รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

Study on Soil Microbial Activities and Types of Organic Matter Affected by Various Earthworms and Vermicomposts

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

โดย

อานัฐ ตันโช และคณะ

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

2557

รหัสโครงการวิจัย มจ.1-55-027.2

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

Study on Soil Microbial Activities and Types of Organic Matter Affected by Various Earthworms and Vermicomposts

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย **ประจำปี 2555**
จำนวน 619,000 บาท

หัวหน้าโครงการ **นายอานัฐ ตันโช**
ผู้ร่วมโครงการ **นางสาวศุภธิดา อ่ำทอง**
นางสาวสุชาดา สานุสันต์
นางสาววราภรณ์ ภูมิ์พิพัฒน์

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
30/ธันวาคม/2556

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ในครั้งนี้อยู่ภายใต้แผนงานโครงการ ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2555 ซึ่งโครงการวิจัยในครั้งนี้ ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายจนทำให้เกิดองค์ความรู้เรื่อง กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มี ส่วนเกี่ยวข้องทั้งหมด อาทิ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ตลอดจนสำนักงานกองทุนปุ๋ยอินทรีย์และไฮโดรโพนิคส์ มูลนิธิโครงการหลวง พร้อมเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ทุกหน่วยงาน ที่ให้ความสะดวกในการเข้าพื้นที่ ขอบคุณนักศึกษา เจ้าหน้าที่ และคณาจารย์หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร สำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย ครั้งนี้ ขอบคุณห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาของดิน หลักสูตรปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และสถานที่ในการศึกษาวิจัย และท้ายสุดขอขอบคุณทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
การตรวจเอกสาร	9
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	18
ผลการวิจัย	29
วิจารณ์ผลการทดลอง	64
สรุปผลการวิจัย	71
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	81

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ผลวิเคราะห์ค่า EC และฟอสฟอรัสในดินปลูกตำรับทดลองที่มีไส้เดือนดินและไม่มีไส้เดือนดิน	11
ตารางที่ 2	แสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus*	13
ตารางที่ 3	อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	21
ตารางที่ 4	รายละเอียดของวิธีการในการวิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ในการศึกษาครั้งนี้	23
ตารางที่ 5	ทรีทเมนต์ต่างๆ แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้ในการศึกษา	24
ตารางที่ 6	Experimental treatments used in this study	27
ตารางที่ 7	แสดงข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน	31
ตารางที่ 8	แสดงข้อมูลปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน	35
ตารางที่ 9	แสดงข้อมูลปริมาณไนเตรท (NO_3^-) เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน	38
ตารางที่ 10	ผลของระดับความชื้นของดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์	57
ตารางที่ 11	การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ในดิน 3 ชนิด (Ng , Sa และ Hd) ภายใต้การจัดการระดับความชื้นที่ 0.3 bar.	62
ตารางที่ 12	การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ในดิน 3 ชนิด (Ng, Sa และ Hd) ภายใต้การจัดการระดับความชื้นที่ water logging (WL)	63

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน	32
ภาพที่ 2	ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน	35
ภาพที่ 3	ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน	39
ภาพที่ 4	Effect of soils, water regimes and decomposition of organic fertilizer that represented by rate of CO_2 evolution.	40
ภาพที่ 5	CO_2 efflux rates (mg C day_1 g_1 soil) from sandy loam and sandy soils in response to soil stabilizers without (a, b)/with (c, d) addition of plant residue (C: control soil, BC: biochar 250, BP: biopolymer, and PAM: polyacrylamide). Error bars represent the standard error of the mean (n ผ 4).	42
ภาพที่ 6	Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate stan-dard error of mean from four replicates.	44
ภาพที่ 7	Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate stan-dard error of mean from four replicates.	45

หน้า

ภาพที่ 8	Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate stan-dard error of mean from four replicates.	46
ภาพที่ 9	Respiration rates of a CO_2 in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4	49
ภาพที่ 10	Dissolved organic carbon (DOC) and C in soil microbial biomass (C-SMB) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n= 4	50
ภาพที่ 11	Dissolved organic carbon (C-solution) and C in soil microbial biomass (C-SMB) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio = 10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4	52
ภาพที่ 12	Ammonium concentrations (NH_4^+) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4	54
ภาพที่ 13	Nitrate concentrations (NO_3^-) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4	56
ภาพที่ 14	ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินน้ำพอง	58

ภาพที่ 15 ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินสรรพยา 60

ภาพที่ 16 Effect of water management on water use efficiency by the amount of water used for photosynthesis (μmol M^{-2} $S^{-1}L^{-1}$). 61

การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

Study on Soil Microbial Activities and Types of Organic Matter Affected by Various Earthworms and Vermicomposts

อานัฐ ตันโช[1] ศุภธิดา อ่ำทอง[2] สุชาดา สานุสันต์[3] และวราภรณ์ ภูมิ์พิพัฒน์[4]

Arnat Tancho[1], Supatida Umthong,[2] Suchada Sanusan[3], and Warapron Poompipat[4]

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาการปลดปล่อย CO_2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในตัวอย่างดินที่ผ่านการบ่มหลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดิน พบว่าการปลดปล่อย CO_2 เกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรกของการบ่มดิน ซึ่งดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด หลังจาก 1 สัปดาห์ แล้วการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 14 จนถึงวันที่ 28 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 35 และ 42 จะเห็นได้ว่าดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและดินที่ไม่ผ่านการอบที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดินลงไป ทำให้การปลดปล่อย CO_2 สูงสุดเมื่อบ่มดินได้ 42 วัน นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าในขวดที่ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะมีเส้นใยเชื้อราเกิดขึ้นสามารถเห็นเส้นใยราได้ด้วยตาเปล่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทที่สลายตัวได้ง่ายอยู่ในปริมาณสูงกว่ามูลไส้เดือนดิน ส่วนไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าการใส่มูลไส้เดือนดินและมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NO_3^- สูงกว่า การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวใส่เดือนดิน

การศึกษาชนิดของดิน ระดับความชื้น และรูปแบบของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DOC และ C-SMB ในดินทั้ง 3 ชุดดิน คือ น้ำพอง สรรพยา

และหางดง โดยเมื่อ DOC มีปริมาณสูงในขณะที่ C-SMB มีปริมาณต่ำ และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้น

การศึกษาคาร์บอนส่วนต่างๆและไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ : ผลของชนิดดิน ระดับความชื้น และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซ้ำ พบว่า อัตราการปลดปล่อย CO_2 ที่ระดับความชื้นWL มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่า CO_2 เฉลี่ย และดินหางดง มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่าดิน น้ำพอง DOC and C-SMB (หางดง) < (น้ำพอง) และระดับความชื้นWL > 60% WHC เมื่อ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้นที่ระดับความชื้น 60% WHC ในขณะที่ DOC เพิ่ม ปริมาณ C-SMB ลดลงที่ระดับความชื้น WL ,ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)WL มีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินที่มีระดับความชื้นแบบ 60% WHC (หางดง) จะมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินเนื้อหยาบและอินทรียวัตถุต่ำ (หางดง), ปริมาณไนเตรท(NO_3^-) ใส่ N ครั้งที่2 ผ่านไป14 วันหรือวันที่28 ของการบ่มดินผลระดับความชื้น WL มีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าแบบ 60% WHC ดินหางดง จะมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่า ดินน้ำพอง

การศึกษาผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าว คือ WL และ AWD ผลพบว่า WL และ AWD ต่อน้ำหนักสดของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL มีน้ำหนักสดสูงกว่า AWD ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าว คือ WL และ AWD ต่อน้ำหนักแห้งของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL มีน้ำหนักแห้งสูงกว่า AWD ในส่วนของค่า pH ของดิน(ข้าวมีอายุ 66 วัน)นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อ SOC , Avai.P ของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณน้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอของข้าว พบว่าในชุดดินหางดง มีปริมาณสูงที่สุด

คำสำคัญ: ไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน จุลินทรีย์ดิน การหายใจของจุลินทรีย์ อินทรีย์คาร์บอน

Abstract

The study on CO_2 release and determination of total available nitrogen estimate by the amount of NH_4^+ and NO_3^- in soil sample through incubation after added vermicompost, vermicompost liquid and various earthworms showed maximum CO_2 release of during the first week of incubation in unsteriled soil with earthworm and steriled soil mixed with vermicompost liquid. After 1 week CO_2 release is decrease continuously from day 14 until day 28 CO_2 which released the lowest. After that CO_2 release increased continuously from day 35 until day 42 with steriled soil and unsterilized soil mixed with vermicompost liquid and various earthworms release CO_2 the maximum when incubation period was 42 days. In addition, unsteriled soil mixed with vermicompost showed the hyphae of fungus that can be seen with the naked eye due to vermicompost liquid contained with organic compounds that decompose easily at higher rate than the vermicompost. The available nitrogen was found in unsterile soil mixed with vermicompost liquid and unsterile soil mixed with earthworm showed NH_4^+ content higher than vermicompost adding and vermicompost have likely to make volume NO_3^- higher than vermicompost liquid and various earthworms in normal soil.

The study on type of soil, moisture content and form of the ratio of carbon and nitrogen found that relationship between DOC and C-SMB in all three soil series of Nam Phong series, Sapphaya series and Hang Dong series by DOC in high volume while C-SMB in low volume and later, DOC volume is decrease while C-SMB volume is increase.

The study on carbon fraction and available nitrogen combined with soil types, moisture content and repeated of nitrogen addition found that CO_2 evolution rate, the moisture content of WL released CO_2 higher than average CO_2 evolution and Hang Dong series average CO_2 release was higher than Nam Phong series, DOC and C-SMB (Hang Dong) < (Nam Phong) with moisture content > 60% WHC. When DOC was decrease while C-SMB volume was increase at the moisture content of 60% WHC. While DOC was increase but C-SMB volume was decrease at the moisture content of WL, Ammonium (NH_4^+) volume of WL had NH_4^+ higher than soil that had the moisture content of 60% WHC. Hang Dong series had NH_4^+ volume higher than coarse textures and low organic matter soil (Hang Dong), nitrate (NO_3^-) volume that added in the second times after 14 days or day 28 of incubation period showed the moisture content of WL with

nitrate (NO_3^-) volume higher than the level of 60% WHC. Hang Dong soil series had nitrate (NO_3^-) volume higher than Nam Phong soil series.

The study on effect of water management in 2 patterns in rice cultivation were WL and AWD. Results showed that WL and AWD per fresh weight of 66-day old rice found that WL fresh weight was higher than AWD. Effect of water management in 2 patterns in rice cultivation was WL and AWD per dry weight of 66-day old rice found that WL had dry weight higher than AWD. Soil pH (66-day old rice) found no statistically significant difference.Pattern in rice cultivation of WL and AWD per SOC, Avai P showed no statistically significant difference. Dry weight, height and tillering of rice had found that Hang Dong series are volume the most.

Key word: Earthworm, Vermicompose, Microorganisms, Microorganism's Respirations, Organic carbon

คำนำ

ปัจจุบันการเกษตรในประเทศไทยได้สนับสนุนให้เกษตรกรหันกลับมาใส่ใจคุณภาพผลผลิตและสุขภาพของผู้บริโภคมากขึ้น โดยปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตให้พึ่งพิงธรรมชาติมากกว่าเดิม โดยลดการใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าแมลง และยาปราบวัชพืช และส่งเสริมการใช้สารสกัดที่ได้จากธรรมชาติ ใช้ปุ๋ยหมัก และมูลสัตว์เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช นอกจากนี้จุลินทรีย์ในดินก็ยังมีส่วนสำคัญในการช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืช ดังคำกล่าวที่ว่า “ ดินดี คือ ดินที่มีชีวิต ” ดินมีชีวิต คือดินที่มีความสมดุลของสิ่งมีชีวิตในดิน รวมถึงจุลินทรีย์ ความสมดุลของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินในสภาพธรรมชาติก็คือ ความเหมาะสมในด้านของจำนวนจุลินทรีย์ และความหลากหลายของจุลินทรีย์ ดินที่มีจุลินทรีย์อยู่หลายกลุ่มจะทำให้ดินนั้นมีความเหมาะสมในการทำการเกษตร

จุลินทรีย์มีบทบาทอย่างมากในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปรสภาพอินทรียวัตถุในดินให้กลายเป็นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์กับพืช โดยจุลินทรีย์จะมีขั้นตอนของความหลากหลายในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ เพราะมีวงจรชีวิตที่สั้น และมีหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีปริมาณที่มาก ซึ่งมีหน้าที่และบทบาทต่อกระบวนการต่างๆ ในดินแตกต่างกันไป เพราะฉะนั้นจึงถือได้ว่าจุลินทรีย์ก็คือ ตัวการที่จะทำให้สารอินทรีย์จากซากพืชซากสัตว์ย้อนกลับไปเป็นธาตุอาหารพืชใหม่ได้อีกครั้ง นั่นคือทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารพืชในดิน ดังนั้นในดินที่มีอินทรียวัตถุสูงจะมีการหมุนเวียนในระบบนิเวศอย่างสมดุล

เมื่อกล่าวถึงสิ่งมีชีวิตในดินอีกชนิดหนึ่งที่สามารถช่วยปรับปรุงดิน และช่วยทำให้ดินปลดปล่อยธาตุอาหารพืชได้ดี คือ ไส้เดือนดิน ซึ่งในลำไส้ไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์ประมาณ 343 ชนิด (อานัฐ,2550) เมื่อมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากทำให้กิจกรรมในดินเกิดขึ้นมากมายจุลินทรีย์เหล่านี้ยังเป็นตัวช่วยในการปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ให้แก่พืช เช่น ธาตุไนโตรเจน ซึ่งธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมาก แต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่ว และพืชบางชนิดที่มีระบบรากพิเศษที่มีจุลินทรีย์เข้าอาศัยอยู่และสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเอามาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วๆ ไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้น จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเตรตไอออน (No_3^-) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดินจะเป็นผู้ปลดปล่อยให้ ซึ่งการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินที่เวลาต่างๆ นั้นอาจเป็นผลมาจากอัตราการเกิดขบวนการ immobilization และ mineralization ของธาตุอาหารในดิน (การเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารจากอินทรีย์เป็นอนินทรีย์โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์

ทำให้พืชสามารถดูดใช้ได้) ถ้าอัตราการเกิด immobilization สูงกว่า mineralization ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะลดลง แต่ถ้าอัตราการเกิด immobilization ต่ำกว่า mineralization ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้น (Sophie and Marstorp, 2002) ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมากแต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก ดังนั้นจึงมักจะมีปัญหาเสมอว่าดินถึงแม้จะมีฟอสฟอรัสมากก็จริงแต่พืชก็ยังขาดฟอสฟอรัส ซึ่งในมูลไส้เดือนดินธาตุฟอสฟอรัสจะถูกเปลี่ยนรูปโดยแบคทีเรียในลำไส้ไส้เดือนดิน กลุ่ม Phatizing Bacteria ให้อยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดินซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Mackenzie,F.T.,1995) ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้มีมากในลำไส้ของไส้เดือนดิน ซึ่งสามารถผลิตเอ็นไซม์ฟอสฟาเตทละลายธาตุฟอสเฟตที่ตรึงอยู่ในดินให้พืชดูดไปใช้ได้

“ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ” (Vermicompost) คือขยะอินทรีย์หรือเศษซากพืช หรืออินทรียวัตถุต่าง ๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินกินเข้าไป แล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายภายในลำไส้ของไส้เดือน แล้วถูกขับถ่ายออกมามูลทางรูทางทวารนั่นเอง มีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ ซึ่งจะมีธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เลยอยู่ในปริมาณสูง และมีจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก และจากการที่ความสามารถในแปรสภาพเศษซากอินทรีย์ไปเป็นอินทรียวัตถุ โดยพบว่าการใช้ไส้เดือนดินจะสามารถกำจัดขยะอินทรีย์และเปลี่ยนเป็นปุ๋ยหมักได้เร็วที่สุดภายในระยะเวลาเพียง 5-7 วันเท่านั้น(อานัฐ,2553) จากผลดังกล่าวนี้ จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ที่จำเป็นต้องมีการศึกษากลไกหรือกระบวนการที่ก่อให้เกิดผลดังกล่าวนี้

การวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุที่ดำเนินการในปัจจุบันนี้เป็นการทำได้ยาก เพราะปริมาณอินทรียวัตถุที่เป็นส่วนที่คงที่หรือยากต่อการเปลี่ยนแปลงแล้ว (stable soil organic matter) ยังคงอยู่ในดินก่อนหน้านี้และมีปริมาณที่มากด้วย (Gregorich et al., 1994) แต่ยังมีองค์ประกอบของอินทรียวัตถุอีกประเภทหนึ่งที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับประเภทแรก เนื่องจากลักษณะของอินทรียวัตถุประเภทนี้มีง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า labile fraction of organic matter ดังนั้นองค์ประกอบเหล่านี้จึงควรได้รับการศึกษาเพื่อใช้เป็นดัชนีวัดผลกระทบที่มีต่อคุณภาพและปริมาณของอินทรียวัตถุในดินอันเนื่องมาจากการใช้ดินและที่ดินและรูปแบบการเกษตรแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง labile fraction of organic matter ที่สามารถทำปฏิกิริยากับ MnO_4^- ซึ่งเป็นวิธีง่าย และสะดวก และมีศักยภาพที่ไว(sensitivity)ต่อการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน

Labile fraction ของอินทรียวัตถุในดินจัดได้ว่าเป็นส่วนที่ง่ายในการสกัดหรือเป็นส่วน

ง่ายต่อการย่อยสลายเช่น อินทรียวัตถุที่ละลายน้ำได้ส่วนนี้จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดินเป็นต้น และ เป็นส่วนที่สำคัญในการเป็นแหล่งพลังงานให้กับจุลินทรีย์ Labile fraction ได้แก่ particulate organic matter (POM) , water soluble carbon (WSC), hot water soluble carbon (HWSC) , (Ghani et al., 2003) , permanganate oxidizable carbon (POC) (Weil et al., 2003) ทั้งอินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้เป็นส่วนย่อยๆ ของอินทรีย์คาร์บอนที่เป็นส่วนประกอบของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งอาจเป็นส่วนที่สะท้อนของคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และการนำไปปุ๋ยมูลไส้เดือนไปใช้ประโยชน์ต่อไป และยังเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณภาพของระบบการจัดการดิน-พืชในดินที่ใช้ทำการเกษตรอีกด้วย นอกจากนี้ องค์ประกอบของคาร์บอนและพลวัติของคาร์บอนในดินจะทำให้ทราบถึงการเก็บรักษาคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ในดินเพื่อลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ความเข้มข้นของรูปแบบการจัดการเกษตรและดินในเขตภาคเหนือ การที่จะให้ความสนใจเพื่อป้องกันการเสื่อมโทรมของทรัพยากรที่ดินในอนาคตเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและความยั่งยืนของคุณภาพสิ่งแวดล้อมต่อไปเป็นน้ำและอากาศ (Grigal and Ohmann ,1992)

โครงการวิจัยนี้จะเป็นโครงการหนึ่งที่จะศึกษาถึงบทบาทของไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากไส้เดือนดินเป็นสิ่งมีชีวิตในดินที่มีความเกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ดินจำนวนมาก และจุลินทรีย์เหล่านี้ก็เกิดกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ในแง่ของการเพิ่มอินทรียวัตถุ การปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินให้พืชนำไปใช้ได้ ซึ่งจะเป็นโครงการหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำแนวทางและองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการปลูกพืชทั้งในระบบเกษตรอินทรีย์ และเกษตรเคมี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อการอนุรักษ์ความหลากหลายของสายพันธุ์ไส้เดือนดินในท้องถิ่น และความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดินให้เกิดความยั่งยืนต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่เกิดจากจากการใช้ตัวไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อการเปลี่ยนแปลงกระบวนการ Mineralization (ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส) และ Respirations (คาร์บอน) ในดิน

2. เพื่อศึกษาชนิดของอินทรียวัตถุในดิน รวมถึงกลไกล และความเร็วในการเกิดอินทรียวัตถุในดิน ที่เกิดจากการใช้ตัวไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. องค์ความรู้ที่ได้นำไปสู่แนวทางการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินคุณภาพสูง

2. ได้แนวทางการนำไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินไปใช้ปรับปรุงดิน ในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินทางการเกษตร ในแง่ความหลากหลายของจุลินทรีย์ดิน และการเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน และอินทรียวัตถุในดิน แก่เกษตรกรผู้ปลูกพืช

3. ส่งเสริมให้เกิดเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยได้กว้างขึ้น โดยใช้แนวทางการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่เพาะปลูกที่ไม่เหมาะสมหรือดินขาดความอุดมสมบูรณ์

4. เกษตรกรมีความเชื่อมั่นในปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้โดยไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดิน ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากตัวไส้เดือนดินในไร่ สวน ของตน ก่อให้เกิดการอนุรักษ์สายพันธุ์ไส้เดือนดิน และเกิดความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในดิน

5. เพิ่มแนวทางการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพิ่มพื้นที่เกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

6. ลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการทำการเกษตร ลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีทางการเกษตร ลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร ลดผลกระทบที่เกิดจากปุ๋ยเคมีราคาแพงในอนาคต

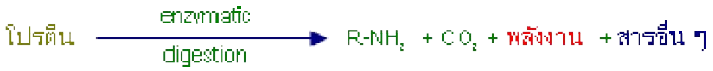
7. ลดการซื้อปุ๋ยชีวภาพ จุลินทรีย์ต่างๆ ที่มีราคาแพง โดยใช้ตัวไส้เดือนดิน และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินแทน

การตรวจเอกสาร

ผลจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่ไส้เดือนดินดูดกินเข้าไปภายในลำไส้ และด้วยกิจกรรมของ จุลินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้และน้ำย่อยของไส้เดือนดินจะช่วยให้ธาตุอาหารหลายๆ ชนิดที่อยู่ในเศษวัสดุอินทรีย์ และในดิน ถูกเปลี่ยนอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น แอมโมเนียม ไนเตรท และฟอสฟอรัส และนอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบของธาตุอาหารพืชชนิดอื่น และจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อดิน รวมทั้งสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในลำไส้ของไส้เดือนดินเมื่อใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินให้กับต้นพืช ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินก็จะค่อยๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนในรูป (NH^+_4) และ (NO_3) ซึ่งจะทำให้ดินมี (NH^+_4) และ (NO_3^-) พร้อมให้ต้นพืชดูดนำไปใช้ได้ตลอดเวลา รวมทั้งกิจกรรมจากจุลินทรีย์ในตัวไส้เดือนดินและในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ติดลงไปในดินจะช่วยส่งเสริมให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นภาวะที่พืชหลายชนิดต้องการมากกว่าการมีอิออนชนิดหนึ่งชนิดใดเพียงอย่างเดียวในดิน (สมชาย. 2535)

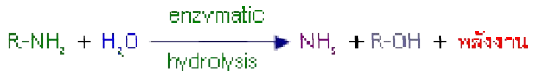
การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน(nitrogen transformation in soil) ไนโตรเจนในดินมีการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์อยู่ตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีวเคมี ได้แก่กระบวนการดังต่อไปนี้

1) อะมิไนเซชัน (aminization) เป็นกระบวนการย่อยสลายสารประกอบโปรตีน โดยจุลินทรีย์ดินในกลุ่มที่สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotrophic) ผลที่ได้คือ อะมีน(amines) และกรดอะมิโน (amino acids) ชนิดต่าง ๆ ดังสมการ



$R\text{-}NH_2$ คือ อะมีน หรือ กรดอะมิโนอื่น ๆ

2) แอมโมนิฟิเคชัน (ammonification)เป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์กลุ่ม สร้างอาหารเองไม่ได้ (heterotrophic) เปลี่ยนอะมีน ($R\text{-}NH_2$) ไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) และแอลกอฮอล์ (R-OH) ดังสมการ



NH_3 ที่ได้จะทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) ได้แอมโมเนียม (NH_4^+)
แอมโมเนียมที่ได้จะถูกพืชและจุลินทรีย์นำไปใช้ หรืออาจถูกดูดยึดด้วยอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัส หรืออาจถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเทรต (NO_3^-)

3) ไนทริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการออกซิไดส์ก๊าซ แอมโมเนีย(NH_3) หรือแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ให้เป็นไนไทรต์ และไนเทรต โดยแบคทีเรียพวกต้องการออกซิเจน (aerobic) คือ *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus* (ปฏิกิริยาที่ 1) และ *Nitrobacter* (ปฏิกิริยาที่ 2) ตามลำดับ ดังสมการ (สมพร, 2553)

$$2\,NH_4^+ + 3\,O_2 \xrightarrow[\text{oxidation}]{\text{enzymatic}} 2\,NO_2^- + 2\,H_2O + 4\,H^+ + \text{พลังงาน} \quad .....(1)$$

$$2\,NO_2^- + O_2 \xrightarrow[\text{oxidation}]{\text{enzymatic}} 2\,NO_3^- + \text{พลังงาน} \quad .....(2)$$

การตรึงฟอสฟอรัสในดิน

การตรึงฟอสฟอรัสในดินหมายถึงฟอสเฟตที่ถูกเปลี่ยนรูปจากรูปที่ละลายน้ำได้(soluble form) ไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ (insoluble form) ขบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินขึ้นอยู่กับขบวนการที่สำคัญ 3 ขบวนการคือ

1) การตกตะกอนเชิงเคมี (Chemical precipitation)

เป็นปฏิกิริยาระหว่างแคตไอออน (cation) พวก เหล็ก อลูมินัม คัลเซียมและแมกนีเซียมกับฟอสเฟตไอออนที่ไม่ละลายน้ำ สามารถแบ่งปฏิกิริยาออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

1.1 ในสภาพของดินกรดเหล็กและอลูมินัมทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Fe^{3+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightleftharpoons FePO_4 \cdot 2H_2O + 2\,H^+$$

$$Al^{3+} + H_2PO_4^- + 2H_2O \rightleftharpoons AlPO_4 \cdot 2H_2O + 2\,H^+$$

1.2 ในสภาพของดินด่าง แคลเซียมและแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ

$$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons CaHPO_4 \cdot 2H_2O$$

$$Mg^{2+} + HPO_4^{2-} + 2H_2O \rightleftharpoons MgHPO_4 \cdot 2H_2O$$

2) ปรากฏการณ์การดูดซับ (adsorption phenomena)

ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะถูกดูดยึดอยู่กับไอออนบวกบริเวณผิวของ แร่ดินเหนียว

(clay mineral) ด้วยแรงยึดเหนี่ยวทางด้านไฟฟ้า (electrostatic bonding) คือ ประจุลบของฟอสเฟตไอออนจะดูดยึดอยู่กับประจุบวกของแร่ดินเหนียว

3) ปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange reaction)

