



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus Officinalis* L.) และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย

The Influences of Slow Release N-fertilizer on Growth of Asparagus (*Asparagus Officinalis* L.) and Nitrifying Bacteria

นามผู้วิจัย นายไชยา บุญเลิศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(..... รองศาสตราจารย์หญิง มาลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(..... อาจารย์ศุภชัย อำคา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง(*Asparagus officinalis* L.)
และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย

The Influences of Slow Release N-fertilizer on Growth of Asparagus(*Asparagus officinalis* L.)
and Nitrifying Bacteria

โดย

นายไชยา บุญเลิศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไชยา บุญเลิศ 2554: อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* L.) และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์รัชชัย มาลา, Ph.D. 86 หน้า

การศึกษานี้ดำเนินการในเรือนทดลองโดยมีการวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ 13 ดำรับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย(control) 2) ยูเรีย 12 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (U_{12-1}) 3) ยูเรีย 12 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (U_{12-2}) 4) ยูเรีย 24 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (U_{24-1}) 5) ยูเรีย 24 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (U_{24-2}) 6) ยูเรีย 48 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (U_{48-1}) 7) ยูเรีย 48 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (U_{48-2}) 8) ฟลอราเนด 12 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (F_{12-1}) 9) ฟลอราเนด 12 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (F_{12-2}) 10) ฟลอราเนด 24 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (F_{24-1}) 11) ฟลอราเนด 24 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (F_{24-2}) 12) ฟลอราเนด 48 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง (F_{48-1}) และ 13) ฟลอราเนด 48 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง (F_{48-2}) ผลการทดลองพบว่า ดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนดมีปริมาณ NH_4^+-N สูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ในช่วงหลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว 30 วัน และปริมาณแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น ปุ๋ยยูเรียมีการปลดปล่อยไนเตรตออกมาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ส่วนปุ๋ยฟลอราเนดมีการปลดปล่อยไนเตรตในช่วงแรกน้อย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 60 วัน หลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง ดำรับ F_{48-1} มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุดคือ 0.26 % และ 468.24 มก./กก. ตามลำดับ และดำรับ F_{48-2} มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงสุด (1,639.08 มก./กก) จำนวนหน่อ เส้นผ่านศูนย์กลางหน่อ และน้ำหนักสดหน่อของแต่ละดำรับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในรอบการเก็บเกี่ยวรอบแรก ดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟลอราเนดมีน้ำหนักหน่อไม่แตกต่างกับดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ส่วนที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 2 การใช้ปุ๋ยฟลอราเนดส่งผลให้จำนวน เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักของหน่อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย โดยดำรับ F_{24-2} มีจำนวน เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักสดหน่อสูงที่สุดเท่ากับ 10.25 spear/plot 0.50 cm และ 25.65 g/plot ตามลำดับ ดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนดมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนเหนือดินสูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยดำรับ F_{48-1} มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด (2.59 %) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดในดำรับการทดลอง F_{12-2} มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 0.13 % และ 2.84 % ตามลำดับ ดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียทำให้มีปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียสูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนดที่ระยะเวลาเวลา 20, 30 และ 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ส่วนที่ระยะเวลา 50 และ 60 วันหลังใส่ปุ๋ย ดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนดมีปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียสูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรียสูงขึ้น

Chaiya Boonlert 2011: The Influences of Slow Release N-fertilizer on Growth of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and Nitrifying Bacteria. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Thongchai Mala, Ph.D. 86 pages.

The study was carried out with asparagus(Brock' Improve) in greenhouse in completely randomized design with 4 replications. The experiment composed of 13 treatments; 1) control 2) one time application of urea at 12 kg N/rai(U_{12-1}) 3) two times application of urea at 12 kg N/rai(U_{12-2}) 4) one time application of urea at 24 kg N/rai(U_{24-1}) 5) two times application of urea at 24 kg N/rai(U_{24-2}) 6) one time application of urea at 48kg N/rai(U_{48-1}) 7) two times application of urea at 48 kg N/rai(U_{48-2}) 8) one time application of floranid at 12 kg N/rai(F_{12-1}) 9) two times application of floranid at 12 kg N/rai(F_{12-2}) 10) one time application of floranid at 24 kg N/rai(F_{24-1}) 11) two times application of floranid at 24 kg N/rai(F_{24-2}) 12) one time application of floranid at 48 kg N/rai(F_{48-1}) and 13) two times application of floranid at 48 kg N/rai(F_{48-2}). The results showed that the soil growing medium of floranid treatments had higher ammonium nitrogen than those of urea treatments after applying 30 days. The released nitrate nitrogen from urea was initially appeared very fast, but tended to decreased with time. The floranid fertilizer initially released the small amount of nitrate nitrogen, later its trend was increased up to 60 days after application and then declined. The total nitrogen and soil available P was highest at 0.26 % and 468.24 mg/kg in F_{48-1} treatment, while, the maximum exchangeable K(1,639.08 mg/kg) was found in F_{48-2} treatment. The number, size and fresh weight of asparagus spear among treatments were highly significant. In the first round harveast, The spear fresh weight from floranid treatments was not different from that of urea treatments. On the contrary, the number, size and fresh weight of spear of floranid treatments in the secound round harvest was higher than that of urea treatments. The maximum number, size and fresh weight of asparagus spear was found in F_{24-2} treatment at 10.25 spear/plot, 0.5 cm. and 25.65 g/plot The nitrogen content of the above ground stem in floranid treatments was higher than that of urea treatments. The maximum nitrogen contents was found in F_{48-1} treatment(2.59%). While, the maximum P(0.13 %) and K(2.84 %) contents were found in F_{12-2} treatment. Urea treatments had higher nitrifying bacteria than those of floranid treatments in 20, 30 and 40 days after application, but, at 50 and 60 days after application, floranid treatments had higher nitrifying bacteria than those of urea treatments. The quantity of nitrifying bacteria increased as nitrogen fertilizer rate increased.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธงชัย มาลา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร. ศุภชัย อำคา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจุ ประธารการสอบ และ อาจารย์ ดร. วิสุทธิ์ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้
คำแนะนำและปรึกษาในด้านการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์กระทั่ง
เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์ณิโรจน์ และคุณมณฑา วงศ์ณิโรจน์ ที่ได้
สนับสนุนกล้าหาญไม่ฝรังในการทำวิจัย ขอขอบคุณคุณ วันทนิษฐ์ พึ่งแสง และคุณศิริสุดา บุตร
เพชร ที่คอยให้คำแนะนำในการใช้ห้องปฏิบัติการ และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่คอยให้
ความช่วยเหลือในการทำงาน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู และเป็นคอย
กำลังใจ ให้คำปรึกษาตลอดมา และทุกคนในครอบครัวที่คอยเป็นแรงสนับสนุนจนประสบ
ความสำเร็จได้ในวันนี้

นายไชยา บุญเลิศ
เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	29
สรุปผลการทดลอง	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	62
ภาคผนวก	68
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	86

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมก่อนปลูก	23
2	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังเก็บหน่อ	41
3	ความสูงทรงพุ่มของหน่อไม้ฝรั่งที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังย้ายปลูก	48
4	ผลผลิตและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 และ 2 ที่อายุ 4 – 6 เดือน หลังใส่ปุ๋ย	52
5	ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ในส่วนเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่งหลังเก็บหน่อที่อายุ 6 เดือนหลังใส่ปุ๋ย	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย	69
2 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย	71
3 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย	73
4 ค่าการนำไฟฟ้าดินที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย	74
5 มาตรฐานของธาตุอาหารใบเทียมหน่อไม้ฝรั่ง	75
6 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย	76
7 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 20 วันหลังใส่ปุ๋ย	77
8 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย	78
9 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 40 วันหลังใส่ปุ๋ย	79
10 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 50 วันหลังใส่ปุ๋ย	80
11 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 60 วันหลังใส่ปุ๋ย	81
12 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 70 วันหลังใส่ปุ๋ย	82
13 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 80 วันหลังใส่ปุ๋ย	83
14 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 90 วันหลังใส่ปุ๋ย	84
15 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 100 วันหลังใส่ปุ๋ย	85

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	31
2 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยพลอรา นิดที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	31
3 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	32
4 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยพลอรา นิดที่มีการใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	32
5 ปริมาณไนเตรดไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการ ใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	33
6 ปริมาณไนเตรดไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยพลอรา นิดที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	33
7 ปริมาณไนเตรดไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการ ใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	34
8 ปริมาณไนเตรดไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยพลอรา นิดที่มีการใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	34
9 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างๆกัน	36
10 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย พลอรา นิดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างๆกัน	36
11 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างๆกัน	37
12 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย พลอรา นิดที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างๆกัน	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	38
14 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ฟลอแรนดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	38
15 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	39
16 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ย ฟลอแรนดที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	39
17 ค่าปฏิกิริยาคืนหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	43
18 ค่าปฏิกิริยาคืนหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	43
19 ค่าปฏิกิริยาคืนหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	44
20 ค่าปฏิกิริยาคืนหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	44
21 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	45
22 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลา ต่างกัน	45
23 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน	46
24 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดมีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลา ต่างกัน	46
25 เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเหนือดินที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก	47
26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นของ ไนโตรเจนในลำต้นเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่งที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก	54
27 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria (NOB) ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรา นิตที่ระยะเวลาต่างกัน	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
28	ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตราต่างๆที่ ระยะเวลาต่างๆกัน	56
29	ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอร่า ชนิดที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	57
30	ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอร่า ชนิดที่มีการใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่างๆกัน	58
31	ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินที่มีการใส่ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ที่ ระยะเวลาต่างๆกัน	59

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง
(*Asparagus officinalis* L.) และไนตริฟายอิงแบคทีเรีย

The Influences of Slow Release N-fertilizer on Growth of Asparagus
(*Asparagus officinalis* L.) and Nitrifying Bacteria

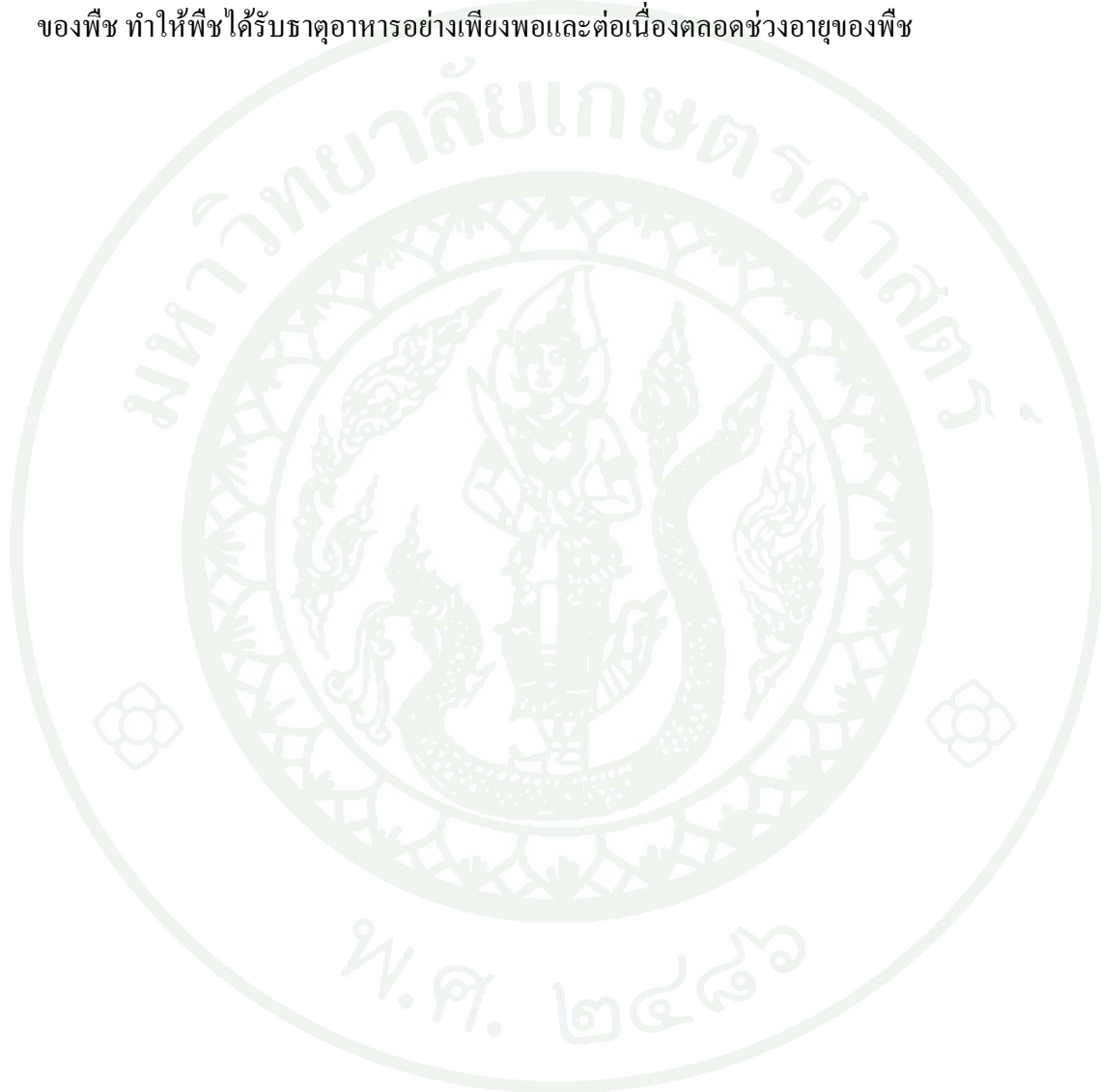
คำนำ

หน่อไม้ฝรั่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความสนใจจากเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความต้องการของตลาดสูง ทั้งในการส่งออกในรูปของหน่อสดและแปรรูป จากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ในปี พ.ศ. 2551 พบว่ามีปริมาณการส่งออกหน่อไม้สด 13,590 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 804.5 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณการส่งออกหน่อไม้สด 9,819 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 632.0 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) มีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย กระจายอยู่ใน 4 จังหวัดได้แก่ นครปฐม กาญจนบุรี ราชบุรี และสุพรรณบุรี

ในปัจจุบันการใช้ปุ๋ยของเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีธรรมดา ซึ่งมีการสูญเสียออกไปจากดินได้ง่าย และถ้าใส่มากเกินไปก็จะทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีผลผลิตลดลง จึงต้องทำการแบ่งใส่หลายๆ ครั้ง ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในด้านของแรงงาน ดังนั้นจึงต้องหาวิธีที่จะลดผลกระทบจากปัญหาดังกล่าว ทางเลือกหนึ่งก็คือการใช้ปุ๋ยละลายช้า เนื่องจากปุ๋ยละลายช้าจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทีละน้อยๆ จึงเป็นการลดการสูญเสียธาตุอาหาร ลดการไหม้ของต้นกล้าและลดค่าใช้จ่ายในด้านของแรงงาน

ปุ๋ยไนโตรเจนหลายๆ ชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป คุณสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งก็คือมีความสามารถในการละลายน้ำได้ง่าย ทำให้มีการปลดปล่อยในอัตราที่สูงเกินความต้องการสำหรับพืช จึงเกิดการสูญเสียออกจากดินทำให้ความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อพืชลดลง สำหรับการสูญเสียของปุ๋ยไนโตรเจนนั้นมีหลายวิธี เช่น ไนเตรตถูกชะล้าง การระเหยของแอมโมเนีย ไนเตรตถูกรีดิวซ์แล้วได้แก๊ส N_2O , NO และ N_2 ซึ่งเป็นการระเหยออกไปจากดินได้เช่นกัน และยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การมีปริมาณไนเตรตในแหล่งน้ำมากขึ้น เกิดแก๊สเรือนกระจกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของโลกสูงขึ้น ดังนั้นหากสามารถลดการสูญเสียให้น้อยลงได้ ก็จะ

เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยให้สูงขึ้น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยประหยัดพลังงาน ในภาคเกษตรกรรมอย่างมาก วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยในโตรเจนก็มีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากวิธีหนึ่งก็คือการใช้ปุ๋ยละลายช้า เนื่องจากปุ๋ยละลายช้า นั้น มีความสามารถในการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ช้ากว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป ซึ่งมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทีละน้อย อย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องเป็นเวลานาน พอเหมาะกับความต้องการของพืช ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอและต่อเนื่องตลอดช่วงอายุของพืช



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจนจากปุ๋ยละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง
2. ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยละลายช้าต่อปริมาณไนโตรฟายอิงแบคทีเรีย



การตรวจเอกสาร

1. พฤกษศาสตร์ของหน่อไม้ฝรั่ง

หน่อไม้ฝรั่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Asparagus officinalis* L. จัดอยู่ในวงศ์ Liliaceae สกุล *Asparagus* : ซึ่งมีประมาณ 150 ชนิด (Thompson and Kell, 1957) มีถิ่นกำเนิดอยู่แถบชายฝั่งตะวันตกของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ทวีปยุโรป แอฟริกาเหนือ และเอเชีย (Bienz, 1986) หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่ไม่มีเนื้อไม้ซึ่งมีอายุหลายปี (Crockett, 1977; Calvin and Knutson, 1983) หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีลำต้นแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

- 1) ลำต้นเหนือดิน (spear) เป็นส่วนที่เจริญมาจากเหง้า หน่ออ่อนที่เจริญขึ้นมาเรียกว่า bud shoot หรือ spear ปลายยอดกลมหรือแหลมเป็นส่วนที่นำมาบริโภค (Shoemaker, 1947)
- 2) ลำต้นใต้ดิน (crown) ประกอบด้วยกลุ่มตาข้างซึ่งจะเจริญเป็นหน่อและลำต้นใหม่เป็นแหล่งสะสมอาหารมีลักษณะสั้นและอวบ

ระบบรากของหน่อไม้ฝรั่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

- 1) รากสะสมอาหาร (fleshy root หรือ storage root) ซึ่งแตกออกจากลำต้นใต้ดิน หน้าที่หลักคือเก็บสะสมอาหารในรูปของน้ำตาล fructose- oligosaccharides (Shelton and Lacy, 1980)
- 2) รากหาอาหาร (feeding root) เป็นรากฝอยที่แตกออกมาจากรากสะสมอาหารทำหน้าที่หาอาหารและน้ำให้แก่ต้น (Brown and Huchison, 1949)

หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และตัวเมียแยกออกจากกันอยู่คนละต้นจึงต้องอาศัยแมลงเป็นพาหะในการถ่ายละอองเกสร (Yamaguchi, 1983) จะให้ผลแบบ berry มีขนาดเล็กขณะเป็นผลอ่อนมีสีเขียวเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีแดง

2. พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย

กรมวิชาการเกษตร(2551) ได้รวบรวมไว้ว่าพันธุ์หน่อไม้ฝรั่งที่เกษตรกรใช้ปลูกเป็นการค้าหลักมีจำนวน 8 สายพันธุ์ ได้แก่

1) พันธุ์แมริวอชิงตัน เป็นพันธุ์ผสมเปิด (open pollination) พันธุ์แรกที่น่าเข้ามาปลูกในประเทศไทยให้ผลผลิตสูง ด้านทานโรคราสนิม สีของหน่อเป็นสีเขียว

2) พันธุ์แคลิฟอร์เนีย 309 เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่ให้ผลผลิตสูง ด้านทานโรคสูง สีของหน่อเป็นสีเขียว

3) พันธุ์แคลิฟอร์เนีย 500 เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่ให้ผลผลิตสูง หน่อมีขนาดปานกลาง ส่วนปลาย หน่อจะมีกาบใบหุ้มแน่น สีของหน่อเป็นสีเขียว

4) พันธุ์ยูซี 157 เป็นพันธุ์ลูกผสมมีทั้งรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 (F1 hybrid และ F2 hybrid) ที่ให้ผลผลิตดีมาก หน่อมีขนาดใหญ่ ปลายหน่อและโคนหน่อ ยาวเรียวเสมอกัน ส่วนปลายจะมี กาบใบหุ้มแน่น สีของหน่อเป็นสีเขียวเข้มในแหล่งปลูกที่มีสภาพอุณหภูมิกลางวันเย็นและมีปริมาณฝนไม่ตกชุกมากเกินไป คุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์นี้จะมีคุณภาพดีมาก ปลูกเป็นเชิงการค้าที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ อุรธานี และสุพรรณบุรี

5) พันธุ์บร็อคอิมปรัฟ เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดีมาก หน่อมีขนาดใหญ่โดยเฉพาะส่วนโคนหน่อจะใหญ่ แต่ส่วนปลายยอดหน่อจะเรียวเล็กกว่าส่วนโคน ส่วนปลายหน่อจะมีกาบใบหุ้มไม่ถ่วงแน่น มีปลูกเชิงการค้าในจังหวัดต่าง ๆ ของภาคตะวันตก เช่น จังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี และสุพรรณบุรี

6) พันธุ์พอลโล เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดี ลักษณะของหน่อยาวเรียว เสมอทั้งโคนหน่อและส่วนปลาย แต่โคนหน่อพันธุ์นี้จะมีลักษณะเป็นสีเขียวอมม่วง ส่วนปลายจะมีกาบใบหุ้มไม่แน่น ค่อนข้างบานเร็วกว่าพันธุ์อื่น ถ้าปลูกในแหล่งที่มีปริมาณฝนตกชุกจะไม่ทนทานต่อโรค นิยมปลูกในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี กาญจนบุรี และมหาสารคาม

7) พันธุ์บร็อคอิมพีเรียล เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดี หน่อมีลักษณะของส่วนปลายหน่อและโคนหน่อมีลักษณะกลมมนสวย ส่วนปลายหน่อจะมีกาบใบหุ้มแน่น ปลูกเป็นเชิงการค้าในจังหวัดนครปฐม ราชบุรี และกาญจนบุรี

8) พันธุ์แอทลาส เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตดี หน่อมีลักษณะยาวเรียวเสมอกัน กาบใบหุ้มแน่น ปลูกเป็นเชิงการค้าเพียงเล็กน้อยในประเทศไทย

3. การสร้างผลผลิตการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง

การสร้างผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่งขึ้นกับการเจริญเติบโตที่สมดุลกันระหว่างส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดิน (Drost, 1997) Wilson *et al.* (2002) ได้แบ่งการเจริญเติบโตดังกล่าวออกเป็น 3 ระยะคือ

3.1 การเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินและราก

การเจริญเติบโตระยะนี้ เป็นระยะการเจริญเติบโตที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างส่วนลำต้นเหนือดินและส่วนใต้ดิน โดยเริ่มแรกจะมีการเจริญของหน่อออกมาจากกลุ่มตาซึ่งอยู่บนลำต้นใต้ดิน โดยหน่อแรกที่เกิดมาจะมีผลชะลอการเจริญเติบโตของหน่อถัดไปที่เกิดในกลุ่มตาเดียวกัน ในระยะพักต้น หน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่นี้จะไม่ทำการเก็บเกี่ยว แต่จะปล่อยให้มีการพัฒนาต่อไปเป็นลำต้นเหนือดินที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงสร้างอาหารไปเก็บสะสมในรากสะสมอาหารใต้ดิน โดยอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงในตอนกลางวันจะถูกลำเลียงมาเก็บสะสมในรากในตอนกลางคืน (Drost, 1997) รากสะสมอาหารจะเกิดขึ้นที่บริเวณส่วนล่างของลำต้นใต้ดินทุกครั้งที่มีการสร้างลำต้นใหม่ทดแทนลำต้นเก่าที่ตายไป และเริ่มมีการเจริญเติบโตเมื่อลำต้นเหนือดินมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว (Drost, 1997) ในระยะการเจริญเติบโตนี้ หน่อไม้ฝรั่งจะใช้อาหารสะสมในการสร้างหน่ออ่อนประมาณ 1/3 ของอาหารสะสมทั้งหมดที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และใช้ที่เหลืออีก 2/3 เป็นแหล่งอาหารสำหรับการหายใจและการเจริญเติบโตของรากและสร้างตาใหม่ (Drost, 1997)

3.2 ระยะการเจริญเติบโตของหน่อหรือช่วงเก็บเกี่ยวหน่อ

การเจริญเติบโตระยะนี้เป็นการเจริญเติบโตต่อเนื่องภายหลังจากที่ลำต้นเหนือดินและรากมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะมีการแทงหน่อออกมาจากส่วนกลุ่มตา (bud cluster) ที่อยู่บนลำต้นใต้ดิน หน่ออ่อนที่แทงขึ้นมาจะไม่ปล่อยให้เจริญเป็นลำต้นเหนือดิน แต่จะเก็บเพื่อบริโภค

3.3 ระยะการชราภาพของลำต้นเหนือดินและการพักตัวของกลุ่มตา

เป็นระยะสุดท้ายของการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดิน โดยเป็นระยะที่อาหารสะสมในรากใต้ดินมีปริมาณลดลง ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตลดลง ในระยะนี้จึงเป็นระยะที่หยุดการเก็บหน่อแต่จะปล่อยให้หน่ออ่อนที่แตกขึ้นมาพัฒนาไปเป็นลำต้นเหนือดินเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินและราก

หน่อไม้ฝรั่งที่ปลูกโดยเมล็ดจะงอกหลังจากเพาะเมล็ดแล้วประมาณ 10 วัน ต่อจากนั้น จะเจริญเป็นต้นกล้ามีลำต้นบนดิน เมื่ออายุ 3 เดือน ลำต้นที่อยู่เหนือดินจะสูงประมาณ 20-30 cm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ การบำรุงดูแลรักษา การเจริญของลำต้นใต้ดินจาก 1 เมล็ดจะเจริญเป็นเหง้า 1 เหง้า บน เหง้ามีตาซึ่งจะแทง โผล่พ้นดินเป็นหน่อเก็บเกี่ยวไปบริโภค หรือถ้าไม่เก็บเกี่ยวก็จะเจริญไปเป็นต้นต่อไป เหง้าจะเจริญและมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุกล้า จากการทดสอบที่วิทยาเขตกำแพงแสนพบว่า กล้าอายุ 5- 6 เดือน เหง้ามีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 cm รากที่ใหญ่แข็งแรงและมีการสะสมอาหารที่มีปริมาณมากเมื่อย้ายกล้าแล้วจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว หลังจากย้ายกล้าประมาณ 1 สัปดาห์ ต้นจะงอกโผล่พ้นดิน เมื่อต้นหน่อไม้ฝรั่งมีอายุมากขึ้น จำนวนต้นจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ต้นที่โผล่ช่วงแรกก็จะเริ่มแก่ ถ้าไม่มีการตัดต้นออกบ้างบริเวณกอ ก็จะแน่น อาจเป็นผลทำให้เป็นแหล่งสะสมโรคและแมลง พร้อมทั้งการให้หน่อใหม่จะเล็กลงด้วย ดังนั้นในช่วงเดือนที่ 3 หลังจากย้ายปลูกควรมีการตัดแต่งต้นออกบ้าง และตัดแต่งอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 15 วัน(สมพรและจำนอง, 2534)

ตามคำแนะนำของศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน แนะนำให้ย้ายกล้าหน่อไม้ฝรั่งที่อายุ 5-6 เดือน หลังจากย้ายปลูกแล้วประมาณ 3 เดือน จึงเริ่มเก็บหน่อเขียวและหน่อขาวได้ หน่อไม้ฝรั่งมีทั้งต้นเพศผู้และเพศเมีย ถ้าย้ายกล้าที่อายุ 6 เดือน ก็สามารถแยกเพศได้ แปลงปลูกเป็นการค้าควรเลือกปลูกเฉพาะต้นเพศผู้ เพราะให้หน่อมากกว่าและมีขนาดสม่ำเสมอถึงแม้ว่าขนาดหน่อจะเล็กกว่าตัวเมีย(สมพรและจำนอง, 2534)

4. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง

ในการปลูกหน่อไม้ฝรั่งนั้นเกษตรกรต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่ง เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาในการคัดเลือกสภาพแวดล้อมให้มีความเหมาะสมต่อการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่งได้แก่

4.1 อุณหภูมิ หน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่สามารถปรับตัวกับอุณหภูมิได้ค่อนข้างมาก สำหรับช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่งควรอยู่ในระหว่าง 24 – 35 องศาเซลเซียส (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530)

4.2 ลักษณะของดิน หน่อไม้ฝรั่งเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายชนิด แต่ที่สำคัญที่สุดคือ จะต้องเป็นดินที่ระบายน้ำดีและมีระดับน้ำใต้ดินต่ำ เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่มีรากยาว ดินที่มีความเหมาะสมต่อการปลูกหน่อไม้ฝรั่งได้แก่ ดินร่วน (loam) ดินร่วนปนทราย (sandy loams) ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt-loams) และ muck (Thompson และ Kelly, 1957; Peirce, 1987) ดินชนิดที่มีชั้นล่างเป็นทรายจัด เป็นก้อนกรวด หรือเป็นดินดานจัดว่าเป็นดินที่ไม่เหมาะกับการปลูกหน่อไม้ฝรั่ง เนื่องจากมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีการอุ้มน้ำได้น้อยมาก

4.3 อินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยให้ดินมีสมบัติทางกายภาพของดินดี คือทำให้ดินมีความร่วนซุย มีการอุ้มน้ำดี ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี รวมทั้งยังช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

4.4 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชต้องการธาตุอาหารเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างหน่อ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่งสด 1 เมตริกตัน พบว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจน 4.06 kg ฟอสฟอรัส 1 kg และโพแทสเซียม 2.5 kg (Peirce, 1987) และปริมาณจุลธาตุในหน่อไม้ฝรั่งสดดังนี้ Ca 250 µg/g, Cu 1.50 µg/g, Fe 6.2 µg/g, Mg 180 µg/g, Mn 1.0 µg/g, Zn 3.7 µg/g และ Na 4500 µg/g (Rojas *et al.* 1991) ดังนั้นความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงมีความสำคัญต่อหน่อไม้ฝรั่งมาก จึงต้องมีการเพิ่มหรือรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงไว้ โดยการใส่ปุ๋ยเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเอาไว้

4.5 ปฏิกริยาดิน หน่อไม้ฝรั่งชอบดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่างปานกลาง (pH 6.5-7.5) ซึ่งเป็นช่วงที่หน่อไม้ฝรั่งสามารถเจริญได้ดีที่สุด (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2530)

4.6 โรคและแมลงศัตรู โรคที่สำคัญของหน่อไม้ฝรั่ง ได้แก่ โรคใบเหี่ยวร่วง (cercospora blight Branches spot) โรคต้นไหม้ (stem blight) โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) โรคเน่าเปื่อย (Wet rot) ส่วนแมลงที่สำคัญได้แก่ หนอนกระทุ้งหอม (*Spodoptera exigua*) หนอนเจาะสมอฝ้าย (*Helicoverpa armigera*) หนอนกระทุ้งผัก (*Spodoptera litura*) หนอนคืบ (*Trichoplusia ni* Hiibner) เพลี้ยไฟฝ้าย (*Thrips palmi* Karny) เพลี้ยไฟหอม (*Thrips tabaci* Lindeman) (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

5. บทบาทและการใช้ธาตุอาหารหลักของต้นหน่อไม้ฝรั่ง

ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่ง Dorst (1997) รายงานว่า หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้ธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ในปริมาณเรียงจากมากไปน้อย ตามลำดับ โดยมีการใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ยต่อปี คือ 7, 2 และ 5 % ของปริมาณปุ๋ยที่ให้ตามลำดับ การใช้ธาตุอาหารของหน่อไม้ฝรั่งมีปริมาณสูงในช่วงที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินและราก (Robb, 1984) การใช้ธาตุอาหารมีปริมาณลดลงในช่วงเก็บเกี่ยวหน่อ ธาตุอาหารจะมีการเคลื่อนย้ายลงสู่ลำต้นใต้ดินในระยะชราภาพ (Dorst, 1997)

5.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารหลักที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชโดยเป็นธาตุองค์ประกอบของโปรตีน เอนไซม์ต่างๆ และคลอโรฟิลล์ Dorst (2003) รายงานว่า หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้ธาตุไนโตรเจนสูงในช่วงที่มีการเจริญเติบโตของลำต้นเหนือดินและราก ลำต้นเหนือดินที่มีขนาดใหญ่และแข็งแรง สามารถสร้างคาร์โบไฮเดรตที่ส่งไปเก็บในลำต้นใต้ดินได้มากด้วย และมีการศึกษาพบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากหน่อไม้ฝรั่ง แต่หากมีการให้มากเกินไปจะส่งผลให้น้ำตาลฟรุกโทสที่สะสมในรากสะสมอาหารของหน่อไม้ฝรั่งลดลงด้วย (Pitman *et al.*, 1991) การใช้ธาตุไนโตรเจนในช่วงเก็บเกี่ยวมีปริมาณลดลง โดยมีการสูญเสียไปกับผลผลิต ซึ่ง Ledgard *et al.* (1992) ได้ศึกษาการดูดใช้และการเคลื่อนย้ายของไนโตรเจนของหน่อไม้ฝรั่งที่เจริญเติบโตเต็มที่เป็นเวลา 2 ปี โดยใช้ 15^N พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนไม่เกิน 6 % ของปริมาณ 15^N ทั้งหมดที่สูญเสียไปกับผลผลิต

5.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารหลักที่หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้เป็นอันดับ 3 รองมาจากธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียม ตามลำดับ ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเป็นองค์ประกอบของสารฟอสเฟตที่ทำหน้าที่ในการรับช่วงถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ในระบบต่างๆ เช่น ระบบการสังเคราะห์แสง ระบบหายใจ การขนย้ายอาหาร รวมถึงการดูดกินน้ำและธาตุอาหารพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้คือ $H_2PO_4^-$ และ HPO_4^- หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้ธาตุฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตและแพร่กระจายของราก

หน่อไม้ฝรั่งที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีการเจริญเติบโตของรากแคระแกรน และส่งผลกระทบต่อทำให้ผลผลิตได้ลดลงด้วย (Tisdal and Nelson, 1975; Drost, 2003)

5.3 โปแทสเซียม

โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่หน่อไม้ฝรั่งมีการใช้เป็นอันดับที่ 2 รองจากไนโตรเจน Andres and Edgardo (2002) รายงานว่า โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต โดยทำหน้าที่ควบคุม osmotic pressure ของเซลล์ การเปิด-ปิดปากใบ รักษาระดับ pH ในไซโตรพลาสซึมและคลอโรพลาสต์ รวมถึงการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของเยื่อเจริญส่วนปลายยอดหรือราก นอกจากนี้โปแทสเซียมยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์พืช สำหรับการให้ผลผลิตแล้วมีรายงานว่า ธาตุไนโตรเจนและโปแทสเซียมมีบทบาทร่วมกันในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่ง โดย Sander (1999) ได้ทำทดลองปลูกหน่อไม้ฝรั่งในดินทรายเป็นเวลา 5 ปี พบว่า การให้น้ำปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโปแทสเซียมจะช่วยให้หน่อไม้ฝรั่งให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อให้น้ำปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยโปแทสเซียมในอัตราไม่เกิน 150 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์

6. การปลูกและการดูแลรักษา

การปลูกหน่อไม้ฝรั่งมี 2 วิธี คือปลูกด้วยเมล็ดและปลูกด้วยต้นกล้า วิธีที่นิยมกันมากที่สุดคือการปลูกด้วยต้นกล้า ในการเพาะกล้าหน่อไม้ฝรั่งนั้นสามารถเพาะกล้าได้ทั้งในแปลงและในถุงหรือกระถาง เมื่อหยอดเมล็ดได้ประมาณ 10 – 15 วัน ก็จะมีลำต้นโผล่พ้นดิน ขณะเดียวกันก็จะมีรากเจริญของรากพร้อมกันไปด้วย เมื่อก้ามอายุได้ประมาณ 4-6 เดือน ต้นกล้าจะมีความแข็งแรงพร้อมที่จะย้ายปลูกได้

ในการย้ายปลูกก็จะเลือกต้นกล้าที่มีความแข็งแรงสมบูรณ์ ต้นใหญ่มีรากมาก ถ้าเป็นต้นกล้าที่ย้ายปลูกอยู่ในถุงพลาสติกอยู่แล้ว ก็สามารถย้ายปลูกได้ทันทีโดยการเตรียมแปลงปลูก เนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชอายุยาว ปลูกครั้งเดียวสามารถทยอยเก็บเกี่ยวได้นาน 3-5 ปี ดังนั้นควรไถพรวนย่อยดินให้ดี โดยเฉพาะแหล่งปลูกที่มีชั้นดินดานตื้น ต้องไถระเบิดชั้นดินดาน ขุดทำหลุมปลูกในแปลงที่เตรียมไว้ โดยขุดหลุมลึก 15-25 cm หลุมกว้าง 20 cm ปลูกหลุมละ 1 ต้นโดยพยายามแผ่รากของต้นกล้าไม่ให้ขดอยู่เป็นกระจุก แล้วกลบดินรอบโคนต้นหนา 3-4 cm หรือพยายามพูนดินรอบโคนต้นให้เหนือระดับดินบนแปลงเล็กน้อย จึงกดดินรอบๆ โคนต้นกล้าให้แน่น รดน้ำให้พอชื้น

7. ปุ๋ยละลายช้า

ปุ๋ยละลายช้าหมายถึงปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้พืชอย่างช้าๆ ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษ 2 คำคือ slow – release fertilizer และ controlled release fertilizer ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันซึ่งส่วนใหญ่จะเรียกเป็นภาษาไทยว่า ปุ๋ยละลายช้า(Shaviv, 2001) ในทางวิชาการปุ๋ยปลดปล่อยช้า(slow – release fertilizer) และปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย(controlled release fertilizer) มีความหมายดังนี้

ปุ๋ยปลดปล่อยช้า (slow – release fertilizer) หมายถึงปุ๋ยที่มีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาช้ากว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป แต่ไม่สามารถควบคุมอัตราและช่วงเวลาในการปลดปล่อยธาตุอาหารได้มากนัก เนื่องจากอัตราการปลดปล่อยขึ้นอยู่กับปัจจัยภายนอก เช่น ความชื้นดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เป็นต้น ปุ๋ยประเภทนี้ได้แก่ ยูเรียฟอรัมาลดีไฮด์(urea - formaldehyde)(ขงยุทธและคณะ, 2551)

ปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อย(controlled release fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่มีความสามารถในการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ นอกจากนี้ยังทราบชัดเจนว่ามีปัจจัยใดบ้าง ที่มีอิทธิพลต่ออัตราและช่วงเวลาที่ยุ๋ยนั้นจะปลดปล่อยธาตุอาหาร ทั้งมีกลไกควบคุมการปลดปล่อยอยู่แล้วในปุ๋ยที่ผลิต เช่นปุ๋ยเคลือบ (coated fertilizer) (ขงยุทธและคณะ, 2551)

AAPFCO (1995)ได้ให้คำนิยามไว้ว่าปุ๋ยละลายช้าและควบคุมความเป็นประโยชน์หมายถึงการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในช่วงเริ่มต้นอย่างช้าๆหรือปลดปล่อยอย่างต่อเนื่องโดยกลไกต่างๆโดยการควบคุมความสามารถในการถูกละลายของน้ำ ปุ๋ยละลายช้าและปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยเป็นปุ๋ยที่เพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชโดย 1) ปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชอย่างช้าๆหลังจากใส่ลงไปแล้ว 2) ให้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้นานกว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป(AAPFCO, 1995)

8. ข้อได้เปรียบของปุ๋ยละลายช้า

8.1 ลดความเป็นพิษ(โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเพาะเมล็ด) อันเนื่องมาจากความเข้มข้นของไออนที่สูงจากการสลายตัวที่รวดเร็วของปุ๋ยเคมีธรรมดา และยังมีส่วนในการเพิ่มความปลอดภัยต่อการทำการเกษตร(Aglukon, 1993)

8.2 สามารถใส่ได้ทีละมากๆ โดยไม่ต้องแบ่งใส่หลายครั้งเป็นการลดภาระในเรื่องของเวลา และพลังงานได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไป

8.3 มีส่วนทำให้มีการวางแผนในการจัดการปุ๋ยขั้นสูงในการเปลี่ยนแปลงระบบการจัดการฟาร์มเช่นไม่ไถพรวนร่วมกับการใช้ปุ๋ยในพื้นที่(Fujita, 1996)

8.4 สามารถใช้ได้กับการปลูกพืชที่มีการคลุมพลาสติกและระบบอื่นๆ โดยที่สามารถใส่ได้ตามความต้องการธาตุอาหารสูงสุดของพืช

8.5 มีส่วนสำคัญในการลดการสูญเสียของธาตุอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของไนเตรต ลดการสูญเสียโดยระเหยของแอมโมเนียและยังลดมลพิษในสิ่งแวดล้อม(Mikkelsen *et al.*, 1994)

8.6 สามารถลดการเกิดแก๊ส N_2O (Shaviv and Mikkelsen, 1993)

9. ข้อเสียเปรียบของปุ๋ยละลายช้า

9.1 ไม่มีวิธีที่เป็นมาตรฐานสำหรับการบ่งบอกที่น่าเชื่อถือได้ของแบบแผนในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ออกมา(Hall, 1996)

9.2 การเกิดปฏิกิริยาทางเคมีของผลิตภัณฑ์เช่นปุ๋ย urea-formaldehyde สกัดส่วนของไนโตรเจนที่ใส่ลงไปอาจจะละลายลงในสารละลายดินช้าเกินไป(Matin and Trenkel, 1997)

9.3 ปุ๋ยที่เคลือบด้วยซัลเฟอร์ในช่วงแรกจะมีการปลดปล่อยที่รวดเร็วซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายให้กับพืช(Matin and Trenkel, 1997)

9.4 การใส่ปุ๋ยละลายช้าจะทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีความรุนแรงมากขึ้นถ้าเป็นปุ๋ยที่เคลือบด้วยซัลเฟอร์ (Matin and Trenkel, 1997)

9.5 ปุ๋ยละลายช้ามีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีทั่วไป

10. ชนิดของปุ๋ยละลายช้า

10.1 ผลิตภัณฑ์จากการควบแน่นระหว่างยูเรียกับฟอรัมาลดีไฮด์ (urea – formaldehyde condensation products) หมายถึง สารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับฟอรัมาลดีไฮด์ โดโนมีสัดส่วนระหว่าง 1.2 : 1 ถึง 1.9 : 1 กับควบคุม pH อุณหภูมิและช่วงเวลาของการทำปฏิกิริยา ให้เหมาะสม สารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยานี้มีหลายชนิด นับตั้งแต่ยูเรียที่ไม่ทำปฏิกิริยา ไดเมอร์ (dimers) และ โอลิโกเมอร์ (oligomers) ได้แก่ โมโนเมทิลอลยูเรีย (monomethylol urea) ไดเมทิลอลยูเรีย (dimethylol urea, DMU) และเมทิลีนยูเรียแบบต่างๆ เช่น ไดเมทิลีนไตรยูเรีย (dimethylene triurea) การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างกัน มีผลต่อชนิดของสารประกอบที่เกิดขึ้น เช่น เมื่อใช้เบสจะได้ สารประกอบที่ละลายน้ำได้ง่ายขึ้น แต่ถ้าเติมกรดจะได้สารประกอบที่มีโซ่ยาวจึงละลายน้ำยากและ ปลดปล่อยไนโตรเจนช้าลง ปุ๋ยจึงประกอบด้วยสารต่างๆ ที่มีขนาดโมเลกุลต่างกันเรียกว่ายูเรียฟอรัมา (ureaform) โดยปกติผลิตภัณฑ์ยูเรียฟอรัมาในโตรเจน 37 - 40 % (ยงยุทธและคณะ, 2551)

10.2 ยูเรีย – แอลดีไฮด์ชนิดอื่นๆ นอกจากยูเรียฟอรัมาแล้ว ยังมีสารประกอบในโตรเจนที่ผลิตได้จากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับแอลดีไฮด์อีกหลายชนิด ดังนี้

10.2.1 ไอบิวติลิดีนไดยูเรีย (isobutylidene diurea, IBDU) ผลิตได้จากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับ ไอโซบิวทิวแอลดีไฮด์ (isobutylaldehyde) ผลิตภัณฑ์ที่มีในโตรเจน 31 % ซึ่งส่วนมากไม่ละลายน้ำ ปุ๋ยมีลักษณะเป็นผงสีขาวละลายน้ำได้เพียง 0.01 ถึง 0.1 g ต่อ น้ำ 100 g การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยเกิดจากการแยกสลายด้วยน้ำ ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยจึงขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดปุ๋ยและความชื้นของดินเป็นหลัก (ยงยุทธและคณะ, 2551)

10.2.2 ยูเรียไตรอะโซน (urea triazone) ผลิตจากยูเรีย แอมโมเนียมและฟอรัมาลดีไฮด์ได้สารประกอบที่มีอะตอมเรียงกันเป็นวงแหวน ซึ่งในสารประกอบนี้มีไนโตรเจน 3 อะตอม ปุ๋ยอยู่ในรูปของเหลวมีไนโตรเจนประมาณ 28 % (ยงยุทธและคณะ, 2551)

10.2.3 ซีตียู (crotonylidene diurea, CDU) ผลิตได้จากปฏิกิริยาระหว่างยูเรียกับแอซีตอลดีไฮด์ มีกรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยปฏิกิริยาดำเนินไปหลายขั้นตอน ในที่สุดได้สารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวนมีไนโตรเจน 32 % สำหรับการปลดปล่อยไนโตรเจนนั้นใช้กลไก 2 แบบ คือ ปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำและการสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารจึงขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดปุ๋ยกับ pH อุณหภูมิและความชื้นในดินที่เป็นกรดการสลายตัวจะช้ากว่า IBDU (Matin and Trenkel, 1997)

10.3 ปุ๋ยเคลือบ(coated fertilizer) การเคลือบเม็ดปุ๋ยที่ละลายง่ายมีหลักการดังนี้ 1) ผิวเคลือบมีความหนาตามแบบที่กำหนด เพื่อให้ปุ๋ยละลายออกมาในอัตราที่ต้องการ 2) มีวิธีการเคลือบที่แน่นอนเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามมาตรฐาน ชนิดของปุ๋ยเคลือบมีดังนี้

10.3.1 ยูเรียเคลือบด้วยกำมะถัน (sulfur – coated urea , SCU) วิธีเคลือบยูเรียชนิดเม็ดด้วยกำมะถันมีขั้นตอนดังนี้ 1) นำปุ๋ยมาทำให้ร้อน และ 2) หลอมกำมะถันที่อุณหภูมิ 156 องศาเซลเซียส แล้วพ่นไปเคลือบเม็ดปุ๋ยยูเรีย ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีไนโตรเจน 31 % - 42 % ซัลเฟอร์ 10 % - 27 % และประมาณ 5 % เป็นสารเชื่อมและสารปรับสภาพ(Matin and Trenkel, 1997) อย่างไรก็ตามการเคลือบด้วยกำมะถันเพียงอย่างเดียว ผิวที่ได้จะมีร่วนมากเกินไป เป็นเหตุที่ทำให้การควบคุมการละลายได้ไม่ดีนัก จึงต้องแก้ไขจุดบกพร่องนี้โดยผสมสารอีก 2 อย่าง คือ 1) ใช้ไขเป็นวัสดุอุดกันรั่ว(wax sealant) เพื่อลดการซึมของน้ำ 2) เพิ่มสารควบคุมการกิจกรรมของจุลินทรีย์ (micro biocide) เพื่อไม่ให้จุลินทรีย์ออกซิไดส์กำมะถันเร็วเกินไป และ 3) เคลือบชั้นนอกสุดด้วยวัสดุปรับสภาพปุ๋ย(conditioner) เช่น ดินเหนียวแอตตาปูลไจต์

อัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนออกจากปุ๋ยขึ้นอยู่กับคุณภาพของการเคลือบ ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้ เม็ดปุ๋ยที่ผ่านการเคลือบแล้วแบ่งได้เป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน ส่วนที่ 1 มีรอยร้าวที่ผิวเคลือบ ส่วนที่ 2 สามารถรอยร้าวบนรอยร้าวด้วยไขแล้ว และ ส่วนที่ 3 เคลือบหนาและผิวเคลือบผิวสมบูรณ์ เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปในดิน ปุ๋ยส่วนแรกจะละลายน้ำและยูเรียก็จะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชทันที ส่วนที่ 2 และ 3 จะทยอยปลดปล่อยออกมาโดยส่วนที่ 3 ใช้เวลานานที่สุด สำหรับปริมาณของยูเรียในเม็ดปุ๋ยที่เคลือบหนาและสมบูรณ์นี้เรียกว่า “locked off ” ซึ่งทอดเวลาการปลดปล่อยได้นานกว่าสองส่วนแรก(ขงยุทธและคณะ, 2551)

10.3.2 ยูเรียเคลือบด้วยกำมะถันและเคลือบทับด้วยพอลิเมอร์ (polymer coating of SCU) เนื่องจากยูเรียเคลือบด้วยกำมะถัน ควบคุมการปลดปล่อยยูเรียออกมาจากเม็ดปุ๋ยได้ไม่ค่อยดี นักผู้ผลิตจึงปรับปรุงวิธีการโดยการเคลือบพอลิเมอร์อินทรีย์เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) หรือเรซิน (resin) เพิ่มอีกชั้นหนึ่ง ได้ปุ๋ยที่เรียกกันว่า PSCU(polymer coated SCU) สำหรับสมบัติทางด้านการควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารดีกว่า SCU มาก นอกจากนี้พอลิเมอร์ที่เคลือบทับ ยังเพิ่มความทนทานต่อการขัดสี(attrition resistance) ระหว่างเม็ดปุ๋ยข้างเคียงกัน(ขงยุทธและคณะ, 2551)

10.3.3 ปุ๋ยเคลือบด้วยสารพอลิเมอร์อินทรีย์ (fertilizers coated with organic polymers)หมายถึงปุ๋ยที่เคลือบด้วยเรซินและเทอร์มอพลาสติกพอลิเมอร์ ดังนี้

10.3.3.1 ปุ๋ยเคลือบด้วยเรซิน(resin-coated fertilizers) เรซินสังเคราะห์ หมายถึงพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นมีรูปของเม็ดหรือผง ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการแปรรูปทำผลิตภัณฑ์ โครงสร้างระหว่างโมเลกุลมีลักษณะการเชื่อมโยง(cross link) เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ(hydrophobic polymer) สำหรับเรซินที่ใช้เคลือบผิวเม็ดปุ๋ยเป็นพวกที่สลายได้เมื่อความร้อนสูง(thermosetting resin) (ขงยุทธและคณะ, 2551)

10.3.3.2 ปุ๋ยเคลือบด้วยเทอร์โมพลาสติกพอลิเมอร์(thermoplastic polymer-coated fertilizer) พอลิเมอร์ที่ใช้ในการเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยคือพอลิเอทิลีน(polyethylene, PE) เทคโนโลยีการเคลือบผิวเม็ดปุ๋ยด้วยเทอร์โมพลาสติกพอลิเมอร์นี้ ใช้ได้กับปุ๋ยแบบแกรนูลาร์และแบบพริลทั่วไป ส่วนวิธีการควบคุมอัตราการปลดปล่อยก็คือ ปรับสัดส่วนของพอลิเอทิลีนกับเอทิลีน-ไวนิล-แอซิเตต(ethylene vinyl acetate, EVE) และปรับเปอร์เซ็นต์ของฟุนแร่ที่เติมระหว่างการเคลือบให้ได้ปุ๋ยที่ปลดปล่อยธาตุอาหารเร็ว ปานกลางและช้ามาก แล้วนำปุ๋ยเหล่านั้นมาผสมกันตามสัดส่วนที่ต้องการ(ขงยุทธและคณะ, 2551)

11. การปลดปล่อยธาตุอาหารจากปุ๋ยละลายช้า

11.1 ผลกระทบจากการควบแน่นระหว่างยูเรียกับแอลดีไฮด์ การปลดปล่อยของไนโตรเจนของยูเรียฟอร์มส่วนใหญ่เกิดจากการสลายตัวโดยจุลินทรีย์ดิน อัตราการสลายตัวของปุ๋ยจึงขึ้นอยู่กับสมบัติของดินที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน เช่น pH เนื้อดิน อุณหภูมิ และความชื้นของดิน(Trenkel, 1997)

11.2 ไอบิดิยู การปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยไอบิดิยูเกิดจากการทำปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำ นอกจากนี้อัตราการปลดปล่อยยังขึ้นอยู่กับ pH และอุณหภูมิดินอีกด้วย(Matin and Trenkel, 1997)

11.3 ซิเดิยู การปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยซิเดิยูเกิดจากปฏิกิริยาแยกสลายด้วยน้ำและการสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยจึงขึ้นอยู่กับขนาดเม็ดปุ๋ย pH อุณหภูมิ และความชื้นของดิน(Trenkel, 1997)

11.4 ยูเรียเคลือบด้วยกำมะถัน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อธิบายการปลดปล่อยยูเรียสู่ดินจากปุ๋ยยูเรียเคลือบด้วยกำมะถัน กล่าวถึงลักษณะของเม็ดปุ๋ยว่ามีรอยร้าวหรือรูเล็กๆซึ่งมีไขหรือ

พลาสติกอุคไว้เมื่อผิวเคลือบถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายยูเรียจึงแพร่ออกมาทางรูดังกล่าว และ อุณหภูมิกับความชื้นของดินก็มีอิทธิพลต่อการแพร่ด้วย(ยงยุทธและคณะ, 2551)

