บทที่ 4

ผลการวิจัย และวิจารณ์

1. ผลของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินชุดสตักที่ใช้ปลูกข้าวไร่ในเขตเกษตรน้ำฝนนั้น ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดิน 4 ประการคือ ความหนาแน่นรวม (Bulk Density, BD) ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) ความจุอากาศ (Aerated Porosity, Pa) และเสถียรภาพของเม็ดดิน (Aggregate Stability, AS) ผลของการศึกษาได้แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าทดสอบ F ไว้ในตารางที่ 4 และแสดงค่าเฉลี่ยของสมบัติทางกายภาพของดินสี่ประการคือ ความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นสนาม ความจุอากาศ และเสถียรภาพของเม็ดดิน หลังการปลูกข้าว 2, 4 และ 6 เดือน ไว้ในตารางที่ 5, 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้แสดงผลของการใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนต่อสมบัติทางกายภาพของดินทั้งสี่ประการดังกล่าวข้างต้นในระยะเวลาต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของข้าวไร่ ไว้ในรูปที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, และ 16 ตามลำดับ

1.1 ผลของปุ๋ยหมัก ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษาทั้งสี่ประการ โดยค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 5, 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ให้แก่ดินชุดสตักก่อนปลูกข้าวไร่ภายใต้สภาวะน้ำฝนมีผลไม่แตกต่างกันต่อสมบัติทางกายภาพของดินทั้งสี่ประการ โดยค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยที่เป็นผลจากการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน (ตารางที่ 5) เป็น 1.43, 1.41, 1.43, 1.40 และ 1.41 กรัม/ลบ.ซม. ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน (ตารางที่ 6) เป็น 1.43, 1.41, 1.39, 1.38 และ 1.37 กรัม/ลบ.ซม. และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน (ตารางที่ 7) มีค่าเป็น 1.44, 1.46, 1.44 และ 1.42 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความหนาแน่นรวมจากผลการใส่ปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 1 และ 2 ค่าความจุความชื้นสนามเฉลี่ยภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน เป็น 26.33%, 28.48%, 27.59%, 27.27% และ 29.18% ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงค่าทดสอบ F จากอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินชุดสตึก

สมบัติทางกายภาพ	CV(%)	F-Test values		
		C	N	CxN
หลังปลูกข้าว 2 เดือน				
ความหนาแน่นรวม	5.23	0.30^{ns}	0.19^{ns}	0.34^{ns}
ความจุความชื้นสนาม	14.05	0.96^{ns}	0.64^{ns}	2.17*
ความจุอากาศของดิน	29.54	1.22^{ns}	0.58^{ns}	1.94^{ns}
เสถียรภาพของเม็ดดิน	28.64	0.94^{ns}	1.17^{ns}	0.66^{ns}
หลังปลูกข้าว 4 เดือน				
ความหนาแน่นรวม	4.06	2.53^{ns}	0.23^{ns}	1.03^{ns}
ความจุความชื้นสนาม	11.43	1.00^{ns}	1.07^{ns}	0.70^{ns}
ความจุอากาศของดิน	26.34	1.13^{ns}	0.23^{ns}	0.77^{ns}
เสถียรภาพของเม็ดดิน	28.23	0.48^{ns}	2.94*	0.89^{ns}
หลังปลูกข้าว 6 เดือน				
ความหนาแน่นรวม	3.64	1.29^{ns}	0.91^{ns}	2.69*
ความจุความชื้นสนาม	6.03	0.83^{ns}	0.70^{ns}	0.91^{ns}
ความจุอากาศของดิน	22.83	1.35^{ns}	1.50^{ns}	2.38*
เสถียรภาพของเม็ดดิน	19.72	1.34^{ns}	3.91*	2.03*

หมายเหตุ * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 แสดงผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินชุดลตัก ภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย			
	BD(กรัม/ลบ.ซม.)	FC (%)	Pa (%)	SA (%)
ระดับปุ๋ยหมัก				
C^1	1.43	26.34	18.96	25.17
C^2	1.41	28.48	15.10	26.55
C^3	1.43	27.59	16.24	27.48
C^4	1.40	27.27	18.50	22.23
C^5	1.41	29.18	15.34	26.53
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน				
N^1	1.43	26.89	16.43	24.43
N^2	1.41	27.43	18.01	28.62
N^3	1.41	28.78	16.61	25.05
N^4	1.42	27.97	16.26	24.27

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C^2 = ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C^3 = " 6 "
C^4 = " 9 "
C^5 = " 12 "

N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N^2 = ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N^3 = " 40 "
N^4 = " 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 แสดงผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินชุดสตึก ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย			
	BD(กรัม/ลบ.ซม.)	FC (%)	Pa (%)	SA (%)
ระดับปุ๋ยหมัก				
C^1	1.43	25.93	17.08	28.09
C^2	1.41	26.89	17.01	30.72
C^3	1.39	28.41	15.86	27.03
C^4	1.38	26.11	19.01	28.88
C^5	1.37	26.44	19.19	30.77
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน				
N^1	1.40	27.73	16.89	34.48[a]
N^2	1.40	26.76	17.47	27.98[b]
N^3	1.39	26.57	18.21	26.54[b]
N^4	1.41	25.74	17.95	27.39[b]
LSD (0.05)	–	–	–	6.07

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C^2 = ใส่ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C^3 = " 6 "
C^4 = " 9 "
C^5 = " 12 "

N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N^2 = ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N^3 = " 40 "
N^4 = " 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

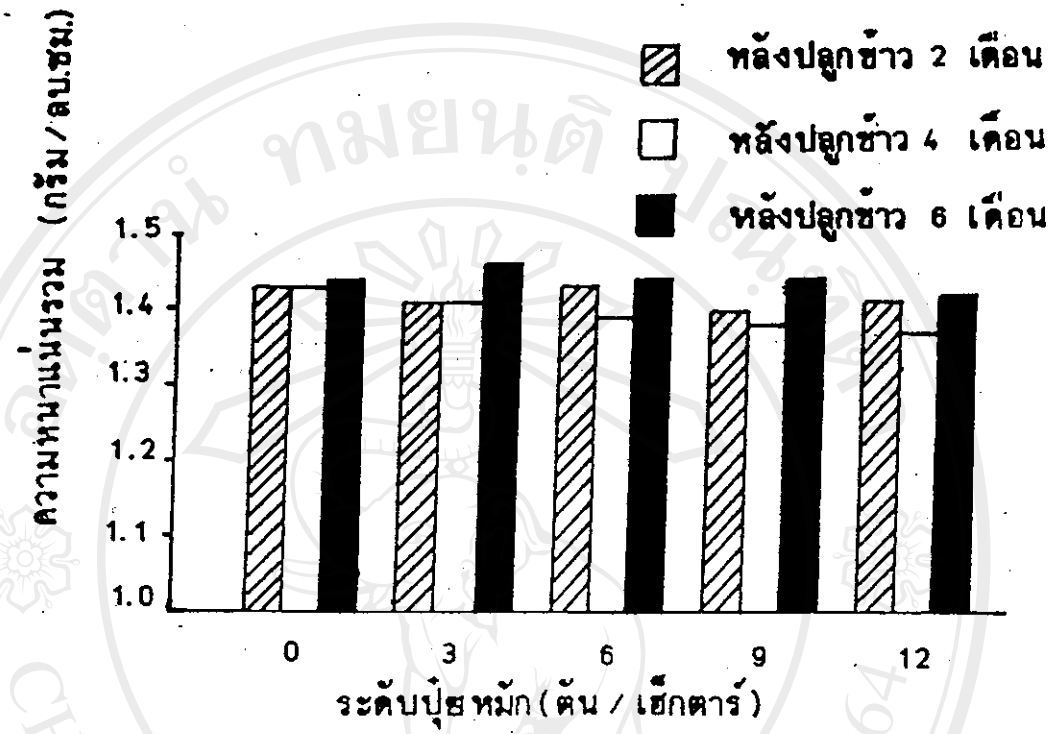
ตารางที่ 7 แสดงผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติบางประการทางกายภาพของดินชุดสตึก ภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย			
	BD(กรัม/ลบ.ซม.)	FC (%)	Pa (%)	SA (%)
ระดับปุ๋ยหมัก				
C^1	1.44	25.30	16.00	42.61
C^2	1.46	25.95	14.14	43.64
C^3	1.44	26.43	13.70	38.93
C^4	1.44	26.10	14.62	40.43
C^5	1.42	26.89	16.16	46.10
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน				
N^1	1.44	25.67	14.66	47.15^a
N^2	1.46	26.42	13.69	38.50^c
N^3	1.44	25.73	15.17	44.70^{ab}
N^4	1.43	25.91	16.17	39.02^{bc}
LSD (0.05)	-	-	-	6.17

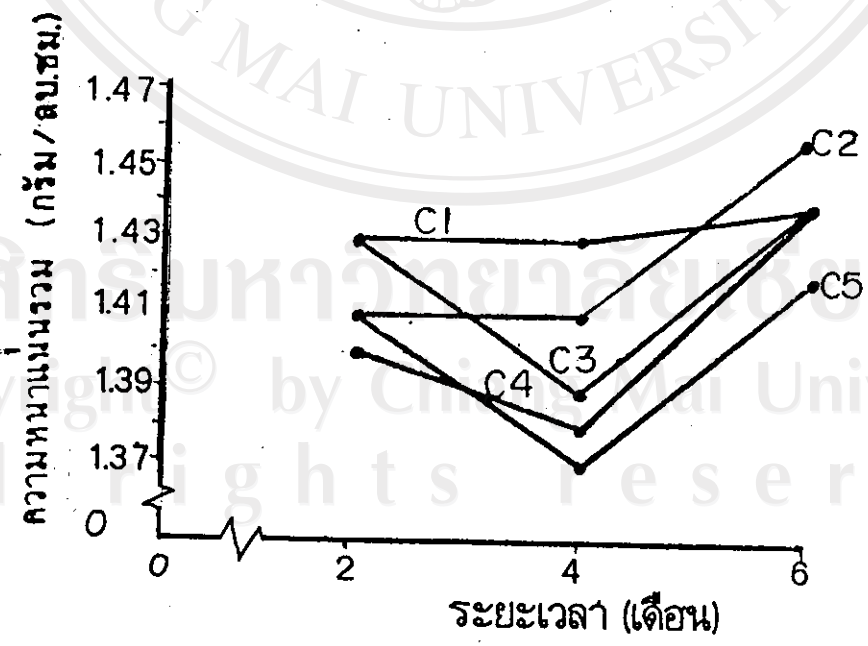
C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C^2 = ใส่ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C^3 = " 6 "
C^4 = " 9 "
C^5 = " 12 "

N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N^2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N^3 = " 40 "
N^4 = " 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

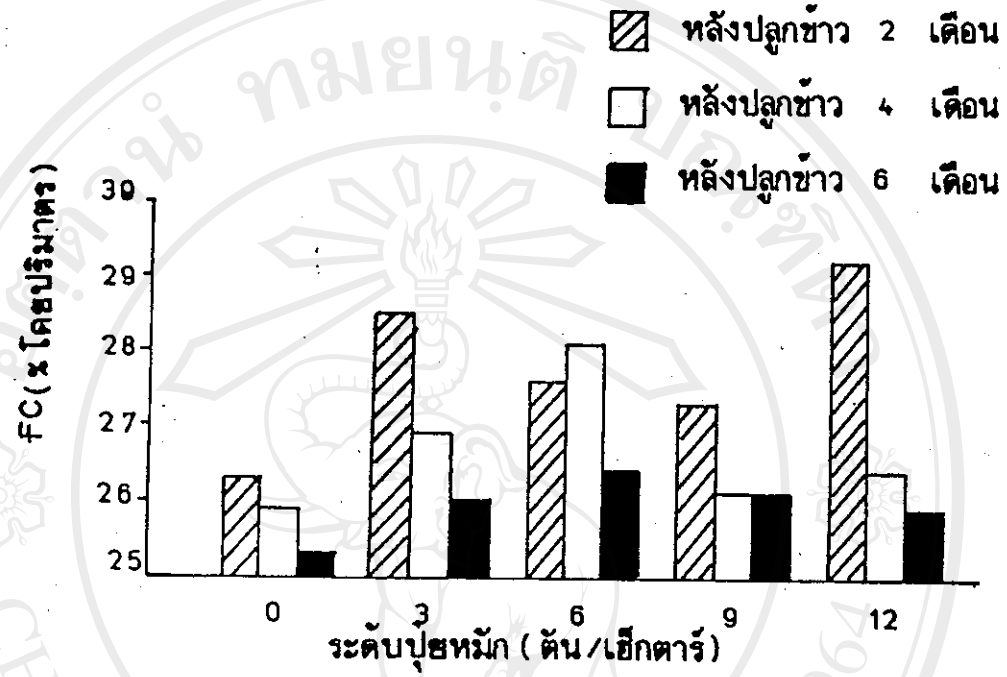


รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดินกับอัตราปุ๋ยหมักระดับต่าง ๆ หลังการปลูกข้าวไร่ 2,4 และ 6 เดือน