เป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างไฮดรอกไซด์ไอออน (OH-) กับฟอสเฟตไอออนในสารละลายดิน เมื่อฟอสเฟตเข้าไปแทนที่ สามารถเกิดพันธะเคมีกับโครงสร้างของแร่ดินเหนียวได้ฟอสเฟตชนิดนี้ยากที่จะถูกปลดปล่อยออกมาทำให้เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (บุญแสน, 2553)

ลำไส้ของไส้เดือนดินจะมีกลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอ็นไซม์ฟอสฟาเตสซึ่งสามารถละลายปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงอยู่ในดินออกมาให้อยู่ในรูปที่รากพืชดูดไปใช้ได้ (อานัฐ, 2550)

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ค่า EC และฟอสฟอรัสในดินปลูกตำรับทดลองที่มีไส้เดือนดินและไม่มีไส้เดือนดิน

ตำรับทดลอง	EC	Available-p (ppm)	คิดเป็น %
ดินปลูก	218 uS/cm	111	100
ดินปลูก+ไส้เดือน	345 uS/cm	152	136 (เพิ่มขึ้น 36%)
ดินผสมวัสดุปลูก	2.1 dS/m	112	100
ดินผสมวัสดุปลูก+ไส้เดือน	700 uS/cm	993	886 (เพิ่มขึ้น 786%)

ที่มา: สุลีรัก (2553)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นอาหารธรรมชาติที่ดีกับพืช อุดมด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสารอาหารอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช มีลักษณะเป็นอนุภาคละเอียดจึงสลายตัวตามกระบวนการทางชีวภาพเกิดธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุได้รวดเร็วและง่ายต่อการดูดซึมผ่านรากพืช มีฮิวมัส และในลำไส้ไส้เดือนดินมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อดินและพืชประมาณ 343 ชนิด (อานัฐ,2550)

กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์บางกลุ่มในสภาพธรรมชาติจะไม่เคลื่อนที่ และจะสร้างโคโลนีอยู่เป็นแห่งๆ ดังนั้นจุลินทรีย์จะมีความสามารถน้อยมากในการช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หากปราศจากการช่วยเหลือให้เกิดการแพร่กระจายตัวลงสู่ดินในบริเวณรากพืช แต่ในการ

ทำการเกษตรในปัจจุบัน เกษตรกรจะช่วยแพร่กระจายเชื้อดังกล่าวโดยการผสมเชื้อดังกล่าวกับเมล็ดที่ปลูก หรือ การผสมเชื้อดังกล่าวลงไปในดินโดยตรงซึ่งก็ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่วิธีการเหล่านี้เมื่อนำไปใช้กับแปลงปลูกขนาดใหญ่จะทำได้ลำบากต้องใช้แรงงานคนมาก และจุลินทรีย์สามารถแพร่กระจายตัวได้อย่างจำกัดในดินนอกจากวิธีการข้างต้นแล้ว ยังมีการนำพาจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวหรือกลุ่มอื่นๆ ลงไปในดินได้โดยการนำพาของกระแสน้ำ ซึ่งจะเป็นการนำพาลงไปในดินแนวดิ่งและโดยไส้เดือนดิน ซึ่งไส้เดือนดินจะนำพาหรือแพร่กระจายเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ โดยการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินในพื้นดินทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน ซึ่งการเคลื่อนที่ของไส้เดือนดินดังกล่าวจะสามารถช่วยส่งเสริมการแพร่กระจายตัวของจุลินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์ลงสู่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจุลินทรีย์ดังกล่าว ประกอบด้วย ซูโดโมนาส ไรโซเบียม และ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus* จะช่วยแพร่กระจายเชื้อ *Pseudomonas putida* และ *Bradyrhizobium japonicum* ในบริเวณที่มีน้ำไหลซึมลงไปในดินได้อย่างน้อย 5% และ 1% ตามลำดับ (Madsen and Alexander, 1982) นอกจากนี้พบว่า เชื้อรา *Rhizobium japonicum* ซึ่งเป็นเชื้อราชนิดที่พบว่ามีการสร้างปุ่มปมในรากของต้นถั่วลิสง จะถูกไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* และ *Lumbricus terrestris* กินเข้าไปและผ่านลำไส้ของไส้เดือนดินออกมาโดยไม่ได้รับอันตราย และเมื่อไส้เดือนดินเคลื่อนที่ในดินและถ่ายมูลพร้อมเชื้อราดังกล่าวออกมาในดินในบริเวณต่างๆก็จะทำให้เชื้อราดังกล่าวแพร่กระจายตัวและเจริญเติบโตและสร้างกลุ่มอยู่บริเวณกองมูลเหล่านั้น นอกจากนี้บริเวณที่พบไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* อยู่ จะพบว่ามีปริมาณปุ่มปมบนรากถั่วลิสงจำนวนมากขึ้นด้วย (Rouelle, 1983) ซึ่งนอกจากการถ่ายมูลของเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆที่ไส้เดือนดินกินเข้าไปโดยไม่ได้รับอันตรายแล้ว ยังพบว่า ในการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีเชื้อไมคอร์ไรซาติดอยู่ของไส้เดือนดิน จะส่งเสริมให้เกิดการแพร่กระจายของสปอร์และเส้นใยที่แตกหักของเชื้อไมคอร์ไรซา ดังกล่าวได้ด้วย (Reddell and Spain, 1991)

ในการใส่ไส้เดือนดินลงไปในดินต้องคำนึงถึงจำนวนไส้เดือนต่อพื้นที่ด้วย เนื่องจากมีข้อจำกัดของประชากรไส้เดือนดินต่อพื้นที่ หากใส่ไส้เดือนมากเกินความสามารถในการรองรับของดินไส้เดือนดินก็จะขาดแคลนอาหาร และเมื่อใส่ไส้เดือนดินลงไปในพื้นที่แล้ว การใส่ปูนขาวลงไปในดินมีผลทำให้ประชากรของไส้เดือนเพิ่มสูงขึ้นได้ นอกจากนี้ควรดูแลในเรื่องความชื้นด้วย เนื่องจากความชื้นจะทำให้จุลินทรีย์ในดินย่อยสลายอินทรียวัตถุได้เร็ว ทำให้ไส้เดือนดินสามารถดูดกินอินทรียวัตถุที่เน่าสลายได้เร็วขึ้นด้วย ทำให้ดินมีอินทรียวัตถุเพิ่มสูงขึ้นและมีส่วนประกอบของธาตุอาหารที่เกิดจากการย่อยสลายอินทรียวัตถุของไส้เดือนดินอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้เพิ่มสูงขึ้นด้วย(อานัฐ, 2550)เคยมีตัวอย่างของการนำไส้เดือนดินพันธุ์ *Allolobophora caliginosa* และ *Lumbricus terrestris* ไปใส่ในดินที่ปลูกไม้ผลบริเวณริมชายฝั่งแม่น้ำ ในอัตรา 800 ตัว/ต้น

พบว่า ไม้ผลดังกล่าวบริเวณที่มีไส้เดือนดินอยู่จะเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่ไม่ใส่ไส้เดือนดิน (van Rhee,1971)

นอกจากการปล่อยไส้เดือนดินลงไปในแปลงเพาะปลูกเพื่อปรับปรุงโครงสร้างดินโดยตรงแล้ว การใส่มูลไส้เดือนดินลงไปในดิน ก็สามารถปรับปรุงโครงสร้างของดินและทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นได้ด้วยเช่นกัน เนื่องจากมูลไส้เดือนมักจะมีค่าพีเอชที่เหมาะสม และมีอินทรียวัตถุสูง มีไนโตรเจน ในรูป แอมโมเนียม และ ไนเตรท แมกนีเซียม และ ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ในปริมาณสูง และมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้ดี รวมทั้งมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์อยู่หลายชนิด (Lunt and Jacobson, 1944)

Springett and Syers (1979) ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าหญ้าไรท์ (Ryegrass) ในบริเวณที่มีมูลของไส้เดือนสายพันธุ์ *Allolobophora caliginosa* และ *Lumbricus rubellus* กับบริเวณที่ไม่มีมูลของไส้เดือนสายพันธุ์ดังกล่าว พบว่า ต้นกล้าหญ้าไรที่ในบริเวณที่มีมูลไส้เดือนดินดังกล่าวเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นกล้าหญ้าไรท์ในบริเวณที่ไม่มีมูลของไส้เดือนดิน พวกเขาสรุปว่า ไส้เดือนดินเหล่านั้นจะเปลี่ยนธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ทำให้ต้นกล้าหญ้าไรสามารถดูดธาตุอาหารนั้นไปใช้ได้ดีส่งผลให้ต้นเจริญเติบโต และกล่าวได้ว่า มูลของไส้เดือนดินพันธุ์ *Lumbricus rubellus* อาจมีส่วนประกอบของสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกับออกซิน (Auxin) หรือสารบางอย่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ออกซิน ในพืช เช่นเดียวกับ Graff and Makeschin (1980) ที่ได้ทดสอบผลของสารที่ผลิตโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris, Allolobophora caliginosa* และ *Eisenia foetida* ต่อการผลิตหญ้าไรท์ในประเทศเยอรมันนี และได้สรุปว่าสารที่ปลดปล่อยจากไส้เดือนดินทั้ง 3 ชนิด มีผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus*

จุลินทรีย์	จำนวน (x 10^6)		
	ลำไส้ส่วนหน้า	ลำไส้ส่วนกลาง	ลำไส้ส่วนท้าย
แอคติโนมัยซิส	26	358	15,000
แบคทีเรีย	475	32,900	440,700

ที่มา : ดัดแปลงจาก Parle (1959)

นอกจากจุลินทรีย์กลุ่มที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังพบจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ ที่ไส้เดือนดินเป็นตัวนำพา หรือเป็นตัวแพร่กระจายเชื้อลงสู่ดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เชื้อซูโดโมนาส ไรโซเบียม

และ เชื้อราไมคอร์ไรซา ซึ่งไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus* จะช่วยแพร่กระจายเชื้อ *Pseudomonas putida* และ *Bradyrhizobium japonicum* ในบริเวณที่มีน้ำไหลซึมลงไปในดินได้อย่างน้อย 5% และ 1% ตามลำดับ (Madsen and Alexander, 1982) และยังพบว่าในการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่มีเชื้อไมคอร์ไรซาติดอยู่ ไส้เดือนดินจะส่งเสริมให้เกิดการแพร่กระจายของสปอร์ และเส้นใยที่แตกหักของเชื้อ ไมคอร์ไรซา ดังกล่าวได้ด้วย (Reddell and Spain, 1991) ซึ่งจุลินทรีย์ที่ไส้เดือนดินปลดปล่อยออกมาจะช่วยในการปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชทำให้พืชเจริญเติบโต

นอกจากนี้ไส้เดือนดินยังช่วยพลิกกลับดิน นำดินด้านล่างขึ้นมาด้านบนโดยการกินดินที่มีแร่ธาตุบริเวณด้านล่างแล้วถ่ายมูลบริเวณผิวดินด้านบน ทำให้เกิดการผสมคลุกเคล้าแร่ธาตุในดิน นำแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในชั้นใต้ดินขึ้นมาด้านบนให้พืชดูดนำไปใช้ได้ ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ทำให้ธาตุต่างๆ อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช่วยเพิ่มและแพร่กระจายจุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไรโซเบียม ไมคอร์ไรซา ในบริเวณรากพืชและการชอนไชของไส้เดือนดิน ทำให้ดินร่วนซุย การถ่ายเทน้ำและอากาศดี ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น เพิ่มช่องว่างในดิน ทำให้รากพืชชอนไชได้ดี (อานัฐ, 2543) นอกจากนี้ไส้เดือนดินยังใช้เป็นดัชนีทางสิ่งแวดล้อมในการตรวจสอบธาตุโลหะหนัก และการปนเปื้อนของสารเคมีทางการเกษตรในดิน (อานัฐ, 2543)

ไส้เดือนดินช่วยสร้างสารที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

ไส้เดือนดินนอกจากจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยทางอ้อม คือ การชอนไชในดินทำให้มีการระบายน้ำและระบายอากาศในดินดีขึ้น และช่วยแพร่กระจายของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินแล้ว ไส้เดือนดินยังมีความสามารถในการผลิตสารที่เป็นตัวส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย ซึ่งในการนำไส้เดือนดินมาทำการสกัดเนื้อเยื่อ เมือก ของเหลวในช่องลำตัว ลำไส้ และมูลของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* พบว่า สารสกัดที่ได้ มีส่วนประกอบของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชร่วมอยู่ด้วย (Gavrilov, 1963) นอกจากนี้ Nielson (1965) กล่าวว่า สารส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสามารถสกัดได้จากเนื้อเยื่อของไส้เดือนสายพันธุ์ *Allolobophora caliginosa, Lumbricus rubellus* และ *Eisenia foetida* ได้เช่นกัน ซึ่งเขาได้ทำการทดลองโดยฆ่าไส้เดือนในน้ำที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และบดไส้เดือนดินให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันแล้วผสมกับน้ำกลั่น นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายหลายชนิด เพื่อแยกชนิดของสารควบคุมการเจริญเติบโต แล้วนำสารที่ได้มาวิเคราะห์ผล โดยนำมาทดสอบการเจริญเติบโตกับต้นถั่ว (Went pea) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นถั่วที่ทดสอบกับ Indole 3 – Acetic Acid (IAA) และพบว่า สารสกัดที่ได้จากไส้เดือนดินแต่ละชนิดแสดงผลไม่ต่างกัน และได้ผลเช่นเดียวกับ Indole 3 – Acetic Acid (IAA)

นอกจากนี้ Springett and Syers (1979) ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าหญ้าไรท์ (Ryegrass) ในบริเวณที่มีมูลของไส้เดือนสายพันธุ์ *Allolobophora caliginosa* และ *Lumbricus rubellus* กับบริเวณที่ไม่มีมูลของไส้เดือนสายพันธุ์ดังกล่าว พบว่า ต้นกล้าหญ้าไรที่ในบริเวณที่มีมูลไส้เดือนดินดังกล่าวเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นกล้าหญ้าไรท์ในบริเวณที่ไม่มีมูลของไส้เดือนดิน พวกเขาสรุปว่า ไส้เดือนดินเหล่านั้นจะเปลี่ยนธาตุอาหารพืชให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ทำให้ต้นกล้าหญ้าไรสามารถดูดธาตุอาหารนั้นไปใช้ได้ดีส่งผลให้ต้นเจริญเติบโต และกล่าวได้ว่า มูลของไส้เดือนดินพันธุ์ *Lumbricus rubellus* อาจมีส่วนประกอบของสารที่มีคุณสมบัติคล้ายกับออกซิน (Auxin) หรือสารบางอย่างที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ ออกซิน ในพืช เช่นเดียวกับ Graff and Makeschin (1980) ที่ได้ทดสอบผลของสารที่ผลิตโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus terrestris, Allolobophora caliginosa* และ *Eisenia foetida* ต่อการผลิตหญ้าไรท์ในประเทศเยอรมันนี และได้สรุปว่าสารที่ปลดปล่อยจากไส้เดือนดินทั้ง 3 ชนิด มีผลกระทบต่อผลผลิตที่ได้

ต่อมา Tomati *et al*., (1983) ก็ได้ทำการทดสอบปุ๋ยหมักจากขยะอินทรีย์ที่ได้จากการใช้ไส้เดือนดินย่อยสลาย นำไปใช้ทดสอบการเจริญเติบโตของพืชจำพวกพืชสวนประดับ และพวกเขาสรุปว่าการเจริญเติบโตของพืชที่ทดสอบดีมาก และได้นำปุ๋ยหมักดังกล่าวมาทดสอบหาธาตุอาหารพืชพบว่า ปุ๋ยหมักดังกล่าวมีส่วนประกอบของสารเร่งราก สารยับยั้งการเจริญเติบโต สารเร่งให้เกิดดอกและทำให้ปล้องยาว สำหรับพืชสวนประดับที่พวกเขาได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ประกอบด้วย พิทูเนีย และ บีโกเนีย ในการทดลองพวกเขาได้ใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเปรียบเทียบผลกับ ออกซิน จิบเบอเรลลิน และไซโตไคนิน ที่ใส่ลงไปในพืชที่ปลูกแต่ละกลุ่ม พบว่าการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในกระถางที่เติมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะแสดงลักษณะเช่นเดียวกันกับสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เติมในกระถางอื่นๆ และนอกจากนี้เขายังขยายการทดลองไปยังพืชชนิดอื่นๆ เช่น ธัญพืชและเห็ด พบว่าผลที่ได้สนับสนุนผลสรุปในการทดลองข้างต้น

นอกจากนี้ Edwards and Burrows (1988) ได้อธิบายถึง การเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดในวัสดุปลูกที่ผลิตได้จากขยะอินทรีย์โดยไส้เดือนดินพันธุ์ *Eisenia foetida* พวกเขาสรุปว่า การปลูกพืชต่างๆ ดังกล่าวจะประสบผลสำเร็จในการใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินแม้ในปริมาณน้อย และรูปแบบการเจริญเติบโตของพืชเป็นผลมาจากสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีส่วนผสมของอยู่ในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดังกล่าว ซึ่งจากการสังเกตการณ์ใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ผลิตได้จากการเลี้ยงไส้เดือนดิน สายพันธุ์ขี้ตาแร่ หรือ *Pheretima peguana* เจือจางในอัตรา 1:5 ใส่ให้กับต้น

กุหลาบ และ พุดซ้อน พบว่า ต้นกุหลาบ และต้นพุดซ้อนดังกล่าวออกช่อดอกจำนวนมากและออกดอกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งดอกที่ได้มีสีสดและมีดอกขนาดใหญ่ (ข้อมูลที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์ของศูนย์สารสนเทศไส้เดือนดินแม่โจ้) ซึ่งจากข้อมูลที่นำเสนอก่อนหน้านี้สามารถสรุปได้ว่า ปุ๋ยหมักจากมูลไส้เดือนดินหรือในตัวไส้เดือนดินสามารถผลิตสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด ซึ่งมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชปลูกได้ดี

นอกจากนี้เคยมีการศึกษาถึงการผลิตสารชีวภาพชนิดอื่นๆ ของไส้เดือนดินที่ปลดปล่อยลงสู่ดินด้วย เช่น สารที่เป็นพวกวิตามินต่างๆ ซึ่งมีการรายงานว่าสารชีวภาพต่างๆ ดังกล่าวที่ถูกผลิตโดยไส้เดือนดิน เช่น โปรวิตามินดี (D) บางชนิด (Zrazhevskii, 1957) กลุ่มวิตามิน (B) บางกลุ่มในสิ่งขับถ่ายของไส้เดือนดิน (Gavrilov, 1963) ซึ่ง Gavrilov ได้สกัดเนื้อเยื่อของไส้เดือนดิน สายพันธุ์ *Lumbricus terrestris* และมูลในดินที่ใช้เลี้ยงไส้เดือน แล้วนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบกับยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* โปรตัวซัวจำพวก พารามีเซียม ที่อยู่ในธรรมชาติ เปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของยีสต์และพารามีเซียมกับตัวควบคุมที่ไม่เติมวิตามินบีกับกลุ่มที่เติมวิตามินบี พบว่าปริมาณผลผลิตของยีสต์และพารามีเซียมเพิ่มขึ้นเหมือนกันทั้งกลุ่มที่ใช้สารสกัดจากไส้เดือนดินเลี้ยงและกลุ่มที่เติมวิตามินบี ซึ่งต่อมา Atlavinyte and Daciulyte (1969) ก็ได้ทำการตรวจวัดปริมาณของวิตามินบี12 (B12) ในกระถางที่ใช้เลี้ยงไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Allolobophora caliginosa Aporrectodea rosea, Lumbricus rubellus* และ *Lumbricus terrestris* ที่มีประชากรไส้เดือนดิน 6 ระดับ พบว่าปริมาณของวิตามินบี12 เพิ่มขึ้นหลังจากเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ต่างๆดังกล่าวเป็นเวลา 4-12 เดือน และพบว่ามีปริมาณวิตามินบี12 มากที่สุดหลังจากเลี้ยงไส้เดือนดินเป็นเวลา 12-24 เดือน และภายหลังจากนั้นปริมาณวิตามิน บี12 ก็จะลดลง แต่ก็ยังมีปริมาณที่สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีไส้เดือนดินในตลอดระยะเวลา 3 ปี

ในเวลาต่อมา Atlavinyte *et al*., (1971) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณ วิตามินบี12 อีกครั้ง และสรุปว่า ปริมาณของวิตามินบี12 ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นตลอดการเลี้ยงไส้เดือน 3-5 ครั้ง พบว่า มีความสัมพันธ์กันกับจำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ดังกล่าวจะมีสัดส่วนตามจำนวนไส้เดือนดินที่ใส่เข้าไป เช่นเดียวกับการรายงานของ *Eitminavicuite et al*., (1971) ที่ได้รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินบีในดินกับจำนวนของจุลินทรีย์ในดินและระหว่างจำนวนจุลินทรีย์ในดินกับประชากรของไส้เดือนดิน มีความสัมพันธ์ที่ต่อเนื่องกัน ด้วยเหตุนี้บางทีการที่ปริมาณของวิตามินบีในดินเพิ่มขึ้น อาจไม่เกี่ยวข้องโดยตรงกับไส้เดือนแต่น่าจะเกี่ยวข้องกับจำนวนจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นมากกว่า ซึ่งวิตามินบีเหล่านั้นอาจได้มาจากการผลิตของจุลินทรีย์ที่อยู่ในตัวไส้เดือนดินมากกว่าที่จะได้จากการผลิตโดยไส้เดือนดินเอง และในการใส่ไส้เดือนดินจำนวนมากลงไปในดินอาจจะเป็นการไปกระตุ้นการทำงานของจุลินทรีย์ให้เพิ่มขึ้น ทำ

ให้สามารถผลิตวิตามินบีได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการเอื้อประโยชน์ให้แก่กันระหว่าง ต้นพืช ไส้เดือนดิน และจุลินทรีย์ในดิน ให้สามารถดำรงอยู่ร่วมกันได้

อุปกรณ์และวิธีการ

<u>การทดลองที่1</u>

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) 8 ตำรับทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

ตำรับทดลองที่ 1	ดินร่วน(อบ) (ควบคุม)
ตำรับทดลองที่ 2	ดินร่วน(อบ) + มูลไส้เดือนดิน
ตำรับทดลองที่ 3	ดินร่วน(อบ) + น้ำหมักมูลไส้เดือน
ตำรับทดลองที่ 4	ดินร่วน(อบ) + ตัวไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Amynthas alexandri*
ตำรับทดลองที่ 5	ดินร่วน (ควบคุม)
ตำรับทดลองที่ 6	ดินร่วน+ มูลไส้เดือนดิน
ตำรับทดลองที่ 7	ดินร่วน+ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน
ตำรับทดลองที่ 8	ดินร่วน+ ตัวไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Amynthas alexandri*

วิธีการทดลอง

1. เตรียมดิน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน สายพันธุ์ไส้เดือนดิน *Amynthas alexandri* สถานที่ และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย

2. แบ่งดินเป็น 2 ส่วน นำส่วนหนึ่งไปอบที่ 105-110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนมากับดิน

3. ชั่งดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ ดังนี้

- ชั่งดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้ออย่างละ 2 กิโลกรัมไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน, น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และสายพันธุ์ไส้เดือนดิน *Amynthas alexandri*
- ชั่งดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้ออย่างละ 2 กิโลกรัม ผสมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (66 กิโลกรัม/ดิน 2 กิโลกรัม)
- ชั่งดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้ออย่างละ 2 กิโลกรัม ผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน+น้ำ 1:20)
- ชั่งดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว และดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้ออย่างละ 2 กิโลกรัม สายพันธุ์ไส้เดือนดิน *Amynthas alexandri* (20 ตัว/ดิน 2 กิโลกรัม)

ตามตำรับทดลองที่วางแผนไว้ โดยปรับความชื้นของดินเท่ากับ 60-70 ปิดฝาให้สนิท วางไว้ในที่มืด บ่มดินไว้ 7 วัน

4. แบ่งตัวอย่างดินออกมาวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อย CO_2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในตัวอย่างดินที่ผ่านการบ่มครบ 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน 35 วัน และ 42 วัน หลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดิน

(1) วัดการปลดปล่อย CO_2

ชั่งดินในแต่ละตำรับทดลอง 40 กรัม นำไปวางในโหลแก้วขนาด 2 ลิตร ที่ใส่น้ำไว้ที่ก้นโหล ใบละ 20 มล. และนำ beaker ขนาด 100 มล. ใส่ NaOH 1 N จำนวน 20 มล. เป็นสารดักจับ CO_2 ไปวางไว้ในขวดโหลเดียวกับโหลที่ใส่ดินอยู่ ปิดฝาให้สนิทบ่มดินวางไว้ในที่มืด 7 วัน วัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (ไตเตรท) นำสารละลาย 1 N NaOH 10 ml ไปไตเตรทกับ 0.25 N HCl โดยเติม $BaCl_2.12H_2O$ 0.5 M ลงไป 1 ml หยดอินดิเคเตอร์ phenolphthalein 0.1 % 3-4 หยด (Zibilske, 1994) จดปริมาณกรด HCl ที่ใช้ไปคำนวณ CO_2 ปลดปล่อยออกมา โดยบ่มที่ห้องมืดและมีอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยวัดการปลดปล่อย CO_2 โดยทำการวัดผล 7 วัน 14 วัน 21 วัน 28 วัน 35 วัน และ 42วัน

(2) การวิเคราะห์แอมโมเนียม (NH_4^+)

- ชั่งดิน 2.50 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตรเติมโพแทสเซียมคลอไรด์ 2.0 โมลาร์ ลงไป 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

- เติมสารละลายโซเดียมซาลิไวเลต-โซเดียมไนโทรพรัสไซด์ 2 มิลลิลิตร และเขย่า เติมสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรด์ 1 มิลลิลิตร เขย่า แล้ววางทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง

- วัดค่าการดูดกลืนแสงใช้สารละลายที่ไม่มีแอมโมเนียมไนโตรเจนอยู่ (zero standard) ปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Absorbance: ABS) ที่ 650 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัด ABS ของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้น แล้วจึงวัดสารละลายตัวอย่าง คำนวณ หาปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในสารละลายตัวอย่างแต่ละหลอด (µg) ที่นำไปวัดค่า ABS

(3) การวิเคราะห์ไนเตรท (NO_3^-)

- ชั่งดิน 10.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 โมลาร์ ลงไป 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมงนำไปกรองผ่านกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1

- ปิเปตสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายโซเดียมซาลิไซลิก 1 มิลลิลิตร และค่อยๆ เขย่า

- เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ แล้ววางทิ้งไว้ทิ้งประมาณ 1 ชั่วโมง

- วัดค่าการดูดกลืนแสง ใช้สารละลายที่ไม่มีไนเตรทไนโตรเจนอยู่ (zero standard) ปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัดค่าการดูดแสง (ABS) ของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดตัวอย่าง

- คำนวณหาปริมาณไนเตรทในสารละลายตัวอย่างแต่ละหลอด (μg) ที่นำไปวัดค่า ABS

5. วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลอง

<u>การทดลองที่ 2</u>

วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง ได้วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD ประกอบด้วย 3 ปัจจัย และมีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ชนิดของดิน ประกอบด้วย 3 ชนิด ได้แก่ น้ำพอง สรรพยา และหางดง

ปัจจัยที่ 2 ชนิดของปุ๋ย ประกอบด้วย 5 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบเม็ด ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบสด ปุ๋ยคอกมูลวัว ปุ๋ยคอกมูลหมู และไม่มีการใส่ปุ๋ย โดยอัตราที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ พิจารณาจากปริมาณคาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์เท่ากับ 50 mgC 1 kg^{-1} soil ซึ่งปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

Compost	%OM	%OC
Ground Vermicompost	19.66	10.36
Fresh Vermicompost	23.82	12.91
Pilled Vermicompost	19.27	10.56
Pig manure	58.31	30.35
Cow Manure	71.93	37.69

ปัจจัยที่ 3 ระดับความชื้นของดิน ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ (1) รักษาความชื้นที่ 0.3 bar ของดินแต่ละชนิด (ความชื้นระดับภาคสนามของน้ำพอง = 12.9 % สรรพยา = 22.3 % และหางดง = 16.2 %) และ (2) การขังน้ำไว้เหนือดิน 1 ซม.

