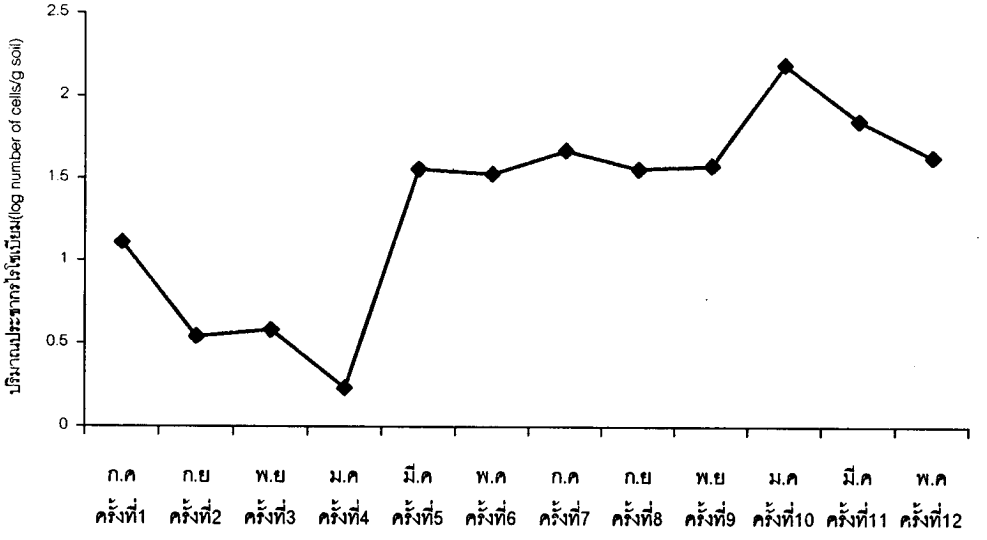
ตำรับที่ 19 ดินบริเวณพื้นที่ที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดราชสีมา พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์จำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยพบว่า ปริมาณประชากรอยู่ในช่วงระหว่าง 0.23-2.19 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 21 พบว่า การเก็บครั้งที่ 10 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 2.19 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับการเก็บในเดือนมกราคมในช่วงหนาว ซึ่งตรงกันข้ามกับการเก็บครั้งที่ 4 ของปีก่อน ปริมาณประชากรไรโซเบียมกลับพบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงเก็บครั้งที่ 4 ซึ่งตรงกับเดือนมกราคมเช่นกัน ปริมาณประชากรในช่วงครั้งที่ 1- ครั้งที่ 6 มีปริมาณต่ำกว่าครั้งที่ 7-12 ในช่วงเวลาเก็บเดียวกัน

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมและปัจจัยต่าง ๆ มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T19) = -0.116 - 0.006536\ (MOIST) - 0.04465\ (TS) + 0.0915\ (TA) + 0.03327\ (OM) - 0.869\ (EC) + 0.189\ (pH) - 0.00471(LEVEL)$$

$R^2 = 0.193,\ SEE = 0.737,\ F = 1.362,\ Sig.\ F. = 0.248$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรได้เพียง 19.3% สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F มีค่า = 0.248 ซึ่ง > 0.05) และผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบปกติ ก็ไม่พบว่ามีปัจจัยใดที่มีผลในเชิงบวกหรือเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมเลย



<u>ภาพที่ 21</u> การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง อ. ปักธงชัย จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

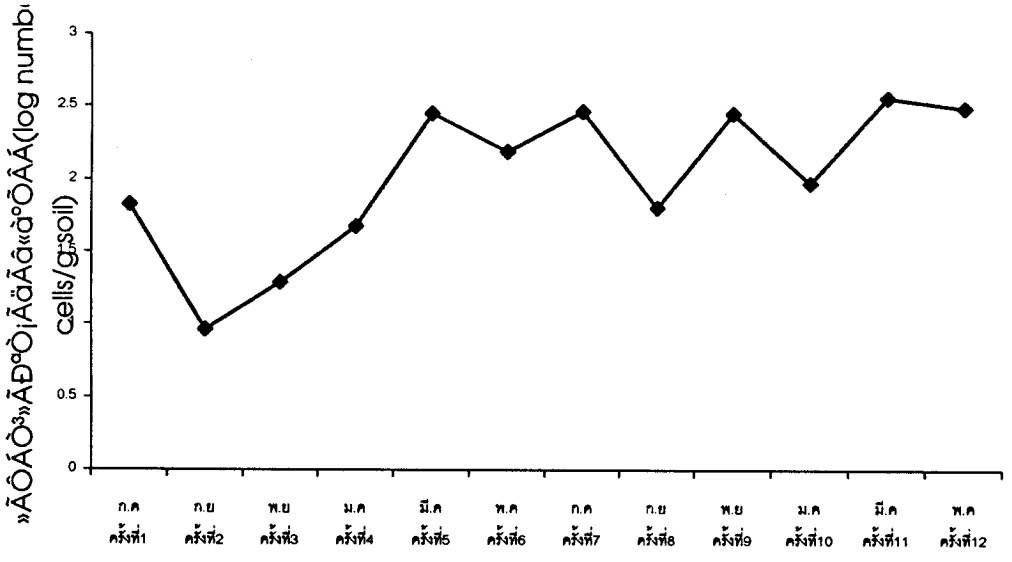
ตำรับที่ 20 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า มีปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์จำนวน 12 ครั้ง โดยพบปริมาณประชากรไรโซเบียมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.96 – 2.56 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่ 13) จากภาพที่ 22 พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมที่เก็บครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 6 มีปริมาณต่ำกว่าเดือนเดียวกันในครั้งที่ 7 ถึงครั้งที่ 12 และพบว่า ปริมาณประชากรในการเก็บครั้งที่ 11 มีปริมาณเฉลี่ยสูงสุด คือ 2.56 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนมีนาคมในฤดูร้อน และการเก็บครั้งที่ 2 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.96 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนกันยายนในช่วงฤดูฝน

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมและปัจจัยต่าง ๆ มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

POP (T20) = -4.599 – 0.00007259 (MOIST) – 0.04199 (TS) + 0.112(TA)
+ 0.358 (OM) – 1.216 (EC) + 0.128 (pH) – 0.01339 (LEVEL)

R^2 = 0.267, SEE = 0.691, F = 2.085, Sig. F = 0.068

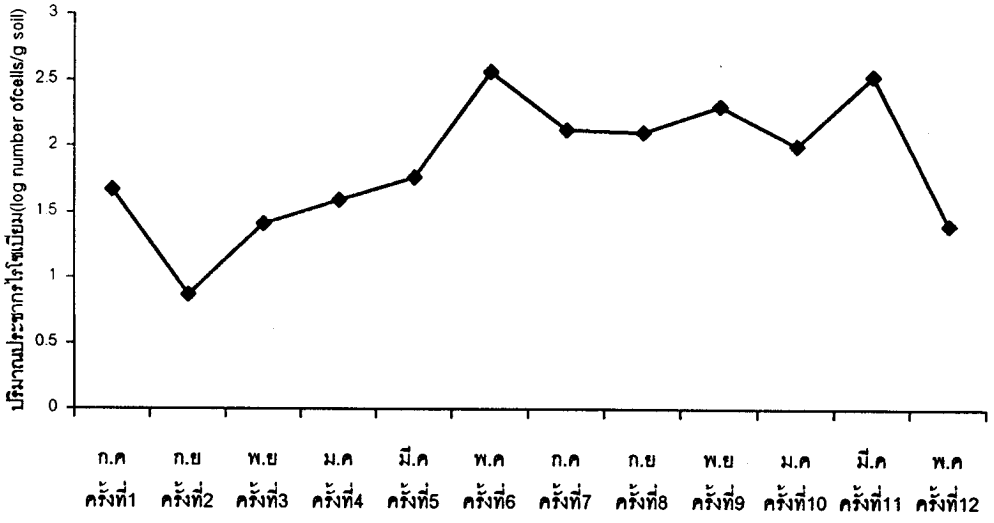
จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษาสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ เพียง 26.7 % สมการนี้ใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.068 ซึ่ง > 0.05) และผลจากการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าไม่มีปัจจัยใดที่มีผลทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียม



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินบริเวณพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมาในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

ตำรับที่ 21 ดินบริเวณพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่าปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 12 ครั้ง โดยเฉลี่ยแล้วปริมาณอยู่ในช่วงระหว่าง 0.82 – 2.56 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม (ตารางผนวกที่13) จากภาพที่ 23 พบว่า ประชากรไรโซเบียมในการเก็บครั้งที่6 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 2.56 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือน พฤษภาคม ในช่วงฤดูฝน และการเก็บครั้งที่ 2 มีปริมาณประชากรเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 0.87 log ของจำนวนเซลล์ต่อดิน

แห้ง 1 กรัม ซึ่งตรงกับเดือนกันยายนในช่วงฤดูฝนเช่นกัน เมื่อพิจารณาความผันแปร พบว่า ในการเก็บครั้งที่ 1-6 นั้นปริมาณประชากรจะต่ำกว่าครั้งที่ 7-12



ภาพที่ 23 การเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน บริเวณพื้นที่รกร้างว่างเปล่า อ.เมือง จ.นครราชสีมา ในช่วงฤดูกาลต่าง ๆ

เมื่อนำปริมาณประชากรไรโซเบียมและปัจจัยต่าง ๆ มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติได้สมการดังนี้

$$POP\ (T21) = -9.538 + 0.07048^{**}(MOIST) - 0.02304(TS) + 0.02283(TA) - 0.01882(OM) + 2.004(EC) - 0.338(pH) + 0.06337^{*}(LEVEL)$$

$R^2 = 0.502$, SEE = 0.653, F = 5.768, Sig. F = 0.000

จากสมการข้างต้น พบว่า ปัจจัยต่าง ๆสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ 50.2 ซึ่งสมการนี้สามารถนำไปใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F มีค่า = 0.000 ซึ่ง < 0.05) และจากผลการวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่า มีความชื้นและความสูงของพื้นที่มีผลในเชิงบวกต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในตำรับที่ 1 ดินบริเวณยอดเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า อุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตำรับการทดลองที่ 2 ดินบริเวณกลางเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า อุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่ 3 พื้นที่บริเวณเชิงเขา เขาใหญ่ จังหวัดนคราราชสีมา พบว่า อุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่ 4 พื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยที่ทำการศึกษา ตำรับการทดลองที่ 5 พบว่า บริเวณที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท พบว่า อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่ 6 พื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดชัยนาท พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ตำรับการทดลองที่ 7 ดินบริเวณที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดชัยนาท, นครสวรรค์ และสิงห์บุรี พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตำรับการทดลองที่ 8 ดินบริเวณยอดเขา ดอยอินทนนท์ ไม่พบความสัมพันธ์กับปัจจัยใดเลย ทั้งนี้อาจสืบเนื่องมาจากระดับอุณหภูมิในพื้นที่ ที่ต่ำมากจนไรโซเบียมไม่สามารถเจริญเติบโตได้ หรืออาจหยุดกิจกรรมลงชั่วคราว ตำรับการทดลองที่ 9 พื้นที่กลางเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่10 พื้นที่บริเวณเชิงเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 11 พื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตำรับการทดลองที่ 12 พื้นที่ราบที่ทำการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่ มีความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่ 13 พื้นที่ที่ทำการปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดเชียงใหม่ ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 14 พื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดชัยนาท นครสวรรค์ และสิงห์บุรี พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรไรโซ เบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ตำรับการทดลองที่ 15 พื้นที่บริเวณยอดภูเรือ จังหวัดเลย ไม่พบความสัมพันธ์ของปริมาณไรโซเบียมกับปัจจัยใด ๆ ตำรับการทดลองที่ 16 พื้นที่บริเวณกลางเขา ภูเรือ จังหวัดเลย พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 17 พื้นที่เชิงเขา ภูเรือ

จังหวัดเลย พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 18 พื้นที่ราบที่ทำการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 19 พื้นที่ราบที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง บริเวณจังหวัดนครราชสีมา พื้นที่ราบที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง บริเวณจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 20 พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ใด ๆ ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ตำรับการทดลองที่ 21 พื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ในสภาพนิเวศที่แตกต่างกันปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความสัมพันธ์ก็แตกต่างกันไปด้วย ฤดูกาลเป็นตัวควบคุมการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยต่าง ๆ โดยพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อความเปลี่ยนแปลงประชากรของไรโซเบียมมากที่สุด

ในการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ เป็นจำนวน 12 ครั้ง พบว่า แต่ละตำรับการทดลองปริมาณประชากรมีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีความแตกต่างกันในแต่ละครั้งที่เก็บซึ่งอาจเนื่องมาจากเวลาที่เก็บต่างกัน สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ปริมาณที่นับได้แตกต่างกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน จากการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติของปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ ความชื้นในดิน อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ความสูงของพื้นที่ ปริมาณธาตุอาหาร พบว่าในแต่ละสภาพพื้นที่หรือสภาพนิเวศจะมีความสัมพันธ์ของปริมาณประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยหรือสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน คือ พื้นที่ยอดเขาใหญ่ พบว่าอุณหภูมิมีผลในเชิงลบ แต่อุณหภูมิอากาศมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียม ในขณะที่พื้นที่ยอดดอยอินทนนท์กลับไม่พบความสัมพันธ์ของสภาพแวดล้อมชนิดใดเลยเมื่อวิเคราะห์ถดถอยพหุแบบปกติเช่นเดียวกับพื้นที่ยอดภูเรือก็ไม่พบความสัมพันธ์ใดๆ กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมเช่นกัน และปริมาณประชากรในพื้นที่ยอดเขาทั้ง 3 ตำรับ นั้นก็มีปริมาณต่ำโดย

เฉพาะยอดเขาอินทนนท์ พบว่าต่ำกว่าทั้ง 2 ตำรับดังกล่าว แต่จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (r) ระหว่างปริมาณประชากรไรโซเบียมกับความสูงของพื้นที่พบว่า มีความสัมพันธ์กันในเชิงลบ คือ พื้นที่ยิ่งสูงปริมาณประชากรยิ่งต่ำ ในขณะที่ลักษณะเนื้อดินเป็นดินที่มีอินทรียวัตถุสูง มีส่วนที่เป็นอนินทรียวัตถุน้อย ความเป็นกรดสูง อุณหภูมิในพื้นที่ต่ำ ทำให้มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไรโซเบียม กล่าวกันว่าพื้นที่สูงย่อมเกิดการชะล้างพังทลายของพื้นดินประกอบกับเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ง่ายต่อการสูญเสียสิ่งที่อาศัยอยู่ในดิน ทำให้จุลินทรีย์ถูกพัดพาลงมาจากที่สูงสู่ที่ต่ำได้ แต่ด้วยลักษณะของพื้นที่ยอดเขาที่ต่างกันของ 3 พื้นที่จึงพบว่าพื้นที่ยอดภูเรือมีปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงกว่าพื้นที่ยอดเขาทั้ง 2 ตำรับ เพราะพื้นที่บริเวณยอดภูจะเป็นพื้นที่ราบการเกิดการชะล้างจึงมีต่ำ และความสูงมีระดับต่ำกว่ายอดดอยอินทนนท์มากพื้นที่เขาใหญ่ ถึงแม้พื้นที่จะไม่สูงมากเมื่อเทียบกับ 2 พื้นที่ดังกล่าวแต่ลักษณะของพื้นที่ที่เหมาะต่อการเกิดการชะล้างพังทลายปริมาณประชากรจึงต่ำกว่าพื้นที่ยอดภูเรือ

พื้นที่กลางเขา จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าในพื้นที่กลางเขาใหญ่ พบว่า อุณหภูมิอากาศมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียม ในพื้นที่กลางดอยอินทนนท์ พบว่าค่าการนำไฟฟ้ามีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียม เมื่อพิจารณาปริมาณประชากรไรโซเบียมพบว่าพื้นที่กลางเขามีปริมาณประชากรมากกว่าพื้นที่ยอดเขา เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างกัน อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์มีมากขึ้น แต่พื้นที่กลางภูเรือกลับมีปริมาณประชากรต่ำกว่ายอดภูเรือทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพพื้นที่ของยอดภูเรือเป็นที่ราบแต่กลางภูเรือเป็นที่ลาดชันทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินได้ง่ายไรโซเบียมซึ่งอยู่ในดินก็อาจจะหลุดไปกับดินที่พังทลายทำให้มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ดินจะถูกชะล้างพังทลายได้ง่ายโดยน้ำฝนปริมาณที่พบจึงน้อยกว่าพื้นที่กลางเขาใหญ่ และกลางดอยอินทนนท์ที่มีการชะล้างมาจากยอดดอย และเกิดการชะล้างไปยังพื้นที่เชิงเขาแต่ปริมาณก็ยังมากกว่าพื้นที่กลาง ภูเรือและบริเวณภูเขาจะมีพืชปกคลุมอยู่ตลอดเวลาทั้งที่เป็นพืชตะกูลถั่วและไม่ใช่ แต่ก็ส่งเสริมให้ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีปริมาณสูงได้เป็นการรักษาปริมาณในดินได้

พื้นที่เชิงเขา จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าในพื้นที่เชิงเขาใหญ่ นั้นอุณหภูมิดินมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียม ส่วนพื้นที่เชิงดอยอินทนนท์และพื้นที่เชิงภูเรือไม่พบว่ามีสภาพแวดล้อมใดมีผลต่อปริมาณประชากร เมื่อพิจารณาปริมาณประชากรพบว่าพื้นที่เชิงเขามีปริมาณประชากรมากที่สุดในพื้นที่ที่เป็นภูเขา และพบว่าพื้นที่เชิง

เขาใหญ่มีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกพื้นที่ก็เก็บทั้ง 21 พื้นที่ โดยพบว่าสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ศึกษามีความแตกต่างกันทางสถิติทุกปัจจัยยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุที่พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 2 ปี อาจจะไม่นานพอที่ปริมาณอินทรียวัตถุจะเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนปัจจัยอื่น ๆ นั้นเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ในพื้นที่เชิงดอยอินทนนท์ พบว่า มีปริมาณประชากรเฉลี่ย ต่ำกว่าพื้นที่กลางดอยอินทนนท์ และพื้นที่เชิงภูเรือมีปริมาณเฉลี่ยสูงกว่ากลางภูเรือเล็กน้อย

พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าในพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่องจากเชียงใหม่นั้น ความสูงของพื้นที่มีผลในเชิงลบต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมอีก 2 พื้นที่เป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่องไม่พบว่ามีสภาพแวดล้อมตัวใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมเมื่อพิจารณาปริมาณประชากร พบว่ามีปริมาณอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ พื้นที่ที่เก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ปลูกพืชไร่ ซึ่งรวมถึงพืชตระกูลถั่วด้วยและส่วนใหญ่จะเป็นพืชตระกูลถั่ว แต่สาเหตุที่มีปริมาณต่ำในดินอาจเกิดการฉีดพ่นยาฆ่าแมลงในปริมาณที่สูงจนเป็นอันตรายต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมจึงทำให้พบในปริมาณต่ำ

พื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าในพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่องจังหวัดชัยนาท อุณหภูมิอากาศมีผลในเชิงลบต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม และในพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่องจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ความชื้นในดินมีในผลเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียม ส่วนพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่องจังหวัดนครราชสีมา ไม่พบว่าสภาพแวดล้อมใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม เมื่อพิจารณาปริมาณประชากรพบว่ามีปริมาณประชากรต่ำเนื่องจากในสภาพน้ำขังไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของไรโซเบียม และข้าวไม่ใช่พืชตระกูลถั่วไม่ใช่พืชอาศัยของไรโซเบียมจึงไม่สามารถเพิ่มปริมาณได้มาก ในสภาพน้ำขังนานๆ ยังขาดออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของไรโซเบียมอีกด้วย

พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าในปลูกพืชไร่สลับข้าวจังหวัดชัยนาท ความชื้นและอุณหภูมิดินมีผลในเชิงบวกต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม ส่วนอีก 2 พื้นที่คือพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวจังหวัดเชียงใหม่ และพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวจังหวัดนครราชสีมา ไม่พบว่าสภาพแวดล้อมใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม เมื่อพิจารณาปริมาณประชากร พบว่า ในพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวมีปริมาณปานกลาง ใน

บางพื้นที่มีปริมาณประชากรมากกว่าพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการวิเคราะห์พบว่าความชื้นและอุณหภูมิดินมีผลต่อปริมาณประชากรการที่ปลูกข้าวสลับกับพืชไร่ ความชื้นที่ได้จากการขังน้ำยังมีอยู่ในดิน ในเรื่องของอุณหภูมิดินมีผลมาจากอุณหภูมิอากาศ แต่การปลูกพืชก็เป็นการป้องกันความร้อนส่งผ่านลงสู่ดินไม่มากนักจนมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม

พื้นที่รกร้างว่างเปล่า จากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่า ความชื้นในดินมีผลในเชิงบวกกับปริมาณประชากรไรโซเบียมในพื้นที่รกร้างจังหวัดนครราชสีมา และพื้นที่รกร้างจังหวัดชัยนาท นครสวรรค์ สิงห์บุรี ส่วนพื้นที่รกร้างจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีผลในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียม เมื่อพิจารณาปริมาณประชากรไรโซเบียม พบว่าปริมาณประชากรอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่รกร้างว่างเปล่ามีสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ พื้นที่ไม่ถูกรบกวน ไม่มีการดึงเอาปัจจัยต่าง ๆ ออกไป พื้นที่มีพืชปกคลุมถึงแม้ว่าจะไม่ใช่พืชตระกูลถั่ว ไรโซเบียมก็สามารถมีชีวิตอยู่ได้ โดยอาศัยสารอินทรีย์ที่ขับออกมาจากบริเวณรากพืช

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพแวดล้อมกับการเปลี่ยนแปลงประชากรไรโซเบียมในดิน พบว่า ปัจจัยต่าง ๆ ทางสภาพแวดล้อม ล้วนมีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรทั้งสิ้น มากน้อยแตกต่างกันไปตามสภาวะที่เกิดไม่สามารถกำหนดแน่ชัดว่าปัจจัยทางสภาพแวดล้อมตัวใดเป็นตัวกำหนดปริมาณประชากรไรโซเบียม แต่สามารถชี้ได้ว่าปัจจัยทางสภาพแวดล้อมใดมีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินจากการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ พบว่าความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าความเค็ม ความสูงของพื้นที่ มีผลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในสภาพพื้นที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณอินทรียวัตถุ และความเป็นกรดเป็นด่างกลับไม่พบว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรไรโซเบียมในดิน เนื่องจาก อินทรียวัตถุเป็นแหล่งให้คาร์บอนกับไรโซเบียม แต่ไรโซเบียมรับคาร์บอนได้จากสารที่ขับออกมาจากบริเวณรอบรากพืช และเมื่อไรโซเบียมเข้าสู่ปมรากพืชจะได้คาร์บอนจากการสังเคราะห์แสงของพืชที่ส่งผ่านมายังปมราก จึงทำให้อินทรีวัตถุไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรไรโซเบียม และค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน พบว่า มีอยู่ในระดับความเป็นกรดจัดถึงกรดอ่อน แต่ไม่เป็นอันตรายต่อไรโซเบียม เนื่องจากถูกลดความเป็นพิษลงโดยความชื้นในดิน และจากงานทดลองต่าง ๆ พบว่าความเป็นกรด-ด่างในระดับนี้อยู่ในช่วงที่ไม่เป็นอันตรายต่อการดำรงชีวิตของไรโซเบียม

2. การเปรียบเทียบปริมาณประชากรไรโซเบียมระหว่างพื้นที่ของแต่ละตำรับการทดลอง

จากการนับปริมาณประชากรไรโซเบียมในดินโดยวิธี MPN- Plant infection technique จำนวน 12 ครั้ง ในระยะเวลา 2 ปี พบว่า ในแต่ละการเก็บตัวอย่างดินครั้งที่เก็บตัวอย่างประชากรไรโซเบียมในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งด้านสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และการใช้ที่ดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และความแตกต่างดังกล่าวจะผันแปรไปตามการเก็บตัวอย่างในแต่ละครั้งซึ่งมีฤดูที่เปลี่ยนแปลงดังต่อไปนี้

การเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 1 (เดือนกรกฎาคม 2540)

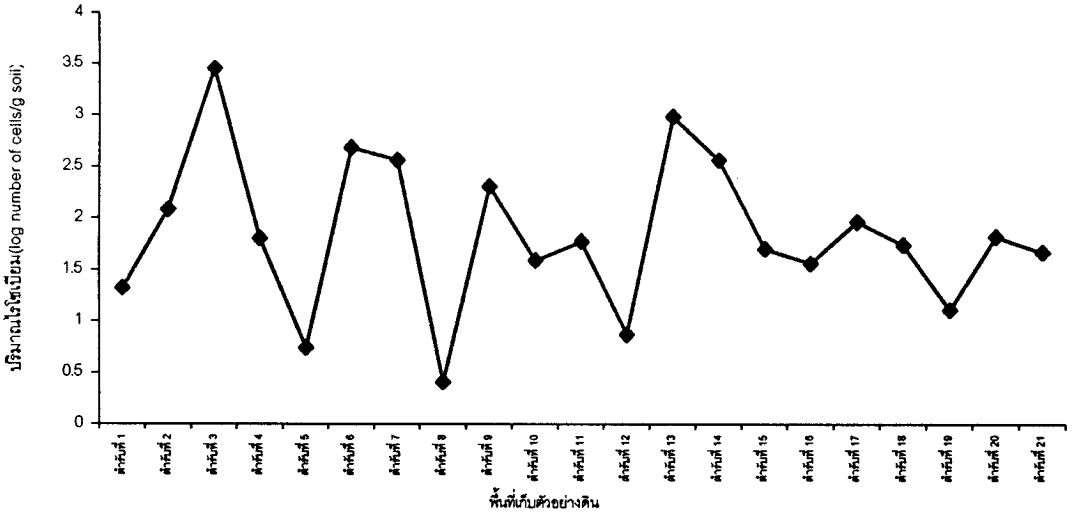
พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1) จากภาพที่ 24 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3 (ดินบริเวณเชิงเขาใหญ่) ตำรับที่ 13 (ดินปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดเชียงใหม่) ตำรับที่ 6 (ดินปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดชัยนาท), ตำรับที่ 7 และ 14 (ดินจากพื้นที่รกร้างว่างเปล่าจังหวัดชัยนาท, นครสวรรค์ และสิงห์บุรี และจากจังหวัดเชียงใหม่) โดยตำรับที่ 3 มีประชากรสูงที่สุด มีปริมาณโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.45 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ในดินกลุ่มนี้พบว่า มีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินอยู่ในช่วง 26 - 33.9 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศอยู่ในช่วง 29.8 - 34.8 องศาเซลเซียส pH อยู่ในช่วงกรดอ่อน ตั้งแต่ 4.98 - 6.38 และมีอินทรียวัตถุตั้งแต่ 1.78-3.4% สำหรับพื้นที่ที่พบว่ามีประชากรอยู่ในระดับต่ำ ได้แก่ ดินที่ใช้ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง นั่นคือตำรับที่ 5, 12 และตำรับที่ 19 มีปริมาณประชากรไรโซเบียมอยู่ในช่วง 0.74 - 1.11 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม และเป็นดินจากยอดดอยอินทนนท์ 0.41 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม และดินจากยอดเขาใหญ่ ปริมาณ 1.32 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned} POP\ (1) \quad &= 3.248 - 0.022^{**}\ (MOIST) - 0.0.85^{*}(TS) + 0.113^{*}\ (TA) - 0.063\ (OM) \\ &\quad + 3.067\ (EC) - 0.29\ (pH) - 0.00031\ (P) - 0.119^{*}\ (K) - 0.000289\ (Ca) \\ &\quad - 0.00093\ (Mg) - 0.00044\ (LEVEL) \end{aligned}$$

R^2 = 0.256, SEE = 0.949, F = 2.248, Sig. F = 0.029

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 25.6% (Sig. F = 0.02 ซึ่งน้อยกว่า 0.05) สมการนี้ใช้พยากรณ์ได้ และจากการวิเคราะห์พบว่า ความชื้น อุณหภูมิดิน และค่าพอแทสเซียม (K) มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับปริมาณประชากรไรโซเบียมในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ

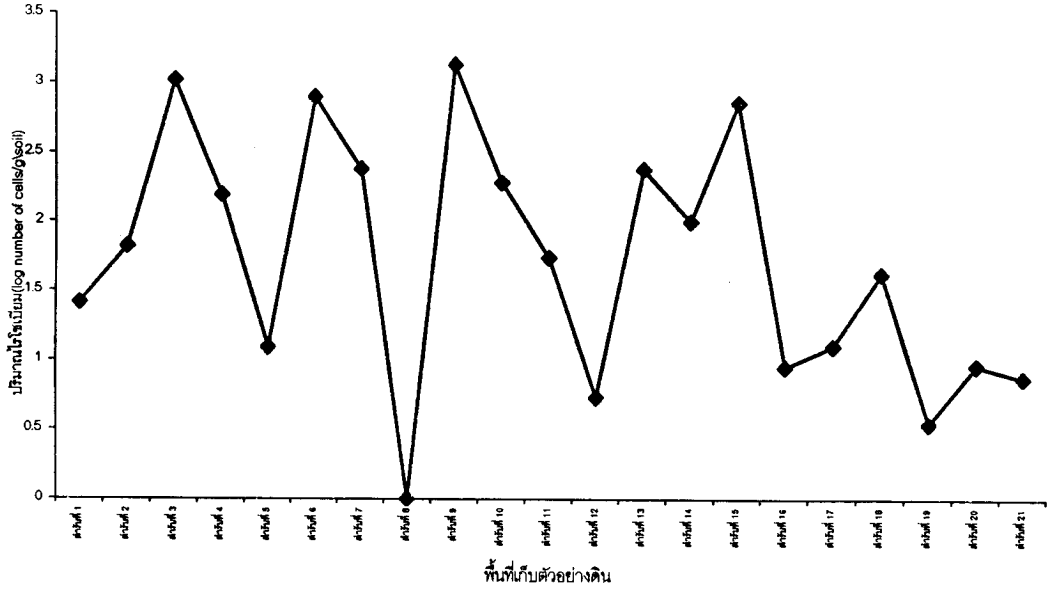


ภาพที่ 24 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 (เดือนกรกฎาคม 2540)

การเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 2 (เดือนกันยายน 2540)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 2) จากภาพที่ 25 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 9 และ 3 (ดินจากกลางเขา ดอยอินทนนท์ และดินจากเชิงเขา เขาใหญ่) ซึ่งมีปริมาณไรโซเบียม 3.13 และ 3.03 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 6, 15, 13, 10 และ 4 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 1.9-2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ดินเหล่านี้มีอินทรีย

วัตถุอยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.01-6.08% อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและดินอยู่ในช่วงปานกลาง 24.8-25.5 และ 22.3-26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงเห็นได้ว่า ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อยู่ในระดับปานกลาง และไม่มีปัจจัยอื่นที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโซเบียม สำหรับดินที่พบไรโซเบียมในปริมาณต่ำ และต่ำมากจนนับไม่ได้ ถึง 0.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม คือตำรับที่ 9, 19 และ 12 (ดินจากยอดเขา ดอยอินทนนท์, ดินจากพื้นที่ราบที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดนครราชสีมา และดินจากพื้นที่ราบที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง จังหวัดเชียงใหม่)



<u>ภาพที่ 25</u> ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (เดือนกันยายน 2540)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

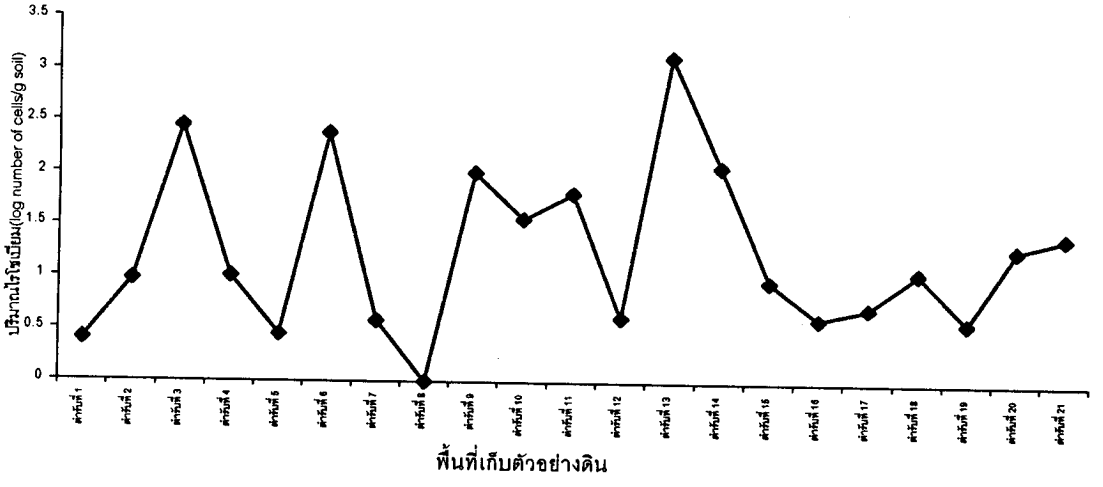
$$POP(2) = 3.605 - 0.0094(MOIST) - 0.087^{*}(TS) + 0.0567(TA) - 0.031(OM) - 0.442(EC) - 0.089(pH) - 0.00056(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.161,\ SEE = 0.981,\ F = 2.076,\ Sig.\ F = 0.56$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 16.1% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.56 ซึ่ง > 0.05) แต่จากสมการพบว่า อุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 (เดือนพฤศจิกายน 2540)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) จากภาพที่ 26 แสดงให้เห็นถึงระดับปริมาณประชากรที่แตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่โดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 13 (ดินจากพื้นที่ราบที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว จังหวัดเชียงใหม่) ซึ่งมีปริมาณไรโซเบียมเฉลี่ย 3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 3 และ 6 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.45 และ 2.38 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ดินเหล่านี้มีอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.72-2.28% และ pH อยู่ในช่วงกรดอ่อน คือ 5.04-6.08 อุณภูมิเฉลี่ยของดินและอากาศอยู่ในช่วงปานกลาง 23-35 และ 21-36.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับดินที่พบไรโซเบียมในปริมาณต่ำหรือต่ำมาก ได้แก่ตำรับที่ 8, 5, 7, 19, 16, 12 และ 17 ตามลำดับ ซึ่งพบไรโซเบียมตั้งแต่น้อยมากจนนับไม่ได้ ถึง 0.72 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม



ภาพที่ 26 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 (เดือนพฤศจิกายน 2540)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

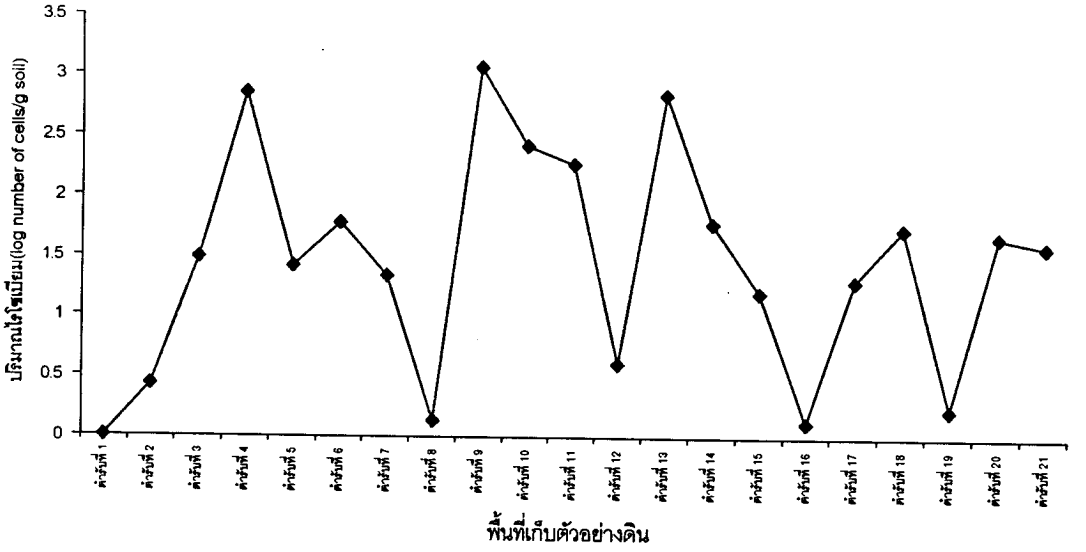
$$POP(3) = 2.059 - 0.0044(MOIST) - 0.058(TS) + 0.02(TA) - 0.046(OM) + 1.139(EC) + 0.0978(pH) - 0.00049(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.137,\ SEE = 0.912,\ F = 1.719,\ Sig.\ F = 0.117$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 13.7% และสมการนี้ไม่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมไม่ได้ (Sig. F = 0.117 ซึ่ง > 0.05) และจากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติพบว่า ไม่มีปัจจัยใด ๆ เลยที่มีผลในเชิงบวกและเชิงลบต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 4 (เดือนมกราคม 2541)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 4) จากภาพที่ 27 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 9 และ 13 (ดินจากกลางเขา ดอยอินทนนท์ และดินจากพื้นที่ราบที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว) มีปริมาณไรโซเบียม 3.07 และ 2.85 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 10 และ 11 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.42 และ 2.27 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ดินกลุ่มนี้อยู่ในช่วงความชื้นต่ำคือ ช่วงระหว่าง 3.99-28.19% อุณภูมิเฉลี่ยของอากาศและดินอยู่ในช่วง 27.75-32.13 และ 31.9-36.18 องศาเซลเซียส ตามลำดับ pH อยู่ในช่วงกรดอ่อนคือ 5.05-5.25 จึงเห็นได้ว่า ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อยู่ในระดับปานกลาง แต่ความชื้นค่อนข้างต่ำและปัจจัยที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโซเบียมน้อย สำหรับดินที่พบไรโซเบียมในปริมาณต่ำและต่ำมาก ได้แก่ตำรับที่ 1, 16, 8, 19, 2 และ 12 ตามลำดับ พบว่าไรโซเบียมอยู่ในช่วงตั้งแต่น้อยมากจนนับไม่ได้ ถึง 0.6 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ดินในกลุ่มนี้พบปัจจัยต่าง ๆ อยู่ในระดับปานกลาง



ภาพที่ 27 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 4 (เดือนมกราคม 2541)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

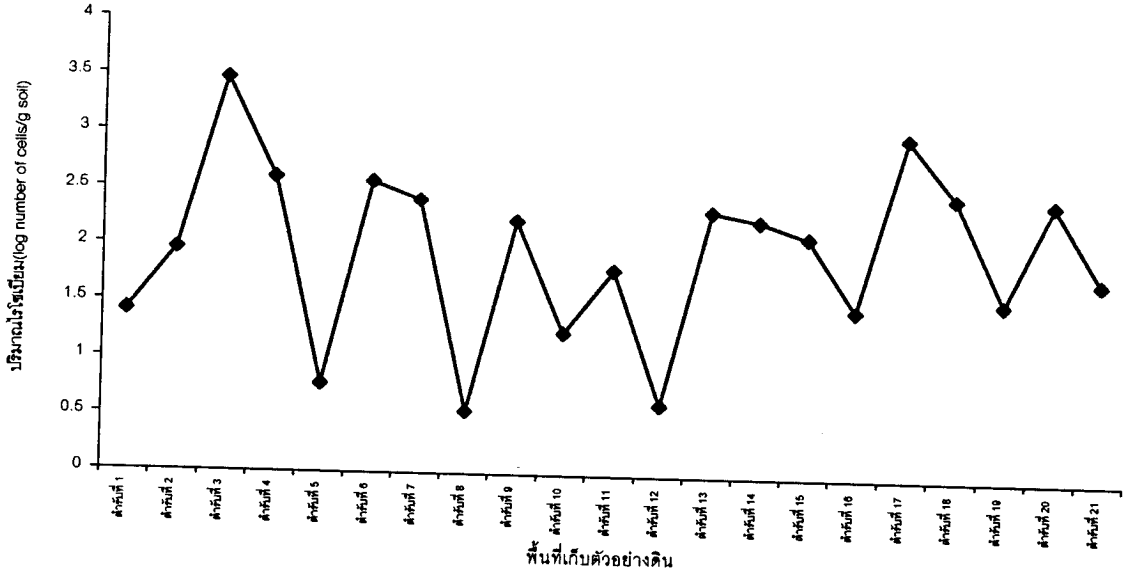
$$POP(4) = 1.791 - 0.031^{**}(MOIST) - 0.081^{*}(TS) - 0.03923^{*}(TA) - 0.063(OM) + 3.667^{*}(EC) - 0.079(pH) - 0.0002(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.316,\ SEE = 0.929,\ F = 5.021,\ Sig.\ F = 0.000$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 31.6% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.000 ซึ่งมีค่า < 0.05) แต่จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า ความชื้นอุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับ และยังพบอีกว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 5 (เดือนมีนาคม 2541)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 5) จากภาพที่ 28 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3 และ 17 (ดินจากเชิงเขา เขาใหญ่ และดินจากเชิงภูเรือ) มีปริมาณไรโซเบียม 3.47 และ 3.02 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 4, 6, 18, 20 และ 7 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.41 และ 2.6 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ดินกลุ่มนี้อยู่ในช่วงความชื้นค่อนข้างต่ำคือ ช่วงระหว่าง 1.91-16.36% ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้อยู่ในระดับปานกลาง แต่ความชื้นค่อนข้างต่ำและปัจจัยที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโซเบียมน้อย สำหรับดินที่พบไรโซเบียมในปริมาณต่ำ และต่ำมาก ได้แก่ตำรับที่ 8, 12, 5, 10, 16 และ 19 ตามลำดับ พบว่าไรโซเบียมอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.55-1.566 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งในตำรับที่ต่ำที่สุดคือ ตำรับที่ 8 พบว่า มีความชื้นเฉลี่ยสูงที่สุดในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้ คือ 39.27% และอุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำที่สุดเช่นกันคือ 15.13 และ 14.88 ตามลำดับ pH อยู่ในช่วงกรดอ่อนคือ 4.14 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงคือ 11.21% ซึ่งมากที่สุดในการเก็บครั้งนี้เช่นกัน รวมถึงระดับความสูงด้วย