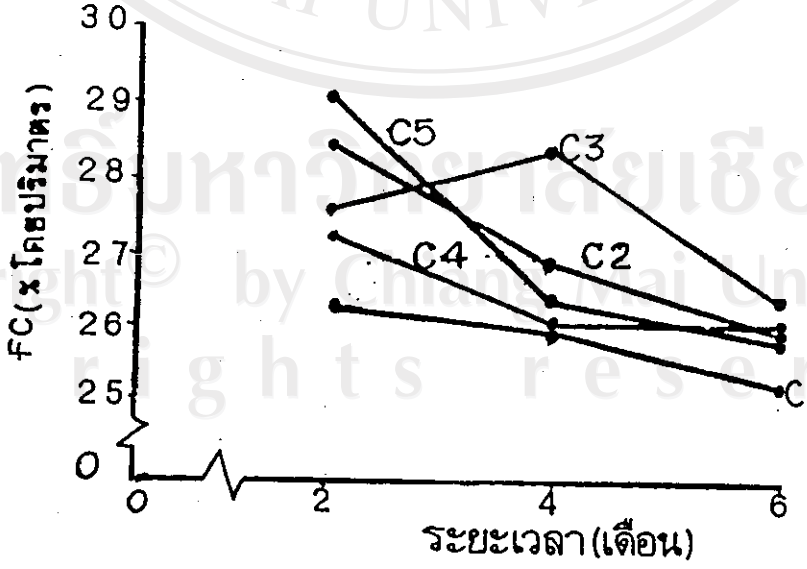


รูปที่ 2 ความผันแปรของความหนาแน่นรวมของดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

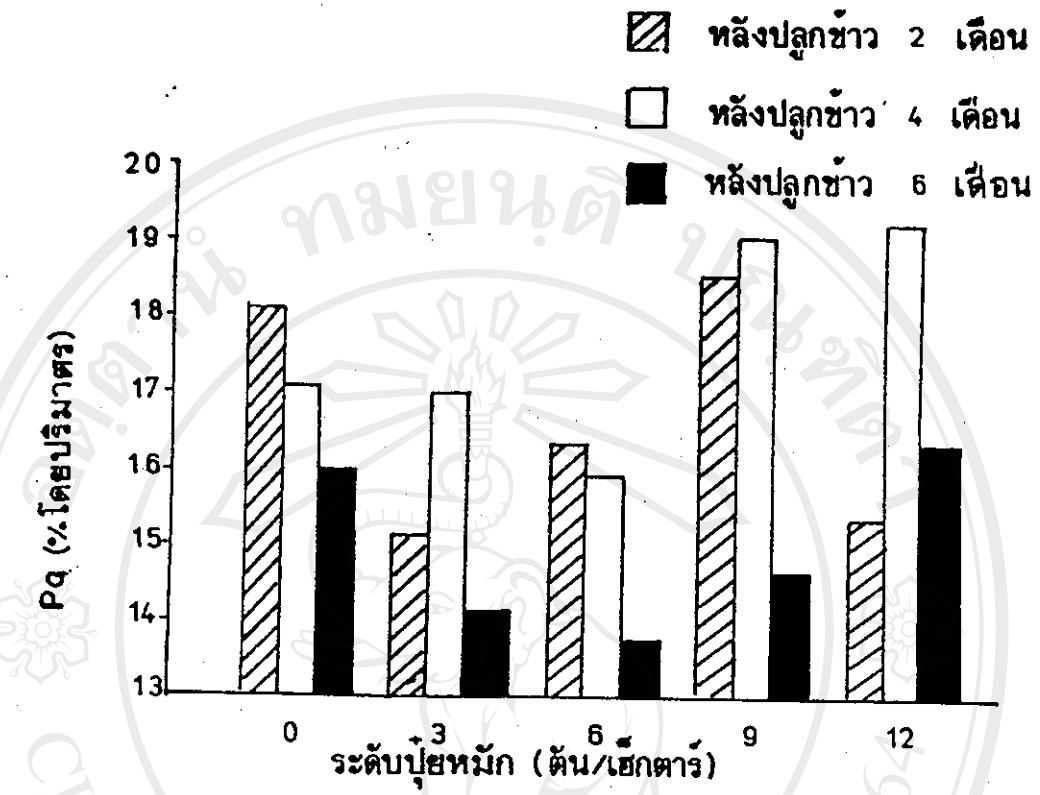


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนามของดินกับอัตราปุ๋ยหมักระดับต่าง ๆ หลังการปลูกข้าวไร่ 2,4 และ 6 เดือน

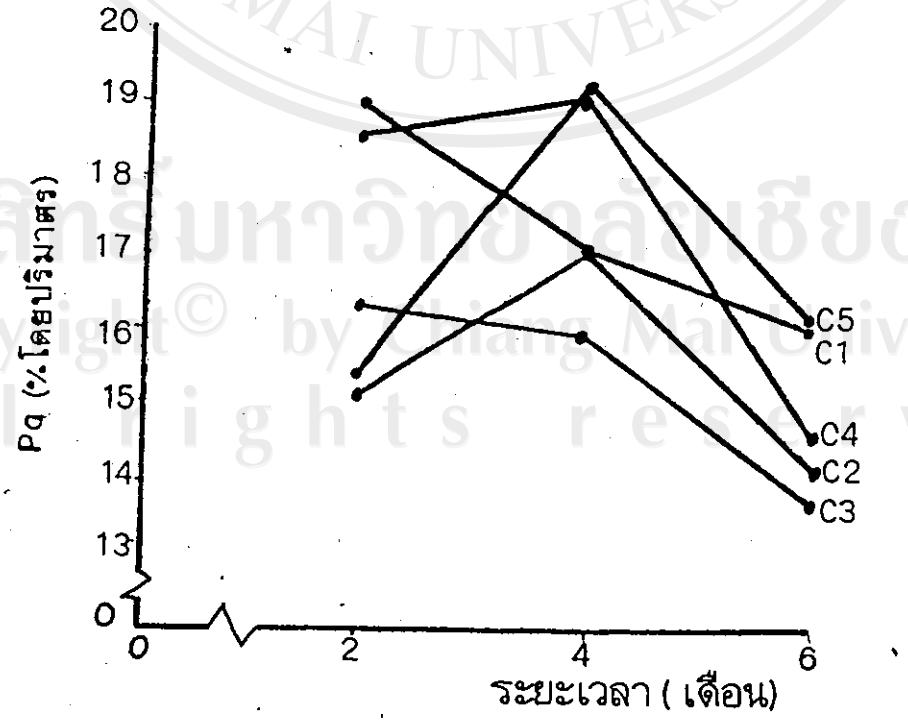


รูปที่ 4 ความผันแปรของความจุความชื้นสนามของดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

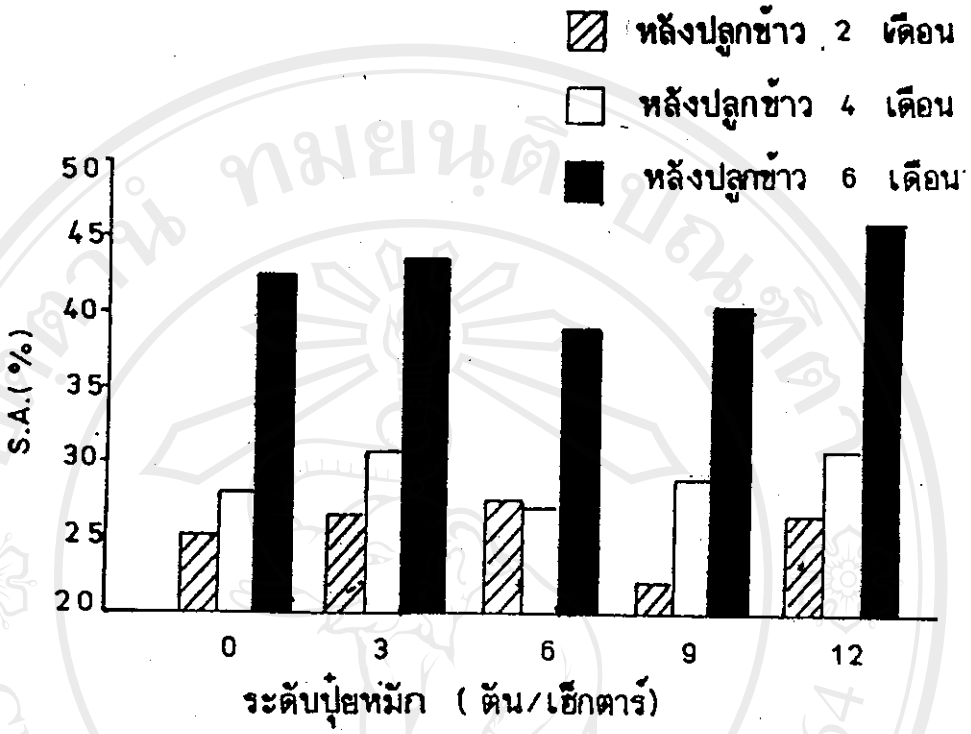


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุอากาศของดินกับอัตราปุ๋ยหมักระดับต่าง ๆ หลังการปลูกข้าวไร่ 2, 4 และ 6 เดือน

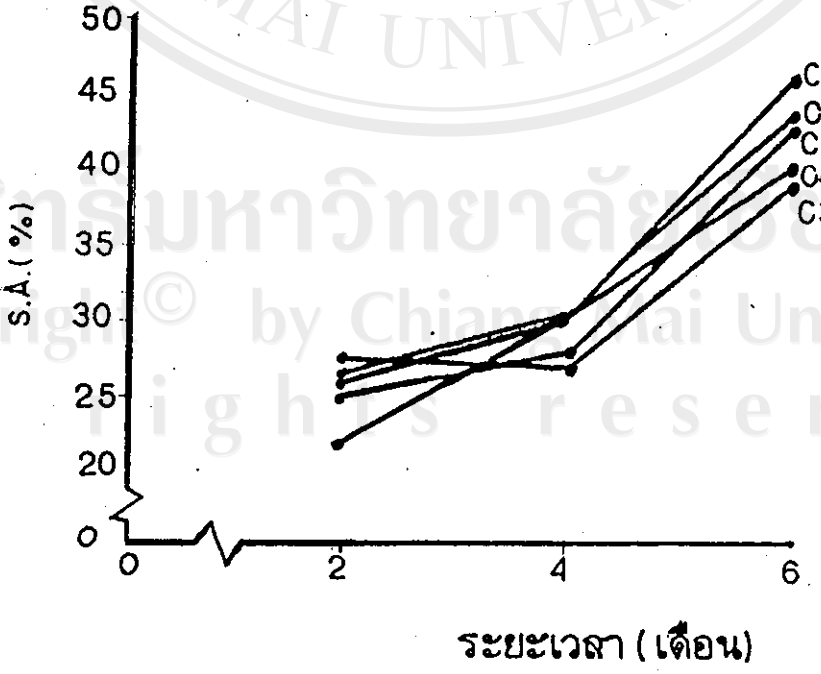


รูปที่ 6 ความผันแปรของความจุอากาศของดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรของเม็ดดินกับอัตราปุ๋ยหมักระดับต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าวไร่ 2,4 และ 6 เดือน



รูปที่ 8 ความผันแปรของความเสถียรของเม็ดดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็น 25.93%, 26.89%, 28.41%, 26.11% และ 26.44% และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน มีค่าเป็น 25.30%, 25.95%, 26.43%, 26.10% และ 25.89% โดยปริมาตรตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความจุความชื้นสนาม จากผลการใส่ปุ๋ยหมัก อัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 3 และ 4 ค่าความจุอากาศเฉลี่ยภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน เป็น 18.96%, 15.10%, 16.24% 18.50 และ 15.34% ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน เป็น 17.08%, 17.01%, 15,86%, 19.01% และ 19.19% และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน มีค่าเป็น 16.00%, 14.14%, 13.70%, 14.62% และ 16.16% ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความจุอากาศ จากผลการใส่ปุ๋ยหมัก อัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 5 และ 6 ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินเฉลี่ยภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน เป็น 25.17%, 26.55%, 27.48%, 22.23% และ 26.53% ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน เป็น 28.09%, 30.72%, 27.03%, 28.88% และ 30.77% และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน มีค่าเป็น 42.16%, 43.64%, 38.93%, 40.43% และ 46.10% ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของเสถียรภาพของเม็ดดิน จากผลการใส่ปุ๋ยหมัก อัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 7 และ 8 เช่นกัน

