สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2538

เรื่อง

## การศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่

## A Study on Activity of Rhizobium and Phosphate Solubilizing Microorganism for Soybean Production on Sanphaya and Chiang Mai Soil Series

โดย

นายไพรัตน์ พิมพ์สิริกุล

นางสาวนุจรี บุญสปลง

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

RCH
SB
205
.S7
พ188ร
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 28383
วัน, เดือน, ปี 15 ก.ย. 2540

กันยายน 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7 ส.ค. 2540

# การศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่

## บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 9 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำต่อชุดดิน ดังนี้ 1) ตำรับควบคุม (CK) 2) คลุกเชื้อไรโซเบียม (R) 3) ใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (M) 4) คลุกไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (R+M) 5) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (P) 6) คลุกเชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟต อัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (R+RP) 7) ใส่จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ร่วมกับหินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (M+RP) 8) คลุกเชื้อไรโซเบียม ร่วมกับจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (R+M+RP) และ 9) ตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (RP) ผลการทดลองในชุดดินสรรพยา พบว่าในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตให้ผลผลิตเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเมล็ดสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีแนวโน้มให้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ด ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินสูงกว่าตำรับอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและรูปที่เป็นประโยชน์ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน และความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ

ส่วนในชุดดินเชียงใหม่พบว่าในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและเมล็ด ความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ดมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตมีแนวโน้มให้ค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A Study on Activity of Rhizobium and Phosphate Solubilizing Microorganism for Soybean Production on Sanphaya and Chiang Mai Soil Series**

## abstract

The effect of rhizobium and phosphate solubilizing microorganism for soybean production on Sanphaya and Chiang Mai soil series was evaluated. The experiments was laid out as completely randomized design with 9 treatments and 4 replications, i.e. 1) control (CK) 2) rhizobium inoculation (R) 3) phosphate solubilizing microorganism inoculation (M) 4) rhizobium and phosphate solubilizing microorganism inoculation (R+M) 5) phosphorus fertilizer 9 kg $P_2O_5$/rai (P) 6) rhizobium inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai (R+RP) 7) phosphate solubilizing microorganism inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai (M+RP) 8) rhizobium, phosphate solubilizing microorganism inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai (R+M+RP) and 9) rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai (RP). The resualt in Sanphaya soil series indicated that rhizobium and phosphate solubilizing microorganism inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai was hightly significant in term of yield, nitrogen and phosphorus uptake in seed. The rhizobium inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai has a higher trended in total and available phosphorus in soil, dry weight, nitrogen and phosphorus uptake in stem and nitrogen concentration in stem.

In Chiang Mai soil series revealed that rhizobium and phosphate solubilizing microorganism inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai has a higher trended in dry weight, yield, nitrogen uptake in stem and seed, phosphorus uptake in stem and seed, and nitrogen concentration in seed exception of total and available phosphorus in soil and nitrogen concentration in stem were highest in treatment with rhizobium inoculation and rock phosphate 9 kg $P_2O_5$/rai .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | i |
| Abstract | ii |
| สารบัญ | iii |
| สารบัญตาราง | iv |
| สารบัญภาพ | v |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 2 |
| ตรวจเอกสาร | 3 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 11 |
| ผลการทดลองและวิจารณ์ | 13 |
| สรุปผลการทดลอง | 25 |
| เอกสารอ้างอิง | 26 |
| ภาคผนวก | 31 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ตารางที่ 1 | สมบัติบางประการของชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่ | 14 |
| ตารางที่ 2 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิตเมล็ดของถั่วเหลือง ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา | 17 |
| ตารางที่ 3 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อความเข้มข้นไนโตรเจน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ ปลูกบนชุดดินสรรพยา | 17 |
| ตารางที่ 4 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัส ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา | 20 |
| ตารางที่ 5 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิตเมล็ดของถั่วเหลืองที่ ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่ | 20 |
| ตารางที่ 6 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อความเข้มข้นไนโตรเจน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่ | 24 |
| ตารางที่ 7 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัส ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่ | 24 |

| ตารางผนวกที่ | | |
|---|---|---|
| ตารางผนวกที่ 1 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุด สรรพยา (mg $kg^{-1}$) | 32 |
| ตารางผนวกที่ 2 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุด สรรพยา (mg $kg^{-1}$) | 32 |
| ตารางผนวกที่ 3 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) | 33 |
| ตารางผนวกที่ 4 | แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) | 33 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
ในดินชุดสรรพยา (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ 15

ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
ในดินชุดสรรพยา (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ 15

ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
ในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ 21

ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
ในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์ 21

ภาพผนวกที่

ภาพผนวกที่ 1 แสดงการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในตำรับการทดลองต่าง ๆ
ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา เมื่ออายุ 49 วัน 34

ภาพผนวกที่ 2 แสดงการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในตำรับการทดลองต่าง ๆ
ที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่ เมื่ออายุ 49 วัน 35


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่

# A Study on Activity of Rhizobium and Phosphate Solubilizing Microorganism for Soybean Production on Sanphaya and Chiang Mai Soil Series

## คำนำ

ถั่วเหลือง (soybean , Glycine max (L.) Merril ) เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยและมีประโยชน์หลายๆทางด้วยกัน มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ใช้บริโภคโดยตรง ใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญทางอุตสาหกรรมน้ำมันพืช และกากถั่วเหลืองยังใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ จากสถานการณ์การผลิตถั่วเหลืองของประเทศไทยในช่วงปี 2529/30-2533/34 พบว่ามีการขยายพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตรวมเพิ่มขึ้น คือพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.7 ล้านไร่ เป็น 2.6 ล้านไร่ และผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นจากเดิม 356,484 ตัน เป็น 530,112 ตัน ตามลำดับ แต่อัตราการเพิ่มของผลผลิตต่อไร่ เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยคือผลผลิตเพิ่มจากเดิม 198 กิโลกรัมต่อไร่ เป็น 200 กิโลกรัมต่อไร่ (กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2535) ซึ่งก็ยังจัดว่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ สาเหตุที่มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกเนื่องมาจากรัฐบาลมีวัตถุประสงค์ในการเร่งรัดการผลิตถั่วเหลืองในภายประเทศให้มีปริมาณเพียงพอ เพื่อทดแทนการนำเข้าถั่วเหลืองจากต่างประเทศพร้อมทั้งให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิตควบคู่กันไป แต่ผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นก็ยังไม่เพียงพอต่อการบริโภคและความต้องการของอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณการใช้ถั่วเหลืองมีแนวโน้มสูงขึ้น ทุกปี จะเห็นได้จากสถิติการเกษตรในปี 2529/30 ปริมาณการใช้ถั่วเหลืองมีทั้งสิ้น 655,00 ตัน และเพิ่มเป็น 1,140,502 ตัน ในปี 2533/34 ในขณะที่ผลผลิตถั่วเหลืองที่เก็บเกี่ยวได้ภายในประเทศมีเพียง 356,484 ตัน และ 530,112 ตัน โดยลำดับ ด้วยเหตุนี้รัฐบาลจึงมีนโยบายเน้นให้มีการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของถั่วเหลืองให้มากขึ้น และลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง อย่างไรก็ตามผลผลิตถั่วเหลืองที่ปลูกในดิน จะมากหรือน้อยต่างกันเพียงใด ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีความจำเป็นอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง สำหรับปัญหาปริมาณไนโตรเจนในดินนั้นสามารถทำได้โดยการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูก เพื่อช่วยตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่ถั่วนำไปใช้ได้ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำนั้น อาจแก้ไขโดยการใช้หินฟอสเฟตบดละเอียด ใส่ลงไปในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยตรงเพื่อใช้เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสซึ่งจัดเป็นปุ๋ยราคาถูกกว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสชนิดอื่นๆ (ธวัช, 2528) แต่อัตราการละลายของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากหินฟอสเฟตนั้นค่อนข้างช้า และมีปริมาณต่ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชเนื่องจากถูกควบคุมโดยปัจจัยต่างๆหลายประการ เช่น องค์ประกอบของหินฟอสเฟต ชนิดของดิน สมบัติต่างๆ ของดิน และโดยเฉพาะกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ช่วยละลายหินฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์มากขึ้น (สุธรรม, 2521) ในปัจจุบันมีการนำเอาเชื้อจุลินทรีย์มาช่วยย่อยละลายหินฟอสเฟต เพื่อปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา มีทั้งเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และเชื้อแอคติโนมัยซีส (ภาวนา, 2535) ดังนั้นการนำเชื้อจุลินทรีย์ละลายหินฟอสเฟตมาใช้ร่วมกับเชื้อไรโซเบียมเพื่อช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของหินฟอสเฟตและเพิ่มธาตุไนโตรเจน น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตให้กับถั่วเหลือง สำหรับชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่จัดเป็นชุดดินที่มีการใช้ปลูกถั่วเหลืองกันมากโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางของประเทศ

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองบนชุดดินดังกล่าวในสภาพไร่นาต่อไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วเหลือง ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การตรวจเอกสาร