ภาพที่ 28 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 5 (เดือนมีนาคม 2541)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

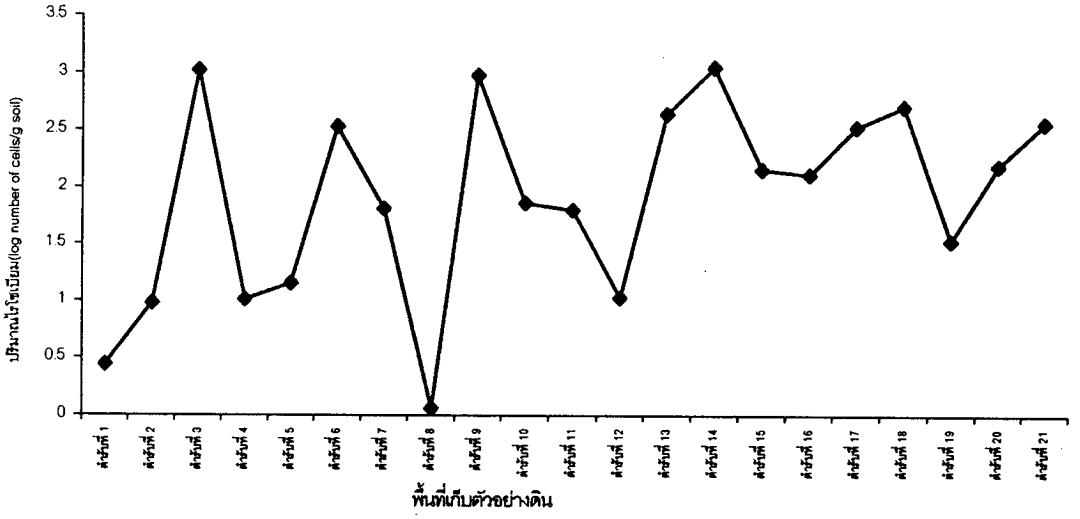
$$POP(5) = 3.394 - 0.023\,(MOIST) - 0.093\,(TS) - 0.055\,(TA) + 0.0329\,(OM) + 1.334\,(EC) + 0.201\,(pH) - 0.00089\,(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.166,\ SEE = 0.911,\ F = 2.155,\ Sig.\ F = 0.48$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 16.6% และสมการนี้ไม่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.48 ซึ่งมีค่า > 0.05) นอกจากนี้ยังพบว่า การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติไม่พบความสัมพันธ์ในเชิงบวกและเชิงลบต่อปริมาณไรโซเบียม

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 6 (เดือนพฤษภาคม 2541)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 6) จากภาพที่ 29 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 14 และ 3 (ดินจากพื้นที่ราบที่รกร้างว่างเปล่า จังหวัดเชียงใหม่ และดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.05 และ 2.98 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 9, 18, 13, 21, 17, 6, 20, 15 และ 16 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.11-2.89 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ดินกลุ่มนี้มีความชื้นอยู่ในระดับต่ำคือ ช่วงระหว่าง 7.36-27.44% อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศและดินอยู่ในช่วงปาน สำหรับดินที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำ ได้แก่ตำรับที่ 8, 1, 2, 4, และ 12 ตามลำดับ พบว่า ไรโซเบียมอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.06-1.03 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม pH อยู่ในช่วงกรดจัดคือ 4.14 อินทรียวัตถุอยู่ในช่วงปริมาณสูงมาก คือ 11.6% ซึ่งสูงที่สุดในการเก็บตัวอย่างครั้งนี้



ภาพที่ 29 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 6 (เดือนพฤษภาคม 2541)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

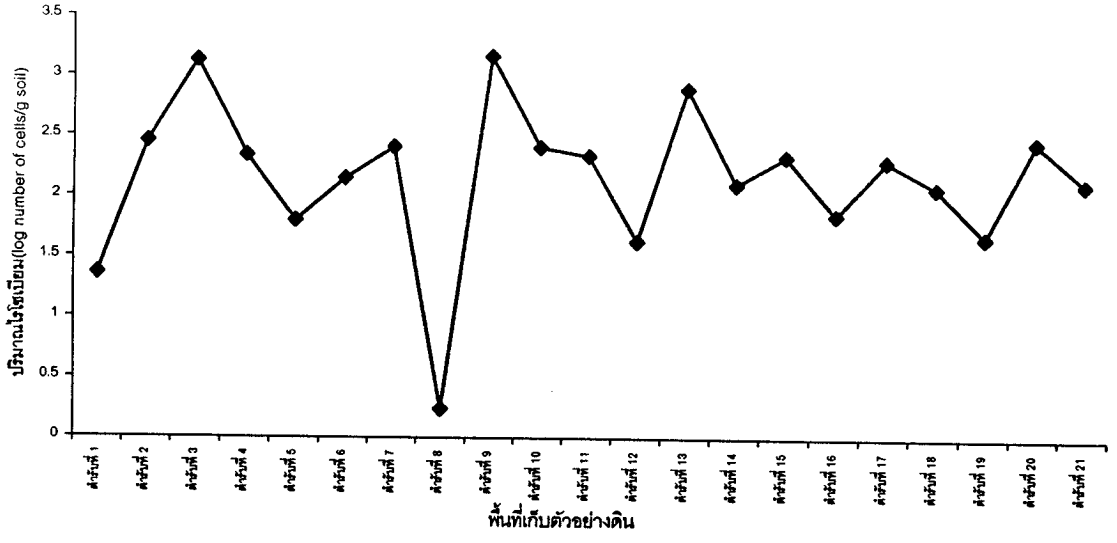
$$POP(6) = 0.282 - 0.033^{*}(MOIST) - 0.044\,(TS) + 0.0439\,(TA) + 0.0437\,(OM) - 4.464\,(EC) + 0.403^{*}\,(pH) + 0.000103\,(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.253,\ SEE = 0.92,\ F = 3.683,\ Sig.\ F = 0.002$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 25.3% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.002 ซึ่งมีค่า < 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ pH มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 7 (เดือนกรกฎคม 2541)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 7) จากภาพที่ 30 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 9 และ 3 (ดินจากพื้นที่กลางเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.17 และ 3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 13, 20, 2, 10, 7, 4, 15, 11, 17, 6, 21, 14 และ 18 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.08-2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งพบว่า ดินกลุ่มนี้มีความชื้นเฉลี่ยสูงมากคือ 58.52% อุณหภูมิดินและอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดในการเก็บครั้งนี้คือ 13 และ 16 องศาเซลเซียส ตามลำดับ pH อยู่ในช่วงกรดจัดคือ 4.25 อินทรียวัตถุอยู่ในช่วงปริมาณสูงมาก คือ 11.63% สำหรับตำรับที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำ ได้แก่ตำรับที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 0.24 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม



ภาพที่ 30 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 7 (เดือนกรกฎาคม 2541)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

$$POP(7) = 2.674 - 0.01(MOIST) + 0.0129(TS) + 0.0546(TA) - 0.119(OM) + 3.831(EC) - 0.377^{*}(pH) + 0.000000731(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.277, SEE = 0.748\ F = 4.17, Sig.\ F = 0.001$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 27.7% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.001 ซึ่งมีค่า < 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า pH มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 8 (เดือนกันยายน 2541)

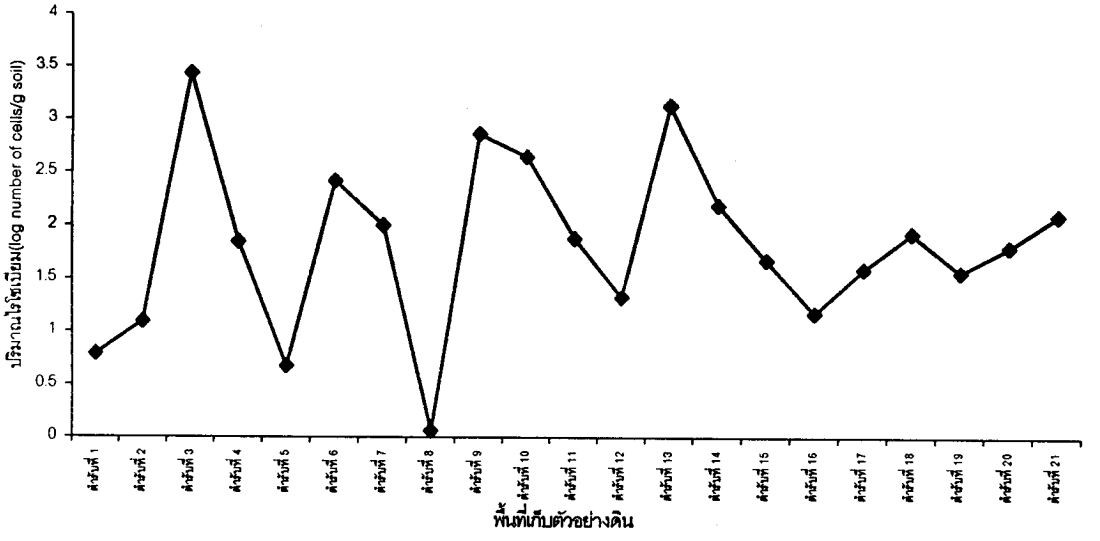
พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 8) จากภาพที่ 31 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3 (ดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.43 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ขณะที่ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 13, 9, 10 และ 6 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.41-3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม พบว่า ดินกลุ่มนี้มีความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.23-31.18% อุณหภูมิดินและอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุดในการเก็บครั้งนี้คือ 21.25-21.50 และ 25-29.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ pH อยู่ในช่วง 4.16-5.95 อินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 1.63-4.35% สำหรับตำรับที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำ ได้แก่ตำรับที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 0.06 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม โดยมีความชื้นค่อนข้างต่ำ คือ 10.94% อุณหภูมิดินและอากาศต่ำที่สุดคือ 9.75 และ 15.38 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

POP (8) = 1.607 + 0.00447 (MOIST) - 0.048 (TS) + 0.036 (TA)
- 0.85 (OM) – 0.807 (EC) + 0.147 (pH) - 0.00016 (LEVEL)

R^2 = 0.177, SEE = 0.981 F = 2.335, Sig. F = 0.33

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 17.7% และสมการนี้ไม่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้ (Sig. F = 0.33 ซึ่งมีค่า > 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติพบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียม

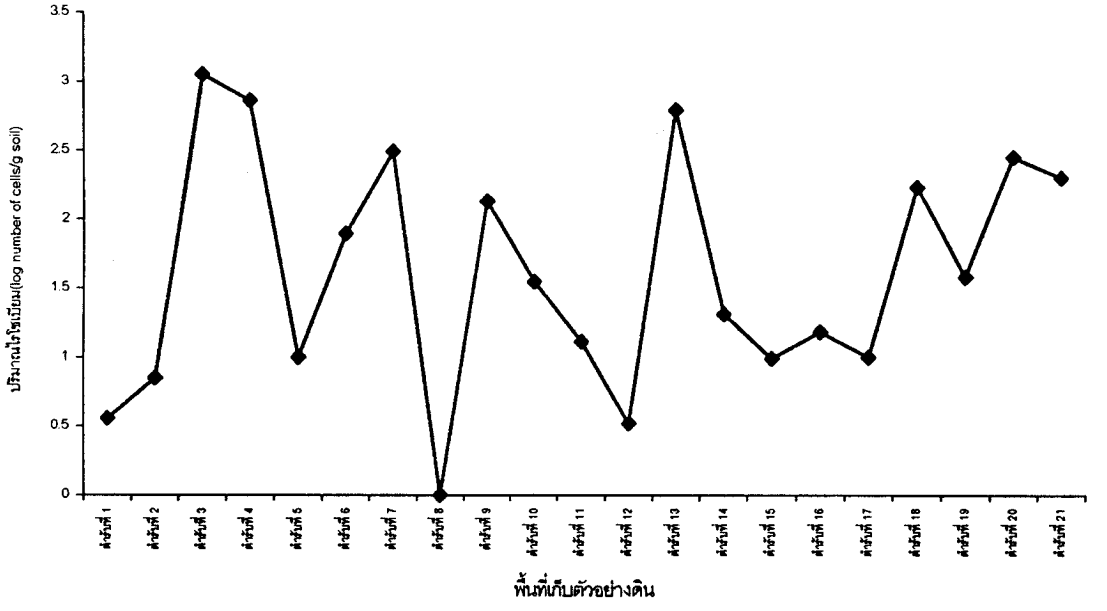


<u>ภาพที่ 31</u> ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 8 (เดือนกันยายน 2541)

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 9 (เดือนพฤศจิกายน 2541)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีปริมาณประชากรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 9) จากภาพที่ 32 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าว โดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3, 4 และ 13 (ดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่, ดินจากพื้นที่ราบที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท และพื้นที่ราบที่ปลูกพืชไร่ จังหวัดเชียงใหม่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.05, 2.68 และ 2.79 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มี

ประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 7, 20, 21, 18, 9, และ 6 ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 1.89-2.49 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม สำหรับตำรับที่มีประชากรต่ำที่สุดคือ ตำรับที่ 8 มีปริมาณไรโซเบียม 0.00 (มีปริมาณน้อยมากจนนับไม่ได้) ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เช่น มีความชื้นเฉลี่ยสูงคือ 45.32% อุณหภูมิดินและอากาศในการเก็บครั้งนี้เฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 12.75 และ 19.25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ pH อยู่ในช่วงกรดจัดคือ 4.12 อินทรียวัตถุมีปริมาณสูงมาก คือ 10.43%



ภาพที่ 32 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 9 (เดือนพฤศจิกายน 2541)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

POP (9) = 4.347 + 0.00934 (MOIST) + 0.0503 (TS) + 0.0134 (TA)
+ 0.0417 (OM) – 1.847** (EC) + 0.77* (pH) - 0.000093 (LEVEL)

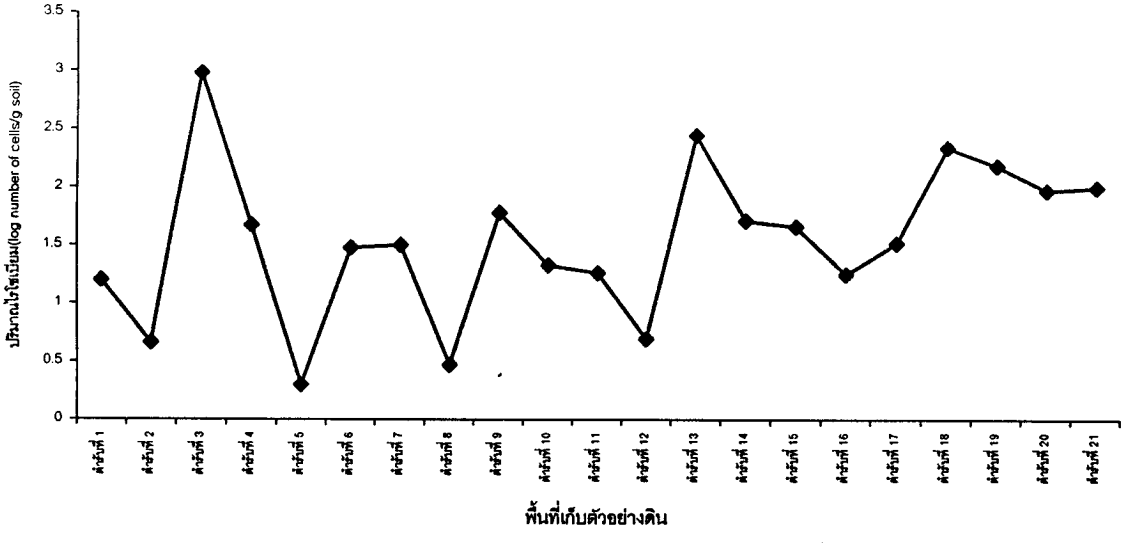
R^2 = 04, SEE = 0.861, F = 7.235, Sig. F = 0.000

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 40% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้ (Sig. F = 0.000 ซึ่งมีค่า < 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า ค่าการนำไฟ

ฟ้ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณประชากรไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แล้วยังพบว่า pH มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 10 (เดือนมกราคม 2542)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 10) จากภาพที่ 33 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3 (ดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่) มีปริมาณไรโซเบียม 2.98 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 13, 18 และ 19 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.19-2.45 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม พบว่า ดินกลุ่มนี้มีความชื้นอยู่ในช่วง 3.86-22.21% ซึ่งมีความแตกต่างกันมาก แต่มีช่วงอุณหภูมิดินและอากาศสูงคือ 30-37 และ 33-40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สำหรับตำรับที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำที่สุดคือ ตำรับที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 0.47 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม



<u>ภาพที่ 33</u> ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 10 (เดือนมกราคม 2542)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

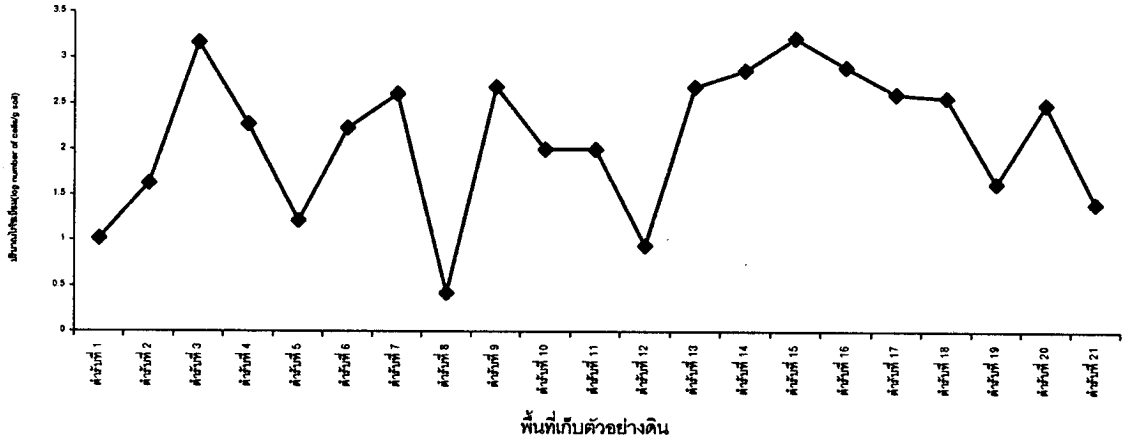
$$POP(10) = -0.962 - 0.0086(MOIST) + 0.00436(TS) + 0.0446(TA) + 0.0657(OM) - 0.198(EC) + 0.17(pH) - 0.000013(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.17, SEE = 0.809\ F = 2.191, Sig.\ F = 0.044$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 17.7% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.044 ซึ่งมีค่า < 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า ไม่มีปัจจัยใดที่มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียม

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 11 (เดือนมีนาคม 2542)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 11) จากภาพที่ 35 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 3 และ 9 (ดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่ และพื้นที่กลางเขา ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.39 และ 3.39 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 18, 13, 17, 6, 14, 20 และ 21 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.53-3.09 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม สำหรับตำรับที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำที่สุดคือ ตำรับที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 0.63 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ ที่พบ เช่น ความชื้นมีค่าเฉลี่ยสูงมากคือ 66.6% อุณหภูมิดินและอากาศต่ำมีค่าเฉลี่ย 13.75 และ 15.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ pH เป็นกรดจัดคือ 4.27 ปริมาณอินทรียวัตถุสูงเฉลี่ย 9.65%



ภาพที่ 34 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 11 (เดือนมีนาคม 2542)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