เหตุที่ปุ๋ยหมัก ไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของของดินทั้งสี่ประการนั้น สันนิษฐานว่า อาจจะเนื่องมาจากปุ๋ยหมักมีคุณภาพไม่ดีคือมีดินปนอยู่มากทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อย จากการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก (ตารางที่ 3) พบว่า มีอินทรียคาร์บอนเพียง 14.35% ซึ่งอินทรียวัตถุโดยทั่วไปจะมีอินทรียคาร์บอนประมาณ 58% และจากการวิเคราะห์ดินในระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 14) พบว่าความเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินเนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ มีน้อยมาก ดังนั้นปุ๋ยหมักจึงไม่มีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงเพราะไม่มีผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินนั่นเอง

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงเสถียรภาพของเม็ดดิน จะเห็นว่า ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาต่าง ๆ ภายหลังปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยหมักหรือไม่ใส่ปุ๋ยหมักก็ตาม (รูปที่ 7 และ 8) ตัวอย่างเช่น เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยหมักภายหลังการปลูกข้าว 2, 4 และ 6 เดือน จะทำให้ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินมีค่าเป็น 25.17%, 28.09% และ 42.61% ตามลำดับ และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินมีค่าเป็น 26.53%, 30.77% และ 46.10% ตามลำดับ เป็นต้น ผลดังกล่าวนี้อาจเนื่องจากการเกิดเม็ดดินที่เสถียรนั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยต่าง ๆ เช่น รากพืช เส้นใยของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อรา สารที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา และการที่ปัจจัยดังกล่าวทำหน้าที่เชื่อม ยึดอนุภาคดินก่อให้เกิดเม็ดดินที่เสถียรนั้นต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควร (Greenland et all, 1962 ; Tisdall and Oades, 1982 ; and Brady, 1984) นอกจากนี้คุณภาพของอินทรียวัตถุและระดับการสลายตัวของอินทรียวัตถุอาจจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดเม็ดดินที่เสถียร (Wisniewski et al., 1958) อย่างไรก็ดีปริมาณเม็ดดินที่เสถียรนี้ก็ไม่มีผลทำให้สมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นสนาม และความจุอากาศของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่อย่างใด

1.2 ผลของปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นสนาม และความจุอากาศของดินภายหลังการปลูกข้าว 2, 4 และ 6 เดือน แต่อย่างใด ซึ่งเห็นได้จากค่าทดสอบ F จากตารางที่ 4 ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ และจากตารางที่ 5, 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ให้แก่ดินชุดสตึกต่างมีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินทั้งสามประการที่กล่าวมาแล้วไม่แตกต่างกัน โดยค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือนมีค่าเป็น 1.43, 1.41, 1.41 และ 1.42 กรัม/ลบ.ซม. ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน มีค่าเป็น 1.40, 1.40, 1.39 และ 1.41 กรัม/ลบ.ซม. และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน มีค่าเป็น 1.44, 1.46, 1.44 และ 1.43 กรัม/ลบ.ซม. ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความหนาแน่นรวมจากผลการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 9 และ 10 ส่วนความจุความชื้นสนามเฉลี่ยเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ แล้ว ภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน มีค่าเป็น 26.89%, 27.43%, 28.78% และ 27.97% ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน มีค่าเป็น 27.73%, 26.76%, 26.57% และ 25.74% และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน มีค่าเป็น 25.67%, 26.42%, 25.73% และ 25.91% ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความจุความชื้นสนามจากผลการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 11 และ 12 ค่าความจุอากาศเฉลี่ยเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน มีค่าเป็น 16.43%, 18.01%, 16.61% และ 16.26% ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน มีค่าเป็น 16.89%, 17.47%, 18.21% และ 17.95% และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดืออน มีค่าเป็น 14.66%, 13.69%, 15.17% และ 16.17% ตามลำดับ ซึ่งค่าผันแปรของความจุอากาศจากผลการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ จะเห็นได้จากรูปที่ 13 และ 14

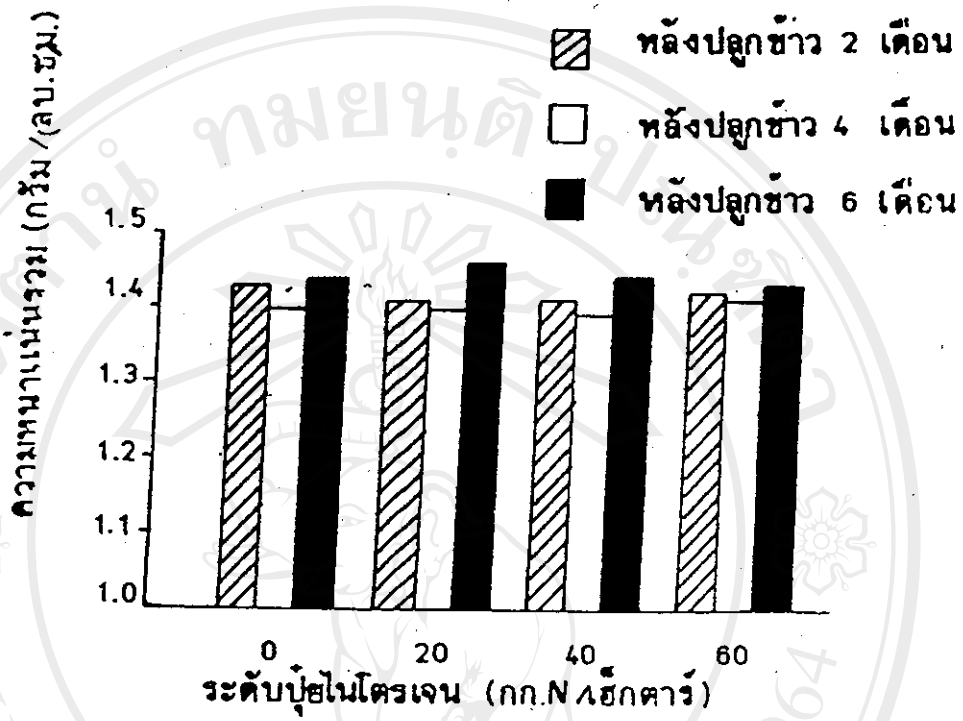
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลต่อความแตกต่างของความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นสนาม และความจุอากาศของดินนั้น แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ใส่นี้ไม่มีผลตกค้างหรือไม่มีผลทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Intrawech etal. (1982) ซึ่งรายงานไว้ว่าการใช้ปุ๋ยแอนไฮดรัสแอมโมเนียม แอมโมเนียมไนเตรท ยูเรีย และยูเรียแอมโมเนียมไนเตรทโซลูชั่น (UAN) กับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปีไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพของดินบางประการ จนกระทั่งมีนัยสำคัญแต่อย่างใด นอกจากนี้ตารางที่ 4 ได้แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินแตกต่างกันหลังการปลูกข้าว 2 เดือน แต่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อเสถียรภาพของเม็ดดินภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน และ 6 เดือน ตามลำดับ ตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าหลังปลูกข้าว 2 เดือน ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ให้แก่ดินชุดสตึกให้ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินเฉลี่ยเป็น 24.43%, 28.62%, 25.05% และ 24.27% ตามลำดับ ค่าผันแปรของเสถียรภาพของเม็ดดินหลังการปลูกข้าว 2, 4 และ 6 เดือน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 15 และ 16

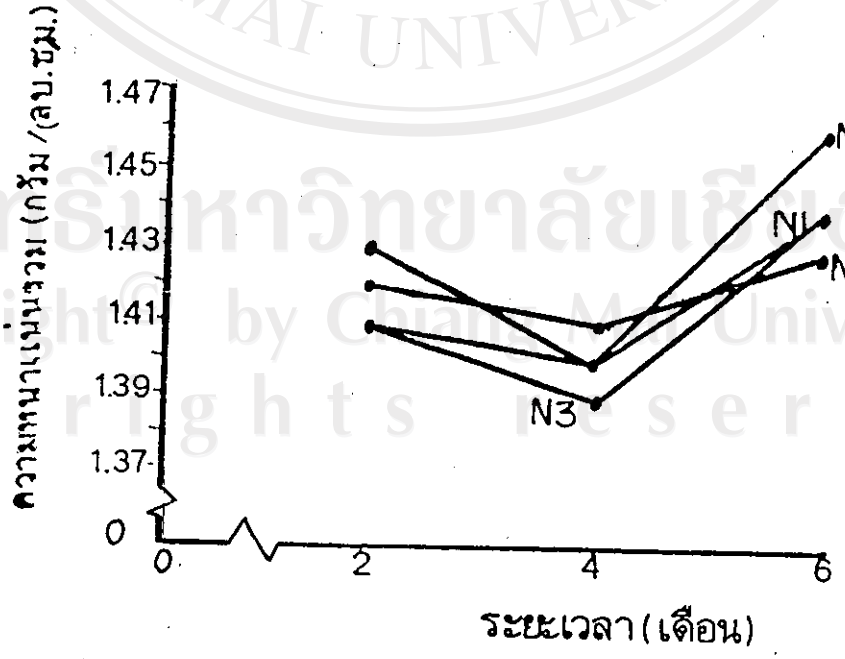
สำหรับค่าเฉลี่ยเสถียรภาพของเม็ดดินหลังการปลูกข้าว 4 เดือน พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ให้แก่ดินชุดสตึกมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยเป็น 34.48%, 27.98%, 25.64% และ 27.39% (ตารางที่ 6) และหลังการปลูกข้าว 6 เดือน ก็มีผลทำให้ค่าเสถียรภาพของเม็ดดินเฉลี่ยเป็น 47.15%, 38.50%, 44.70% และ 39.02% ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นอาจอธิบายได้ว่าการที่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินภายหลังการปลูกข้าว 4 และ 6 เดือน มีค่าต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น อาจจะเนื่องจากไนโตรเจนน่าจะมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์และการย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ในดินและเป็นตัวเร่งการเจริญของรากพืชทำให้สารเชื่อมถูกดูดกลืนไปใช้ ทั้งนี้แอมโมเนียมจะไม่ถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่ายเหมือนไนโตรเจนในรูปไนเตรท ปุ๋ยแอมโมเนียมเมื่อใส่ลงไปในดินสามารถถูกออกซิไดส์ไปเป็นไนเตรทหรือถูกตรึงโดยคอลลอยด์ในดินหรือถูกใช้โดยจุลินทรีย์และพืชชั้นสูง (Brady, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

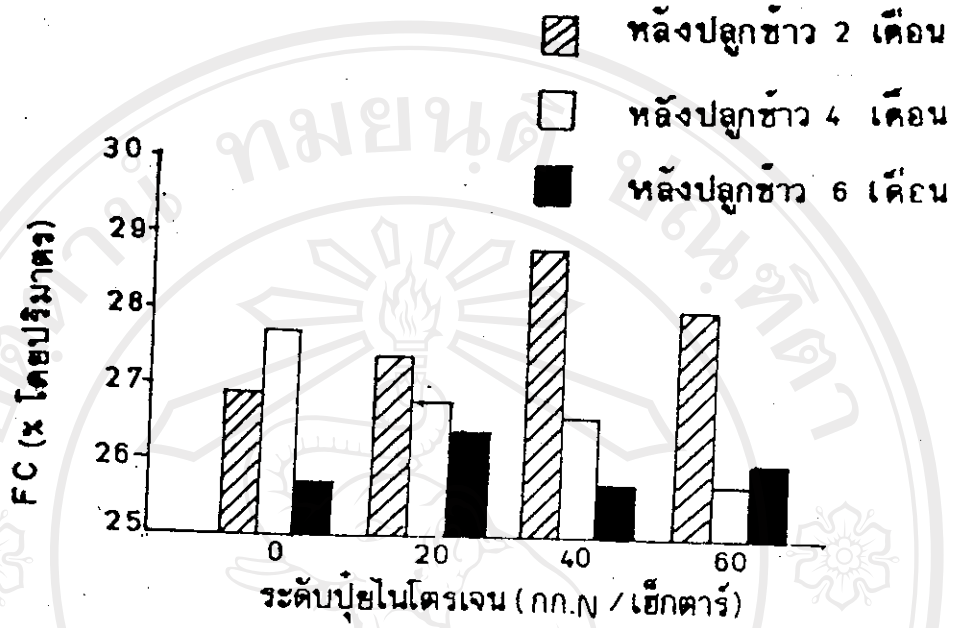


รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดินกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าวไร่ 2, 4 และ 6 เดือน