วิธีการทดลอง

1.การเก็บตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวนระดับ 0-15 ซม. ของดินชุดน้ำพอง (Ng) สรรพยา (Sa) และหางดง (Hd) จากพื้นที่ที่ไม่มีการทำการเกษตรเป็นเวลานาน โดยใช้แผนที่ชุดดินเป็นแนวทางในการดำเนินงาน จากนั้นไปตากให้แห้งและเก็บเศษวัชพืชหรือรากพืชออกให้หมด แล้วนำดินไปร่อนผ่านตระแกรง 2 มม.

2.การบ่มดินและการวิเคราะห์

การผสมปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ (ตาราง 3) แล้วนำตัวอย่างดินมาเติมน้ำกลั่นเพื่อเพิ่มความชื้นเป็นระดับความชื้นที่ WL (โดยความชื้นที่ระดับความเครียด 0.3 บาร์ของดินน้ำพอง หางดง และสรรพยา เท่ากับ 12.9,16.2 และ 22.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ชั่งตัวอย่างดินที่ผสมแล้วลงในกระป๋องพลาสติก (สูง 6.7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.8 เซนติเมตร) ให้ได้น้ำหนักของดินแห้งแต่ละชนิดท่ากับ 80.00 กรัม นำกระป๋องตัวอย่างดินมาเติมน้ำจนมีระดับน้ำขังเหนือดินในกระป๋องตัวอย่างดิน 1 ซม. แล้วนำไปบ่มไว้ในโถพลาสติกขนาด 2 ลิตร แต่ละโถมีกระป๋องตัวอย่างดิน 4 กระป๋อง โดยก้นโถมีน้ำกลั่นต้มสุก 20 มิลลิลิตร ใส่ไว้ก่อนหน้า จากนั้นคลุมโถด้วยพลาสติกดำ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวัน 25-30 องศาเซลเซียส

การวิเคราะห์ : การวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในตัวอย่างดิน (ตารางที่ 4) ที่ผ่านการบ่มครบ 7 , 14 , 21 และ 28 วันหลังการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ โดยนำกระป๋องตัวอย่างดิน 1 กระป๋อง จากแต่ละโถนำมาวิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- และทำการวิเคราะห์ค่า 2 ซ้ำ ดังนั้นในแต่ละครั้งมีจำนวนตัวอย่างเท่ากับ n = 8

ตารางที่ 4 รายละเอียดของวิธีการในการวิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- ในการศึกษาครั้งนี้

การวิเคราะห์ดินและปุ๋ย	**วิธีการ**
NH_4^+	สกัดดินสดด้วย 2 M K_2SO_4 (อัตราส่วน 1: 10) นำไปกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 นำสารละลายมา NH_4^+ ด้วย Sodium salicylate และ Sodium nitroprusside dihydrate (Baethgen and Alley, 1989)
NO_3^-	สกัดดินสดด้วย 2 M K_2SO_4 (อัตราส่วน 1: 10) นำไปกรองด้วยกระดาษกรองวัตแมนเบอร์ 1 นำสารละลายมา NH_4^+ ด้วย Sodium hydroxide และ Salicylic acid (Baethgen and Alley, 1989)
TOC	การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดโดยการเผาที่ 550 ºC

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Treatment จากผลของระดับความชื้น ชนิดดินร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แล้วสรุปและวิจารณ์ผลต่อไป

การทดลองที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

โดยแผนการทดลองเป็น Factorial in RCBD (RANDOMIZED COMPLETE BLOCK DESIGN) ซึ่งมีปัจจัยที่ศึกษาเป็น 3*2*5=20 ดังนี้ ชนิดของดิน 3 ชนิด ได้แก่ น้ำพอง สรรพยา และหางดง ระดับความชื้นเป็น 2 ระดับ คือ 60 % water holding capacity (60 %WHC) และน้ำขัง (WL) และรูปแบบของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน(C/N ratio) 5 รูปแบบ (ตารางที่ 3) และได้มี Blank (ไม่มีตัวอย่างดิน) ประกอบด้วย 4 ซ้ำ

ตารางที่ 5 ทรีทเมนต์ต่างๆ แสดงถึงอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนที่ใช้ในการศึกษา

Symbol	Vermicompost (% C = 10) at first application	N (as NH_4NO_3) at first application	N (as NH_4NO_3) at second application (at 14 d)
	(mg C 100 g-1 soil)		
High C- N	5	0	0
High C + High N	5	0.5	0.5
Low C- N	0.005	0	0
Low C + Low N	0.005	0.05	0.05
Numpong/ Hangdong	No	No	No

การผสมปุ๋ยอินทรีย์และไนโตรเจน

-อัตราของปุ๋ยไส้เดือน (% C = 10) มี 2 ระดับคือ คาร์บอนระดับสูง (High C;5 mg 100 g^{-1} soil) และคาร์บอนระดับต่ำ (Low C; 0.005 mg 100 g^{-1})

-อัตราของไนโตรเจน มี 3 ระดับคือ ไม่มีการใส่ไนโตรเจน และใส่ไนโตรเจนในอัตรา 0.5 และ 0.05 mg N 100 g^{-1} soil และมีการใส่ในรูปของ NH_4NO_3 โดยแต่ละตำรับการทดลองนั้น จะให้มี อัตราส่วนของ C/N =10

โดยมีการใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ผสมให้ทั่วร่วมกับปุ๋ยไส้เดือนแล้วนำดินไปบ่มทันที และครั้งที่ 2 ใส่ไนโตรเจนหลังการบ่มไป 14 วัน

วิธีการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวนระดับ 0-15 ซม. ของดินชุดน้ำพอง (Np) และหางดง (Hd) จากพื้นที่ที่ไม่มีการทำการเกษตรหรือมีการปล่อยทิ้งร้างเป็นเวลานาน โดยใช้แผนที่ชุดดินเป็นแนวทาง จากนั้นนำดินสดที่เก็บมาไว้ในถุงพลาสติกและเก็บไว้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำไปร่อนผ่านตระแกรง 4 มม.โดยเก็บเศษวัชพืชหรือรากพืชออกให้หมดด้วยความระมัดระวัง การผสมปุ๋ยมูลไส้เดือนและปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 1) ชั่งตัวอย่างดินลงในกระป๋องพลาสติก (สูง 6.7 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.8 เซนติเมตร) ให้ได้น้ำหนักแห้งของดินแต่ละชนิดเท่ากับ 80.00 กรัม แล้วนำตัวอย่างดินมาเติมน้ำกลั่นเพื่อเพิ่มความชื้นเป็นที่ระดับ 60 ของความสามารถของดินในการอุ้มน้ำ (60 % HWC(water holding capacity)) ของดินแต่ละชนิด(Hd = 24 % และ Np = 5.1) จากนั้นนำตัวอย่างดินที่เหลือมาเติมน้ำจนมีระดับน้ำขังเหนือดินในกระป๋องตัวอย่างดิน 1 ซม นำกระป๋องตัวอย่างดินไปใส่โถพลาสติกขนาด 2 ลิตร โดยแต่ละโถมีกระป๋องตัวอย่างดิน 4 กระป๋อง จากนั้นคลุมโถด้วยพลาสติกดำ ซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยช่วงกลางวัน 25-30 องศาเซลเซียส

(1) วัดการปลดปล่อย CO_2 : ชั่งน้ำหนักดินที่ผ่านการผสมปุ๋ย (ตาราง 3) แล้วลงใส่กระป๋องพลาสติกนำไปวางในโถพลาสติกขนาด 2 ลิตรที่มีการใส่น้ำต้มสุกไว้ก้นที่ก้นโถพลาสติกใบละ 20 มล. ใช้ 1 N NaOH เป็นสารดักจับ CO_2 แล้วนำ 1 N NaOH ออกมา ออกมา แล้วเปลี่ยนสารละลาย 1 N NaOH ใหม่เข้าไป1 แทน นำสารละลาย 1 N NaOH 10 ml ไปไตเตรทกับ 0.25 N HCl โดยเติม $BaCl_2.12H_2O$ 0.5 M ลงไป 1 ml หยดอินดิเคเตอร์ phenolphthalein 0.1 % 3-4 หยด (Zibilske, 1994) จดปริมาณกรด HCl ที่ใช้ไปคำนวณ CO_2 ปลดปล่อยออกมา โดยบ่มที่ห้องมืด และมีอุณหภูมิ 25-30 C โดยวัดการปลดปล่อย CO_2 ในชั่วโมงที่ 4 ,10,14, 21, 30, 38, 96, 168 หลังจากนั้น (ชั่วโมงที่ 168 หรือบ่มดินผ่านไป 14 วัน) ทำการเติม NH_4NO_3 (ดังตาราง 3) ลงในกระป๋องพลาสติกที่ 3 และ 4 ทันที และนำกระป๋องตัวอย่างดินกลับใส่โถพลาสติกอีกครั้งเพื่อวัดการปลดปล่อย CO_2 ต่อไป และนับชั่วโมงต่อจากการใส่ปุ๋ยครั้งแรก ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้ ชั่วโมงที่ 181(13), 189 (21), 204 (36), 216 (48), 264 (96), 336 (168), 504 (336) และ 672 (504) (ตัวเลขในวงเล็บ = จำนวนชั่วโมงหลังการใส่ N ครั้งที่ 2)

(2) วัดปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพจุลินทรีย์ (C-soil microbial biomass,C-SMB) และคาร์บอนและไนโตรเจนในสารละลาย (Carbon and Nitrogen in solution)

วัดปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพจุลินทรีย์ดินโดยวิธีนำดินร่มด้วยคลอโรฟอร์มปราศจากแอลกอฮอล์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ปรับจาก Vance et al., 1987) จากนั้นนำตัวอย่างดินสดมาสกัดด้วย

สาละลาย 0.5 N K_2SO_4 ในอัตราส่วน 1: 4 และดินสดจากตัวอย่างเดียวกันน้ำหนัก 10 กรัม (ดินสด) ไปสกัดด้วย ละลาย 0.5 N K_2SO_4 ในอัตราส่วน 1: 4 ทันทีเพื่อวิเคราะห์หาคาร์บอนและไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+และ NO_3^-) สำหรับการวิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมดใช้วิธีการของ Walkley and Black (1947) และใช้ K_{ec}=0.45 (Wu et al., 1990) และนำตัวอย่างดินที่เหลือไปหาความชื้นต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ Analysis of Variances (ANOVA) โดยใช้การวางแผนการทดลองแบบ Factorial Design ในประเด็นผลของระดับความชื้น ชนิดดินร่วมกับรูปแบบของปุ๋ยต่างๆ ต่ออินทรีย์คาร์บอนส่วนต่าง ๆ และปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทรีทเมนต์ทั้งหมดโดยใช้ Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<u>การทดลองที่ 4</u>

<u>วิธีดำเนินการวิจัย</u>

การวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomize Complete Block Design (RCBD) มี 27 Treatment และ 3 ซ้ำ มีสิ่งทดลองทั้งหมด 81 กระถาง โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดดิน ประกอบด้วย 3 ชนิดดินได้แก่ 1.ชุดดินหางดง(Hd) 2. น้ำพอง(Ng) และ 3.สรรพยา(Sa) ปัจจัยที่ 2 คือระดับความชื้น ประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ 1. เปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD03)(W) 2. เปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) และ 3. ขังน้ำเหนือดิน (WL)(L) 5 เซนติเมตร ระดับความชื้นที่ 0.3 บาร์และดินอิ่มตัวด้วยน้ำนั้นเป็นการให้น้ำในรูปแบบเปียกสลับแห้งโดยให้น้ำเหนือระดับดิน 5 เซนติเมตร จากนั้นปล่อยให้ความชื้นลดลงเหลือความชื้นของดินนั้นที่ระดับ 0.3 บาร์นั้นแต่ละชนิดดินไม่ให้ต่ำกว่า 0.3 บาร์ (ความชื้นที่ระดับความเครียด 0.3 บาร์ของดินน้ำพอง หางดง และสรรพยาเท่ากับ 12.9,16.2 และ 22.3 % ตามลำดับ) เช่นเดียวกับตำรับการทดลองดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำโดยการให้น้ำช่วงแรกเป็นการน้ำเหนือระดับดิน 5 เซนติเมตรจากนั้นปล่อยให้ความชื้นลดลงในลักษณะที่ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ได้ทดสอบให้ปริมาณน้ำของแต่ดินโดยให้น้ำในลักษณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำของแต่ละชนิดดินโดยการชั่งน้ำหนักกระถางดิน) ซึ่งการควบคุมระดับความชื้นดังกล่าวเป็นการชั่งน้ำกระถางดิน สำหรับการให้น้ำแบบขังนั้นให้เติมน้ำให้เหนือผิวเมื่อต้นข้าวอายุ 20 วัน เริ่มให้น้ำตามตำรับการทดลองดังกล่าวข้างต้น และปัจจัยที่ 3 คือ ระดับปุ๋ยได้แก่ 1. ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่

อย่างเดียว(0) 2. N = 15 กิโลกรัมต่อไร่,P_2O_5 = 4 กิโลกรัมต่อไร่ และ K_2O = 7 กิโลกรัมต่อไร่(N_{15}) 3. N = 30 กิโลกรัมต่อไร่,P_2O_5 = 4 กิโลกรัมต่อไร่ และ K_2O = 7 กิโลกรัมต่อไร่(N_{30})

การเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากสภาพแวดล้อมที่ไม่มีการทำการเกษตร ที่ความลึกประมาณ0-15 เซนติเมตร นำมาพึ่งลมให้แห้ง นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดประมาณ 4 มิลลิเมตร ชั่งดิน 3 กิโลกรัม ใส่กระถางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร จากนั้นผสมดินกับน้ำเพื่อเลียนแบบการทำเทือกแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สำหรับการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นได้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านคัดเลือกเมล็ดคุณภาพดี (โดยแช่น้ำ) มาแล้ว นำไปแช่น้ำไว้ประมาณ 1 วัน แล้วนำเมล็ดมาเก็บไว้ในห่อผ้ารอให้เมล็ดข้าวมีรากออกมายาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร จึงนำมาเมล็ดหยอดลงในดินที่เตรียมไว้กระถางละ 3-5 เมล็ด และเมื่อต้นข้าวอายุ 20 วันทำการถอนให้เหลือเพียงกระถางละ 1 ต้น

ตารางที่ 6 Experimental treatments used in this study

Water management : 3 types	**Soil type: 3 soil series**	**Fertilizer managements: 3 types**
1.Alternate wetting and drying (AWD0.3) (Soils were flooded to a depth of 5 cm moisture *and* were allowed to dry up for 0.3 bar before submerged (by measure the weight of each pot e,g. pot +soil+water 0.3 bar) and then re-flooded to waterlogging for a depth of 5 cm again. *Thus,* soils were kept under repeated flooded and dried conditions until rice was harvested.*(w)* **2. Alternate wetting and drying (AWD sat.)** (Soils were flooded ***and*** were allowed to dry up for saturated soils (by measure the weight of each pot e,g. pot +soil+water = saturated soils)	***1. Numpong (Ng)*** ***2. Sanpaya (Sa)*** ***3. Hang Dong (Hd)***	1: vermicompost1.6 t rai-1(N0) 2: N =15 kg rai-1, P2O5 = 4 kg rai-1(N15) 3: N =30 kg rai-1,P2O5 = 4 kg rai-1 and K2O=7 kg rai-1(N30) Vermicompost,P2O5 and K2O were applied for 1 time at basal ,and for N fertilizer was applied for 3 times at basal stage, 25 and 45 days after transplanting.

before submerged (by measure the weight of each pot e,g. pot +soil+water 0.3 bar) and then re-flooded to waterlogging for a depth of 5 cm again. *Thus,* soils were kept under repeated flooded and dried conditions until rice was harvested.*(S)* **3.Waterlogging (WL)** (Soils were flooded to w a depth of 5 cm throughout the rice growth period.(L)	

ผลการวิจัย

<u>ผลการทดลองที่ 1</u>

1. ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 7 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด คือ 0.590 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.586, 0.576, 0.573 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.566 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.560 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 14 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด คือ 0.563$\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.560 $\mu g\ g^{-1}$ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.553$\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.543 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 21 วัน พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด คือ 0.546 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการ

ปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.540 μg g^{-1} และดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.536 μg g^{-1} ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.533 μg g^{-1} ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.530 μg g^{-1} (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 28 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด คือ 0.550 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.536 μg g^{-1} และดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.526 μg g^{-1} ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.523 μg g^{-1} (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 35 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด คือ 0.576 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.573, 0.570, 0.556, 0.553, 0.540 และ 0.536 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.533 μg g^{-1} (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 หลังจากบ่มดิน 42 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด

คือ 0.596 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.593 μg g^{-1} ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.583 μg g^{-1} ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.580 μg g^{-1} ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.566 μg g^{-1} (ตารางที่ 7 และภาพที่ 1)

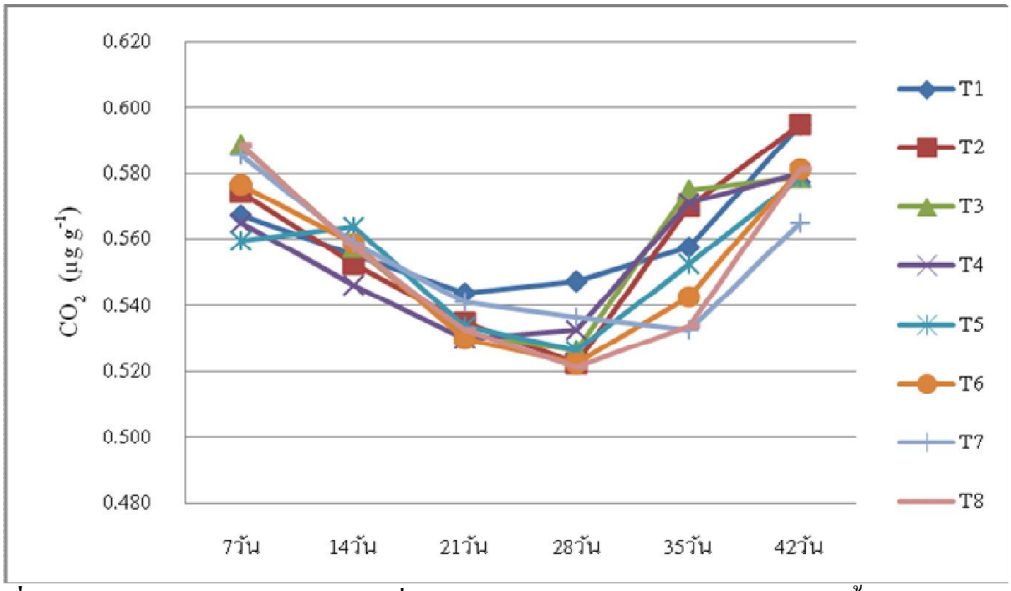
ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

ตำรับการทดลอง	**การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 (μg g^{-1}) อายุ (หลังจากบ่มดิน)**					
	7	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**
1	0.566^{cd}	0.553^{ab}	0.546	0.550^{a}	0.556^{ab}	0.596^{a}
2	0.573^{bcd}	0.553^{ab}	0.536	0.523^{a}	0.570^{a}	0.593^{a}
3	0.590^{a}	0.560^{ab}	0.533	0.526^{a}	0.576^{a}	0.580^{ab}
4	0.566^{cd}	0.543^{b}	0.530	0.536^{ab}	0.573^{a}	0.580^{ab}
5	0.560^{d}	0.563^{a}	0.536	0.526^{a}	0.553^{ab}	0.580^{ab}
6	0.576^{abc}	0.560^{ab}	0.533	0.526^{a}	0.540^{b}	0.583^{ab}
7	0.586^{ab}	0.560^{ab}	0.540	0.536^{ab}	0.533^{b}	0.566^{ab}
8	0.590^{a}	0.560^{ab}	0.536	0.523^{a}	0.536^{b}	0.583^{ab}
CV%	1.32	1.83	1.86	1.67	2.70	2.15
F-Test	*	*	ns	*	*	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns คือ ไม่มีความแตกกันทางสถิติ



ภาพที่ 1 ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

2. ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

2.1 ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 7 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 162.517$\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 129.748, 102.946, 95.369, 65.916, 43.470 และ 34.473 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.557 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 14 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 102.878 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบ

ฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 92.872, 86.960, 61.399, 21.194, 8.914 และ 4.730 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 4.366 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 21 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางยิ่งสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 180.798 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 131.895, 105.573, 14.671, -6.616, -6.904 และ -10.499 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ -12.082 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 28 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 126.429 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 93.348, 76.663, -3.452, -7.047, -8.486 และ -9.780 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ -10.643 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 28 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 126.429 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 93.348, 76.663, -3.452, -7.047, -8.486 และ -

9.780 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ -10.643 μg g^{-1} (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 35 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 170.456 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 84.583, 66.274, 26.045, 9.412, 5.544 และ 4.512 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.965 μg g^{-1} (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ หลังจากบ่มดิน 42 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด คือ 120.273 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 72.117, 44.335, 7.061, 3.935, -1.273 และ -1.504 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ -2.083 μg g^{-1} (ตารางที่ 8 และภาพที่ 2)

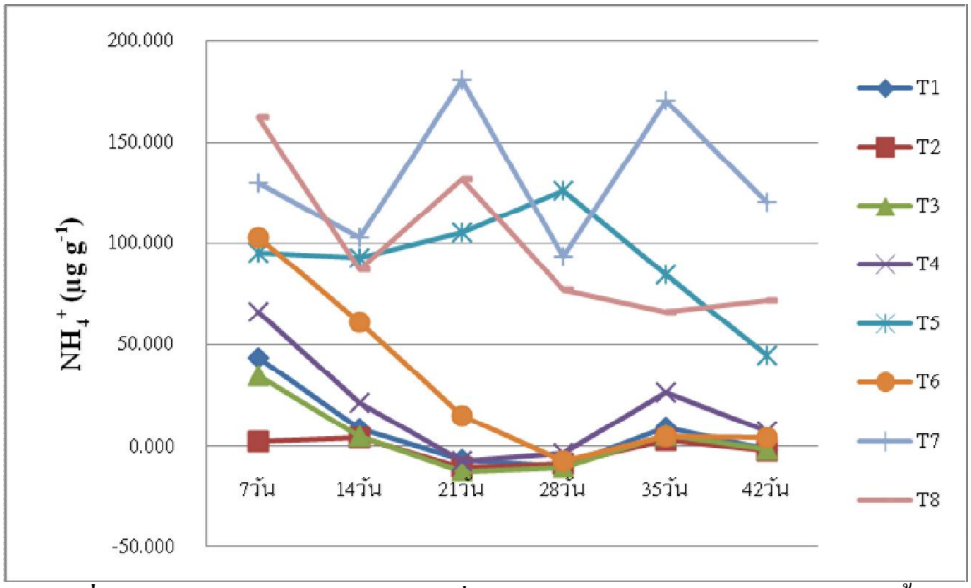
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณ NH_4^+ ($\mu g\ g^{-1}$) อายุ (หลังจากบ่มดิน)					
	7	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**
1	43.470^{e}	8.9143^{c}	-6.616^{c}	-9.780^{c}	9.412^{d}	-1.273^{c}
2	2.557^{f}	4.3662^{c}	-10.499^{c}	-8.486^{c}	2.965^{d}	-2.083^{c}
3	34.473^{e}	4.730^{c}	-12.082^{c}	-10.643^{c}	5.544^{cd}	-1.504^{c}
4	65.916^{d}	21.194^{c}	-6.904^{c}	-3.452^{c}	26.045^{d}	7.061^{c}
5	95.369^{c}	92.872^{a}	105.573^{b}	126.429^{a}	84.583^{b}	44.335^{bc}
6	102.946^{c}	61.399^{b}	14.671^{c}	-7.047^{c}	4.512^{d}	3.935^{c}
7	129.748^{b}	102.878^{a}	180.798^{a}	93.348^{bc}	170.456^{a}	120.273^{a}
8	162.517^{a}	86.96^{a}	131.895^{b}	76.663^{bc}	66.274^{bc}	72.117^{b}
CV%	7.17	22.13	32.40	34.92	56.33	63.19
F-Test	**	**	**	**	*	**

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 2 ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ 42 วัน

2.1 ปริมาณไนเตรท (NO_3^-)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 7 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 49.169 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 19.588, 15.519, 10.006, 1.484, 1.155 และ 1.099 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.700 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 14 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 66.509 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 42.211, 41.142, 33.303, 31.313, 12.671 และ -2.575 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ -2.744 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 21 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 103.171 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 61.427, 58.889, 39.827, 37.101, 30.507 และ 1.688 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำ

ที่สุด เท่ากับ 0.800 μg g^{-1} (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 28 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 102.340 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม)และดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 62.644, 56.885, 54.341, 41.821, 22.249 และ 11.910 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.235 μg g^{-1} (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 35 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 93.933 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 72.238, 68.156, 47.790, 44.760, 44.026 และ 31.159 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.051 μg g^{-1} (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- หลังจากบ่มดิน 42 วัน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด คือ 69.398 μg g^{-1} รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป, ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม), ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน, ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ (ควบคุม) มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 61.334, 59.397, 53.241, 52.995, 44.714 และ

32.213 µg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 18.874 µg g^{-1} (ตารางที่ 9 และภาพที่ 3)