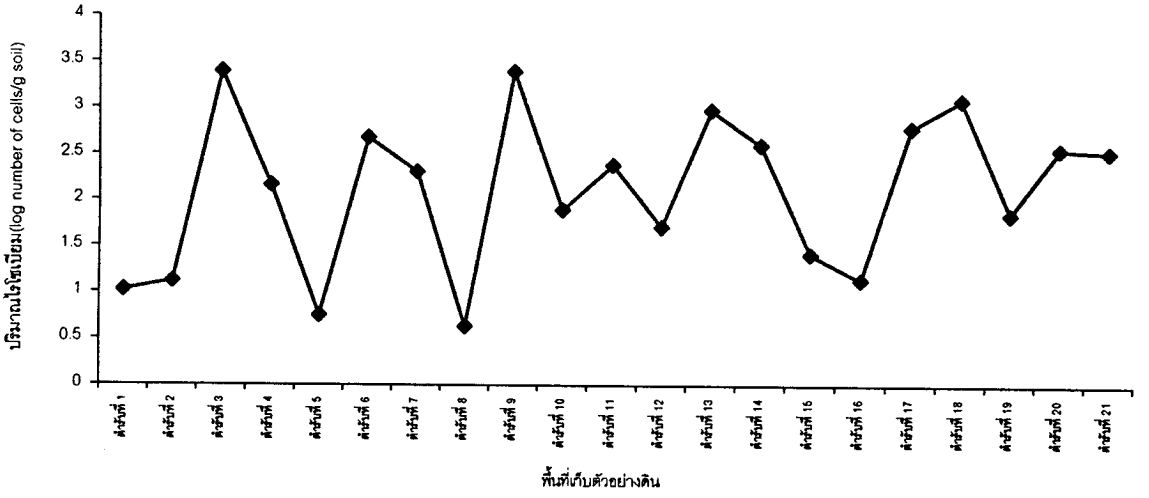
$$POP(11) = 4.706 - 0.017^{*}(MOIST) - 0.15^{*}(TS) - 0.199^{**}(TA) - 0.063(OM) + 5.745^{**}(EC) - 0.077(pH) - 0.00073(LEVEL)$$

$$R^2 = 0.356,\ SEE = 0.827\ F = 5.599,\ Sig.\ F = 0.000$$

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 35.6% และสมการนี้สามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้ (Sig. F = 0.000 ซึ่งมีค่า < 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า อุณหภูมิดินค่าการนำไฟฟ้า มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และพบว่าอุณหภูมิอากาศ ความชื้น และความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณไรโซเบียมในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 12 (เดือนพฤษภาคม 2542)

พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 12) จากภาพที่ 35 แสดงถึงความแตกต่างดังกล่าวโดยพบว่า พื้นที่ที่มีประชากรอยู่ในระดับสูงได้แก่ตำรับที่ 15 และ 3 (พื้นที่ยอดภูเรือ และดินจากพื้นที่เชิงเขา เขาใหญ่) มีปริมาณไรโซเบียม 3.21 และ 3.16 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ ตำรับอื่น ๆ ที่มีประชากรรองลงมา แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับดังกล่าว ได้แก่ ตำรับที่ 16, 14, 13, 9, 17,7, 18 และ 20 ซึ่งมีจำนวนอยู่ในช่วง 2.49-2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม สำหรับตำรับที่พบปริมาณไรโซเบียมในปริมาณต่ำที่สุดคือ ตำรับที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 0.42 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งจากค่าวิเคราะห์พบว่า มีความชื้นสูงถึง 59.22% อุณหภูมิดินและอากาศอยู่ในช่วง 14.25 และ 17 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุสูงมีค่าเฉลี่ย 8



ภาพที่ 35 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 12 (เดือนพฤษภาคม 2542)

เมื่อนำประชากรไรโซเบียมกับปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติ ได้สมการดังนี้

POP (12) = 4.284 - 0.013* (MOIST) + 0.00256 (TS) - 0.025 (TA)
- 0.049 (OM) + 0.641 (EC) - 0.165 (pH) - 0.00023 (LEVEL)

R^2 = 0.15, SEE = 0.865 F = 1.911, Sig. F = 0.079

จากสมการข้างต้นพบว่า ปัจจัยต่าง ๆ สามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณประชากรของไรโซเบียมได้ 15% และสมการนี้ไม่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ผลกระทบของปัจจัยต่าง ๆ ต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมได้ (Sig. F = 0.079 ซึ่งมีค่า > 0.05) จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถดถอยพหุแบบปกติยังพบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณไรโซเบียมในเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญ

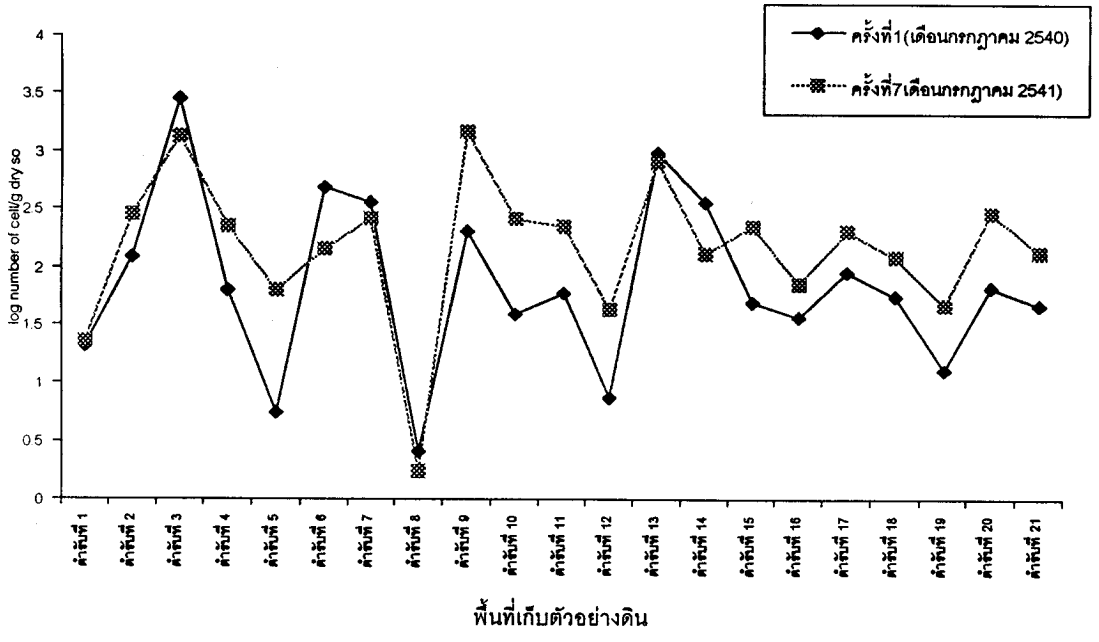
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นพบว่า การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 พบว่าความชื้นมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอุณหภูมิดิน ค่าพอแทสเซียม มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ และยังพบอีกว่า อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 พบว่า อุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 พบว่าไม่พบความสัมพันธ์ใด ๆ กับปัจจัยที่ทำการศึกษา การเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 4 พบว่า ความชื้นและอุณหภูมิดิน มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และมีนัยสำคัญ ตามลำดับ สำหรับอุณหภูมิอากาศและค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัย สำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 5 พบว่า ความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 6 พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ และ pH มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียม อย่างมีนัยสำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 7 พบว่า pH มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 8 ไม่พบความสัมพันธ์ใด ๆ กับปัจจัยที่ทำการศึกษา การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 9 พบว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และ pH มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 10 ไม่พบความสัมพันธ์ใด ๆ กับปัจจัยที่ทำการศึกษา การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 11 พบว่า อุณหภูมิอากาศ ความชื้น และความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และมีนัยสำคัญ ตามลำดับ และยังพบว่า ค่าการนำไฟฟ้าอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และ

อย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 12 พบว่า ความชื้นมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญ

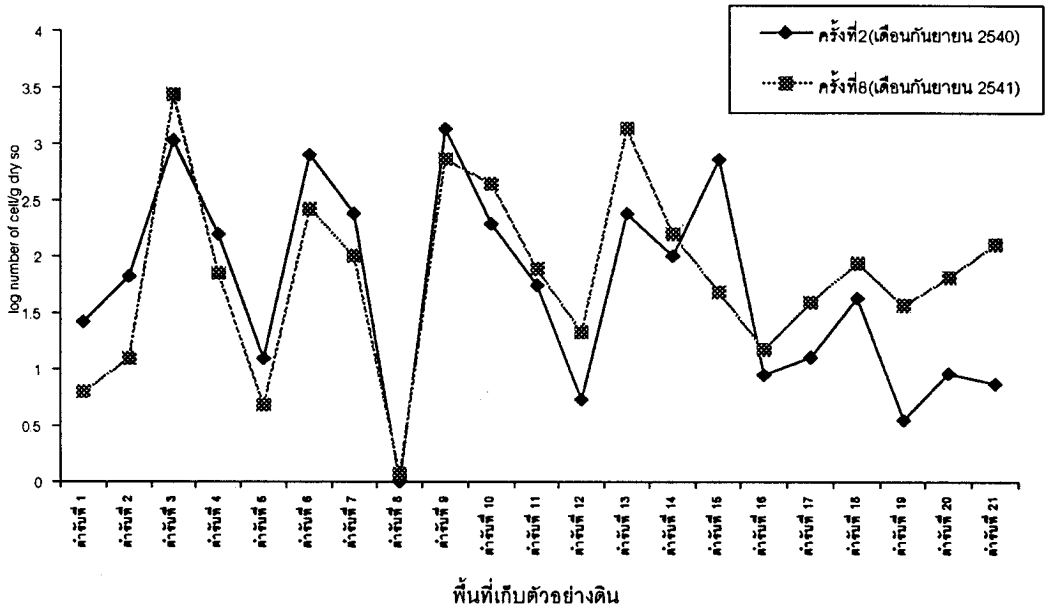
จากผลดังกล่าวพบว่า ปัจจัยที่พบความสัมพันธ์บ่อยที่สุดคือ ความชื้น ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวอยู่ในเชิงลบทุกครั้ง แสดงให้เห็นว่า ถ้าระดับความชื้นที่วัดได้มีค่าต่ำจะมีปริมาณประชากรสูง และพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไรโซเบียมที่สำคัญในดินยอดเขานี้น่าจะมาจากระดับอุณหภูมิที่ต่ำ อีกส่วนหนึ่งเพราะอุณหภูมิต่ำเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่จะชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Bordeleau and Prevost, 1994) สำหรับปริมาณไรโซเบียมที่ต่ำที่ใช้ในการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณพอแทสเซียมในดิน และปัจจัยที่น่าจะทำให้ปริมาณไรโซเบียมมีปริมาณต่ำ ก็อาจเนื่องมาจากสภาพที่มีการขังน้ำบ่อยครั้ง เพราะสภาพน้ำขังหรือการขาดอากาศมักมีผลเสียต่อการเจริญเติบโตของไรโซเบียม (Alexander, 1994) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในกระบวนการหายใจ

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณไรโซเบียมที่พบในการเก็บตัวอย่างอีกปัจจัยหนึ่งคือ ค่า pH จากดินตัวอย่างที่วัดได้อยู่ในช่วงกรดอ่อนถึงกรดแก่ และการที่ความเป็นกรดไม่มีผลต่อปริมาณไรโซเบียม เนื่องมาจากพื้นที่ส่วนใหญ่มีความชื้นสูงทำให้ความชื้นลดระดับความเป็นพิษของ pH ได้ นอกจากนั้นยังพบว่า ความสูงของพื้นที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไรโซเบียมโดยพบว่า ระดับความสูงเพิ่มขึ้นปริมาณไรโซเบียมจะลดลง ทั้งนี้น่าจะเกิดจากข้อจำกัดด้านอุณหภูมิ ความชื้นในดินซึ่งอุณหภูมิที่ต่ำจะส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของไรโซเบียม ในพื้นที่เชิงเขาใหญ่ และพื้นที่กลางเขา ดอยอินทนนท์ พบว่า มีปริมาณประชากรสูงเกือบทุกครั้งที่เก็บตัวอย่างดิน อาจเนื่องมาจากพื้นที่ต่าง ๆ มีการทำการเกษตร จึงทำให้พบปริมาณไรโซเบียมค่อนข้างสูงเช่นเดียวกับพื้นที่ที่ทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการทำการเกษตรเป็นการรักษาปริมาณไรโซเบียมในดินได้อย่างดี ทั้งนี้ไรโซเบียมจะได้รับสารอินทรีย์จากบริเวณรากพืช ซึ่งนำไปใช้ในการดำรงชีวิตได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีพืชตระกูลถั่วหรือพืชอาศัย ด้วยเหตุนี้จึงพบว่า ในพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมจะมีปริมาณไรโซเบียมสูงกว่าในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดของอุณหภูมิเช่นเดียวกับพื้นที่รกร้างว่างเปล่าที่พบปริมาณประชากรไรโซเบียมในระดับใกล้เคียงกับพื้นที่ปลูกพืชไร่เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีพืชปกคลุมและไม่ถูกรบกวนโดยกิจกรรมของมนุษย์

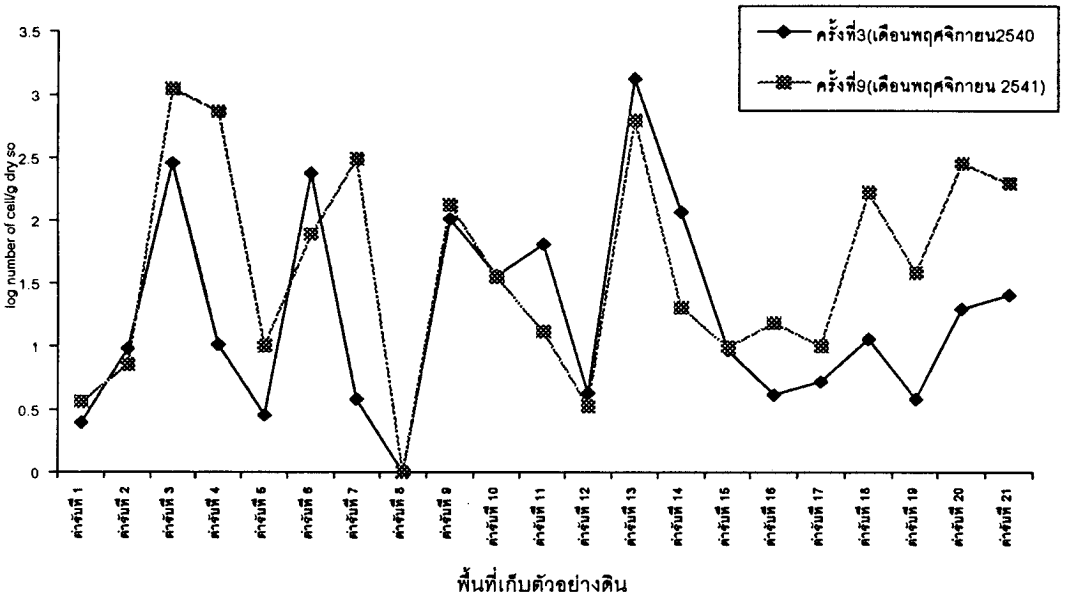
เมื่อพิจารณาถึงปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่างๆในการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนเดียวกัน แต่ต่างปีจะพบว่า การกระจายของปริมาณไรโซเบียมในแต่ละรูปที่แสดงมีลักษณะของการเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นไปในแนวทางเดียวกันทั้งหมด แสดงว่าฤดูกาลหรือปัจจัยสิ่งแวดล้อมในแต่ละระบบนิเวศมีอิทธิพลอย่างมากต่อประชากรของไรโซเบียม อย่างไรก็ตามในบางระบบนิเวศเช่น การเก็บตัวอย่างในครั้งที่ 5 ซึ่งปริมาณประชากรไรโซเบียมในเดือนมีนาคมปี 2541 มีปริมาณต่ำกว่าประชากรในเดือนมีนาคมปี 2542 อาจมีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์เอลนิโน่ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดสภาพแห้งแล้งในปี 2541



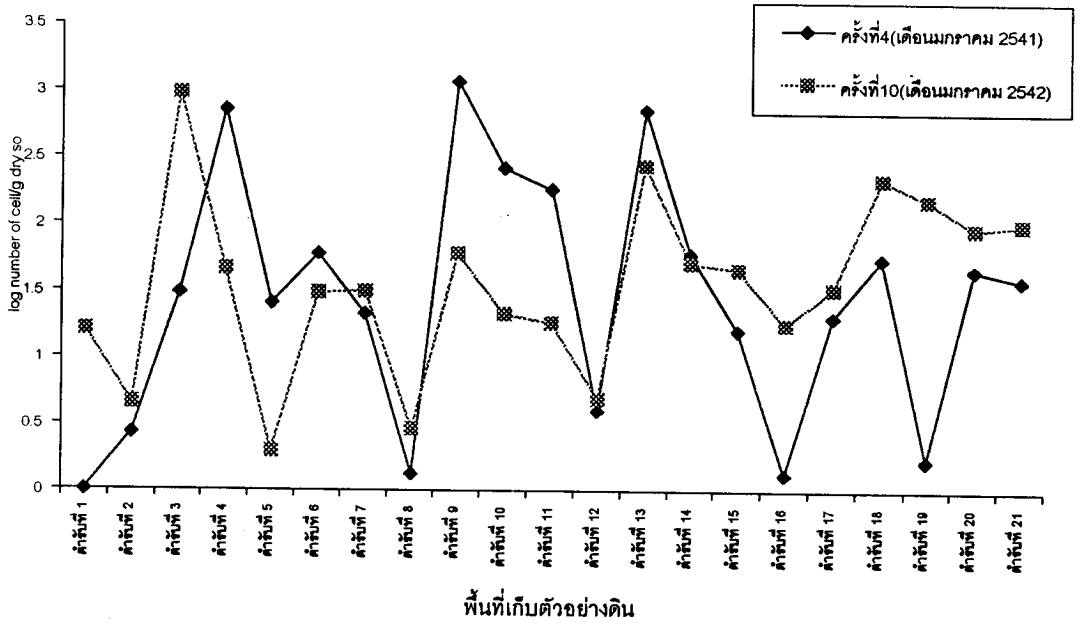
ภาพที่ 36 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่1, 7 (เดือนกรกฎาคม 2540 และ 2541)



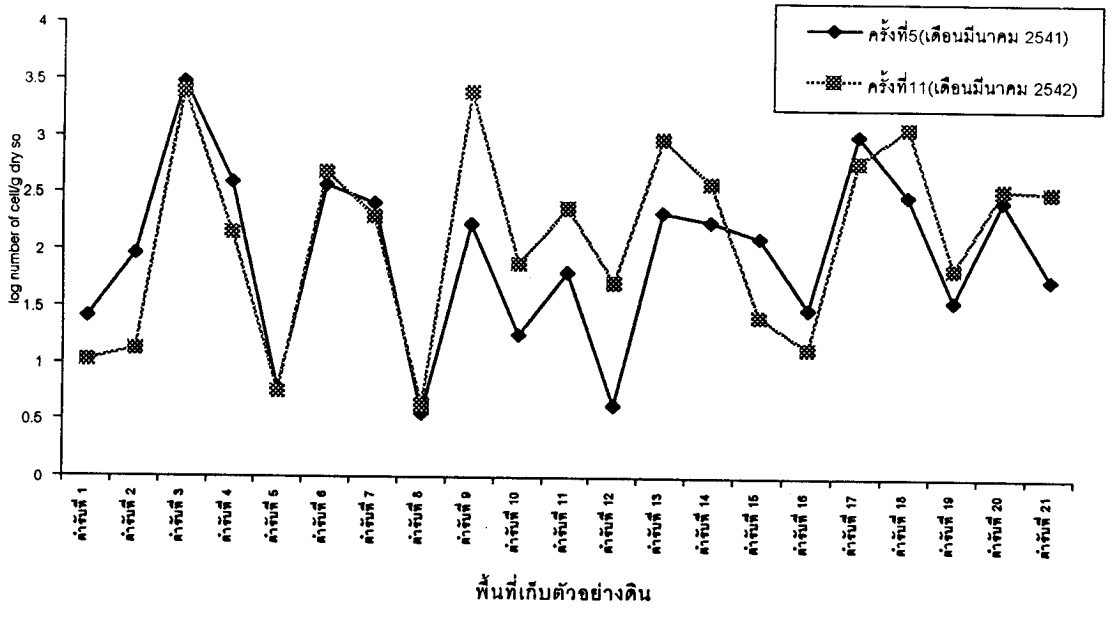
ภาพที่ 37 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2, 8 (เดือนกันยายน 2540 และ 2541)



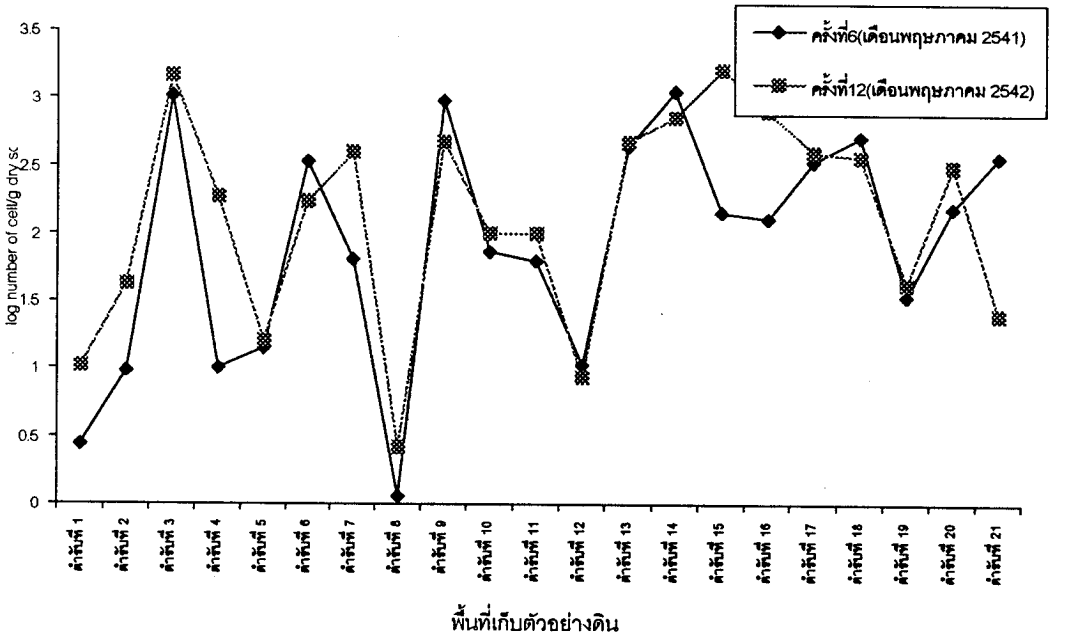
ภาพที่ 38 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3, 9 (เดือนพฤศจิกายน 2540 และ 2541)



<u>ภาพที่ 39</u> ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 4, 10 (เดือนมกราคม 2541 และ 2542)



<u>ภาพที่ 40</u> ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 5, 11 (เดือนมีนาคม 2541 และ 2542)



ภาพที่ 41 ปริมาณประชากรไรโซเบียมจากพื้นที่ต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 6, 12 (เดือนพฤษภาคม 2541 และ 2542)

3. อิทธิพลของสภาพนิเวศต่อปริมาณประชากรไรโซเบียม

สภาพนิเวศต่าง ๆ มีผลกระทบต่อปริมาณไรโซเบียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลใด ช่วงระยะเวลาใดของปี ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณไรโซเบียมในแต่ละพื้นที่มีหลายปัจจัยร่วมกันไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ pH ของดิน ความชื้นของดิน ระดับอินทรียวัตถุหรือค่าการนำไฟฟ้า (Ken, 1984) ปัจจัยใดจะมีอิทธิพลมากกว่าขึ้นอยู่กับสภาพนิเวศของพื้นที่ ระยะเวลา หรือฤดูกาล ดังนี้

พื้นที่ภูเขา

พื้นที่เขาใหญ่ ในพื้นที่ภูเขาประชากรไรโซเบียมในดินจากส่วนต่าง ๆ ของภูเขาคือ ยอดเขา กลางเขา และเชิงเขา มีรูปแบบที่แตกต่างกันในระดับปริมาณประชากรค่อนข้างชัดเจน ในแต่ละพื้นที่ในส่วนของเขาใหญ่นั้นปริมาณของไรโซเบียมในดินเชิงเขาจะสูงกว่าปริมาณกลางเขาหรือยอดเขาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในเกือบทุกช่วงของฤดูกาล โดยเฉลี่ยจากการเก็บตัวอย่างทั้ง 12

ครั้ง พบว่า มีปริมาณเฉลี่ย 3.001, 1.34 และ 0.91 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ โดยที่บริเวณกลางเขามีปริมาณไรโซเบียมลดต่ำลงมา และดินในบริเวณยอดเขามีปริมาณไรโซเบียมต่ำที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูหนาว ซึ่งอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศต่ำ แต่ว่าบางช่วงเวลาปริมาณไรโซเบียมในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติเลย แต่ปริมาณเฉลี่ยจะต่ำกว่าทุกครั้ง (ตารางผนวกที่ 13)

พื้นที่ดอยอินทนนท์ ปริมาณไรโซเบียมในดินยอดเขามีรูปแบบคล้ายคลึงกับพื้นที่เขาใหญ่ คือมีปริมาณต่ำที่สุดคือ 0.25 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยของดินและอากาศต่ำ เช่นในช่วงเดือนพฤศจิกายน ที่มีค่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิดินเฉลี่ย 14 และ 9.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลากลางวันที่เก็บตัวอย่าง และเป็นน้ำแข็งในช่วงเวลากลางคืน ปริมาณไรโซเบียมต่ำมากจนนับไม่ได้ แต่ปริมาณไรโซเบียมในดินกลางภูเขามีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าดินยอดเขาอย่างมีนัยสำคัยยิ่ง และมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าดินเชิงเขา ตลอดระยะเวลา 2 ปีที่เก็บตัวอย่าง

พื้นที่ภูเรือ ดินบริเวณภูเรือมีรูปแบบของความแตกต่างของปริมาณไรโซเบียมระหว่างดินยอดเขา กลางเขา และเชิงเขาไม่ชัดเจน และไม่มากเหมือนกับเขาใหญ่ และดอยอินทนนท์ ดินกลางเขาส่วนใหญ่มีแนวโน้มว่ามีปริมาณไรโซเบียมต่ำกว่าดินยอดเขาและดินเชิงเขา เกือบตลอดเวลาที่เก็บตัวอย่างเฉลี่ย 1.36, 1.87 และ 1.86 ตามลำดับ ดินเชิงเขาและดินยอดเขาปริมาณมักใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ จะมีผลควบคุมปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน พบว่า pH ของดินในพื้นที่เขตภูเรือมี pH ส่วนใหญ่จะต่ำกว่า 5 เกือบทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง ปัจจัยอีกประการคือ ในช่วงเวลาส่วนใหญ่ดินดังกล่าวจะมีระดับความชื้นค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่น ๆ สำหรับในกรณีของดินเขาใหญ่และดินดอยอินทนนท์ พบว่า ดินเชิงเขาและดินกลางเขามีค่าเฉลี่ยของไรโซเบียมสูงกว่าดินในส่วนอื่น ๆ ของพื้นที่เขานี้ เมื่อพิจารณาแล้วน่าจะมีสาเหตุมาจากสภาพภูมิประเทศมีความลาดชันสูง

พื้นที่ราบ

ในการเปรียบเทียบประมาณประชากรไรโซเบียมในพื้นที่ราบของภูมิภาคต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ขึ้นอยู่ภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ต่างกันคือ พื้นที่ปลูกพืชไร่ พื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว และพื้นที่รกร้าง พบว่า มีรูปแบบของปริมาณประชากรไรโซเบียมที่น่าสนใจคือ

พื้นที่ราบภาคกลาง พบรูปแบบการกระจายของประชากรไรโซเบียมแตกต่างกัน พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง จังหวัดชัยนาท มีการกระจายของปริมาณอยู่ในช่วง 1.01-2.86 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งปริมาณขึ้น-ลงตามฤดูกาล แต่ไม่ชัดเจนนัก โดยพบว่า การเก็บครั้งที่ 9 ซึ่งตรงกับเดือนพฤศจิกายน ในฤดูหนาวกลับมีปริมาณสูง เมื่อพิจารณาถึงอุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ พบว่าอยู่ในช่วง 31.25 และ 36 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่สูงบนพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมค่อนข้างต่ำ โดยพบว่าช่วงเดือนในฤดูร้อนมีปริมาณประชากรสูงกว่าช่วงเดือนในฤดูฝน และเดือนในฤดูหนาวมีปริมาณต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างของปริมาณประชากรไรโซเบียม สาเหตุใหญ่น่าจะมาจากสภาพดินนาน้ำขัง ซึ่งไม่เหมาะกับการเจริญเติบโตของไรโซเบียม พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว พบว่า มีปริมาณประชากรไรโซเบียมค่อนข้างสูง อยู่ในช่วง 1.48-2.9 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม อุณหภูมิดินและอุณหภูมิอากาศ อยู่ในช่วง 26.5-36.5 และ 29.5-36.75 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ระดับความชื้นค่อนข้างสูง เฉลี่ยอยู่ในช่วง 12.83-34.89% ปริมาณขึ้น-ลงตามฤดูกาล และช่วงเวลาที่เก็บ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า พบว่า การกระจายของปริมาณประชากรไรโซเบียมคล้ายกับพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง เมื่อพิจารณาถึงปริมาณประชากรไรโซเบียมโดยเฉลี่ย พบว่า พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวมีปริมาณไรโซเบียมสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง พื้นที่รกร้างว่างเปล่า และพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณเฉลี่ย 2.31, 2.05, 2.03 และ 1.02 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ

พื้นที่ราบภาคเหนือ พบว่า รูปแบบการกระจายของปริมาณประชากรไรโซเบียมต่างกันบางพื้นที่ โดยพบพื้นที่ปลูกพืชไร่มีปริมาณประชากรในปีแรกไม่แตกต่างกัน แต่ในปีที่ 2 พบว่าในช่วงฤดูหนาวต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง และพื้นที่รกร้างว่างเปล่า แต่ในพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวพบปริมาณอยู่ในช่วง 2.34-3.13 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันของระดับปริมาณในแต่ละครั้งที่เก็บ เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีการทำการเกษตรอย่างต่อเนื่อง มีพืชปกคลุมอยู่ตลอดเวลา มักปลูกถั่วเหลืองสลับข้าว และเมื่อเปรียบเทียบระดับปริมาณประชากรพบว่า พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวมีปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ปลูกพืชไร่ และ

พื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณเฉลี่ย 2.78, 2.21, 1.86 และ 0.94 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ

พื้นที่ราบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า มีรูปแบบการกระจายไม่ต่างกัน โดยพบว่าพื้นที่ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่องมีการกระจายของปริมาณประชากรไรโซเบียมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.06-3.09 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ปริมาณประชากรไรโซเบียมในช่วงการเก็บครั้งที่ 1-6 พบว่า ปริมาณเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาวปริมาณจะต่ำ เมื่อเปลี่ยนไปเป็นฤดูร้อนและฤดูฝนปริมาณจะสูงขึ้นเช่นเดียวกับการเก็บครั้งที่ 7-12 แต่ปริมาณในช่วงนี้สูงกว่าในช่วง 6 ครั้งแรก เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเก็บในช่วงเดือนเดียวกันเป็นนี้ทั้งในพื้นที่ปลูกข้าว พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว และพื้นที่รกร้างว่างเปล่า โดยพบปริมาณประชากรเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พื้นที่ปลูกพืชไร่ รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว พื้นที่รกร้างว่างเปล่า และพื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง ปริมาณโดยเฉลี่ย 2.13, 2.01, 1.86 และ 1.34 log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ

จากผลข้างต้นพบว่าสภาพนิเวศที่มีอิทธิพลต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมแตกต่างกันคือ พื้นที่เขาใหญ่พบว่าพื้นที่เชิงเขามีปริมาณประชากรสูงกว่าพื้นที่กลางเขาและพื้นที่กลางเขามีประชากรสูงกว่าพื้นที่ยอดเขา พื้นที่ดอยอินทนนท์พบประชากรไรโซเบียมในพื้นที่กลางเขาสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่เชิงเขา และยอดเขา ตามลำดับ พื้นที่ภูเรือพบว่า บริเวณเชิงเขามีปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ยอดเขาและกลางเขาตามลำดับ ส่วนในพื้นที่ราบพบว่า พื้นที่ราบภาคกลางปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงสุดในพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าวซึ่งมากกว่าในพื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง พื้นที่รกร้างว่างเปล่าและพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง ตามลำดับ พื้นที่ราบภาคเหนือ พบว่า ปริมาณประชากรไรโซเบียมสูงที่สุดในพื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว รองลงมาคือ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง และพื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง ตามลำดับ พื้นที่ราบตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่องมีปริมาณประชากรสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว พื้นที่รกร้างว่างเปล่า พื้นที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง ตามลำดับ

สรุป

จากการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงทางระบบนิเวศต่อประชากรไรโซเบียม พบว่า

1. อิทธิพลของฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณประชากรของไรโซเบียมในแต่ละระบบนิเวศที่ศึกษา กล่าวคือ เมื่อฤดูกาลหรือช่วงระยะเวลาเก็บตัวอย่างดินที่ต่างกันปริมาณประชากรไรโซเบียมที่นับได้ก็จะต่างกันไปด้วย โดยปริมาณประชากรไรโซเบียมจะลดลงในช่วงระยะเวลาเก็บที่ตรงกับเดือนในช่วงฤดูหนาวและปริมาณจะเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนและฤดูร้อนเป็นเช่นนี้ตลอดการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 12 ครั้ง

2. การเปรียบเทียบปริมาณประชากรไรโซเบียมระหว่างพื้นที่ของแต่ละตำรับการทดลอง พบว่า ในแต่ละตำรับการทดลองปริมาณประชากรมีความแตกต่างกันทุกครั้งที่เก็บตัวอย่าง แสดงว่าสภาพแวดล้อมในแต่ละระบบนิเวศหรือลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อปริมาณประชากรไรโซเบียมทั้งที่ราบที่มีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง มักทำให้ประชากรไรโซเบียมอยู่ในระดับต่ำ ขณะที่พื้นที่ปลูกพืชไร่หรือปลูกพืชไร่สลับข้าวจะมีปริมาณไรโซเบียมอยู่ในระดับสูง

3. อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ และความชื้นของดิน เป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณไรโซเบียมที่เด่นชัดกว่าปัจจัยอื่นๆ ค่าการนำไฟฟ้า pH ความสูงของพื้นที่หรือปริมาณของพอแทสเซียม ก็พบว่ามีความสัมพันธ์ต่อปริมาณไรโซเบียมในดิน ในระบบนิเวศ หรือบางสภาพของการใช้ที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

จริยา บุญญวัฒน์ และ นันทกร บุญเกิด. 2534. กลไกการอยู่ร่วมกันระหว่างพืชและจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน, น. 83-98. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่อง ชีวเคมีทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย คัมภีร์. 2530. จุลินทรีย์ในดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 211 น.

เธียรชัย อารยางกูร. 2531. การคัดเลือกพันธุ์ไรโซเบียมที่เหมาะสมกับถั่วเหลืองบางพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ อุดมยมกุล. 2517. อิทธิพลของสภาพทางฟิสิกส์และเคมีที่มีต่อการมีชีวิตอยู่ และประสิทธิภาพของไรโซเบียมที่ขึ้นร่วมกับถั่วเหลืองในวัสดุเสริม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิลวรรณ พงศ์ศิลป์. 2540. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความจำเพาะของไรโซเบียมต่อการเจริญของกระถินเทพาคุณสมบัติทางเซรุ่มวิทยาและ *nif* gene. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เลอลักษณ์ บูรณกาล. 2522. การศึกษาบักเตรีตรึงไนโตรเจนที่ปมรากผักกระเฉด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2529. จุลชีววิทยาของดินเพื่อผลผลิตทางการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 335 น.

สมศักดิ์ วังใน. 2541. การตรึงไนโตรเจน : ไรโซเบียมพืชตระกูลถั่ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 252 น.

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2540. เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรหลายตัว สำหรับการวิจัยทางสังคมศาสตร์และพฤติกรรมศาสตร์. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์, กรุงเทพฯ. 413 น.

อัจฉรา นันทกิจ, ปรีชา วดีศิริศักดิ์, สมศักดิ์ โครตพงศ์ และ ปาหนัน เริงสำราญ. 2541. การคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนสูงในสภาพดินกรดจัด, น. 1-19. ในเอกสารวิชาการงานวิจัยปุ๋ยชีวภาพ เล่ม 2. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

Abdel-Ghaflar, A.S., M.H. HAEL-Atlar, El-Halfawi and A.A. Abdel-Salam. 1981. Effect TS of inoculation nitrogen fertilizer, salinity and water stress on symbiotic N_2-fixation by Vicia faba and Phaseolus vulgaris, pp. 153-160. *In* P.H. Graham and S.C. Warris (eds.). Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture Center International de Agriculture Tropical. Tropical Agriculture Center, Colombia.

Abd-Alla, M.H. and A.M. Abdel wahad. 1995. Survival of Rhizobium leguminosarum biovar viceae subjected to heat, drought and salinity in soil. Biologia Plantarum. 37 : 131-137.

Alexander, M. 1967. Introduction to Soil Microbiology, John Willen and Sons. Inc., New York. 427 p.

Alexander, P.H. 1994. Symbiotic N_2 Fixation of Crop Legumes. Margraf Verlag, Germany. 248 p.

Athar, M. 1998. Drought tolerance by lentil rhizobium (Rhizobium leguminosarum) from arid and semiarid of Pakistan. Letters in Applied Microbiology. 26 : 38-42.

Ausubel, F.M. 1984. Developmental genetic of the rhizobium/legume symbiosis, pp. 275-298. *In* R. Losich and L. Shopiro (eds.). Microbial Development Cold Spring Harbar Laboratory Press, Cold Spring Harbar, New York.

Boonkerd, N. and R.W. Weaver. 1982. survial of cowpea rhizobia in soil as effect by soil temperature and moisture. Appl. Environ. Microbiol. 43:585-59.

Boudeleau, L.M. and D. Prevost. 1994. Nodulation and nitrogen fixation in extreme environment. Plant and Soil 161:115-125.

Brougton, W.J. and M.J. Dillworth. 1970. Control of beghaemoglobin synthesis in snake beans. Biochem. J. 125:1075-1080.

Chen, H., M. Balt-ley, J. Redmond and B.G. Rolfe. 1985. Alteration of the effective nodulation properties of a fast-growing broad host-range Rhizobium due to changes in exopolysaccharide synthsis. J. of Plant Physiology 120 : 331-349.

Chen, W.Y., G.H. Yan and J.L. Li. 1988. Numerical Taxonomic study of fast-growing soybean rhizobia and proposal that *Rhizobium fredii* be assigned to *Sinorhizobium* gen. Nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 38 : 392-397.

Dart, P.L. 1977. Infection and development of leguminous nodules, pp. 367-372. *In* R.W.F. Hardy and S.W. Silver (eds.). A Treatise on Dinitrogen Fixation. Section III John Wiler and Sons Inc., New York.

Dreyfus, B., L.L. Garcia and M. gillis. 1988. Characterization of *Azorhizobium caulinodan* gen. Nov., sp. Nov. a stem nodulating, nitrogen fixation, bacterium isolated from Sesbania rostrata. Int. J. Syst. Bacteriol. 38:89-98.

Elkan, G.H. 1992. Taxonomy of rhizobia. Can. J. Microbiol. 38:446-450.

Graham, P.H. and C.A. Parker. 1964. Diagnostic features in the characterization of root nodule bacteria of legumes. Plant and Soil 20:384-396.

Griffith, G.W. and R.J. Roughley. 1992. The effect of moisture potential on growth and survival of root nodule bacteria in peat culture and on seed. J. of Applied Bacteriology 73:7-13.

Hartmann, A. and N. Amarger. 1991. Genotypic diversity of an indigenous Rhizobium meliloti field population assessed by plasmid profiles, DNA fingerprinting and insertion sequence typing. Can. J. Microbial. 37:600-608.

Heller, R., C. Holler, R. Submuth and K.O. Gundermann. 1998. Effect of salt concentration and temperature on survival of Legionella pneumophila. Letters in Applied Microbiology 26:64-68.

Jordan, D.C. 1984. Family III Rhizobiaceae conn. 1938, pp. 234-256. *In* N.R. Krieg and J.G. HOH (eds.). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Williams and Wilkins Co., Baltimore.

Ken K. 1984. Soil Ecology. Department of Plant and Soil Science University of Aberdeen. Cambrige University Press., Aberdeen. 242 p.

Kermer, R.J. and L.H. Perterson. 1983. Effect of carrier and temperature on survival of Rhizobium spp. in legume inocula : Development of an improved type of inoculant. Appl. Environ. Microbiol. 45:1790-1794.

Roughley, R.J. 1981. The storage quality control and use of legume seed inoculants, pp. 115-126. *In* P.H. Graham and S.C. Harris (eds.). Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture Center Internacional de Agriculture Tropical, Posto, Colombia.

Singleton, P.W., P. Somasegaran, P.L. Nakao, H.H. Keyser, H.J. Hoben. and P.I. Pergusn. 1991. Applied BNF Technology A practical Guide for Extension Specialis TS Nitrogen Project. BNF Technology workshop Mityana District Farm Institute Uganda November 26-30, 1990 Makevere University, Faculty of Agriculture and Uganda Cooperative Central Union. College of Tropical Agriculture and Human. Res. D3-1/1, Uganda. 260 p.

Somasegaran, P. and H.J. Hoben. 1985. Methods in Legum Rhizobium Technology. NifTAl Project, University of Hawaii, Paia. 367 p.

Teaumroong, N. and N. Boonkerd. 1996. Symbiotic relationship between rhizobia and legumes in molecular denetic aspect. Suranaree. J. Sci. Technol. 3:15-20.

Woomer, P.P., W. Singleton and B.B. Bohlool. 1988. Ecological indicators of native rhizobia in tropical soils. App. Environ. Microbial. 54:1112-1116.

Young, J.P.W. 1996. Phylogeny and Taxonomy of rhizobia, pp. 45-52. *In* G.H. Elkan and R.G. Upchrch (eds.). Current Issues in Symbiotic Nitrogen Fixation. Kluwer Academic Publishers, London.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 1 (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2541)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (^{0}C)	อุณหภูมิอากาศ (^{0}C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.32d-h	34.77bc	21.00j	23.00gh	0.11bcd	4.25g	6.98ab	6.56e
ตำรับที่ 2	2.08b-e	34.65bc	24.00i	38.00def	0.073d	5.45c-g	5.60bc	328fg
ตำรับที่ 3	3.45a	9.9e	26.00ghi	30.00de	0.18ab	6.38abc	2.50de	164h
ตำรับที่ 4	1.80c-g	12.42de	35.00a	36.50a	0.10bcd	7.05a	1.33e	18i
ตำรับที่ 5	0.74gh	22.75b-e	33.88ab	34.75ab	0.10bcd	5.80b-f	1.70de	13i
ตำรับที่ 6	2.68abc	24.97b-e	33.88ab	34.75ab	0.093bcd	6.38abc	1.65de	16i
ตำรับที่ 7	2.56abc	14.63cde	32.00bc	33.25bc	0.013bcd	6.03a-e	3.73cde	41.5i
ตำรับที่ 8	0.41h	69.54a	14.00k	17.38i	0.26a	5.00d-g	8.78a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.3bcd	27.74b-e	25.50hi	27.88def	0.17bcd	5.20c-g	4.10cd	1004d
ตำรับที่ 10	1.59c-g	26.7b-e	26.88c-h	31.13cd	0.15bcd	5.28c-g	2.20de	360f
ตำรับที่ 11	1.77c-g	16.16cde	28.75def	29.38de	0.18abc	4.88efg	2.23de	365f
ตำรับที่ 12	0.87fgh	41.2b	27.13e-h	29.00de	0.098bcd	5.63c-f	2.90de	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.98ab	19.19cde	27.13e-h	29.75de	0.12bcd	4.98d-g	1.78de	378.25f
ตำรับที่ 14	2.56abc	29.16b-e	28.88de	29.75de	0.15bcd	6.15a-d	3.40cde	320.25fg
ตำรับที่ 15	1.7c-g	27.18b-e	26.25f-i	24.50fg	0.12bcd	4.30g	3.40cde	1313b
ตำรับที่ 16	1.56c-g	32.31bcd	25.00hi	22.00h	0.08cd	4.65fg	3.38cde	1204c
ตำรับที่ 17	1.96b-f	25.81b-e	26.25f-i	25.50fg	0.095bcd	4.90efg	2.45de	710e
ตำรับที่ 18	1.74c-g	9.81e	28.50d-g	27.75ef	0.095bcd	6.85ab	1.23e	205h
ตำรับที่ 19	1.11e-h	11.09e	30.00cd	33.00bc	0.11bcd	6.40abc	2.03de	238gh
ตำรับที่ 20	1.82c-g	20.56cde	32.00bc	35.00ab	0.13bcd	5.38c-g	1.75de	238gh
ตำรับที่ 21	1.67c-g	12.37de	29.75cd	29.00de	0.13bcd	7.15a	1.70de	205h
cv(%)	36.03	48.43	5.73	6.87	45.91	13.23	49.68	12.53
F	5.06**	5.14**	35.43**	22.79**	2.13*	5.40**	6.38**	342.019**

1/ จำนวนนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 2 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการวิเคราะห์ดินครั้งที่ 2 (เดือนกันยายน พ.ศ. 2541)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.41c-g	19.07g-k	20.00h	22.00i	0.088b	4.23fg	7.73a	6.56e
ตำรับที่ 2	1.82cde	22.59f-i	21.00h	25.00h	0.13b	4.90d-g	5.46bc	328fg
ตำรับที่ 3	3.02a	20.83f-k	24.00fg	25.00h	0.12b	5.51bcd	2.31def	164h
ตำรับที่ 4	2.19abc	27.35f-i	36.00a	35.50a	0.14b	6.48a	1.13f	18i
ตำรับที่ 5	1.09d-g	33.38d-g	31.00cd	36.00a	0.055b	6.20ab	0.85f	13i
ตำรับที่ 6	2.9ab	34.89d-g	30.50d	34.25ab	0.11b	6.17ab	1.81ef	16i
ตำรับที่ 7	2.38abc	22.05f-j	29.00de	30.50de	0.15b	5.85abc	3.03c-f	41.5i
ตำรับที่ 8	0	63.66a	10.75l	15.13j	0.33ab	4.57efg	11.35a	2453.75a
ตำรับที่ 9	3.13a	37.53c-f	22.25gh	26.75fgh	0.24ab	5.57bcd	4.35cde	1004d
ตำรับที่ 10	2.28abc	17.31h-k	26.25f	29.00ef	0.085b	5.50bcd	1.42ef	360f
ตำรับที่ 11	1.74cde	29.35e-i	24.75fg	26.25fg	0.10b	5.03c-f	2.38def	365f
ตำรับที่ 12	0.73fgh	45.26b-e	24.75fg	27.50fgh	0.09b	5.61bcd	2.31def	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.38abc	48.4a-d	24.00fg	29.00ef	0.093b	5.34b-e	2.03def	378.25f
ตำรับที่ 14	2.00bcd	15.95ijk	20.25h	21.50i	0.18b	5.91ab	5.06bcd	320.25fg
ตำรับที่ 15	2.86ab	18.51g-k	24.00fg	24.75h	0.07b	4.07g	3.84c-f	1313b
ตำรับที่ 16	0.95e-h	30.6e-j	24.50fg	25.50h	0.055b	4.33fg	3.52c-f	1204c
ตำรับที่ 17	1.1d-g	18.44g-k	26.50ef	28.50efg	0.04b	4.97def	2.51c-f	710e
ตำรับที่ 18	1.62c-f	5.57jk	33.50abc	30.50abc	0.093b	6.61a	1.10f	205h
ตำรับที่ 19	0.54ab	51.58abc	33.75abc	32.00bcd	0.47a	6.17ab	1.85ef	238gh
ตำรับที่ 20	0.96e-h	56.56ab	34.00ab	32.00bcd	0.10b	5.41b-e	1.97ef	238gh
ตำรับที่ 21	0.87e-h	4.59k	31.50bcd	31.00cde	0.075b	6.61a	1.53ef	205h
cv(%)	35.39	34.47	6.85	6.08	133.23	9.6	56.76	12.53
F	8.72**	9.86**	44.50**	35.74**	1.31ns	8.60**	7.60**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 3 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 3 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2541)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	0.4gh	48.89a	18.88h	16.00h	0.088b-e	5.16d-g	7.34b	6.56e
ตำรับที่ 2	0.98d-g	26.6bcd	21.63gh	20.00g	0.093b-e	4.62gh	5.19bc	328fg
ตำรับที่ 3	2.45ab	13.85c-f	23.00gh	21.00g	0.13abc	6.08abc	1.89e	164h
ตำรับที่ 4	1.01d-g	8.42def	38.25a	35.75a	0.14abc	6.27ab	1.54e	18i
ตำรับที่ 5	0.45fgh	28.92bc	30.00cde	33.75abc	0.078cde	4.94e-h	1.57e	13i
ตำรับที่ 6	2.38ab	14.42c-f	35.00ab	36.50a	0.12a-d	5.45c-f	1.72e	16i
ตำรับที่ 7	0.58fgh	9.66def	33.00bc	35.75a	0.19a	5.91abc	3.31cde	41.5i
ตำรับที่ 8	0	38.08ab	9.50i	14.00h	0.17ab	4.38h	13.16a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.01bc	12.32c-f	22.50gh	25.63f	0.093b-e	5.37c-f	5.48bc	1004d
ตำรับที่ 10	1.56b-e	8.04def	24.88fg	31.00b-e	0.13abc	5.63b-e	3.30cde	360f
ตำรับที่ 11	1.81bcd	7.50ef	24.25fg	30.75cde	0.055cde	5.16d-g	2.41de	365f
ตำรับที่ 12	0.62e-h	19.87b-f	23.63fg	29.75c-f	0.073cde	5.11d-g	1.93e	319.25fg
ตำรับที่ 13	3.13a	30.38bc	23.00gh	26.63ef	0.078cde	5.04d-h	2.28e	378.25f
ตำรับที่ 14	2.07bc	7.09ef	26.25d-g	27.13def	0.14abc	5.95abc	5.04cde	320.25fg
ตำรับที่ 15	0.97d-g	6.15ef	25.50efg	26.50ef	0.023e	4.83fgh	3.79cde	1313b
ตำรับที่ 16	0.61e-h	6.77ef	28.00def	29.00def	0.018e	5.06d-h	3.40cde	1204c
ตำรับที่ 17	0.72e-h	7.29ef	30.00cde	31.00b-e	0.03de	4.89fgh	2.46de	710e
ตำรับที่ 18	1.06d-g	2.6f	25.50efg	26.50b-e	0.055cde	5.72a-d	1.31e	205h
ตำรับที่ 19	0.58fgh	22.98b-e	34.25abc	35.25ab	0.12abc	5.68bcd	2.04e	238gh
ตำรับที่ 20	1.29c-g	26.54bcd	25.50efg	26.50ef	0.075cde	5.07d-h	1.72e	238gh
ตำรับที่ 21	1.41c-f	3.46f	30.38cd	31.38bcd	0.095b-e	6.41a	1.77e	205h
cv(%)	46.35	68.24	10.98	9.63	53.61	8.16	47.77	12.53
F	7.92**	4.87**	18.75**	22.07**	3.12**	6.27**	10.97**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 4 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 4 (เดือนมกราคม พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	0	37.23a	36.50ab	36.50abc	0.055cd	4.80g-j	6.27bc	6.56e
ตำรับที่ 2	0.43efg	32.32ab	23.00h	27.00d	0.07cd	4.54ij	5.17bcd	328fg
ตำรับที่ 3	1.48bcd	13.9c-f	22.25h	25.00d	0.13a-d	6.21ab	2.28e-h	164h
ตำรับที่ 4	2.86bcd	12.5def	32.00cde	34.50abc	0.13a-d	6.47a	1.22gh	18i
ตำรับที่ 5	1.41b-e	21.86b-e	28.75def	34.00abc	0.06cd	5.44c-h	1.43gh	13i
ตำรับที่ 6	1.78bc	13.99c-f	33.75ab	36.50abc	0.12a-e	5.94a-e	1.34gh	16i
ตำรับที่ 7	1.33cde	7.68f	34.25bc	32.25bc	0.16abc	5.63b-f	6.37bc	41.5i
ตำรับที่ 8	0.13g	24.09bcd	15.50i	19.10e	0.14a-e	4.30j	9.4a	2453.75a
ตำรับที่ 9	3.07a	11.21ef	27.75ef	31.90c	0.21a	5.05f-i	7.01b	1004d
ตำรับที่ 10	2.42ab	5.59f	32.13b-e	36.18abc	0.11a-e	5.52b-g	2.14fgh	360f
ตำรับที่ 11	2.27abc	3.99f	31.25c-f	32.25bc	0.083bcd	5.13f-i	2.48e-h	365f
ตำรับที่ 12	0.6d-g	14.75c-f	30.50c-f	36.88ab	0.13a-e	5.33c-h	2.71e-h	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.85a	28.19ab	29.25def	34.60abc	0.053cd	5.27d-i	2.10fgh	378.25f
ตำรับที่ 14	1.78bc	6.49f	32.63b-e	34.88abc	0.21a	5.97a-d	4.68b-e	320.25fg
ตำรับที่ 15	1.20c-f	23.79b-e	23.25gh	24.50d	0.09bcd	4.30j	4.10c-f	1313b
ตำรับที่ 16	0.12g	26.8abc	27.00fg	26.50d	0.048d	4.32j	3.67d-g	1204c
ตำรับที่ 17	1.3cde	22.53b-e	30.50c-f	32.25bc	0.045d	4.74hij	2.18fgh	710e
ตำรับที่ 18	1.74bc	8.38f	30.50c-f	34.75abc	0.12a-e	6.04abc	0.89h	205h
ตำรับที่ 19	0.23fg	26.07abc	40.00a	37.00a	0.18ab	5.64b-f	1.57fgh	238gh
ตำรับที่ 20	1.67bc	25.35abc	30.00c-f	32.00c	0.15a-e	5.19e-i	1.15gh	238gh
ตำรับที่ 21	1.59bcd	7.86f	32.75bcd	34.00abc	0.13a-e	6.41a	1.39gh	205h
cv(%)	44.46	43.55	9.02	8.69	59.07	8.64	46.28	12.53
F	8.57**	6.25**	16.15**	12.13**	2.46*	8.73**	9.39**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 5 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 5 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.41d-g	22.59b	22.25i	25.25hi	0.065b-e	4.06h	4.86bcd	6.56e
ตำรับที่ 2	1.96b-e	23.84b	26.25i	27.75h	0.088b-e	4.36gh	3.93b-f	328fg
ตำรับที่ 3	3.47a	9.66c-g	34.38d-h	31.75fg	0.093b-e	5.75c-f	2.19def	164h
ตำรับที่ 4	2.6abc	11.61c-f	36.25b-f	36.50abc	0.12b-e	6.16abc	1.23ef	18i
ตำรับที่ 5	0.78fg	17.85bc	35.00c-g	34.50c-f	0.053cde	5.69c-f	1.37ef	13i
ตำรับที่ 6	2.57abc	10.32c-g	36.50b-e	35.75b-e	0.085b-e	5.93cde	1.43ef	16i
ตำรับที่ 7	2.41a-d	16.36bc	32.25fgh	34.50c-f	0.15b	5.37c-f	4.11b-f	41.5i
ตำรับที่ 8	0.55f	39.27a	15.13j	14.88j	0.29a	4.14h	11.21a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.23b-e	14.39cd	24.75i	24.13i	0.13bc	5.16d-g	5.91b	1004d
ตำรับที่ 10	1.25efg	4.97efg	30.38h	31.38g	0.085b-e	5.76c-f	1.68ef	360f
ตำรับที่ 11	1.81c-f	6.87d-g	30.63h	33.25efg	0.065b-e	5.04efg	2.46def	365f
ตำรับที่ 12	0.63f	13.95cd	33.00e-h	34.38d-g	0.098b-e	5.97bcd	2.31def	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.34b-e	12.31cde	31.25gh	34.00d-g	0.065b-e	6.08bc	2.23def	378.25f
ตำรับที่ 14	2.26b-e	7.35d-g	31.88gh	33.00efg	0.10b-e	6.22abc	5.51bc	320.25fg
ตำรับที่ 15	2.12b-e	9.58c-g	23.50i	24.00i	0.058cde	4.50gh	3.71b+f	1313b
ตำรับที่ 16	1.48c-g	12.73cde	24.00i	26.00hi	0.045de	4.45gh	4.24b-e	1204c
ตำรับที่ 17	3.02ab	10.19c-g	25.00i	23.50i	0.038e	4.87fgh	2.76c-f	710e
ตำรับที่ 18	2.49a-d	1.91g	39.00abc	39.50a	0.12bcd	6.83ab	1.07f	205h
ตำรับที่ 19	1.56c-g	7.2d-g	41.38a	37.50abc	0.14b	5.97bcd	2.59c-f	238gh
ตำรับที่ 20	2.45a-d	5.97d-g	39.63ab	38.50ab	0.12b-e	5.68c-f	1.47ef	238gh
ตำรับที่ 21	1.76c-f	3.11fg	38.50a-d	37.50abc	0.11b-e	6.98a	1.45ef	205h
cv(%)	34.58	41.56	8.53	6.13	46.32	10.08	55.65	12.53
F	5.09**	10.49**	26.53**	44.67**	5.38**	9.31**	6.82**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 6 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 6 (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	0.44fg	22.73b-e	23.50i	20.00h	0.075de	4.06h	5.49bc	6.56e
ตำรับที่ 2	0.98dfg	23.71bcd	27.75fgh	23.75gh	0.055de	4.36gh	5.33bc	328fg
ตำรับที่ 3	3.02a	9.19gh	28.25def	30.00de	0.14bcd	5.75c-f	2.16def	164h
ตำรับที่ 4	1.01efg	17.27d-h	32.25c	33.00bcd	0.12b-e	6.16abc	1.45f	18i
ตำรับที่ 5	1.15def	19.34c-g	30.25cde	32.75bcd	0.095cde	5.69c-f	1.24f	13i
ตำรับที่ 6	2.53abc	20.85b-f	32.25c	31.50cde	0.12b-e	5.93cde	1.76ef	16i
ตำรับที่ 7	1.81b-c	14.74d-h	26.00ghi	30.00de	0.20b	5.37c-f	4.07b-e	41.5i
ตำรับที่ 8	0.06g	39.9a	19.57j	20.13h	0.31a	4.14h	11.60a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.98a	21.8b-e	24.38i	25.38fg	0.18ab	5.16d-g	5.95b	1004d
ตำรับที่ 10	1.86b-e	11.28fgh	29.25cde	32.75bcd	0.11b-e	5.76c-f	1.50f	360f
ตำรับที่ 11	1.8b-e	15.72d-h	27.50fgh	27.88ef	0.10b-e	5.04efg	2.71def	365f
ตำรับที่ 12	1.03efg	29.39b	32.25c	30.75de	0.083de	5.97bcd	2.58def	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.64ab	27.44bc	31.00cd	32.00bcd	0.058de	6.08bc	2.42def	378.25f
ตำรับที่ 14	3.05a	8.08gh	29.75cde	30.75de	0.098cde	6.22abc	4.40bcd	320.25fg
ตำรับที่ 15	2.16a-d	13.85d-h	25.00hi	26.00fg	0.06de	4.50gh	3.20c-f	1313b
ตำรับที่ 16	2.11a-d	15.56d-h	25.00hi	24.00fg	0.048de	4.45gh	4.09b-e	1204c
ตำรับที่ 17	2.56abc	10.94fgh	29.00def	26.00fg	0.035e	4.87fgh	2.00def	710e
ตำรับที่ 18	2.71ab	7.36h	41.00a	36.00ab	0.083de	6.83ab	0.88f	205h
ตำรับที่ 19	1.53cde	12.6e-h	43.00a	37.00a	0.12b-e	5.97bcd	1.50f	238gh
ตำรับที่ 20	2.19a-d	14.98d-h	38.00b	35.00abc	0.14bcd	5.68c-f	1.70ef	238gh
ตำรับที่ 21	2.56abc	7.94gh	36.00b	37.00a	0.088cde	6.98a	1.18f	205h
cv(%)	31.62	35.38	6.56	8.69	52.08	10.08	46.75	12.53
F	7.31**	7.03**	34.32**	16.01**	4.67**	9.31**	10.83**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 7 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 7 (เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (^{0}C)	อุณหภูมิอากาศ (^{0}C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.36c	29.75bc	21.00h	23.00e	0.055def	4.14j	5.80b	6.56e
ตำรับที่ 2	2.45abc	30.06bc	25.25c-h	30.00bc	0.093a-e	4.12j	4.57bcd	328fg
ตำรับที่ 3	3.13a	19.11bcd	24.50e-h	28.00cd	0.11a-d	5.79b-e	2.18d-g	164h
ตำรับที่ 4	2.34abc	15.60cd	30.25ab	30.25bc	0.08a-f	6.30abc	1.95d-g	18i
ตำรับที่ 5	1.8bc	23.31bcd	28.50a-e	30.00bc	0.053d-f	5.43d-g	1.95d-g	13i
ตำรับที่ 6	2.15abc	24.36bcd	29.75a-d	30.25bc	0.06c-f	5.67cde	2.67c-g	16i
ตำรับที่ 7	2.41abc	15.05cd	28.00a-f	29.50c	0.12ab	5.66cde	4.01b-e	41.5i
ตำรับที่ 8	0.24d	58.52a	13.00i	16.38f	0.12abc	4.25ij	11.65a	2453.75a
ตำรับที่ 9	3.17a	22.99bcd	24.50e-h	29.38c	0.088a-e	4.95fgh	5.03bc	1004d
ตำรับที่ 10	2.41abc	14.04cd	25.88b-g	28.13cd	0.04ef	5.30efg	1.60efg	360f
ตำรับที่ 11	2.34abc	12.61d	26.13b-g	28.25c	0.058def	5.49def	2.10d-g	365f
ตำรับที่ 12	1.63c	49.72a	27.13b-g	28.38c	0.09a-e	5.28efg	2.54c-g	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.9ab	51.8a	26.13b-g	28.75c	0.068b-f	5.26efg	2.21d-g	378.25f
ตำรับที่ 14	2.11abc	12.53d	27.88a-f	28.75c	0.13a	5.88b-e	4.92bc	320.25fg
ตำรับที่ 15	2.34abc	16.41cd	23.00gh	23.00e	0.035ef	4.40hij	3.72b-f	1313b
ตำรับที่ 16	1.85bc	15.78cd	25.00d-h	22.00e	0.023f	4.36hij	3.57b-g	1204c
ตำรับที่ 17	2.3abc	15.25cd	26.25b-g	25.00c	0.025f	4.84ghi	4.11b-e	710e
ตำรับที่ 18	2.08abc	12.77d	23.50fgh	28.00cd	0.095a-e	6.70a	1.02g	205h
ตำรับที่ 19	1.67c	14.54b	30.00abc	33.00ab	0.11a-d	6.29abc	1.98d-g	238gh
ตำรับที่ 20	2.46abc	29.89bc	32.00a	35.00a	0.075a-f	5.97bcd	1.88efg	238gh
ตำรับที่ 21	2.12abc	11.74d	29.50a-d	30.00bc	0.075a-f	6.40ab	1.30fg	205h
cv(%)	30.32	39.82	10.95	7.39	48.35	7.46	46.13	12.53
F	3.77**	8.04**	8.03**	15.64**	2.97**	15.41**	9.04**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 8 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 8 (เดือนกันยายน พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	0.79ghi	32.12c	20.00i	22.00gh	0.093abc	4.42d	7.55b	6.56e
ตำรับที่ 2	1.09f-i	30.53cde	22.00ghi	24.00fg	0.098abc	4.69d	6.14bc	328fg
ตำรับที่ 3	3.43a	12.23ghi	23.00fgh	25.00ef	0.13abc	5.93ab	2.62de	164h
ตำรับที่ 4	1.85b-h	13.66ghi	30.00a	29.75ab	0.09abc	6.17ab	1.56e	18i
ตำรับที่ 5	0.67hi	28.06e-f	28.25ab	31.75a	0.13abc	5.69abc	2.09de	13i
ตำรับที่ 6	2.41a-e	19.88d-g	26.50bcd	29.50abc	0.07c	5.76ab	1.63e	16i
ตำรับที่ 7	2.00b-g	13.79ghi	25.50c-f	21.25cde	0.21a	5.64abc	3.88cde	41.5i
ตำรับที่ 8	0.06i	10.94ghi	9.75j	15.38i	0.065c	4.47d	15.94a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.86abc	31.18cde	21.25hi	25.75def	0.08bc	4.61d	4.35cde	1004d
ตำรับที่ 10	2.64a-d	32.45cd	25.25c-f	28.00bcd	0.08bc	5.90ab	2.04e	360f
ตำรับที่ 11	1.88b-h	15.77f-l	23.75e-h	26.50def	0.08bc	6.07ab	2.37de	365f
ตำรับที่ 12	1.32e-h	8.11ghi	23.75e-h	25.25ef	0.085abc	5.60abc	2.53de	319.25fg
ตำรับที่ 13	3.13ab	18.62c-h	23.00fgh	28.00bcd	0.05c	5.95ab	2.23de	378.25f
ตำรับที่ 14	2.19b-f	50.3ab	19.50i	20.50h	0.20ab	5.56bc	4.86bcd	320.25fg
ตำรับที่ 15	1.67c-h	6.76ghi	25.00c-f	21.00h	0.025c	4.37d	4.29cde	1313b
ตำรับที่ 16	1.17e-i	7.71ghi	26.00b-e	24.00fg	0.023c	4.54d	3.54cde	1204c
ตำรับที่ 17	1.59c-h	6.3ghi	27.00bcd	25.00ef	0.035c	4.98cd	3.19cde	710e
ตำรับที่ 18	1.93b-h	4.44l	23.50e-h	25.00ef	0.063c	6.09ab	1.26e	205h
ตำรับที่ 19	1.56d-h	54.09a	23.00fgh	26.00def	0.12abc	5.67abc	2.22de	238gh
ตำรับที่ 20	1.80b-g	40.59bc	24.00d-g	25.00ef	0.065c	5.76ab	1.75e	238gh
ตำรับที่ 21	2.10b-f	5.34hi	22.00ghi	26.00def	0.078bc	6.35a	1.14e	205h
cv(%)	41.95	39	7	6.28	84.61	8.48	51.19	12.53
F	4.84**	12.90**	24.50**	20.26**	1.65ns	8.14**	12.01**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 9 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 9 (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	0.56fg	23.48cd	23.00fg	21.00hi	0.043b	4.49hi	6.90b	6.56e
ตำรับที่ 2	0.85efg	32.17bc	25.00def	22.00ghi	0.063b	4.54hi	7.18b	328fg
ตำรับที่ 3	3.05a	8.56def6.8	29.00a-d	25.00efg	0.083b	5.97bcd	2.95e-i	164h
ตำรับที่ 4	2.86a	6.89def	31.25ab	36.00a	0.08b	5.98bcd	1.51hi	18i
ตำรับที่ 5	1.00d-g	19.23c-f	26.75c-f	35.25ab	0.053b	5.33d-g	1.58hi	13i
ตำรับที่ 6	1.89a-e	12.83def	30.75ab	35.75a	0.063b	5.64c-f	1.60hi	16i
ตำรับที่ 7	2.49ab	6.38def	23.50a	34.75ab	0.10b	5.83b-e	3.48d-h	41.5i
ตำรับที่ 8	0	45.32ab	12.75h	19.25i	0.13b	4.15h	10.43a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.13a-d	12.75def	24.25ef	32.38bc	0.058b	5.30d-g	4.34c-f	1004d
ตำรับที่ 10	1.55b-f	7.23def	26.13def	29.50cd	0.055b	5.40def	1.99ghi	360f
ตำรับที่ 11	1.11c-g	7.92def	28.38bcd	33.50ab	0.093b	5.02fgh	4.34c-f	365f
ตำรับที่ 12	0.52fg	21.74cde	23.38fg	24.00fgh	0.13b	5.16c-h	5.38bcd	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.79a	48.58a	25.00def	27.38de	0.07b	5.12fgh	5.48bcd	378.25f
ตำรับที่ 14	1.31b-f	5.83def	30.13abc	34.88ab	0.50a	6.12abc	3.86c-g	320.25fg
ตำรับที่ 15	0.99d-g	3.17ef	20.00g	22.00ghi	0.048b	5.11fgh	5.53bcd	1313b
ตำรับที่ 16	1.18c-g	4.02af	25.00def	27.00def	0.02b	4.64ghi	4.69cde	1204c
ตำรับที่ 17	1.00d-g	1.95f	28.00b-e	28.00de	0.04b	5.17c-h	3.36c-h	710e
ตำรับที่ 18	2.23abc	4.68ef	25.00def	23.00gh	0.068b	6.67a	0.82i	205h
ตำรับที่ 19	1.58b-f	10.45def	28.50bcd	30.00cd	0.088b	6.10abc	1.50hi	238gh
ตำรับที่ 20	2.45ab	16.43c-f	28.00b-e	30.00cd	0.063b	5.63c-f	1.95ghi	238gh
ตำรับที่ 21	2.3abc	7.11def	24.00f	21.00hi	0.075b	6.50ab	2.22f-l	205h
cv(%)		70.87	9.17	7.25	62.06	7.85	3.42	12.53
F	5.48**	5.82**	13.23**	30.00**	1.19ns	9.80**	12.89**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 10 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 10 (เดือนมกราคม พ.ศ. 2543)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (^{0}C)	อุณหภูมิอากาศ (^{0}C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.20d-h	20.19bcd	19.75i	26.00fg	0.028de	4.33hi	6.70ab	6.56e
ตำรับที่ 2	0.66fgh	19.15b-e	22.00hi	27.75fg	0.023de	4.49ghi	5.10bcd	328fg
ตำรับที่ 3	2.98a	10.08c-f	30.00d-g	33.00de	0.04cde	5.53c-f	3.82b-e	164h
ตำรับที่ 4	1.67b-f	15.17b-f	31.50b-e	38.00ab	0.04cde	5.99bcd	1.29e	18i
ตำรับที่ 5	0.3h	23.53be	35.25abc	38.00ab	0.03de	5.43c-f	1.52e	13i
ตำรับที่ 6	1.48b-g	16.53def	34.00a-d	36.75bc	0.035cde	5.84b-e	1.46e	16i
ตำรับที่ 7	1.5b-g	13.72b-f	36.50ab	36.75bc	0.16a	6.42ab	2.96cde	41.5i
ตำรับที่ 8	0.47gh	57.42a	13.50j	21.23h	0.15ab	4.05i	8.47a	2453.75a
ตำรับที่ 9	1.78bcd	25.27a	25.75gh	32.50e	0.073b-e	5.01e-h	5.98abc	1004d
ตำรับที่ 10	1.33c-g	9.59c-f	28.00efg	29.00f	0.043cde	5.51c-f	2.89cde	360f
ตำรับที่ 11	1.26d-h	14.93b-f	34.25a-d	36.25a-d	0.048cde	4.85f-i	2.34de	365f
ตำรับที่ 12	0.69e-h	20.75bd	25.25gh	27.00fg	0.073b-e	5.26d-g	2.58de	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.45ab	22.21bc	32.25a-e	33.88cde	0.06cde	4.87f-i	2.99cde	378.25f
ตำรับที่ 14	1.71b-e	13.75b-f	33.13a-d	34.75b-e	0.088a-e	5.73be	6.52ab	320.25fg
ตำรับที่ 15	1.66b-f	4.18f	22.25hi	24.50g	0.048cde	4.66fgh	5.96abc	1313b
ตำรับที่ 16	1.25d-h	4.91ef	25.13gh	27.00fg	0.02e	4.68f-i	8.65a	1204c
ตำรับที่ 17	1.52b-f	3.93f	26.50fgh	28.75f	0.03de	5.40def	8.56a	710e
ตำรับที่ 18	2.34abc	3.5f	36.00abc	38.00ab	0.078b-e	6.80a	1.34e	205h
ตำรับที่ 19	2.19a-d	3.86f	37.00a	40.00a	0.12abc	6.27abc	1.89e	238gh
ตำรับที่ 20	1.97bcd	6.09def	37.00a	38.50ab	0.11a-d	5.77b-e	1.74e	238gh
ตำรับที่ 21	2.00bcd	4.34f	31.00c-f	35.00b-e	0.073b-e	6.84a	1.68e	205h
cv(%)	39.92	58	10.52	7.08	75.6	9.62	48.09	12.53
F	4.74**	7.92**	17.41**	22.33**	2.74**	9.02**	7.24**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 11 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 11 (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2543)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์[1/]	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.02fgh	38.61bc	23.25ijk	25.50hi	0.058bcd	5.39bcd	6.14b	6.56e
ตำรับที่ 2	1.12fgh	39.85b	25.50hi	27.00gh	0.06bcd	4.17f	6.04b	328fg
ตำรับที่ 3	3.39a	24.92b-g	27.00gh	28.00fgh	0.17a	5.56bcd	2.61de	164h
ตำรับที่ 4	2.16b-e	20.80efg	32.75cd	33.00cd	0.078bcd	6.08ab	1.44e	18i
ตำรับที่ 5	0.75gh	38.00bcd	31.75cde	33.25cd	0.045cd	5.54bcd	1.64de	13i
ตำรับที่ 6	2.68a-d	23.43b-g	33.25c	34.00bc	0.06bcd	5.68a-d	1.36e	16i
ตำรับที่ 7	2.3b-e	22.99c-g	30.00ef	34.00bc	0.13ab	5.92abc	2.25de	41.5i
ตำรับที่ 8	0.63h	66.16a	13.75i	15.50k	0.18a	4.27ef	9.65a	2453.75a
ตำรับที่ 9	3.39a	30.82b-f	21.25k	21.38j	0.12ab	5.02d	5.40bc	1004d
ตำรับที่ 10	1.89c-f	21.81d-g	27.25gh	29.75efg	0.073bcd	4.94de	1.86de	360f
ตำรับที่ 11	2.38b-e	22.55c-g	30.00ef	31.63cde	0.07bcd	5.18cd	3.20cde	365f
ตำรับที่ 12	1.71c-f	32.85b-e	28.25fg	29.75efg	0.045cd	5.54bcd	1.64de	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.98ab	37.44b-e	30.50def	30.75def	0.06bcd	5.68a-d	1.36e	378.25f
ตำรับที่ 14	2.6a-d	25.31b-g	29.00fg	29.25efg	0.13ab	5.92abc	3.00de	320.25fg
ตำรับที่ 15	1.42e-h	29.86b-f	23.00jk	24.00ij	0.085bcd	3.67f	3.64cde	1313b
ตำรับที่ 16	1.14fgh	33.48b-e	24.50ij	27.00gh	0.03d	4.23ef	4.12bcd	1204c
ตำรับที่ 17	2.79abc	26.07b-g	27.00gh	28.50gh	0.088bcd	4.12f	2.71de	710e
ตำรับที่ 18	3.09ab	14.57fg	29.75ef	31.00c-f	0.078bcd	6.05ab	1.09e	205h
ตำรับที่ 19	1.85c-f	39.85b+	40.00a	38.50a	0.07bcd	5.99abc	1.86de	238gh
ตำรับที่ 20	2.56a-d	37.04bcd	39.00ab	37.50a	0.085bcd	5.83abc	1.94de	238gh
ตำรับที่ 21	2.53a-d	11.8g	37.50b	36.50ab	0.11abc	6.39a	2.42de	205h
cv(%)	28.75	32.3	5.52	6.31	50.87	9.18	49.06	12.53
F	7.84**	5.59**	58.93**	33.48**	3.26**	10.28**	7.77**	342.019**

[1/] จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

[2/] ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 12 แสดงปริมาณประชากรไรโซเบียม ความชื้น อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ค่าการนำไฟฟ้า pH อินทรียวัตถุ และระดับความสูงของพื้นที่ในการ วิเคราะห์ดินครั้งที่ 12 (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543)

ตำรับการทดลอง	จำนวนเซลล์ 1/	ความชื้น (%)	อุณหภูมิดิน (°C)	อุณหภูมิอากาศ (°C)	ค่า EC (dS cm^{-1})	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ความสูงของพื้นที่ (m)
ตำรับที่ 1	1.02gh	52.13abc	22.50ijk	25.00e	0.045cd	4.28k	4.79bcd	6.56e
ตำรับที่ 2	1.63d-g	32.71c-h	25.50ghi	27.00de	0.068bcd	4.78h-k	4.43b-f	328fg
ตำรับที่ 3	3.16a	15.95g-i	25.50ghi	26.50de	0.095abc	5.55c-g	3.32b-g	164h
ตำรับที่ 4	2.27bcd	19.55f-i	30.75d	30.50c	0.1abc	5.84a-e	2.36d-g	18i
ตำรับที่ 5	1.21fgh	43.34b-e	28.25d-g	31.00c	0.035cd	5.10e-j	1.70g	13i
ตำรับที่ 6	2.23b-e	29.05d-i	28.50d-g	30.00c	0.073bcd	5.65b-g	1.68g	16i
ตำรับที่ 7	2.6abc	15.40g-j	29.75de	31.25c	0.14a	5.97a-d	2.91b-g	41.5i
ตำรับที่ 8	0.42h	59.22ab	14.25l	17.00g	0.13ab	4.94g-k	8.83a	2453.75a
ตำรับที่ 9	2.68abc	31.28b-g	20.75k	21.50f	0.075bcd	4.53ijk	5.32b	1004d
ตำรับที่ 10	2.00c-f	24.77e-j	27.00e-h	26.75de	0.043cd	5.05f-j	1.81fg	360f
ตำรับที่ 11	2.00c-f	27.91f-j	29.25def	27.75d	0.02d	5.46c-h	2.70b-g	365f
ตำรับที่ 12	0.94gh	66.77a	24.25hij	24.75e	0.063bcd	5.59b-g	2.91b-g	319.25fg
ตำรับที่ 13	2.68abc	49.65a-d	27.50d-h	26.75de	0.023d	5.21d-i	2.35d-g	378.25f
ตำรับที่ 14	2.86abc	29.21d-i	26.00f-i	26.50de	0.088a-d	5.87a-d	4.67b-e	320.25fg
ตำรับที่ 15	3.21a	27.14d-j	21.75jk	24.50e	0.065bcd	4.37jk	5.03bc	1313b
ตำรับที่ 16	2.9ab	33.45c-h	24.00h-k	25.25de	0.025d	4.38jk	4.43b-f	1204c
ตำรับที่ 17	2.6abc	14.61hij	24.50hij	25.25de	0.025d	4.63ijk	2.64c-g	710e
ตำรับที่ 18	2.56abc	6.43ij	34.75c	36.00b	0.053cd	6.32ab	1.51g	205h
ตำรับที่ 19	1.63d-g	49.96a-d	40.50a	38.50a	0.073bcd	6.19abc	2.03efg	238gh
ตำรับที่ 20	2.49a-d	41.46b-f	39.50ab	38.00ab	0.07bcd	5.73a-f	1.82fg	238gh
ตำรับที่ 21	1.4efg	5.99j	37.00bc	37.50ab	0.048cd	6.43a	3.30b-g	205h
cv(%)	25.21	42.53	7.89	5.54	62.88	8.62	46.8	12.53
F	8.60**	5.93**	33.38**	49.12**	2.50**	8.45**	4.98**	342.019**

1/ จำนวนเซลล์เป็นค่า log ของจำนวนเซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม

2/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเดียวกันถือว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดย DMRT

ตารางผนวกที่ 13 แสดงปริมาณไรโซเบียมในแต่ละตำรับการทดลองจากการเก็บตัวอย่างดิน 12 ครั้ง (log number of cells/g dry soil)

ครั้งที่	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2	ตำรับที่ 3	ตำรับที่ 4	ตำรับที่ 5	ตำรับที่ 6	ตำรับที่ 7	ตำรับที่ 8	ตำรับที่ 9	ตำรับที่ 10	ตำรับที่ 11	ตำรับที่ 12	ตำรับที่ 13	ตำรับที่ 14
1	1.32ab	2.08ab	3.45a	1.80be	0.74ab	2.68ab	2.56a	0.41a	2.3abc	1.59bcd	1.77a	0.87ab	2.98a	2.56abc
2	1.41a	1.82abc	3.02ab	2.19ab	1.09ab	2.9a	2.38a	0	3.13ab	2.28abc	1.74a	0.73b	2.38a	2.0bcd
3	0.4cd	0.98b-e	2.45b	1.01c	0.45ab	2.38ab	0.58b	0	2.01bc	1.56bcd	1.81a	0.62b	3.13a	2.07a-d
4	0	0.43e	1.48c	2.86a	1.41ab	1.78bc	1.33ab	0.13a	3.07ab	2.42ab	2.27a	0.6b	2.85a	1.78cd
5	1.41a	1.96abc	3.47a	2.60ab	0.78ab	2.57ab	2.41a	0.55a	2.23abc	1.25d	1.81a	0.63b	2.34a	2.26a-d
6	0.44bcd	0.98b-e	3.02ab	1.01c	1.85ab	2.53ab	1.81ab	0.06a	2.98ab	1.85a-d	1.8a	1.03ab	2.64a	3.05a
7	1.36a	2.45a	3.12ab	2.34ab	1.8a	2.15abc	2.41a	0.24a	3.17ab	2.41ab	2.34a	1.63a	2.9a	2.11a-d
8	0.79a-d	1.09b-e	3.43a	1.85abc	0.67ab	2.41ab	2.0a	0.06a	2.86abc	2.64a	1.88a	1.32ab	3.13a	2.19a-d
9	0.56a-d	0.85cde	3.05ab	2.86a	1ab	1.89bc	2.49a	0	2.13bc	1.55bcd	1.11a	0.52b	2.79a	1.31d
10	1.20abc	0.66de	2.98ab	1.67bc	0.3b	1.48c	1.50ab	0.47a	1.78c	1.33cd	1.26a	0.69b	2.45a	1.71cd
11	1.02abc	1.12b-e	3.39a	2.16ab	0.75ab	2.68ab	2.30a	0.63a	3.39a	1.89a-d	2.38a	1.71a	2.98a	2.6abc
12	1.02abc	1.63a-d	3.16ab	2.27ab	1.21ab	2.23abc	2.60a	0.42a	2.68abc	2.0a-d	2.0a	0.94ab	2.68a	2.86ab
ค่าเฉลี่ย	0.91	1.34	3.01	2.05	1.02	2.31	2.03	0.25	2.64	1.90	1.86	0.94	2.78	2.21
CV(%)	59.2	51.85	17.22	30.56	86.81	26.79	39.6	164.65	27.15	31.27	49.9	59.15	18.97	28.27
F	3.04**	3.31**	4.67**	3.88**	1.04ns	2.36*	2.38*	1.34ns	2.19*	2.39*	1.86ns	2.15*	1.1ns	2.55*

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ) แสดงปริมาณไรโซเบียมในแต่ละตำรับการทดลองจากการเก็บตัวอย่างดิน 12 ครั้ง (log number of cells/g dry soil)

ครั้งที่	ตำรับที่ 15	ตำรับที่ 16	ตำรับที่ 17	ตำรับที่ 18	ตำรับที่ 19	ตำรับที่ 20	ตำรับที่ 21
1	1.7cde	1.56bcd	1.96bcd	1.74	1.11bc	1.82abc	1.67ab
2	2.86ab	0.95de	1.1de	1.62	0.54cd	0.96c	0.87b
3	0.97e	0.61ef	0.72e	1.06	0.58cd	1.29bc	1.41ab
4	1.2de	0.12f	1.3de	1.74	0.23d	1.67abc	1.59ab
5	2.12bcd	1.48b-e	3.02a	2.49	1.56ab	2.45a	1.76ab
6	2.16bcd	2.11b	2.56ab	2.71	1.53ab	2.19ab	2.56a
7	1.67cde	1.85bc	2.3abc	2.08	1.67ab	2.46a	2.12ab
8	2.34abc	1.17cde	1.59cde	1.93	1.56ab	1.8abc	2.10ab
9	0.99e	1.18cde	1e	2.23	1.58ab	2.45a	2.3a
10	1.66cde	1.25b-e	1.52cde	2.34	2.19a	1.97abc	2.0ab
11	1.42cde	1.14cde	2.79ab	3.09	1.85ab	2.56a	2.53a
12	3.21a	2.9a	2.6ab	2.56	1.63ab	2.49a	1.4ab
ค่าเฉลี่ย	1.86	1.36	1.87	2.13	1.34	2.01	1.86
CV(%)	33.15	39.95	29.38	31.88	41.43	31.78	43.06
F	5.27**	6.95**	7.95**	2.68*	4.62**	2.68*	1.59ns

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 14 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคกลางในแต่ละเดือนในช่วง พ.ศ. 2540-2542

เดือน	พ.ศ. 2540		พ.ศ. 2541		พ.ศ. 2542	
	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน
ม.ค.	24.8	0.0	27.3	T	25.9	1.1
ก.พ	27.5	0.0	29.1	1.7	27.0	2.4
มี.ค	29.3	0.1	30.7	0.0	29.6	0.1
ม.ย	29.9	4.5	31.6	0.4	29.7	10.4
พ.ค	30.2	4.6	31.4	3.4	28.9	13.0
มิ.ย	30.2	1.6	30.2	5.6	29.1	2.5
ก.ค	29.3	2.2	28.6	4.6	29.1	3.8
ส.ค	29.5	3.2	29.5	2.4	28.1	7.3
ก.ย	28.6	11.6	29	6.4	28.5	6.1
ต.ค	28.7	4.1	28.8	3.7	27.8	7.3
พ.ย	27.6	0.1	27.0	3.2	26.0	7.4
ธ.ค	27.1	0.0	25.7	1.5	27.3	6.2

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดชัยนาท

ตารางผนวกที่ 15 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคเหนือในแต่ละเดือนในช่วง พ.ศ. 2540-2542

เดือน	พ.ศ. 2540		พ.ศ. 2541		พ.ศ. 2542	
	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน
ม.ค.	20.8	0.0	22.9	14.6	24.2	27.9
ก.พ	22.6	0.0	23.9	0.0	26.4	65.2
มี.ค	26.9	3.3	28.0	0.0	27.1	22.4
ม.ย	27.2	36.4	30.4	11.5	29	22.9
พ.ค	29.7	23.9	30.2	181.3	27.4	96.0
มิ.ย	29.2	19.7	30.0	66.4	27.8	27.2
ก.ค	28.2	56.9	28.2	101.3	28.2	29.0
ส.ค	27.6	46.5	28.4	201.6	27.1	26.1
ก.ย	26.9	33.7	27.9	128.8	27.2	46.9
ต.ค	26.9	65.2	27.6	33.3	26.4	22.1
พ.ย	24.9	11.6	25.3	16.9	25.1	12.5
ธ.ค	23.5	0.0	24.3	0.2	20.2	1.9

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดเชียงใหม่

ตารางผนวกที่ 16 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในแต่ละเดือนในช่วงพ.ศ. 2540-2542

เดือน	พ.ศ. 2540		พ.ศ. 2541		พ.ศ. 2542	
	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิ	ปริมาณน้ำฝน
ม.ค.	27.8	2.2	28.3	0.0	22.9	9.9
ก.พ	23.5	3.5	26.8	46.6	24.9	0.0
มี.ค	27.2	49.7	29.2	33.2	27.4	10.1
ม.ย	27.6	29.0	31.6	36.8	30.4	34.3
พ.ค	30.0	60.1	30.9	31.4	28.6	33.4
มิ.ย	30.0	20.0	29.9	16.4	29.0	51.5
ก.ค	29.0	20.1	29.5	34.5	28.9	39.5
ส.ค	29.0	63.8	29.4	51.1	28.7	27.0
ก.ย	28.4	36.4	27.7	34.6	28.0	37.0
ต.ค	26.7	17.2	26.8	49.1	28.5	67.4
พ.ย	25.3	1.5	24.2	24.0	23.6	17.5
ธ.ค	23.9	0.0	22.2	0.0	16.7	0.0

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดเลย

ตารางผนวกที่ 17 สูตรอาหารปลูกถั่วที่ปราศจากไนโตรเจน (N – Free solution)

Stock Solutions	Element	Mole	Form	MW	g/l	Mole
1	Ca	1000	$CaCl_2.2H_2O$	147.03	294.1	2.0
2	P	500	KH_2PO_4	136.09	136.1	1.0
3	Fe	10	Fe Na EDTA	367.05	6.923	0.02
	Mg	250	$MgSo_4.7H_2O$	246.5	123.3	0.5
	K	250	K_2SO_4	174.06	87.0	0.5
	Mn	1	$MnSO_4.H_2O$	169.02	0.338	0.002
4	B	2	H_3BO_3	61.84	0.247	0.004
	Zn	0.5	$ZnSO_4.7H_2O$	287.56	0.288	0.001
	Cu	0.2	$CuSO_4.5H_2O$	249.69	0.100	0.0004
	Co	0.1	$CoSO_4.7H_2O$	281.12	0.056	0.0002
	Mo	0.1	$Na_2MoO_2.2H_2O$	241.98	0.048	0.002

ที่มา : P. Somasegaran and H.J. Hoben, 1985

: แต่ละ stock solution ใช้ 0.5 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร และใช้ NaOH ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.6-6.8

ตารางผนวกที่ 18 จำนวนไรโซเบียมที่ประเมินโดยวิธี plant infection count (Vincent, 1970)

Positive tubes		Dilution step (s)			
n=4	n=4	s=10			
40	20				
39		2.0×10^5			
38	19	2.0×10^5			
37		1.2			
36	18	8.1×10^4			
35		5.5			
34	17	3.8			
33		2.6	S=8		
32	16	1.8	1.3×10^4		
31		1.3			
30	15	9.1×10^3	1.3×10^4		
29		6.3	7.9×10^3		
28	14	4.5	5.1		
27		3.5	3.5		
26	13	2.2	2.4		
25		1.6	1.7	S=6	
24	12	1.1	1.1	7.9×10^2	
23		8.0×10^2	8.0×10^2		
22	11	5.6	5.6	7.9×10^2	
21		4.0	4.0	5.0	
20	10	2.8	2.8	3.2	
19		2.0	2.0	2.2	
18	9	1.4	1.4	1.5	
17		1.0	1.0	1.0	S=4
16	8	7.1×10^1	7.1×10^1	7.2×10^1	5.0×10^1
15		5.0	5.0	5.1	
14	7	3.5	3.5	3.5	5.0×10^1
13		2.5	2.5	2.5	3.2
12	6	1.8	1.8	1.8	2.0
11		1.3	1.3	1.3	1.4
10	5	8.9×10^0	8.9×10^0	8.9×10^0	9.6×10^0
9		6.3	6.3	6.3	6.6
8	4	4.5	4.5	4.5	4.6
7		3.2	3.2	3.2	3.2
6	3	2.2	2.2	2.2	2.2
5		1.6	1.6	1.6	1.6
4	2	1.1	1.1	1.1	1.1
3		7.2×10^1	7.2×10^1	7.2×10^1	7.2×10^1
2	1	4.4	4.4	4.4	4.4
1					
0	0	4.4×10^{-1}	4.4×10^{-1}	4.4×10^{-1}	4.4×10^{-1}
Approx range		5×10^5	3×10^4	2×10^3	1×10^2
Factor, 95 %					
Fiducial limits		n=s 4.0			
(x, ÷)		n=4 2.7			

* Calculated from Table $VIII_2$ of Fisher and Yate (1963)

ตารางผนวกที่ 19 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคกลางและพืชพรรณที่พบ

ภาค (ประเภทของระบบนิเวศ)	สถานที่เก็บ	พืชพรรณหรือลักษณะนิเวศที่พบ
บริเวณยอดเขา	ยอดสูงสุดของเทือกเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	ป่าเบญจพรรณ
บริเวณกลางเขา	ระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของเทือกเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง
บริเวณเชิงเขา	เชิงเขาของเทือกเขาใหญ่ อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง
พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง	สถานีทดลองพืชไร่ดงเกณฑ์หลวง อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	ข้าวฟ่าง ถั่วเขียว และข้าวโพด
พื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง	สถานีทดลองพืชไร่และแปลงเกษตรกร อ.สรรพยา จ.ชัยนาท	ข้าว
พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว	สถานีทดลองพืชไร่ดงเกณฑ์หลวง อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท	ข้าว ข้าวโพด และถั่วเขียว
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	ป่าสมุนไพร สถานีทดลองพืชไร่ดงเกณฑ์หลวง อ.วัดสิงห์ จ.ชัยนาท วัดเขากบ อ.เมือง จ.นครสวรรค์ ถนนพหลโยธิน (กม.ที่ 219-220) นครสวรรค์-กรุงเทพฯ อ.ปากบาง จ.สิงห์บุรี	ไม้ยืนต้น และหญ้า

ตารางผนวกที่ 20 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคเหนือและพืชพรรณที่พบ

ภาค (ประเภทของระบบนิเวศ)	สถานที่เก็บ	พืชพรรณหรือลักษณะนิเวศที่พบ
บริเวณยอดเขา	กม.ที่ 45 ยอดดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ สถูปเจ้าผู้ครองนครเมืองเชียงใหม่	ป่าดงดิบ และป่าดิบชื้น
บริเวณกลางเขา	กม.ที่ 27 ดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ น้ำตกวชิรธาร ดอยอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง
บริเวณเชิงเขา	บ้านแม่หอย บ้านแม่กลาง บ้านโหล่งขอด บ้านโป่ง อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่	ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง
พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง	ต. โหล่งขอด บ้านห้วยงู ต.แม่ปั๋ง อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	ระหุ่ง ถั่วเหลือง อ้อย และข้าวโพด
พื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง	สถานีทดลองข้าว อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่ อ.พร้าว อ.สันทราย จ.เชียงใหม่	ข้าว
พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว	บ้านข่วงเป๋า อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ ทางเข้าน้ำตกแม่ยะ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ บ้านป่าจี้ อ.พร้าว จ.เชียงใหม่ แปลงปลูกพืช ภาควิชาพืชไร่ ม.แม่โจ้ จ. เชียงใหม่	ข้าว ถั่วเหลือง และมันฝรั่ง
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	บ้านป่าเส้า บ้านเหล่า บ้านร้อง ต.สันกำแพง อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่	หญ้า และไม้ล้มลุก

ตารางผนวกที่ 21 แสดงบริเวณที่เก็บตัวอย่างดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพืชพรรณที่พบ

ภาค (ประเภทของระบบนิเวศ)	สถานที่เก็บ	พืชพรรณหรือลักษณะนิเวศที่พบ
บริเวณยอดเขา	ยอดภูเรือ อ.ภูเรือ จ.เลย	ป่าสน และป่าพลัดใบ
บริเวณกลางเขา	กึ่งกลางระหว่างจุดสูงสุดและจุดต่ำสุดของเทือกเขาภูเรือ อ.ภูเรือ จ.เลย	ป่าสน และป่าพลัดใบ
บริเวณเชิงเขา	เชิงเขาของเทือกเขาภูเรือ อ.ภูเรือ จ.เลย	ป่าเต็งรัง
พื้นที่ปลูกพืชไร่ต่อเนื่อง	ต.หนองปริก ต.สุรนารี อ.เมือง จ.นครราชสีมา อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	มันสำปะหลัง และอ้อย
พื้นที่ปลูกข้าวต่อเนื่อง	ต.สวนหอม อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	ข้าว
พื้นที่ปลูกพืชไร่สลับข้าว	ต.สวนหอม อ.ปักธงชัย จ.นครราชสีมา	ข้าว ถั่วเหลือง และถั่วเขียว
พื้นที่รกร้างว่างเปล่า	ต.หนองปริก อ.เมือง จ.นครราชสีมา	ไม้ยืนต้น

ตารางผนวกที่ 22 คุณสมบัติของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, เนื้อดิน, pH, อินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัส, พอแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม

ตำรับที่	เนื้อดิน	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัส (มก. กก.-1)	พอแทสเซียม (มก. กก.-1)	แคลเซียม (มก. กก.-1)	แมกนีเซียม (มก. กก.-1)
ตำรับที่ 1 จุดที่ 1	ดินร่วน	3.8	8.7	2	100	440	47
ตำรับที่ 1 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	4.7	5.5	1	70	720	41
ตำรับที่ 1 จุดที่ 3	ดินร่วน	4.5	3.4	1	60	280	21
ตำรับที่ 1 จุดที่ 4	ดินร่วน	4.3	10.3	1	70	280	32
ตำรับที่ 2 จุดที่ 1	ดินร่วนเหนียว	4.9	6.6	1	100	1000	65
ตำรับที่ 2 จุดที่ 2	ดินร่วน	4	5.4	19	80	320	49
ตำรับที่ 2 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	6	6.8	10	80	3280	80
ตำรับที่ 2 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.9	3.6	1	70	3320	70
ตำรับที่ 3 จุดที่ 1	ดินร่วน	6.9	3.2	54	220	1520	160
ตำรับที่ 3 จุดที่ 2	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	5.9	2.9	8	130	1000	110
ตำรับที่ 3 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	6.8	2.2	13	150	1440	100
ตำรับที่ 3 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	5.9	1.7	5	160	720	70
ตำรับที่ 4 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	7.7	0.9	36	50	2000	110
ตำรับที่ 4 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	7.8	1	133	60	1680	70
ตำรับที่ 4 จุดที่ 3	ดินร่วนเหนียว	6.6	1.8	36	110	1560	320
ตำรับที่ 4 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.1	1.6	20	100	1560	320
ตำรับที่ 5 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	7.3	1.1	24	60	1600	120
ตำรับที่ 5 จุดที่ 2	ดินทราย	4.8	1	4	50	360	360
ตำรับที่ 5 จุดที่ 3	ดินร่วน	4.9	2.1	24	90	800	170
ตำรับที่ 5 จุดที่ 4	ดินร่วน	6.2	2.6	38	200	1560	200
ตำรับที่ 6 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	7.5	1.6	116	100	2320	120
ตำรับที่ 6 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	5.2	0.8	66	30	400	23
ตำรับที่ 6 จุดที่ 3	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	6.2	1.9	9	110	1520	280
ตำรับที่ 6 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.6	2.3	26	160	1520	260
ตำรับที่ 7 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	5	1.7	10	40	400	70
ตำรับที่ 7 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	7.3	5.3	97	200	3280	260
ตำรับที่ 7 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	6	3.2	9	50	1680	440
ตำรับที่ 7 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	5.8	4.7	66	190	1920	300

ตารางผนวกที่ 22 (ต่อ) คุณสมบัติของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, เนื้อดิน, pH, อินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัส, พอแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม

ตำรับที่	เนื้อดิน	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัส (มก. กก.$^{-1}$)	พอแทสเซียม (มก. กก.$^{-1}$)	แคลเซียม (มก. กก.$^{-1}$)	แมกนีเซียม (มก. กก.$^{-1}$)
ตำรับที่ 8 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	5.1	5.5	48	200	760	100
ตำรับที่ 8 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	5.8	9	10	320	1920	210
ตำรับที่ 8 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	4.1	15.7	26	260	760	150
ตำรับที่ 8 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	5	4.9	103	230	800	100
ตำรับที่ 9 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	5.8	4.1	46	210	1080	100
ตำรับที่ 9 จุดที่ 2	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	4.8	4.5	3	170	320	100
ตำรับที่ 9 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	5.5	3.7	48	150	1200	60
ตำรับที่ 9 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	4.7	4.1	8	180	560	140
ตำรับที่ 10 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	6.7	4	24	160	1920	150
ตำรับที่ 10 จุดที่ 2	ทรายปนดินเหนียว	5.5	1.3	5	100	400	80
ตำรับที่ 10 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	4.6	2.2	23	110	520	90
ตำรับที่ 10 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	4.3	1.1	42	50	112	32
ตำรับที่ 11 จุดที่ 1	ดินร่วน	4.4	2.5	40	160	1120	220
ตำรับที่ 11 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทรายแป้ง	4.6	2.3	28	130	880	150
ตำรับที่ 11 จุดที่ 3	ดินร่วนเหนียวปนทราย	5.6	3.1	18	150	1600	500
ตำรับที่ 11 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	4.9	1	70	130	400	70
ตำรับที่ 12 จุดที่ 1	ดินร่วน	6	1.7	46	70	1240	150
ตำรับที่ 12 จุดที่ 2	ดินร่วนเหนียวปนทราย	5.5	3.3	5	130	1680	780
ตำรับที่ 12 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทรายแป้ง	4.5	2.9	2	70	600	80
ตำรับที่ 12 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.5	3.7	4	150	2640	780
ตำรับที่ 13 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	4.7	1.4	10	50	640	60
ตำรับที่ 13 จุดที่ 2	ดินร่วน	4.8	2.5	26	70	880	60
ตำรับที่ 13 จุดที่ 3	ดินร่วน	4.2	2.1	78	180	560	130
ตำรับที่ 13 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.2	1.1	59	70	560	60
ตำรับที่ 14 จุดที่ 1	ดินร่วน	6.8	5.4	629	310	2000	380
ตำรับที่ 14 จุดที่ 2	ดินร่วน	6.5	2.8	109	130	1720	360
ตำรับที่ 14 จุดที่ 3	ดินร่วน	5.6	3.3	15	100	1520	560
ตำรับที่ 14 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	5.7	2.1	30	100	1120	310

ตารางผนวกที่ 22 (ต่อ) คุณสมบัติของดินในพื้นที่เก็บตัวอย่าง, เนื้อดิน, pH, อินทรียวัตถุ, ฟอสฟอรัส, พอแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม

ตำรับที่	เนื้อดิน	pH	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัส (มก. กก.$^{-1}$)	พอแทสเซียม (มก. กก.$^{-1}$)	แคลเซียม (มก. กก.$^{-1}$)	แมกนีเซียม (มก. กก.$^{-1}$)
ตำรับที่ 15 จุดที่ 1	ดินทราย	4.3	2	24	40	400	21
ตำรับที่ 15 จุดที่ 2	ดินทรายปนดินร่วน	3.8	4.3	6	40	84	15
ตำรับที่ 15 จุดที่ 3	ดินทรายปนดินร่วน	4.4	4	4	30	48	9
ตำรับที่ 15 จุดที่ 4	ดินทรายปนดินร่วน	4.7	3.3	6	20	40	7
ตำรับที่ 16 จุดที่ 1	ดินร่วนเหนียว	4.2	2.5	1	70	96	24
ตำรับที่ 16 จุดที่ 2	ดินร่วน	4.4	2.8	1	60	76	20
ตำรับที่ 16 จุดที่ 3	ดินทรายปนดินร่วน	4.9	4.4	6	30	32	8
ตำรับที่ 16 จุดที่ 4	ดินทรายปนดินร่วน	5.1	3.8	7	30	40	6
ตำรับที่ 17 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	5.3	2.6	13	60	280	100
ตำรับที่ 17 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	4.8	2.7	9	90	120	80
ตำรับที่ 17 จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	4.6	1.9	4	80	180	59
ตำรับที่ 17 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	4.9	2.6	9	90	360	90
ตำรับที่ 18 จุดที่ 1	ดินร่วนปนทราย	7	0.7	5	20	760	24
ตำรับที่ 18 จุดที่ 2	ดินร่วนปนทราย	7.3	1.6	21	70	2200	110
ตำรับที่ 18 จุดที่ 3	ดินทรายปนดินร่วน	7.1	0.5	7	20	400	39
ตำรับที่ 18 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียวปนทราย	6	2.1	7	160	1440	580
ตำรับที่ 19 จุดที่ 1	ดินร่วนเหนียว	7.3	2.1	16	120	2480	280
ตำรับที่ 19 จุดที่ 2	ดินร่วนเหนียว	6.1	2.1	5	130	1920	340
ตำรับที่ 19 จุดที่ 3	ดินร่วนเหนียว	6	1.9	15	110	1520	280
ตำรับที่ 19 จุดที่ 4	ดินร่วนเหนียว	6.2	2	9	110	1560	330
ตำรับที่ 20 จุดที่ 1	ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	6	1.6	5	100	1680	480
ตำรับที่ 20 จุดที่ 2	ดินร่วนเหนียว	5.2	2.1	30	110	1240	290
ตำรับที่ 20 จุดที่ 3	ดินร่วน	5.3	1.7	13	110	1200	290
ตำรับที่ 20 จุดที่ 4	ดินร่วน	5	1.6	21	120	1120	260
ตำรับที่ 21 จุดที่ 1	ทรายปนดินร่วน	7.3	1.8	44	80	1000	90
ตำรับที่ 21 จุดที่ 2	ทรายปนดินร่วน	7.4	1.1	30	70	880	70
ตำรับที่ 21จุดที่ 3	ดินร่วนปนทราย	7.4	1.4	5	90	2240	130
ตำรับที่ 21 จุดที่ 4	ดินร่วนปนทราย	6.5	2.5	36	250	960	300