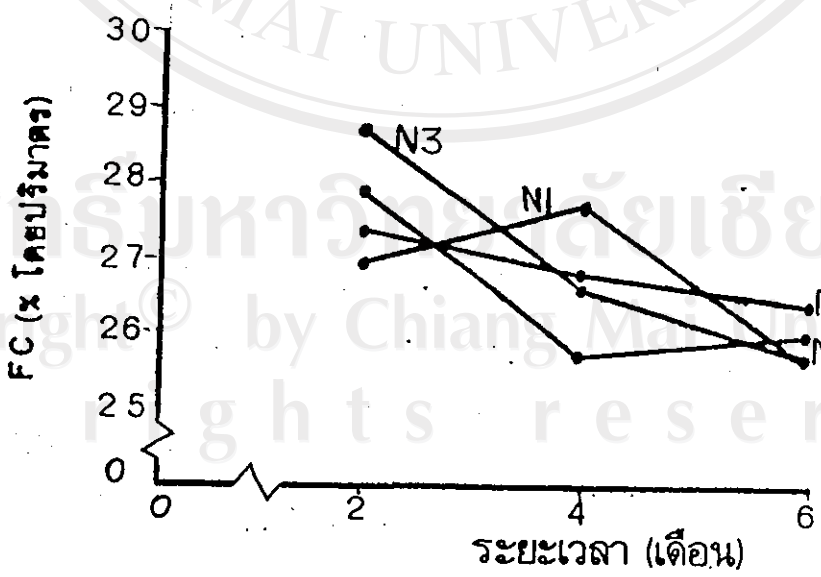


รูปที่ 10 ความผันแปรของความหนาแน่นรวมของดินในช่วงเวลา 2, 4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

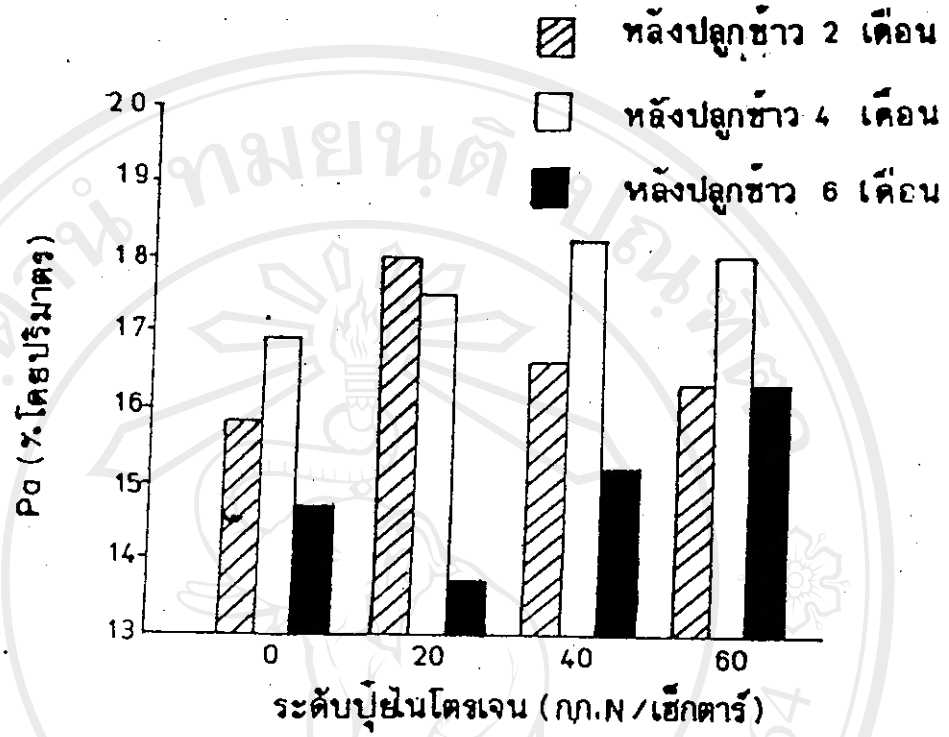


รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุความชื้นสนามของดินกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าวไร่ 2,4 และ 6 เดือน

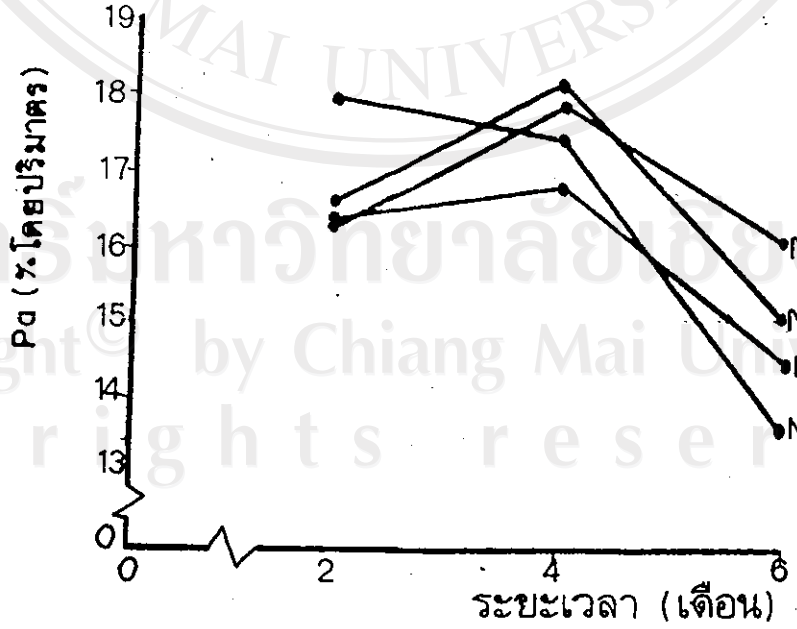


รูปที่ 12 ความผันแปรของความจุความชื้นสนามของดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

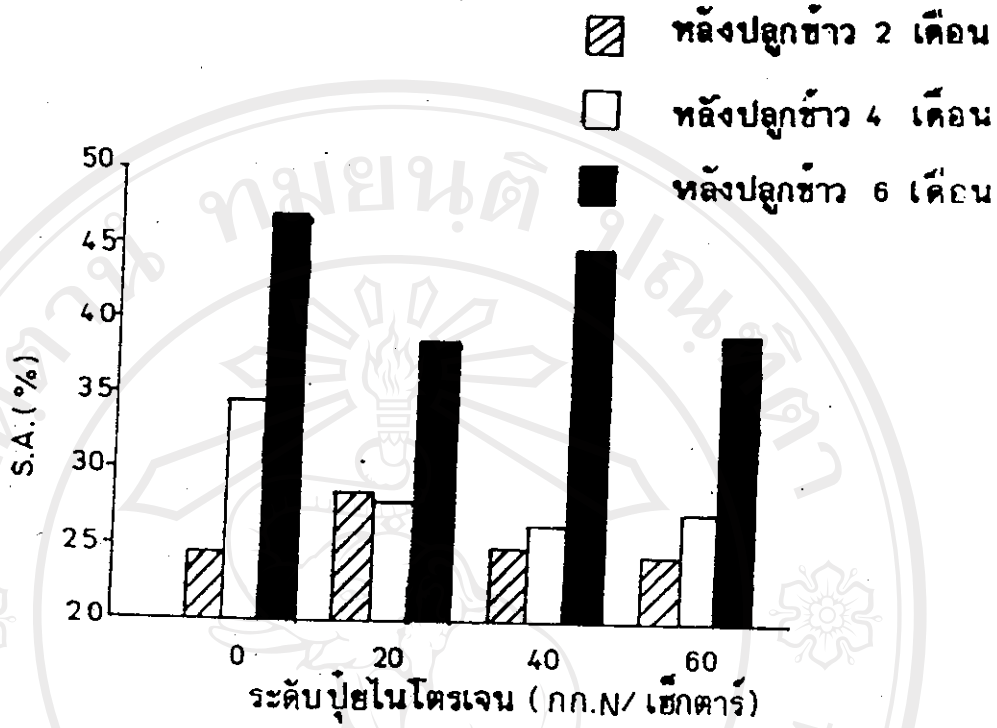


รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุอากาศของดินกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าวไร่ 2,4 และ 6 เดือน

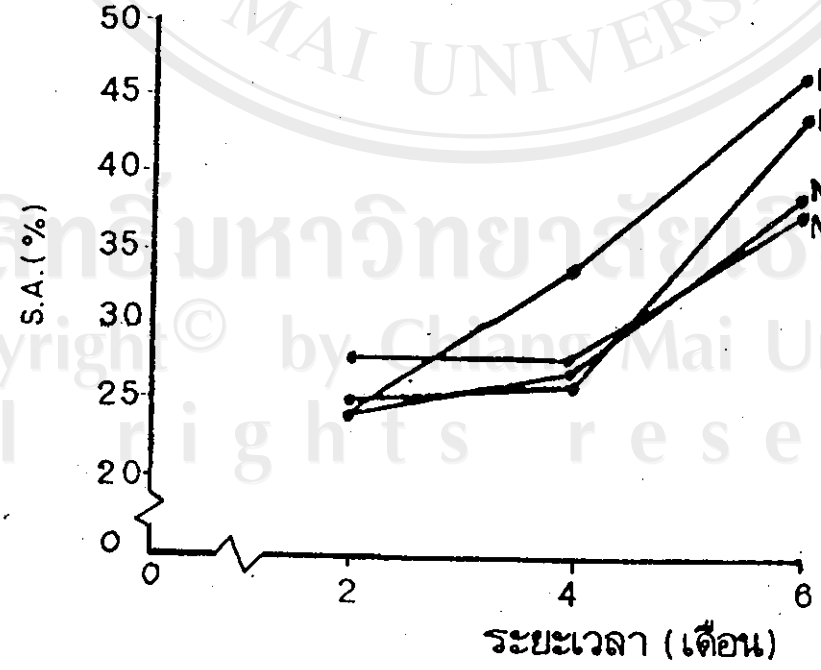


รูปที่ 14 ความผันแปรของความจุอากาศของดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเสถียรของเม็ดดินกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่าง ๆ ภายหลังการปลูกข้าวไร่ 2, 4 และ 6 เดือน



รูปที่ 16 ความผันแปรของความเสถียรของเม็ดดินในช่วงเวลา 2,4 และ 6 เดือน ภายหลังการปลูกข้าวไร่ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3 อิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมัก กับปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดิน

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน ผลจากการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีอิทธิพลร่วมต่อความหนาแน่นรวม ความจุอากาศ และเสถียรภาพของเม็ดดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีอิทธิพลร่วมต่อความจุความชื้นสนาม และจากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ (C_2, C_3, C_4 และ C_5) ตามลำดับ ซึ่งใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ (N_2, N_3, และ N_4) ตามลำดับ ในดินชุดสตึกมีผลทำให้ค่าความจุความชื้นสนามแตกต่างกัน โดยให้ค่า LSD (0.05) เป็น 6.45 ซึ่งอิทธิพลร่วมนี้เป็นอิทธิพลในทางบวก โดยการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนช่วยทำให้ความจุความชื้นสนามมีค่าสูงขึ้น ดังได้แสดงค่าเฉลี่ยไว้ ในตารางที่ 8

เหตุที่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยไน โตรเจนมีอิทธิพลต่อความจุความชื้นสนามอาจเป็นเพราะว่าการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนเป็นการช่วยเร่งการสลายตัวของเศษพืชในปุ๋ยหมักซึ่งยังสลายตัวไม่เต็มที่ให้สลายตัวดีขึ้น เพราะในการย่อยสลายเศษพืชนั้นจุลินทรีย์จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหาร (Bartholomew, 1954) ภายหลังการปลูกข้าว 4 เดือน ผลจากการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีอิทธิพลร่วมต่อสมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษาทั้งสี่ประการ โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางที่ 4) ซึ่งหมายความว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ในชุดสตึกไม่ทำให้เกิดความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของสมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษาทั้งสี่ประการเช่นกัน และภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน ผลจากการใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมต่อความจุความชื้นสนาม แต่มีอิทธิพลร่วมต่อความหนาแน่นรวม ความจุอากาศ และเสถียรภาพของเม็ดดิน โดยให้ค่าทดสอบ F มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ คือ 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ไม่ทำให้ค่าเฉลี่ยของความจุความชื้นสนามแตกต่างกันเลย แต่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างในค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวม ความจุอากาศ และเสถียรภาพของเม็ดดิน โดยให้ค่า LSD (0.05) เป็น 0.09, 5.64 และ 13.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 9, 10 และ 11)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 อิทธิพลร่วมของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน (N) ในอัตราต่าง ๆ ต่อความจุความชื้นสนาม (%) ของดินชุดสตึกภายหลังการปลูกข้าว 2 เดือน