11.5 ปุ๋ยเคลือบด้วยสารโพลีเมอร์อินทรีย์ การปลดปล่อยธาตุอาหารจะปลดปล่อยโดยการแพร่ โดยแบ่งออกเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ช่วงนี้ ให้น้ำซึมเข้าไปในเม็ดปุ๋ยอย่างช้าๆ แล้วเริ่มละลายปุ๋ยส่วนที่อยู่ใกล้ผิวเคลือบ ในขั้นตอนนี้จะมีพลังขับเคลื่อนอันเกิดจากความแตกต่างของความดันไอระหว่างสารเคลือบทั้ง 2 ด้านเมื่อให้น้ำเข้าไปอยู่ภายในชั้นผิวเคลือบ ก็จะเกิด 1) การครอบครองเฉพาะที่ว่างในช่องอันจำกัด 2 ส่วนคือ รูพรุนภายในเนื้อปุ๋ย และช่องระหว่างผิวเคลือบและปุ๋ยเท่านั้น 2) ทำให้น้ำหนักปุ๋ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และ 3) แรงดันภายในสูงขึ้นและปริมาตรของเม็ดปุ๋ยก็โตขึ้น สำหรับช่วงเวลาในช่วงนี้คือ เวลาที่ทำให้ช่องทั้งหมดมีของเหลวเต็ม ช่วงนี้จะสิ้นสุดเมื่อสารละลายปุ๋ยเริ่มดันผนังด้านในของผิวเคลือบและเป็นจุดเริ่มต้นของระยะที่ 2

ระยะที่ 2 ปลดปล่อยครั้งที่ สำหรับอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารในช่วงนี้จะคงที่ ตรงเท่ากับที่สารละลายอิมพัลส์ยังคงสมดุลกับปุ๋ยแข็งที่ยังเหลืออยู่ในเม็ด เนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยซึ่งอิมพัลส์และคงที่ ทำให้เกรเดียนต์ความเข้มข้นและเกรเดียนต์แรงดันคงที่ จึงเป็นปัจจัยกำหนดค่าแรง ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนให้ปุ๋ยออกมาภายนอกในอัตราคงที่ ในระยะนี้ปริมาตรของเม็ดปุ๋ยคงที่ แสดงว่าปริมาตรซึ่งลดลงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของปุ๋ยออกไป ได้มีน้ำจากภายนอกเข้ามาชดเชยในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

ระยะที่ 3 การปลดปล่อยลดลง เกิดขึ้นนับตั้งแต่เนื้อปุ๋ยภายในเม็ดได้ละลายหมดแล้ว ต่อจากนั้นแรงที่ใช้ขับเคลื่อนการปลดปล่อยปุ๋ยก็เริ่มลดลงเรื่อยๆ ในช่วงท้ายจะมีปุ๋ยน้อยมากจนหมดไป(ยงยุทธและคณะ, 2551)

12. การใช้ปุ๋ยละลายช้า

เนื่องจากปุ๋ยละลายช้าพัฒนาขึ้นเพื่อ 1) เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้โดยไม่ต้องแบ่งใส่บ่อยครั้ง และ 2) ต้องการให้พืชได้รับธาตุอาหารอย่างต่อเนื่อง แต่เนื่องจากปุ๋ยละลายช้าไม่มีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีธรรมดาหลายเท่าอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนดังนั้นในการใช้ปุ๋ยละลายช้าจึงต้องคำนึงถึงพืชที่จะใช้ ซึ่งต้องใช้กับพืชที่มีผลตอบแทนสูง ต้องบำรุงอย่างดีและกำจัดแรงงานแพง(Richards and Reed, 2004)

Shaviv and Mikkelsen (1993) ได้พูดถึงปัญหาที่น่ากังวลใจของการใช้ปุ๋ยละลายช้าว่ามีการใช้กันอย่างจำกัดมากเนื่องจากมีการเปรียบเทียบกับราคาจึงทำให้การใช้ปุ๋ยละลายช้าไม่เป็นที่นิยม

13. การใช้ในโรงเรือนเพาะชำและไม้กระถาง

ประมาณร้อยละ 65 ของปุ๋ยละลายช้าทั้งหมด ถูกนำไปใช้กับพืชในโรงเรือนเพาะชำและไม้กระถาง เนื่องจากปุ๋ยละลายช้าสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้สม่ำเสมอ และต่อเนื่องกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีทั่วไป นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยละลายช้ายังไม่มีปัญหาการสะสมเกลือในกระถาง และต้องให้น้ำส่วนเกินเพื่อล้างเกลือ เหมือนการใช้ปุ๋ยเคมีตามปกติ การเตรียมดินกล้าในกระบะที่มีการใช้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำหากใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยละลายช้าในดินด้วยก็จะให้ผลดียิ่งขึ้น (Pauly *et al.*, 2002; Moore, 2004)

14. การประเมินผลกำไรจากการใช้ปุ๋ยละลายช้า

การใช้ปุ๋ยละลายช้าผู้ใช้อย่างไรก็ตามมีความคาดหวังด้านผลการใช้ดังนี้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารประหยัดแรงงานหรือค่าใช้จ่ายในการใส่เพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ซึ่งการใช้นอกฟาร์มกับงานที่ประณีตและมีการประเมินทั้งผลเชิงปริมาณ คุณภาพและความพึงพอใจมักจะได้ผลตามความคาดหวัง แต่การนำเสนอผลการทดลองกับพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ในสภาพไร่นาที่ว่า เมื่อใช้ปุ๋ยละลายช้าอัตราเดียวกับการใช้ปุ๋ยเคมีแล้วจะให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตสูงกว่าเดิม นั้นนับว่ายังไม่เพียงพอ แต่ควรนำเสนอข้อมูลที่ก้าวหน้า เช่น เปรียบเทียบให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าอัตราต่ำกว่ายังให้ผลดีเท่ากับหรือดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามปกติเพียงใด ซึ่งจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการประเมินผลกำไรจากการใช้ปุ๋ยละลายช้า เนื่องจากปุ๋ยละลายช้านั้นมีราคาแพงกว่าปุ๋ยเคมีธรรมดา (ยงยุทธและคณะ, 2551)

Escobar *et al.* (2003) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยละลายช้าและปุ๋ยเคมีปกติต่อการเจริญเติบโตของมะกอกในโรงเรือนที่อัตรา 0.75 g N และ 2 g N พบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้าที่อัตรา 0.75 g N ทำให้การเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีปกติที่อัตรา 2 g N และการสูญเสียของไนโตรเจนของปุ๋ยเคมีปกติสูงกว่าปุ๋ยละลายช้า

Yan and Zheng-yin (2007) ได้ศึกษาลักษณะการละลายของไนโตรเจนจากปุ๋ยละลายช้า พบว่าประสิทธิภาพของการใช้ในโตรเจนของข้าวเพิ่มขึ้น 11.4 % เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีปกติ

Rodrigues *et al.* (2009) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยละลายช้าต่อการเจริญเติบโตของกระหล่ำปลีพบว่าในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยละลายช้าในแปลงนั้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ 20% ของไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนในกระถางนั้นพืชสามารถนำไปใช้ได้ประมาณ 49.6%

Zekri และ Koo (1992) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์สำหรับต้นอ่อนของพืชในตระกูลส้มพบว่าการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์นั้นให้ขนาดของผลและผลผลิตได้มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีปกติ

Cartagena *et al.* (1995) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่างๆ ในการปลูกข้าวโพดพบว่าการใช้ปุ๋ยละลายช้า (ฟลอราเนค) ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการดูดธาตุอาหารของข้าวโพดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย

Zekri and Koo (1992) ได้รายงานไว้ว่าการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์จะช่วยส่งเสริมการปลูกพืชตระกูลส้มในพื้นที่ดินทรายและในสภาพอากาศเขตร้อนโดยไม่ส่งผลกระทบต่อกรเจริญเติบโต คุณภาพของผลผลิต

15. ผลต่อสิ่งแวดล้อมของการใช้ปุ๋ยละลายช้า

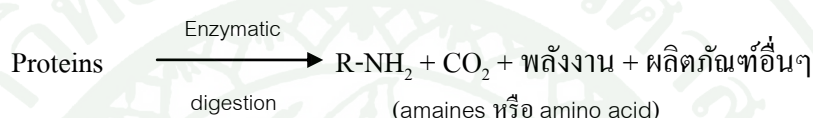
Trenkel (1997) รายงานไว้ว่า ปุ๋ยที่เคลือบด้วยซัลเฟอร์ในช่วงแรกจะมีการปลดปล่อยที่รวดเร็วซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายให้กับพืช และยังมีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีความรุนแรงมากขึ้นถ้าเป็นปุ๋ยที่เคลือบด้วยซัลเฟอร์

ในการใช้ปุ๋ยละลายช้านี้มีช่วยลดการปนเปื้อนของไนเตรตในแหล่งน้ำอันเนื่องมาจากการแปรสภาพของแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรตในสภาพที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดีโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไนตริฟายอิงแบคทีเรียจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน แล้วเกิดการชะล้างไอออนนี้ไปสะสมในน้ำใต้ดินทำให้มีไนเตรตในน้ำมากเกินไป หากอยู่ดินอยู่ในสภาพที่อับอากาศหรือขาดออกซิเจนไนเตรตจะถูกรีดิวส์ไปเป็นแก๊ส NO_2 , NO และ N_2 ซึ่งระเหยไปสะสมอยู่ในบรรยากาศซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โลกร้อน (ยงยุทธและคณะ, 2551)

16. การแปรสภาพของไนโตรเจนในดิน

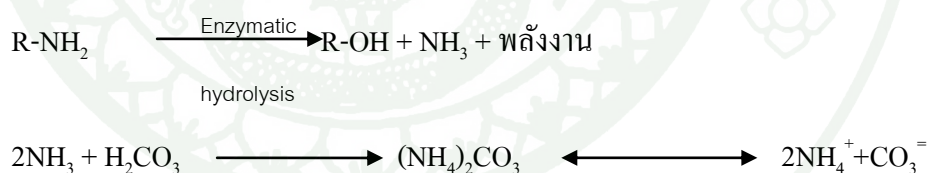
ไนโตรเจนในดินจะมีการเปลี่ยนรูปหรือแปรสภาพตลอดเวลา การแปรสภาพของไนโตรเจนส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีววิทยา(biological process) ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีจุลินทรีย์มาเกี่ยวข้อง กระบวนการแปรสภาพของไนโตรเจนมีรายละเอียดดังนี้

16.1 อะมิไนเซชัน(aminization) เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบโปรตีนโดยจุลินทรีย์พวก heterotrophy กระบวนการย่อยสลายนี้เป็นแบบ enzymatic digestion ซึ่งเปลี่ยนสภาพโปรตีนให้เป็นสารประกอบไนโตรเจนพวก amino compound ต่างๆ เช่น proteose และ peptone จนในที่สุดก็เปลี่ยนไปเป็นอะมีน (amine) และกรดอะมิโน (amino acid)



จุลินทรีย์ได้พลังงานจากกระบวนการนี้ ส่วยสารประกอบของอะมีนและกรดอะมิโนที่เกิดขึ้น บางส่วนจะถูกนำมาสร้างเซลล์และบางส่วนจะถูกแปรสภาพไปอีก(คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541)

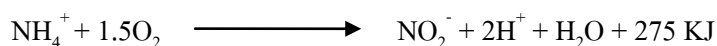
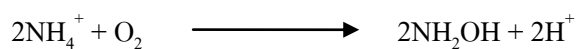
16.2 แอมโมนิฟิเคชัน(ammonification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนสารประกอบพวกอะมีนหรือกรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนีย แอลกอฮอล์และพลังงาน ดังสมการ



กระบวนการนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้ แต่จะดำเนินไปด้วยดีในสภาพที่ดินมีการถ่ายเทอากาศดี มีแคลไออนที่เป็นค่าเพียงพอ แต่กระบวนการนี้ก็ยังดำเนินไปได้บ้างถึงแม้ว่าสภาพของดินไม่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะว่ายังมีจุลินทรีย์พวกที่สร้างอาหารเองไม่ได้บางชนิดที่สามารถจะทำงานได้(คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2541)

16.3 ไนตริฟิเคชัน(nitrification) คือกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียหรือแอมโมเนียมไอออนเป็นไนเตรต ซึ่งประกอบด้วย 2 กระบวนการ คือ 1) การเปลี่ยนแอมโมเนียมไอออนให้เป็นไนไตรต์โดยกระบวนการแอมโมเนียมออกซิเดชัน(ammonium oxidation) 2) การเปลี่ยนไนไตรต์ให้เป็นไนเตรตโดยกระบวนการไนไตรต์ออกซิเดชัน (nitrite oxidation) (Paul and Clark, 1996) ดังสมการดังนี้

ขั้นที่ 1 การเปลี่ยนแอมโมเนียม(NH_4) เป็นไนไตรต์(NO_2) โดยแบคทีเรียดังสมการ



ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ *Nitrosomonas europaea*, *Nitrosomonas oligocarbogenes*, *Nitrosovibrio tenuis*, *Nitrosococcus nitrosus*, *Nitrosococcus oceanus*, *Nitrospira briensis* และ *Nitrosolobus multiformis*

ขั้นที่ 2 การเปลี่ยนไนไตรต์ (NO_2) เป็นไนเตรต (NO_3) โดยแบคทีเรียดังสมการ



ตัวอย่างแบคทีเรียในกลุ่มนี้ได้แก่ *Nitrobacter winogradski*, *Nitrobacter agilis*, *Nitrospira gracilis*, *Nitrococcus mobiles*, (Bitton, 1994; Yanagita, 1990)

แบคทีเรียกลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรีย ส่วนมากจะเป็น chemolithotrophs คือ แบคทีเรียที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแหล่งของคาร์บอนและจากสมการเห็นได้ว่าแบคทีเรียกลุ่มไนตริไฟอิงแบคทีเรียเป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ เพราะเอนไซม์ในปฏิกิริยาแอมโมเนียมออกซิเดชันต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการกระตุ้นเพื่อให้เกิดปฏิกิริยา(Wood, 1986) ปฏิกิริยานิตริฟิเคชันสามารถเกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุดเมื่อมี pH ประมาณ 7-8 และอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส(สุบันจิต, 2549)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. กล้าหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์บร็อกอิมโปรฟ (Brock' Improve) อายุ 5 เดือน
2. กระจกพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว และถาดรองกระจก
3. ชุดดินกำแพงแสน(มีการผสมกับเกลบดิบและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วนดินต่อเกลบต่อปุ๋ยอินทรีย์(มูลไก่) 4:1:1)
4. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนด; 20-5-8), ปุ๋ยยูเรีย(46 % N), ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต(46 % P_2O_5), และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์(60 % K_2O)
5. สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช
6. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารดินและพืช
7. สารเคมีที่ใช้ในการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
8. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารดินและพืช ได้แก่ microkjeldahl distillation apparatus(Gerhard:VAP 20 model), digestion apparatus(Gerhard:G 704000 model), atomic absorption spectrophotometer(SpectrAA 220 FS), spectrophotometer(Beckman; series 500)
9. อุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design(CRD) จำนวน 13 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้

1. ไม่ใส่ปุ๋ย(ดำรับควบคุม)
2. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 12 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
3. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 12 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง
4. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 24 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
5. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 24 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง
6. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 48 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
7. ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 48 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง
8. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 12 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
9. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 12 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง
10. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 24 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
11. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 24 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง
12. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 48 kg N/rai ใส่ 1 ครั้ง
13. ปุ๋ยละลายช้า(ฟลอแรนนิค)อัตรา 48 kg N/rai แบ่งใส่ 2 ครั้ง

2. การเตรียมดิน

เตรียมดินโดยใช้ชุดดินกำแพงแสนผสมกับแกลบดิบและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราดินต่อแกลบต่อปุ๋ยอินทรีย์ (มูลไก่) 4:1:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน กองทิ้งไว้ 30 วัน โดยมีสมบัติบางประการดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นบรรจุดินลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว โดยบรรจุกระถางละ 15 กิโลกรัม

3. การย้ายกล้าปลูกหน่อไม้ฝรั่ง

ใช้กล้าหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ Brock Improve อายุ 5 เดือน ปลูกลงในกระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 นิ้ว ภายในโรงเรือนทดลอง โดยปลูกลงกระถางละ 1 กอ มีต้นแม่ 3 - 4 ต้น สูง 35 - 40 cm ขุดหลุมขนาด กว้าง 3 นิ้ว ลึก 5 นิ้ว ใส่กล้าหน่อไม้ฝรั่งลงไปแล้วกลบดินทับลงไป

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีบางประการของดินผสมก่อนปลูก

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ระดับ*
pH (soil:H ₂ O; 1:1) ^{1/}	7.20	เป็นกลาง
Electrical conductivity 1:5 (dS/m)	1.20	ไม่เค็ม
Organic matter (%) ^{2/}	2.85	ปานกลาง
Total nitrogen (%) ^{3/}	0.22	สูง
Available phosphorus (mg/kg) ^{4/}	372.50	สูงมาก
Exchangeable potassium (mg/kg) ^{5/}	1,516.8	สูงมาก

^{1/} 1:1 water/soil measurement by pH meter; ^{2/} Walkley and Black method; ^{3/} Kjeldahl method; ^{4/} Bray II extraction; ^{5/} extract with 1N ammonium acetate pH 7.0; * กองสำรวจดิน (2523)

4. การใส่ปุ๋ย

ปุ๋ยในโตรเจนที่ใช้ประกอบด้วยปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยละลายช้าเป็นชนิด isobutylidene diurea (IBDU) มีชื่อทางการค้าว่า ฟลอราเนิด (Floranid) สูตร 20-5-8 โดยได้รับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง ใส่ทั้งหมดหลังจากย้ายกล้าลงในกระถางปลูกแล้ว 10 วัน ส่วนได้รับการทดลองที่แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ในปริมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมดหลังจากย้ายปลูกลงกระถางแล้ว 10 วัน และใส่ที่เหลือหลังจากย้ายปลูกลงกระถางแล้ว 60 วัน โดยใส่ห่างจากโคนต้น 1.5 นิ้ว แล้วพรวนดินกลับ ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ใส่พร้อมกับการใส่ปุ๋ยในโตรเจนครั้งที่ 1 ปรับให้มีปริมาณที่เท่ากันในทุกการทดลองโดยใช้ triple superphosphate และ muriate of potash

5. การดูแลรักษา

รดน้ำในปริมาณที่เท่ากันในทุกการรับ โดยรดทุกๆ 2 วัน หรือตามความเหมาะสม ฉีดพ่นยาแลมบ์ดาไซฮาโลทริน(คาราเต้ 2.5%EC) และ Benlate-OD 50 % wp ทุก 15 วันเพื่อกำจัดแมลงและเชื้อรา ตัดแต่งลำต้นครั้งแรกหลังจากย้ายปลูกแล้ว 3 เดือน ครั้งที่ 2 ก่อนเก็บเกี่ยวโดยเหลือต้นแม่ไว้ 4-6 ต้น/กอ และทำการพุงลำต้นเพื่อไม่ให้ต้นล้ม

6. การเก็บข้อมูล

6.1 ข้อมูลดิน

6.1.1 วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรตในดิน(ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ที่ระดับความลึก 0 – 15 ที่ระยะ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังจากใส่ปุ๋ย มีวิธีการดังนี้

การสกัดปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรต

ทำโดยชั่งดิน 5 g ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml เติม 2 N KCl 50 ml เขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นกรองน้ำสิ่งที่กรองได้มาหาปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรต

วิธีการกลั่นหาแอมโมเนียม

รินน้ำยา H_3BO_3 – indicator solution 5 ml ลงไปใน erlenmeyer flask ขนาด 50 ml นำไปวางที่ได้ก้านของ condenser ของเครื่องกลั่น เตรียมดูดตัวอย่างที่จะนำมาใช้โดย volumetric pipet (ประมาณ 10-20 ml) ใส่ลงใน flask ที่จะกลั่น เติม MgO 0.2 g ลงไป เติมน้ำและกลั่นจนกระทั่งได้ distillate 30 ml ไตเตรตด้วย 0.005 N H_2SO_4 จนกระทั่งสีของ distillate เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นม่วงแดง(ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

วิธีการกลั่นหาไนเตรต

หลังจากที่กลั่นแอมโมเนียมเสร็จแล้วให้เติม Devarda alloy 0.2 g ลงใน flask ที่จะกลั่น เติม MgO 0.2 g ลงไป เติมน้ำและกลั่นจนกระทั่งได้ distillate 30 ml ไตเตรตด้วย 0.005 N H_2SO_4 จนกระทั่งสีเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นม่วงแดง(ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

6.1.2 วัดค่าปฏิกิริยาดิน(pH, ดิน:น้ำ; 1:1) และค่าการนำไฟฟ้าของดิน(EC,ดิน:น้ำ; 1:5) ที่ระดับความลึก 0 – 15 cm ที่ระยะ 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังจากใส่ปุ๋ย(ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

6.1.3 วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ที่ระดับความลึก 0 – 15 cm ที่ระยะหลังเก็บหน่อ โดยมีวิธีการดังนี้

วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ชั่งตัวอย่างดิน 1 g ลงใน Micro- Kjeldahl flask เติม digestion mixture ลงไป 5 ml นำไปวางบน Kjeldahl heater ย่อยจนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าและกรองด้วยกระดาษกรองแล้วเก็บสารละลายเก็บไว้ในขวดพลาสติก จากนั้นนำไปหาปริมาณไนโตรเจนต่อไป

ดูด aliquot จำนวน 10 ml ลงใน distillation flask เติม 10 N NaOH ลงไป 5 ml และ Boric acid indicator 5 ml กลั่นจนได้สารละลายประมาณ 30 ml จากนั้นนำไปไตเตรตด้วย 0.01 N H_2SO_4 (ทศนิยมและจรรยา, 2542)

วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

นำตัวอย่างดินมาสกัดด้วย soil : reacting (Bray II) 1:10 เขย่าโดยใช้ erlenmeyer flask เป็นเวลา 60 วินาที แล้วจึงกรองเอาน้ำสกัดเก็บไว้ในขวดที่สะอาดและปิดจุกให้แน่นเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ P ในน้ำสกัดต่อไป

ดูด aliquot 0.1 ml ของน้ำสกัดที่เตรียมไว้ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 ml เติมน้ำลงไปจนมีปริมาตรประมาณ 20 ml เขย่าให้เข้ากันเติมน้ำยาที่ทำให้เกิดสีลงไป 4 ml เขย่าให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรครบ 25 ml เขย่าให้เข้ากันวางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เมื่อเกิดสีแล้วจึงเริ่มอ่านเปอร์เซ็นต์ transmittance ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ standard curve ที่เตรียมไว้แล้ว และคำนวณหาความเข้มข้นของ P (ทศนิยมและจรรยา, 2542)

วิธีการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ชั่งตัวอย่างดิน 2.5 g ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เติมน้ำยาสกัดแอมโมเนียมอะซิเตด ลงไป 10 ml เขย่าทิ้งไว้ 30 นาที เขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบตามเวลาแล้วกรองน้ำใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml ปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้ 3 ครั้ง เสร็จแล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 50 ml โดยใช้แอมโมเนียมอะซิเตด นำสิ่งที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณ K โดยใช้ atomic absorption spectrophotometer (ทศนิยมและจรรยา, 2542)

6.2 ข้อมูลพืช

6.2.1 การเจริญเติบโตของพืช

- ความสูงของทรงพุ่ม (cm) วัดทุกๆ 10 วันหลังย้ายปลูก

- เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นหลังจากเก็บผลผลิต

6.2.2 ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่ง

การเก็บข้อมูลผลผลิตที่อายุ 4 ถึง 6 เดือนหลังย้ายปลูก เก็บทุกวันในแต่ละดำรับ โดยแบ่งออกเป็น 2 รอบการเก็บเกี่ยว แต่ละรอบมีระยะเวลา 30 วัน รวมทั้งหมด 60 วัน โดยเก็บหน่อที่มีความยาวไม่ต่ำกว่า 25 เซนติเมตร จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนัก วันเส้นผ่านศูนย์กลางหน่อ และนับจำนวนหน่อ

6.2.3 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในต้นหน่อไม้ฝรั่ง

สุ่มเลือกต้นหน่อไม้ฝรั่งในแต่ละดำรับการทดลองที่ระยะหลังเก็บหน่อ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารสะสมโดยเลือกเก็บที่ช่วง 30 cm จากปลายยอดลำต้น (Robinson, 1997) เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุ ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยมีวิธีการดังนี้

นำต้นพืชที่อบจนแห้งแล้วมาบดให้ละเอียด จากนั้นชั่งตัวอย่างของต้นพืชจำนวน 0.2 g ใส่ในหลอด test tube ขนาด 75 ml เติม digestion mixture (H_2SO_4 (ml) : NaSO_4 (gm) : Se(gm) = 1000 : 100 : 1) ลงไป 5 ml แล้วนำไปย่อยบน digesting apparatus ภายใต้ fume hood ควบคุมอุณหภูมิของเครื่อง digest ให้อยู่ในช่วง 360-400 องศาเซลเซียส ย่อยจนได้สารละลายใส จึงยกลงทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 ml ด้วยน้ำกลั่น เขย่าและกรองด้วยกระดาษกรองแล้วเก็บสารละลายเก็บไว้ในขวดพลาสติกขนาด 100 ml แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

6.3 ปริมาณไนโตรฟายอิงแบคทีเรียในดิน

หาปริมาณไนโตรฟายอิงแบคทีเรียในดินที่ระยะ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย โดยมีสูตรอาหาร nitrifying medium ใช้ในการคัดเลือกเชื้อ *Nitrobacter* sp. โดยมีวิธีการดังนี้

สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 15 cm จากนั้นนำมาเจือจางตามความเข้มข้นต่างๆด้วยวิธี direct dilution technique จากนั้นดูดน้ำ 0.1 ml ของแต่ละความเข้มข้นหยดลงบน

ผิวน้ำอาหารเลี้ยงเชื้อ เกลี่ยให้ทั่ว บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน แล้วตรวจนับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนผิวน้ำอาหาร

สูตรอาหาร Nitrifying medium

NaNO_2	1.0 g
Na_2CO_3	1.0 g
NaH_2PO_4	0.25 g
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.01 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.03 g
K_2HPO_4	0.75 g
Agar	16 g

ปรับปริมาตรด้วยน้ำ 1 ลิตร pH 7.2 (Fang *et al.*, 2007)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

7.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งค่าสถิติสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test)

7.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่งหลังเก็บหน่อที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

8. สถานที่ทำการวิจัย

8.1 เรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

8.2 ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

8.3 ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาในดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

9. ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มดำเนินงานวิจัยตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2553 จนถึงวันที่ 2 มกราคม 2554 รวมระยะเวลาใน
การดำเนินงานวิจัยทั้งหมด 9 เดือน

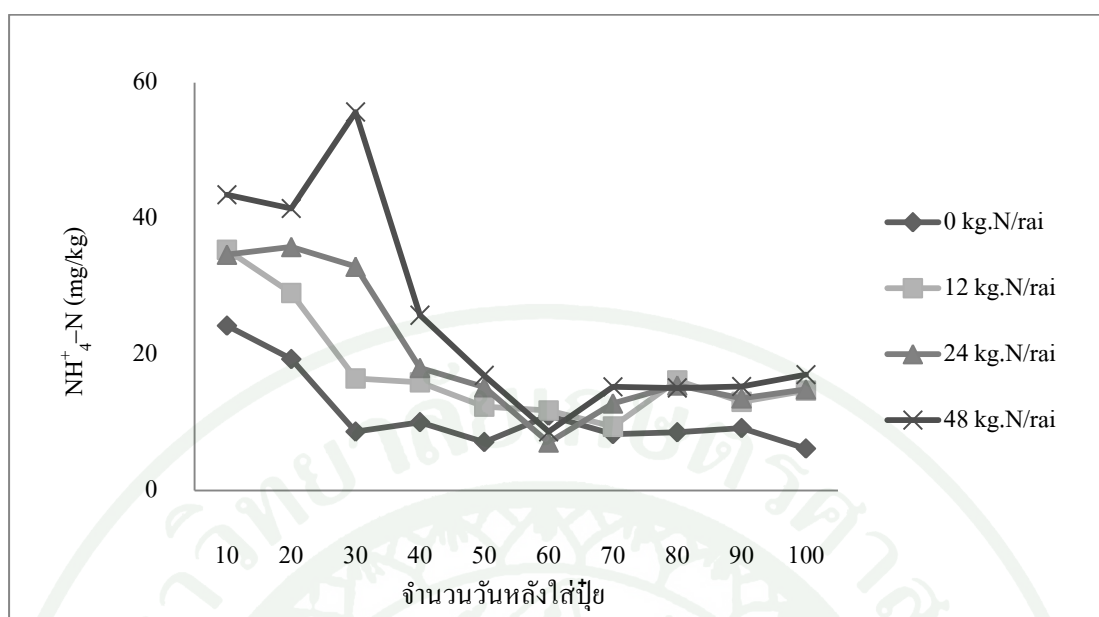
ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) และไนเตรตไนโตรเจน ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) ในดิน

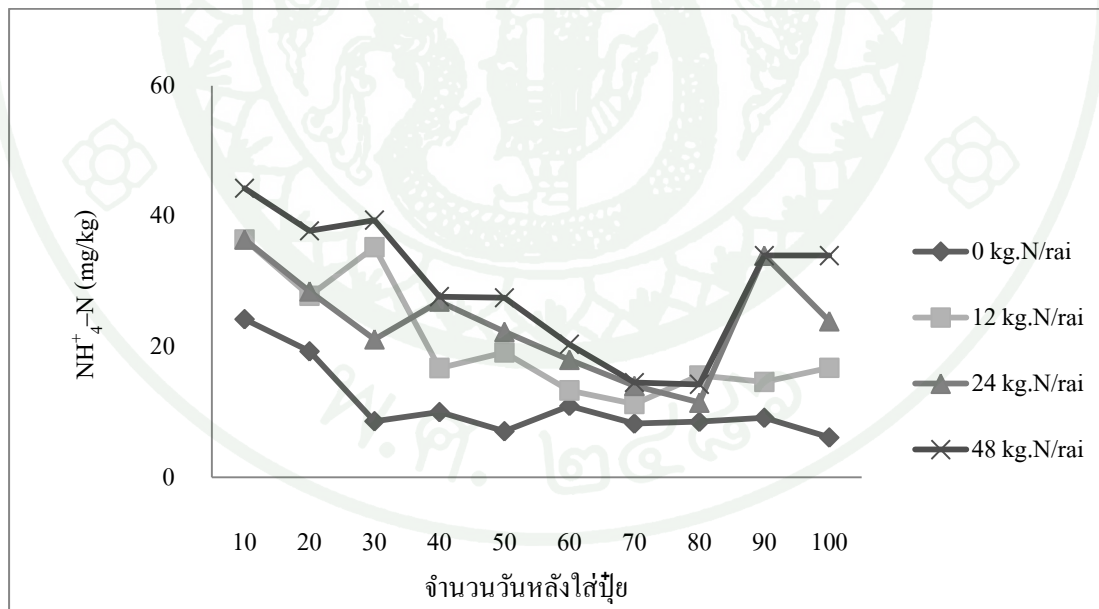
ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วัน หลังใส่ปุ๋ยทั้งในดำรับที่มีการใส่ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง พบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอรานิดมีปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ สูงกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียในช่วงหลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว 30 วัน เนื่องจากปุ๋ยฟลอรานิดมีการละลายออกมาได้ช้า จึงทำให้มีปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในช่วงหลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว 30 วันเหลืออยู่ในวัสดุปลูกมากกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้น การปลดปล่อยของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในดำรับที่มีการใส่ 1 ครั้ง พบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ยมีปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ที่สูง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นก็มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลา 60 วัน หลังใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นก็จะมีปริมาณคงที่(ภาพที่ 1) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอรานิดการปริมาณ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ จะลดลงอย่างช้าๆจนถึงที่ระยะเวลา 80 วันหลังใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในดำรับที่ใส่ในอัตรา 24 และ 48 กก. N/ไร่(ภาพที่ 2) ส่วนปริมาณของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ในดำรับที่มีการใส่ 2 ครั้ง พบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียจะมีปริมาณของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงที่ระยะเวลา 60 วันหลังใส่ปุ๋ย จากนั้นก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 80 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีปริมาณลดลง(ภาพที่ 3) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอรานิด พบว่ามีปริมาณของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ลดลงอย่างช้าๆจนถึงที่ระยะเวลา 60 วัน หลังใส่ปุ๋ย จากนั้นก็มีปริมาณสูงขึ้นเป็นอย่างมากจนถึงที่ระยะเวลา 90 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีปริมาณลดลง(ภาพที่ 4) เมื่อพิจารณาในภาพรวมพบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอรานิดมีการปลดปล่อย $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ได้ยาวนานกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ในดินทุกระยะที่ศึกษาในดำรับที่มีการใส่ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง พบว่าปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ จะเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไป เมื่อพิจารณาถึงชนิดของปุ๋ยในดำรับการทดลองที่มีการใส่ 1 ครั้ง พบว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียจะมีปริมาณของไนเตรตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงที่ระยะเวลา 40 วันหลังใส่ปุ๋ยจากนั้นก็จะมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง(ภาพที่ 5) ส่วนดำรับที่ใส่ปุ๋ยฟลอรานิดนั้นจะมีปริมาณ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ เพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 50 วันหลังจากใส่ปุ๋ยและมีปริมาณมากกว่าดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียหลังจากนั้นก็จะมีปริมาณลดลง(ภาพที่ 6) เห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยฟลอรานิดมีการปลดปล่อยของ $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ได้ยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย และมีการปลดปล่อย $\text{NO}_3^-\text{-N}$ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย ซึ่งเป็นผลมาจากความสามารถในการละลายของปุ๋ยแต่ละชนิด และเกิดการชะล้างลงสู่ดินชั้นล่าง จากรายงานของ Escobar *et al.* (2004) พบว่าไนเตรตจากปุ๋ยยูเรียจะเกิดการชะล้างได้สูงสุดที่ระยะเวลา 61 วัน ส่วนปุ๋ยฟลอรานิดจะเกิดการชะล้างได้สูงสุดที่ระยะเวลา 81 วัน และยูเรีย

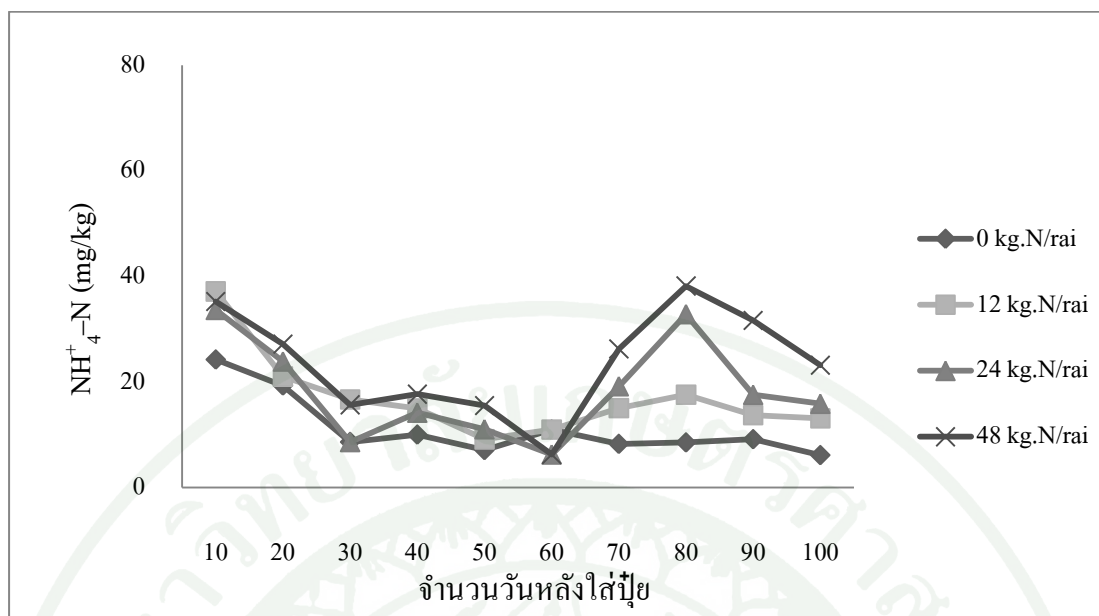
เกิดการชะล้างของไนเตรต (945.7 mg/plot) ได้สูงกว่าฟลอราเนด (755.2 mg/plot) เมื่อพิจารณาถึงชนิดของปุ๋ยในตำรับการทดลองที่มีการใส่ 2 ครั้ง พบว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยส่งผลให้การปลดปล่อยไนเตรตในดินของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้นโดยที่ปุ๋ยเรียจะมีการปลดปล่อยได้ค่อนข้างน้อยจนถึงที่ระยะเวลา 60 วัน หลังจากนั้นการปลดปล่อยของไนเตรตเพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูง ส่วนฟลอราเนดมีการปลดปล่อยของ NO_3^- -N เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงที่ระยะเวลา 90 วันหลังใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นก็มีความโน้มถ่วงลดลง(ภาพที่ 7 และ 8) ปริมาณของแอมโมเนียมมีปริมาณน้อยกว่าไนเตรตในทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากในสภาวะที่ดินมีอากาศถ่ายเทดีนั้นแอมโมเนียมจะเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรตได้อย่างรวดเร็วจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน(Abeliovich, 1992)



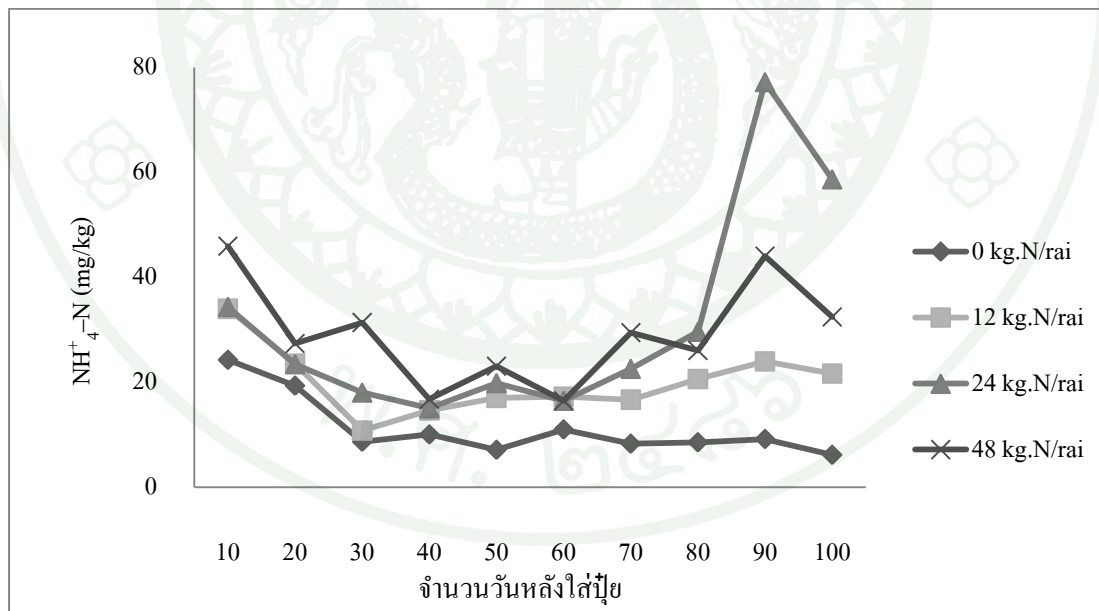
ภาพที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการไถปักยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



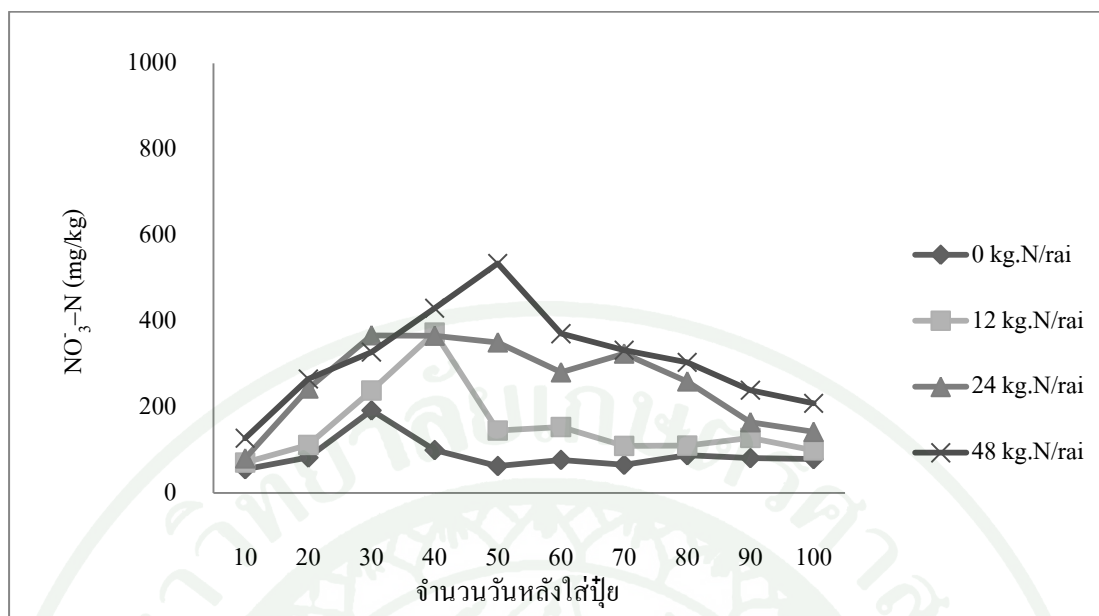
ภาพที่ 2 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการไถปักพลอรานิดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



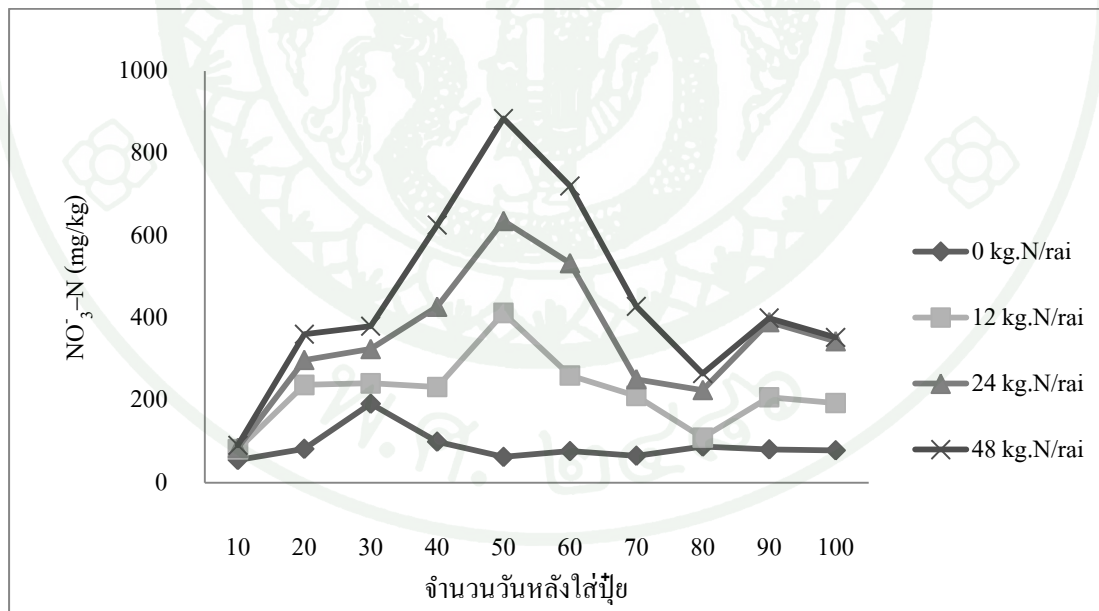
ภาพที่ 3 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้ง
ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



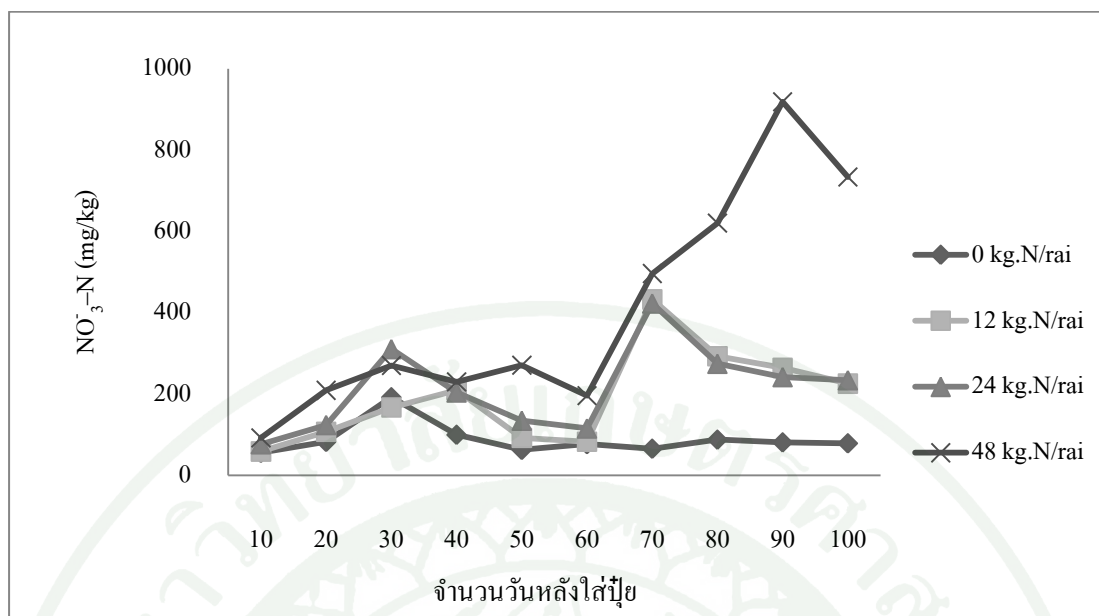
ภาพที่ 4 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยฟลอราเนดที่มีการ
ใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



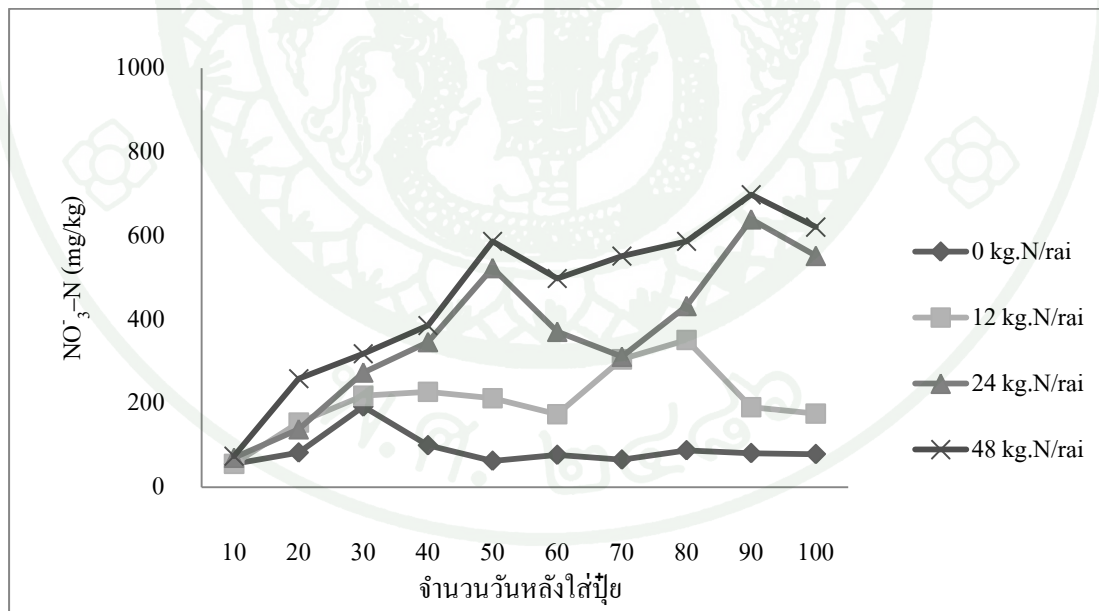
ภาพที่ 5 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน



ภาพที่ 6 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยฟลอราเนดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่างกัน



ภาพที่ 7 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



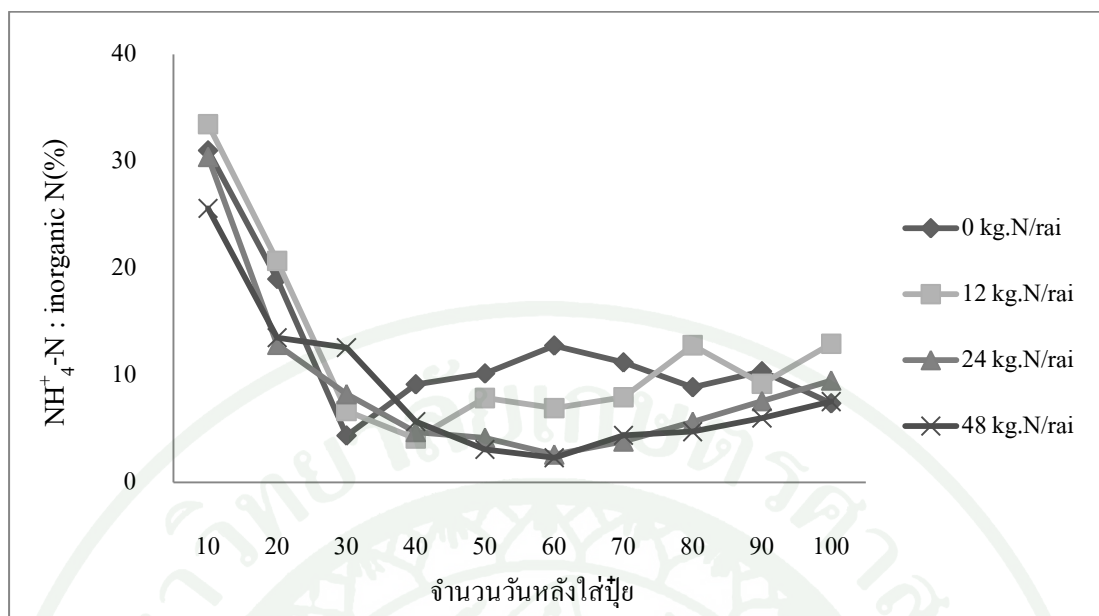
ภาพที่ 8 ปริมาณไนเตรตไนโตรเจนในดินที่ปลูกหน่อไม้ฝรั่งหลังการใส่ปุ๋ยฟลอราเนดที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

2. อัตราส่วนของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ และ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ที่วิเคราะห์ได้ในดิน

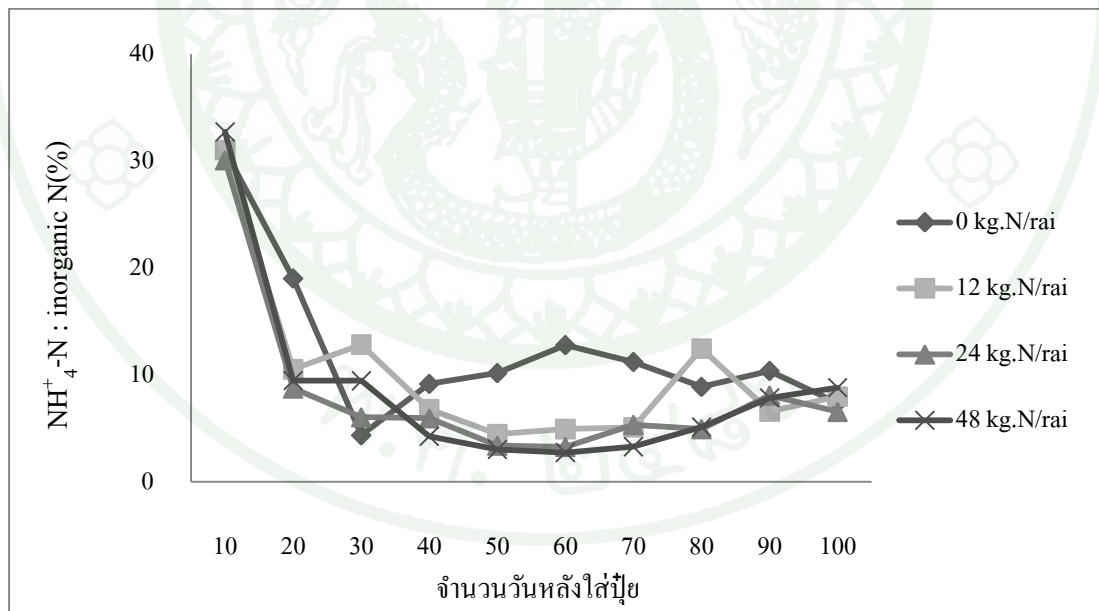
อัตราส่วนของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในคำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรา นิดทั้งการใส่ 1 ครั้ง และแบ่งใส่ 2 ครั้ง ในทุกระยะเวลาหลังใส่ปุ๋ย พบว่าอัตราส่วนของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อ ปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าลดลงอย่างมากจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นก็ มีค่าค่อนข้างคงที่(ภาพที่ 9, 10, 11 และ 12)

อัตราส่วนของ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ในคำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรา นิดทั้งการใส่ 1 ครั้ง และแบ่งใส่ 2 ในทุกระยะเวลาหลังใส่ปุ๋ย พบว่าอัตราส่วนของ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่อ ปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีค่า ค่อนข้างคงที่(ภาพที่ 13, 14, 15 และ 16)

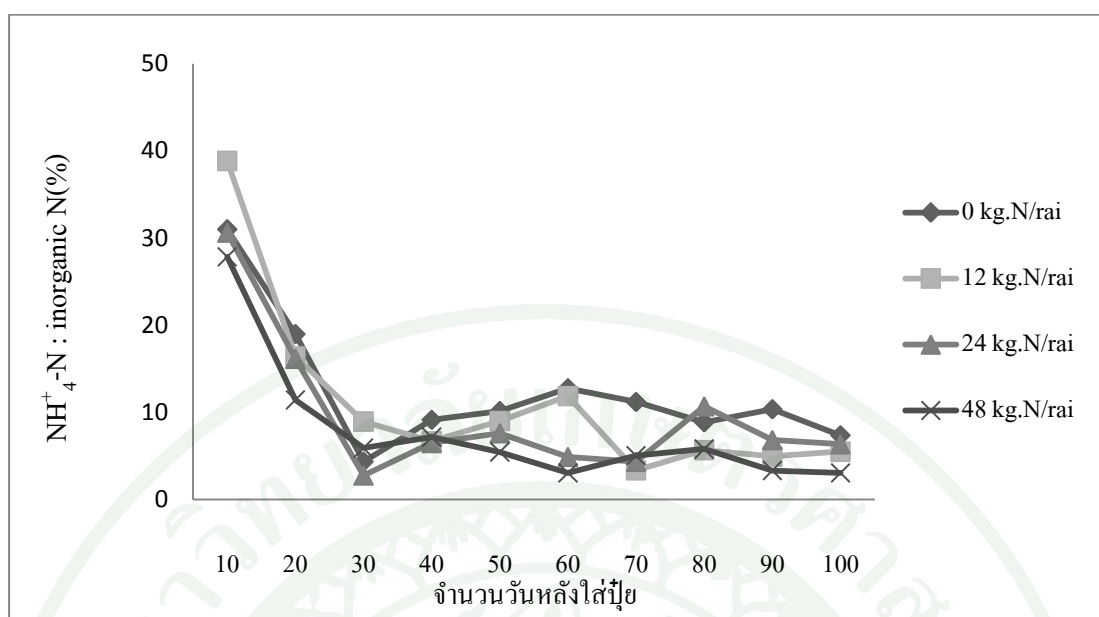
เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมเห็นได้ว่าอัตราส่วนของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ จะแปรผกผันกับอัตราส่วนของ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ กล่าวคือเมื่อใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนลงไปดิน ในช่วงแรกปุ๋ยไนโตรเจนมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมที่สูงเมื่อระยะเวลา ผ่านไปก็มีการปลดปล่อยลดลง ในทางกลับกันไนเตรดมีการปลดปล่อยในช่วงแรกออกมาได้น้อย เมื่อระยะเวลาผ่านไปก็จะมีการปลดปล่อยที่มากขึ้น และยังพบว่าอัตราส่วนของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณ ไนโตรเจนอนินทรีย์จะมีค่าน้อยกว่าอัตราส่วนของ $\text{NO}_3^- \text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์ ซึ่ง เป็นผลมาจากการที่ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมมีการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนโตรเจนในรูปของ ไนเตรดได้อย่างรวดเร็วจากกระบวนการไนตริฟิเคชัน(Abeliovich, 1992)



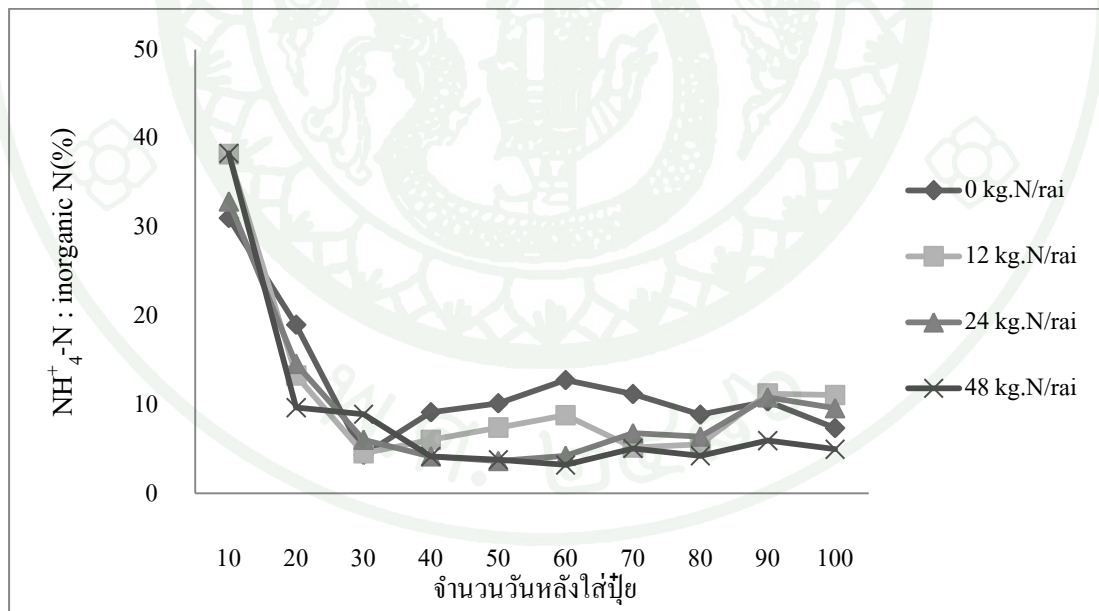
ภาพที่ 9 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



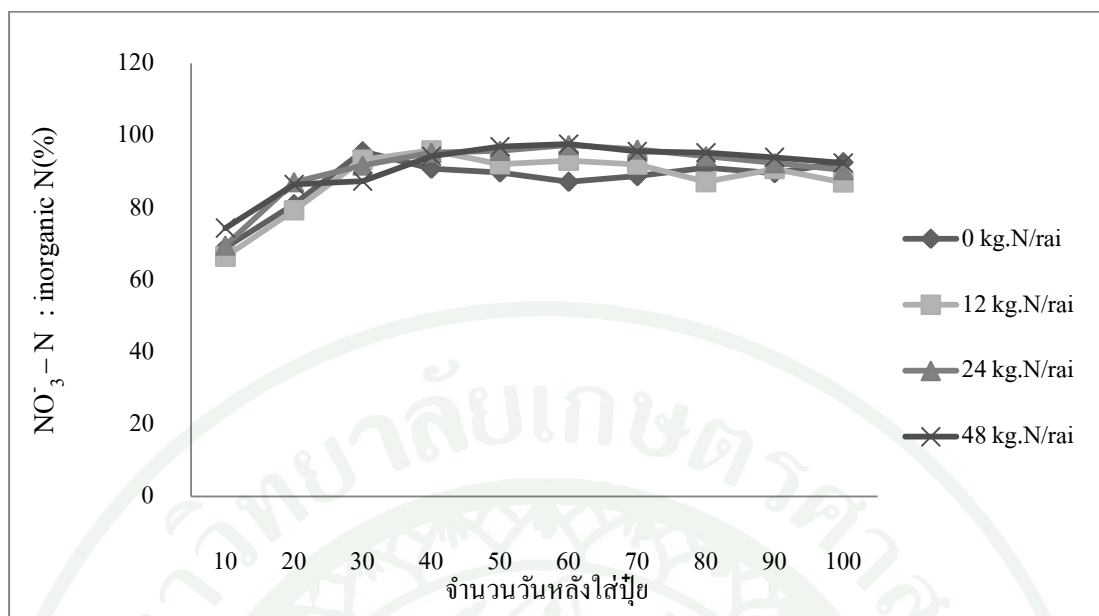
ภาพที่ 10 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการใส่ปุ๋ยพลอรานิดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



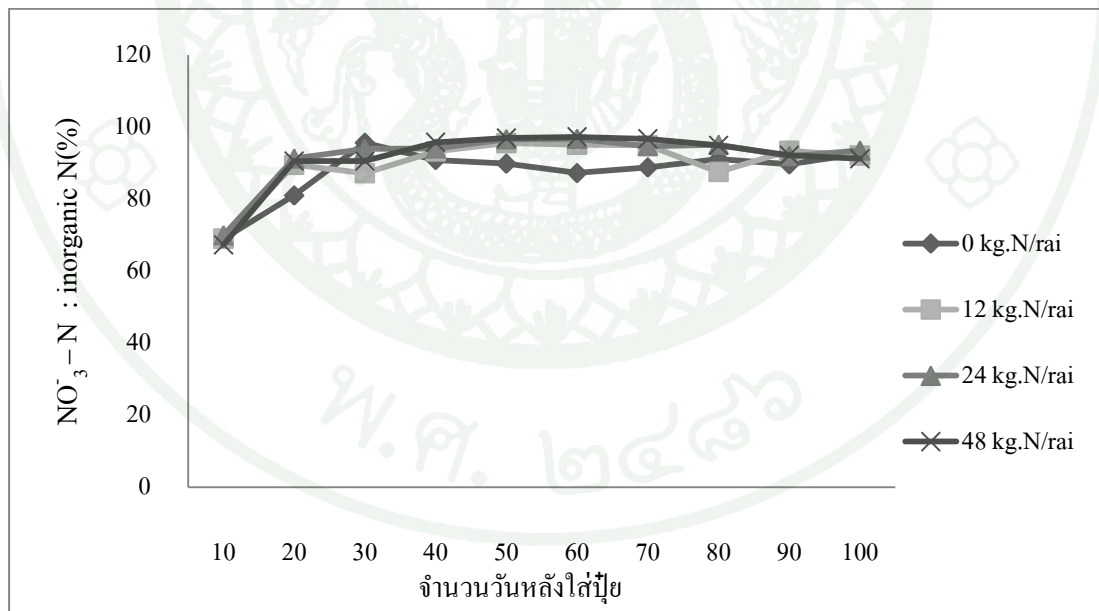
ภาพที่ 11 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการไถปุ๋ยยูเรียที่มีการไถ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



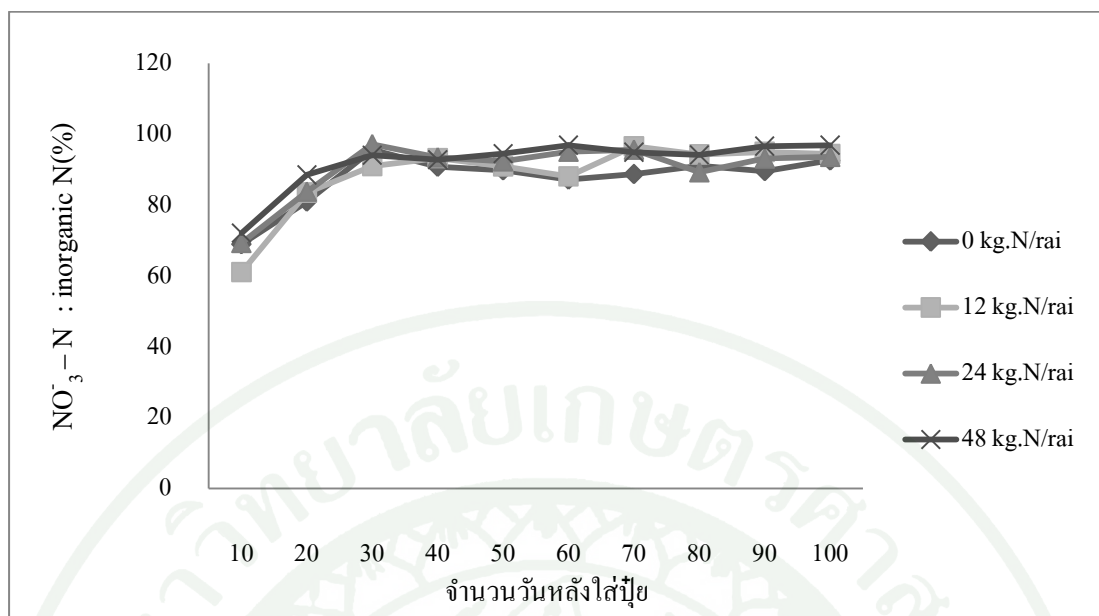
ภาพที่ 12 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการไถปุ๋ยพลอรานิคที่มีการไถ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



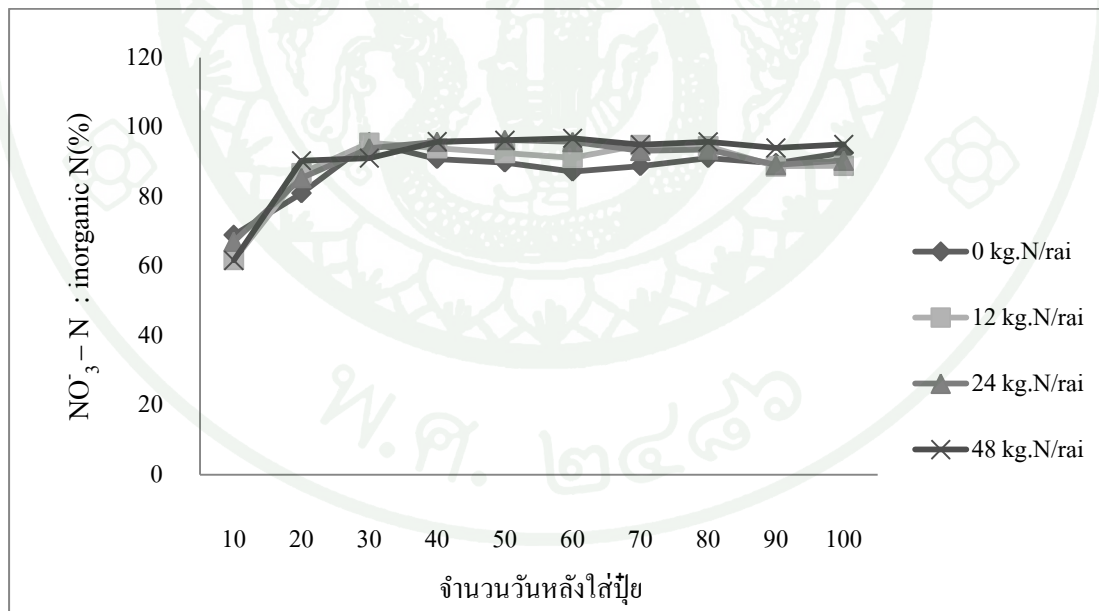
ภาพที่ 13 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการไถปุ๋ยยูเรียที่มีการไถ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 14 อัตราส่วนร้อยละของ $\text{NO}_3^- - \text{N}$ ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์หลังการไถปุ๋ยฟลอราเนดที่มีการไถ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 15 อัตราส่วนร้อยละของ NO_3^- - N ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการไถปักยูเรียที่มีการไถ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 16 อัตราส่วนร้อยละของ NO_3^- - N ต่อปริมาณไนโตรเจนอินทรีย์หลังการไถปักฟลอราเนดที่มีการไถ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังเก็บหน่อ

จากผลการศึกษาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังเก็บหน่อที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูกพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราและชนิดที่ต่างกันมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยค่ารับ F_{48-1} และ F_{48-2} ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงที่สุด (0.26 %) โดยที่ค่ารับควบคุมปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุด (0.18 %) ค่ารับที่ F_{48-1} มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด (468.24 mg/kg) ส่วนค่ารับควบคุมมีปริมาณต่ำที่สุด (282.33 mg/kg) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้นั้น พบว่า ค่ารับ F_{48-2} มีปริมาณสูงที่สุด (1,639.08 mg/kg) ส่วนค่ารับควบคุมมีปริมาณต่ำที่สุด (1,046.35 mg/kg) สาเหตุที่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินในค่ารับการทดลองที่ใส่ฟลอราไนคในอัตรา 48 kg N/rai มีปริมาณสูงที่สุดและการสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินในค่ารับที่ใส่ฟลอราไนคมีสูงกว่าค่ารับที่ใส่ยูเรีย เนื่องจากปุ๋ยฟลอราไนคนั้นมีการละลายออกมอย่างช้าๆ ทำให้เกิดการสูญเสียได้น้อยกว่าค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (Escobar *et al.*, 2004)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้นส่งผลให้มีการสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น และการแบ่งใส่ 2 ครั้งส่งผลให้การสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดสูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง เนื่องจากการแบ่งใส่ทำให้ไนโตรเจนเกิดการชะล้างลงสู่ใต้ดินได้น้อยลง ทำให้มีการสะสมอยู่บนดินชั้นบนได้มากขึ้น

ตารางที่ 2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังเก็บหน่อ

ดำรับทดลอง	Total N (%)	Available P (mg P/kg)	Exchangeable K (mg K/kg)
Control	0.18 h	282.33 f	1,046.35 f
U ₁₂₋₁	0.19 g-h	400.07 b-c	1,213.44 e
U ₁₂₋₂	0.20 e-g	344.31 c-f	1,338.89 d
U ₂₄₋₁	0.20 e-g	381.49 b-e	1,211.89 e
U ₂₄₋₂	0.21 c-e	319.52 e-f	1,333.01 d
U ₄₈₋₁	0.22 c-e	387.68 b-d	1,467.99 c
U ₄₈₋₂	0.22 c-e	356.70 b-e	1,254.15 e
F ₁₂₋₁	0.20 e-g	331.91 d-f	1,398.19 c-d
F ₁₂₋₂	0.22 c-d	412.47 a-b	1,325.85 d
F ₂₄₋₁	0.21 e-g	319.52 e-f	1,231.91 e
F ₂₄₋₂	0.24 b	418.67 a-b	1,434.68 c
F ₄₈₋₁	0.26 a	468.24 a	1,548.67 b
F ₄₈₋₂	0.26 a	375.29 b-e	1,639.08 a
F-test	**	**	**
CV (%)	10.96	16.32	11.88

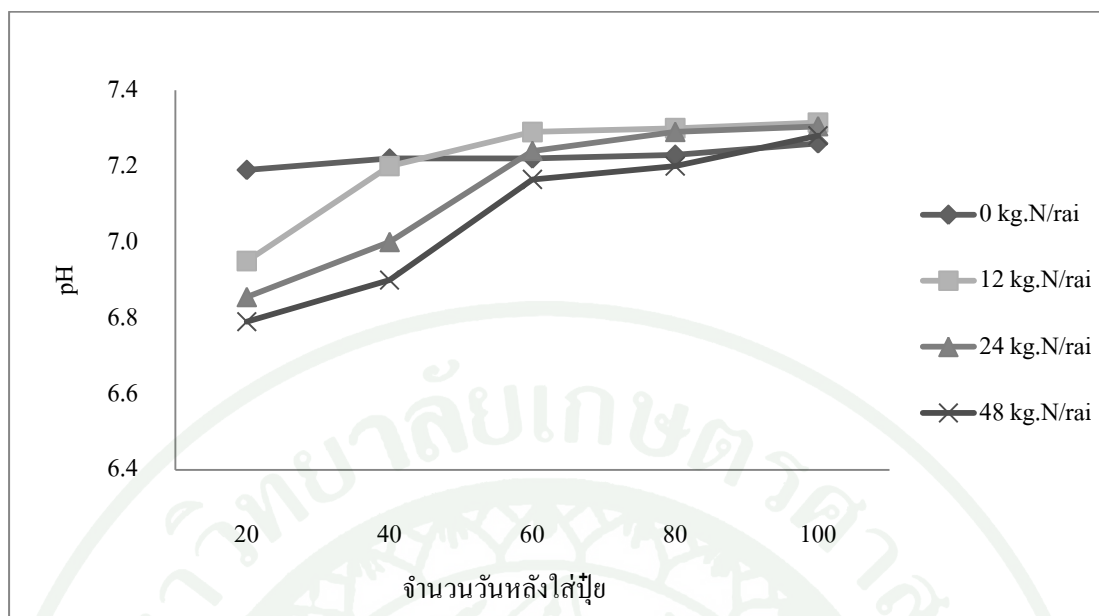
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย การใช้วิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

4. ค่าปฏิกิริยาดิน(pH)และค่าการนำไฟฟ้าดิน(EC)

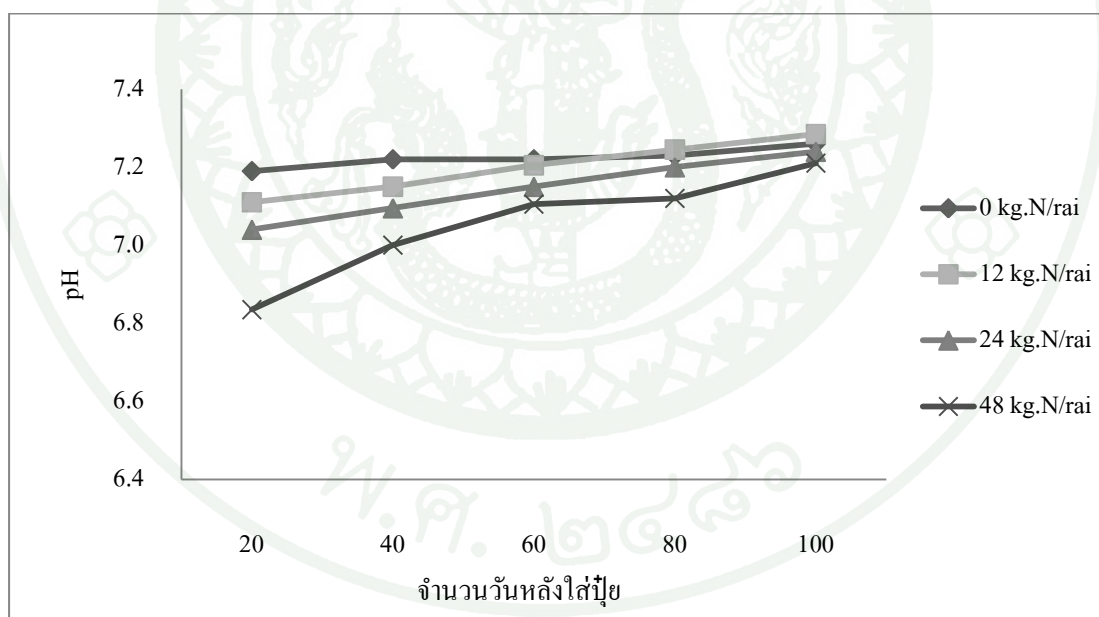
จากผลการทดลองพบว่าค่าปฏิกิริยาดินทั้งในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรานิดอยู่ในระดับเป็นกลาง(6.6-7.3) ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่มีเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง และค่าการนำไฟฟ้าดินอยู่ในระดับไม่เค็ม(0.88 – 2.1 dS/m) ซึ่งไม่กระทบกระเทือนต่อพืช(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ค่าปฏิกิริยาดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรานิดทั้งการใส่ 1 ครั้ง และแบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินมีค่าลดลงในช่วงระยะเวลาแรกในการใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ระดับที่คงที่ที่ระดับ 7.0 ถึง 7.3 โดยที่การใช้ปุ๋ยยูเรียส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยฟลอรานิด เนื่องจากปุ๋ยยูเรียนั้นมีการปลดปล่อยแอมโมเนียมออกมาได้อย่างรวดเร็วจึงส่งผลให้มีการเปลี่ยนรูปไปเป็นไนเตรดได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้มีการปลดปล่อย H^+ ได้สูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จึงทำให้ค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยฟลอรานิด สอดคล้องกับที่ พรพรรณ (2553) ได้รายงานว่าการใช้ปุ๋ยเกษตรกร(ยูเรีย)มีแนวโน้มค่า pH ลดลงต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยควบคุมความเป็นประโยชน์หรือปุ๋ยละลายช้าในทุกระยะของรอบการเก็บเกี่ยว การพักต้นรอบที่ 1 และรอบที่ 2 และยังพบอีกว่าค่าปฏิกิริยาดินจะลดลงตามอัตราปุ๋ยในโตรเจนที่สูงขึ้น(ภาพที่ 17, 18, 19 และ 20)

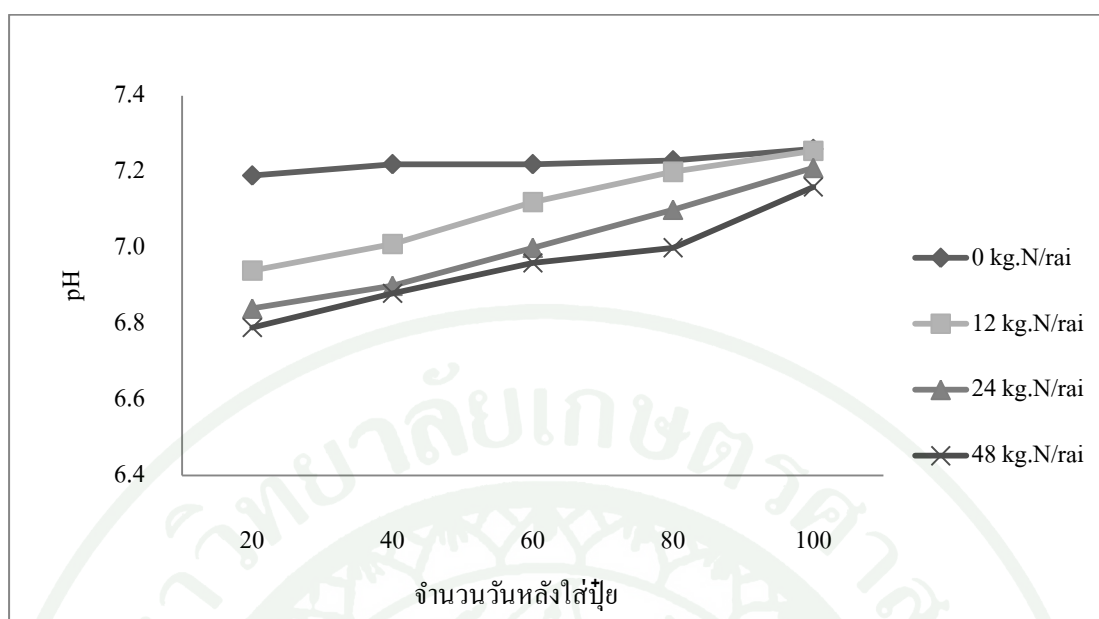
ค่าการนำไฟฟ้าดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรานิดที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าดินมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นก็จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนตำรับที่มีการแบ่งใส่ 2 ครั้ง พบว่าค่าการนำไฟฟ้าดินจะลดลงจนถึงที่ระยะเวลา 60 วัน หลังจากนั้นก็มีค่าสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 80 วัน หลังจากนั้นก็มีค่าลดลง เนื่องจากได้มีการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ในที่ระยะเวลา 60 วัน จึงส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าดินสูงขึ้น(ภาพที่ 21, 22, 23 และ 24) และการใช้ปุ๋ยฟลอรานิดส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากปุ๋ยฟลอรานิดมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้ช้าจึงส่งผลให้มีค่าการนำไฟฟ้าดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย



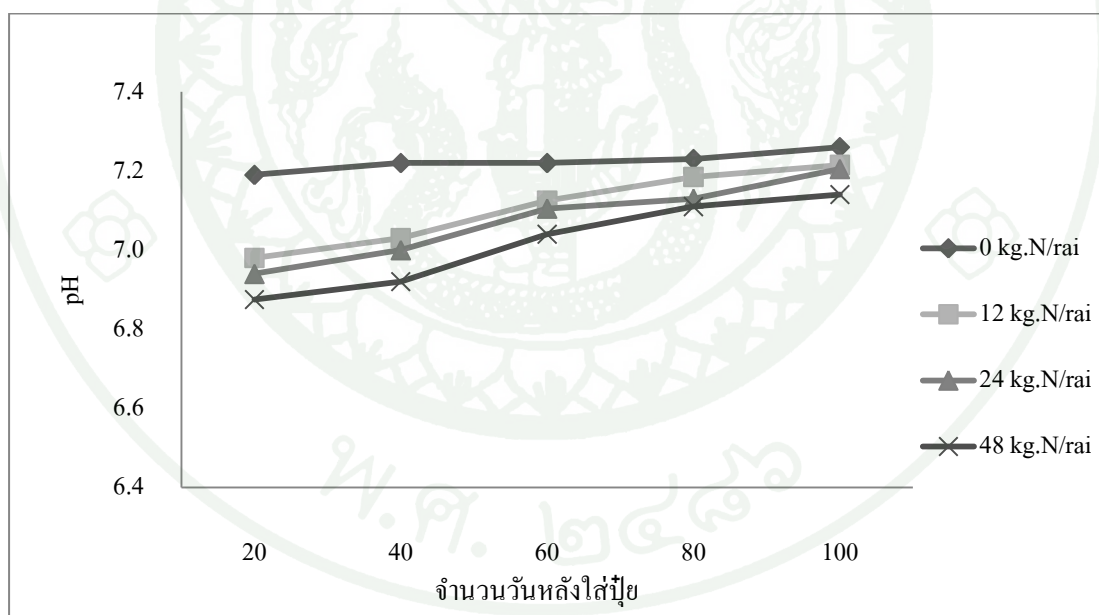
ภาพที่ 17 ค่าปฏิกิริยาดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



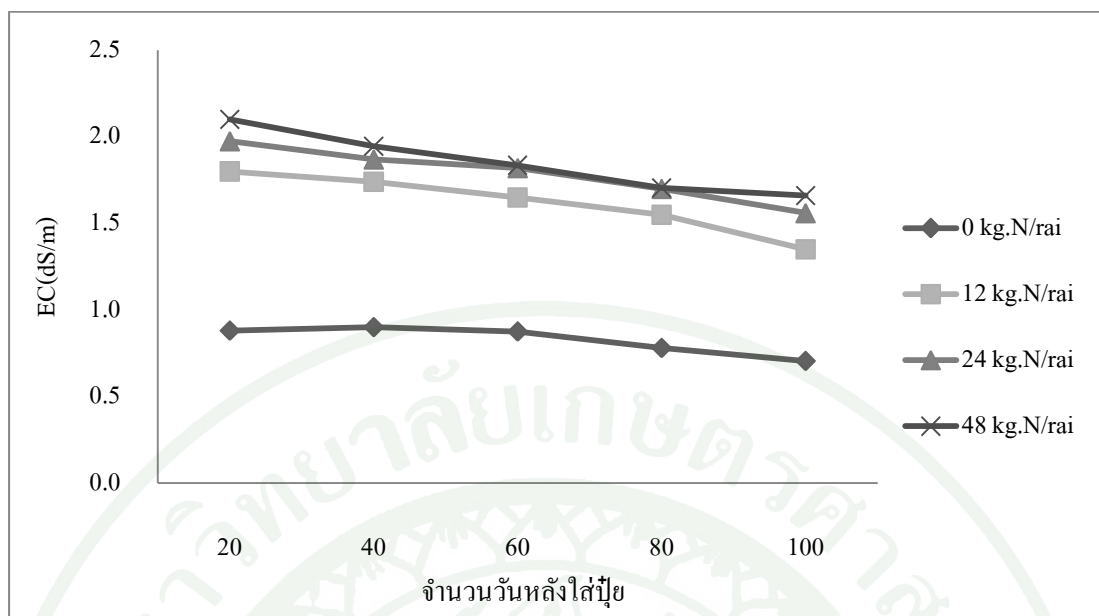
ภาพที่ 18 ค่าปฏิกิริยาดินหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



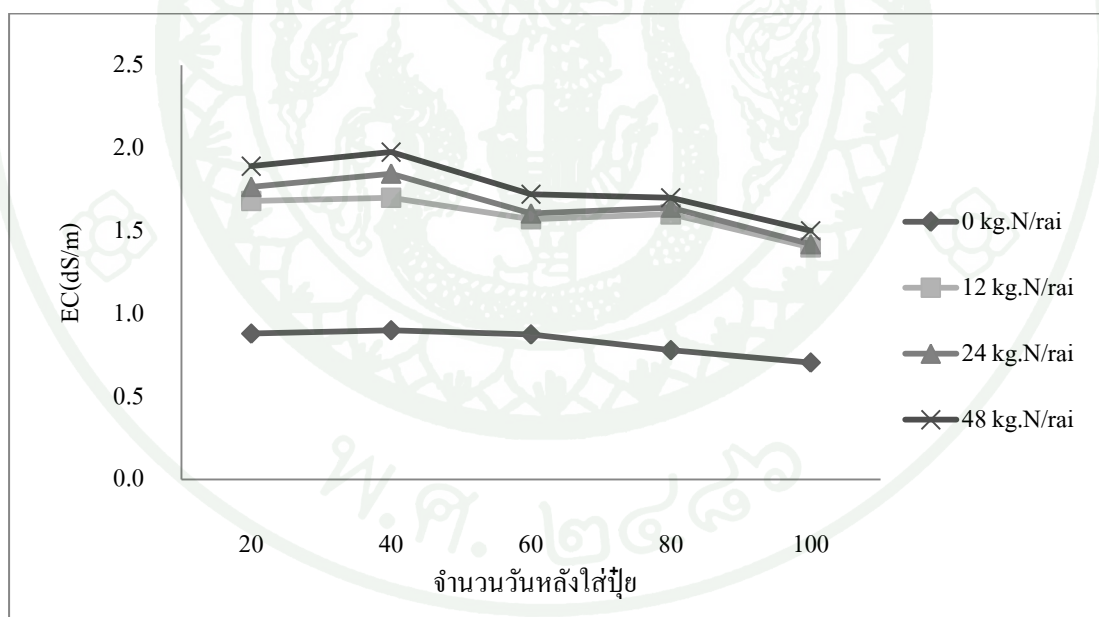
ภาพที่ 19 ค่าปฏิกิริยาดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



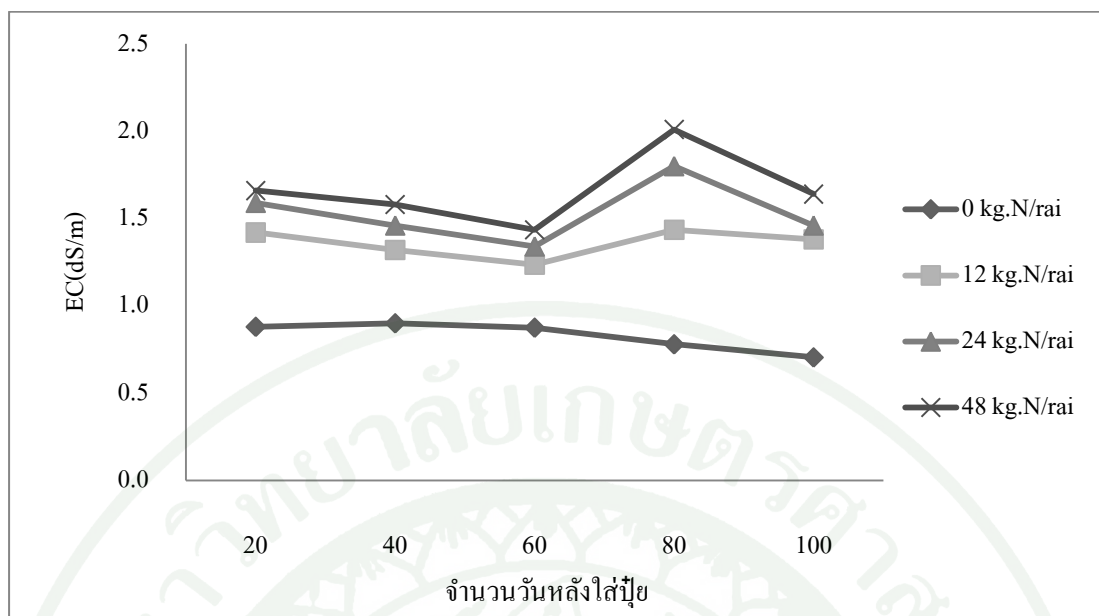
ภาพที่ 20 ค่าปฏิกิริยาดินหลังการใส่ปุ๋ยฟลอแรนดที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



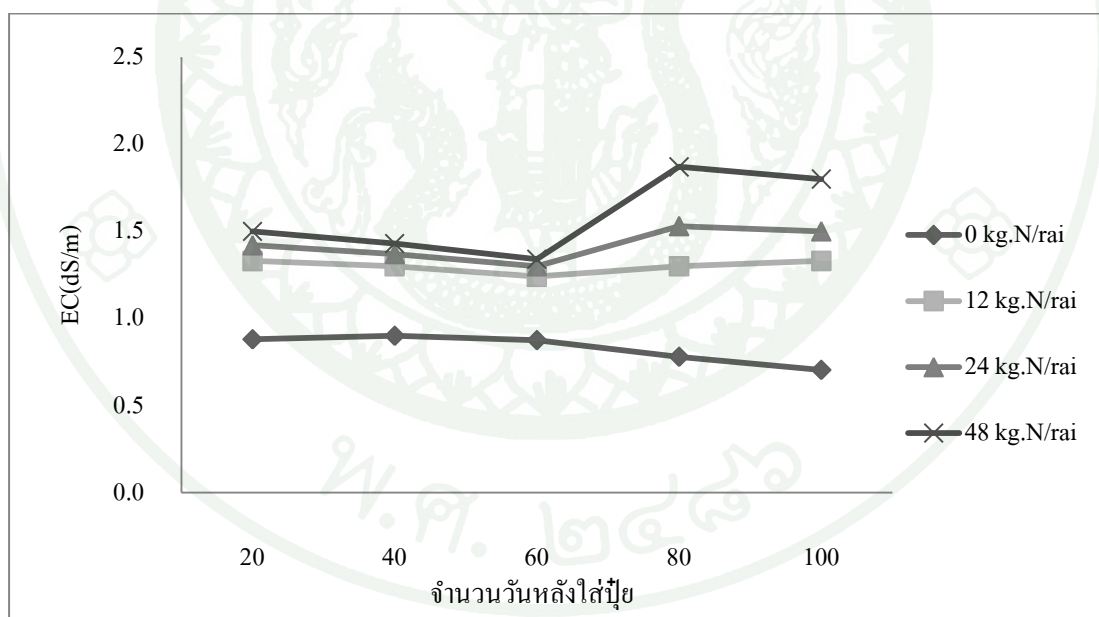
ภาพที่ 21 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 22 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีการใส่ 1 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



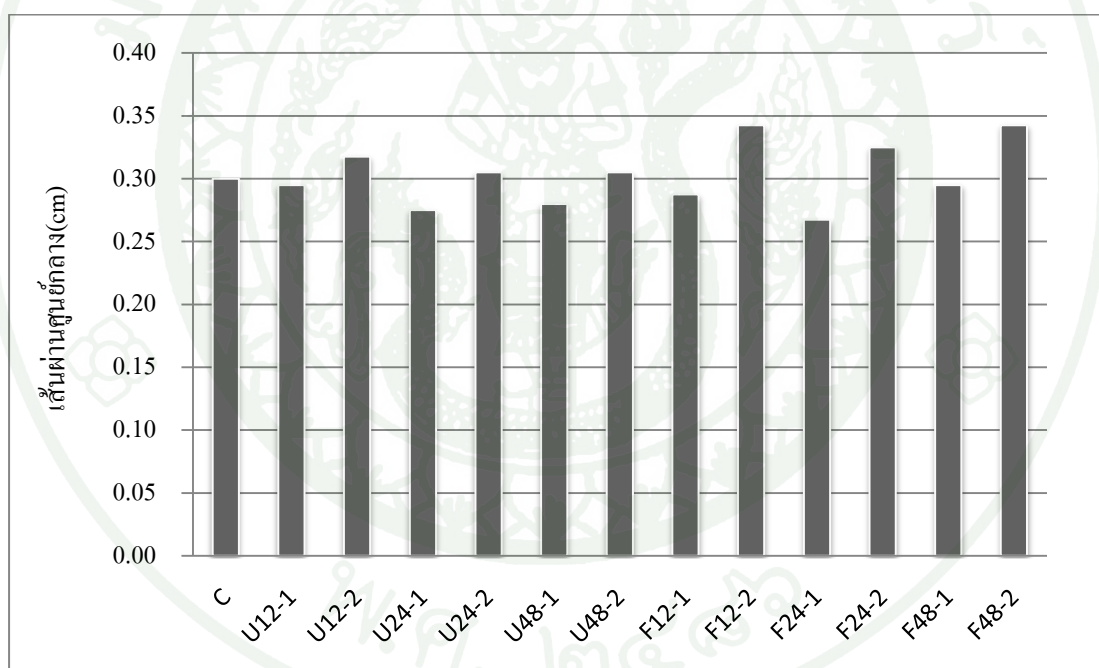
ภาพที่ 23 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยยูเรียที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 24 ค่าการนำไฟฟ้าดินหลังการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีการใส่ 2 ครั้งในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

5. เส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงทรงพุ่มของลำต้นเหนือดิน

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเหนือดินที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 0.34 cm (ภาพที่ 25) ในด้านความสูงทรงพุ่มที่ระยะเวลา 80, 90 และ 100 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 26) โดยตำรับที่ F₄₈₋₂ มีความสูงทรงพุ่มสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับตำรับที่ใส่ปุ๋ยอื่นๆ ส่วนในตำรับควบคุมมีความสูงทรงพุ่มต่ำที่สุด กรณีเช่นนี้สอดคล้องกับอดิษฐ์ (2537) ที่รายงานไว้ว่าการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตรา 0, 75 และ 150 kg N/rai/year มีผลต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่งใกล้เคียงกัน ส่วนการเจริญเติบโตที่ระยะ 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 วันหลังย้ายปลูก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สาเหตุอาจเนื่องจากหน่อไม้ฝรั่งเป็นพืชที่เจริญเติบโตช้าจึงทำให้มีความสูงทรงพุ่มใกล้เคียงกันในแต่ละตำรับการทดลอง (กรมวิชาการเกษตร, 2551)



ภาพที่ 25 เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเหนือดินที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

ตารางที่ 3 ความสูงทรงพุ่มของหน่อไม้ฝรั่งที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังย้ายปลูก

ตำรับ	ความสูงทรงพุ่ม(cm)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
Control	48.75	50.00	52.75	54.25	57.00	60.75	62.25	65.50 b	66.75 b	66.75 b
U ₁₂₋₁	47.50	49.00	50.75	54.25	64.25	70.50	72.75	73.50 a-b	73.50 a-b	73.50 a-b
U ₁₂₋₂	47.75	53.00	56.75	59.00	61.50	65.50	67.50	71.00 a-b	72.25 a-b	73.00 a-b
U ₂₄₋₁	57.75	62.00	62.25	65.00	68.00	71.00	75.00	75.75 a	77.25 a	77.25 a
U ₂₄₋₂	47.25	49.50	55.00	56.00	61.25	60.75	68.25	72.00 a-b	73.25 a-b	73.25 a-b
U ₄₈₋₁	44.25	46.25	50.75	54.25	56.75	60.50	66.00	70.50 a-b	71.25 a-b	74.25 a-b
U ₄₈₋₂	43.75	46.25	59.75	64.25	67.75	70.25	74.50	78.25 a	79.00 a	79.00 a
F ₁₂₋₁	47.75	50.00	54.00	59.25	65.50	72.25	73.50	77.00 a	78.25 a	78.25 a
F ₁₂₋₂	52.00	54.50	56.00	61.00	65.75	71.50	73.75	77.00 a	79.25 a	79.25 a
F ₂₄₋₁	49.50	51.25	56.50	60.00	63.75	67.00	71.50	77.50 a	77.75 a	75.00 a
F ₂₄₋₂	49.00	51.00	56.25	60.25	64.25	66.50	69.00	72.50 a-b	73.00 a-b	73.00 a-b
F ₄₈₋₁	46.00	47.75	52.25	57.50	61.25	65.00	67.25	70.75 a-b	72.00 a-b	74.50 a-b

ตารางที่ 3 (ต่อ)

คำรับ	ความสูงทรงพุ่ม(cm)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
F ₄₈₋₂	45.00	48.50	54.25	56.75	60.75	67.25	71.50	79.75 a	80.25 a	80.75 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
CV(%)	12.60	13.36	12.32	10.52	9.27	10.21	8.82	8.47	8.30	7.37

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT

ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6. ผลผลิตและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 และ 2 ที่อายุ 4–6 เดือนหลังย้ายปลูก

ผลการศึกษาพบว่า จำนวนหน่อ เส้นผ่านศูนย์กลางหน่อ และน้ำหนักของหน่อที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(ตารางที่ 3) โดยที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 จำนวนหน่อในตำรับ F_{24-2} มีปริมาณมากสูงที่สุด (5 spear/plot) โดยที่ตำรับควบคุมมีปริมาณน้อยที่สุด (2.5 spear/plot) ตำรับ F_{12-2} และ F_{48-2} มีเส้นผ่านศูนย์กลางหน่อใหญ่ที่สุด (0.48 cm) โดยที่ตำรับควบคุมมีเส้นผ่านศูนย์กลางหน่อเล็กที่สุด (0.31 cm) ตำรับ F_{24-2} มีน้ำหนักของหน่อมากที่สุด (12.53 g/plot) ซึ่งมีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม และตำรับ F_{12-2} แต่ไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยอื่นๆ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.70 – 12.53 g/plot โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักของหน่อต่ำที่สุด (7.12 g/plot)

ที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 2 จำนวนหน่อในตำรับ F_{24-2} มีปริมาณที่สุด (10.25 spear/plot) โดยที่ตำรับควบคุมมีปริมาณน้อยที่สุด (4.05 spear/plot) ตำรับ F_{12-2} , F_{24-1} และ F_{24-2} มีเส้นผ่านศูนย์กลางหน่อใหญ่ที่สุด (0.50 cm) โดยที่ตำรับควบคุมมีเส้นผ่านศูนย์กลางหน่อเล็กที่สุด (0.38 cm) ตำรับ F_{24-2} มีน้ำหนักของหน่อมากที่สุด (25.65 g/plot) แต่ไม่แตกต่างกับตำรับ F_{24-1} และ F_{48-2} โดยที่ตำรับควบคุมมีน้ำหนักหน่อต่ำที่สุด (13.23 g/plot)

จากการศึกษาพบว่าที่รอบการเก็บเกี่ยวเดือนที่ 1 การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยยูเรียในอัตราที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลทำให้น้ำหนักของหน่อสูงขึ้น สอดคล้องกับที่ สุทัศน์ (2535) ได้รายงานว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อน้ำหนักและจำนวนของหน่อ การใช้ปุ๋ยละลายช้าในอัตราที่เพิ่มขึ้นอาจมีแนวโน้มทำให้น้ำหนักหน่อเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการใช้ปุ๋ยละลายช้าในอัตราที่ต่ำนั้นอาจปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับหน่อไม้ฝรั่งได้ช้าไม่ทันตามความต้องการ ซึ่งหน่อไม้ฝรั่งจะใช้ธาตุอาหารมากในช่วงพักต้น(จิตชนก, 2549) เมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้นก็จะทำให้น้ำหนักรับธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการ ทำให้การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตหน่อสูงขึ้นตามมา

จำนวน เส้นผ่านศูนย์กลาง และน้ำหนักสดหน่อของรอบการเก็บเกี่ยวที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากรอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 ในทุกตำรับ โดยภาพรวมแล้วพบว่าการใช้ปุ๋ยฟลอไรนดส่งผลให้น้ำหนักรวมของหน่อสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียในรอบการเก็บเกี่ยวเดือนที่ 2 เนื่องจากปุ๋ยฟลอไรนดสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย และการแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้งของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดทำให้น้ำหนักรวมของหน่อสูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง เนื่องจากการแบ่งใส่ทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้น จึงทำให้น้ำหนักรับธาตุอาหารเพื่อการสร้างหน่อได้มากขึ้น

7. ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ในส่วนเนื้อดินของหน่อไม้ฝรั่งหลังเก็บหน่อที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

ปริมาณธาตุอาหารในลำต้นเนื้อดินเมื่อเทียบกับมาตรฐานของใบเทียมหน่อไม้ฝรั่ง(ไจน, 2542) (ตารางผนวกที่ 6) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมอยู่ในปริมาณที่เหมาะสม ส่วนฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ในลำต้นเนื้อดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติค่ารับ F_{48-1} มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นเนื้อดินสูงที่สุด (2.59 %) ขณะที่ค่าควบคุมมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นเนื้อดินต่ำที่สุด (2.13 %) (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับที่สุทิส (2535) ได้รายงานไว้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆมีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นหน่อไม้ฝรั่งสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

ค่ารับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนคมีปริมาณไนโตรเจนในลำต้นเนื้อดินสูงกว่าค่ารับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย เนื่องจากปุ๋ยฟลอราเนคนั้นมีการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนออกมาได้ยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย จึงทำให้หน่อไม้ฝรั่งมีการสะสมไนโตรเจนได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Rodrigues *et. al.*, (2010) ที่รายงานว่าการสะสมของไนโตรเจนในกระหล่ำที่ใส่ปุ๋ยฟลอราเนคมีความเข้มข้นสูงกว่าค่ารับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนเนื้อดิน พบว่าค่ารับ F_{12-2} มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนเนื้อดินสูงที่สุด(0.13 %) โดยที่ค่ารับ U_{12-2} , U_{48-1} และค่าควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุด(0.08 %) ขณะที่ค่ารับที่ F_{12-2} มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในลำต้นเนื้อดินสูงที่สุด(2.84 %) โดยที่ค่าควบคุมมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในส่วนลำต้นเนื้อดินต่ำที่สุด(2.32 %) จากการทดลองนี้อาจกล่าวได้ว่า การใช้ปุ๋ยละลายช้าจะมีผลต่อการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินด้วย สาเหตุอาจเป็นเพราะปุ๋ยละลายช้าจะค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาโดยการสลายหรือตกตะกอนของธาตุอาหารก็มีน้อยลง ในขณะที่พืชก็สามารถดูดกินได้ในสัดส่วนที่มากขึ้น

ตารางที่ 4 ผลผลิตและคุณภาพของหน่อไม้ฝรั่งที่รอบการเก็บเกี่ยวที่ 1 และ 2 ที่อายุ 4 – 6 เดือน หลังย้ายปลูก

คำรับ	จำนวนหน่อ		เส้นผ่านศูนย์กลางหน่อ		น้ำหนักหน่อสด	
	(spear/plot)		(cm)		(g/plot)	
	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 1	รอบที่ 2
Control	2.50 d	4.05 j	0.31 c	0.38 f	6.17 c	13.23 e
U ₁₂₋₁	3.25 c-d	6.00 i	0.37 b-c	0.41 e	9.70 a-c	19.70 d
U ₁₂₋₂	3.75 a-b	6.50 f	0.37 b-c	0.42 e	10.77 a-b	20.05 c
U ₂₄₋₁	4.75 a-b	7.25 e	0.38 b-c	0.43 d-e	12.02 a-b	21.09 b-c
U ₂₄₋₂	3.5 b-c	6.50 f	0.43 a-b	0.48 b	9.44 a-c	19.44 d
U ₄₈₋₁	3.5 b-c	6.25 h	0.40 a-b	0.44 c-d	10.72 a-b	20.60 c
U ₄₈₋₂	4.25 a-b	7.50 f	0.42 a-b	0.45 c	11.51 a-b	20.55 c
F ₁₂₋₁	3.00 c-d	6.00 i	0.44 a-b	0.48 b	8.90 b-c	20.80 c
F ₁₂₋₂	3.00 c-d	6.50 g	0.48 a	0.50 a	10.77 a-b	21.70 b-c
F ₂₄₋₁	3.25 c-d	8.50 b	0.43 a-b	0.50 a	10.12 a-b	22.82 a-b
F ₂₄₋₂	5.00 a	10.25 a	0.40 a-b	0.50 a	12.53 a	25.65 a
F ₄₈₋₁	3.75 a-b	8.00 d	0.40 a-b	0.48 b	11.04 a-b	22.34 b
F ₄₈₋₂	3.25 c-d	8.25 c	0.48 a	0.48 b	11.94 a-b	22.99 a-b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	28.21	20.99	16.00	8.83	25.60	13.18

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้วิธี DMRT
 ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ในลำต้นเหนือดินของ
หน่อไม้ฝรั่งหลังเก็บหน่อที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

ดำรับ	Total N(%)	Total P(%)	Total K(%)
C	2.13 c	0.08 e	2.32 d
U ₁₂₋₁	2.42 a-b	0.09 d-e	2.56 c
U ₁₂₋₂	2.41 b	0.08 e	2.56 c
U ₂₄₋₁	2.42 a-b	0.09 d-e	2.56 c
U ₂₄₋₂	2.42 a-b	0.09 d-e	2.54 c
U ₄₈₋₁	2.52 a-b	0.08 e	2.60 c
U ₄₈₋₂	2.42 a-b	0.11 b	2.81 a-b
F ₁₂₋₁	2.41 b	0.12 a	2.32 d
F ₁₂₋₂	2.47 a-b	0.13 a	2.84 a
F ₂₄₋₁	2.47 a-b	0.10 c-d	2.71 b
F ₂₄₋₂	2.52 a-b	0.11 b	2.81 a-b
F ₄₈₋₁	2.53 a	0.10 c	2.76 a-b
F ₄₈₋₂	2.49 a-b	0.10 c-d	2.78 a-b
F-test	**	**	**
CV (%)	8.02	16.29	6.78

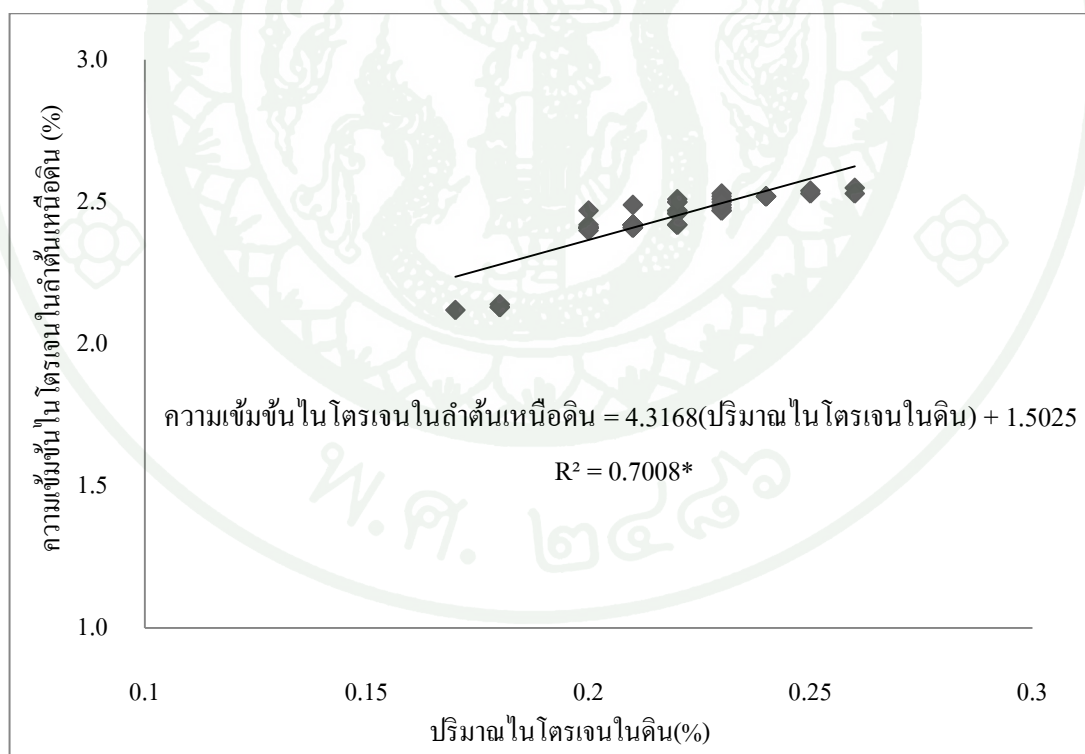
หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยการใช้วิธี DMRT

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

8. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่งที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่าปริมาณของไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นในลำต้นเหนือดินมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกตามสมการเชิงเส้น ความเข้มข้นไนโตรเจนในลำต้นเหนือดิน = $4.3168(\text{ปริมาณไนโตรเจนในดิน}) + 1.5025$ ($R^2 = 0.7008^*$, $p\text{-value} = 0.00$) (ภาพที่ 27) โดยปริมาณไนโตรเจนในดินมีค่ากระจายตัวอยู่ระหว่าง 0.18 ถึง 0.26 % และความเข้มข้นไนโตรเจนในลำต้นเหนือดินมีค่ากระจายตัวอยู่ระหว่าง 2.13 ถึง 2.55 %

จากผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนในดินมีผลกระทบต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นเหนือดิน กล่าวคือถ้าในดินมีปริมาณไนโตรเจนที่สูงก็ส่งผลให้ลำต้นเหนือดินมีการสะสมของไนโตรเจนได้สูงตามไปด้วย



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของไนโตรเจนในดินกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นเหนือดินของหน่อไม้ฝรั่งที่อายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก

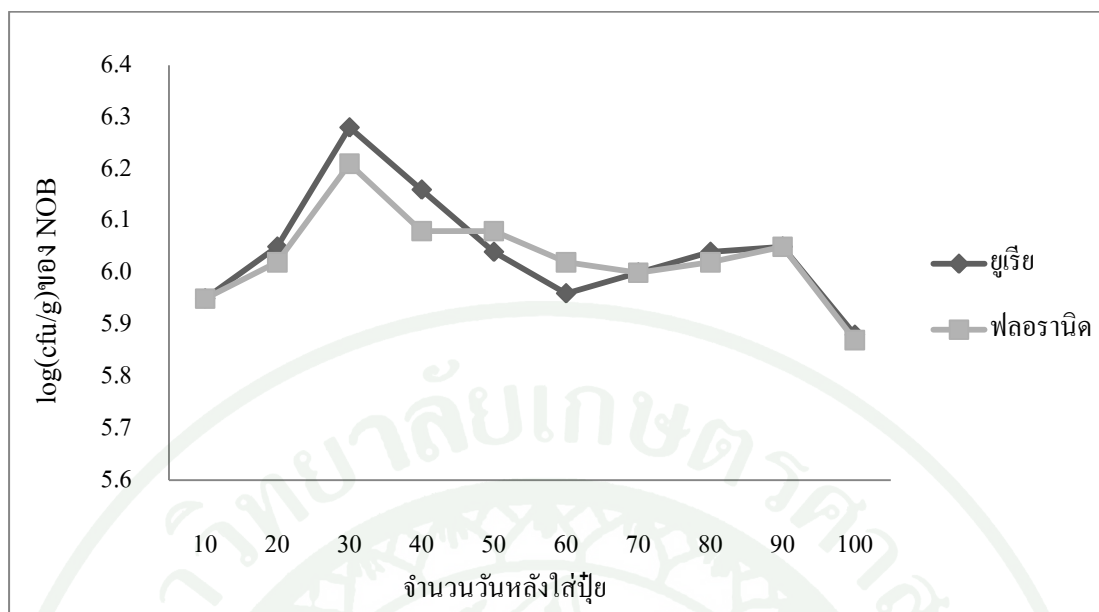
9. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าที่มีต่อปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NO₂) ในดิน

การใช้ปุ๋ยยูเรียทำให้มีปริมาณ NO₂ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟลอราไนต์ที่ระยะเวลาเวลา 20, 30 และ 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ส่วนที่ระยะเวลา 50 และ 60 วันหลังใส่ปุ๋ยการใช้ปุ๋ยฟลอราไนต์มีปริมาณ NO₂ สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย และที่ระยะเวลา 10, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย การใช้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดทำให้ปริมาณ NO₂ ไม่มีความแตกต่างกัน(ภาพที่ 27)

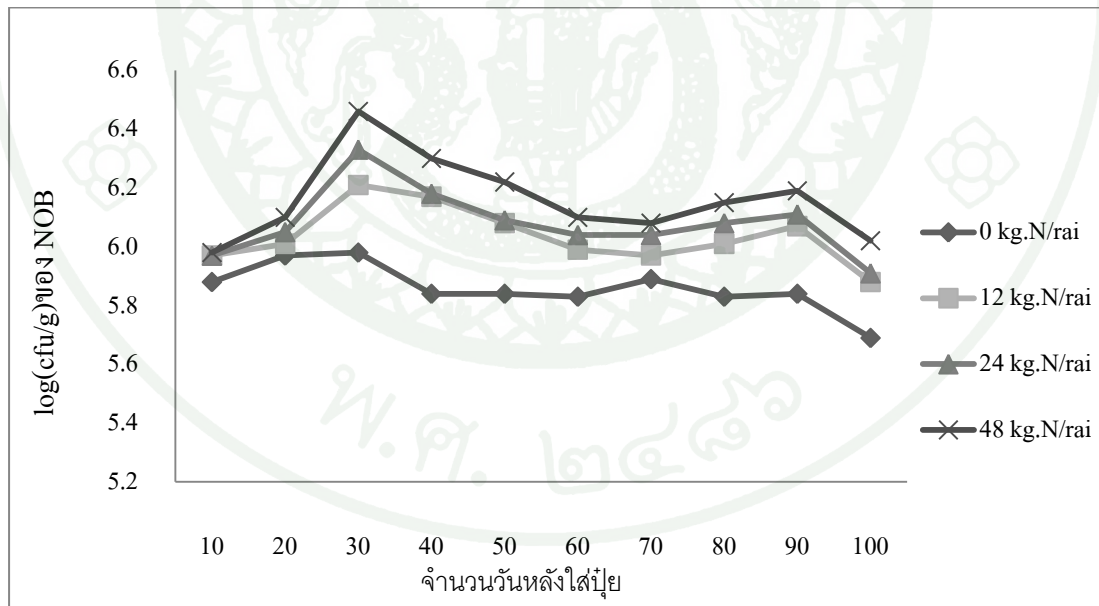
การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นทำให้มีปริมาณ NO₂ สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้นในทุกระยะเวลา ยกเว้นที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย สอดคล้องกับ Prosser (2007) ได้รายงานไว้ว่า จำนวนประชากรของไนตริฟายอิงแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแอมโมเนียม และไนไตรต์ที่สูงขึ้น ส่วนที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย พบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันของปริมาณไนตริฟายอิงแบคทีเรีย อาจเป็นสาเหตุมาจากการที่ในช่วงแรกนั้นปุ๋ยมีการละลายออกมาได้น้อยจึงทำให้ไนตริฟายอิงแบคทีเรียเจริญเติบโตได้น้อย(ภาพที่ 28)

การใส่ปุ๋ย 1 ครั้งทำให้มีปริมาณ NO₂ สูงกว่าการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลา 20, 30, 40, 50 และ 60 วันหลังใส่ปุ๋ย ส่วนที่ระยะเวลา 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย การแบ่งใส่ 2 ครั้ง ทำให้มีปริมาณ NO₂ สูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง เนื่องจากที่ระยะเวลา 10 ถึง 60 วันหลังใส่ปุ๋ย ดำรับที่แบ่งใส่ 2 ครั้ง มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราปุ๋ยทั้งหมด และมีการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 60 วันหลังใส่ปุ๋ย จึงทำให้ที่ระยะเวลา 70 ถึง 100 วันหลังใส่ปุ๋ยมีปริมาณ NO₂ สูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง (ภาพที่ 31)

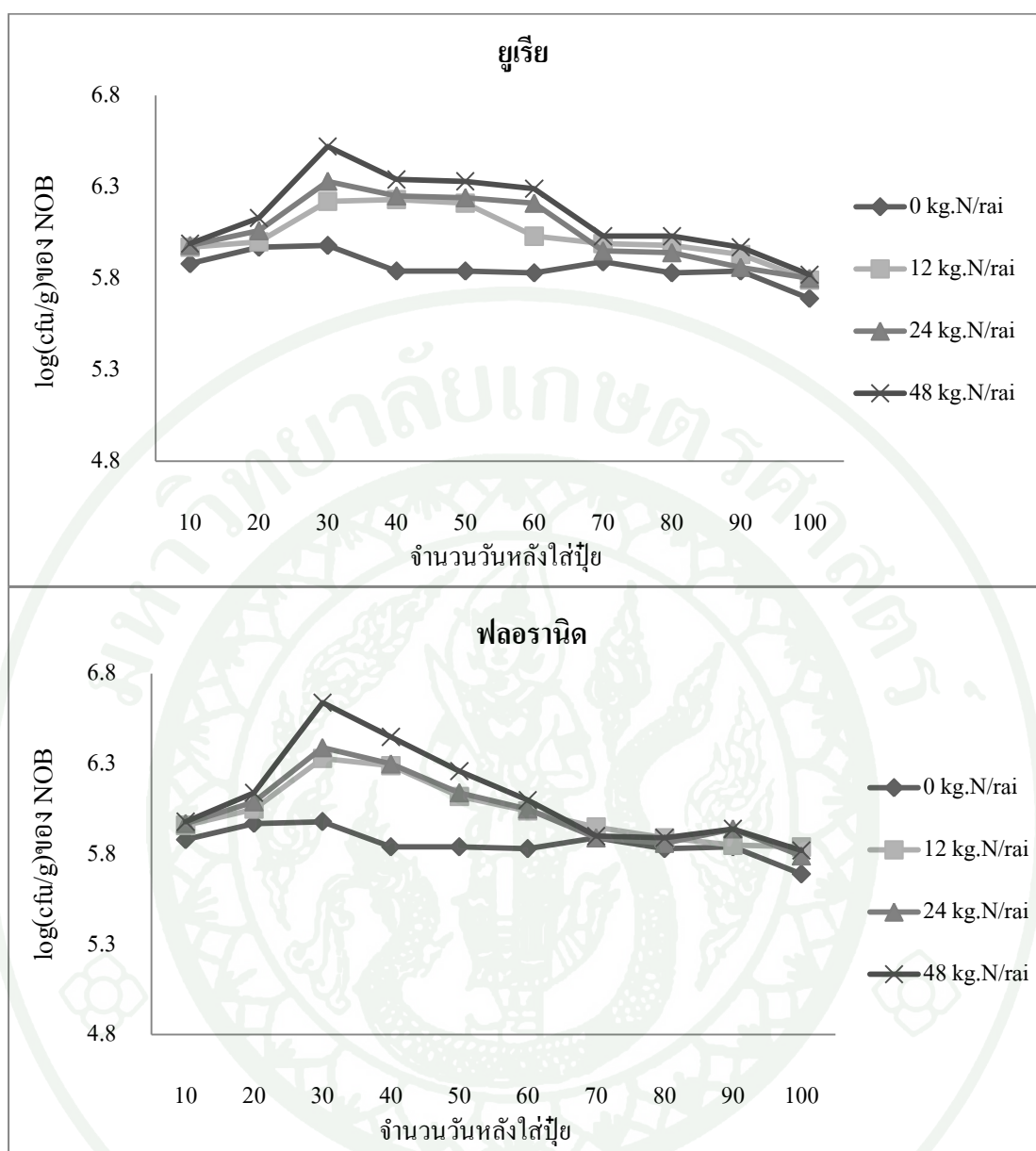
เมื่อพิจารณาโดยภาพรวมเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดในดำรับที่มีการใส่ 1 ครั้ง ปริมาณ NO₂ จะเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีปริมาณลดลงและคงที่ ส่วนดำรับที่มีการแบ่งใส่ 2 ครั้งพบว่า ปริมาณ NO₂ จะเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย จากนั้นจะลดลงจนถึงที่ระยะเวลา 60 วันหลังใส่ปุ๋ย และจะเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 90 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีปริมาณลดลง เนื่องแหล่งอาหารของ NO₂ มีน้อยลงจึงทำให้มีประชากรของ NO₂ ลดลง(ภาพที่ 29 และ 30)



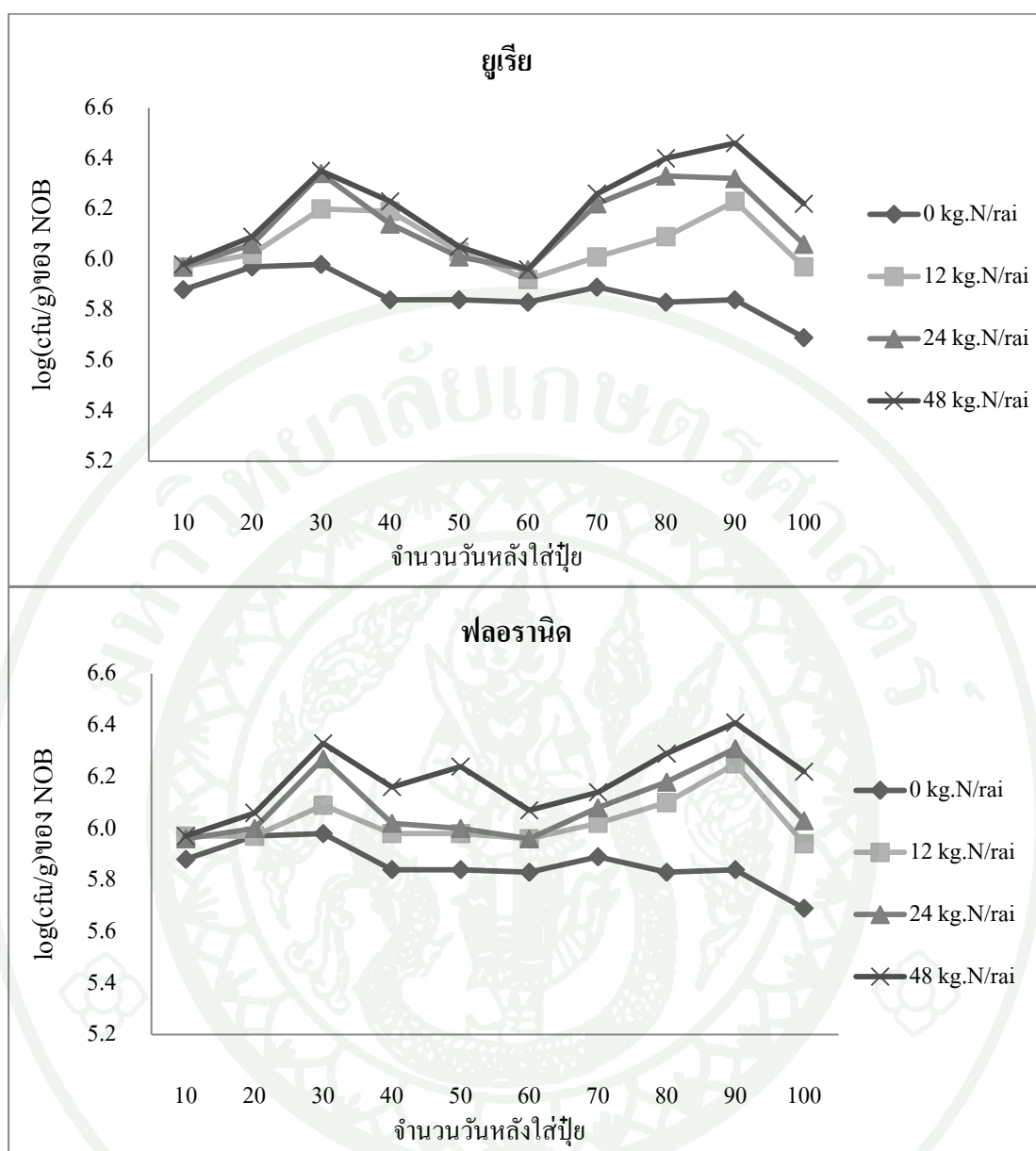
ภาพที่ 27 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรานิดที่ระยะเวลาต่างกัน



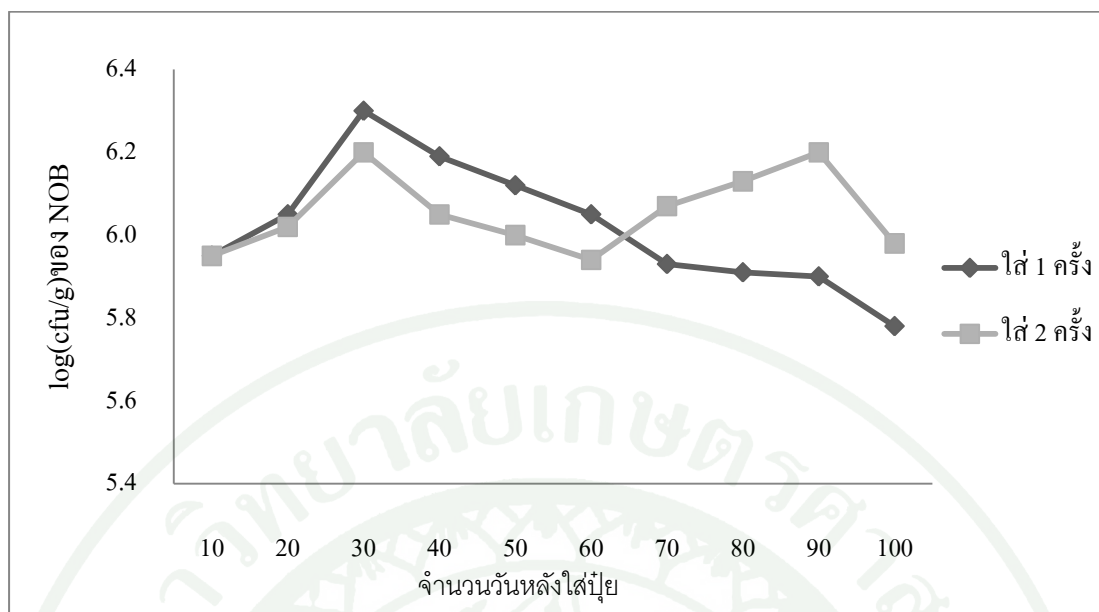
ภาพที่ 28 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตราต่างๆที่ระยะเวลาดังกล่าว



ภาพที่ 29 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอราเนดที่มีการใส่ 1 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน



ภาพที่ 30 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินในตำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียและฟลอรานิดที่มีการใส่ 2 ครั้งต่อระยะเวลาต่างกัน



ภาพที่ 31 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria(NOB) ในดินที่มีการใส่ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้าที่มีต่อการเจริญเติบโตของหน่อไม้ฝรั่ง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยฟลอแรนดิมิปริมาณ NH_4^+-N สูงกว่าค่ารับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียในช่วงหลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว 30 วัน ปริมาณของแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น การใส่ปุ๋ยทั้งหมดเพียงครั้งเดียวจะมีปริมาณแอมโมเนียมที่ระยะ 10 ถึง 60 วันสูงกว่าเมื่อมีการแบ่งใส่ แต่จะมีปริมาณน้อยกว่าการแบ่งใส่ที่ระยะ 70 ถึง 90 วัน

2. ปริมาณของไนเตรตในดินจะเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไป ปุ๋ยยูเรียจะมีการปลดปล่อยไนเตรตออกมาอย่างรวดเร็วในช่วงแรกและมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น ส่วนปุ๋ยฟลอแรนดิมิจะมีการปลดปล่อยไนเตรตในช่วงแรกน้อยและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 60 วันหลังจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลง การแบ่งใส่ส่งผลให้การปลดปล่อยไนเตรตในดินของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดสูงขึ้น

3. อัตราส่วนของ NH_4^+-N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าลดลงอย่างมากจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ยหลังจากนั้นก็มีความคงที่ ส่วนอัตราส่วนของ NO_3^--N ต่อปริมาณไนโตรเจนอนินทรีย์มีค่าสูงขึ้นจนถึงที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นก็มีค่าคงที่

4. การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินมีค่าลดลงในช่วงระยะเวลาแรกในการใส่ปุ๋ย หลังจากนั้นจะมีค่าสูงขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นจนเข้าสู่ระดับที่คงที่ ส่วนการใช้ปุ๋ยยูเรียส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยฟลอแรนดิมิ และการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าดินมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากนั้นก็จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ส่วนการใช้ปุ๋ยฟลอแรนดิมิส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าดินต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย

5. การใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้มีการสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีแนวโน้มสูงขึ้น และการแบ่งใส่ 2 ครั้งส่งผลให้การสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินของปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดสูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง การสะสมของไนโตรเจนทั้งหมดในดินในค่ารับที่ใส่ปุ๋ยละลายช้ามีปริมาณสูงกว่าค่ารับที่ใส่ยูเรีย

6. การใช้ปุ๋ยฟลอแรนดิมิและปุ๋ยยูเรียไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต จำนวน และน้ำหนักหน่อสดในช่วงการเก็บเกี่ยวรอบแรกแตกต่างกัน แต่มีผลต่อจำนวน ขนาด และน้ำหนักหน่อในการเก็บ

เกี่ยวช่วงที่ 2 ปุ๋ยละลายช้ามีแนวโน้มให้จำนวน ขนาด และน้ำหนักหน่อสดสูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย การใส่ปุ๋ยละลายช้าอัตรา 24 kg N/rai มีแนวโน้มที่จะมีผลผลิตสูงที่สุด

7. ปริมาณของไนโตรเจนในส่วนของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้น และการใช้ปุ๋ยละลายช้ามีปริมาณไนโตรเจนในส่วนของดินสูงกว่าค่ารับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดในค่ารับที่ใส่ปุ๋ยฟลอราโนดในอัตรา 12 kg N/rai ที่มีการใส่ 2 ครั้ง มีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 0.13 % และ 2.84 % ตามลำดับ

8. การใช้ปุ๋ยยูเรียทำให้มีปริมาณ NOB สูงกว่าการใช้ปุ๋ยฟลอราโนดที่ระยะเวลาเวลา 20, 30 และ 40 วันหลังใส่ปุ๋ย ส่วนที่ระยะเวลา 50 และ 60 วันหลังใส่ปุ๋ยการใช้ปุ๋ยฟลอราโนดมีปริมาณ NOB สูงกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณ NOB สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้น และ การใส่ปุ๋ย 1 ครั้งทำให้มีปริมาณ NOB สูงกว่าการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะเวลา 20, 30, 40, 50 และ 60 วันหลังใส่ปุ๋ย ส่วนที่ระยะเวลา 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย การแบ่งใส่ 2 ครั้ง ทำให้มีปริมาณ NOB สูงกว่าการใส่ 1 ครั้ง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2551. หน่อไม้ฝรั่ง. ระบบข้อมูลทางวิชาการ. แหล่งที่มา:

<http://web.ku.ac.th/agri/asparagus/05.htm>, 23 เมษายน 2553.

กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 76 น.

กลุ่มเกษตรสัญจร. 2530. หน่อไม้ฝรั่ง. สหมิตรการพิมพ์, กรุงเทพมหานคร.

คณาจารย์ภาควิชาพืชวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. ภาควิชาพืชวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ขงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์นิโรจน์, ขวลิศ สงประยูร. 2552. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตชนก สารักษ์. 2549. การหาปริมาณการใช้น้ำและธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่งพันธุ์ Brock's Improve. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไฉน ยอดเพชร. 2542. พืชผักอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลบางพระชลบุรี.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาพืชวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

พรพรรณ มั่นทน. 2553. การใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกรและผลของปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารต่อผลผลิตและคุณภาพหน่อไม้ฝรั่งหน่อเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทนต์ โปรัชกุล. 2535. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยผสมต่อผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus officinalis* Linn). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการค้าสินค้าการเกษตรไทยกับต่างประเทศปี 2551. ศูนย์
สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
กรุงเทพมหานคร. 129 น.

อดิษฐ์ แซ่จิ้ว. 2537. การกระจายของรากและผลผลิตของหน่อไม้ฝรั่ง(หน่อเขียว)ในชุดดิน
กำแพงแสนภายใต้การเตรียมดินและการใช้ปุ๋ยในโตรเจนต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมพร ทรัพย์สาร และ จำนอง โสมกุล. 2532. การปลูกหน่อไม้ฝรั่ง. เอกสารประกอบการฝึกอบรม
การปลูกหน่อไม้ฝรั่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 48 น.

สุบัณฑิต นิมรรัตน์. 2549. จุลชีววิทยาทางดิน. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. 280 น.

Abeliovich, A. 1992. **Transformation of ammonia and the environmental impact of
nitrifying bacteria.** Biodegradation 3: 255-264.

Aglukon, 1993. **Nutralene Nitroform, AZOLON – Biologically Controlled Nitrogen release.**
Publisher: Aglukon Spezialdunger GmbH, Dusseldorf, Germany.

Aglukon, 1992. **Plantacote – The System of Crop – Specific Plant Nutrition.** Publisher:
Aglukon Spezialdunger GmbH, Dusseldorf, Germany.

Rodrigues A. M., H. Santos, S. Ruivo and M. Arrobas. 2009. **Slow-release N fertilisers are not
an alternative to urea for fertilisation of autumn-grown tall cabbage.** Europ. J.
Agronomy 32: 137–143.

Association of American Plant Food Control Officials (AAPFCO) (1995). Official Publication
No. 50, T-29. Published by Association of American Plant Food Control Officials,
Indiana, USA.

Bienz, D.R. 1986. **The asparagus industry of Washington.** Hort. Sci. 21: 2-9.

Brown, H.D and C.S. Hutchison. 1949. **Vegetable Science**. J.B. Lippincott Co., Chicago. 425 p.

Bitton, G. 1994. **Wastewater Microbiology**. Wiley-Liss Inc., USA.

Cartagena, M.C., A. Vallejo, J.A. Diez, A. Bustos, R. Caballero, R. Roman. 1995. **Effect of the type of fertilizer and source of irrigation water on N use in a maize crop**. Field Crops Res. 44: 33-39.

Crockett, J.U. 1977. **Vegetable and Fruits**. Time – life Books, Inc., Alexandria. 160 p.

Dong Y. and Wang Z. 2007. **Release Characteristics of Different N Forms in an Uncoated Slow/Controlled Release compound fertilizer**. Agric. Sci. 6(3): 330-337.

Drost, D.T. 1997. Asparagus pp.621-649. *In* Wien, H.C. (ed.). **The Physiology of Vegetable Crops**. CAB International, Wallingford, UK.

Escobar, F., R. Benlloch M., E. Herrera and J. M. Garcia-Novelo 2009. **Effect of traditional and slow-release N fertilizers on growth of olive nursery plants and N losses by leaching**. Sci. Hort. 101: 39–49.

Fujita, T. 1996. **Invention of fertilizer coating technology using polyolefin resin and manufacturing of polyolefin coated urea**. Jap. J. Soil Sci. Plant Nutrition. 67(3): 15-22.

Ledgard, S.F., J.A. Douglas, J.M. Follett and M.S. Sprosen. 1992. **Influence of time of application on the utilization of nitrogen fertilizer by asparagus, estimated using ^{15}N** . Plant and Soil 147: 41-47.

Mikkelsen, R.L., H. M. Williams. and A.D. Behel. 1994. **Nitrogen leaching and plant uptake from controlled-release fertilizer**. Department of Soil Science, State University, Raleigh, NC 27695, USA. Fert. Res. 37(1): 43-50.

- Moore, K.K. 2004. **Growth of bedding plants in substrates amended with compost and fertilized with three different release rates of a controlled – release fertilizer product.** Hort. Tech.14(4) : 474-478.
- Rojas M.R., M. A.A.Lopez, and G.Z. Cosano 1992. **Mineral Elements Distribution in Fresh Asparagus.** J. Food Compo. Anal. 5: 168- 171.
- Pauly, D.J., M. Nyborg, and S.S. Malhi. 2002. **Controlled – release P fertilizer concept evaluation using growth and P uptake of barley from three soils in greenhouse.** Can. J. Soil Sci. 82 (2) : 201 – 210.
- Paul, E.A. and Clark F. E. 1996. **Soil Microbiology and Biochemistry.** 2nd ed. Academic Press. San Diego Pauly, D.J., M.Nyborg, and S.S. Malhi. 2002. Controlled-release P fertilizer concept evaluation using growth and P uptake of barley from three soil in greenhouse. Can. J. Soil Sci. 82(2) :201-210.
- Peirce, L.C. 1987. **Vetables Characteristivs Production and Marketing.** John willey and Sons Inc., New York. 433 p.
- Pitman, B.C., D.C. Ander and W.H. Swallow. 1991. **Growth and development of young asparagus plants in response to N fertilization.** Hort. Abt. 61: 8.
- Richards, D.L. and D.W. Reed. 2004. **New Guinea impatiens growth response and nutrient release from Controlled – release fertilizer in a recirculating subirrigation and top – watering system.** Hort. Sci. 39(2) :280-286.
- Sander, D.C. 1999. **Nitrogen-Potassium interactions in asparagus.** pp.421-425. In A. Uragami. Proc. 10th on Asparagus. Acta Hort. 589.
- Shaviv, A. 2001. **Advances in Controlled – Release Fertilizer.** Adv. Agron. 71: 1-49.

- Shaviv, A., Mikkelsen R. L. 1993: **Controlled-release fertilizer to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation – A review**. Fert. Res. 35:1-12.
- Shelton, D.R. and M.L. Lacy. 1980. **Effect of harvest duration on yield and on depletion of storage carbohydrates in asparagus roots**. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105: 332-335.
- Shoemaker, J. S. 1947. **Vegetable Growing**. John Wiley and Son, Inc., New York. 506 p.
- Thomson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. **Vegetable Crops**. McGraw – Hill Book Co., Inc., New York. 611 p.
- Trenkel, M. E., 1997: **Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture**. Improving fertilizer use efficiency. International Fertilizer Industry Association.
- Fang, W., Y. Fenglin and Q.I. Aijiu. 2007. **Nitrifying and denitrifying bacteria in aerobic granules formed in sequencing batch airlift reactors**. Front. Environ. Sci. Engin. China. 1(2): 184-189
- Wilson, D.R., C.G. Cloughley, P.D. Jamieson and S.M. Sinton. 2002. **A model of Asparagus Growth Physiology**. pp.297-301. In A. Urugami. Proc. 10th on Asparagus. Acta Hort. 589.
- Wood, P.M. 1986 **Nitrification as a bacteria energy source.**, In: Prosser JI(Ed). Nitrification, IRL Press, Oxford, pp.39-62
- Yan, D. and W. Zheng-yin. 2007. **Release Characteristics of Different N Forms in an Uncoated Slow/Controlled Release compound fertilizer**. Agric. Sci. China. 6(3): 330-337.
- Yanagita, T. 1990. **Nature Microbiology Communities**, Ecological and Physiological Features. Tokyo Japan Scientific Societies Press, Japan.

Yarmaguchi, M. 1983. **World Vegetables**. AVI Publishing Co., Connecticut. 415 p. Publishers,
Dordrecht, The Netherland

Zekri, M. and Koo, R.C.J. 1992. **Use of controlled-release fertilizers for young citrus trees**.
Sci. Hort. 49: 233-241





ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย

คำรับ	ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน(mg/kg)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
Control	24.26 c	19.32 d	8.63 c	10.02 e	7.09 i	10.98 b-d	8.26 i	8.53 i	9.15 f	6.13 e
U ₁₂₋₁	35.40 b	29.05 c	16.47 b-c	15.91 b-d	12.31 f-g	11.76 b-d	9.38 h-i	16.17 f-g	13.03 e-f	14.67 d
U ₁₂₋₂	37.15 b	21.03 d	16.70 b-c	15.00 c-d	9.15 h-i	10.98 b-d	15.06 e-f	17.60 f	13.72 e-f	13.13 d
U ₂₄₋₁	34.70 b	35.84 b	32.93 a-c	18.03 b	15.19 e-f	7.06 d	12.81 f-g	15.46 f-g	13.56 e-f	14.88 d
U ₂₄₋₂	33.65 b	23.88 c-d	8.63 c	14.19 d	11.06 g-h	6.27 d	19.19 d	32.84 b	17.58 e	15.88 d
U ₄₈₋₁	43.51 a	41.47 a	55.67 a	25.77 a	16.91 d-e	8.63 c-d	15.23 e-f	15.07 f-g	15.28 e-f	17.03 d
U ₄₈₋₂	35.26 b	27.17 c	15.68 b-c	17.69 b-c	15.52 e	6.27 d	26.27 b	38.18 a	31.66 c	23.17 c
F ₁₂₋₁	36.45 b	27.82 c	35.29 a-c	16.76 b-d	19.15 d	13.33 a-d	11.27 g-h	15.59 f-g	14.64 e-f	16.80 d
F ₁₂₋₂	34.00 b	23.53 c-d	10.19 c	14.65 d	17.00 d-e	17.25 a-b	16.66 e	20.60 e	23.94 d	21.62 c
F ₂₄₋₁	36.45 b	28.51 c	21.17 b-c	26.96 a	22.32 b-c	18.03 a-b	14.05 f	11.48 h	33.98 c	23.94 c
F ₂₄₋₂	34.35 b	23.43 c-d	18.03 b-c	15.05 c-d	19.83 c-d	16.47 a-c	22.55 c	29.60 c	77.22 a	58.69 a
F ₄₈₋₁	44.30 a	37.79 a-b	39.41 a-b	27.69 a	27.52 a	20.39 a	14.55 e-f	14.26 g	33.98 c	33.98 b

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

คำรับ	ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน(mg/kg)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
F_{48-2}	45.92 a	27.38 c	31.36 a-c	16.76 b-d	23.03 b	16.47 a-c	29.46 a	26.02 d	44.02 b	32.43 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)	15.98	25.17	24.65	30.12	35.69	31.25	32.11	33.55	31.24	32.46

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณไนเตรดไนโตรเจนในดินที่ระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย

คำรับ	ปริมาณไนเตรดไนโตรเจน(mg/kg)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
Control	55.38 g	82.37 i	192.11 e-f	99.78 f	62.68 k	76.84 g	65.52 i	87.77 j	81.08 j	78.77 i
U ₁₂₋₁	70.80 e-f	111.78 h	238.37 d-e	373.19 c-d	145.06 i	153.69 e-f	109.33 h	110.06 j	128.19 i	98.84 i
U ₁₂₋₂	58.54 f-g	106.90 h	167.02 f	209.21 e	92.18 j	82.33 g	432.63 c	292.89 f-g	264.10 e	225.49 e
U ₂₄₋₁	80.27 b-d	242.99 c-d	366.97 a-b	365.95 c-d	350.39 f	280.71 d	324.38 d-e	259.54 h	164.48 h-i	142.09 h
U ₂₄₋₂	76.44 d-e	123.71 g-h	310.51 b-c	203.87 e	134.41 i	115.26 f-g	422.83 c	274.44 g-h	241.70 e-f	233.98 e
U ₄₈₋₁	127.24 a	265.15 c	327.76 a-c	430.24 b	534.41 d	370.89 c	332.57 d	304.24 e	239.39 e-f	208.50 e-f
U ₄₈₋₂	92.04 b	208.99 e	269.74 c-d	229.55 e	270.58 g	196.03 e	496.34 b	620.34 a	918.94 a	733.61 a
F ₁₂₋₁	81.23 b-d	237.63 d	241.51 d-e	232.74 e	412.44 e	260.33 d	211.00 g	109.78 j	207.73 f-g	193.83 f-g
F ₁₂₋₂	55.33 g	154.29 f	217.98 d-f	227.60 e	212.25 h	174.07 e	305.17 e	351.48 d	190.74 g-h	175.29 g
F ₂₄₋₁	84.52 b-c	298.16 b	324.62 a-c	427.34 b	635.67 b	533.20 b	251.36 f	225.04 i	389.97 d	343.64 d
F ₂₄₋₂	70.15 e-f	138.12 f-g	273.66 c-d	346.28 d	523.00 d	370.89 c	311.29 e	432.21 c	639.40 c	552.14 c
F ₄₈₋₁	91.13 b	360.82 a	380.30 a	625.72 a	884.48 a	720.60 a	428.33 c	265.03 g-h	400.01 d	352.90 d

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

คำรับ	ปริมาณไนเตรตไนโตรเจน(mg/kg)									
	10 วัน	20 วัน	30 วัน	40 วัน	50 วัน	60 วัน	70 วัน	80 วัน	90 วัน	100 วัน
F ₄₈₋₂	74.05 d-e	258.91 c-d	318.35 b-c	385.69 c	586.61 c	497.91 b	551.70 a	586.98 b	698.08 b	620.86 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV(%)	35.22	30.14	28.66	33.24	34.53	35.22	31.86	34.26	33.54	32.85

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 3 ค่าปฏิกิริยาดินที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย

ตำรับ	ค่าปฏิกิริยาดิน(1:1)				
	20 วัน	40 วัน	60 วัน	80 วัน	100 วัน
Control	7.19 a	7.22 a	7.22 c	7.23 d	7.26 d
U ₁₂₋₁	6.95 e	7.17 b	7.29 a	7.30 a	7.32 a
U ₁₂₋₂	6.94 f	7.01 d	7.12 f	7.20 e	7.26 d
U ₂₄₋₁	6.85 h	7.00 d	7.24 b	7.29 b	7.31 b
U ₂₄₋₂	6.84 i	6.90 e-f	7.00 i	7.10 j	7.21 g
U ₄₈₋₁	6.79 k	6.90 e-f	7.17 d	7.20 e	7.28 c
U ₄₈₋₂	6.79 k	6.88 g	6.96 j	7.01 k	7.16 h
F ₁₂₋₁	7.11 b	7.15 b	7.21 c	7.25 c	7.29 c
F ₁₂₋₂	6.98 d	7.03 d	7.13 f	7.19 f	7.22 f
F ₂₄₋₁	7.04 c	7.10 c	7.15 e	7.20 e	7.24 e
F ₂₄₋₂	6.94 f	7.00 d	7.11 g	7.13 g	7.21 g
F ₄₈₋₁	6.83 j	7.00 d	7.11 g	7.12 h	7.21 g
F ₄₈₋₂	6.87 g	6.92 e	7.04 h	7.11 i	7.14 i
F-test	**	**	**	**	**
CV(%)	1.72	2.01	1.77	1.90	2.41

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 4 ค่าการนำไฟฟ้าดินที่ระยะเวลา 20, 40, 60, 80 และ 100 วันหลังใส่ปุ๋ย

ตำรับ	ค่าการนำไฟฟ้าดิน(1:5; dS/m)				
	20 วัน	40 วัน	60 วัน	80 วัน	100 วัน
Control	0.88 j	0.90 i	0.88 l	0.78 j	0.71 i
U ₁₂₋₁	1.80 c	1.74 c	1.65 d	1.55 g	1.35 h
U ₁₂₋₂	1.42 h	1.32 h	1.24 k	1.44 h	1.38 g
U ₂₄₋₁	1.98 b	1.87 b	1.82 b	1.70 d	1.56 c
U ₂₄₋₂	1.59 f	1.46 f	1.34 h	1.80 c	1.46 e
U ₄₈₋₁	2.10 a	1.95 a	1.84 a	1.71 d	1.66 b
U ₄₈₋₂	1.66 e	1.58 e	1.44 g	2.01 a	1.64 b
F ₁₂₋₁	1.68 e	1.70 d	1.57 f	1.60 f	1.40 f
F ₁₂₋₂	1.33 i	1.30 h	1.24 j	1.30 i	1.33 h
F ₂₄₋₁	1.77 d	1.85 b	1.61 e	1.64 e	1.42 f
F ₂₄₋₂	1.42 h	1.37 g	1.30 i	1.53 g	1.50 d
F ₄₈₋₁	1.89 c	1.98 a	1.72 c	1.70 d	1.50 d
F ₄₈₋₂	1.50 g	1.43 f	1.34 h	1.87 b	1.80 a
F-test	**	**	**	**	**
CV(%)	19.17	19.35	18.30	18.66	17.54

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยวิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 5 มาตรฐานของธาตุอาหารใบเทียมหน่อไม้ฝรั่ง

ธาตุอาหาร	หน่วย (ต่อน้ำหนักแห้ง)	ปริมาณ โดยทั่วไป	ปริมาณ ที่เพียงพอ	ปริมาณที่ เหมาะสม
ไนโตรเจน* ^{1/}	%	2.40-3.80	3.79	2.20
ฟอสฟอรัส	%	0.30-3.35	0.20-0.23	0.20
โพแทสเซียม	%	1.50-2.40	1.72	1.29
แคลเซียม	%	0.40-0.50	-	0.30
แมกนีเซียม	mg/kg	15-50	-	-
แมงกานีส	mg/kg	10-160	-	15
ทองแดง	mg/kg	-	-	5
สังกะสี	mg/kg	20-60	-	15
โบรอน	mg/kg	50-100	-	20

หมายเหตุ *^{1/}พืชแสดงอาการขาด เมื่อมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่า 0.13 mg/kg และผลผลิตจะสูงถ้า
หากมีมากกว่า 0.3 mg/kg
ที่มา : คัดแปลงจาก ไฉน (2542)

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 10 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	7.60x10 ⁵	5.88	7.6x10 ⁵	5.88		0 kg N/rai
	12	9.06x10 ⁵	5.96	9.36x10 ⁵	5.97		5.88 b
	24	9.30x10 ⁵	5.97	9.25x10 ⁵	5.97	5.95	12 kg N/rai
	48	9.50x10 ⁵	5.98	9.50x10 ⁵	5.98		5.97 a
Floranid	0	7.60x10 ⁵	5.88	7.6x10 ⁵	5.88		24 kg N/rai
	12	9.43x10 ⁵	5.97	9.30x10 ⁵	5.97	5.95	5.97 a
	24	9.53x10 ⁵	5.98	9.20x10 ⁵	5.96		48 kg N/rai
	48	9.63x10 ⁵	5.99	9.40x10 ⁵	5.97		5.98 a
เฉลี่ย(I)			5.95		5.95		
F-test : F ^{ns} , R [*] , I ^{ns} , FxR ^{ns} , FxI ^{ns} , FxRxI ^{ns}							
CV(%)			1.39				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 20 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	9.40x10 ⁵	5.97	9.40x10 ⁵	5.97		0 kg N/rai
	12	1.11x10 ⁶	6.05	1.05x10 ⁶	6.02		5.97 d
	24	1.24x10 ⁶	6.09	1.16x10 ⁶	6.06	6.05 a	12 kg N/rai
	48	1.39x10 ⁶	6.14	1.23x10 ⁶	6.09		6.01 c
Floranid	0	9.40x10 ⁵	5.97	9.40x10 ⁵	5.97		24 kg N/rai
	12	1.01x10 ⁶	6.00	9.30x10 ⁵	5.97		6.05 b
	24	1.14x10 ⁶	6.06	1.00x10 ⁶	6.00	6.02 b	48 kg N/rai
	48	1.35x10 ⁶	6.13	1.15x10 ⁶	6.06		6.10 a
เฉลี่ย(I)			6.05 a		6.02 b		
F-test : F **, R **, I **, FxR **, FxI ^{ns} , RxI **, FxRxI ^{ns}							
CV(%)			1.61				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 30 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	9.65x10 ⁵	5.98 i	9.65x10 ⁵	5.98 i		0 kg N/rai
	12	2.16x10 ⁶	6.33 d	1.60x10 ⁶	6.20 g	6.28 a	5.98 d
	24	2.44x10 ⁶	6.39 c	2.21x10 ⁶	6.34 d		12 kg N/rai
	48	4.38x10 ⁶	6.64 a	2.23x10 ⁶	6.35 d		6.21 c
Floranid	0	9.65x10 ⁵	5.98 i	9.65x10 ⁵	5.98 i		24 kg N/rai
	12	1.66x10 ⁶	6.22 f	1.23x10 ⁵	6.09 h	6.21 b	6.33 b
	24	2.14x10 ⁶	6.33 d	1.85x10 ⁶	6.27 e		48 kg N/rai
	48	3.35x10 ⁶	6.52 b	2.15x10 ⁶	6.33 d		6.46 a
เฉลี่ย(I)			6.30 a		6.20 b		
F-test : F **, R **, I **, FxR **, FxI **, RxI **, FxRxI **							
CV(%)		3.11					

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดย การใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 40 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	6.90x10 ⁵	5.84	6.90x10 ⁵	5.84		0 kg N/rai
	12	1.93x10 ⁶	6.29	1.57x10 ⁶	6.19		5.84 c
	24	2.02x10 ⁶	6.30	1.44x10 ⁶	6.14	6.16 a	12 kg N/rai
	48	2.83x10 ⁶	6.45	1.69x10 ⁶	6.23		6.17 b
Floranid	0	6.90x10 ⁵	5.84	9.65x10 ⁵	5.84		24 kg N/rai
	12	1.70x10 ⁶	6.23	9.60x10 ⁵	5.98	6.08 b	6.18 b
	24	1.78x10 ⁶	6.25	1.05x10 ⁶	6.02		48 kg N/rai
	48	2.22x10 ⁶	6.34	1.49x10 ⁶	6.16		6.30 a
เฉลี่ย(I)			6.19 a		6.05 b		
F-test : F **, R **, I **, FxR ^{ns} , FxI ^{ns} , RxI **, FxRxI ^{ns}							
CV(%)			3.35				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 50 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	6.90x10 ⁵	5.84 g	6.90 x10 ⁵	5.84 g		0 kg N/rai
	12	1.33x10 ⁶	6.12 c	1.06x10 ⁶	6.03 e-f	6.04 b	5.84 c
	24	1.37x10 ⁶	6.14 c	1.04x10 ⁶	6.01 e-f		12 kg N/rai
	48	1.83x10 ⁶	6.26 b	1.14x10 ⁶	6.05 d		6.08 b
Floranid	0	6.90x10 ⁵	5.84 g	6.90x10 ⁵	5.84 g		24 kg N/rai
	12	1.63x10 ⁶	6.21 b	9.50x10 ⁵	5.98 f	6.08 a	6.09 b
	24	1.73x10 ⁶	6.24 b	9.95x10 ⁵	6.00 e-f		48 kg N/rai
	48	2.12x10 ⁶	6.33 a	1.74x10 ⁶	6.24 b		6.22 a
เฉลี่ย(I)			6.12 a		6.00 b		
F-test : F **, R **, I **, FxR **, FxI ^{ns} , RxI **, FxRxI **							
CV(%)				2.77			

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 60 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	6.75x10 ⁵	5.83 h	6.75x10 ⁵	5.83 h		0 kg N/rai
	12	1.10x10 ⁶	6.04 e	8.30x10 ⁵	5.92 g		5.83 d
	24	1.12x10 ⁶	6.05 d-e	9.15x10 ⁵	5.96 f	5.96 b	12 kg N/rai
	48	1.27x10 ⁶	6.10 c	9.10x10 ⁵	5.96 f		5.99 c
Floranid	0	6.75x10 ⁵	5.83 h	6.75x10 ⁵	5.83 h		24 kg N/rai
	12	1.08x10 ⁶	6.03 e	9.04x10 ⁵	5.96 f	6.02 a	6.04 b
	24	1.62x10 ⁶	6.21 b	9.10x10 ⁵	5.96 f		48 kg N/rai
	48	1.94x10 ⁶	6.29 a	1.18x10 ⁶	6.07 d		6.10 a
เฉลี่ย(I)			6.05 a	5.94 b			
F-test : F **, R **, I **, FxR **, FxI **, RxI **, FxRxI **							
CV(%)			2.21				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดย การใช้วิธี DMRT

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 70 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	7.80x10 ⁵	5.89 h	7.80x10 ⁵	5.89 h		0 kg N/rai
	12	7.85x10 ⁵	5.95 h	1.03x10 ⁶	6.01 e-f	6.00	5.89 d
	24	7.75x10 ⁵	5.89 h	1.68x10 ⁶	6.22 b		12 kg N/rai
	48	7.95x10 ⁵	5.90 h	1.82 x10 ⁶	6.26 a		5.97 c
Floranid	0	7.80x10 ⁵	5.89 h	7.80x10 ⁵	5.89 h		24 kg N/rai
	12	9.75x10 ⁵	5.99 f	1.05x10 ⁶	6.02 e-f	6.00	6.04 b
	24	8.85x10 ⁵	5.95 g	1.22x10 ⁶	6.08 d		48 kg N/rai
	48	1.07x10 ⁶	6.03 e	1.38x10 ⁶	6.14 c		6.08 a
เฉลี่ย(I)			5.93 b	6.07 a			
F-test : F ^{ns} , R ^{**} , I ^{**} , FxR ^{**} , FxI ^{**} , RxI ^{**} , FxRxI ^{**}							
CV(%)			2.03				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 80 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	6.80x10 ⁵	5.83 i	6.80x10 ⁵	5.83 i		0 kg N/rai
	12	7.71x10 ⁵	5.89 gh	1.22x10 ⁶	6.09 d		5.83 d
	24	7.30x10 ⁵	5.86 hi	2.13x10 ⁶	6.33 b	6.04	12 kg N/rai
	48	7.80x10 ⁵	5.89 gh	2.52 x10 ⁶	6.40 a		6.01 c
Floranid	0	6.80x10 ⁵	5.83 i	6.80x10 ⁵	5.83 i		24 kg N/rai
	12	9.55x10 ⁵	5.98 e-f	1.25x10 ⁶	6.10 d		6.08 b
	24	8.75x10 ⁵	5.94 f-g	1.52x10 ⁶	6.18 c	6.02	48 kg N/rai
	48	1.07x10 ⁶	6.03 e	1.93x10 ⁶	6.29 b		6.15 a
เฉลี่ย(I)			5.91 b		6.13 a		
F-test : F ^{ns} , R ^{**} , I ^{**} , FxR [*] , FxI ^{**} , RxI ^{**} , FxRxI ^{**}							
CV(%)		3.16					

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 90 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	6.90x10 ⁵	5.84 f	6.90x10 ⁵	5.84 f		0 kg N/rai
	12	7.10x10 ⁵	5.85 f	1.71x10 ⁶	6.23 d		5.84 d
	24	8.70x10 ⁵	5.94 e	2.11x10 ⁶	6.32 c	6.05	12 kg N/rai
	48	8.80x10 ⁵	5.94 e	2.88x10 ⁶	6.46 a		6.07 c
Floranid	0	6.90x10 ⁵	5.84 f	6.90x10 ⁵	5.84 f		24 kg N/rai
	12	8.60x10 ⁵	5.93 e	1.79x10 ⁶	6.25 d	6.05	6.11 b
	24	7.25x10 ⁵	5.86 f	2.05x10 ⁶	6.31 c		48 kg N/rai
	48	9.30x10 ⁶	5.97 e	2.55x10 ⁶	6.41 b		6.19 a
เฉลี่ย(I)			5.90 b	6.20 a			
F-test : F ^{ns} , R ^{**} , I ^{**} , FxR [*] , FxI ^{ns} , RxI ^{**} , FxRxI [*]							
CV(%)			3.77				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณ nitrous oxidizing bacteria ในดินที่ระยะเวลา 100 วันหลังใส่ปุ๋ย

ปุ๋ย(F)	อัตรา(R) kg N/rai	การใส่ปุ๋ย(I)				เฉลี่ย (F)	เฉลี่ย (R)
		1 ครั้ง		2 ครั้ง			
		cfu/g	Log	cfu/g	Log		
Urea	0	4.90x10 ⁵	5.69 i	4.90x10 ⁵	5.69 i		0 kg N/rai
	12	6.90x10 ⁵	5.84 f	9.40x10 ⁵	5.97 d		5.69 d
	24	6.10x10 ⁵	5.79 h	1.15x10 ⁶	6.06 b	5.88	12 kg N/rai
	48	6.55x10 ⁵	5.82 f-g	1.66x10 ⁶	6.22 a		5.88 c
Floranid	0	4.90x10 ⁵	5.69 i	4.90x10 ⁵	5.69 i		24 kg N/rai
	12	6.20x10 ⁵	5.79 h	8.65x10 ⁵	5.94 e	5.87	5.91 b
	24	6.30x10 ⁵	5.80 gh	1.06x10 ⁶	6.03 c		48 kg N/rai
	48	6.60x10 ⁶	5.82 g	1.66x10 ⁶	6.22 a		6.02 a
เฉลี่ย(I)			5.78 b	5.98 a			
F-test : F ^{ns} , R ^{**} , I ^{**} , FxR [*] , FxI ^{ns} , RxI ^{**} , FxRxI [*]							
CV(%)			2.94				

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

โดย การใช้วิธี DMRT

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** = แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล

นายไชยา บุญเลิศ

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 23 กันยายน 2529

สถานที่เกิด

อ. ด่านมะขามเตี้ย จ. กาญจนบุรี

ประวัติการศึกษา

วท. บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน -

ผลงานดีเด่นและรางวัลวิชาการ -

ทุนการศึกษาที่ได้รับ -