## 1. ความสำคัญของการใช้เชื้อไรโซเบียม

การคลุกเชื้อไรโซเบียมให้เมล็ดถั่วก่อนปลูกนั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้เมล็ดถั่วได้รับเชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจน ซึ่งทำให้ผลผลิตของถั่วสูงตามไปด้วย สวัสดี (2520) ได้ทำการทดลองพบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ถ้ามีการคลุกเชื้อไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมให้กับเมล็ดก่อนนำไปปลูก ปริมาณธาตุไนโตรเจนในส่วนต่างๆเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ใบ ราก ลำต้น ฝักอ่อน และเมล็ด Doung และคณะ (1984) ได้ศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกให้เมล็ดถั่ว 2 พันธุ์ ในดินของประเทศเวียดนาม ที่มี pH 4.5-5.1 หลังการทำนาปลูกข้าวในฤดูฝน พบว่า การคลุกเชื้อไรโซเบียมทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองทั้ง 2 พันธุ์เพิ่มขึ้น 6.5 และ 5.5 เท่า และปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้น 11 และ 16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม นอกจากถั่วจะได้รับประโยชน์โดยตรง แล้วยังส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยโดยที่รากและส่วนต่างๆของพืชตระกูลถั่วเมื่อสลายตัวจะปลดปล่อยไนโตรเจนและสารประกอบอื่นๆ ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และทำให้ดินเหมาะสมต่อการปลูกพืชมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาระบบการปลูกพืชหมุนเวียนที่มีถั่วร่วมอยู่ด้วยมักพบว่าให้ผลดีกว่าการปลูกโดยระบบอื่นๆ (สุมิตรา, 2532) การคลุกเชื้อไรโซเบียมให้กับเมล็ดถั่วก่อนปลูกบางครั้งไม่ประสบความสำเร็จในการที่จะทำให้ถั่วเกิดปมหรือไม่ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ตามที่ควรจะเป็นนั้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อไรโซเบียมที่ทำการคลุกให้กับเมล็ดถั่วนั้นตายเสียก่อนที่จะมีโอกาสได้เข้าไปในรากถั่ว หรือเนื่องจากการใช้เชื้อไรโซเบียมผิดชนิดคือ เอาเชื้อไรโซเบียมของถั่วชนิดหนึ่งไปคลุกให้กับเมล็ดถั่วชนิดหนึ่ง เชื้อไรโซเบียมจึงไม่สามารถเข้าไปสร้างปมในรากถั่วนั้นๆได้

## 2. บทบาทและความสำคัญของฟอสฟอรัสที่มีต่อพืช

ในบรรดากระบวนการเมตาบอลิซึม (metabolism) ต่างๆภายในพืชนั้น กล่าวได้ว่าธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อขบวนการถ่ายทอดพลังงาน โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ อะดิโนซีนไตรฟอสเฟต (Adenosine triphosphate, ATP) ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตที่ให้พลังงานสูง (high energy phosphate) ที่มีความสามารถในการช่วยให้รากพืชดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดูดและเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากสารละลายดินที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า ขึ้นสู่ส่วนต่างๆของพืช ที่มีความเข้มข้นสูงกว่าได้ (Potash and Phosphate Institute, 1978) และยัง เป็นแหล่งพลังงานเบื้องต้นที่ใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง (phosphosynthesis) โดยการรวมตัวกันระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($CO_2$) กับน้ำ ($H_2O$) เพื่อสร้างสารคาร์โบไฮเดรท (carbohydrate) ในพืช สารคาร์โบไฮเดรทที่ได้จะถูกนำไปใช้สร้างสารประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการจะเจริญเติบโตของพืชต่อไป นอกจากนี้ฟอสฟอรัสยังมีบทบาทเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ ส่งเสริมการแบ่งเซลล์ การเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะรากแขนงและรากฝอยในระยะแรกของการเจริญเติบโต มีผลทำให้พืชมีระบบรากและลำต้นแข็งแรง มีความทนทานต่อการหักล้ม (lodging) และมีความต้านทานต่อโรคได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยเร่งการออกดอกติดผลของพืชให้เร็วขึ้น รวมทั้งการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตพืชอีกด้วย (Brady, 1978) จากการทดลองปุ๋ยฟอสเฟต ในอัตรา 400 ปอนด์ $P_2O_5$ ต่อเอเคอร์ มีผลทำให้ได้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ร้อยละ 21 ในขณะที่จำนวนเมล็ดลีบและเมล็ดที่เป็นโรคกลับลดลงถึงร้อยละ 40 (Potash and Phosphate Institute, 1978)

### 3. รูปและความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดินโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชค่อนข้างต่ำ เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำยาก นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินยังมีค่าต่ำมาก คืออยู่ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.08-0.22 เท่านั้น (สรสิทธิ์, 2527) เกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินนั้น พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสในรูปอนุมูลอนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphate ions) ได้ดี ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปโมโนเบสิค ออร์โทฟอสเฟต (monobasic orthophosphate : $H_2PO_4^-$) และไดเบสิค ออร์โทฟอสเฟต (dibasic orthophosphate : $HPO_4^{2-}$) และถ้าจะเปรียบเทียบกับปริมาณการดูดใช้อนินทรีย์ฟอสฟอรัส (inorganic phosphorus) ทั้ง 2 รูปพบว่า พืชสามารถดูดใช้อนุมูลฟอสเฟตในรูป $H_2PO_4^-$ ได้ดีกว่าในรูปของ $HPO_4^{2-}$ ถึง 10 เท่าตัว (Tisdale and Nelson, 1975) อย่างไรก็ดี ชัยฤกษ์ (2536) กล่าวว่า การดูดใช้อนุมูลฟอสเฟตทั้งสองรูปของพืชดังกล่าว ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของสารละลายดิน (soil solution) ในขณะนั้น กล่าวคือถ้าสารละลายดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ปริมาณอนุมูลฟอสเฟตส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ ในทางตรงกันข้ามถ้าสารละลายดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง ฟอสเฟตส่วนใหญ่ในดินจะอยู่ในรูป $HPO_4^{2-}$ และภายในเวลาประมาณ 10

เอกสารนี้ได้รับการสนับสนุนให้เผยแพร่ในเว็บไซต์ เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นาที หลังจากที่อนุมูลฟอสเฟตทั้ง 2 รูปนี้ถูกดูดเข้าไปอยู่ในต้นพืช อนินทรีย์ฟอสเฟต (inorganic phosphorus) จะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็นสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphorus) ถึงประมาณร้อยละ 80 (Jackson และ Hagen, 1960)

## 4. ปุ๋ยฟอสเฟตและการเปลี่ยนแปลงในดิน

ปุ๋ยฟอสเฟต หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารฟอสฟอรัสเป็นหลักและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของปุ๋ยนั้นๆ ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในปุ๋ยฟอสเฟตทุกชนิด นิยมบอกเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของ phosphorus pentoxide ($P_2O_5$) สรสิทธิ์ (2527) ได้แบ่งสารประกอบฟอสเฟตที่มีอยู่ในปุ๋ยออกเป็นฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (water soluble $P_2O_5$) ฟอสเฟตที่ละลายได้ในน้ำยาซิเตรท(citrate soluble $P_2O_5$) ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (available $P_2O_5$ ) และปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (total $P_2O_5$) ผลรวมของฟอสเฟตที่ละลายน้ำกับฟอสเฟตที่ละลายได้ในน้ำยา ซิเตรท คือปริมาณของฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งบอกเป็นปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักในปุ๋ยทุกชนิด วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยฟอสเฟตส่วนใหญ่ ได้แก่ หินฟอสเฟตในรูปแร่อะปาไทท์ (apatite)ซึ่งมีสูตรรวมทางเคมีคือ $Ca_{10}(PO_4 , CO_3)_6 (F , Cl , OH)_2$ (ปิยะ, 2527) หินฟอสเฟตที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยฟอสเฟตควรมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในรูป $P_2O_5$ ตั้งแต่ร้อยละ 33 ขึ้นไปที่นิยมใช้กันมักอยู่ในรูปฟลูโออะปาไทท์ (fluorapatite)

การเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีปฏิกิริยากับดินประการใดนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบที่มีอยู่ในปุ๋ย ขนาดของเม็ดปุ๋ยและสภาพของดิน โดยเฉพาะความชื้นและปฏิกิริยาดินในขณะนั้น (Ross, 1989) สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยฟอสเฟตในดินนั้น อาจจำแนกสมบัติและการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยฟอสเฟตออกได้ 2 ชนิด คือ

1.)ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดละลายน้ำได้ ได้แก่ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต(superphosphate) ซึ่งมีทั้งชนิดธรรมดาและชนิดเข้มข้น รวมทั้งปุ๋ยเชิงประกอบ (compound fertilizers) เช่น ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (MAP) และปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (DAP) เป็นต้น ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดที่ละลายน้ำโดยทั่วไปประกอบด้วยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในรูป $P_2O_5$ ระหว่างร้อยละ 20-52 และสามารถละลายให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เกือบทั้งหมด ปิยะ (2527) กล่าวว่า องค์ประกอบหลักของปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต คือ สารประกอบโมโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคลเซียมฟอสเฟต โมโนไฮเดรท (monocalcium phosphate monohydrate : [ $Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O$]) ซึ่งเมื่อใส่ลงไปในดิน ความชื้นหรือน้ำจากดินจะเคลื่อนที่เข้าไปในเมล็ดปุ๋ย และละลายฟอสเฟตออกมาให้อยู่ในสภาพสารละลายอิ่มตัว หลังจากนั้นฟอสเฟตจะแพร่กระจายจากเมล็ดปุ๋ยไปสู่สารละลายดิน และมีบางส่วนเหลือตกค้างในเม็ดปุ๋ยในรูปไดแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_2HPO_4$) ในขณะเดียวกันยังมีผลทำให้สารละลายดินบริเวณรอบๆเม็ดปุ๋ยมีฤทธิ์เป็นกรดจัด (pH = 3) เนื่องจากกรดฟอสฟอรัส ($H_3PO_4$ ) ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเม็ดปุ๋ยกับน้ำ (Linsay and Stephenson , 1959) ดังสมการที่ Van Wazer (1964) ให้ไว้ดังนี้

$$Ca(H_2PO_4)_2 . H_2O + xH_2O \text{ ----------> } Ca_2HPO_4 + H_3PO_4 + (x+1)H_2O$$

(โมโนแคลเซียมฟอสเฟต โมโนไฮเดรท) (ไดแคลเซี่ยมฟอสเฟต) (กรดฟอสฟอรัส)

2.)ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดไม่ละลายน้ำหรือละลายช้า ได้แก่ปุ๋ยหินฟอสเฟต (rock phosphate) ซึ่งโดยทั่วไปหมายถึง หินหรือแร่ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) สามารถจำแนกประเภทตามแหล่งกำเนิดได้เป็น แร่ฟอสเฟตที่เกิดจากหินอัคนี (igneous apatite) แร่ฟอสเฟตที่เกิดจากการตกตะกอนในทะเล (marine phosphate) และแร่ฟอสเฟตในรูปกัวโน (guano) (ปิยะ, 2527) นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งประเภทของหินฟอสเฟตตามองค์ประกอบทางแร่ได้ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) เหล็ก-อลูมินั่มฟอสเฟต (iron- aluminum phosphate) และแคลเซียมเหล็กอะลูมินั่ม ( calcium iron- aluminum phosphate) (McClellan และ Gremillion,1980 ; ปิยะ, 2527) อย่างไรก็ดีหินฟอสเฟตที่นำมาใช้เป็นปุ๋ยฟอสเฟตโดยตรง ส่วนใหญ่ได้แก่แร่อะปาไทท์ (apatite) ที่มีสารประกอบไตรแคลเซียมฟอสเฟต[$Ca_3(PO_4)_2$] เป็นองค์ประกอบสำคัญ หินฟอสเฟตนอกจากจะให้ธาตุฟอสฟอรัสแล้ว ยังให้ธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ในปริมาณที่สูงอีกด้วย ( พรรณพิมล และคณะ, 2531) เมื่อพิจารณาถึงการใช้หินฟอสเฟตเป็นปุ๋ยฟอสเฟตอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ควรบดหินฟอสเฟตให้มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 100 เมช (mesh) และใช้ในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดโดยวิธีหว่าน เพื่อให้ปุ๋ยผสมคลุกเคล้ากับดินได้เต็มที่ หลังจากการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตลงในดินแล้ว ความชื้นหรือน้ำในดินจะแทรกซึมเข้าไปในเม็ดปุ๋ยและเกิดภาวะอิ่มตัวของสารละลาย (saturated solution) บริเวณรอบๆเม็ดและในเม็ดปุ๋ย ในทำนองเดียวกันกับในกรณีปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต แต่การเคลื่อนที่ของน้ำไปยังเม็ดปุ๋ย การเกิดการละลายและการอิ่มตัวของสารละลายฟอสเฟตของปุ๋ยหินฟอสเฟตมีค่าต่ำมาก เนื่องจากปุ๋ยหินฟอสเฟตมีค่าคงที่ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การละลายของปุ๋ยต่ำ (Sample และคณะ, 1980) และยังได้กล่าวเพิ่มเติมอีกว่า การเคลื่อนที่ของฟอสเฟตที่ละลายได้ไปสู่สารละลายดินเป็นไปอย่างจำกัด ส่วนใหญ่จะเคลื่อนที่โดยวิธีแพร่กระจาย (diffusion) ไปพร้อมกับน้ำที่ได้จากฝนหรือระบบชลประทาน

## 5. จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายหินฟอสเฟต

จุลินทรีย์ในดินหลายชนิด สามารถละลายฟอสเฟตได้ ซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย รา และแอคทีโนมัยซีท ฟอสเฟตที่ละลายได้ส่วนใหญ่เกิดจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ขับออกมา ได้แก่ กรด formic , acetic , propionic , lactic , glycolic , formaric และ succinic เป็นต้น จุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างกรดอนินทรีย์ออกมา เช่น กรด nitric และ sulfuric จากกิจกรรมของแบคทีเรียในจีนัส Nitrobacter และ Thiobacillus ตามลำดับ กรดต่างๆที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะส่งผลให้ pH ของดินต่ำลงและส่งผลให้เกิดการละลายของฟอสเฟตเพิ่มขึ้น กรดอินทรีย์บางชนิดอาจเกิดคีเลต (chelate) กับแคลเซียมและเหล็ก ซึ่งทำให้การละลายของการใช้ฟอสเฟตมีมากขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณการละลายของหินฟอสเฟตจะแตกต่างกันไปขึ้นกับความสามารถในการละลายของจุลินทรีย์แต่ละชนิดรวมทั้งชนิดของหินฟอสเฟตด้วย โดยทั่วไปแล้วเชื้อราจะมีความสามารถสูงกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (ธงชัย, 2535) สำหรับจุลินทรีย์ ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตที่มีรายงานไว้มีหลายจำพวกด้วยกัน เช่น แบคทีเรีย (Bacteria)ได้แก่ Bacillus sp. , B. circulans , B . subtilis , Pseudomonas sp. , P. calcis , Xanthomonas spp. , Flavobacterium spp. , Serratia spp. , Nitrosomonas spp. , Thiobacilus thiooxidans รา (Fungi)ได้แก่ Aspergilus sp. , A. niger , A. terreus , Penicillium sp. , Fusarium sp. , F. oxysporum ,Curvularia lonata , Pythium sp. , Phoma sp. , Cladosporium sp. , rhodotorula sp. , Candida sp. แอคทีโนมัยซีท (Actinomycetes) ได้แก่ Streptomyces sp. เป็นต้น (Subba Rao, 1982) และจากการศึกษาปริมาณและการกระจายของเชื้อจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตที่พบในดิน พบว่าในดินต่างบริเวณกันจะมีปริมาณของจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน (Khan and Bhatnagar , 1977) และพบว่ามีแบคทีเรียพวกนี้อยู่ในบริเวณของรากพืชมากกว่าบริเวณอื่น (Sperber , 1958) Kobus (1962) รายงานว่าปริมาณแบคทีเรียที่ละลายฟอสเฟตได้ในดินนั้นจะได้รับอิทธิพลจากชนิดของดินและการเขตกรรมที่แตกต่างกันมากกว่าสภาพทางฟิสิกส์ ปริมาณฮิวมัส ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**6. การใช้ปุ๋ยกับถั่วเหลือง**

ธาตุอาหารที่มีการศึกษากันมากและมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และธาตุอื่นๆ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสนั้นในดินที่ปลูกถั่วเหลืองทั่วไปมักมีไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง จึงจำเป็นต้องใส่ในดินในรูปปุ๋ย (ชำนาญ, 2533) ปริมาณไนโตรเจนที่ถั่วเหลืองได้จากกระบวนการตรึงไนโตรเจนจะมีเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (อภิพรรณ, 2533) ดั้งนั้นปริมาณไนโตรเจนส่วนที่เหลือจึงจำเป็นต้องได้รับมาจากธาตุไนโตรเจนในดินและจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปโดยเฉพาะในระยะแรกๆของการเจริญเติบโตก่อนที่ปมถั่วจะเกิดขึ้น (Hatfield และคณะ,1974) เนื่องจากในระยะแรกของการเจริญเติบโต ถั่วเหลืองยังไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ จนกว่าจะมีอายุประมาณ10-15 วันหลังงอก ซึ่งในระยะนี้ต้นถั่วจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในการตั้งตัวให้เกิดความแข็งแกร่งของต้นกล้า สำหรับช่วงระยะเวลาสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดนั้น ถ้าปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับจากปุ๋ยหรือจากการตรึงไนโตรเจน ไม่เพียงพอแล้ว ไนโตรเจนจะเคลื่อนย้ายจากส่วนลำต้นและใบของพืชลงมาสู่เมล็ดมากขึ้นและเร็วขึ้น ระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งในเมล็ดจะสั้นลง ในที่สุดจะทำให้ผลผลิตลดลง (Streeter, 1972) เมื่อดินมีปริมาณไนโตรเจนสูงถั่วเหลืองจะใช้ไนโตรเจนจากดินมากกว่า ถ้าระดับไนโตรเจนในดินต่ำ การสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนจากอากาศจะทวีความสำคัญขึ้นมาแทน และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของใบและลำต้นเพิ่มขึ้น ทำให้ต้นหักล้ม แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตอย่างชัดเจน (La Favre and Englesham,1987) ในระยะแรกของการเจริญเติบโต เชื้อแบคทีเรียยังไม่อาจตรึงไนโตรเจนได้มากพอเพียงกับความต้องการ โดยเฉพาะในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและในดินที่ไม่เคยปลูกถั่วมาก่อน

น้อยและคณะ (2523) ได้ทำการทดลองการตอบสนองของถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.4 ต่อปุ๋ยฟอสเฟต พบว่า มีความสัมพันธ์กับค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน คือ ถั่วเหลืองจะไม่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต เมื่อดินมีค่าวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 12 ppm P และในกรณีที่ดินมีค่าวิเคราะห์ 3-4 ppm P การใช้ปุ๋ย ฟอสเฟตในอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นกว่าเท่าตัว น้อย (2520) ได้กล่าวไว้ว่าเมื่อเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ทางเคมีถ้าดินมีฟอสเฟตสูงกว่า 8 ppm ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย ถ้าดินมีฟอสเฟตอยู่ระหว่าง 5-8 ppm ควรใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 6 กิโลกรัม $P_2O_5$ต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ามีต่ำกว่า 5 ppm ควรใส่ในอัตรา 9-12 กิโลกรัม $P_2O_5$ น้อยและคณะ (2525) ได้ทำการทดลองการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสเฟตของถั่วเหลืองสายพันธุ์ สจ.5ในดินนาซึ่งมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4 ppm (Bray II) โดยใช้ปุ๋ย 4 อัตรา คือ 0 , 9 ,18 และ 36 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่ พบว่าถั่วเหลืองตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่อย่างชัดเจน โดยการใส่อัตรา 18 กิโลกรัม $P_2O_5$ ต่อไร่ ทำให้ผลผลิตสูงถึง 386 กิโลกรัมต่อไร่ เทียบกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตเพียง 111 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราสูงเกินไปไม่ทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมาก

กรมวิชาการเกษตร (2529) ได้ศึกษาทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 , 15-15-15 และ 12-24-12 กับปุ๋ย 3-9-6 พบว่าสูตร 12-24-12 ให้ผลผลิตของถั่วเหลืองสูงสุด ไม่ว่าจะใช้อัตราสูงหรือต่ำ (คือ 9 หรือ 18 กิโลกรัมของ $P_2O_5$ ต่อไร่) ส่วนอัตราการใช้ที่แนะนำส่งเสริมสำหรับเกษตรกรคือ การใช้สูตร 12-24-12 ในอัตราไม่เกิน 37.5 กิโลกรัมต่อไร่ แต่โดยทั่วๆไปใช้ในอัตรา 20-25 กิโลกรัมต่อไร่

**6. พฤษศาสตร์ของถั่วเหลือง**

ถั่วเหลือง (soybean) จัดอยู่ใน family leguminasae มีชื่อวิทยาศาสตร์คือ Glycine max (L.) Merril มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบภาคตะวันออกของทวีปเอเชีย ซึ่งเป็นประเทศจีนปัจจุบัน ถั่วเหลืองมีรากแบบรากแก้ว (tap root system) มีทั้งรากแก้วและรากแขนง ลำต้นตั้งตรงเป็นพุ่ม สูงประมาณ 50-75 เซนติเมตร มีการแตกกิ่งแขนง มักมีขนปกคลุมอยู่ทั่วไปยกเว้นที่ใบเลี้ยงและกลีบดอก ขนมักมีสีน้ำตาลหรือเทา ใบเป็นใบประกอบย่อย 3 ใบ (trifoliate leaves) แต่ใบเลี้ยงและใบจริงคู่แรกจะเป็นใบเดี่ยว ดอกเกิดเป็นช่อ (inflorescence) ตามมุมใบและปลายยอด มีตั้งแต่ 3-15 ดอก มีกลีบดอก 5 กลีบ ซึ่งอาจเป็นสีขาวหรือสีม่วง และไม่มีขน ฝักจะมีลักษณะตรงหรือโค้งเล็กน้อย มีความยาวตั้งแต่ 2-7 เซนติเมตรหรือมากกว่า เมื่อแก่จะมีสีเหลืองฟาง (tan) น้ำตาล (brown) หรือสีดำ (black) แตกต่างกันตามพันธุ์ ฝัก หนึ่งจะมีเมล็ดประมาณ 1-5 เมล็ด โดยมากจะมี 3 เมล็ด เมล็ดส่วนมากจะมีรูปร่างกลม รี เป็นรูปไข่ มีสีเหลืองฟาง บางพันธุ์มีสีเหลืองอมเขียว น้ำตาลหรือดำ และถั่วเหลืองจะมีอายุการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปประมาณ 100-120 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2523)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**8. สมบัติของดินที่ทำการศึกษา**

ชุดดินที่ทำการศึกษามีอยู่ 2 ชนิดด้วยกัน ซึ่งมีคุณสมบัติบางประการต่อไปนี้

**ชุดดินเชียงใหม่** (Chang mai series : Cm )

| | | |
|---|---|---|
| การจำแนก | : | Loamy , mixed , isohyperthermic , Typic Ustifluvents |
| สภาพพื้นที่ | : | ที่ราบน้ำท่วม หรืออาจเป็นคันดินริมน้ำ มีความชันน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ |
| การใช้ประโยชน์ที่ดิน | : | ใช้ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ |
| การจัดเรียงชั้น | : | A-AC-C1-C2 |
| สัณฐานดิน | : | ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนแดง ดินตอนล่างมีลักษณะเหมือนดินบนในช่วงความลึกมากกว่า 90 เซนติเมตร อาจพบจุดประสีแดง บ้างเล็กน้อย |
| ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ | : | ความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง เนื้อดินค่อนข้างละเอียด การระบายน้ำดี มีปัญหาในการชะล้างพังทลายของดิน |

**ชุดดินสรรพยา** (Sanphaya series : Sa)

| | | |
|---|---|---|
| การจำแนก | : | Loamy , mixed , isohyperthermic , Aquic Ustifluvents |
| สภาพพื้นที่ | : | ที่ราบน้ำท่วมซึ่งน้ำมักจะท่วมในฤดูฝน มีความชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ |
| การใช้ประโยชน์ที่ดิน | : | ใช้ในการผลิตพืชไร่ และทำนาบางส่วน |
| การจัดเรียงชั้น | : | A1-A2-Ac-C1-C2 |
| สัณฐานดิน | : | ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีพื้นเป็นสีน้ำตาลแก่ ดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้งมีจุดประชัดเจนกว่าดินบน |
| ข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ | : | ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงสูง เนื้อดินค่อนข้างละเอียดถึงปานกลาง การระบายน้ำค่อนข้างดี มีข้อจำกัดน้อย แต่ควรระวังน้ำท่วมฤดูฝน |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1.ดินที่ใช้ทำการทดลองมี 2 ชุดดิน คือชุดดินเชียงใหม่ [Cm : Typic Ustifluvents ; Loamy , mixed , non-acid ] เก็บจากบริเวณ อ.พยุหะคีรี จ.นครสวรรค์ และชุดดินสรรพยา [ Sa :Aquic Ustifluvents : Loamy , mixed , non-acid ] เก็บจากบริเวณ อ. บรรพตพิสัย จ. นครสวรรค์ ซึ่ง ดินดังกล่าวมีสมบัติ บางประการ ดังแสดงในตารางที่ 1

2.กระถางดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว พร้อมจานรอง จำนวน 72 ชุด

3.ปุ๋ยเคมี ที่ใช้ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย , ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต , ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และ หินฟอสเฟต

7.เชื้อไรโซเบียม (Rhizobium) สำหรับถั่วเหลือง จากกรมวิชาการเกษตร

8.ถั่วเหลืองพันธุ์ สจ. 5

9.จุลินทรีย์ละลายหินฟอสเฟต ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย ( RPS 13 , RPS 25 , RPS 42 , RPS 67 , RPS 302 ) เชื้อรา ( RPS 003F , RPS 032F , RPS 145F ) จากกลุ่มวิจัยจุลินทรีย์ดิน กรมวิชาการเกษตร

10.สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

## วิธีการ

1. แผนการทดลอง

นำชุดดินเชียงใหม่และชุดดินสรรพยา ที่เก็บมาทำการปลูกถั่วเหลือง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 9 ตำรับการทดลอง จำนวน 3 ซ้ำต่อชุดดิน ดังนี้

ตำรับที่ 1 ตำรับควบคุม (CK)

ตำรับที่ 2 คลุกเชื้อไรโซเบียม (R)

ตำรับที่ 3 ใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (M)

ตำรับที่ 4 คลุกเชื้อไรโซเบียมและใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (R+M)

ตำรับที่ 5 ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซุเปอร์ ฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (P)

ตำรับที่ 6 คลุกเชื้อไรโซเบียมและใส่หินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (R+RP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำรับที่ 7 ใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (M+RP)

ตำรับที่ 8 คลุกเชื้อไรโซเบียมใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต อัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (R+M+RP)

ตำรับที่ 9 ใส่หินฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$ / ไร่ (RP)

2. การปลูกและดูแลรักษา

นำดินทั้งสองชุดดินที่เก็บมา ผึ่งลมให้แห้งแล้วชั่งใส่กระถาง ๆ ละ 10 กิโลกรัม โดยรองพื้นด้วยปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 6 กิโลกรัม $K_2O$ / ไร่ จากนั้นคลุกเชื้อไรโซเบียมใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ใส่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ ฟอสเฟต และหินฟอสเฟต ตามตำรับการทดลองในข้างต้น แล้วปลูกถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 กระถางละ 4 ต้นแล้วถอนแยกให้เหลือ 2 ต้น ดูแลให้น้ำและกำจัดโรคแมลงตลอดการเพาะปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

3. การเก็บข้อมูล

ข้อมูลดิน วิเคราะห์สมบัติบางประการของดินทั้งสองชุดดิน ก่อนปลูกถั่วเหลืองได้แก่ เนื้อดิน ปฏิกิริยาดิน อินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และวัดปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินทุก 2 สัปดาห์

ข้อมูลพืช ชั่งหาน้ำหนักแห้ง ผลผลิต เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของส่วนเหนือดินและในเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของส่วนเหนือดินและในเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ผลการทดลองและวิจารณ์

## สมบัติบางประการของชุดดิน

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองปลูกต้นถั่วบนดิน 2 ชุดดินด้วยกันคือ ชุดดินสรรพยา (Aquic Ustifluvents) และ ชุดดินเชียงใหม่ (Typic Ustifluvent) ซึ่งแต่ละชุดดินมีสมบัติบางประการดังนี้ (ตารางที่ 1)

ชุดดินสรรพยามีเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH = 6.9) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (2.31 %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก(103 mg $kg^{-1}$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (1363 mg $kg^{-1}$) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงมาก (278 mg $kg^{-1}$) และมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกปานกลาง (11.7 cmol $kg^{-1}$)

ส่วนชุดดินเชียงใหม่มีเนื้อดินเป็นดินร่วน (loam) ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH = 6.7) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (1.05 %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (40 mg $kg^{-1}$) ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (694 mg $kg^{-1}$) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำมาก (27.5 mg $kg^{-1}$) และมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ (5.53 cmol $kg^{-1}$)

เมื่อพิจารณาจากสมบัติของชุดดินทั้ง 2 แล้วพบว่าชุดดินสรรพยาจะมีระดับความอุดมสมบูรณ์มากกว่าชุดดินเชียงใหม่เนื่องจากมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและรูปที่เป็นประโยชน์ ปริมาณอินทรียวัตถุ โพแทสเซียมที่สกัดได้ และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูงกว่านั่นเอง (ตารางที่ 1)

## ผลการทดลองในชุดดินสรรพยา

### ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและรูปที่เป็นประโยชน์

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินของชุดดินสรรพยา ทุกๆ 2 สัปดาห์ ตลอดเวลา 10 สัปดาห์ แสดงไว้ในภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทุกตำรับการทดลองที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่

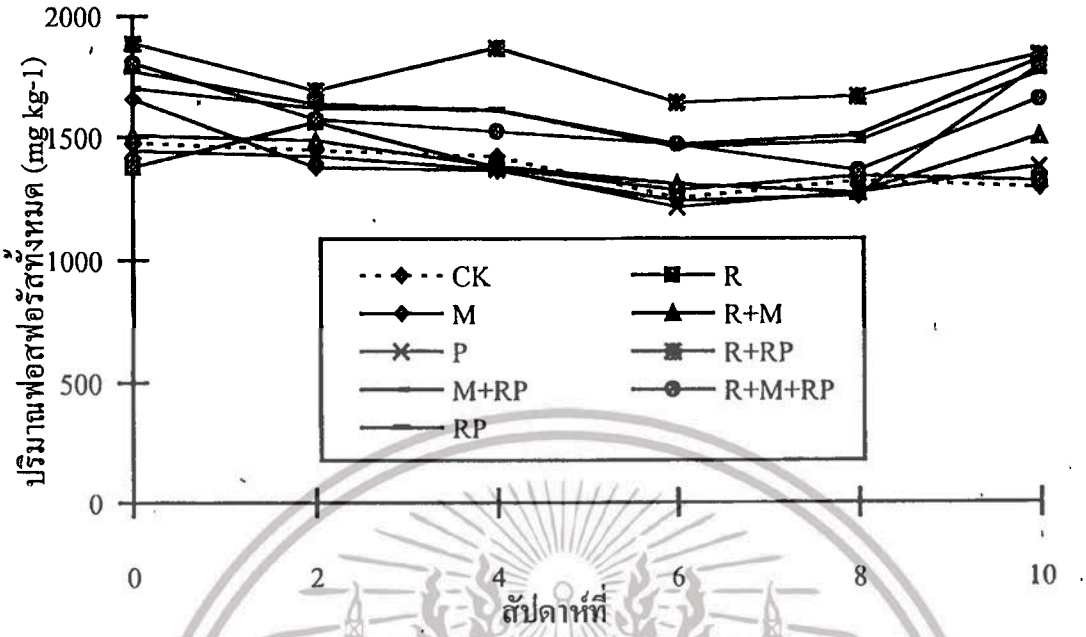
| สมบัติของดิน | ผลการวิเคราะห์ | |
|---|---|---|
| | ชุดดินสรรพยา | ชุดดินเชียงใหม่ |
| เนื้อดิน | loam | loam |
| ปฏิกิริยาดิน (ดิน : น้ำ = 1:1) | 6.90 | 6.70 |
| อินทรียวัตถุ (%) | 2.31 | 1.05 |
| ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg $kg^{-1}$) | 103 | 40 |
| ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg $kg^{-1}$) | 1363 | 694 |
| โพแทสเซียมที่สกัดได้ (mg $kg^{-1}$) | 278 | 27 |
| ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol $kg^{-1}$) | 11.7 | 5.5 |

การใส่หินฟอสเฟตได้แก่ตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟต ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตร่วมกับหินฟอสเฟต และตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินโดยเฉลี่ยตลอด 10 สัปดาห์ มีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ โดยเฉพาะในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตนั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุด ที่เป็นเช่นนี้เป็นผลมาจากได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่มาจากหินฟอสเฟตนั่นเอง ส่วนในทุกตำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่หินฟอสเฟตพบว่า ตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยละลายฟอสเฟตอย่างเดียวและตำรับที่ใสจุลินทรีย์ร่วมกับเชื้อไรโซเบียม มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มมากกว่าตำรับควบคุม ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชุดดินดังกล่าวพบว่าในทุกตำรับการทดลองที่ใส่หินฟอสเฟตมีแนวโน้มให้ค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ และในทุกตำรับที่ไม่ได้ใส่หินฟอสเฟตพบว่าตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต และตำรับตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตอย่างเดียว มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินโดยเฉลี่ยมีค่าสูงกว่าตำรับควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 2 ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่อยู่ในดิน

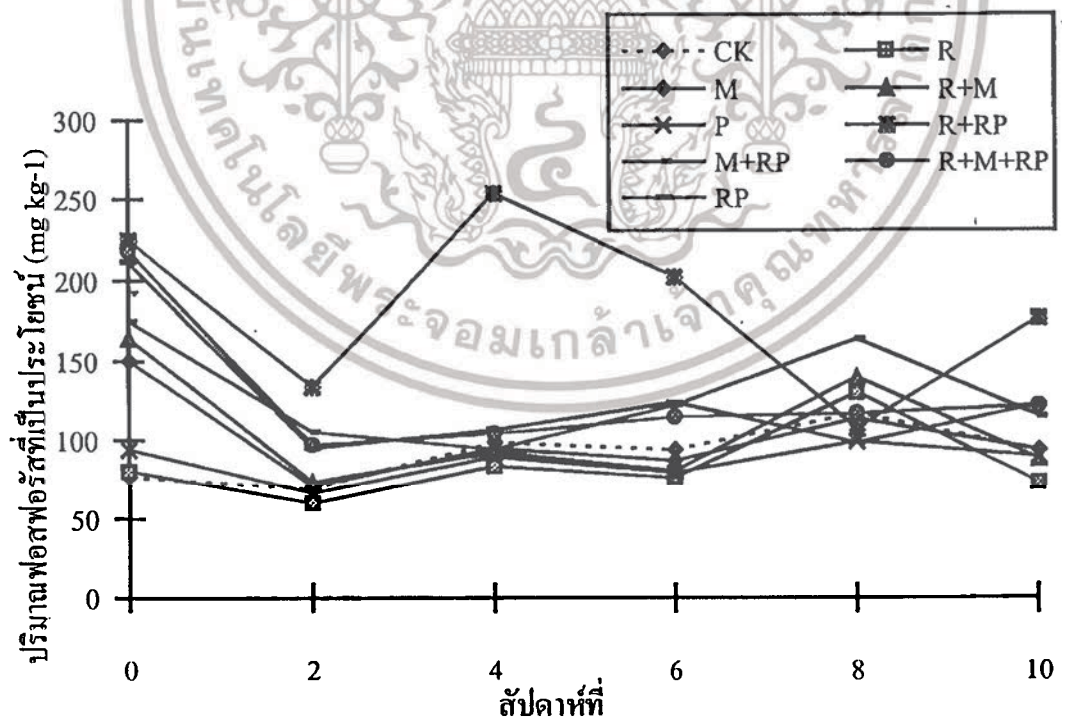
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

จากการศึกษาผลการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา พบว่าในตำรับที่ใส่หิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุดสรรยา (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์




ภาพที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ชุด สรรพยา (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสเฟตร่วมกับเชื้อไรโซเบียมหรือจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต และตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว มีการสะสมน้ำหนักแห้งของต้นใกล้เคียงกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม $P_2O_5$/ไร่ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.17-6.22 กรัม/ต้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนตำรับอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ โดยมีการสะสมน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 5.18-5.52 กรัม/ต้น ยกเว้นตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตมีค่าต่ำสุดคือ 4.33 กรัม/ต้น (ตารางที่ 2)

ผลผลิตเมล็ด

ในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต จะให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุดคือ 3.11 กรัม/ต้น ซึ่งมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ รองลงมาคือตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต และตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตร่วมกับหินฟอสเฟต แต่ผลผลิตดังกล่าวมีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ส่วนตำรับอื่นๆ มีผลผลิตเมล็ดอยู่ระหว่าง 1.80-2.25 กรัม/ต้น (ตารางที่ 2)

ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ด

ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยความเข้มข้นส่วนเหนือดินมีค่าระหว่าง 0.77-1.38 เปอร์เซ็นต์ และในเมล็ดมีค่าระหว่าง 4.44-6.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3)

ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน

ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของต้นถั่วในแต่ละตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยมีค่าตั้งแต่ 40.02-85.98 มิลลิกรัม N/ต้น โดยเฉพาะตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟต มีแนวโน้มของการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงสุดคือ 85.98 มิลลิกรัม N/ต้น (ตารางที่ 3)

ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ด

ในตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตพบว่ามีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุดคือ 238.15 มิลลิกรัม N/ต้น ซึ่งสูงต่างจากตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนตำรับอื่นๆ มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม กล่าวคือมีปริมาณการดูดใช้อยู่ระหว่าง 137.67-174.25 มิลลิกรัม N/ต้น ยกเว้นในตำรับที่ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ตารางที่ 2 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิตเมล็ดของถั่วเหลือง ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา

| ตำรับการทดลอง | น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น) | ผลผลิตเมล็ด (กรัม/ต้น) |
|---|---|---|
| CK | 5.32 b | 2.91 b |
| R | 5.18 b | 2.42 c |
| M | 5.52 b | 1.84 d |
| R+M | 4.33 c | 1.80 d |
| P | 6.39 a | 2.14 c |
| R+RP | 6.62 a | 2.25 c |
| M+RP | 6.17 a | 3.11 b |
| R+M+RP | 5.28 b | 3.62 a |
| RP | 6.31 a | 2.82 b |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | 99 | 99 |
| C.V. (%) | 6.11 | 6.70 |

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 3 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นไนโตรเจน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน และในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา

| ตำรับการทดลอง | ความเข้มข้นไนโตรเจน (%) | | ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน (มิลลิกรัม N/ต้น) | |
|---|---|---|---|---|
| | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด |
| CK | 1.38 a | 6.00 a | 72.27 a | 174.25 b |
| R | 0.77 a | 6.22 a | 40.02 a | 150.59 bc |
| M | 1.10 a | 5.87 a | 61.63 a | 108.59 c |
| R+M | 0.88 a | 6.34 a | 40.68 a | 113.92 c |
| P | 1.12 a | 6.49 a | 70.84 a | 138.74 bc |
| R+RP | 1.30 a | 6.42 a | 85.98 a | 144.30 bc |
| M+RP | 1.15 a | 4.44 a | 70.57 a | 137.67 bc |
| R+M+RP | 1.27 a | 6.57 a | 67.11 a | 238.15 a |
| RP | 0.94 a | 5.89 a | 59.74 a | 166.04 b |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | ns | ns | ns | 99 |
| C.V. (%) | 45.75 | 12.90 | 46.09 | 16.26 |

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28383

เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว และตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีการดูดใช้น้อยกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 108.59 และ 113.92 มิลลิกรัม N/ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและในเมล็ด

ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของถั่วเหลืองในทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าความเข้มข้นในส่วนเหนือดินอยู่ระหว่าง 0.54-0.73 เปอร์เซ็นต์ และในเมล็ดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.82-2.45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองในทุกตำรับการทดลอง พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยมีปริมาณการดูดใช้ตั้งแต่ 26.65-46.26 มิลลิกรัม P/ต้น อย่างไรก็ตามในตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตมีแนวโน้มของการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้สูงที่สุดคือ 46.26 มิลลิกรัม P/ต้น (ตารางที่ 4)

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ด

ในตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตพบว่ามีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดสูงสุดคือ 72.51 มิลลิกรัม P/ต้น แต่ค่าดังกล่าวไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตำรับอื่นๆ มีค่าตั้งแต่ 37.64-72.51 มิลลิกรัม P/ต้น (ตารางที่ 4)

ผลการทดลองในชุดดินเชียงใหม่

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและรูปที่เป็นประโยชน์

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินของชุดดินเชียงใหม่ ทุกๆ 2 สัปดาห์ ตลอดเวลา 10 สัปดาห์ แสดงไว้ในภาพที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่หินฟอสเฟตได้แก่ตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟต ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตร่วมกับหินฟอสเฟต และตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยเฉลี่ยตลอด 10 สัปดาห์ มีค่าสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำรับอื่นๆ โดยเฉพาะในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟต มีแนวโน้มให้ค่าโดยเฉลี่ยสูงสุด สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในทุกตำรับการทดลองที่ไม่ได้ใส่หินฟอสเฟตพบว่าตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต มีแนวโน้มให้ค่าโดยเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยละลายฟอสเฟตอย่างเดียว ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าตำรับควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 4

น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

จากการศึกษาผลการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตที่มีต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่พบว่าในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีการสะสมน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินสูงแตกต่างจากตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิต คือมีค่า 6.65 กรัม/ต้น ส่วนตำรับอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ โดยมีการสะสมน้ำหนักแห้งอยู่ระหว่าง 3.02-4.36 กรัม/ต้น (ตารางที่ 5)

ผลผลิตเมล็ด

ในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต และหินฟอสเฟต จะให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว โดยมีค่า 1.70 และ 1.65 กรัม/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและ ตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว ให้ผลผลิตเมล็ดไม่แตกต่างจากตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 9 กก. $P_2O_5$/ไร่ โดยมีค่า 1.25 1.14 และ 1.20 กรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนตำรับอื่นๆ ให้ผลผลิตเมล็ดอยู่ระหว่าง 0.59-0.92 กรัม/ต้น (ตารางที่ 5)

ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ด

ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและในเมล็ดของทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยความเข้มข้นส่วนเหนือดินมีค่าระหว่าง 1.28-2.45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในเมล็ดมีค่าระหว่าง 4.44-6.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัส ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน และในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา

| ตำรับการทดลอง | ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (%) | | ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม P/ต้น) | |
|---|---|---|---|---|
| | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด |
| CK | 0.66 a | 1.82 a | 35.11 a | 53.25 abc |
| R | 0.57 a | 2.07 a | 29.51 a | 50.20 abc |
| M | 0.65 a | 2.12 a | 36.12 a | 39.29 c |
| R+M | 0.61 a | 2.08 a | 26.65 a | 37.64 c |
| P | 0.63 a | 2.01 a | 40.54 a | 43.19 c |
| R+RP | 0.70 a | 2.00 a | 46.26 a | 45.16 bc |
| M+RP | 0.59 a | 2.05 a | 36.14 a | 63.72 abc |
| R+M+RP | 0.73 a | 2.01 a | 38.57 a | 72.51 a |
| RP | 0.54 a | 2.45 a | 34.06 a | 70.97 ab |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | ns | ns | ns | 95 |
| C.V. (%) | 16.25 | 19.31 | 18.26 | 25.87 |

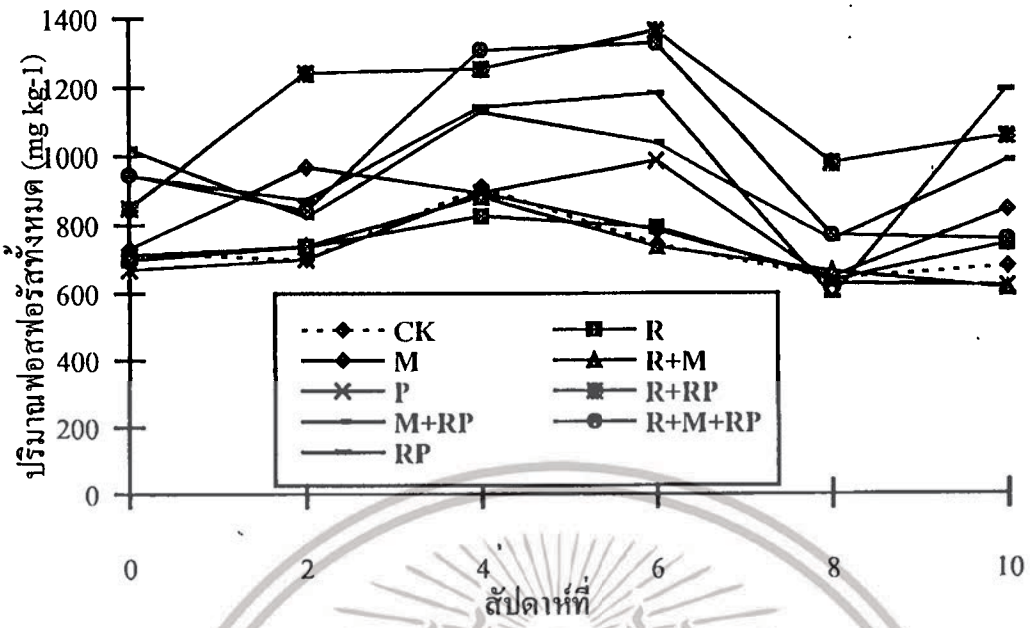
หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 5 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และผลผลิตเมล็ดของถั่วเหลืองที่ ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่

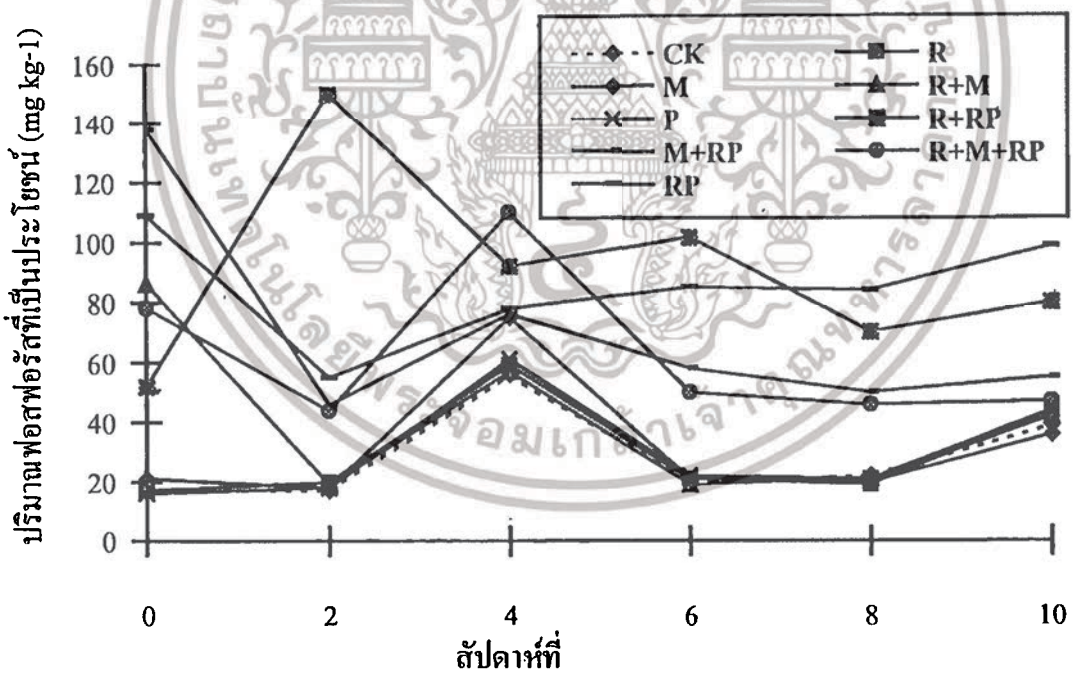
| ตำรับการทดลอง | น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น) | ผลผลิตเมล็ด (กรัม/ต้น) |
|---|---|---|
| CK | 3.56 bcde | 0.62 d |
| R | 4.21 bc | 1.65 a |
| M | 4.36 b | 0.92 c |
| R+M | 3.28 cde | 1.25 b |
| P | 3.52 bcde | 1.20 b |
| R+RP | 3.02 e | 0.89 c |
| M+RP | 4.14 bcd | 0.59 d |
| R+M+RP | 6.65 a | 1.70 a |
| RP | 3.11 de | 1.14 b |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | 99 | 99 |
| C.V. (%) | 13.84 | 11.21 |

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ภาพที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์




ภาพที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$) ทุก ๆ 2 สัปดาห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน

ในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงสุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว โดยมีค่า 121.32 และ 100.80 มิลลิกรัม N/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงต่างจากตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนตำรับอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติ โดยมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 39.83-80.46 มิลลิกรัม N/ต้น (ตารางที่ 6)

ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ด

ในตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตพบว่ามีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว โดยมีค่า 108.47 และ 104.76 มิลลิกรัม N/ต้น ตามลำดับ ซึ่งสูงต่างจากตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนตำรับอื่นๆ พบว่ามีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าระหว่าง 56.01-81.02 มิลลิกรัม N/ต้น ยกเว้นตำรับที่ใส่จุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตอย่างเดียวที่มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับควบคุมในทางสถิติโดยมีค่า 49.47 มิลลิกรัม N/ต้น (ตารางที่ 6)

ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและในเมล็ด

ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียวมีค่าสูงสุดคือ 1.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 9 กก. $P_2O_5$/ไร่ และตำรับควบคุมคือมีค่า 1.01 และ 1.16 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนตำรับอื่นๆ พบว่ามีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสระหว่าง 0.65-0.88 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความเข้มข้นฟอสฟอรัสในเมล็ดของถั่วเหลืองพบว่าในทุกตำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าความเข้มข้นอยู่ระหว่าง 1.75-2.73 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7)

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของถั่วเหลืองในทุกตำรับการทดลองพบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยมีปริมาณการดูดใช้ตั้งแต่ 23.89-43.09 มิลลิกรัม P/ต้น (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ด

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต พบว่ามีค่าสูงสุด รองลงมาคือตำรับที่มีการใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว และตำรับที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว โดยมีค่า 36.38 32.04 และ 31.17 37.64-72.51 มิลลิกรัม P/ต้น ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตำรับอื่นๆ พบว่ามีค่าตั้งแต่ 12.87-27.01 มิลลิกรัม P/ต้น (ตารางที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นไนโตรเจน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน และในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่

| ตำรับการทดลอง | ความเข้มข้นไนโตรเจน (%) | | ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน (มิลลิกรัม N/ต้น) | |
|---|---|---|---|---|
| | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด |
| CK | 1.55 a | 5.26 a | 52.22 c | 32.48 d |
| R | 2.40 a | 6.33 a | 100.80 ab | 104.76 a |
| M | 1.53 a | 5.32 a | 68.80 bc | 49.47 cd |
| R+M | 2.31 a | 6.48 a | 75.73 bc | 81.02 b |
| P | 1.40 a | 4.79 a | 48.51 c | 57.70 c |
| R+RP | 2.45 a | 6.30 a | 73.64 bc | 56.01 c |
| M+RP | 2.12 a | 5.74 a | 80.46 bc | 33.72 d |
| R+M+RP | 1.82 a | 6.38 a | 121.32 a | 108.47 a |
| RP | 1.28 a | 5.75 a | 39.83 c | 65.34 bc |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | ns | ns | 99 | 99 |
| C.V. (%) | 31.45 | 11.61 | 28.72 | 15.21 |

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 7 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อความเข้มข้นฟอสฟอรัส ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน และในเมล็ดของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่

| ตำรับการทดลอง | ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (%) | | ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม P/ต้น) | |
|---|---|---|---|---|
| | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด | ส่วนเหนือดิน | เมล็ด |
| CK | 1.16 ab | 2.05 a | 43.09 a | 12.87 d |
| R | 0.78 bc | 1.94 a | 33.05 a | 32.04 ab |
| M | 0.88 bc | 2.00 a | 37.86 a | 18.32 cd |
| R+M | 0.79 bc | 1.75 a | 25.96 a | 21.94 cd |
| P | 1.01 abc | 2.26 a | 36.68 a | 27.01 bc |
| R+RP | 0.80 bc | 2.13 a | 23.89 a | 19.01 cd |
| M+RP | 0.86 bc | 2.36 a | 36.28 a | 13.97 d |
| R+M+RP | 0.65 c | 2.14 a | 42.88 a | 36.38 a |
| RP | 1.29 a | 2.37 a | 42.14 a | 31.17 ab |
| ระดับความเชื่อมั่น (%) | 95 | ns | ns | 99 |
| C.V. (%) | 22.51 | 14.69 | 30.72 | 20.78 |

หมายเหตุ อักษรในคอลัมน์ที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติโดยวิธี DMRT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตในการเพิ่มผลผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสรรพยาและชุดดินเชียงใหม่ ผลการทดลองในชุดดินสรรพยาพบว่า ในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟตให้ผลผลิตเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเมล็ดสูงกว่าตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังมีแนวโน้มให้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ด ความเข้มข้นฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินสูงกว่าตำรับอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าในตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตมีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและรูปที่เป็นประโยชน์ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน และความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ

ส่วนในชุดดินเชียงใหม่พบว่า ในตำรับที่มีการใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและเมล็ด ความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ดมีค่าสูงกว่าตำรับอื่นๆ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและรูปที่เป็นประโยชน์ในดิน ความเข้มข้นไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของตำรับที่ใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมกับหินฟอสเฟตมีแนวโน้มให้ค่าสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2523. ถั่วเหลือง. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 3. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 86 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2529. สรุปผลการสัมมนาทางวิชาการประจำปี 2529. กลุ่มพืชไร่น้ำมัน, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 102 น.

กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมการเกษตร. 2529. แผนพัฒนาถั่วเหลือง. แผนพัฒนาพืชในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 พ.ศ.2530-2534. กรุงเทพฯ. 557 น.

กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2535. เป้าหมายการผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญปี2535. เอกสารเศรษฐกิจการเกษตรเลขที่ 20. สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 197 น.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา , คณะเกษตร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 177 น.

ชำนาญ หริ่งรัตนพันธ์. 2523. อิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง 5 สายพันธุ์ที่ปลูก ในสองสถานที่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2535. ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร. ภาควิชาปฐพีวิทยา , คณะเกษตร , มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 305 น.

ธวัช จาปะเกษตร์. 2528. หินฟอสเฟตในประเทศไทย. การประชุมสัมนาวิชาการ การผลิตและการใช้ปุ๋ยของไทยในอนาคต. กรมวิชาการเกษตร , กรุงเทพฯ. 18 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้อย เธียรนันท์. 2520. หลักการใช้ปุ๋ยถั่วเหลือง , น. 55-64. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ เรื่องถั่วเหลือง 6-11 กุมภาพันธ์ 2520. คณะเกษตรศาสตร์ , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

น้อย เธียรนันท์ , วิทยา มาสร้างสรรค์ และสำเนา เพชรฉวี. 2523. ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสในดินกับการตอบสนองของถั่วเหลืองในดินไร่ (ชุดดินปากช่อง) ,น. 65. ใน รายงานผลการวิจัยดิน-ปุ๋ยพืชไร่ ฉบับย่อ พ.ศ. 2523. สาขาดินและปุ๋ย กองพืชไร่ , กรมวิชาการเกษตร , กรุงเทพฯ.

น้อย เธียรนันท์ , วิโรจน์ วจนานวัช , สาหัส ยศสันเทียะ และสมศักดิ์ เชี่ยวสุนทร. 2525. การตอบสนองปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมของถั่วเหลืองพันธุ์ ส.จ. 5 ในฤดูแล้ง, น. 27. ใน รายงานผลการวิจัยดิน-ปุ๋ย พืชไร่ฉบับย่อ สาขาดินและปุ๋ยพืชไร่ , กองปฐพีวิทยา , กรมวิชาการเกษตร , กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2527. ปุ๋ยฟอสฟอรัส , น. 67-133. ใน เอกสารประกอบคำบรรยาย เทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ย วิทยาศาสตร์. ภาควิชาปฐพีวิทยา , คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณพิมล ธัญญานุวัตร , พรชัย สุภาวิตา และ R. Ielroy. 2531. ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมในปุ๋ยเคมี , น. 6-15. ใน บทบาทของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมเพื่อการเกษตร. รายงานประชุมสัมนาทางวิชาการครั้งที่ 7 , สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย , กรุงเทพฯ.

ภาวนา ลิกขนานนท์. 2535. การย่อยสารละลายฟอสเฟตโดยเชื้อจุลินทรีย์, น. 213-221. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรปุ๋ยชีวภาพ รุ่นที่ 9 , 20-24 มกราคม 2535. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ , จ.ขอนแก่น.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2527. คู่มือประกอบการบรรยายความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ. 737 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุธรรม แย้มนิยม. 2521. หินฟอสเฟต. รายงานสัมนาอุตสาหกรรมปุ๋ยกับการเกษตร. กรมทรัพยากรธรณี, กรุงเทพฯ. 14 น.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2532. ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช, คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 179 น.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2533. วิทยาสาสตร์พืชตระกูลถั่ว. ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 538 น.

Brady, N.C. 1978. The Nature and Properties of Soil. 8 th ed., MacMillan Publishing Co., Inc., New York. 639 p.

Dahama, A.K., M.N. Sinha and R.K.Rai. 1985. Studies on uptake and Utilization of phosphorus by some grain legumes. Soybean Abstr. 8(1): 5.

Doung, T.P., C.N. Diep, N.T. Khiem, N.K. Hiep, N.V. Toi, N.V. Lich and L.T.K. Ntian. 1984. Rhizobium inoculant for soybean (Glycine max (L.) Merrill) in Mekong Delta : Response of soybean to rhizobium inoculation. Plant and Soil 79:235-240.

Hagve, I., W.A. Walker and S.M. Funrah. 1980. Effect of phosphorus and zine on soybean in Sierra Leone Seed Abstr. 4:2519.

Hatfield, J.L., D.B. Egli, J.E. Leggett and D.E. Peaslee. 1974. Effect of applied nitrogen on the nodulation and early growth of soybeans (Glycine max (L.) Merr). Agron. J. 66:112-114.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliff, New Jersey. 498 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jackson , P.C. and C.E. Hagen. 1960. Products of orthophosphate absorption by barley rooys. Plant Physiol. 35: 326-332.

Khan, J.A. and R.M. Bhatnagar. 1977. Studies on solubilization of insoluble phosphate by microorganism. Part I. Solubilization of India phosphate rock by Aspergillus niger and Penicillium spp . Fert. Tech. 14:329-333.

Kobus, J. 1962. The role of microorganisms in the transformation of phosphoric compounds in the soil. Acta Microbiol. Pol. 11:255-262.

McClellan , G.H. and L.R. Gremillion.1980. Evaluation of phosphate raw materials , pp. 43-80. In F.E. Khasawhch , E.C. Sample and E.J. Kamprath (eds.). The Role of Phosphorus in Agriculture. American Society of Agronomy , Madison , Wisconsin.

Potash and Phosphate Institute. 1978. Phosphorus for Agriculture. vol. LXII. Potash/Phosphate Institute , attanta , GA. 40 p.

Ross , S. 1989. Soil Process. Routledge , Chapman and Hall , Inc., new york , 444p.

Sample , E.C., R.J. Soper and G.J. Racz. 1980. Reaction of phosphate fertilizers in soil , pp. 263-310. In F.E. Khasawneh , E.C. Sample and E.J. Kamprath (eds). The Role of phosphorus in Agriculture. American Society of Agronomy , Madison , Wisconsin.

Sparber, J.I. 1958. Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. Aust. J. Agric. Res. 9:782-787.

Streeter , J.G. 1972. Nitrogen nutrition of field grown soybean plants II seasonal variation in nitrogen reductase , glutamate dehydrogenase and nitrogen constituents of plant part. Agron J. 64 : 315-319.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Subba Rao, N.S. 1982. Biofertilizers in Agriculture. Oxford & IHB Publishing Co., New Delhi, India. 186 p.

Tisdale , S.L. and W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. 3d ed., Macmillan Publishing Co., Inc., New York. 694 p.

Van Wazer , J.R. 1964. Phosphoras and Its Compounds. vol. 1 : chemisty. Interscience Publ. 954 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุดสรรพยา ($mg\ kg^{-1}$)

| ตำรับการทดลอง | สัปดาห์ที่ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | เฉลี่ย |
| CK | 1480 | 1449 | 1422 | 1254 | 1324 | 1293 | 1370 |
| R | 1377 | 1561 | 1377 | 1287 | 1342 | 1321 | 1378 |
| M | 1653 | 1377 | 1365 | 1244 | 1261 | 1786 | 1448 |
| R+M | 1506 | 1487 | 1382 | 1309 | 1275 | 1501 | 1410 |
| P | 1443 | 1422 | 1368 | 1217 | 1275 | 1376 | 1350 |
| R+RP | 1885 | 1688 | 1866 | 1640 | 1665 | 1834 | 1763 |
| M+RP | 1696 | 1618 | 1609 | 1461 | 1481 | 1759 | 1604 |
| R+M+RP | 1802 | 1572 | 1523 | 1471 | 1365 | 1652 | 1564 |
| RP | 1767 | 1635 | 1610 | 1471 | 1506 | 1814 | 1634 |

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุด สรรพยา ($mg\ kg^{-1}$)

| ตำรับการทดลอง | สัปดาห์ที่ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | เฉลี่ย |
| CK | 76.58 | 69.50 | 99.08 | 94.00 | 116.83 | 93.91 | 91.65 |
| R | 80.16 | 60.41 | 83.66 | 76.16 | 129.60 | 72.91 | 83.82 |
| M | 149.90 | 71.17 | 94.91 | 87.33 | 113.16 | 93.58 | 101.68 |
| R+M | 164.00 | 73.58 | 92.58 | 80.75 | 139.30 | 88.25 | 106.41 |
| P | 93.58 | 66.75 | 89.77 | 79.58 | 99.00 | 89.66 | 86.39 |
| R+RP | 225.00 | 133.50 | 253.60 | 202.16 | 107.25 | 176.50 | 183.00 |
| M+RP | 175.16 | 105.16 | 94.44 | 121.75 | 163.66 | 114.58 | 129.13 |
| R+M+RP | 218.58 | 97.00 | 104.33 | 114.58 | 116.40 | 121.41 | 128.72 |
| RP | 211.58 | 95.00 | 106.83 | 123.50 | 98.25 | 121.75 | 126.15 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$)

| ตำรับการทดลอง | สัปดาห์ที่ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | เฉลี่ย |
| CK | 718 | 700 | 912 | 743 | 642 | 676 | 732 |
| R | 697 | 736 | 826 | 793 | 636 | 741 | 738 |
| M | 730 | 968 | 894 | 784 | 646 | 842 | 810 |
| R+M | 711 | 737 | 883 | 736 | 662 | 612 | 724 |
| P | 669 | 700 | 896 | 986 | 626 | 618 | 749 |
| R+RP | 849 | 1242 | 1253 | 1363 | 978 | 1052 | 1123 |
| M+RP | 1020 | 824 | 1125 | 1036 | 754 | 984 | 957 |
| R+M+RP | 945 | 842 | 1308 | 1328 | 768 | 754 | 991 |
| RP | 943 | 873 | 1141 | 1181 | 588 | 1189 | 986 |

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลของการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชุดเชียงใหม่ (mg $kg^{-1}$)

| ตำรับการทดลอง | สัปดาห์ที่ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | เฉลี่ย |
| CK | 16.58 | 17.08 | 56.33 | 20.00 | 22.41 | 38.87 | 28.54 |
| R | 17.33 | 20.11 | 58.83 | 21.24 | 19.08 | 43.79 | 30.06 |
| M | 20.50 | 17.62 | 75.08 | 21.02 | 20.29 | 35.50 | 31.67 |
| R+M | 86.08 | 18.87 | 57.40 | 19.49 | 20.91 | 41.54 | 40.72 |
| P | 16.33 | 18.04 | 60.66 | 21.58 | 20.66 | 43.53 | 30.13 |
| R+RP | 52.41 | 149.50 | 91.58 | 101.50 | 70.31 | 80.12 | 90.90 |
| M+RP | 138.16 | 45.66 | 76.25 | 57.58 | 50.24 | 54.87 | 70.46 |
| R+M+RP | 78.33 | 43.58 | 110.40 | 50.24 | 45.66 | 47.12 | 62.56 |
| RP | 109.08 | 55.08 | 77.58 | 85.03 | 84.04 | 98.66 | 84.91 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ภาพผนวกที่ 1</u> แสดงการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในตำรับการทดลองต่างๆ ที่ปลูกบนชุดดินสรรพยา เมื่ออายุ 49 วัน

<u>ภาพผนวกที่ 2</u> แสดงการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในตำรับการทดลองต่างๆ ที่ปลูกบนชุดดินเชียงใหม่ เมื่ออายุ 49 วัน