ระดับปุ๋ยไนโตรเจน / ระดับปุ๋ยหมัก	N_1	N_2	N_3	N_4
C_1	25.36	24.74	25.88	32.69
C_2	29.04	30.21^{ab}	28.98^{ab}	25.70^{b}
C_3	28.31	29.31^{ab}	25.44^{b}	27.25^{b}
C_4	25.51	27.29^{b}	28.50^{b}	27.77^{b}
C_5	29.58	25.59^{b}	35.12^{a}	26.45^{b}

LSD (0.05) 6.45

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C^2 = ใส่ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C^3 = " 6 "
C^4 = " 9 "
C^5 = " 12 "

N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N^2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N^3 = " 40 "
N^4 = " 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน (N) ในอัตราต่าง ๆ ต่อความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม.) ของดินชุดสตึกภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน

ระดับปุ๋ยไนโตรเจน / ระดับปุ๋ยหมัก	N_1	N_2	N_3	N_4
C_1	1.47	1.44	1.45	1.41
C_2	1.40	1.51^{a}	1.42^{b}	1.52^{a}
C_3	1.47	$1.44^{a,b}$	$1.46^{a,b}$	1.38^{b}
C_4	1.52	$1.44^{a,b}$	1.41^{b}	1.40^{b}
C_5	1.35	$1.45^{a,b}$	$1.44^{a,b}$	1.41^{b}

LSD (0.05) 0.09

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

C^2 = ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์ N^2 = ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์

C^3 = " 6 " N^3 = " 40 "

C^4 = " 9 " N^4 = " 60 "

C^5 = " 12 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน (N) ในอัตราต่าง ๆ ต่อความจุอากาศ (%) ของดินชุดสตึกภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน

ระดับปุ๋ยไนโตรเจน / ระดับปุ๋ยหมัก	N_1	N_2	N_3	N_4
C_1	14.82	16.03	12.32	20.84
C_2	18.17	11.25[b]	15.63[a]	11.52[b]
C_3	10.10	14.33[a]	13.89[a]	16.47[a]
C_4	11.68	13.79[a]	17.59[a]	15.40[a]
C_5	18.52	13.04[a]	16.43[a]	16.66[a]

LSD (0.05) 5.64

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

C^2 = ใส่ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์ N^2 = ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์

C^3 = " 6 " N^3 = " 40 "

C^4 = " 9 " N^4 = " 60 "

C^5 = " 12 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 อิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน (N) ในอัตราต่าง ๆ ต่อเสถียรภาพของเม็ดดิน (%) ของดินชุดสติกภายหลังการปลูกข้าว 6 เดือน

ระดับปุ๋ยไนโตรเจน / ระดับปุ๋ยหมัก	N_1	N_2	N_3	N_4
C_1	45.09	30.38	50.21	44.77
C_2	52.11	40.38^{abcde}	35.97^{bcde}	46.11^{abc}
C_3	45.50	43.41^{abcde}	35.41^{cde}	31.32^{de}
C_4	47.96	33.50^{cde}	49.44^{ab}	30.82^{e}
C_5	45.00	44.83^{abcd}	52.50^{a}	42.06^{abcde}

LSD (0.05) 13.80

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

C^2 = ใส่ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์ N^2 = ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์

C^3 = " 6 " N^3 = " 40 "

C^4 = " 9 " N^4 = " 60 "

C^5 = " 12 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เหตุที่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลร่วมต่อความหนาแน่นรวม ความจุอากาศ และเสถียรภาพของเม็ดดินโดยอิทธิพลร่วมมีทั้งด้านบวกและด้านลบ อาจเป็นเพราะว่าหลังจากใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกันเป็นเวลา 6 เดือน ปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปบางส่วนได้สลายตัวเต็มที่ไปแล้วและปุ๋ยไนโตรเจนบางส่วนถูกพืชดูดไปใช้ บางส่วนอาจจะถูกตรึงโดยเคลย์คอลลอยด์ บางส่วนอาจจะสูญหายไปในรูปของก๊าซ ซึ่งเรื่องนี้ควรจะได้มีการศึกษาทดลองต่อไป

2. ผลของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยไนโตรเจน ต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

อิทธิพลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไน โตรเจนที่มีต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดินชุดสตึกที่ใช้ปลูกข้าวไร่ในเขตเกษตรน้ำฝนนั้น ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีของดิน 4 ประการคือ pH ของดิน (Soil pH) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter, OM) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC) และอัตราส่วนระหว่างคาร์บอน/ไนโตรเจนในดิน (C/N ratio) ผลของการศึกษาได้แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าทดสอบ F ไว้ในตารางที่ 12 และแสดงค่าเฉลี่ยของสมบัติทางเคมีของดินทั้งสี่ประการดังกล่าวข้างต้นไว้ในตารางที่ 13

2.1 pH ของดิน

จากการตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าในระยะตั้งท้องของข้าวการใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลกระทบต่อ pH ของดินที่ศึกษาโดยค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ให้แก่ดินให้ค่า pH ของดินในระยะตั้งท้องของข้าวเป็น 5.17, 5.08, 5.12 และ 5.09 ตามลำดับ

สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจนในระยะตั้งท้องของข้าวพบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อ pH ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) ซึ่งปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ มีผลทำให้ค่า pH ของดินเป็น 5.23, 5.14, 5.09 และ 4.97 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่มีอิทธิพลร่วมต่อ pH ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าทดสอบ F จากอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดินชุดสตึก

สมบัติทางเคมี	CV (%)	F-Test values		
		C	N	CxN
ระยะตั้งท้องของข้าว				
pH	7.81	0.54^{ns}	5.40**	0.61^{ns}
ระยะเก็บเกี่ยว				
pH	5.69	2.67*	12.90**	0.77^{ns}
OM	0.93	1.89^{ns}	2.14^{ns}	1.32^{ns}
CEC	24.99	0.94^{ns}	1.86^{ns}	1.11^{ns}
C/N ratio	9.12	2.06^{ns}	0.50^{ns}	1.29^{ns}

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 แสดงผลกระทบจากการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ต่อสมบัติทางเคมีบางประการของดินชุดสตึกในระยะตั้งท้องของข้าว (PI) และระยะเก็บเกี่ยว

การทดลอง	ค่าเฉลี่ย				
	ระยะ PI	ระยะเก็บเกี่ยว			
	pH	pH	OM (%)	CEC (me/100g)	C/N ratio
ระดับปุ๋ยหมัก					
C_1	5.17	4.94[b]	0.96	5.26	8.3
C_2	5.08	4.95[b]	0.98	5.36	8.0
C_3	5.08	4.95[b]	1.02	5.62	8.2
C_4	5.12	5.08[a]	1.00	5.61	7.7
C_5	5.09	5.02[a,b]	1.06	5.57	8.6
LSD (0.05)	-	0.11	-	-	-
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน					
N_1	5.23[a]	5.13[a]	1.04	5.52	8.3
N_2	5.14[a,b]	5.02[b]	0.99	5.43	8.2
N_3	5.09[b,c]	4.96[b]	1.03	5.74	8.1
N_4	4.97[c]	4.84[c]	0.96	5.24	8.0
LSD (0.05)	0.13	0.09	-	-	-

C^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C^2 = ปุ๋ยหมัก 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C^3 = " 6 "
C^4 = " 9 "
C^5 = " 12 "

N^1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N^2 = ปุ๋ยไนโตรเจน 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N^3 = " 40 "
N^4 = " 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์ค่า pH ของดินในระยะเก็บเกี่ยว พบว่าทั้งปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนมีผลกระทบต่อ pH ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) ค่า pH ของดินที่เป็นผลจากการใส่ปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ ในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 4.94, 4.95, 4.95, 5.08 และ 5.02 ตามลำดับ และค่า pH ของดินที่เป็นผลจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 5.13, 5.02, 4.96 และ 4.84 ตามลำดับ (ตารางที่ 13) ส่วนอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่มีอิทธิพลร่วมต่อ pH ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

เหตุที่ปุ๋ยหมักไม่มีผลกระทบ pH ของดินในระยะตั้งท้องของข้าวอาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักยังสลายตัวไม่เต็มที่ แต่ในระยะเก็บเกี่ยวปุ๋ยหมักมีผลกระทบต่อ pH ของดิน อาจเนื่องมาจากปุ๋ยหมักสลายตัวมากทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุมีประจุลบอยู่มาก ประจุลบเหล่านี้จะดูดซับเอา H^+ ในสารละลายดินไว้ทำให้ปริมาณ H^+ ในสารละลายดินลดลงค่า pH ของดินจึงเพิ่มขึ้น (Allison, 1973) ส่วนเหตุที่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลกระทบต่อ pH ของดินทั้งในระยะตั้งท้องของข้าวและระยะเก็บเกี่ยวนั้นอาจเนื่องมาจากปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟตมีผลตกค้างที่ให้ฤทธิ์เป็นกรด การใช้ปุ๋ยชนิดนี้จึงทำให้ดินมีแนวโน้มที่จะเป็นกรดเพิ่มขึ้น (Brady, 1984) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Intrawech et al. (1982) ซึ่งศึกษาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพด ข้าวฟ่าง ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปี พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ pH ของดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน Tisdale และ Nelson (1969) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตติดต่อกันหลาย ๆ ปีโดยไม่มีการใส่ปูนจะทำให้ pH ของดินลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะต่อการให้ผลผลิตของพืช

เมื่อตรวจสอบดินในระยะเก็บเกี่ยวพบว่าค่า pH ของดินในระยะนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH ของดินในระยะตั้งท้องของข้าวแล้วจะลดลงในทุก ๆ อัตราของปุ๋ยที่ใช้ เนื่องจากในระยะเก็บเกี่ยวเป็นระยะที่แห้งแล้ง ปกติในบริเวณที่แห้งแล้งนั้นมักจะมีการสะสมของกรดสูง ทั้งนี้กรดเหล่านี้อาจจะเกิดจากการสลายตัวของปุ๋ยหมัก ซึ่งในระหว่างการสลายตัวนั้นจะมีการปลดปล่อย H^+ ออกมาซึ่ง H^+ ส่วนใหญ่มาจากอนุมูลคาร์บอกซิล (-COOH) และ อนุมูลฟีนอล (-OH) นั่นเอง (Bremmer, 1956) นอกจากนี้กรดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์และสิ่งที่รากพืชขับออกมามีฤทธิ์เป็นกรด ก็อาจจะมีผลต่อความเป็นกรดของดินเช่นกัน (Brady, 1984)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 12) พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ศึกษา โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 0.96%, 0.98%, 1.02%, 1.00% และ 1.06% ตามลำดับ สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจนนั้นพบว่าไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินเช่นกัน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ปริมาณของอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 1.04%, 0.99%, 1.03% และ 0.96% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่มีอิทธิพลร่วมต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

เหตุที่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลกระทบต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยวนั้น อาจจะเป็นเพราะว่าปุ๋ยหมักมีคุณภาพไม่ดีคือมีดินปนอยู่มากทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุน้อย จากการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก (ตารางที่ 3) พบว่ามีอินทรียคาร์บอนเพียง 14.35% ซึ่งอินทรียวัตถุโดยทั่วไปจะมีอินทรียคาร์บอนประมาณ 58% แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยหมักลงไปในดินก็มีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยหมักที่ใช้

2.3 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC) จะชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการดูดซับประจุบวกของธาตุอาหารจากปุ๋ยเช่น NH^{+}_{4}, Ca^{2+}, Mg^{2+} และ K^{+} เป็นต้น โดยความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารจากปุ๋ยนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่า CEC ของดิน (Brady, 1984) จากการวิเคราะห์ค่า CEC ของดินในระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 12) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักไม่มีผลกระทบต่อค่า CEC ของดินที่ศึกษาโดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักอัตราต่าง ๆ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ค่า CEC ของดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 5.26,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.36, 5.62, 5.61 และ 5.57 me/100g ตามลำดับ สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจนนั้นพบว่าไม่มีผลกระทบต่อค่า CEC ของดินเช่นกัน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ค่า CEC ของดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 5.52, 5.43, 5.74 และ 5.24 me/100g ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจนพบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่มีอิทธิพลร่วมต่อค่า CEC ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

เหตุที่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลกระทบต่อค่า CEC ของดินในระยะเก็บเกี่ยวนั้น อาจเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยวก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12) ซึ่งอินทรียวัตถุเป็นแหล่งที่สำคัญของ CEC (Kamprath and Welch, 1962) เนื่องจากอินทรียวัตถุมีประจุลบอยู่สูง ประจุลบนี้เกิดจากไอออนไนเซชันของอนุมูลคาร์บอกซิล (-COOH) ฟีนอล (-OH) และไอไมด์ (-NH) นั่นเอง (Allison, 1973) แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยหมักลงไปในดินก็มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า CEC ของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยหมักที่ใช้

ประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ที่สำคัญที่พบในดินที่เป็นกรดแก่ (pH 4.75-5.17) ได้แก่ H^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+ และ NH^+_4 ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวด้วยด่าง (Base Saturation Percentage, BS%) อยู่ในช่วง 42-47% (ตารางที่ 14) ความสัมพันธ์ระหว่าง pH ของดินกับ BS% และกับเปอร์เซ็นต์ของไฮโดรเจนที่แลกเปลี่ยนได้ (% ของ CEC) แสดงไว้ในรูปที่ 17 และ 18 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์สูงทั้งคู่คือมีค่า R^2 = 0.9288 และ 0.9321 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Egawa (1975) โดยการเพิ่มปริมาณฮิวมัสในดินทำให้ค่า CEC ของดินและค่าความเป็นประโยชน์ของ P เพิ่มขึ้น

2.4 อัตราส่วนระหว่าง คาร์บอน/ไนโตรเจน ในดิน

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอน/ไนโตรเจนในดิน (C/N ratio) ค่อนข้างคงที่ ค่า C/N ratio ของอินทรียวัตถุในดินโดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 8-15 แต่ส่วนมากจะอยู่ในช่วง 10-12 ความผันแปรเล็ก ๆ น้อย ๆ ของค่า C/N ratio ในดินไม่ถือเป็นเรื่องผิดปกติ (Brady, 1984) จากการวิเคราะห์ค่า C/N ratio ของดินในระยะเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 12) พบว่าปุ๋ยหมักไม่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกระทบต่อ C/N ratio ของดิน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยหมักในอัตราต่าง ๆ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ C/N ratio ของดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 8.3, 8.0, 8.2, 7.7 และ 8.6 ตามลำดับ สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจนนั้นพบว่าไม่มีผลกระทบต่อ C/N ratio ของดินเช่นกัน โดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และจากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ที่ใส่ลงไปในดินทำให้ C/N ratio ของดินในระยะเก็บเกี่ยวเป็น 8.3, 8.2, 8.1 และ 8.0 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยทั้งสองชนิดไม่มีอิทธิพลร่วมต่อ C/N ratio ของดินโดยให้ค่าทดสอบ F ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12)

เหตุที่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลกระทบต่อ C/N ratio ของดินในระยะเก็บเกี่ยวอาจเนื่องมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินในระยะเก็บเกี่ยวก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 12) อีกประการหนึ่งอาจเป็นเพราะว่าคาร์บอนและไนโตรเจนในดินอันเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเรื่องนี้ควรจะได้มีการศึกษากันต่อไป แต่อย่างไรก็ตาม C/N ratio ของดินก็มีแนวโน้มที่จะลดลงตามอัตราของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้

3. ผลของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยไนโตรเจน ต่อลักษณะการเจริญเติบโต น้ำหนักแห้ง และผลผลิตของข้าวไร่

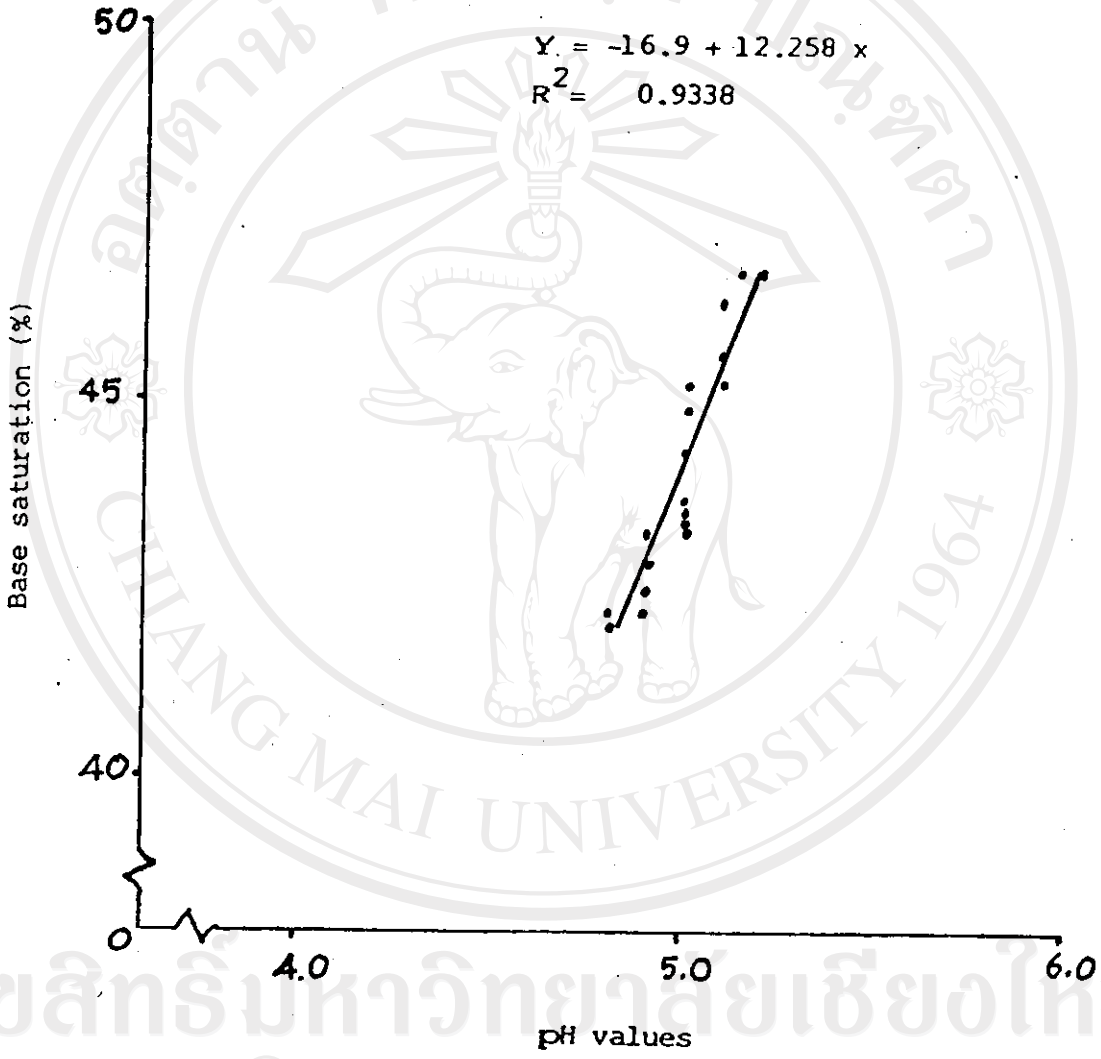
ความสูง จำนวนต้นต่อกอ น้ำหนักแห้ง และผลผลิต เป็นตัวบ่งชี้ลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวได้เป็นอย่างดี จากตารางที่ 15 พบว่า ปุ๋ยหมักทุกระดับที่ใช้คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 ตัน/เฮ็กตาร์ ไม่มีผลต่อความสูง จำนวนต้นต่อกอ และผลผลิตของข้าวไร่ ในทุกช่วงเวลาที่ทำการตรวจสอบ คือหลังปลูก 1 เดือน, 2 เดือน และ 4 เดือน (ระยะเก็บเกี่ยว) ดังที่ได้แสดงค่าเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 16 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าอิทธิพลของอินทรียวัตถุต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชนั้นอินทรียวัตถุมีผลทางอ้อม คือช่วยปรับปรุงสมบัติของดินให้เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชและในที่สุดก็จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยที่ผลทางตรงนั้นคือมีผลต่อเมตาโบลิสมภายหลังที่พืชดูดไปใช้ (FAO, 1977) สำหรับผลของปุ๋ยไนโตรเจน จากตารางที่ 15 พบว่า ในระยะ 1 เดือนหลังปลูก ปุ๋ยไนโตรเจนทุกระดับ คือ 0, 20, 40 และ 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ไม่มีอิทธิพลต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดินในระยะเก็บเกี่ยว เนื่องจากผลของปุ๋ยหมัก และหรือปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตราต่าง ๆกัน

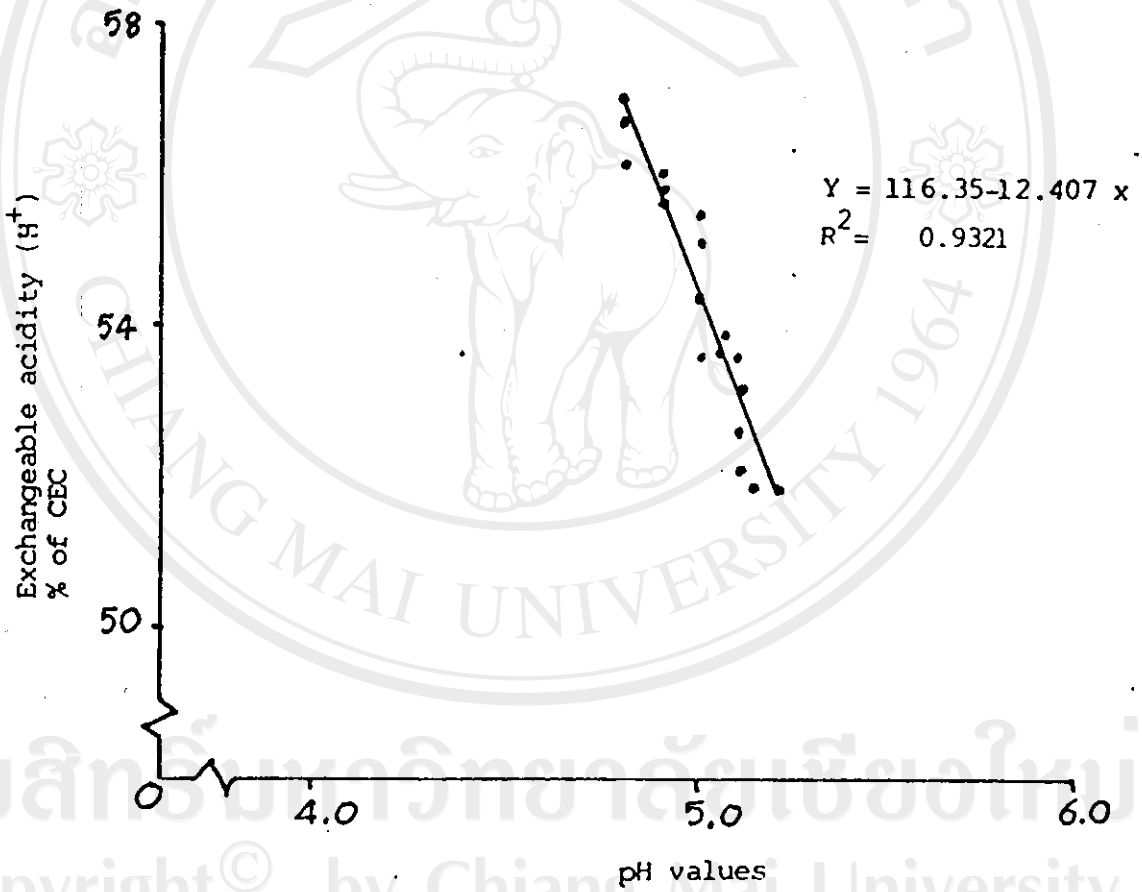
Treatment		pH	OM.(%)	C/N ratio	Exc.-P	CEC	Exchangeable (me/100 g soil)						Base Saturation (%)
compost t/ha	Fert-N kg N/ha				ppm	me/100 g soil	Ca	Mg	K	Na	NH_4	H	
Initial soil		5.0	0.79	8.1	16.2	5.31	1.72	0.355	0.156	0.122	0.070	2.887	44.31
control		5.13	0.97	9.2	8.1	5.33	1.87	0.357	0.144	0.099	0.056	2.804	46.34
3	-	5.14	0.99	7.4	10.7	5.37	1.88	0.373	0.159	0.098	0.072	2.788	46.74
6	-	5.11	1.15	8.7	11.0	6.01	2.03	0.391	0.223	0.097	0.070	3.199	45.61
9	-	5.10	1.19	8.4	11.5	5.53	1.88	0.350	0.181	0.091	0.065	2.963	45.24
12	-	5.13	1.21	8.4	11.3	5.83	2.03	0.391	0.187	0.091	0.093	3.038	46.30
-	20	4.98	0.95	7.3	17.3	5.15	1.64	0.322	0.197	0.092	0.077	2.840	43.36
-	40	4.97	0.97	8.2	18.9	5.27	1.68	0.350	0.169	0.094	0.084	2.903	43.32
-	60	4.75	0.98	7.6	19.6	5.38	1.60	0.374	0.168	0.166	0.055	0.067	41.97
3	20	4.98	1.00	7.9	16.2	5.45	1.68	0.381	0.255	0.098	0.071	2.995	43.74
3	40	4.86	1.02	7.9	17.1	5.49	1.72	0.336	0.187	0.093	0.080	3.074	42.55
3	60	4.83	1.05	8.1	22.6	5.69	1.79	0.346	0.180	0.091	0.088	3.195	42.30
6	20	5.04	1.05	7.5	15.4	5.75	1.88	0.418	0.184	0.101	0.083	3.084	44.97
6	40	4.86	1.03	7.6	16.8	5.54	1.71	0.386	0.185	0.095	0.074	3.090	42.89
6	60	4.81	1.07	8.8	17.5	5.60	1.80	0.302	0.171	0.092	0.065	3.170	42.23
9	20	5.08	1.05	8.4	17.1	5.75	1.95	0.329	0.229	0.087	0.057	3.098	45.19
9	40	5.17	1.09	7.4	19.3	5.73	2.03	0.360	0.192	0.090	0.086	2.972	46.63
9	60	4.96	1.03	7.2	22.8	5.79	1.88	0.370	0.171	0.097	0.060	3.212	43.49
12	20	5.05	1.07	7.6	22.3	5.71	1.92	0.343	0.216	0.100	0.068	3.063	45.17
12	40	5.02	1.16	8.9	23.7	5.83	1.96	0.376	0.199	0.098	0.075	3.122	45.16
12	60	4.90	1.02	8.0	26.9	5.82	1.92	0.326	0.192	0.079	0.066	3.237	43.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับเปอร์เซ็นต์ การอิ่มตัวของเบส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับเปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจนอิออนที่แลกเปลี่ยนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่า F-Test ของความสูง จำนวนต้น/กอ และผลผลิตของข้าวไร่