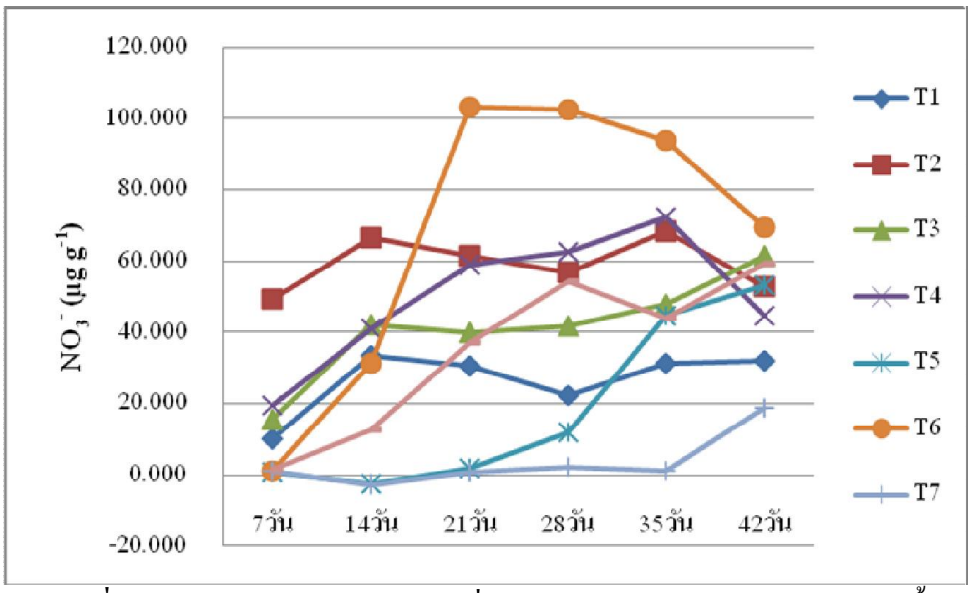
ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลปริมาณไนเตรท (NO_3^-) เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

ตำรับการทดลอง	**ปริมาณ NO_3^- (µg g^{-1}) อายุ (หลังจากบ่มดิน)**					
	7	**14**	**21**	**28**	**35**	**42**
1	10.006^{bc}	33.303^{abc}	30.507^{bc}	22.249^{bc}	31.159^{bc}	32.213^{bc}
2	49.169^{a}	66.509^{a}	61.427^{ab}	56.885^{ab}	68.156^{ab}	52.995^{ab}
3	15.519^{bc}	42.211^{ab}	39.827^{bc}	41.821^{bc}	47.790^{abc}	61.334^{ab}
4	19.588^{b}	41.142^{ab}	58.889^{ab}	62.644^{ab}	72.238^{ab}	44.714^{abc}
5	0.700^{c}	-2.575^{c}	1.688^{c}	11.910^{bc}	44.760^{abc}	53.241^{ab}
6	1.155^{c}	31.313^{abc}	103.171^{a}	102.340^{a}	93.933^{a}	69.398^{a}
7	1.099^{c}	-2.744^{c}	0.800^{c}	2.235^{c}	1.051^{c}	18.874^{c}
8	1.484^{c}	12.671^{bc}	37.101^{bc}	54.341^{ab}	44.026^{abc}	59.397^{ab}
CV%	71.65	59.03	48.91	43.91	37.36	34.49
F-Test	*	**	**	**	**	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

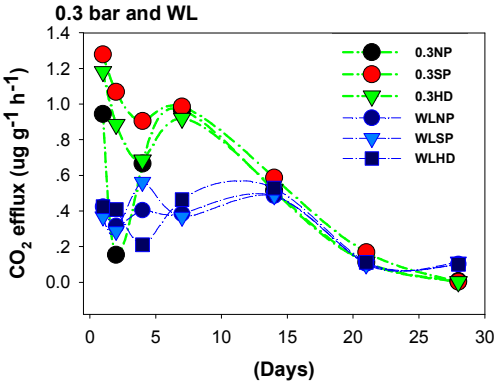


ภาพที่ 3 ผลของกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน 7, 14, 21, 28, 35 และ42 วัน

ผลการทดลองที่ 2

1. ผลของระดับความชื้น และชนิดดินต่อการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2

จากผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่าการปลดปล่อย CO_2 ในทุกชุดดินที่ระดับความชื้นระดับ 0.3 bar มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงกว่าทุกชุดดินที่ระดับความชื้น WL โดยช่วงวันแรกนั้นทั้งสองระดับความชื้น (0.3 bar และWL) มีอัตราการปลดปล่อยที่สูงสุด (peak) คือ 1.13 และ 0.41 µg g^{-1} h^{-1} ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 จะลดลง แต่อย่างไรก็ตามอัตราการปลดปล่อย CO_2 ของวันที่ 7 มีอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในดินที่ระดับความชื้น 0.3 bar (0.96 µg g^{-1} h^{-1}) หลังจากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องและต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการบ่มดิน(วันที่ 28) (ภาพที่ 4)



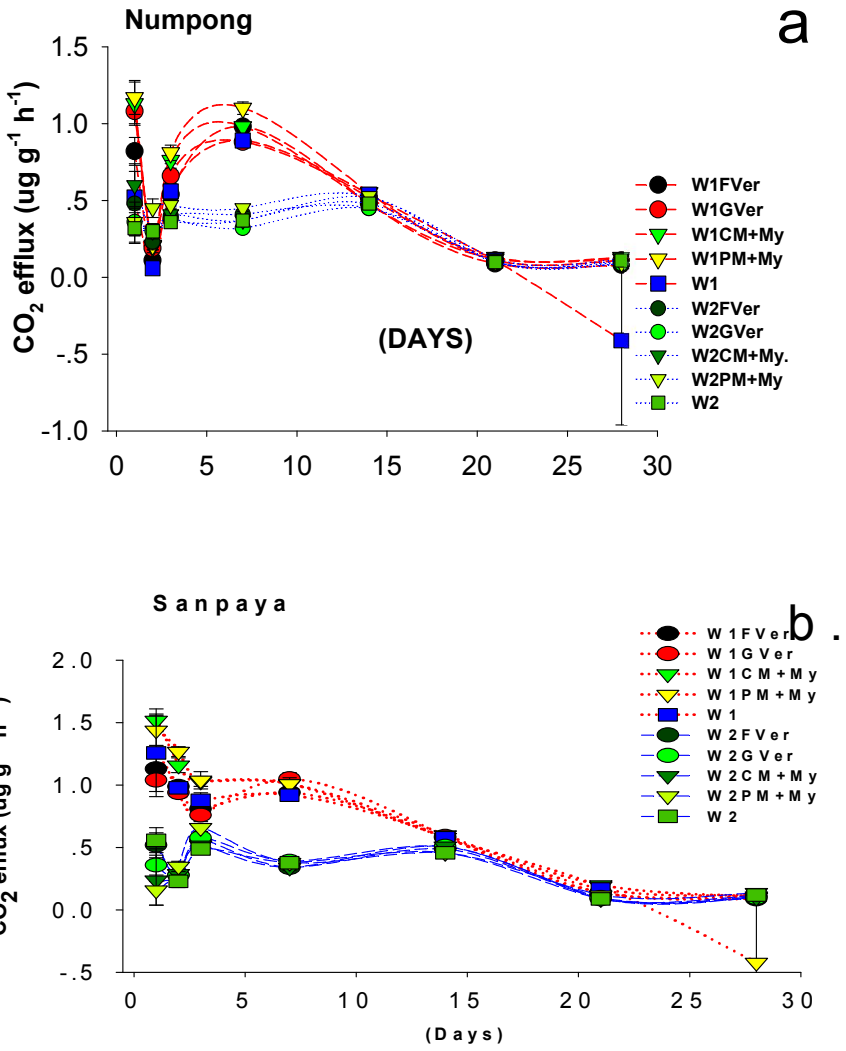
ภาพที่ 4 Effect of soils, water regimes and decomposition of organic fertilizer that represented by rate of CO_2 evolution.

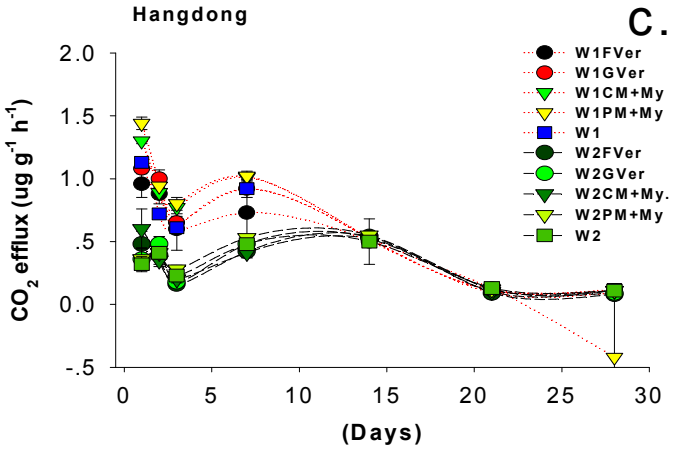
2. ผลของระดับความชื้น ชนิดดินและปุ๋ยอินทรีย์ต่อการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 (CO_2 efflux)

จากผลการศึกษาผลของระดับความชื้น 2 รูปแบบ (0.3 bar และ WL) ในดินน้ำพอง (Np)ต่อการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่าในวันที่ 1 ดิน Np(0.3 bar) ที่มีการใส่ PM มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด รองลงมาคือ CM,GVer , FVer และ Cont. โดยมีค่าเท่ากับ 1.17,1.13,1.08,.82 และ 0.52 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 5a.) และค่าการ CO_2 efflux จะลดลงอย่างรวดเร็วในวันที่ 2 จากนั้นอัตรา CO_2 efflux เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 4 และ 7 ซึ่ง อัตรา CO_2 efflux (วันที่ 7) มีค่าสูงสุดในดินที่การใส่ PM (1.10 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) รองลงมาคือ CM,GVer , FVer และ Cont. โดยมีค่าเท่ากับ 0.98,0.88,0.98, และ 0.89 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตรา CO_2 efflux ลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง สำหรับดิน Np (WL) นั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ PM, CM,GVer , FVer และ Cont. มี อัตรา CO_2 efflux (ในช่วง 1-7 วันแรก) มีค่าเท่ากับ 0.23-0.48,0.30-0.36,0.30-0.60,0.36-0.47 และ 0.30-0.37 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ จากนั้นเมื่อวันที่ 14 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.45-0.53 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) และหลังจากนั้นอัตรา CO_2 efflux ลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง จะเห็นได้ว่าดิน Np ที่มีการใส่ปุ๋ย PM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Np ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.)

สำหรับดินสรรพยา (Sp) ต่อการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่าในดิน Sp (0.3 bar) ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ FVer,Gver,CM, PM และ

Cont. มี อัตรา CO_2 efflux (ในช่วง 1-7 วันแรก) มีค่าเท่ากับ 0.81-1.13, 0.76-1.05,1.01-1.52,1.01-1.44 และ 0.88-1.26 µg g^{-1} h^{-1} ตามลำดับ และเมื่อวันที่ 14 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux ลดลง (0.58-0.60 µg g^{-1} h^{-1}) และลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 5b.) สำหรับดิน Sp (WL) นั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ FVer, Gver, CM, PM และ Cont. มี อัตรา CO_2 efflux (ในช่วง 1-4 วันแรก) มีค่าเท่ากับ 0.28-0.52,0.28-0.58,0.24-0.52,0.16-0.66 และ 0.23-0.56 µg g^{-1} h^{-1} ตามลำดับ เมื่อวันที่ 7 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux 0.34-0.39 µg g^{-1} h^{-1} และเมื่อวันที่ 14 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.46-0.51 µg g^{-1} h^{-1}) และลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 5b.) จะเห็นได้ว่าดิน Sp ที่มีการใส่ปุ๋ย CM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Sp ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.)





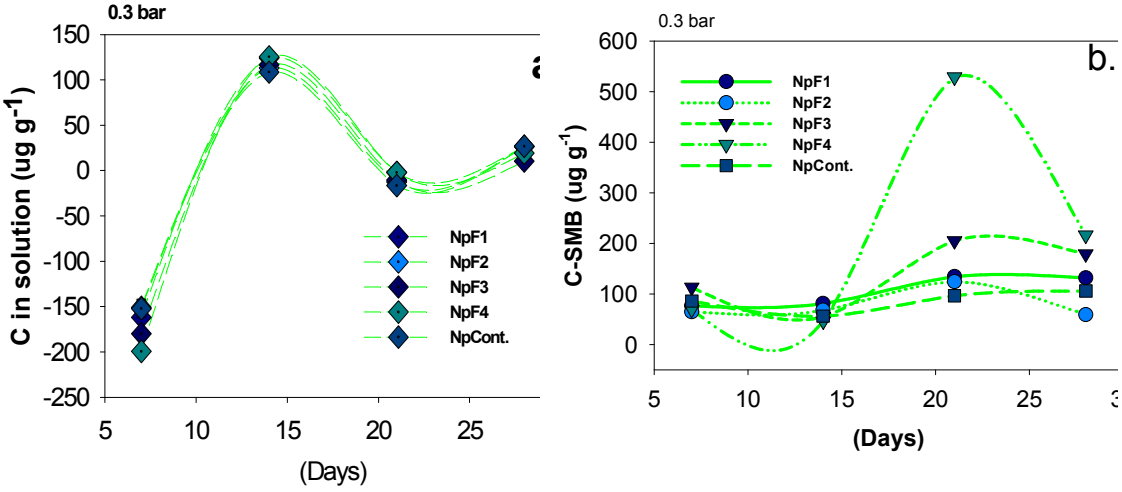
ภาพที่ 5 CO_2 efflux rates (mg C day_1 g_1 soil) from sandy loam and sandy soils in response to soil stabilizers without (a, b)/with (c, d) addition of plant residue (C: control soil, BC: biochar 250, BP: biopolymer, and PAM: polyacrylamide). Error bars represent the standard error of the mean (n ฝ 4).

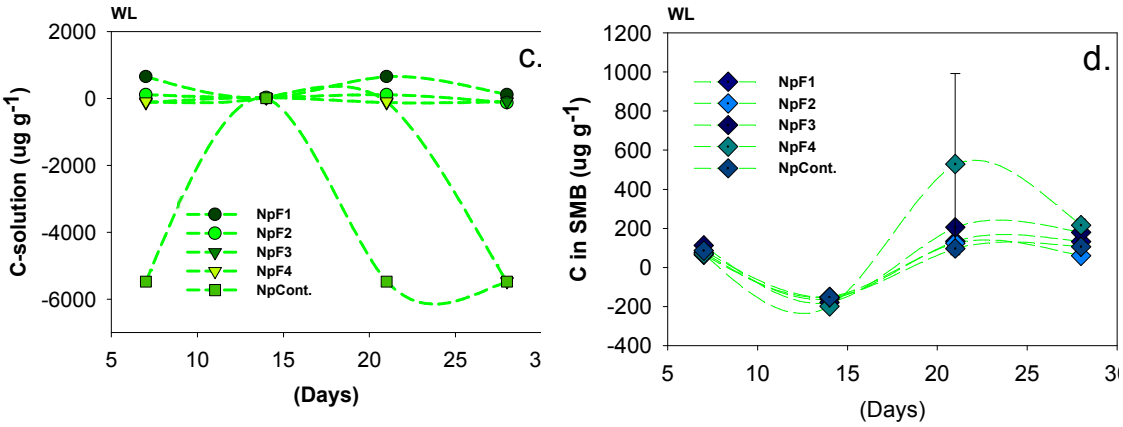
ในดินหางดง (Hd) ร่วมกับการระดับความชื้น 2 ระดับที่มีผลการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่าในดิน Hd (0.3 bar) ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ PM, CM,GVer , FVer และ Cont. มี อัตรา CO_2 efflux (ในช่วง 1-4 วันแรก) มีค่าเท่ากับ 0.80-1.44, 0.77-1.30,0.65-1.08,0.60-0.96 และ 0.61-1.13 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีค่าสูงสุดในที่ 1 และลดลงจนถึงวันที่ 4 จากนั้นวันที่ 7 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux เพิ่มขึ้นเป็น 1.02,1.01,0.92,0.73 และ 0.92 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตรา CO_2 efflux ลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 5c.) สำหรับดิน Hd (WL) นั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ PM, CM,GVer , FVer และ Cont. มี อัตรา CO_2 efflux (ในวันแรก) มีค่าเท่ากับ 0.36,0.60,0.36,0.48 และ 0.32 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อวันที่ 4 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux ลดลง (0.16-0.28 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) และเมื่อวันที่ 7 และ 14 ทุก Treatment มีอัตรา CO_2 efflux เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (0.41-0.53, 0.50-0.55 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$ ตามลำดับ) และลดลงอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 5c.) จะเห็นได้ว่าดิน Hd ที่มีการใส่ปุ๋ย CM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Hd ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.)

3. ผลของระดับความชื้น ชนิดดินและปุ๋ยอินทรีย์ต่อปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพและในสารละลายดิน

คาร์บอนในสารละลายดินและมวลชีวภาพ (DOC and C-SMB)

จากผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ สำหรับปริมาณ DOC ชุดดิน Np ที่ระดับความชื้นระดับ 0.3 bar โดยในช่วง 7 วันแรกมีปริมาณเท่ากับ 14.09 µg g^{-1} แล้วเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 14 โดยมีปริมาณ DOC เท่ากับ 117.58 µg g^{-1} แล้วลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 21 จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 21.92 µg g^{-1} ในวันที่ 28 เมื่อพิจารณา C-SMB พบว่าในชุดดิน Np ที่ระดับความชื้นระดับ 0.3 bar มี C-SMB เท่ากับ 81.85,61,12,217.54 และ 138.30 µg g^{-1} (ภาพที่ 6a,b) ขณะที่ดิน Np ที่ระดับความชื้น WL นั้น จากผลการศึกษาพบว่ามีปริมาณ DOC ต่ำมากเกือบตลอด 28 วันของการบ่มดิน (ภาพ 6c) ส่วนปริมาณ C-SMB โดยช่วงวันแรกนั้นที่สูงสุด โดยปริมาณ C-SMB เท่ากับ 2155.43 หลังจากนั้นลดลงเพียง 80.95,189.89 และ -23.97 µg g^{-1} ภายหลังการบ่มดิน 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 6d)

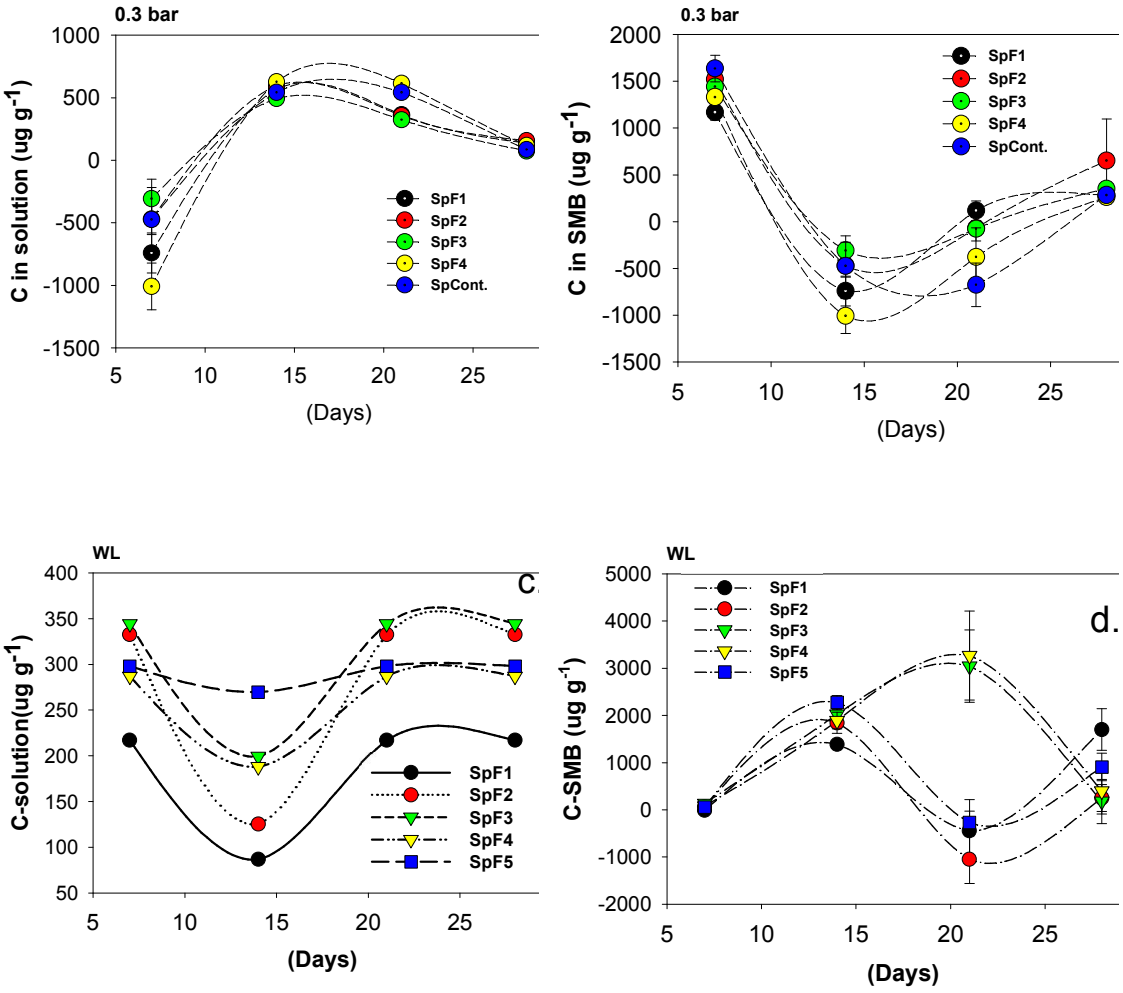




ภาพที่ 6 Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate standard error of mean from four replicates.

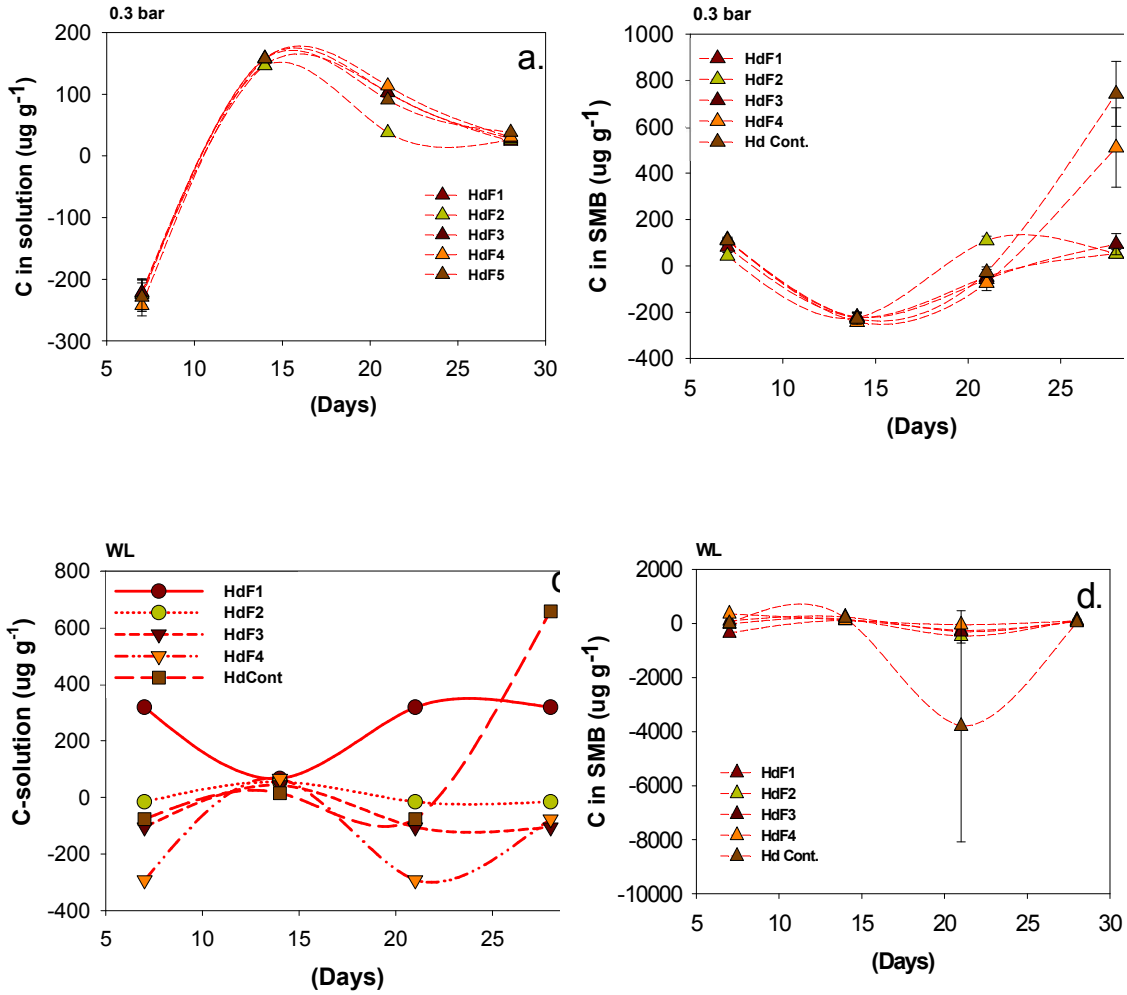
สำหรับดินสรรพยา (Sp) ในสภาพ WL พบว่า DOC มีค่าระหว่าง 220- 350 µg g^{-1} หลังจากนั้น DOC จะลดลงมีค่าระหว่าง 70-280 µg g^{-1} จากนั้นปริมาณ DOC เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 7c,d) ในขณะที่ปริมาณ C-SMB วันที่ 7 ,14,21 และ 28 วัน มีปริมาณ C-SMB เท่ากับ 64.01,1882.06,908.11 และ 686.67 µg g^{-1} จะเห็นได้ว่า C-SMB จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 14 แล้วลดลง ในขณะที่ในช่วงเวลาเดียวกันนั้นปริมาณ DOC มีปริมาณต่ำสุดแล้วเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 7c,d)

สำหรับผลของระดับความชื้น 2 ระดับต่อปริมาณ DOC ในดินหางดง (Hd) พบว่าที่ระดับความชื้น 0.3 bar นั้น มีปริมาณ DOC มีปริมาณเท่ากับ 14.01,153.36,89.40 และ 29.27 µg g^{-1} ส่น C-SMB มีปริมาณเท่ากับ 91.41,72.06,-19.43 และ 290.12 µg g^{-1} ในวันที่ 7,14,21 และ 28 ตามลำดับ (ภาพที่ 8a,b.) ส่วนผลของระดับความชื้นต่อปริมาณ DOC มีปริมาณต่ำโดยมีปริมาณ -34.65-155 µg g^{-1} โดยมีค่าสูงสุดในวันที่ 28 ใน ส่วน C-SMB มีปริมาณเท่ากับ 15.31,165.22,-974.48 และ 84.85 µg g^{-1} ในวันที่ 7,14,21 และ 28 ตามลำดับ (ภาพที่ 7 c,d.)



ภาพที่ 7 Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate standard error of mean from four replicates.

จากผลการศึกษาครั้งนี้จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DOC และ C-SMB ในดินทั้ง 3 ชุดดิน โดยเมื่อ DOC มีปริมาณสูงในขณะที่ C-SMB มีปริมาณต่ำ และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 8 Carbon in solution and microbial biomass-C as affected by the addition of various organic fertilizers and incubation at 0.3 bar and continuously water logging (WL) condition of Numpong soil. F1= F2= F3= F4= Cont. = Only Numpong soil; Line bars indicate standard error of mean from four replicates.

ผลการทดลองที่ 3

1. ผลของระดับความชื้น ชนิดดิน และรูปแบบการใส่สารอินทรีย์การปลดปล่อยก๊าซ CO_2 (CO_2 efflux)

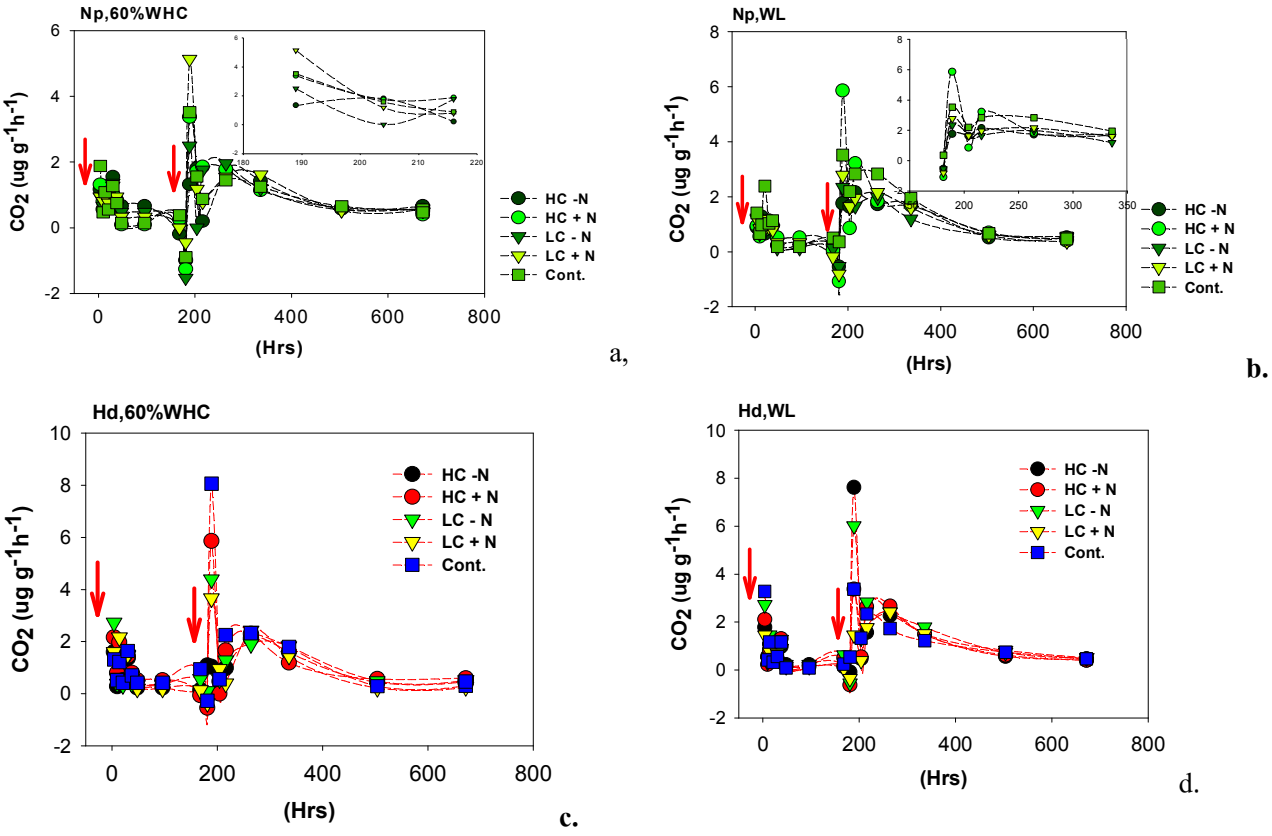
จากผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินหลังการใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1 ต่อ CO_2 efflux พบว่าการปลดปล่อย CO_2 ที่ระดับความชื้นระดับ 60 % WHC มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำกว่าที่ระดับความชื้น WL โดยเฉพาะช่วงหลังการใส่สารอินทรีย์ hrs 4 และ 14 แต่อย่างไรก็ตาม hrs 10 และ 21 ที่ระดับความชื้น 60 % WHC อัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงขึ้น จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 ลดลงจนถึง hrs 168 ทั้งสองระดับความชื้น (ภาพที่ 9) เมื่อมีการใส่ N ครั้งที่ 2 (หลัง hrs 168 เป็นการใส่ N เฉพาะ Treatment HC+N และ LC+N เท่านั้น) พบว่า hrs 181 ทุกชนิดดินและทั้งสองระดับความชื้นมีอัตราการปลดปล่อยลดลงอย่างชัดเจนรวมทั้งดินที่ใส่ N ซ้ำ (HC+N และ LC+N) จากนั้นที่ hrs 189 ดินระดับความชื้น WL และ 60 %WHC มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยดิน Np ที่ได้รับ N (แบบ LC+N) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด (5.13 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) (ภาพ 9 a.) ในขณะที่ดิน Hd ที่ได้รับ N (แบบ HC+N) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด (5.86 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) หลังจากนั้นการปลดปล่อยลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (hrs 672) (ภาพที่ 9 c.) ขณะที่ที่ระดับความชื้น WL นั้น ที่ hrs 189 อัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเช่นกัน โดยดิน Np ที่ไม่ใส่สารอินทรีย์ (Cont.) มีอัตราการปลดปล่อยสูงสุด (8.06 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) (ภาพที่ 9 c) ในขณะที่ดิน Hd ที่ไม่ใส่ N ครั้งที่ 2 (แบบ HC-N) มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด (7.62 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) หลังจากนั้นการปลดปล่อยลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง (ภาพ 9 d) จากข้อสังเกตพบว่าการใส่ N ซ้ำ ในดินที่ระดับความชื้น 60 % WHC มีการปลดปล่อย CO_2 ที่สูงกว่าระดับความชื้น WL และดินเนื้อหยาบและอินทรียวัตถุต่ำ (Np) มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด เมื่อการให้สารอินทรีย์แบบ LC+ N ขณะที่ดิน Hd (อินทรียวัตถุสูง) การตอบสนองของการใส่สารอินทรีย์แบบต่าง ๆ ต่อการปลดปล่อย CO_2 ต่ำกว่าการไม่ใส่สารอินทรีย์ สำหรับความชื้นในสภาพ WL ในดิน Np การใส่สารอินทรีย์แบบ HC+N ขณะที่ดิน Hd ที่ให้สารอินทรีย์แบบ LC-N มีการตอบสนองการปลดปล่อย CO_2 ต่ำกว่า และความชื้นแบบ WL ในดิน Np มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ย (0.84 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) สูงกว่าดิน Hd (0.74 $\mu g\ g^{-1}\ h^{-1}$) จากผลการศึกษาครั้งนี้พบมีแนวโน้มว่าระดับความชื้น WL มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่า CO_2 เฉลี่ย และดิน Hd มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่าดิน Np

2. คาร์บอนในสารละลายดิน (C-solution as Dissolved Organic Carbon (DOC))

ผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อปริมาณ DOC พบว่า ชุดดิน Hd ที่ระดับความชื้นระดับ 60 % WHC โดยในช่วง 7 วัน (หลังการใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1) พบว่าการใส่สารอินทรีย์รูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+ N,LC-N และ Cont.(ครั้งที่ 1) มีปริมาณ DOC เท่ากับ 677.45, 423.98,162.68,190.47 และ 228.55 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ โดยผลของรูปแบบของสารอินทรีย์มีความแตกต่างกันสถิติ ขณะที่ในดิน Np มีปริมาณ DOC อยู่ระหว่าง 146.64- 207.63 $\mu g\ g^{-1}$ และระดับความชื้น WL ดิน Np มีปริมาณ DOC ระหว่าง 190.00-305.05 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วน Hd มีปริมาณ DOC ระหว่าง199.49-244.19 $\mu g\ g^{-1}$ โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นได้ว่าผลของปริมาณสารอินทรีย์ไส้เดือนที่ใส่ปริมาณสูงทำให้ปริมาณ DOC ในดินสูงด้วย (ดิน Hd) ส่วนผลของความความชื้นโดยที่ 60 % WHC และ WL พบว่ามีปริมาณ DOC เท่ากับ 256.55 และ 243.57 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับชนิดดินพบว่า Hd และ Np มีปริมาณ DOC เฉลี่ย 292.65 และ 207.47 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ และวันที่ 14 ของการบ่มดินพบว่า ปริมาณ DOC ในดิน Hd ที่มี LC+N มีปริมาณสูงสุดโดยมี DOC เท่ากับ 576.79 $\mu g\ g^{-1}$ และมีแนวโน้มลดลงทุก Treatment ยกเว้นดิน Np ที่ระดับความชื้น 60 % WHC และผลของความชื้นพบว่าที่ระดับ 60% WHC และ WL มีปริมาณ DOC เท่ากับ 237.03 และ 46.00 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ดิน Hd และ Np มีปริมาณ DOC เท่ากับ 172.63 และ 110.40 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10)

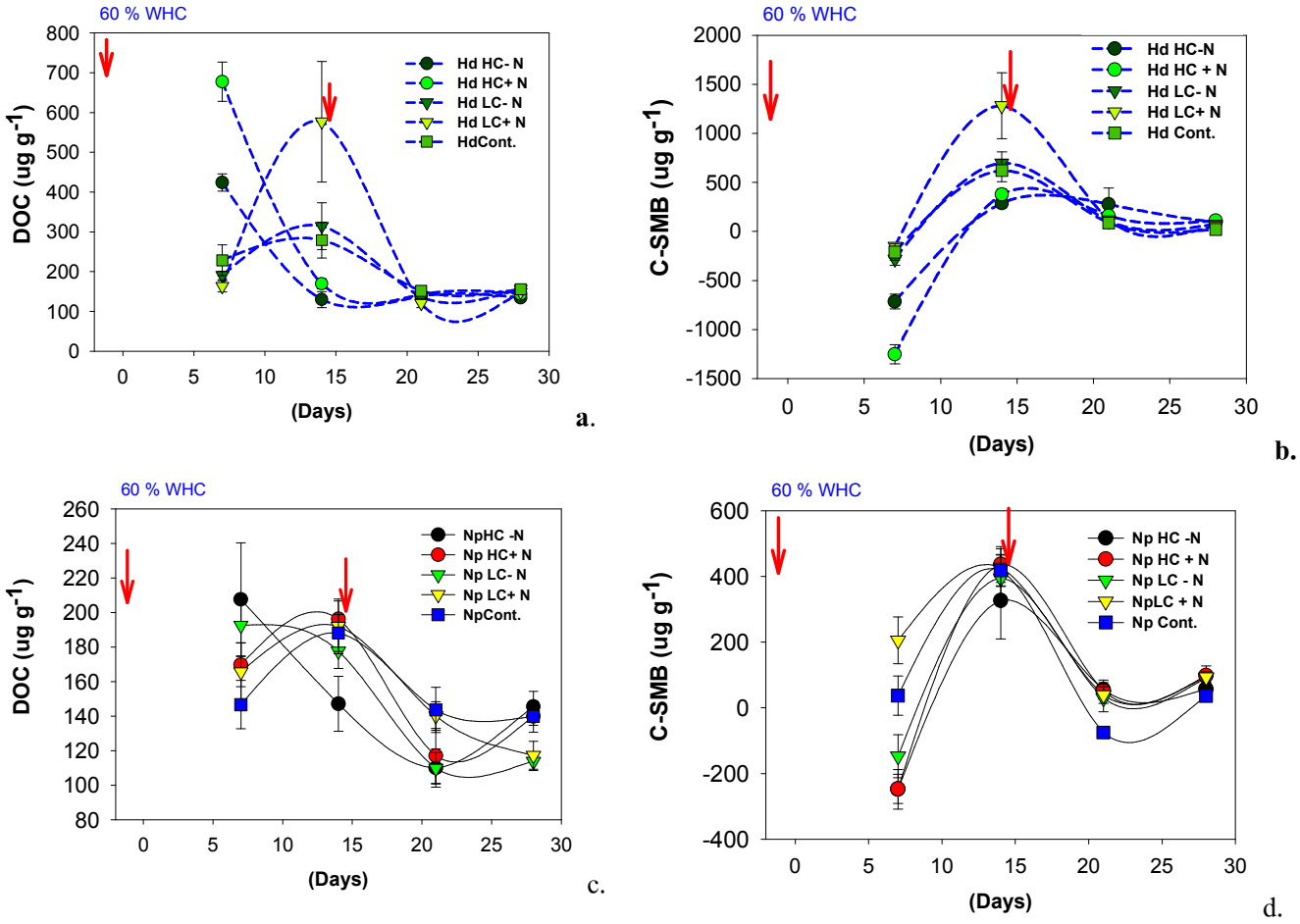
หลังจากมีการใส่ N (ครั้งที่ 2) (วันที่ 21 ของการบ่มดิน) มีปริมาณ DOC ระหว่าง 21.07-151.39 $\mu g\ g^{-1}$ นอกจากนี้ ผลของระดับความชื้น 60% WHC และ WL พบว่าปริมาณ DOC เท่ากับ 130.83 และ 61.31 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 10) และปริมาณ DOC หลังจากมีการใส่ N (ครั้งที่ 2, วันที่ 28 ของการบ่มดิน) พบว่าชนิดดินและระดับความชื้นมีผลต่อปริมาณ DOC และมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยดิน Hd และ Np มีปริมาณ DOC เท่ากับ 109.28 และ 94.98 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ความชื้น 60% WHC และ WL มีปริมาณ DOC เท่ากับ 139.38 และ 64.88 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 10) อาจจะกล่าวได้ว่าช่วง 7 วันแรกของการใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1 ในรูปแบบการใส่สารอินทรีย์มูลไส้เดือนร่วมกับไนโตรเจนมีผลทำให้ปริมาณ DOC เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ดิน Hd (เนื้อดินละเอียดและอินทรียวัตถุสูง) มีปริมาณ DOC สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Np) และสภาพความชื้นพบว่า 60 % WHC มีปริมาณ DOC สูงกว่า WL และหลังจากนี้วันที่ 14 ของการบ่ม (วันที่ 14 ของการใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1) ในดินที่ระดับ 60 % WHC ส่วนใหญ่ปริมาณ DOC เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ

ดินที่ได้รับ LC+N แต่ในดินที่ระดับความชื้น WL นั้น ปริมาณ DOC ลดลงทั้งหมด แต่ไม่เห็นผลชัดเจนจากการใส่ N ร่วมด้วย (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 Respiration rates of a CO_2 in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4

ปริมาณ DOC หลังการใส่ N (ครั้งที่ 2, 21 และ 28 วันของการบ่ม) ในช่วง 7 วันแรกพบว่าในดิน Hd และ Np ที่มีความชื้นระดับ 60% WHC ลดลงอย่างชัดเจน ในขณะที่ดิน Hd และ Np ที่มีความชื้นระดับ WL ปริมาณ DOC ยังคงมีปริมาณต่ำต่อเนื่องเช่นเดียวก่อนการใส่ N (ครั้งที่ 2) และไม่เห็นผลชัดเจนของการใส่ N ครั้งที่ 2 ต่อปริมาณ DOC



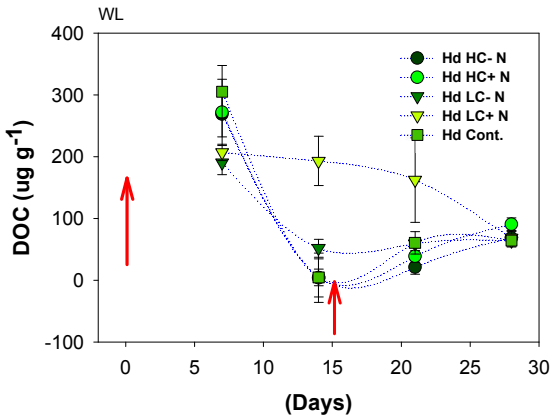
ภาพที่ 10 Dissolved organic carbon (DOC) and C in soil microbial biomass (C-SMB) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n= 4

3. คาร์บอนในมวลชีวภาพ (C in soil microbial biomass (C-SMB))

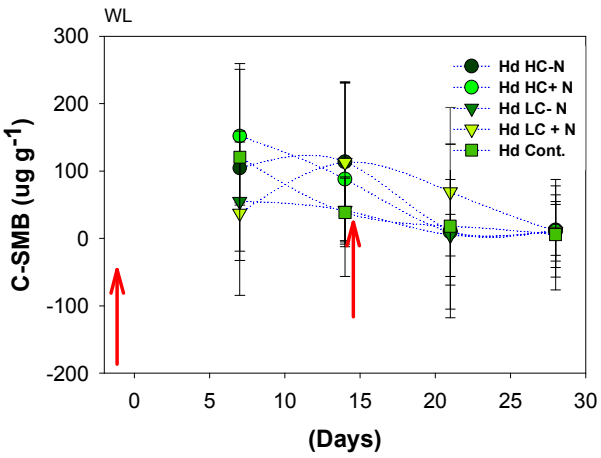
ผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อปริมาณ C-SMB พบว่าในช่วง 7 วันแรก (หลังการใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1) โดยการใส่สารอินทรีย์รูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+ N,LC-N และ Cont.(ครั้งที่ 1) มีปริมาณ C-SMB ค่าติดลบ โดยมีปริมาณ C-SMB มีค่า -473.50, -337.81,-56.71,-232.98 และ -154.09 µg g^{-1} ตามลำดับ อาจจะหมายถึงจุลินทรีย์ดินยังไม่กิจกรรมเกิดขึ้น ส่วนของชนิดดินพบว่า Np และ Hd มีปริมาณ C-SMB เท่ากับ -169.21 และ -332.84 µg g^{-1} ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ และหลังจากมีการใส่สารอินทรีย์ ครั้งที่ 1 (วันที่ 14 ของ

การบ่มดิน) พบว่ามีปริมาณ C-SMB มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 230.56, 303.93 ,-162.26, 91.31 และ 153.19 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ (Fig. 3.8) นอกจากนี้ ผลของระดับความชื้นพบว่า 60% WHC และ WL ปริมาณ C-SMB เท่ากับ -74.69 และ 312.38 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ

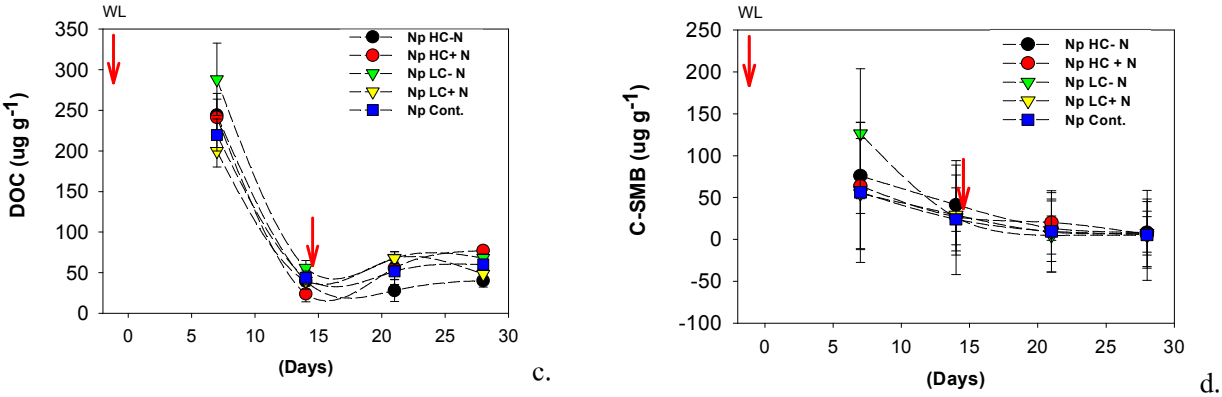
หลังจากมีการใส่ N ((ครั้งที่ 2, 7 วัน (วันที่ 21 ของการบ่มดิน)) พบว่าระดับความชื้น 60% WHC และ WL มีปริมาณ C-SMB เฉลี่ยเท่ากับ 92.82 และ 185.66 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ และปริมาณ C-SMB หลังจากมีการใส่ N (ครั้งที่ 2; 14 วัน,วันที่ 28 ของการบ่มดิน)) พบว่าระดับความชื้น 60% WHC และ WL มีปริมาณ C-SMB เท่ากับเฉลี่ย 73.41 และ 113.98 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ (ภาพที่ 11) ส่วนผลชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ C-SMB แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าการใส่สารอินทรีย์(มูลไส้เดือน)ในปริมาณสูง(มีคาร์บอนสูง)ในช่วงแรกนี้ ยังไม่มีการดูดใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน และดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (Hd) จุลินทรีย์มีการดูดใช้คาร์บอนต่ำกว่าดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ และระดับความชื้น WL มีผลให้จุลินทรีย์มีการดูดใช้อินทรีย์คาร์บอนสูงกว่าระดับความชื้น 60 % WHC และการใส่ไนโตรเจนไม่มีผลต่อการดูดใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน นอกจากนี้ ยังมีข้อสังเกตว่าเมื่อ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันที่ระดับความชื้น 60 % WHC ในขณะที่ เมื่อ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB ลดลงในช่วงเวลาเดียวกันที่ระดับความชื้น WL



a.



b.



ภาพที่ 11 Dissolved organic carbon (C-solution) and C in soil microbial biomass (C-SMB) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio = 10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4

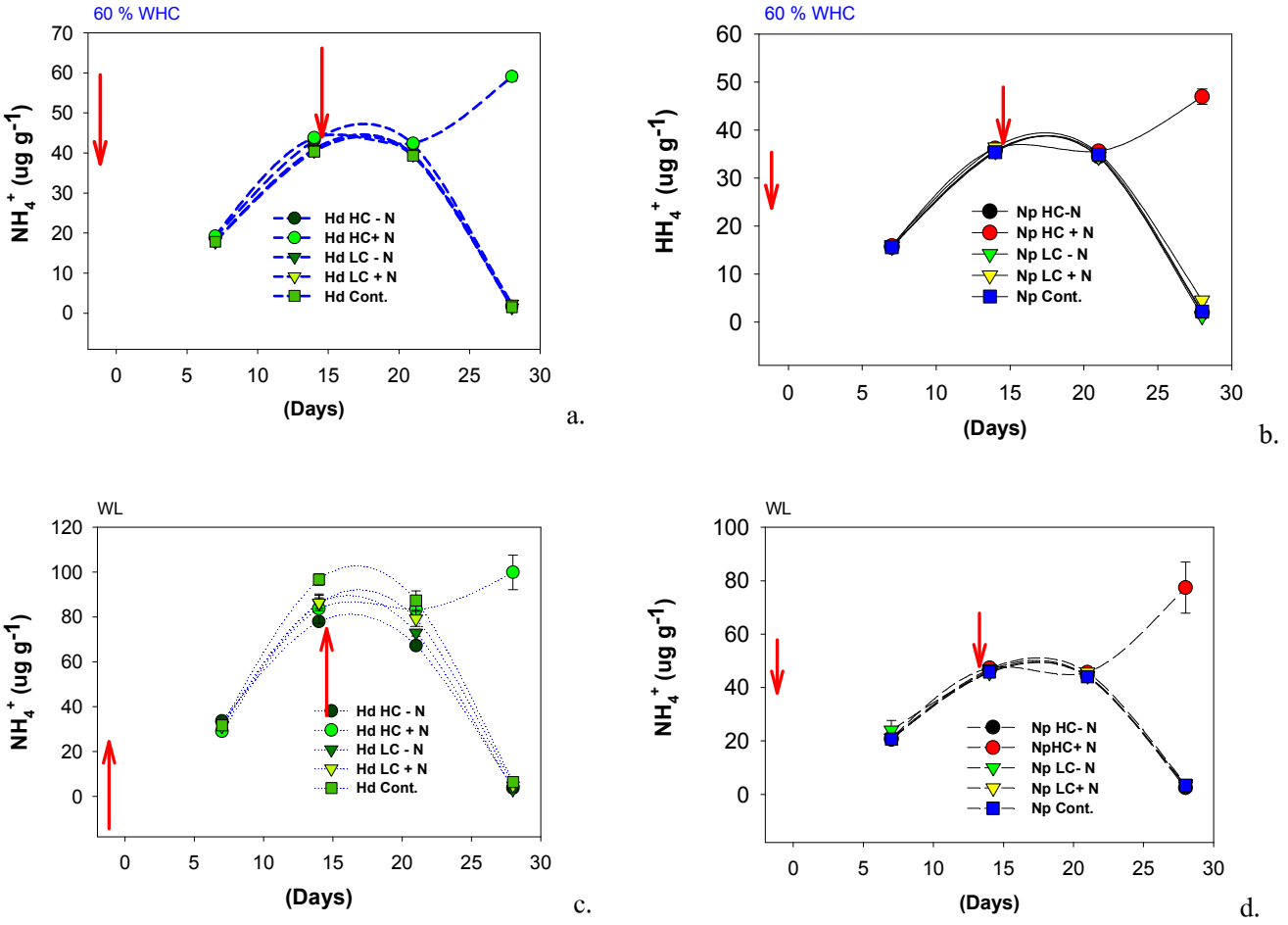
4. ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

4.1 ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)

ผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อปริมาณ NH_4^+ พบว่าในช่วง 7 วันแรกหลังการใส่สารอินทรีย์(ครั้งที่ 1) รูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+ N,LC-N และ Cont. มีปริมาณ NH_4^+ ระหว่าง 21.26-22.82 µg g^{-1} ส่วนของชนิดดินพบว่า Np และ Hd มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 25.45 และ 18.59 µg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลของระดับความชื้นพบว่า WL และ 60%WHC มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 26.57 และ 17.45 µg g^{-1} ตามลำดับ ทั้งระดับความชื้นและชนิดของดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ และหลังจากมีการใส่ N (ใส่สารอินทรีย์ครั้งที่ 1) (วันที่ 14 ของการบ่มดิน) พบว่ามีปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ใส่สารอินทรีย์รูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+ N,LC-N และ Cont. มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 51.75, 47.08, 49.94, 47.86 และ 55.25 µg g^{-1} ตามลำดับ และผลของระดับความชื้นพบว่า 60% WHC และ WL มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 17.45 และ 26.57 µg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินพบว่า ดิน Hd และดิน Np มี ปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 25.45 และ 18.59 µg g^{-1} ตามลำดับ อาจจะกล่าวได้ว่าการใส่สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปปุ๋ยมูลไส้เดือนโดยไม่ใส่ไนโตรเจน จะทำให้ปริมาณ NH_4^+ ต่ำกว่าดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ (ภาพที่ 12) และ WL มีปริมาณ NH_4^+ มากกว่า 60 % WHC นอกจากนี้ดินเนื้อละเอียดและมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (Hd) มีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดิน

เนื้อหยาบและมีอินทรียวัตถุต่ำ

หลังจากมีการใส่ N ((ครั้งที่ 2; 7 วัน (วันที่ 21 ของการบ่มดิน)) พบว่า 60% WHC และ WL มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 40.49 และ 66.79 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ และปริมาณ NH_4^+ หลังจากมีการใส่ N (ใส่ N ครั้งที่ 2) 21 วัน (วันที่ 28 ของการบ่มดิน) พบว่า 60% WHC และ WL มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 39.39 และ 61.35 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ NH_4^+ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย Hd และ Np มีปริมาณ NH_4^+ (วันที่ 21 และ 28 ของการบ่มดิน) เท่ากับ 66.17 (Hd) และ 41.11 (Np) และ 60.87 (Hd) และ 39.88 (Np) $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ และปริมาณ NH_4^+ หลังจากมีการใส่ N (ครั้งที่ 2;14 วัน (วันที่ 28 ของการบ่มดิน)) พบว่า 60% WHC และ WL มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 12.44 และ 20.80 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ NH_4^+ พบว่า Hd และ Np มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 18.56 และ 14.69 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 12) จะเห็นได้ว่าผลของการใส่สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการใส่ธาตุไนโตรเจนนั้นซ้ำ (HC+N และ LC+N) ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ทำให้ปริมาณ NH_4^+ เพิ่มขึ้น และสำหรับ HC+N ในทั้งสองชนิดดินและสองระดับความชื้น พบว่าปริมาณ NH_4^+ ยังมีปริมาณสูงไปจนถึงสัปดาห์ที่ 4 (วันที่ 28 ของการบ่มดิน) แต่ตรงกันข้ามในการใส่สารอินทรีย์ในรูปปุ๋ยมูลไส้เดือน((คาร์บอนปริมาณต่ำร่วมกับไนโตรเจนและมีการใส่ไนโตรเจนซ้ำ(LC+N)) พบว่าสัปดาห์ที่ 4 พบว่าปริมาณ NH_4^+ ลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งสองชนิดดินและสองระดับความชื้น ส่วนผลของระดับความชื้นอาจจะกล่าวได้ว่าดินที่มีระดับความชื้น WL มีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินที่มีระดับความชื้นแบบ 60 % WHC หรือมีการสะสม NH_4^+ สูงในดินที่มีการขังน้ำ ในขณะที่ดินที่มีเนื้อดินละเอียดและปริมาณอินทรียวัตถุสูง (Hd)จะมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินเนื้อหยาบและอินทรียวัตถุต่ำ (Np)



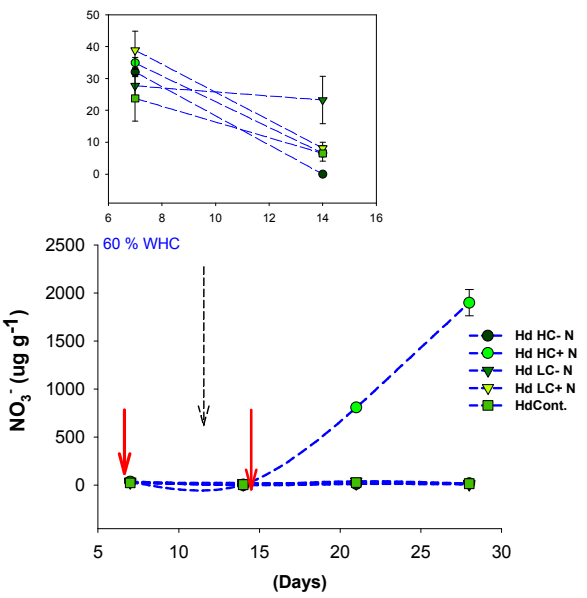
ภาพที่ 12 Ammonium concentrations (NH_4^+) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4

4.2 ไนเตรท (NO_3^-)

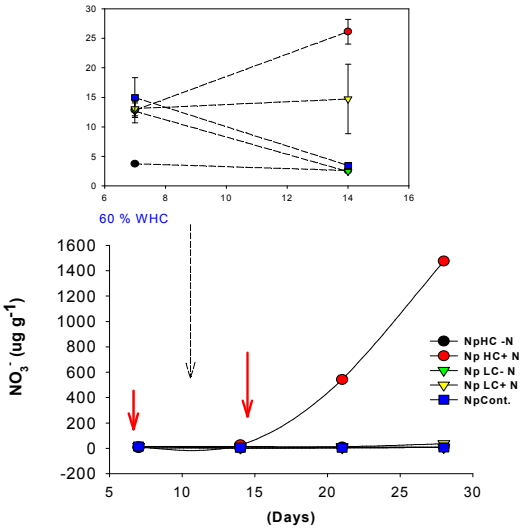
ผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อปริมาณ NO_3^- พบว่าในช่วง 7 วันแรกหลังการใส่สารอินทรีย์ (ครั้งที่ 1) ในรูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+ N,LC-N และ Cont. มีปริมาณ NO_3^- ระหว่าง 22.30- 32.43 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนของผลชนิดดินพบว่า Np และ Hd มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 11.38 และ 38.58 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนผลของระดับความชื้นพบว่าระดับความชื้นแบบ WL และ 60%WHC มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 28.38 และ 21.59 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งระดับความชื้นและชนิดของดิน และหลังจากมีการใส่สารอินทรีย์ร่วมกับ N (ครั้งที่ 1) (วันที่ 14 ของการบ่มดิน) พบว่ามีปริมาณ NO_3^- ในดินที่ใส่สารอินทรีย์รูปแบบ HC+ N, HC-N,LC+

N,LC-N และ Cont. มีค่าเป็น 14.64,5.42,10.52,8.62 และ 6.96 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลของระดับความชื้นพบว่า ระดับความชื้นที่ 60% WHC และ WL มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 10.51 และ 7.95 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินพบว่าดิน Hd และดิน Np มี ปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 11.00 และ 7.47 μg g^{-1} ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งระดับความชื้นและชนิดของดิน นอกจากนี้การใส่สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปปุ๋ยไส้เดือนโดยใส่ไนโตรเจนร่วมด้วย(LC+N,HC+N) ในช่วง 14 วันแรกของการบ่มพบว่า มีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าการใส่สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปปุ๋ยมูลไส้เดือนแต่ไม่มีการใส่ไนโตรเจนร่วมด้วย(LC-N,HC-N) และดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์เลย (Cont.) และมีข้อสังเกตว่าในดินที่มีการใส่สารอินทรีย์ HC-N มีปริมาณ NO_3^- ต่ำกว่าดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ไส้เดือน ซึ่งอาจจะเกิดกระบวนการ Immobilization เกิดขึ้นในระดับความชื้น 60 % WHC และดินที่มีสภาพ WL ก็อาจจะเกิด denitrification ร่วมด้วย

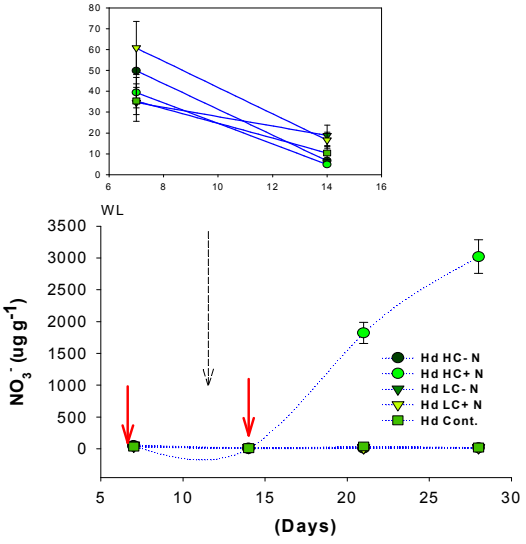
หลังจากมีการใส่ N (ครั้งที่ 2, 7 วันแรก หรือวันที่ 21 ของการบ่มดิน) พบว่าระดับความชื้น 60% WHC และ WL มีปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยเท่ากับ 148.03 และ 268.88 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ NO_3^- แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย Hd และ Np มีปริมาณ NO_3^- เทากับ 281.57 และ 135.34 μg g^{-1} ตามลำดับ และปริมาณ NO_3^- หลังจากมีการใส่ N (ใส่ N ครั้งที่ 2 ผ่านไป 14 วัน หรือวันที่ 28 ของการบ่มดิน) พบว่าระดับความชื้น 60% WHC และ WL มีปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยเท่ากับ 351.36 และ 425.18 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนผลชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ NO_3^- พบว่า Hd และ Np มีปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยเท่ากับ 503.73 และ 272.80 μg g^{-1} ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเห็นได้ว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 3-4 ที่มีการใส่สารอินทรีย์คาร์บอนในรูปปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับการใส่ธาตุไนโตรเจนและมีการใส่ไนโตรเจนซ้ำนั้น มีปริมาณ NO_3^- เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่การใส่สารอินทรีย์คาร์บอนที่ไม่มีการใส่ไนโตรเจน (HC - N) มีปริมาณ NO_3^- ต่ำ ส่วนผลระดับความชื้น WL มีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าแบบ 60 % WHC ในขณะที่ดินที่มีเนื้อดินละเอียดและปริมาณอินทรียวัตถุสูง (Hd)จะมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าดินเนื้อหยาบและอินทรียวัตถุต่ำ (Np)



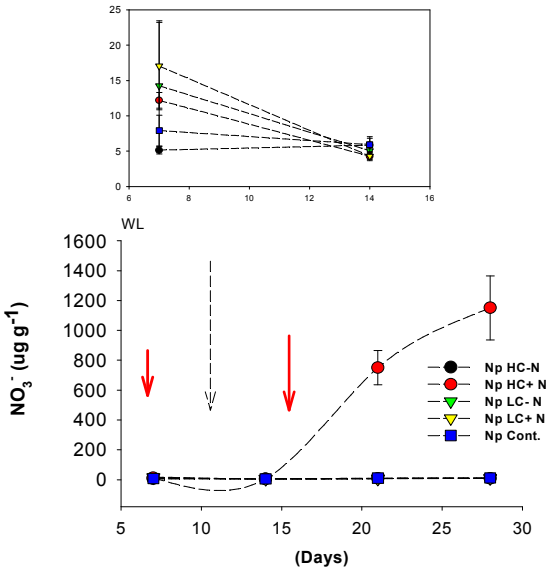
a.



b.



c.



d.

ภาพที่ 13 Nitrate concentrations (NO_3^-) in two soils amended with vermicompost combined with NH_4NO_3 (C/N ratio =10) at day 0 and subsequently amended with a NH_4NO_3 at day 14. Vertical arrows indicate time of substrate additions. Bars represent one standard error (SE); n=4

ผลการทดลองที่ 4

ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ และชนิดดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

1. ผลของระดับความชื้นต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

ผลของระดับความชื้น 2 ระดับคือ ขังน้ำ (WL) และ รักษาความชื้นที่ 0.3 บาร์ (0.3 bar) ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์หลังการใส่ปุ๋ยในวันที่ 7,14, 21 และ 28 พบว่า WL มีผลทำให้ปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยสูงกว่า 0.3 bar โดยปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 2.37 , 2.20 , 0.77 และ 0.24 mg kg^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความชื้นที่ 0.3 ปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 0.47 , 0.37 , 0.29 และ 0.28 mg kg^{-1} ตามลำดับ สำหรับ NO_3^- ใน 0.3 bar มีปริมาณเฉลี่ยสูงกว่า WL โดยปริมาณ NO_3^- ของดิน WL เท่ากับ 0.65 ,1.90 -18.00 และ 4.94 mg kg^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่ระดับความชื้นที่ 0.3 ปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 2.05 , 2.51 , 7.88 และ 4.99 mg kg^{-1} ตามลำดับ อาจจะกล่าวได้ว่าในสภาพการขังน้ำมีการสะสม NH_4^+ เกิดขึ้น แต่สำหรับดินที่มีสภาพการถ่ายเทอากาศนั้นจะส่งเสริมการสร้าง NO_3^-

ตารางที่ 10 ผลของระดับความชื้นของดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

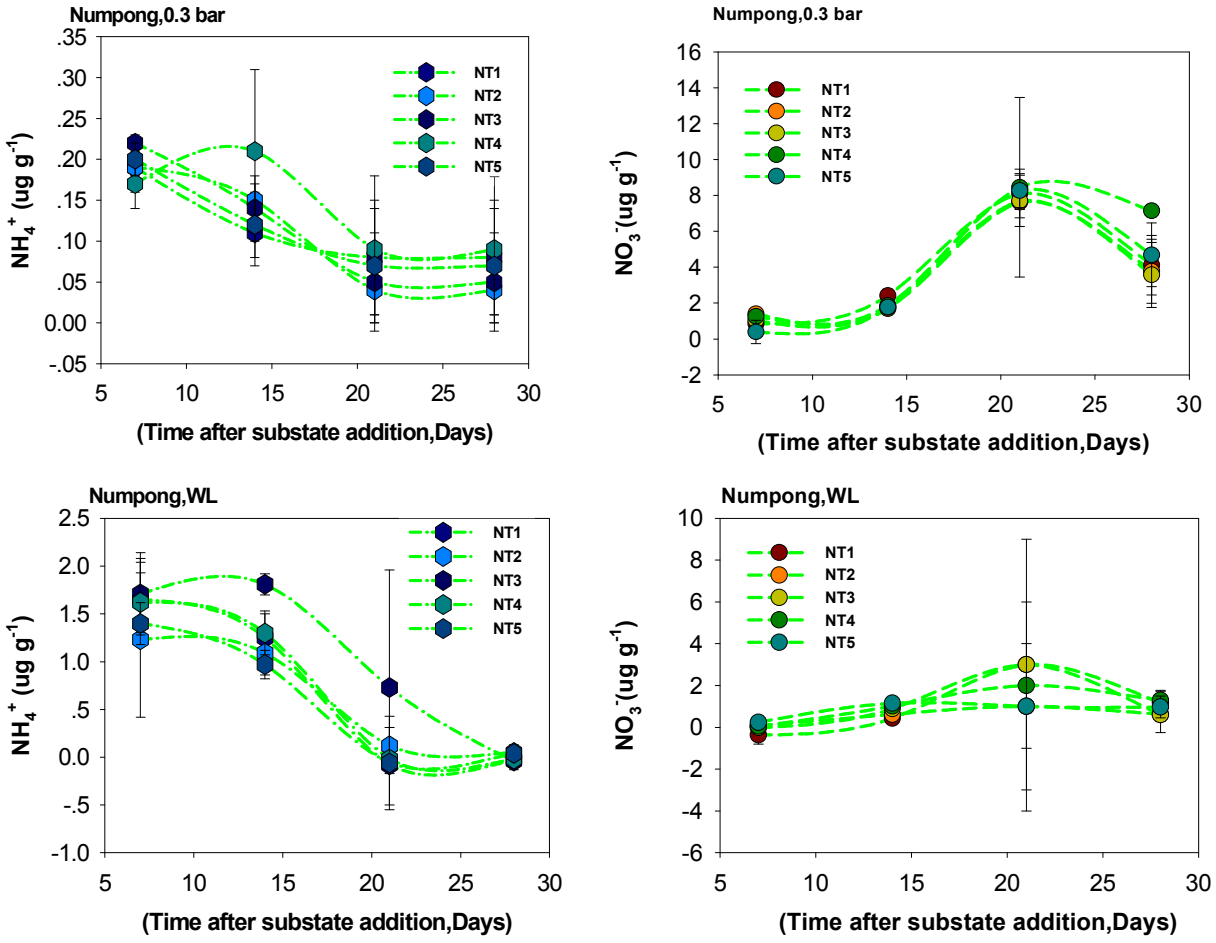
Water regime	NH_4^+ (mg kg^{-1} soil) (Incubated day)				NO_3^- (mg kg^{-1} soil) (Incubated day)			
	7 d	14 d	21 d	28 d	7 d	14 d	21 d	28 d
0.3 bar	0.47	0.37	0.29	0.28	2.05	2.51	7.87	4.99
WL	2.37	2.20	-0.77	0.24	0.65	1.90	-18.00	4.94

2. ผลของชนิดดินและปุ๋ยอินทรีย์ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์

2.1 ดินน้ำพอง (Ng)

ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดิน Ng พิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในดิน Ng (0.3 bar) ค่าเฉลี่ยปริมาณของ NO_3^- มีค่าสูงกว่า NH_4^+ ในทุกช่วงสัปดาห์ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 โดย NO_3^- มีค่าอยู่ระหว่าง 0.99-8.03 mg kg^{-1} soil และลดลงในวันที่ 28 ขณะที่ปริมาณ NH_4^+ มีปริมาณมากสุดในช่วง

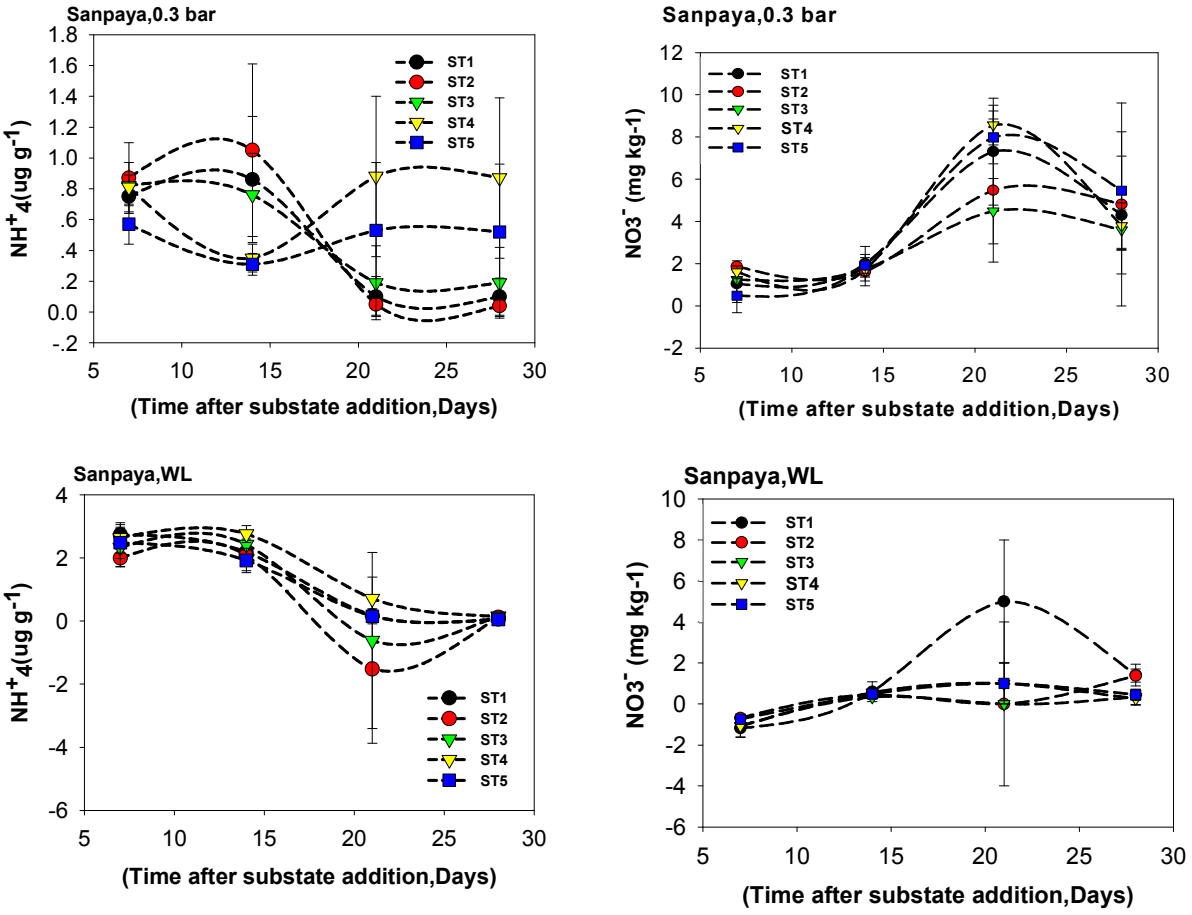
7 วันแรกและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.07-0.19 mg kg^{-1} soil ปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- (0.3 bar) มากที่สุดคือ ปุ๋ยคอกมูลหมู มีค่าอยู่ระหว่าง 0.09-0.21 mg kg^{-1} soil และ 1.26-8.46 mg kg^{-1} soil ตามลำดับ (ภาพที่ 14 บนซ้ายและขวา) สำหรับระดับความชื้นที่ WL นั้น พบว่า ปริมาณ NH_4^+ จะเพิ่มขึ้นในช่วงวันที่ 7 หลังจากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องและชัดเจนจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.52 mg kg^{-1} soil ในขณะที่ปริมาณ NO_3^- มีปริมาณต่ำสุดในช่วง 7 วันแรก และเพิ่มขึ้นในวันที่ 14 , 21 และลดลงในวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-0.93 mg kg^{-1} soil โดยที่ปุ๋ยคอกมูลวัวจะส่งผลให้มีค่าปริมาณ NH_4^+ , NO_3^- มากที่สุด มีค่าระหว่าง -0.04-1.81 mg kg^{-1} soil และ -0.02-3.00 mg kg^{-1} soil ตามลำดับ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าระดับความชื้น 0.3 bar มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำกว่า NO_3^- เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าระดับความชื้น WL (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินน้ำพอง

2. 2 ดินสรรพยา (Sa)

ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดิน Sa เมื่อพิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในดิน Sa (0.3 bar) ค่าเฉลี่ยปริมาณของ NO_3^- มีค่าสูงกว่า NH_4^+ ในทุกช่วงสัปดาห์ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 โดย NO_3^- มีค่าอยู่ระหว่าง 1.25-6.76 mg kg^{-1} soil และลดลงในวันที่ 28 ขณะที่ปริมาณ NH_4^+ มีปริมาณมากสุดในช่วง 7 วันแรกและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34-0.76 mg kg^{-1} soil ปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NH_4^+ มากที่สุดคือ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบสดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04-1.05 mg kg^{-1} soil และปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NO_3^- (0.3 bar) มากที่สุด คือปุ๋ยคอกมูลหมู ซึ่งมีค่าระหว่าง 1.61-8.57 mg kg^{-1} soil (ภาพที่ 15 บนซ้ายและขวา) สำหรับระดับความชื้นที่ WL นั้น พบว่า ปริมาณ NH_4^+ จะมีปริมาณสูงกว่า NO_3^- โดยจะเพิ่มขึ้นในช่วง 7 วัน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องและชัดเจนจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -0.22-1.52 mg kg^{-1} soil ในขณะที่ปริมาณ NO_3^- มีปริมาณต่ำสุดในช่วง 7 วันแรก และเพิ่มขึ้นในวันที่ 14 , 21 และลดลงในวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -11.00-0.77 mg kg^{-1} soil โดยที่ปุ๋ยคอกมูลหมูส่งผลให้มีค่าปริมาณ NH_4^+ มากที่สุด มีค่าระหว่าง 0.14-2.76 mg kg^{-1} soil และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบผงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- มากที่สุด โดยมีค่าระหว่าง -1.18-5.00 mg kg^{-1} soil จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าระดับความชื้น 0.3 bar มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำกว่า NO_3^- เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าที่ระดับความชื้น WL (ภาพที่ 15)

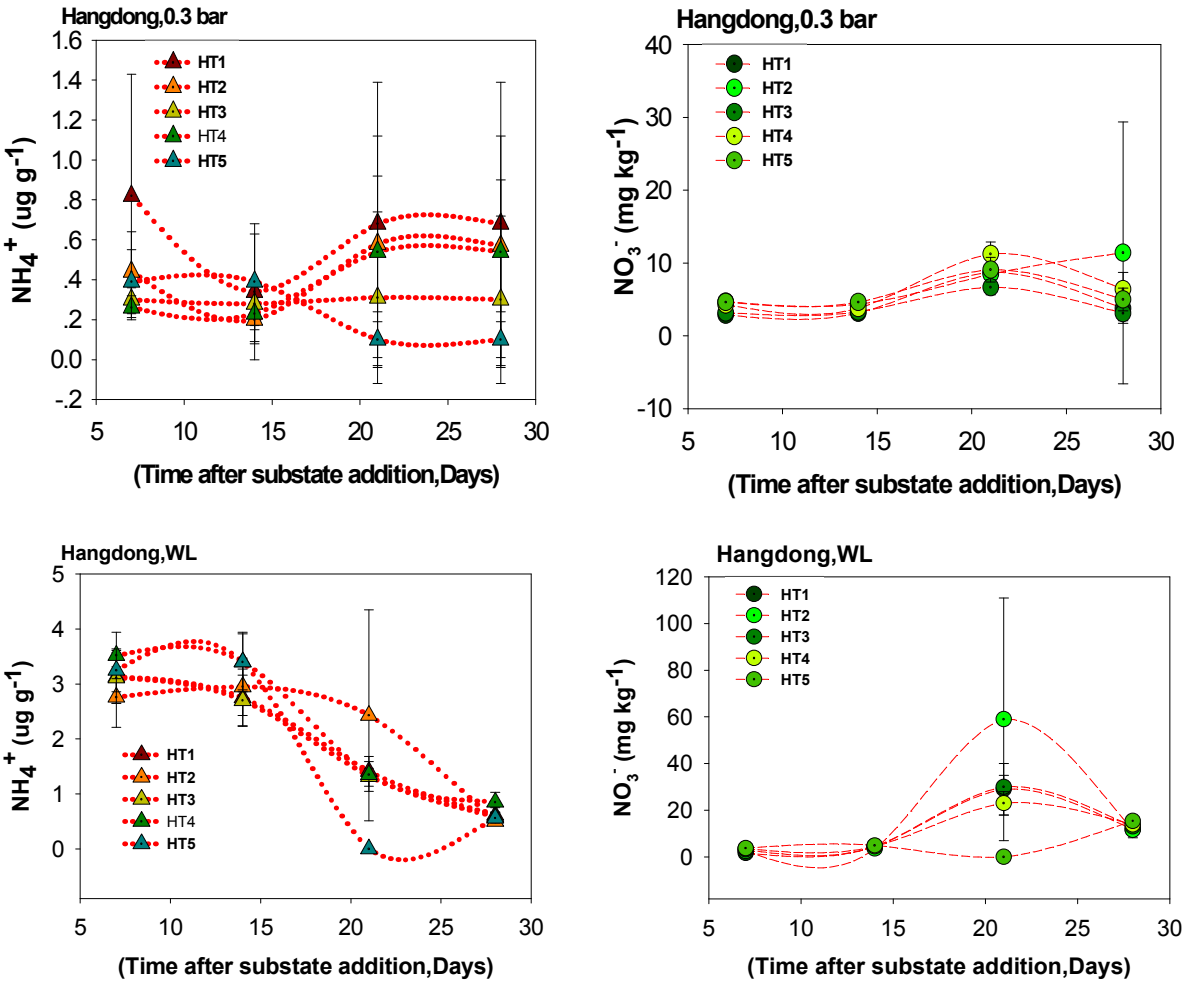


ภาพที่ 15 ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินสรรพยา

2.3 ดินหางดง (Hd)

ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดิน Hd เมื่อพิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในดิน Hd (0.3 bar) ค่าเฉลี่ยปริมาณของ NO_3^- มีค่าสูงกว่า NH_4^+ ในทุกช่วงสัปดาห์ และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 21 โดย NO_3^- มีค่าอยู่ระหว่าง 3.83-8.82 mg kg^{-1} soil และลดลงในวันที่ 28 ขณะที่ปริมาณ NH_4^+ มีปริมาณค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.29-0.44 mg kg^{-1} soil ปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NH_4^+ มากที่สุดคือปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบผง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.34-0.82 mg kg^{-1} soil และปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NO_3^- (0.3 bar) มากที่สุด คือปุ๋ยคอกมูลหมู ซึ่งมีค่าระหว่าง 3.78-11.22 mg kg^{-1} soil (ภาพ 16 บนซ้ายและขวา) สำหรับระดับความชื้นที่ WL นั้น พบว่า ปริมาณ NH_4^+ จะมีปริมาณสูงกว่า NO_3^- โดยจะเพิ่มขึ้นในช่วง 7 วัน หลังจากนั้นจะลดลงอย่างต่อเนื่องและชัดเจนจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง

-2.21-3.15 mg kg^{-1} soil ในขณะที่ปริมาณ NO_3^- มีค่าอยู่ระหว่าง -45.00-13.13 mg kg^{-1} soil โดยที่ปุ๋ยคอกมูลหมูส่งผลให้มีค่าปริมาณ NH_4^+ มากที่สุด มีค่าระหว่าง 0.85-3.52 mg kg^{-1} soil และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบสด ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- มากที่สุด โดยมีค่าระหว่าง 2.46-59.00 mg kg^{-1} soil จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าระดับความชื้น 0.3 bar มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำกว่า NO_3^- เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าที่ระดับความชื้น WL (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ผลของความชื้น ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินหางดง

ตารางที่ 11 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ในดิน 3 ชนิด (Ng , Sa และ Hd) ภายใต้การจัดการระดับ ความชื้นที่ 0.3 bar.

	Total inorganic N (mg kg^{-1})					**Net**
Treatment	7 d	14 d	21 d	28 d	Sum	**Mineralization**
0.3NpT1	1.04	2.53	8.19	4.20	15.96	3.16
0.3NpT2	1.59	1.83	7.66	3.82	14.90	2.23
0.3NpT3	1.25	1.89	7.75	3.62	14.51	2.37
0.3NpT4	1.43	2.08	8.55	7.23	19.29	5.80
0.3NpT5	0.59	1.89	8.34	4.76	15.58	4.17
Mean	1.18	2.04	8.10	4.73	16.05	3.55
0.3SpT1	1.80	2.86	7.41	4.40	16.47	2.60
0.3SpT2	2.74	2.67	5.52	4.85	15.78	2.11
0.3SpT3	2.07	2.51	4.68	3.78	13.04	1.71
0.3SpT4	2.42	2.05	9.45	4.67	18.59	2.25
0.3SpT5	1.05	2.22	8.51	5.98	17.76	4.93
Mean	2.02	2.46	7.11	4.74	16.33	2.72
0.3HdT1	3.67	3.47	9.37	4.43	20.94	0.76
0.3HdT2	5.12	4.53	9.03	11.97	30.65	6.85
0.3HdT3	3.49	3.57	6.97	3.40	17.43	-0.09
0.3HdT4	4.55	4.01	11.76	6.93	27.25	2.38
0.3HdT5	5.01	5.01	9.16	5.10	24.28	0.09
Mean	4.37	4.12	9.26	6.37	24.11	2.00

ตารางที่ 12 การปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ในดิน 3 ชนิด (Ng , Sa และ Hd) ภายใต้การจัดการระดับความชื้นที่ water logging (WL).

	Total inorganic N					Net
Treatment	7 d	14 d	21 d	28 d	**Sum**	**Mineralization**
WLNpT1	1.28	1.68	2.54	1.14	6.64	-0.14
WLNpT2	1.31	1.71	1.45	0.67	5.14	-0.64
WLNpT3	1.69	2.70	3.35	0.56	8.30	-1.13
WLNpT4	1.67	2.32	1.57	1.27	6.83	-0.40
WLNpT5	1.64	2.12	0.84	1.01	5.61	-0.63
Mean	1.52	2.11	1.95	0.93	6.50	-0.59
WLSpT1	1.55	2.78	5.23	1.47	11.03	-0.08
WLSpT2	1.32	2.53	-63.87	1.50	-58.52	0.18
WLSpT3	1.24	2.77	-1.05	0.49	3.45	-0.75
WLSpT4	1.58	3.32	1.61	0.40	6.91	-1.18
WLSpT5	1.74	2.41	1.41	0.50	6.06	-1.24
Mean	1.49	2.76	-11.33	0.87	-6.21	-0.61
WLHdT1	4.79	7.19	30.04	12.41	54.43	7.62
WLHdT2	5.22	6.47	60.99	12.07	84.75	6.85
WLHdT3	6.21	7.20	30.92	13.61	57.94	7.40
WLHdT4	7.05	7.94	23.98	14.71	53.68	7.66
WLHdT5	7.00	8.30	-383.65	15.97	-352.38	8.97
Mean	6.05	7.42	-47.54	13.75	-20.32	7.70

วิจารณ์ผลการวิจัย

วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการมากที่สุด พืชจะดูดใช้ไนโตรเจนในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ NO_3^- หรือ NH_4^+ โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นส่วนมาก กระบวนการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic N) ให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available form) เราเรียกกระบวนการ Nitrogen mineralization กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถเปรียบเทียบได้กับกระบวนการปลดปล่อย CO_2 ออกมาจากสารปะกอบอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งทำให้ไนโตรเจนและคาร์บอนเป็นประโยชน์ต่อพืช (Narteh and Sahrawat ,1997) เมื่อมีการใส่วัสดุอินทรีย์ลงไปในดิน วัสดุอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ดินทำการย่อยสลายเกิดเป็นก๊าซ CO_2 ซึ้ง ก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นนอกจากได้จากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์แล้วก็ยังเป็นผลมาจากการหายใจของจุลินทรีย์อีกด้วย โดยพบว่าการปลดปล่อย CO_2 เกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรกของการบ่มดิน ซึ่งเป็นผลมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่าย เช่น โปรตีน แป้ง และเซลลูโลส พบว่า ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด คือ 0.590 $\mu g\ g^{-1}$ และหลังจาก 1 สัปดาห์แล้วการปลดปล่อย CO_2 จะ การปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 14 จนถึงวันที่ 28 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด คือ 0.523 $\mu g\ g^{-1}$ จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 35 และ 42 ซึ่งอัตราการปลดปล่อย CO_2 (วันที่ 35) มีค่าสูงสุดในดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินดิน (0.576 $\mu g\ g^{-1}$) รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 เท่ากับ 0.573 $\mu g\ g^{-1}$ หลังจากนั้นอัตราปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (วันที่ 42) มีค่าสูงสุดในดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 0.593 $\mu g\ g^{-1}$ จะเห็นได้ว่าดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและดินที่ไม่ผ่านการอบที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดินลงไป ทำให้อัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดเมื่อบ่มดินได้ 42 วัน นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าในขวดที่ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะมีเส้นใยเชื้อราเกิดขึ้นสามารถเห็นเส้นใยราได้ด้วยตาเปล่า

ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทที่สลายตัวได้ง่ายอยู่ในปริมาณสูงกว่ามูลไส้เดือนดิน

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าการใส่มูลไส้เดือนดินและมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NO_3^- สูงกว่า การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวใส่เดือนดิน ในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ

<u>วิจารณ์การทดลองที่ 2</u>

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ในดินน้ำขังปริมาณ DOC ลดลงในดินชั้นบนเพราะถูกดูดซับไว้บนพื้นผิวภายในของผลึกแร่ดินเหนียวหรือออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินั่ม และมีการเคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่าง (Nelson et al., 1993; Hagedorn et al., 2000; Kalbitz et al., 2000) และจะลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น Grybos et al. (2007, 2009) ได้สันนิษฐานการที่ละลายของอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจะส่งเสริมการเคลื่อนที่ของอินทรียวัตถุในดินสภาพน้ำขัง สำหรับปริมาณ C-solution อาจจะไม่มีนัยสำคัญต่อการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่พิจารณาในแง่ของการดูดซับของคาร์บอนที่ละลายน้ำได้โดยแร่ดินเหนียวในดิน ถือว่าเป็นการเสริมสร้างอินทรียวัตถุในดิน เช่น ในดิน oxic Iron (โดยมี Iron oxyhydroxides) (Kaiser and Guggenberger, 2000; Kalbitz and Kaiser, 2008) ซึ่งถือว่าเป็นป้องกันไม่ให้อินทรียวัตถุถูกย่อยสลายจากจุลินทรีย์ดิน และมีความสัมพันธ์กับค่ารีดอกซ์ โพเทนเชียล์ (Eh) ของดินด้วย แต่ในสภาพน้ำขังนั้นมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของเหล็ก (Fe^{3+} เปลี่ยนไปเป็น Fe^{2+}) จากการศึกษาของ Nierop et al. (2002) ได้รายงานปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนที่ละลายน้ำที่ตกตะกอนกับ Fe^{2+} ภายใต้สภาพดินน้ำขังมีมากถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (อัตราส่วนของ DOC/Fe^{2+} ,1:1) โดยในสภาพน้ำขังปริมาณของ Fe^{2+} อาจจะสูงถึงหรือมากกว่า 10 ml (Li and Horikawa, 1997; Kirk, 2004)

<u>วิจารณ์การทดลองที่ 3</u>

พลวัติของไนโตรเจน (Nitrogen dynamics) ในดินประกอบด้วยกระบวนการไนตริฟิเคชั่น (Nitrification), Immobilization,Volatilization, Denitrification และ การชะล้าง ซึ่งปรากฏทั้งในสภาพ Aerobic และ Anaerobic แต่จะมีระดับหรือความรุนแรงแตกต่างกันขึ้นอยู่สภาพของดิน เช่น การสลายตัวของอินทรียวัตถุจะสร้าง NH_4^+ แล้วถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- ต่อไป ซึ่งอัตราการเปลี่ยน

นั้นขึ้นอยู่กับมีอ๊อกซิเจนอยู่ในระบบหรือไม่ ในดินปลูกข้าวที่มีสภาพการขังนั้นไนโตรเจนจะอยู่ในรูปของ NH_4^+ เพราะว่าดินอยู่ในสภาพ Anaerobic สำหรับการสูญเสียไนโตรเจนส่วนใหญ่จะผ่านกระบวนการ Volatilization (สูญเสียในรูป NH_3) ซึ่งขึ้นกับ pH, อุณหภูมิ และความชื้นของดิน เป็นต้น สำหรับการสูญเสียในรูปของ NO_3^- จะเกิดขึ้น ถ้ามีการสะสม NO_3^- (ในช่วงที่ดินอยู่ในสภาพ Aerobic) โดยผ่านกระบวนการ Denitrification และ/หรือการชะล้าง

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการมากที่สุด พืชจะดูดใช้ไนโตรเจนในรูปอนินทรียไนโตรเจน ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของ NO_3^- หรือ NH_4^+ โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินมักจะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ เช่น ซากพืช ซากสัตว์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นส่วนมาก กระบวนการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic N) ให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available form) เราเรียกกระบวนการ Nitrogen mineralization กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถเปรียบเทียบได้กับกระบวนการปลดปล่อย CO_2 ออกมาจากสารปะกอบอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งทำให้ไนโตรเจนและคาร์บอนเป็นประโยชน์ต่อพืช

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการ Nitrogen mineralization ได้แก่ ความชื้นและการระบายอากาศ เช่น กระบวนการ ammonification จะเกิดได้ดีเมื่อความชื้นของดินประมาณ 50-70 % ของความสามารถในการดูดน้ำสูงสุด (maximum water holding capacity) แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการสร้าง NH_4^+ ดังกล่าวนี้ สามารถเกิดขึ้นแม้ในดินจะมี O_2 ในระดับต่ำ เช่น สภาพน้ำขัง โดยหลังจากที่น้ำเริ่มท่วมผิวดินปริมาณ NH_4^+ จะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอินทรีย์โมเลกุลถูกย่อยสลาย แต่เมื่อระดับ NH_4^+ เพิ่มขึ้นถึงจุดสูงสุดแล้วจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอะไร สำหรับดินที่อยู่ภายใต้การระบายอากาศดี NH_4^+ จะถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^-

กระบวนการแปรสภาพอนินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็นอินทรีย์ไนโตรเจน (Nitrogen immobilization) นั้นอาจจะเกิดจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอกลงไปในดิน ซึ่งอาจจะทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) ลดลงและจะเกิดขึ้นติดต่อกันเป็นระยะเวลาหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปุ๋ยอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่น้อย ซึ่งอาจทำให้พืชมีการขาดอนินทรีย์ไนโตรเจนเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ Nitrogen immobilization อาจจะเกิดจาก

จุลินทรีย์ดูดใช้อนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) เพื่อไปสร้างเซลใหม่โดยมีการสร้างนิวคลิอิกโปรตีน และสารประกอบอินทรีย์ที่สลับซับซ้อนต่างๆ ภายในเซล

สำหรับรูปแบบของสารอินทรีย์ที่ใส่ลงดิน (ครั้งที่ 1) ในการศึกษาครั้งนี้มีอัตราส่วน C:N ratio (10 : 1) อาจจะทำให้เกิด N mineralization มากกว่า Immobilization ดังนั้น จะเห็นปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) เพิ่มขึ้น

ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ถูกปลดปล่อยมาจากดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ clay, Organic carbon, ไนโตรเจนทั้งหมด CEC และ pH ของดิน (ค่า pH ต่ำจะปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนต่ำกว่า pH ที่สูงกว่า) **(Narteh and Sahrawat ,1997)**

CO_2

การสลายของอินทรียวัตถุในดินนาน้ำขังซึ่งประเมินจากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยมาจากอินทรียวัตถุในดิน (Kimura et al.,2004) แต่มีการศึกษาการปลดปล่อย CO_2 มีไม่มากนัก ดังนั้นการใช้การปลดปล่อย CO_2 (ตามวิธีการมาตรฐานนั้น จะบ่มดินไว้ 10 สัปดาห์และอุณหภูมิ 30 ºC) กระบวนการ C mineralization ในดินที่ปลูกข้าวที่มีการท่วมขังน้ำขึ้นอยู่กับช่วงเวลาการขังน้ำและความถี่ในการที่ดินอยู่ในสภาพเปียกสลับแห้ง ในผลที่เกิดขึ้นในระยะเวลาสั้น (วัน) อัตราการสลายของสารอินทรีย์ภายใต้สภาพมีอากาศ(Aerobic) เปรียบเทียบกับสภาพที่ไม่มีอากาศ(Anaerobic)ไม่มีความแตกต่างกัน แต่ถ้าเปรียบเทียบในระยะยาว เช่น ฤดูกาลหรือปี พบว่าอัตราการสลายตัวของสารอินทรีย์ในสภาพ Anaerobic จะต่ำกว่า Aerobic (Doberman and Witt,2000) โดยต่ำกว่าถึงสามเท่า (DeBusk and Reddy,1998) ทั้งนี้เพราะมีสารประกอบพวกลิกนินหรือฮิวมัสที่มีอายุไม่มากรวมตัวอยู่กับสารฟีนอลลิก จึงทำให้มีการสะสมอินทรียวัตถุในดินสภาพน้ำขัง ถ้ามีการขังน้ำบ่อยครั้งเพิ่มขึ้น จะทำให้พบสารฮิวมิกที่มีสารฟีนอลเป็นองค์ประกอบเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Olk et ,1996)

DOC และ C-SMB

ผลจากความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อม เช่นความชื้น อุณหภูมิ หรือปริมาณสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะมีผลต่อมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดิน เช่น ในสภาพAerobic จะมีเชื้อราเป็น

จุลินทรีย์ที่โดดเด่นในสภาพดังกล่าว ซึ่งจะมีการปลดปล่อยสารในอินทรีย์ที่มีฟีนอลออกมา ส่วนในสภาพ Anaerobic พวกจุลินทรีย์สามารถย่อยสารที่มีหมู่ aromatic ได้ เช่น ฟีนอล แต่ใช้วิธีการย่อยสลายต่างกัน ดังนั้นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบเป็นพวกฟีนอลที่สลายตัวมาจากสารพวกลิกนิน จึงพบในอินทรียวัตถุในสภาพดินน้ำขัง

จากผลการศึกษาครั้งนี้ภายหลังการใส่สารอินทรีย์มูลไส้เดือนร่วมกับไนโตรเจนมีผลทำให้ปริมาณ DOC เพิ่มขึ้น และสภาพความชื้นพบว่า 60 % WHC มีปริมาณ DOC สูงกว่า WL นอกจากนี้ดิน Hd (เนื้อดินละเอียดและอินทรียวัตถุสูง) มีปริมาณ DOC สูงกว่าดินเนื้อหยาบ (Np) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lu et al. (2003) โดยรายงานว่าส่วนมากเป็นพวกอินทรียวัตถุที่ย่อยสลายง่าย (Labile organic matter) ได้แก่ DOC และ C-SMB โดยเฉพาะในช่วงที่มีสารอินทรีย์มีการสลายตัวอย่างรวดเร็ว (Lu et al. ,2003)

ในดินสภาพน้ำขังที่มีการใส่เศษซากพืชหรือปุ๋ยอินทรีย์ลงไปจะเร่งการเกิดสภาพรีดิวซ์ให้กับดิน ลดการเกิด C mineraization ซึ่งจะส่งเสริมการเกิดก๊าซมีเทน (Cicerone et al.,1992) และส่วนของอินทรียวัตถุที่ถูกในสภาพนี้ส่วนมากเป็นพวก Labile organic matter แต่มีส่วนน้อยที่มาจากอินทรียวัตถุที่สลายตัวยก (Recalcitrant organic matter) เช่นพวกเซลลูโลสและลิกนิน (Deveavre and Horwaath,2000) C-SMB จะลดลงเมื่อบ่มดินผ่านไป 80 วันเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ 0 วัน อาจจะเป็นเพราะจุลินทรีย์ในสภาพน้ำขัง (สภาพขาดอ๊อกซิเจน) นั้นจะตายหลังการน้ำท่วมขัง (Ge et al.,2012)

ปริมาณ DOC ที่พบมากในดินนาน้ำขังนั้น อาจจะเป็นผลมาจากดินอยู่ในสภาพ Anaerobic นาน ซึ่งเป็นการการสลายตัวอินทรียวัตถุในสภาพความชื้นแบบนี้ไม่ควรที่จะมีสูง แต่เนื่องจากสารอินทรีย์บางชนิด เช่น acetate และformate,propionate และ lactate ซึ่งเป็นสารอนุพันธุ์ของอินทรียวัตถุในดินที่ละลายน้ำได้แต่มีในปริมาณต่ำมาก เช่นความเข้มข้นของ acetate มีน้อยกว่า 100 μM ซึ่งถ้าประเมินทั้งหมดแล้ว ไม่น่าเกิน 10 % ของ DOC นอกจากนี้ DOC ที่มาจากเศษซากพืชที่สด ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งผลิต DOC ที่สำคัญในระบบดินนาน้ำขัง สำหรับการศึกษาครั้งนี้ DOC ที่มีสูงใสภาพน้ำขังอาจมาจากสารอินทรีย์ที่ใส่ไปในรูปของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DOC และ C-SMB กับการปลดปล่อย CO_2 อย่างมีความสัมพันธ์

อย่างใกล้ชิด และถือว่าเป็นอินทรียวัตถุที่ง่ายต่อการสลายตัว (Bioegradation C pool) (Kögel-Knabner et al., 2010)

เนื้อดิน และ DOC

จากรายงานจำนวนมากที่กล่าวถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างเนื้อดินโดยเฉพาะบทบาทของอนุภาค (clay และ silt) และปริมาณอินทรียวัตถุในดินเมื่อนำมาพิจารณาในดินปลูกข้าวภายใต้สภาพน้ำขัง ในการเตรียมดินนั้นจะมีการทำเทือก ซึ่งเป็นการทำเม็ดดินถูกทำลายและลดความสามารถการซาบซึมของดินลงดินชั้นล่าง จากการทดลองครั้งนี้ในดินภายใต้สภาพน้ำขังในการใส่สารอินทรีย์ครั้งแรกนั้น ได้ทำการผสมโดยการคนตัวอย่างดินขณะที่ดินเปียก อาจทำให้มีการปลดปล่อยอินทรียวัตถุที่อยู่ในเม็ดดิน (Sanjay et al.,2009) โดยอินทรียวัตถุเหล่านี้อาจจะเป็น DOC ซึ่งพบว่ามีปริมาณสูงหลังจากนั้นปริมาณ DOC ลดลงอย่างต่อเนื่อง

จากผลการศึกษาครั้งพบว่าปริมาณ DOC ในดินนาน้ำขังมีปริมาณสูงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับดินในสภาพ และผลจากศึกษาครั้งนี้ยังพบว่าชนิดดินมีผลต่อปริมาณ DOC ที่แตกต่างกันในสภาพ Aerobic โดยดิน Hdมีปริมาณ DOC สูงกว่าปริมาณ DOC Np ในสภาพ Aerobic แต่ในสภาพ Anaerobic ไม่เห็นผลชัดเจน เช่นเดียวกับผลของชนิดต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) ซึ่งของดิน Hd มีปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- สูงกว่า Np ทั้งในสภาพ Aerobic และ Anaerobic Aerobic ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Li et al. (2010) ซึ่งอธิบายว่าอาจจะเป็นผลมาจากระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยพิจารณาจากปริมาณ SOC จึงทำให้ปริมาณ DOC แตกต่างกัน

ในการนำเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการสลายตัวของอินทรียวัตถุโดย Kuzyakov (2010) โดยกล่าวว่าเป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบสิ่งมีชีวิต (biotic) และสิ่งที่ไม่มีชีวิต (abiotic) อินทรียวัตถุที่มีชีวิต และอินทรียวัตถุที่ไม่มีชีวิต

ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซ้ำและต่อเนื่องการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์และอินทรียวัตถุในดิน

Kozyakov (2010) ได้ให้ความคิดเห็นว่าผลของการใส่ปุ๋ยซ้ำและต่อเนื่องต่อการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์และอินทรียวัตถุในดินยังไม่มีคำตอบในเรื่องอย่างชัดเจน Hamer and Marschner (2005) ได้แสดงให้เห็นว่าการใส่ซับเสตรท 4 ครั้งนั้นจะเกิด PE เช่นกัน นอกจากนี้โครงสร้างของ

สิ่งมีชีวิตในดินนั้นมีการปรับเปลี่ยนตามการใส่ปุ๋ยซ้ำ ซึ่งทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุอยู่ในระดับคงที่และมีการปรับเข้าสู่สภาพสมดุลใหม่

<u>วิจารณ์ผลการทดลองที่ 4</u>

ผลจากการศึกษาการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการจัดการระดับความชื้น 2 แบบ (ตารางที่ 5) ในระดับวามชื้นที่ 0.3 bar นั้น ปริมาณค่าการปลดปล่อยไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Nitrogen Available form) พบว่า ปริมาณค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติของดินน้ำพองมีค่าสูงที่สุด

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยที่ 1

จากการศึกษาการปลดปล่อย CO_2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในตัวอย่างดินที่ผ่านการบ่มหลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวไส้เดือนดินพบว่าการปลดปล่อย CO_2 เกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรกของการบ่มดิน และพบว่า ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด หลังจาก 1 สัปดาห์แล้วการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากวันที่ 14 จนถึงวันที่ 28 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด โดยดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไปและดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในวันที่ 35 และ 42 ซึ่งอัตราการปลดปล่อย CO_2 (วันที่ 35) มีค่าสูงสุดในดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินดิน รองลงมา คือ ดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป หลังจากนั้นอัตราปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (วันที่ 42) มีค่าสูงสุดในดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับมูลไส้เดือนดิน จะเห็นได้ว่าดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและดินที่ไม่ผ่านการอบที่มีการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวไส้เดือนดินลงไป ทำให้อัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงสุดเมื่อบ่มดินได้ 42 วัน นอกจากนี้ ยังสังเกตพบว่าในขวดที่ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินจะมีเส้นใยเชื้อราเกิดขึ้นในสามารถเห็นเส้นใยราได้ด้วยตาเปล่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำหมักมูลไส้เดือนดินประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทที่สลายตัวได้ง่ายอยู่ในปริมาณสูงกว่ามูลไส้เดือนดิน

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า ดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อผสมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อแล้วใส่ตัวไส้เดือนดินลงไป มีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าการใส่มูลไส้เดือนดินและมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มทำให้ปริมาณ NO_3^- สูงกว่า การใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและตัวใส่เดือนดิน ในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการอบฆ่าเชื้อ

สรุปผลการทดลองที่ 2

จากผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่าการปลดปล่อย CO_2 ในทุกชุดดินที่ระดับความชื้นระดับ 0.3 bar มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 สูงกว่าทุกชุดดินที่ระดับความชื้น WL หลังจากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 จะลดลง แต่อย่างไรก็ตามอัตราการปลดปล่อย CO_2 ของวันที่ 7 มีอัตราเพิ่มขึ้น

เล็กน้อยในดินที่ระดับความชื้น 0.3 bar หลังจากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องและต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการบ่มดิน(วันที่ 28)

จากผลการศึกษาผลของระดับความชื้น 2 รูปแบบ (0.3 bar และ WL) ในดินน้ำพอง (Np) ต่อการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 พบว่า ดิน Np ที่มีการใส่ปุ๋ย PM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Np ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.) สำหรับดินสรรพยา (Sp) จะเห็นได้ว่าดิน Sp ที่มีการใส่ปุ๋ย CM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Sp ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.) ในดินหางดง (Hd) จะเห็นได้ว่าดิน Hd ที่มีการใส่ปุ๋ย CM ทำให้ อัตรา CO_2 efflux สูงสุดโดยเฉพาะช่วง 1-7 วันแรก และที่ความชื้น 0.3 bar จะมีอัตรา CO_2 efflux สูงกว่าระดับความชื้นที่ WL ทุกชนิดปุ๋ยรวมทั้งดิน Hd ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Cont.)

จากผลการศึกษาผลของความชื้นร่วมกับชนิดดินต่อสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ สำหรับปริมาณ DOC ชุดดิน Np ที่ระดับความชื้นระดับ 0.3 bar พบว่ามีปริมาณ DOC ต่ำมากเกือบตลอด 28 วันของการบ่มดินส่วนปริมาณ C-SMB โดยช่วงวันแรกนั้นที่สูงสุด หลังจากนั้นลดลง สำหรับดินสรรพยา (Sp) ในสภาพ WL พบว่า DOC มีค่าระหว่าง 220- 350 $\mu g\ g^{-1}$ หลังจากนั้น DOC จะลดลงมีค่าระหว่าง 70-280 $\mu g\ g^{-1}$ จากนั้นปริมาณ DOC เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง จะเห็นได้ว่า C-SMB จะเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 14 แล้วลดลง ในขณะที่ในช่วงเวลาเดียวกันนั้นปริมาณ DOC มีปริมาณต่ำสุดแล้วเพิ่มขึ้น ในดินหางดง (Hd) พบว่าที่ระดับความชื้น 0.3 bar นั้น มีปริมาณ DOC มีปริมาณเท่ากับ 14.01,153.36,89.40 และ 29.27 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วน C-SMB มีปริมาณเท่ากับ 91.41,72.06,-19.43 และ 290.12 $\mu g\ g^{-1}$ ในวันที่ 7,14,21 และ 28 ตามลำดับ ส่วนผลของระดับความชื้นต่อปริมาณ DOC มีปริมาณต่ำโดยมีปริมาณ -34.65-155 $\mu g\ g^{-1}$ โดยมีค่าสูงสุดในวันที่ 28 ใน ส่วน C-SMB มีปริมาณเท่ากับ 15.31,165.22,-974.48 และ 84.85 $\mu g\ g^{-1}$ ในวันที่ 7,14,21 และ 28 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาชนิดของดิน ระดับความชื้น และรูปแบบของอัตราส่วนคาร์บอนและไนโตรเจน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ DOC และ C-SMB ในดินทั้ง 3 ชุดดิน โดยเมื่อ

DOC มีปริมาณสูงในขณะที่ C-SMB มีปริมาณต่ำ และเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้น

<u>สรุปผลการทดลองที่ 3</u>

จากการศึกษาคาร์บอนส่วนต่างๆและไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ : ผลของชนิดดิน ระดับความชื้น และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนซ้ำ พบว่า อัตราการปลดปล่อย CO_2 ที่ระดับความชื้นWL มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่า CO_2 เฉลี่ย และดิน Hd มีการปลดปล่อย CO_2 เฉลี่ยสูงกว่าดิน Np,DOC and C-SMB (Hd) < (Np) และระดับความชื้นWL > 60% WHC เมื่อ DOC ลดลง ปริมาณ C-SMB เพิ่มขึ้นที่ระดับความชื้น 60% WHC ในขณะที่ DOC เพิ่ม ปริมาณ C-SMB ลดลงที่ระดับความชื้น WL ,ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)WL มีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินที่มีระดับความชื้นแบบ 60% WHC (Hd) จะมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินเนื้อหยาบและอินทรียวัตถุต่ำ (Np),ปริมาณไนเตรท(NO_3^-) ใส่ N ครั้งที่2 ผ่านไป14 วันหรือวันที่28ของการบ่มดินผลระดับความชื้น WL มีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าแบบ 60% WHC Hd จะมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่า Np

การใส่ N ซ้ำ ในดิน ไม่ว่าจะเป็นที่ระดับความชื้น 60% WHC หรือ WL อัตราการปลดปล่อยของ CO_2 DOC และ C-SMB รวมทั้งปริมาณ NH_4^+ ,NO_3^- ก็เพิ่มมากขึ้นกว่าในครั้งแรกที่มีการผสมปุ๋ยอินทรีย์และไนโตรเจนตามตำรับการทดลองโดยที่ อัตราการปลดปล่อย และปริมาณจะเพิ่มมากน้อยขึ้นอยู่กับการให้ปุ๋ยและความชื้น รวมถึงลักษณะของเนื้อดิน ซึ่งดิน (Hd) จะเป็นดินเนื้อละเอียด(มีอินทรียวัตถุสูง)ก็อาจจะกล่าวได้ว่ามีอัตราการปลดปล่อยได้สูงกว่า(Np) นอกจากนี้ดิน Hd (เนื้อดินละเอียดและอินทรียวัตถุสูง)มีปริมาณ DOC สูงกว่าดินเนื้อหยาบ(Np) เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ครั้งที่2 ลงไป ในดินชุดหางดงและน้ำพอง ของดิน2 ระดับ คือ ระดับ 60% WHC และน้ำขัง WL แล้ว มีอัตราการปลดปล่อยของ CO_2 เพิ่มขึ้น ของทุกชุดดินและทุกระดับ ดินที่ใส่ปุ๋ยจะมีการตอบสนองได้ดีกว่าดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยไส้เดือนในปริมาณสูงในช่วงแรกนี้ยังไม่มีการดูดใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน และดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงทำให้การใช้คาร์บอนถูกยับยั้งมากกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ และระดับความชื้นของดินมีผลต่อการดูดใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน และการใส่ไนโตรเจนไม่มีผลต่อการดูดใช้คาร์บอนของจุลินทรีย์ดิน ทั้งนี้เนื้อดินก็มีส่วนสำคัญโดยที่ดินเนื้อละเอียดจะมีอินทรียวัตถุสูง(Hd) กว่าดินเนื้อหยาบ (Np) เมื่อเติมปุ๋ยไนโตรเจนเข้าไปจึงทำให้มีการตอบสนองทำให้เกิดการย่อยสลายได้ดี

<u>สรุปผลการวิจัยที่ 4</u>

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าว คือ WL และ AWD ต่อความสูงของข้าวอายุ 18,46 และ 66 วัน พบว่า WL มีผลให้ความสูงของข้าวสูงกว่า AWD และในทุกชุดดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงอายุ ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวอายุ 18,46 และ 66 วัน และในทุกชุดดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อน้ำหนักสดของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL มีน้ำหนักสดสูงกว่า AWD ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อน้ำหนักแห้งของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL มีน้ำหนักแห้งสูงกว่า AWD ในส่วนของค่า pH ของดิน(ข้าวมีอายุ 66 วัน)นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อ SOC , Avai.P ของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณน้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอของข้าว พบว่าในชุดดิน Hd ,Sa และ Ng ชุดดิน Hd มีปริมาณสูงที่สุด

เอกสารอ้างอิง

ชุติมณฑน์ ชูพุดซา. (2553). **ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์กับการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคะน้า (*Brassica oleracea*) ในระบบเกษตรอินทรีย์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บุญแสน เตียวนุกูลธรรม. 2553. **บทเรียน E – learning วิชาปฐพีวิทยา (Soil Science).** Available from: http://www.nsru.ac.th/e-learning/soil/lesson_9_2.php [2013September 5]

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน(soil fertility).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โอเดียนสโตร์.

ศุภธิดา อ่ำทอง. 2553, **การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ Permanganate Oxidizable Carbon เพื่อใช้ในการวัดปริมาณอินทรียวัตถุในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศุภธิดา อ่ำทอง, พิทวัส สุสิงสา และกนกกาญจณ์ กันทะวงษ์. 2554.**ความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยเพอร์แมงกาเนตและอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินชนิดต่างๆ**. Journal of Agr. Research & Extension 28(2): 33-38

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน).**บอกเล่าข่าวพืชสวน : ประโยชน์ของมูลสัตว์.** ฉบับที่ 26 , ปีที่ 3 . สิงหาคม 2553.

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2535. ปฐพีศาสตร์ประยุกต์. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้. เชียงใหม่. 444 น.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่มที่ 18 : **ดินและปุ๋ย.** 2537.

สมพร คนยงค์. 2553. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** (ออนไลน์) แหล่งที่มา: http://courseware.rmutl.ac.th /courses/53/unit310.htm#head5 (5 กันยายน 2553)

สุลีรัก อารักษณ์ธรรม.2553. **การสำรวจและเก็บรวบรวมสายพันธุ์ไส้เดือนดินในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียงเพื่อใช้ประโยชน์ทางการเกษตร.** วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, จังหวัดเชียงใหม่

อรรณพ พุทธโส และคณะ. **รูปแบบการปลดปล่อยไนโตรเจนภายใต้การสลายตัวของซากพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันในดินเนื้อทราย.** วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 33. เล่มที่ 1. มกราคม-มีนาคม 2554 : 31-45.

อานัฐ ตันโช. 2543. **การทำปุ๋ยจากขยะโดยใช้ไส้เดือนดิน.** วารสารแม่โจ้ปริทัศน์. 1(6):98-102.

อานัฐ ตันโช. 2550. **ไส้เดือนดิน** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ทรีโอ แอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์ มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่. 259 หน้า.

Atlavinyte, O., and Daciulyte, J. (1969) **The effect of earthworms on the accumulation of vitamin B12 in soil.** Pedobiologia, 9, 165-70.

Atlavinyte, O., Daciulyte, J. and Lugauskas, A. (1971) **Correlations between the number of earthworms, microorganisms, and vitamin B12 in soil fertilized with straw.** Liet. TSR Mokslu, Akad, Darb., Ser. B., 3, 43-56.

Belder, P., Bouman, B.A.M., Cabangon, R., Lu, G., Quilang, E.J.P., Li, Y., Spiertz, J.H.J., Tuong, T.P.2004. **Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia.** Agricultural Water Management 65, 193–210.

Belder, P., B.A.M. Bouman, R. Cabangon, G. Lu, E.J.P. Quilang, Y. Li, J.H.J. Spiertz and T.P. Tuong. 2004. **Effectof water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia.** Agric. Water Manage. 65: 193–210.

Bouman,B.A.M.,R.M. Lampayan and T.P. Toung.2007. **Water management in irrigated rice: coping with water scarcity.** Los Banos (Philippines: International Rice Research Institute. 54 p.

Bouman, B.A.M. and T.P. Tuong, 2001. **Field water management to save water and increase its productivity in irrigated rice.** Agric. Water Manage. 49: 11–30

Choudhury,B.U.,B.A.M. Bouman and A.K. Singh.2007. **Yeild and water productivity of rice-wheat on raised beds at New Delhi**, India Field Crop Research100,229-239.

Cabangon, R.J., Tuong, T.P., Castillo, E.G., Bao, L.X., Lu, G., Wang, G., Cui, Y., Bouman, B.A.M., Li, Y., Chen, C., Wang, J., 2004. **Effect of irrigation method and N-fertilizer management on rice yield, water productivity and nutrient-use efficiencies in typical lowland rice conditions in China.** Paddy and Water Environment 2, 195-206.

Caron, J., Espindola, C.R., Angers, D.A., 1996. **Soil structure stability during rapid wetting: influence of land use on some aggregate properties.** Soil Science Society American Journal 60, 901–908.

Chapagain, T., Yamaji, E., 2010. **The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on crop performance, productivity and water-wise rice production in Japan.** Paddy and Water Environment 8, 81-90.

Czyz, E. and J. Tomaszewska, 1993. **Changes of aeration conditions and the yield of sugar beet on sandy soil of different density.** Polish Journal of Soil Science 26 (1):1–9.

Edwards, C. A. and Burrows, I. (1988) **The potential of earthworm composts as plant growth media, in Earthworms in Environmental and Waste Management**, (eds C. A. Edwards and E. F. Neuhauser), SPB Acad. Publ., The Netherlands, pp. 211-20.

Eitminaviciute, I., Bagdanaviciene, Z., Budaviciene, I. et al. (1971) **Untersuchungender Beziehungen zwischen Gruppen von Wirbellosenlebewesen und Mikrooorganismen sowie der B-Vitamibgruppe in unterschiedlichen Boden, in IV Coll. Pedobiol.,** (ed. J. d'Aguilar), Institut National des Recherches Agriculturelles Publ. 71-7, Paris, pp. 93-7.

Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. **Particle size analysis. In: Klute, A. (Ed.),Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods, second ed. Agronomy Monograph 9.** ASA and SSSA, Madison, WI, pp.383–411.

Ghani, A., M. Dexter and K.W. Perrott. 2003.**Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. Soil Biology and Biochemistry.** 35: 1231-1243.

Graff, O. and Makeschin, F. (1980) **Beeinflussung des Ertrags von Weidelgras (Lolium multiflormu) durch Ausscheidungen von Regenwurmern dreier verschiedener Arten.** Pedobiologia, 20, 176-80.

Gregorich, E.G., M.R. Carter, D.A. Angers, C.M.Monreal and B.H. Ellert. 1994. **Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils.** Canadian Journal of Soil Science. 74: 367-385.

Hou, E. and G. Hunter. 1998**. Beijing water: causes, effects, solutions.Paper published** . Available from: http:/ www.chs.ubc.ca/china. [2013 September 5]

Kuzyakov Y (2010) **Priming effects: interactions between living and dead organic matter.** Soil Biology.

Kögel-Knabner, I., W. Amelung, Z.H. Cao, S. Fiedler, P. Frenzel, R. Jahn, K. Kalbitz, A. Kölbl and M.Schloter. 2010. **Biogeochemistry of paddy soils.** Geoderma 157, 1-14.

Lal, R., 2002. **Soil carbon sequestration in China through agricultural intensification, and restoration of degraded and desertified ecosystems.** Land Degradation Development 13, 469– 478.

Lipiec, J., 1992. **Soil physical properties and crop growth in relation to soil compaction.** Soil Science and Plant Nutrition 93: 21–30.

Liu, Y.,H Shi.,L. Xia, H. Shi, T. Shen[a], Z. Wang, G. Wang and Y. Wang.2010. **Bioresouse Study of operational conditions of simultaneous nitrification and denitrification in a Carrousel oxidation ditch for domestic wastewater treatment** .Technology 101, 901-906.

Lunt, H. A. and Jacobson, G. M. (1944) **The chemical composition of earthworm casts.** Soil Sci., 58, 367.

Madsen, E. L. and Alexander, M. (1982) **Transport of Rhizobium and Pseudomonas through soil.** Soil Sci. Soc. Am. J., 46, 557-60.

Mikha, M.M., Rice, C.W., Milliken, G.A., 2005. **Carbon and nitrogen mineralization as affected by drying and wetting cycles.** Soil Biology & Biochemistry 37, 339–347.

Murphy, J. and H.P. Riley. 1962**. A modified single solution method for determination of phosphate in natural water.** Analytica Chimica Acta 27, 31-36.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. **Total carbon, organic carbon, and organic matter.** *In* Page.

A.L. et al., (ed**). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd. American Society of Agronomy,** Inc.Madison, WI. p.961-1010.

Nielson, R. L. (1965) **Presence of plant growth substances in earthworms demonstrated by paper chromatography and the Went pea test.** Nature Lond., 208, 1113-14.

Pandey,S.,H. Bhandari and B. Hardy.2007. **Economic costs of drought and rice farmers' coping mechanisms: a cross-country comparative analysis.** Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute.203 p.

Pandey,S. and H.Bhandari. 2007. **Chapter 1 Introduction in Pandey,S.,H. Bhandari and B. Hardy (editors). Economic costs of drought and rice farmers' coping mechanisms: a cross-country comparative analysis.**Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. p 1-30.

Parle, H. K. and Patel, R. M. (1959) **Preliminary observations on the control of earthworms by soapdust (Sapindus laurifolius Vahl) extract.** Indian J. Ent., 21, 251-5.

Reddell, P. and Spain, A. V. (1991) **Transmission of infective Frankia (Actinomycetales) propagules in casts of the endogenic earthworm Pontoscolex cordthrurus (Oligochaeta: Glossoscolecidae).** Soil Biol. Biochem., 23, 775-8.

Reddy, K. R. and Graetz, D. A. 1988. **Chapter 26: Carbon and nitrogen dynamics in wetland soils. *In* Hook, D. D.,McKee Jr., W. H. and Smith, H. K. (eds.) The Ecology and Management of Wetlands.** Timber Press, Portland,Oregon, USA. pp. 307–318.

Rhee, J. A. van (1971) **Some aspects of the productivity of orchards in relation to earthworm activities.** Ann. Zool. Ecol. Anim. Special Publ., 4, 99-108.

Rouelle, J. (1983) **Introduction of an amoeba and Rhizobium japonicum into the gut of Eisenia fetida (Sav.) and Lumbrucus terrestris L., in Earthworm Ecology, From Darwin to Vermiculture,** (ed. J. E. Satchell), Chapman & Hall, New York, 375-81.

Springett, J. A. and Syers, J. K. (1979) **The effect of earthworm casts on ryegrass seedlings, in Proceedings of the 2nd Australasian conference on grassland invertebrate ecology, (eds T. K. Crosby and R. P. Pottinger),** Government Printer, Wellington, pp. 44-7.

Tomati, U., Grappellli, A. and Galli, E. (1983) **Fertility factors in earthworm humus. Proc. Int. Sym. On Agricultural and Environmental Prospects in Earthworm Farming, Publ.** Minist. Ric. Sci. Tech., Rome, pp. 49-56.

Tuong, T.P. and B.A.M. Bouman. 2003. **Rice production in water-scarce environments. In: Kijne, J.W., Barker,R., Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement.**CABI Publishing, UK, pp. 53–67.

Xiang, S.R. , Doyle, A., Holden, P. A., Schimel, J. 2008. **Drying and rewetting effects on C and N mineralization and microbial activity in surface and subsurface California grassland soils.** Soil Biology & Biochemistry 40, 3303–3312.

Yang, Xiaoguang,B.A.M.Bouman,Wang Huaqi,Wang Zhimin,Zhao Junfang and Chen Bin.2005. **Performamance of temperate aerobic rice under different water regimes in North China.** Agricultural Water Management 74 ,107-122.

Yu , K. and Patrick, W. H.2003. **Redox Range with Minimum Nitrous Oxide and Methane Production in a Rice Soil under Different pH.** Soil Science Society of America Journal 67 , 1952-1958.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและไม่ได้อบฆ่าเชื้อ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และตัวอย่างดินหลังการทดลอง

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างดินที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อและไม่ได้ อบฆ่าเชื้อ ก่อนการทดลอง

ดินไม่อบก่อนทดลอง	5.06	3.74	0.157	38
ดินอบก่อนทดลอง	4.98	3.62	0.181	38

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างปุ๋ยมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ตัวอย่างปุ๋ย	**pH**	**Total-N (%)**	**Total-P(ppm)**
มูลไส้เดือนดิน	8.85	1.14	8,371
น้ำหมักมูลไส้เดือน	8.88	0.02	ไม่มี

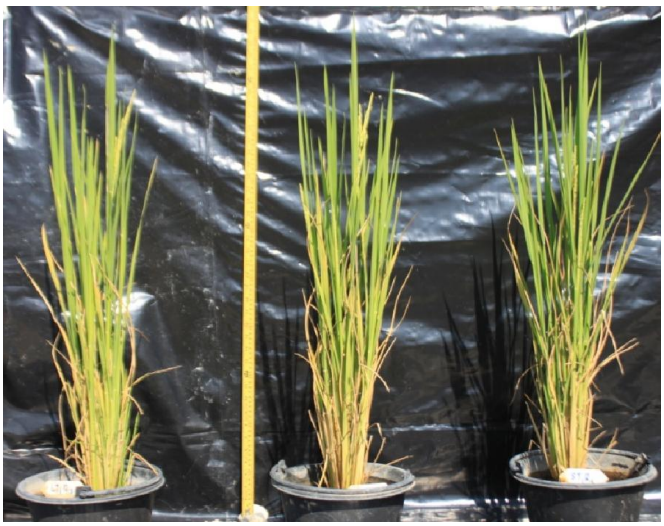
ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในตัวอย่างดินหลังการทดลอง

ตัวอย่างดิน	**pH**	**%OM**	**%N**	**Available-P (ppm)**
ดินร่วน (ควบคุม)	50.4	3.19	0.160	47
ดินร่วน + มูลไส้เดือนดิน	6.14	3.66	0.183	209
ดินร่วน + น้ำหมักมูลไส้เดือน	4.63	3.06	0.153	48
ดินร่วน + ตัวไส้เดือนดิน	4.14	2.97	0.149	45
ดินร่วน(อบ) (ควบคุม)	4.50	3.09	0.155	56
ดินร่วน(อบ) + มูลไส้เดือนดิน	6.13	3.49	0.175	208
ดินร่วน(อบ) + น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	5.04	3.19	0.160	59
ดินร่วน(อบ) + ตัวไส้เดือนดิน	4.37	3.04	0.152	61

วิเคราะห์โดย ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

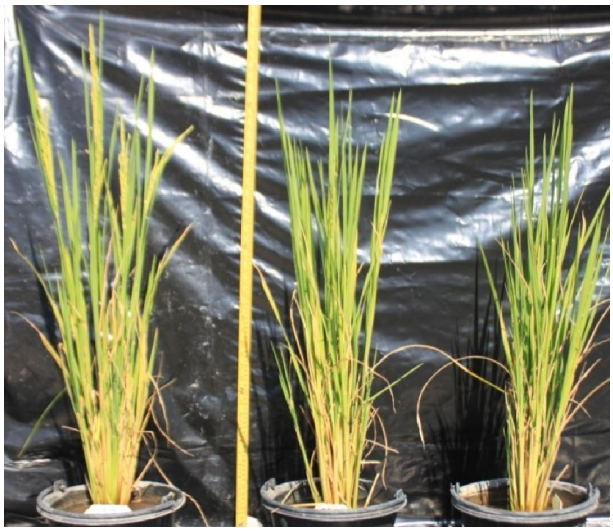
ภาคผนวก ข

ภาพการทดลอง



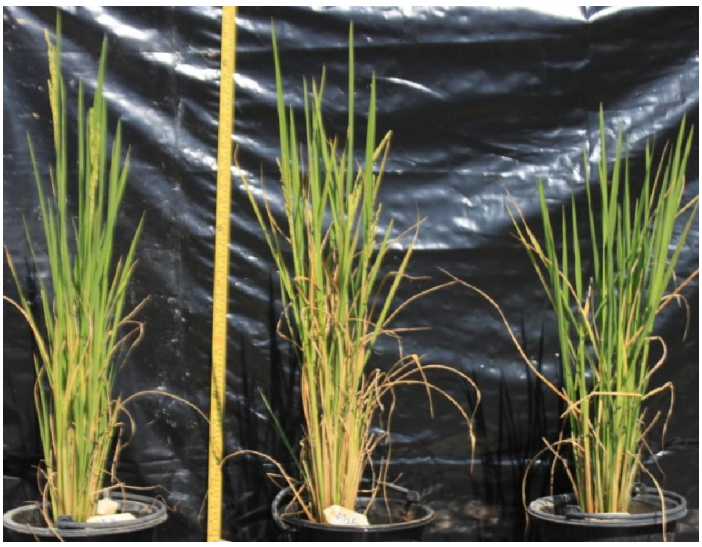
L D S

ภาคผนวกที่ 1 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำไม่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด (T1)



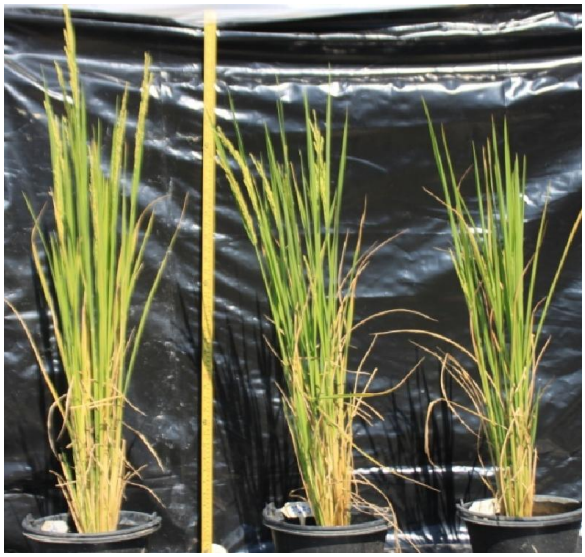
L D S

ภาคผนวกที่ 2 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำที่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ในอัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ (T2)



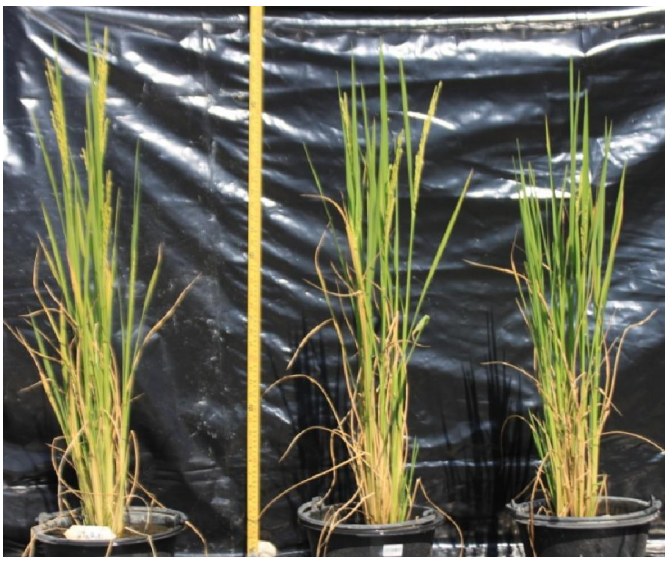
L D S

ภาคผนวกที่ 3 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำที่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ในอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T3)



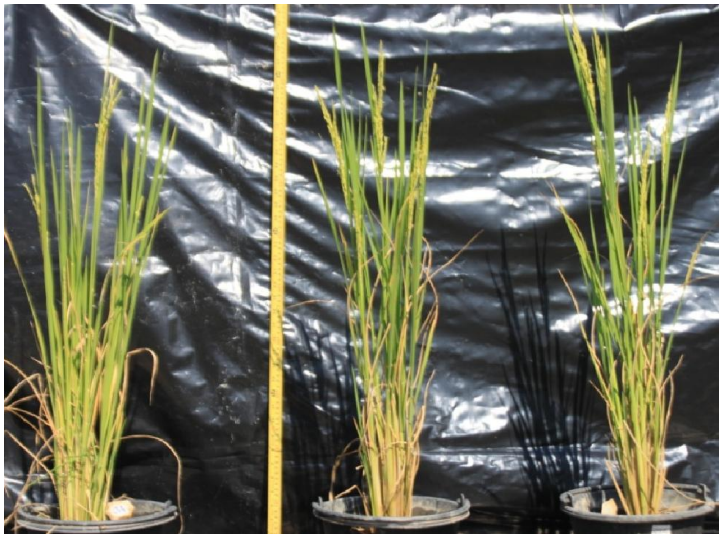
L D S

ภาคผนวกที่ 4 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำที่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ในอัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ (T4)



L D S

ภาคผนวกที่ 5 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำที่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ (T5)



L D S

ภาคผนวกที่ 6 แสดงรูปแบบการจัดการน้ำที่มีการปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ในอัตรา 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ (T6)