	CV (%)	F-Test values		
		C	N	CxN
ความสูง				
หลังปลูก 1 เดือน	4.55	1.57^{ns}	0.63^{ns}	1.00^{ns}
หลังปลูก 2 เดือน	8.65	0.42^{ns}	14.62^{**}	0.42^{ns}
วันเก็บเกี่ยว	6.47	0.54^{ns}	6.04^{**}	0.93^{ns}
จำนวนต้น/กอ				
หลังปลูก 1 เดือน	16.19	1.16^{ns}	0.72^{ns}	0.80^{ns}
หลังปลูก 2 เดือน	10.99	0.18^{ns}	16.44^{**}	1.45^{ns}
วันเก็บเกี่ยว	13.77	2.54^{ns}	3.17^{*}	1.39^{ns}
ผลผลิต	23.44	0.46^{ns}	3.00^{*}	0.64^{ns}

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 แสดงค่าเฉลี่ยความสูงเป็นเซ็นติเมตร จำนวนต้น/กอ และผลผลิตของข้าวเป็นตัน/เฮ็กตาร์ ในช่วงเวลาต่าง ๆ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยหมัก (C) และปุ๋ยไนโตรเจน (N) ในอัตราต่าง ๆ กัน

การทดลอง	ความสูง			จำนวนต้นต่อกอ			ผลผลิต
	1 เดือน	2 เดือน	วันเก็บเกี่ยว	1 เดือน	2 เดือน	วันเก็บเกี่ยว	
ระดับปุ๋ยหมัก							
C_1	50.6	111.0	132.0	6.25	12.82	11.30	1.363
C_2	49.6	108.2	132.4	6.25	13.85	10.70	1.588
C_3	48.8	109.2	133.4	6.69	13.07	11.25	1.686
C_4	48.8	106.2	128.8	5.84	12.60	10.38	1.742
C_5	48.6	108.2	132.9	6.07	12.93	9.67	1.651
ระดับปุ๋ยไนโตรเจน							
N_1	48.8	96.7^c	124.2^b	6.41	10.83^c	9.88^b	1.301^c
N_2	49.8	108.4^b	133.6^a	6.31	12.71^b	10.37^{ab}	1.497^{bc}
N_3	48.9	109.7^b	132.1^a	6.24	13.76^a	10.96^{ab}	1.608^b
N_4	49.5	119.4^a	137.5^a	5.90	14.12^a	11.43^a	2.019^a
LSD (0.05)	-	6.95	6.30	-	1.04	1.09	0.25

C = ระดับปุ๋ยหมัก
C_1 = ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก
C_2 = 3 ตัน/เฮ็กตาร์
C_3 = 6 "
C_4 = 9 "
C_5 = 12 "

N = ระดับปุ๋ยไนโตรเจน
N_1 = ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
N_2 = 20 ก.ก.N/เฮ็กตาร์
N_3 = 40 "
N_4 = 60 "

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 ผลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตราต่าง ๆ ต่อการสร้างวัตถุแห้งและผลผลิตของข้าว

Compost level t/ha / N-level kg N/ha	Dry matter production														
	straw weight Kg/ha					grain yield kg/ha					Total DM kg/ha				
	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12	0	3	6	9	12
0	4560	4173	5627	7320	5493	958.3	1176.9	1345.8	1563.8	1460.4	5518.3	5349.9	6972.8	8883.8	6953.4
20	6860	6360	7227	7473	5660	1186.9	1383.3	1727.7	1555.8	1633.8	8046.9	7743.3	8954.7	9028.8	7293.8
40	6760	6307	7207	6293	5827	1307.0	1698.5	1773.1	1658.1	1604.0	8067.0	8005.5	8980.1	7951.1	7431.0
60	9107	8433	6660	6493	8407	2003.1	2093.8	1901.3	2190.6	1908.8	11110.1	10526.8	8561.3	8683.6	10315.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าว ดังได้แสดงค่าเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 16 ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในระยะ 1 เดือนหลังปลูกข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจน เพียงครึ่งหนึ่งของอัตราที่ใช้จริง ดังนั้นจึงยังไม่มีผลกระทบต่อความเจริญเติบโตของข้าวมากนัก การตรวจวิเคราะห์ในระยะ 2 เดือนหลังปลูกและระยะเก็บเกี่ยว พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าวทั้งสองระยะ นอกจากนี้ยังพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อผลผลิตของข้าวด้วย (ตารางที่ 15) ดังได้แสดงค่าเฉลี่ยไว้ในตารางที่ 16 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในช่วงระยะ 2 เดือนหลังปลูกเป็นต้นไป ข้าวได้รับปุ๋ยไนโตรเจนครบตามจำนวน อีกทั้งไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีที่ใช้ก็อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และพืชสามารถใช้ได้ง่าย (Stewart etal., 1963) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิล และเอ็นไซม์ นอกจากนี้ยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนและจำเป็นต่อการใช้ประโยชน์จากคาร์โบไฮเดรทในพืชตลอดจนกระตุ้นการเจริญของรากพืช สำหรับธัญญพืชไนโตรเจนจะช่วยให้เมล็ดเต่งตึงและมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (Brady, 1984) ในกรณีของอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจนนั้น พบว่าปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีอิทธิพลร่วมกันต่อความสูง จำนวนต้นต่อกอ และผลผลิตของข้าวในทุกระยะเวลาที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 15) แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ผลผลิตของข้าวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังเช่นตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมัก 9 ตัน/เฮ็กตาร์ ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน 60 ก.ก.N/เฮ็กตาร์ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 2.1906 ตัน/เฮ็กตาร์ ซึ่งมีรายงานสนับสนุนของ Egawa (1975) และ Chaminade (1966) (ตารางที่ 17)

4. ผลของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยไนโตรเจน ต่อการดูดใช้และสมดุลย์ ของไนโตรเจนในพืช

เพื่อที่จะทราบถึงผลกระทบของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจน ที่มีต่อการเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อข้าว ให้แน่ชัด ตลอดจนรูปแบบของการดูดใช้ (Uptake Pattern) จากแหล่งปุ๋ยทั้งสองประเภท จำเป็นต้องมีการนำตัวอย่างข้าวมาวิเคราะห์ทางเคมีในระยะ PI และระยะเก็บเกี่ยว จากตารางที่ 18 พบว่าในทุกตำรับ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ส่วนใหญ่จะถูกข้าวนำขึ้นมาใช้ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ PI (60 วันหลังปลูก) หลังจากระยะ PI ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (60 วันหลังระยะ PI) พืชนำไนโตรเจนทั้งหมดขึ้นมาใช้ในปริมาณที่ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องจากในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มปลูกไปจนถึงระยะ PI เป็นระยะที่ข้าวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ (Vegetative Growth) ดังนั้นในระยะนี้จึงเป็นระยะที่ต้นข้าวต้องการไนโตรเจนเพื่อไปสร้างความเจริญให้กับลำต้นและใบเป็นจำนวนมาก เพราะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญของลำต้นและใบ (Brady, 1984) หลังจากพ้นระยะนี้ไปแล้วคือระยะ PI ไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 ผลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ ต่อการดูดใช้ไนโตรเจน

Treatment	Nitrogen uptake from: Sowing to panicle initiation (60 days)			panicle initiation to harvesting (60 days)			sowing to harvesting (120 days)		
	Total-N	Soil-N	Fert-N	Total-N	Soil-N	Fert-N	Total-N	Soil-N	Fert-N
	kg N/ha								
Control (No-N)	49.6(100)	49.6(100)	-	11.1(100)	11.1(100)		60.7(100)	60.7(100)	-
Compost (t/ha)									
3	51.2(100)	49.6(96.9)	1.6(3.1)	14.7(100)	11.1(75.5)	3.6(24.5)	65.9(100)	60.7(92.1)	5.2(7.9)
6	57.3(100)	49.6(86.6)	7.7(13.4)	20.4(100)	11.1(54.4)	9.3(45.6)	77.7(100)	60.7(78.1)	17.0(21.9)
9	54.2(100)	49.6(91.5)	4.6(8.5)	32.7(100)	11.1(33.9)	21.6(66.1)	86.9(100)	60.7(69.9)	26.2(30.1)
12	58.3(100)	49.6(85.1)	8.7(14.9)	31.3(100)	11.1(35.5)	20.2(64.5)	89.6(100)	60.7(67.7)	28.9(32.3)
Fertilizer-N(kg N/ha)									
20	58.7(100)	49.6(84.5)	9.1(15.5)	11.4(100)	11.1(97.4)	0.3(2.6)	70.1(100)	60.7(86.6)	9.4(13.4)
40	64.3(100)	49.6(77.1)	14.7(22.9)	15.9(100)	11.1(69.8)	4.8(30.2)	80.2(100)	60.7(75.7)	19.5(24.3)
60	73.7(100)	49.6(67.3)	24.1(32.7)	18.0(100)	11.1(61.7)	6.9(38.3)	91.7(100)	60.7(66.2)	31.0(38.8)
Compost+Fertilizr-N									
t/ha (kg N/ha)									
+ 20	59.0(100)	49.6(84.1)	9.4(15.9)	16.3(100)	11.1(68.1)	5.2(31.9)	75.3(100)	10.7(80.6)	14.6(19.4)
3 + 40	65.3(100)	49.6(76.0)	15.7(24.0)	22.4(100)	11.1(49.3)	11.3(50.4)	87.7(100)	60.7(68.2)	27.0(30.8)
+ 60	73.3(100)	49.6(67.7)	23.7(32.3)	27.9(100)	11.1(39.8)	16.8(60.2)	101.2(100)	60.7(60.0)	40.5(40.0)
+ 20	67.1(100)	49.6(73.9)	17.5(26.1)	21.2(100)	11.1(47.6)	10.1(47.6)	88.3(100)	60.7(68.7)	27.6(31.3)
6 + 40	69.7(100)	49.6(71.2)	20.1(28.8)	26.0(100)	11.1(42.7)	14.9(57.3)	95.7(100)	60.7(63.4)	35.0(36.6)
+ 60	78.0(100)	49.6(63.6)	28.4(36.4)	20.3(100)	11.1(54.7)	9.2(45.3)	98.3(100)	60.7(61.8)	37.6(38.2)
+ 20	66.6(100)	49.6(74.5)	17.0(25.5)	21.4(100)	11.1(51.9)	10.3(48.1)	88.0(100)	60.7(69.0)	27.3(31.0)
9 + 40	70.2(100)	49.6(70.7)	20.6(29.3)	27.9(100)	11.1(39.8)	16.8(60.2)	98.1(100)	60.7(61.9)	37.4(38.1)
+ 60	87.8(100)	49.6(56.5)	39.2(43.5)	23.7(100)	11.1(46.8)	12.6(53.2)	111.5(100)	60.7(54.4)	50.8(45.6)
+ 20	66.5(100)	49.6(74.6)	16.9(25.4)	19.6(100)	11.1(56.6)	8.5(43.4)	86.1(100)	60.7(70.5)	25.4(29.5)
12 + 40	58.2(100)	49.6(85.2)	8.6(14.8)	36.4(100)	11.1(32.1)	23.5(67.9)	92.8(100)	60.7(65.4)	32.1(34.6)
+ 60	79.1(100)	49.6(62.7)	29.5(37.3)	29.3(100)	11.1(37.9)	18.2(62.1)	108.4(100)	60.7(56.0)	47.7(44.0)

Note : Data in parentheses are expressed as percentage of total-N

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จนถึงระยะเก็บเกี่ยวเป็นระยะที่ข้าวมีความเจริญเติบโตทางด้านการให้ผลผลิต (Reproductive Growth) ต้นข้าวจะแตกกอน้อยลง (IRRI, 1975) ในช่วงระยะนี้ความต้องการไนโตรเจนจะลดลง แต่ข้าวจะต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณมากขึ้น เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการออกดอก การสร้างผล รวมทั้งการสร้างเมล็ดด้วย ทำให้ข้าวแก่เร็วและทำให้ต้นข้าวแข็งแรง ช่วยป้องกันการหักล้ม (Brady, 1984) สำหรับตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ PI ข้าวนำไนโตรเจนจากปุ๋ยขึ้นมาใช้ในปริมาณน้อยกว่าในช่วงระยะหลัง PI ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักสลายตัวอย่างช้า ๆ ในระยะแรกจึงปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้น้อย ส่วนในระยะหลังปุ๋ยหมักสลายตัวได้มากจึงทำให้ไนโตรเจนถูกปลดปล่อยออกมามาก (Remington and Francis, 1953) ตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวพบว่า ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงระยะ PI ข้าวนำไนโตรเจนจากปุ๋ยขึ้นมาใช้ได้มากกว่าในช่วงระยะหลัง PI ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย (Stewart etal., 1963) ข้าวจึงนำขึ้นมาใช้ได้มากในระยะแรก สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักกับปุ๋ยไนโตรเจนนั้น ในระยะตั้งแต่เริ่มปลูกไปจนถึงระยะ PI ข้าวจะนำไนโตรเจนขึ้นมาใช้ได้มากกว่าในระยะหลัง PI ไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนนั้นเป็นการเร่งการสลายตัวของปุ๋ยหมักให้เร็วขึ้น โดยไนโตรเจนเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุ (Bartholomew, 1954) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการนำไนโตรเจนขึ้นมาใช้ตั้งแต่เริ่มปลูกไปจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (120 วัน) จะพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ข้าวนำขึ้นมาใช้จะเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยที่ใช้

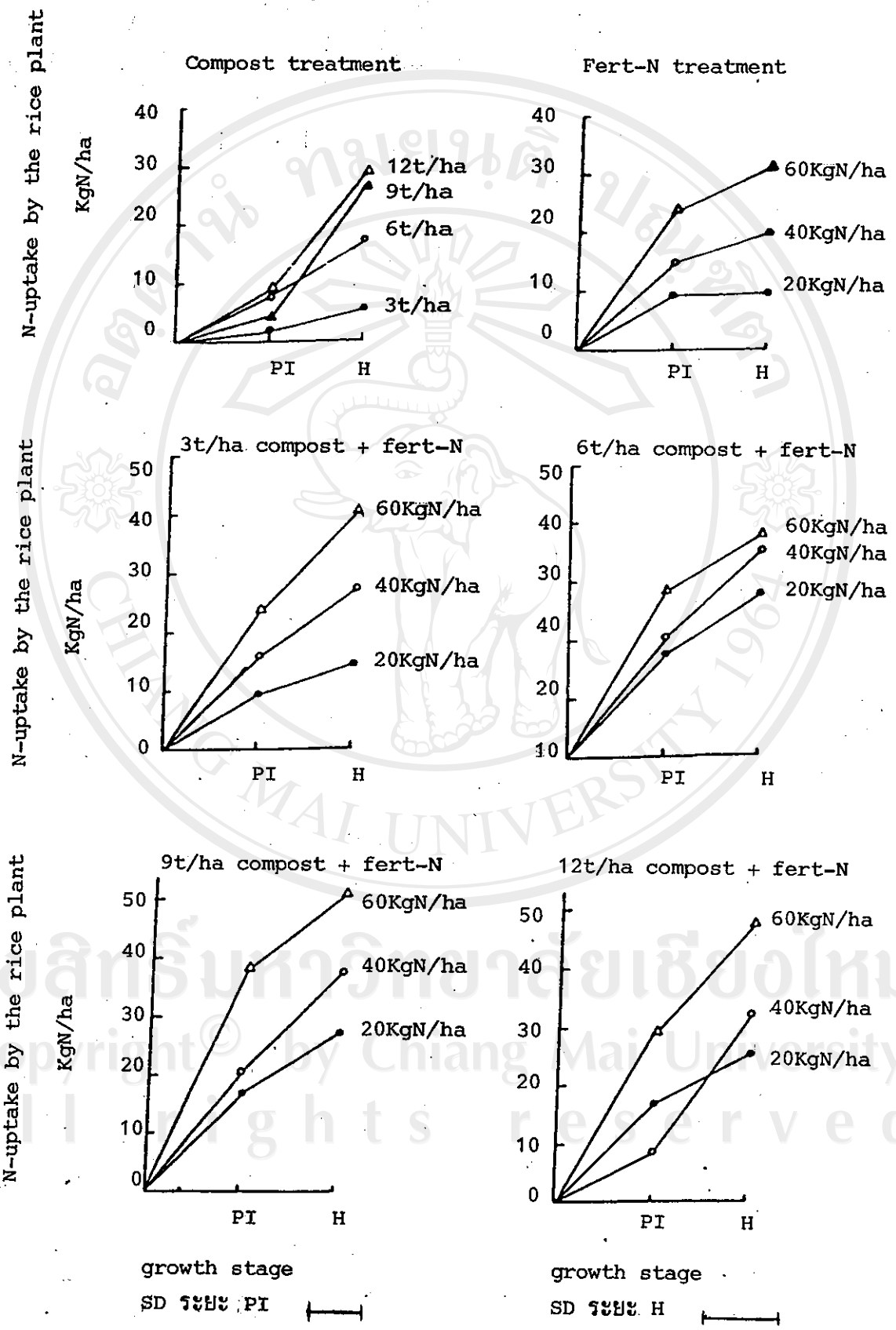
สำหรับรูปแบบของการนำไนโตรเจนขึ้นมาใช้จากปุ๋ยหมัก ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ได้แสดงไว้ในรูปที่ 19 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยหมักจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยหมักจะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้า ๆ ซึ่งแตกต่างจากปุ๋ยเคมีที่ไนโตรเจนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย การใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยชดเชยจุดอ่อนซึ่งกันและกันและทำให้การนำไนโตรเจนขึ้นมาใช้เป็นไปได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในดินก็ยังคงเป็นแหล่งที่สำคัญ และมีบทบาทอย่างมากต่อการปลูกข้าวไร่ ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่ามีไนโตรเจนในดินสูงถึง 70-90%

จากการศึกษาสมดุลย์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยหมัก ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 19 และ 20) พบว่าไนโตรเจนที่ข้าวนำขึ้นมาใช้จะถูกสะสมไว้ในฟางมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กว่าเมล็ด เหตุที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าอาจจะเกิดจากผลของความเครียดของน้ำในดิน (Soil Moisture Tension) ทำให้การเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากใบไปสู่ช่อดอกในระยะการให้ผลผลิตเกิดได้ช้า (Shiga, 1975) เมื่อพิจารณาการเคลื่อนย้ายของโปแตสเซียมซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ง่ายภายในต้นพืช ในธัญพืชธาตุนี้มีความสำคัญต่อการสร้างเมล็ด (Brady, 1984) ก็พบว่ามีการสะสมของโปแตสเซียมในฟางข้าวมากกว่าในเมล็ดเช่นกัน เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่พืชนำขึ้นมาใช้พบสูงสุดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว โดยอยู่ในช่วง 48-52% ในขณะที่ตำรับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยหมัก ค่าไนโตรเจนที่พืชดูดใช้จะอยู่ในช่วง 24-40% (ตารางที่ 19) ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนนั้นค่าไนโตรเจนที่พืชนำขึ้นมาใช้จะอยู่ในช่วง 24-49% (ตารางที่ 20) จากตารางที่ 19 พบว่า การสูญเสียไนโตรเจนจากตำรับที่ใส่เฉพาะปุ๋ยหมักมีน้อยเนื่องจากไนโตร-เจนจากปุ๋ยจะเปลี่ยนไปเป็นไนเตรทและสูญเสียเนื่องจากกระบวนการอื่น ๆ (Shiga, 1975 and Sanchez, 1976) จากตารางที่ 20 พบว่า การสูญเสียไนโตรเจนจะน้อยลงเมื่อใส่ปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนเนื่องจากพืชนำขึ้นมาใช้ได้มากขึ้นและเป็นการเพิ่มปริมาณของไนโตรเจนในดินด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 19 การใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจน ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการเจริญเติบโตของข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 ผลของปุ๋ยหมักและปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ ต่อสมดุลย์ของไนโตรเจน

	Compost level(t/ha)				Fertilizer-Nlevel (KgN/ha)		
	3	6	9	12	20	40	60
Nadded	21.9(100)	43.8(100)	65.7(100)	87.6(100)	20.1(100)	40(100)	60(100)
Plant uptake	5.2(23.7)	17.0(38.8)	26.2(39.9)	28.9(33.0)	9.5(47.5)	19.5(48.8)	31.051.7)
in grain	4.2(19.2)	6.3(14.4)	8.6(13.1)	7.5(8.6)	3.7(18.5)	6.3(15.8)	15.4(25.7)
in straw	1.0(4.5)	10.7(24.4)	17.6(26.8)	21.4(24.4)	5.8(29.0)	13.2(33.0)	15.6(26.0)
N remaining in soil	14.6(66.7)	19.5(44.5)	26.8(40.8)	39.0(44.5)	4.9(24.5)	9.8(24.5)	13.0(21.7)
N recovery in Soil/plant system	19.8(90.4)	36.5(83.3)	53.0(80.7)	67.9(77.5)	14.4(72.0)	29.3(73.2)	44.0(73.3)
Unaccounted for	2.1(9.6)	7.3(16.7)	12.7(19.3)	19.7(22.5)	5.6(28.0)	10.7(26.8)	16.0(26.7)

Note : Data in parentheses are expressed as percentage of total-N

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 20 ผลของปุ๋ยหมักร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ ต่อสมดุลย์ของไนโตรเจนในระบบดิน/พืช

Applied fert-N (KgN/ha)	Applied compost (t/ha) 3			6			9			12		
	20	40	60	20	40	60	20	40	60	20	40	60
Total -N added	41.9(100)	61.9(100)	81.9(100)	63.8(100)	83.8(100)	103.8(100)	85.7(100)	105.7(100)	125.7(100)	107.6(100)	127.6(100)	147.6(100)
Plant uptake	14.6(34.9)	27.0(43.6)	40.5(49.4)	27.6(43.3)	35.1(41.9)	37.6(36.2)	27.3(31.9)	37.4(35.4)	50.9(40.5)	25.5(23.7)	32.1(25.2)	47.7(32.3)
In grain	7.0(16.7)	12.3(19.9)	17.6(21.7)	11.8(18.5)	14.2(17.0)	16.1(15.5)	10.4(12.2)	11.2(10.6)	20.2(16.1)	12.4(11.5)	10.9(8.6)	17.0(11.5)
In Straw	7.6(18.1)	14.7(23.7)	22.7(27.7)	15.8(24.8)	20.9(24.9)	21.5(20.7)	16.9(19.7)	26.2(24.8)	30.7(24.4)	13.1(12.2)	21.2(16.6)	30.7(20.8)
N remaining in soil	19.5(46.5)	19.5(31.5)	26.0(31.7)	19.5(30.5)	24.4(29.1)	39.0(37.6)	39.0(45.5)	39.0(36.9)	39.0(31.0)	58.5(54.4)	65.0(50.9)	58.5(39.6)
N recovery in soil/plant system	34.1(81.4)	46.5(75.1)	66.5(81.2)	47.1(73.8)	59.5(71.0)	76.6(73.8)	66.3(77.4)	76.4(72.3)	89.9(71.5)	84.0(78.1)	97.1(76.1)	106.2(71.9)
Unaccounted for	7.8(18.5)	15.4(24.9)	15.4(18.8)	16.7(20.2)	24.3(29.0)	27.2(26.2)	19.4(22.6)	29.3(27.7)	35.8(24.5)	23.6(21.9)	30.5(23.9)	41.4(28.1)

Note : Data in parentheses are expressed as percentage of total-N

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved