รายงานผลการวิจัย

เรื่อง กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดิน และปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

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

โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการ: ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2556
จำนวน 582,970 บาท

หัวหน้าโครงการ นายอานัฐ ตันโช
ผู้ร่วมโครงการ นางสาวศุภธิดา อ่ำทอง
นางสาวสุชาดา สานุสันต์
นางสาววราภรณ์ ภูมิพิพัฒน์

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์
29/กรกฎาคม/2557

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัย เรื่อง กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิดอินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ในครั้งนี้อยู่ภายใต้แผนงานโครงการ ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร ประจำปี 2556 ซึ่งโครงการวิจัยในครั้งนี้ ได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายจนทำให้เกิดองค์ความรู้เรื่อง ศักยภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินท้องถิ่นไทย ที่ผลิตจากขยะอินทรีย์ ต่อระบบการเกษตรและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น 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	ง
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
การตรวจเอกสาร	9
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	18
ผลการวิจัย	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	66
สรุปผลการวิจัย	73
เอกสารอ้างอิง	75

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ผลวิเคราะห์ค่า EC และฟอสฟอรัสในดินปลูกตำรับทดลองที่มีไส้เดือนดินและไม่มีไส้เดือนดิน	11
ตารางที่ 2	แสดงจำนวนจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ภายในลำไส้ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Lumbricus rubellus*	13
ตารางที่ 3	Experimental treatments used in this study	19
ตารางที่ 4	Effect of water managements, soil types and fertilizers on high of San-pah-tawng 1 at various ages.	29
ตารางที่ 5	Effect of water managements, soil types and fertilizers on number of tiller of San-pah- tawng 1	31
ตารางที่ 6	Effect of water managements, soil types and fertilizers on fresh weight dry weight and water use efficiency (WUE) of for photosynthesis of San-pah-tawng 1	32
ตารางที่ 7	Soil types, combined organic and chemical fertilizers and managements affected on available nitrogen.	35
ตารางที่ 8	Soil types, combined organic and chemical fertilizers and water managements affected on soil pH, soil organic carbon (SOC) and available phosphorus (Avai.P).	40
ตารางที่ 9	The effects of soil types and water management affected the soil organic carbon fractions (SOC and POC) and the rice's growth.	42
ตารางที่ 10	ผตารางแสดงความสัมพันธ์ชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อค่า P-fraction	44
ตารางที่ 11	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อค่า Zn and Cu Uptake, Zn and Cu in soil	46
ตารางที่ 12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน การจัดการน้ำ ต่อค่า C-fracti	48
ตารางที่ 13	ข้อมูลปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก	52
ตารางที่ 14	ข้อมูลปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 15	อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังใส่ปุ๋ย	57
ตารางที่ 16	ข้อมูลปริมาณ NH^+_4 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน สัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก	59
ตารางที่ 17	ข้อมูลปริมาณ NO^-_3 เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก	62
ตารางที่ 18	อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการใส่ปุ๋ย	64

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	Effect of water management on water use efficiency by the amount of water used for photosynthesis (μmol M^{-2} $S^{-1}L^{-1}$).	33
ภาพที่ 2	The relationship between SOC and POC.	43
ภาพที่ 3	The relationship between the dry weight of rice with POC and SOC.	44
ภาพที่ 4	กราฟปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก	52
ภาพที่ 5	กราฟแสดงปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก	54
ภาพที่ 6	อัตราการหายใจของจุลินทรีย์เมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 วันหลังใส่ปุ๋ย	57
ภาพที่ 7	กราฟแสดงปริมาณ NH^+_4 เฉลี่ยหลังจากบ่ม ดิน สัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก	60
ภาพที่ 8	กราฟแสดงปริมาณ NO^-_3 เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก	62
ภาพที่ 9	อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการใส่ปุ๋ย	65

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 ภูมิ่พิพัฒน์[4]

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

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ. เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษารูปแบบการจัดการน้ำ และชนิดของดิน ที่มีต่อ POC และ SOC ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ หอมมะลิ 105 พบว่า ชนิดของดินหางดง มีปริมาณ SOC น้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอดีที่สุดแต่ในดินสรรพยา มีปริมาณ POC ดีที่สุด ส่วนรูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ(AWDsat) มีปริมาณ SOC ,POC น้ำหนักแห้งและการแตกกอดีที่สุดแต่การขังน้ำเหนือดิน (WL)มีความสูงดีที่สุด การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ(AWDsat) ร่วมกับชนิดดินหางดง มีปริมาณ SOC และน้ำหนักแห้งดีที่สุด

การศึกษาการปลดปล่อย CO2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH4+ และ NO3- ในตัวอย่างดินหลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในแปลงปลูกกะหล่ำดอก พบว่า หลังจากสัปดาห์ที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ ในแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH4+ สูงที่สุด และในสัปดาห์ที่ 4 แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH4+ สูงที่สุด ส่วนปริมาณ NO3- พบว่า แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินให้ปริมาณ NO3- สูงที่สุด ในช่วงสัปดาห์แรก และปริมาณ NO3- ในแต่ละตำรับทดลองจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 5 จากนั้นปริมาณ NO3- มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO3- สูงที่สุด การปลดปล่อย CO2 เกิดขึ้นสูงสุดในช่วง

สัปดาห์แรก ซึ่งแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อย CO2 สูงสุด หลังจาก 1 สัปดาห์ การปลดปล่อย CO2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO2 ต่ำที่สุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นในแต่ละตำรับทดลองจะมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีลงไป ทำให้การปลดปล่อย CO2 มีแนวโน้มสูงขึ้นจากสัปดาห์ที่ 6 จนถึงสัปดาห์ที่ 7 ดังนั้นการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อการปลดปล่อย CO2 และไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (NH4+ และ NO3-) ในดิน

การใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อการปลดปล่อย (CO2) และศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินในรูป (NH+4) และ (NO-3) ในดินปลูกกะหล่ำดอก พบว่าไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณ NH+4 สูงที่สุด และในสัปดาห์ที่4 แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH+4 สูงที่สุด จากนั้นปริมาณ NH+4 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 6 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ส่วนปริมาณ NO-3 พบว่า ในแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NO-3 สูงที่สุด ในสัปดาห์แรก จากนั้นปริมาณ NO-3 ในแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใช้ปุ๋ยเคมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 7 และแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO-3 เพิ่มขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่ 3 และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO-3 สูงที่สุด การปลดปล่อย CO2 ในแต่ละตำรับทดลองเกิดขึ้นสูงที่สุดในช่วงสัปดาห์แรก และลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่1 จนถึงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO2 ต่ำที่สุด จากนั้น จะมีการปลดปล่อย CO2 เพิ่มขึ้นไปจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งพบว่าการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อการปลดปล่อย CO2และไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (NH+4 และ NO-3) ในดิน

คำสำคัญ: ไส้เดือนดิน ปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน การหายใจของจุลินทรีย์ อินทรีย์คาร์บอน รูปแบบการจัดการน้ำ

Abstract

The study on water management model and soil type on the POC and SOC that affected the growth of rice cultivars Jasmine 105 found that Hang Dong soil series showed SOC volume of dry weight height and tillering best but POC volume had been showed that sapphaya soil series was the best. The water management model for wet and dry soil moisture levels saturated with water (AWDsat) showed SOC ,POC volume dry weight volume and tillering the best but flooding above ground (WL) showed the height best. The water management model for wet and dry soil moisture levels saturated with water (AWDsat) in conjunction with Hang Dong soil series had SOC volume and dry weight volume the best.

The study on CO2 release and determination of total nitrogen by the amount of NH4+ and NO3- in soil sample after added vermicompost, vermicompost liquid in Cauliflower production plot showed the highest volume of NH4+ after 3 weeks in cauliflower production plot added with vermicompost and in 4th weeks in cauliflower production plot after added vermicompost and chemical fertilizers. The volume of NO3- in each treatment founded cauliflower production plot after added vermicompost have volume of NO3- highest in the 1st week and volume of NO3- increase in the 2nd weeks and reduced in 3rd weeks until 5th weeks and until 7 weeks on the cauliflower production plot that added vermicompost with chemical fertilizers showed the highest volume of NO3-. CO2 evolution released with the maximum rate in the 1st weeks after added vermicompost with chemical fertilizers in cauliflower production plot. CO2 evolution reduced after 1st week until 3rd weeks after that CO2 release has the increased until 6 weeks except in cauliflower production plot that added vermicompost with chemical fertilizer showed CO2 evolution increased until 7th weeks. So cauliflower production plot that added vermicompost with chemical fertilizer have effected CO2 evolution and total nitrogen in the forms of NH4+ and NO3- in soil.

Using vermicompost liquid for the study of CO2 evolution and the study of total nitrogen mineralization by the amount of NH4+ and NO3- in soil sample showed that vermicompost liquid in Cauliflower production plot in the 3rd weeks had the highest volume of NH+4 and reduced until the 6nd weeks and increased again in the 7th weeks in cauliflower production plot that added vermicompost liquid with chemical fertilizers. The volume of NO3-

mineralization showed that cauliflower production plot used chemical fertilizers had the highest volume in the 1st week and reduced until 7th weeks. Meanwhile, cauliflower production plot that added vermicompost liquid with chemical fertilizer increase the volume of NO3- mineralization until 3rd weeks and reduced during the 4th weeks until 6weeks and increased again in the 7th weeks which was higher than the treatment with only chemical fertilizers. The CO2 evolution in each treatments occured in the first week and reduced from 1st weeks until 3rd weeks with the lowest CO2 evolution and increased again until the 7th weeks. Therefore, cauliflower production plot added with vermicompost liquid with chemical fertilizer have effected to CO2 release and total nitrogen by the amount of NH4+ and NO3- in soil.

Key word: Earthworm, Vermicompose, Microorganism's Respirations, Water management

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 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 ของอินทรียวัตถุในดินจัดได้ว่าเป็นส่วนที่ง่ายในการสกัดหรือเป็นส่วนง่ายต่อการย่อยสลายเช่น 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

$$\text{โปรตีน} \xrightarrow[\text{digestion}]{\text{enzymatic}} \text{R-NH}_2 + \text{CO}_2 + \text{พลังงาน} + \text{สารอื่น ๆ}$$

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

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

$$\text{R-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow[\text{hydrolysis}]{\text{enzymatic}} \text{NH}_3 + \text{R-OH} + \text{พลังงาน}$$

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

3) ไนทริฟิเคชัน (nitrification) เป็นกระบวนการออกซิไดส์ก๊าซ แอมโมเนีย(NH_3) หรือ แอมโมเนียมไอออน (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 ($\times 10^5$)		
	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

การทดลองที่ 1

<u>วิธีดำเนินการวิจัย</u>

การทดลองแบบ Randomize Complete Block Design (RCBD) มี 18 Treatment และ 3 Replications ทั้งหมด 54 กระถาง แต่ละ Treatment มีดังนี้ โดยปัจจัยที่ 1 คือชนิดดิน ประกอบด้วย 3 ชนิดดินได้แก่ชุดดินหางดง(Hd) น้ำพอง(Ng) และสรรพยา(Sa) ปัจจัยที่ 2 คือระดับความชื้น ประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ เปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(W) เปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) และขังน้ำเหนือดิน (WL)(L) 5 เซนติเมตร (Table 1) 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 การให้ปุ๋ยทางใบ ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ ไม่มีการให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน(T1) อัตราปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อน้ำเท่ากับ 1/20 ลิตร โดยทำการฉีดพ่นทางใบทุกๆ 7 วัน และมีการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินทางใบ(T2)โดยทำการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน(T1)อัตราปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อน้ำเท่ากับ 1/20 ลิตร จำนวน 4 ครั้ง ก่อนการเก็บเกี่ยว 1 อาทิตย์ โดยแต่ละ Treatment มีการใส่ปุ๋ย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในอัตรา 30 ,14 และ 7 กิโลกรัมต่อไร่

การเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากสภาพแวดล้อมที่ไม่มีการทำการเกษตร ที่ความลึกประมาณ 0 -15 เซนติเมตร นำมาพึ่งลมให้แห้ง นำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาดประมาณ 4 มิลลิเมตร ชั่งดิน 3 กิโลกรัม ใส่กระถางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร จากนั้นผสมดินกับน้ำเพื่อ

เลียนแบบการทำเทือกแล้วทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สำหรับการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวนั้นได้นำเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ผ่านคัดเลือกเมล็ดคุณภาพดี (โดยแช่น้ำ) มาแล้ว นำไปแช่น้ำไว้ประมาณ 1 วัน แล้วนำเมล็ดมาเก็บไว้ในห่อผ้ารอให้เมล็ดข้าวมีรากออกมายาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร จึงนำมาเมล็ดหยอดลงในกระบะเพาะกล้าที่เตรียมไว้กระถางละ 1 เมล็ด และเมื่อต้นข้าวอายุ 20 วันทำการย้ายปลูกลงในกระถาง กระถางละ 1 ต้น

ตารางที่ 3 Experimental treatments used in this study

Water management : 3 types	Soil type: 3 soil series	Foliar spray
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. **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) 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. **3.Waterlogging (WL)** (Soils were flooded to w a depth of 5 cm throughout the rice growth period.	**1. Numpong(Ng)** **2. Sanpaya (Sa)** **3. Hang Dong (Hd)**	**1.No foliar spray(T1)** **2.A foliar spray every 7 days. Manure, fermented manure enter a month the ratio 1:20. The injection of four times before harvest for a week(T2)**

การวิเคราะห์ดินและพืช

เก็บตัวอย่างดินโดยวิธีการรบกวนดิน โดยเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อข้าวอายุครบ 60 วัน และวัดการเจริญเติบโตได้แก่ความสูงและจำนวนหน่อทุกๆ 7 วัน เมื่อข้าวอายุ 60 วัน ได้ตัดตัวอย่างต้นข้าวเหนือผิวดิน 1 เซนติเมตร นำไปอบที่อุณหภูมิ 75 °C ด้วยตู้อบตัวอย่างพืชจนน้ำหนักแห้งคงที่จึงนำไปชั่งหาน้ำหนักต่อไป

<u>การทดลองที่ 2</u>

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของอิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่ออัตราการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกกะหล่ำดอก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ; RCBD 6 ตำรับทดลองจำนวน 3 ซ้ำ ดังต่อไปนี้

ตำรับทดลองที่ 1	ไม่ใส่ปุ๋ย
ตำรับทดลองที่ 2	ปุ๋ยเคมี
ตำรับทดลองที่ 3	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน
ตำรับทดลองที่ 4	ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี

วิธีการทดลอง

1. ขั้นตอนการเตรียมดินและการใส่ปุ๋ย

1.1 เตรียมแปลงปลูกโดยขึ้นแปลงขนาด 1 x 5 เมตร จำนวน 12 แปลง ขุดหลุมระยะ 25 x 30 เซนติเมตร ลึกประมาณ 10 – 15 เซนติเมตร

การใส่ปุ๋ย

- ใส่มูลไส้เดือนดิน แปลงละ 5 กิโลกรัม รองไว้ก้นหลุมๆ ละ 1 ขีด ที่เหลือโปรยให้ทั่วแปลง (ใส่ครั้งเดียว) ในแปลงที่ใส่มูลไส้เดือนดิน

- ใส่มูลไส้เดือนดิน แปลงละ 2.5 กิโลกรัม รองก้นหลุมๆ ละ 0.5 ขีด ที่เหลือโปรยให้ทั่วแปลง แล้วนำปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15 ประมาณ 2 กำมือ (สูตรเกษตรกร) มาละลายน้ำประมาณ 1 บัวรดน้ำ นำมารดให้ทั่วแปลง (ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินครั้งเดียว แต่ปุ๋ยเคมีตามสูตรเกษตรกร) ในแปลงที่ใส่มูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี

1.2 ย้ายกล้ากะหล่ำดอกอายุ 1 เดือน ลงปลูกในแปลง (ควรย้ายปลูกในช่วงตอนเย็นๆ เพราะป้องกันการเหี่ยวของกล้ากะหล่ำดอก)

1.3 รดน้ำทุกวันในช่วงเช้าหรือช่วงเย็นหรือช่วงแดดเริ่มหมดและหมั่นถอนหญ้าในแปลงเพื่อไม่ให้แย่งน้ำและปุ๋ยในช่วงกะหล่ำดอกกำลังเจริญเติบโต

1.7 การใส่ปุ๋ยเคมีใส่ 2 อาทิตย์ต่อครั้ง โดยละลายกับน้ำใส่บัวรดน้ำรด

2. การเก็บตัวอย่างดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดิน หลังปลูกทุกอาทิตย์ เก็บดินที่ระดับความลึก 0 – 15 เซนติเมตร จากนั้นนำมาทำให้แห้งในที่ร่ม (air – dried) ประมาณ 7 วัน แล้วนำไปบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

3. การหาปริมาณความชื้นของดิน

นำดินที่บดผ่านตะแกรงร่อน 2 มิลลิเมตร ชั่งดินจำนวน 100 กรัม ใส่บีกเกอร์ นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำดินมาชั่ง หาน้ำหนักของน้ำที่หายไป (AOAC, 1990 อ้างโดย คู่มือการทดสอบทางปฐพีกลศาสตร์. 2549.)
(ปฏิภาณ, 2555)

4. การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-) และการปลดปล่อยคาร์บอน (CO_2)

(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

สูตรการหา CO_2

$$\frac{A \times B \times 12}{40}$$

เมื่อ A คือ ปริมาณ HCL ที่ใช้ (ml)

B คือ ความเข้มข้นของ HCL ที่ใช้(จริง) (ml)

12 คือ มวลโมเลกุลของ C

40 คือ น้ำหนักดิน (g)

(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

- เติมสารละลายโซเดียมซาลิไซเลต-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 ($\mu g\ g^{-1}$) ที่นำไปวัดค่า ABS

สูตรการคำนวณหา NH_4^+

$$\frac{(a+b) \times \text{ปริมาณKCl} \times \text{ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักดิน} \times \text{ตัวอย่างดินที่ใช้}}$$

เมื่อ a คือ ค่า Intercept ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด (ml)

b คือ ค่า Slope น้ำหนักดิน (g)

ปริมาณ KCl (ml) ตัวอย่างดินที่ใช้ (ml)

(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

การทดลองที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่ออัตราการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในดินปลูกกะหล่ำดอก วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design; RCBD มีการแบ่งการทดลองเป็น 4 ตำรับทดลอง 3 ซ้ำดังนี้

ตำรับทดลองที่ 1	ไม่ใส่ปุ๋ย(Control)
ตำรับทดลองที่ 2	ใส่ปุ๋ยเคมี
ตำรับทดลองที่ 3	ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน (1:100)
ตำรับทดลองที่ 4	ใส่ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี

วิธีการทดลอง

1. ขั้นตอนการเตรียมดินและการใส่ปุ๋ย

การเตรียมดินและการดูแลรักษา

1.1 เตรียมแปลงปลูกโดยขึ้นแปลงขนาด 1× 5 เมตร จำนวน 12 แปลง ขุดหลุมระยะ 25× 30 เซนติเมตร ลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร

1.2 ย้ายกล้ากะหล่ำอายุ 1 เดือน ลงปลูกในแปลง (ย้ายปลูกในช่วงเวลาเย็นเพื่อป้องกันการเหี่ยวของกล้ากะหล่ำ)

1.3 รดน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ในตำรับทดลองที่ 3 รด 1 ครั้ง ต่อ 2 สัปดาห์ แปลงละ 5 ลิตร โดยใช้ในอัตราส่วน 1: 100

1.4 รดน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ในตำรับทดลองที่ 4 รด 1 ครั้ง ต่อ 2 สัปดาห์ แปลงละ 5 ลิตร โดยใช้ในอัตราส่วน 1: 100 แล้วนำปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ประมาณ 2 กำมือ (ตามสูตรของเกษตรกร) นำมาละลายน้ำและรดให้ทั่วแปลง

1.5 รดน้ำทุกวันในช่วงเช้าหรือช่วงเย็น

1.6 ถอนหญ้าในแปลงเพื่อไม่ให้แย่งน้ำและปุ๋ยในช่วงกะหล่ำกำลังเจริญเติบโต

1.7 ปุ๋ยเคมีจะใส่ระยะห่างกัน 2 อาทิตย์ ต่อ 1 ครั้ง โดยนำปุ๋ยละลายในน้ำจากนั้นนำไปรดต้นกะหล่ำ

2. การเก็บตัวอย่างดิน

2.1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกกะหล่ำดอกก่อนปลูก

2.2 เก็บตัวอย่างดินหลังปลูก โดยการสุ่มเก็บแปลงละ 3 จุด โดยใช้จอบเก็บดินเก็บที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร (1 หน้าจอบ) เก็บตัวอย่างดินบริเวณต้นกะกล่ำดอก จากนั้นนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บทุกๆ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 7 สัปดาห์

3. วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 นำตัวอย่างดินที่เก็บมาผึ่งในที่ร่มให้ดินแห้ง บดตัวอย่างดิน และนำไปผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร

3.2 ชั่งดินที่ผ่านตะแกรงร่อนมาแล้ว 100 กรัม ในแต่ละตัวอย่าง นำไปอบที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.2 ทำการบ่มดินปรับให้มีความชื้นที่ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดิน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ในที่ มืดนาน 7 วัน โดยนำดินที่ความชื้น 40 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักดินใส่ลงไปในขวดโหลบ่ม นำขวดแก้วที่มี NaOH 20 มิลลิลิตร ใส่ลงไปในโหลบ่มเดียวกัน ใส่น้ำลงไปในโหลบ่ม 20 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันดินแห้งจากการแผดเผาของ NaOH ปิดฝาให้สนิท บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิห้อง) ในที่มืดนาน 7 วัน นำออกมาวิเคราะห์ทำ Blank คือใส่บีกเกอร์ที่มี NaOH เพียงอย่างเดียวในขวดโหล

3.3 วิเคราะห์หาคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

นำ NaOH ใน Beaker มาหาปริมาณ CO_2 ที่ได้จากการหายใจของจุลินทรีย์ดิน โดยคำนวณหาจากปริมาณ NaOH ที่เหลืออยู่ (ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับ CO_2) โดย ใส่ $BaCl_2$ 1 มิลลิลิตรใส่ Indicator (Phenolphthalein) 3-4 หยด นำมาไตเตรทกับ HCl ที่ความเข้มข้น 0.025N จดปริมาณ HCl เอาไว้เพื่อนำมาคำนวณหา CO_2

สูตรการหา CO_2

$$\frac{A \times B \times 12}{40}$$

เมื่อ A คือ ปริมาณ HCl ที่ใช้ (ml)

B คือ ความเข้มข้นของ HCl ที่ใช้ (จริง) (ml)

12 คือ มวลโมเลกุลของ C

40 คือ น้ำหนักดิน (g)

3. 4 วิเคราะห์หาแอมโมเนียม

ชั่งดิน 2.50 กรัม ใส่ในหลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตรเติม โพแทสเซียมคลอไรด์ 2.0 โมลาร์ ลงไป 25 มิลลิลิตรนำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

การทำให้เกิดสี

เตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมไนโตรเจน 0, 2, 5, 10 และ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร (mgL^{-1}) โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียมไนโตรเจน 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 0, 0.2, 0.5 1 และ 2 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรและปรับปริมาตรด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ 2.0 โมลาร์ เป็น 100 มิลลิลตร ปิเปตสารละลายมาตรฐาน หรือสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง และเติมสารละลายบัฟเฟอร์ลงไป 2.5 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมซาลิไซเลต-โซเดียมไนโทรพรัสไซด์ 2 มิลลิลิตร และเขย่า เติมสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรด์ 1 มิลลิลิตร เขย่า แล้ววางทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง

การวัดค่าการดูดกลืนแสง

ใช้สารละลายที่ไม่มีแอมโมเนียมไนโตรเจนอยู่ (zero standard) ปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Absorbance: ABS) ที่ 650 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์ วัด ABSของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดตัวอย่าง

สูตรการคำนวณหา NH^{+}_{4}

$$\frac{(a+b)\times \text{ปริมาณ KCl} \times \text{ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักดิน} \times \text{ตัวอย่างดินที่ใช้}}$$

เมื่อ	a	คือ	ค่า Intercept	ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด (ml)
	b	คือ	ค่า Slope	น้ำหนักดิน (g)
	ปริมาณ KCl (ml)			ตัวอย่างดินที่ใช้ (ml)

3.5 วิเคราะห์หาไนเตรต (NO^{-}_{3})

ชั่งดิน 10.00 กรัม ใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมซัลเฟต 0.5 โมลาร์ ลงไป 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า 1 ชั่วโมง นำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยแม่โจ้

การทำให้เกิดสี

เตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรทไนโตรเจน 0, 0.2, 0.5, 1, 2 และ 4 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg L-1) โดยปิเปตจากสารละลายมาตรฐานไนเตรทไนโตรเจน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (เจือจางจาก 1,000 มิลิกรัมต่อลิตร) มา 0, 0.2, 0.5, 1, 2 และ 4 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต0.5โมลาร์เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดปริมาตร ปิเปตสารละลายมาตรฐานหรือสารละลายตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลายโซเดียมซาลิไซลิก 1 มิลลิลิตร และค่อยๆ เขย่า เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ แล้ววางทิ้งไว้ทิ้ง 1 ชั่วโมง

การวัดค่าการดูดกลืนแสง

ใช้สารละลายที่ไม่มีไนเตรทไนโตรเจนอยู่ (Zero Standard) ปรับให้เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 410 นาโนเมตร เท่ากับศูนย์วัดค่าการดูดแสง (ABS) ของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้นแล้วจึงวัดตัวอย่าง

สูตรการคำนวณหา NO_3^-

$$\frac{(a+b)\times \text{ปริมาณ KCl} \times \text{ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักดิน} \times \text{ตัวอย่างดินที่ใช้}}$$

เมื่อ a คือ ค่า Intercept ปริมาณสารที่ใช้ทั้งหมด (ml)

b คือ ค่า Slope น้ำหนักดิน (g)

ปริมาณ KCl (ml) ตัวอย่างดินที่ใช้ (ml)

ผลการวิจัย

ผลการทดลองที่ 1

ผลของการจัดการน้ำแบบต่างๆ ชนิดดิน และรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกในรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบคือ การขังน้ำ (WL) และเปียกสลับแห้ง (AWD) พบว่าการจัดการน้ำมีผลทำให้การเจริญเติบโตในส่วนของความสูง จำนวนหน่อ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของข้าว และประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าวพันธุ์สันป่าตอง ดังนี้

ความสูง

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อความสูงของข้าวอายุ 18,46 และ 66 วัน พบว่า WL มีผลให้ความสูงของข้าวสูงกว่า AWD และในทุกชุดดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงอายุ (ตารางที่ 4) นอกจากนี้ รูปแบบการให้น้ำแบบ WL ในชุดดินสรรพยา (Sp) ในขณะที่ข้าวอายุ 46 และ 66 วัน ข้าวมีความสูง 47.3 และ 58.7 cm ตามลำดับ และชุดดินหางดง (Hd) มีความสูงเท่ากับ 49.1 และ 60.6 cm ตามลำดับ ซึ่งมีความสูงสูงกว่าดินชุดน้ำพอง (Np) ที่มีความสูงเท่ากับ 44.8 และ 55.8 cm ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับการให้น้ำแบบ AWD อายุข้าวเท่ากันพบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดิน Sp มีความสูงต่ำที่สุด (38.7 cm) โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยแบบต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดินทั้ง 3 ชุดดินที่อายุ 46 และ 66 วัน นั้นพบว่าความสูงของข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ มีความสูงระหว่าง 10.6- 25.0,36.3 - 50.6 และ 33.1- 62.3 cm ในดิน Np,Sp,Hd ตามลำดับ อาจจะกล่าวได้ว่าระบบการให้น้ำแบบ WL มีความสูงมากกว่า AWD และชุดดิน Hd ทำให้ความสูงสูงกว่าชุดดิน Sp และ Np นอกจากนี้ ยังพบแนวโน้มการใช้ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการใส่ธาตุอาหารไนโตรเจนทำให้ความสูงของข้าวเพิ่มขึ้น

จำนวนหน่อต่อต้น

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวอายุ 18,46 และ 66 วัน และในทุกชุดดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นในดิน Sp ที่ให้น้ำแบบ AWD มีจำนวนหน่อต่อกอต่ำสุด (4.8 หน่อต่อต้น) และแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่

4) สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดินทั้ง 3 ชุดที่อายุ 18, 46 และ 66 วัน พบว่าจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉพาะที่อายุ 44 และ 66 วัน ซึ่งพบว่าในดิน Sp และ Hd รูปแบบของการให้ปุ๋ยไส้เดือนมีผลต่อจำนวนหน่อต่อต้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยระหว่างการใส่ปุ๋ยกับชนิดของในรูปแบบการจัดการน้ำแบบ WL ที่อายุ 66 วัน ในดิน Np, Sp และ Hd มีจำนวนหน่อต่อต้นระหว่าง 5.0-9.8, 6.3-9.0 และ 7.8-10.5 หน่อต่อต้น ตามลำดับและ AWD ในดิน Np, Sp และ Hd มีจำนวนหน่อระหว่าง 6.5-9.8,2.8-5.5 และ 9.0-11.0 หน่อต่อต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 4) จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการใส่ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีผลต่อจำนวนหน่อของข้าวในการให้น้ำทั้งสองระบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินชุด Hd ที่มีการให้น้ำแบบ AWD

ตารางที่ 4 Effect of water managements, soil types and fertilizers on high of San-pah-tawng 1 at various ages.

	High (cm)					
	Day 18		Day 46		Day 66	
	WL	AWD	WL	AWD	WL	AWD
NpF1	22.7 ABC	23.5 ABC	44.2 EFGHIJK	40.6 KLM	63.0 CDEFGH	47.4 GHI
NpF2	24.8 A	21.1 BCD	45.8 BCDEFGH	42.1 HIJKLM	68.9 ABCD	46.2 I
NpF3	24.0 AB	22.0 ABC	44.9 DEFGHIJ	41.4 IJKLM	66.3 ABCDE	48.6 FGHI
NpF4	25.0 A	16.9 FGHIJK	50.0 A	42.8 GHIJKL	67.8 ABCD	49.8 EFGHI
NpF5	14.6 HIJKL	14.9 HIJKL	39.4 LMN	40.8 JKLM	63.8 BCDEFG	45.3 EFGHI
NpW	22.2 a	19.5 b	44.8 b	41.5 c	55.8 b	48.0 c
SpF1	13.9 IJKL	14.4 HIJKL	45.1 CDEFGHI	39.3 LMN	58.8 ABC	45.8 HI
SpF2	14.9 HIJKL	10.6 M	48.0 BCDE	36.3 N	59.6 ABC	33.1 J
SpF3	15.8 GHIJKL	12.1 LM	46.6 ABCDEFG	40.8 JKLM	58.4 ABCD	45.3 HI
SpF4	15.9 FGHIJK	13.3 JKLM	47.5 ABCDEF	37.9 MN	61.5 A	45.6 I
SpF5	13.4 IJKLM	12.9 KLM	49.4 AB	39.2 LMN	55.2 ABCDEF	47.4 GHI
SpW	14.6 e	12.6 f	47.3 a	38.7 d	58.7ab	43.6 d
HdF1	17.3 EFGH	16.9 FGHIJK	47.5 ABCDEF	41.4 IJKLM	68.6 ABC	49.1 FGHI
HdF2	20.3 CDE	16.5 FGHIJ	50.6 A	43.4 FGHIJKL	69.6 AB	49.3 EFGHI
HdF3	18.3 DEF	15.1 FGHIJKL	48.7 ABCD	40.9 IJKLM	61.9 A	48.0 FGHI
HdF4	14.8 HIJKL	16.6 FGHI	49.6 AB	42.8 HIJKLM	62.3 A	49.9 EFGHI
HdF5	18.2 DEFG	16.6 FGHIJ	49.1 ABC	43.7 FGHIJK	60.6 AB	51.3 DEFGHI
HdW	17.8 c	15.1 d	49.1 a	42.3 c	60.6 a	49.5 c
WM	18.2 A	16.1 B	47.1 A	40.8 B	58.4 A	47.1 B

Note: WL = (Water logging), AWD (Alternate Wetting and Drying) ns Significantly difference at P < 0.05

น้ำหนักสดของข้าว

ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อน้ำหนักสดของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL (22.9 g plant^{-1}) มีน้ำหนักสดสูงกว่า AWD (14.9 g plant^{-1}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6) เช่นเดียวกับผลของรูปแบบการจัดการน้ำร่วมกับชุดดินพบว่าชุดดิน Np, Sp และ Hd ที่มีการจัดการน้ำแบบ WL มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 17.2, 21.9 และ 29.9 g plant^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่การให้แบบ AWD มีน้ำหนักสดเท่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.0, 9.7 และ 22.0 g plant^{-1} ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15) ขณะที่ผลของการให้ปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำในดินทั้ง 3 ชนิด พบว่าในดิน Hd ในระบบการให้น้ำแบบ WL และ AWD มีน้ำหนักสดระหว่าง 22.3-34 และ 17.2-24.7 g plant^{-1} ตามลำดับ สำหรับในดิน Sp ในระบบการให้น้ำแบบ WL และ AWD มีน้ำหนักสดระหว่าง 18.0-30.1 และ 5.7- 12.3 g plant^{-1} ตามลำดับ และในดิน Np ในระบบการให้น้ำแบบ WL และ AWD มีน้ำหนักสดระหว่าง 12.1-22.3 และ 10.6- 18.4 g plant^{-1} ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวในดิน Hd ที่มีการจัดการน้ำทั้งสองรูปแบบให้น้ำหนักสดของข้าวสูงสุด และมีข้อสังเกตในดิน Sp ที่มีการให้น้ำแบบ AWD ให้ผลผลิตต่ำที่สุด นอกจากนี้ ผลของการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ ร่วมกับดินชนิดต่างๆ พบว่าการให้ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับไนโตรเจน 30 กิโลกรัมต่อไร่และฟอสฟอรัส (4-8 กิโลกรัม P_2O_5ต่อไร่) จะได้น้ำหนักสดของข้าวสูงสุด

ตารางที่ 5 Effect of water managements, soil types and fertilizers on number of tiller of San-pah-tawng 1

	Number of thriller plant^{-1}					
	Day 18		Day 46		Day 66	
	WL	AWD	WL	AWD	WL	AWD
NpF1	3.0 ABCD	4.0 ABC	6.5 ABCDEFGH	6.0 BCDEFGH	6.5 ABCDE	6.5 ABCDE
NpF2	3.5 ABCD	3.5 ABCD	7.5 ABCDEFG	6.5 ABCDEFGH	7.0 ABCDE	8.0 ABCDE
NpF3	3.3 ABCD	3.8 ABCD	6.3 ABCDEFGH	9.0 ABCDE	6.8 ABCDE	9.0 ABCD
NpF4	3.0 ABCD	3.5 ABCD	8.0 ABCDEFG	9.3 ABCDE	9.8 ABCD	9.8 ABCD
NpF5	1.8 CD	3.5 ABCD	5.5 CDEFGH	7.8 ABCDEFG	5.0 DE	8.5 ABCD
NpW	***2.9 cb***	***3.7 ab***	***6.8 c***	***7.7 bc***	***7.0 c***	***8.4 bc***
SpF1	2.0 BCD	2.8 ABCD	6.8 ABCDEFGH	3.8 GH	6.8 ABCDE	5.3 CDE
SpF2	3.3 ABCD	1.3 D	6.3 ABCDEFGH	2.5 H	6.3 ABCDE	2.8 E
SpF3	2.0 BCD	1.5 CD	6.3 ABCDEFGH	5.0 DEFGH	6.5 ABCDE	5.3 CDE
SpF4	4.0 ABC	2.0 BCD	8.5 ABCDEF	4.8 EFGH	9.0 ABCD	5.5 BCDE
SpF5	1.8 CD	1.5 CD	6.8 ABCDEFGH	4.0 FGH	7.8 ABCDE	5.0 DE
SpW	***2.6 cd***	***1.8 d***	***6.9 c***	***4.0 d***	***7.3 c***	***4.8 d***
HdF1	3.0 ABCD	3.0 ABCD	7.0 ABCDEFGH	10.5 AB	7.8 ABCDE	11.0 A
HdF2	4.5 AB	2.8 ABCD	8.8 ABCDE	9.8 ABC	9.5 ABCD	10.3 ABCD
HdF3	3.8 ABCD	4.5 AB	8.8 ABCDE	8.8 ABCDE	8.8 ABCD	9.0 ABCD
HdF4	5.3 A	3.3 ABCD	9.5 ABCD	10.8 A	10.5 ABC	10.8 AB
HdF5	3.8 ABCD	3.5 ABCD	9.8 ABC	10.0 ABC	10.0 ABCD	10.5 ABC
HdW	***4.1 a***	***3.4 abc***	***8.8 ab***	***10.0 a***	***9.3 ab***	***10.3 a***
WM	**3.2 NS**	**3.0 NS**	**7.5 NS**	**7.2 NS**	**7.9 NS**	**7.8 NS**

Note: WL = (Water logging), AWD (Alternate Watting and Drying) n* Significantly difference at P < 0.05

น้ำหนักแห้งของข้าว

ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อน้ำหนักแห้งของข้าวอายุ 66 วัน พบว่า WL (6.6 g plant^{-1}) มีน้ำหนักแห้งสูงกว่า AWD (4.9 g plant^{-1}) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 6) เช่นเดียวกับผลของรูปแบบการจัดการน้ำร่วมกับชุดดินพบว่าชุดดิน Np, Sp และ Hd ที่มีการจัดการน้ำแบบ WL มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 5.2, 5.8 และ 8.8 g plant^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่การให้แบบ AWD มีน้ำหนักแห้งเท่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.7, 2.8 และ 7.0 g plant^{-1} ตามลำดับ (ตาราง 6) โดยดิน Sp และ Hd ที่มีการให้น้ำแบบ WL สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการให้น้ำแบบ AWD ในดินชุดดินเดียวกัน นอกจากนี้ ผลของการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการให้ไนโตรเจน 30 และฟอสฟอรัส (P_2O_5) 4 กิโลกรัมต่อไร่ (HdF4) มีน้ำหนักแห้งของข้าวสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนหน่อและน้ำหนักสด

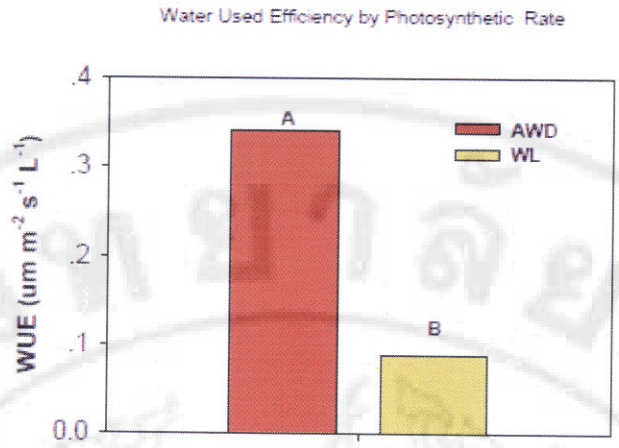
ประสิทธิภาพการใช้น้ำของข้าว กับการสังเคราะห์แสง

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำเพื่อการสังเคราะห์แสง (water use efficiency of for photosynthesis (WUEpho)) ของข้าวอายุ 60 วัน พบว่า WL มีค่า WUEpho เท่ากับ 0.09 μmol M^{-2} $S^{-1}L^{-1}$ ซึ่งต่ำกว่าการให้น้ำแบบ AWD (0.34 μmol M^{-2} $S^{-1}L^{-}$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6 และภาพที่ 1)

ตารางที่ 6 Effect of water managements, soil types and fertilizers on fresh weight dry weight and water use efficiency (WUE) of for photosynthesis of San-pah-tawng 1

	Fresh weight (g/plant)		Dry weight (g/plant)		water use efficiency (WUE) of for photosynthesis (μmol M^{-2} $S^{-1}L$-1) (WUEpho)	
	WL	AWD	WL	AWD	WL	AWD
NpF1	12.1 FGHI	10.6 FGHI	3.6 IJK	3.4 IJKL	0.16 EFGH	0.42 BC
NpF2	18.5 CDEFGH	13.1 EFGHI	5.5 EFGHI	4.3 HIJK	0.10 GH	0.32 CDE
NpF3	17.4 DEFGH	14.3 EFGHI	4.8 GHIJ	4.8 GHIJ	0.15 FGH	0.28 CDEF
NpF4	22.3 BCDEF	18.4 CDEFGH	6.9 CDE	6.1 EFGH	0.09 GH	0.19 EFGH
NpF5	15.8 EFGHI	13.5 EFGHI	4.9 FGHIJ	4.6 HIJK	0.10 GH	0.30 CDEF
NpW	17.2 cd	14.0 d	5.2 cd	4.7 d	0.1 c	0.3 b
SpF1	18.0 DEFGH	10.0 GHI	4.9 FGHIJ	2.8 KL	0.09 GH	0.30 CDEF
SpF2	21.3 BCDEFG	5.7 I	5.7 EFGH	1.6 L	0.07 H	0.37 CD
SpF3	19.0 CDEFGH	11.0 FGHI	5.0 FGHIJ	3.2 JKL	0.08 H	0.24 DEFG
SpF4	30.1 ABC	12.3 FGHI	8.1 BCD	3.6 IJK	0.07 H	0.57 AB
SpF5	21.3BCDEFGH	9.5 HI	5.5 EFGHI	2.9 KL	0.09 GH	0.62 A
SpW	21.9 b	9.7 e	5.8 c	2.8 e	0.1 c	0.4 a
HdF1	22.3 BCDEF	21.2 BCDEFGH	6.7 DEFG	6.8 CDEF	0.08 GH	0.28 CDEF
HdF2	28.0ABCD	21.2BCDEFGH	8.1 BCD	6.8 CDEF	0.10 GH	0.30 CDEF
HdF3	30.0ABC	17.2DEFGHI	9.6 AB	5.5 EFGH	0.06 H	0.32 CDE
HdF4	32.8 AB	20.6CDEFGH	9.7 AB	7.2 CDE	0.08 GH	0.31 CDEF
HdF5	34.1 A	24.7ABCDE	10.0 A	8.6 ABC	0.03 H	0.32 CDE
HdW	29.4 a	22.0 b	8.8 a	7.0 b	0.1 c	0.3 b
WM	22.9 A	14.9 B	6.6 A	4.8 B	0.09 B	0.34 A

Note: WL = (Water logging), AWD (Alternate Wetting and Drying) n* Significandy difference at P < 0.05



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

ปฏิกิริยาดิน (soil pH)

ผลของรูปแบบการจัดการน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือการขังน้ำ (WL) และเปียกสลับแห้ง (AWD) ต่อ pH ของดิน(ข้าวมีอายุ 66 วัน)นั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผลของรูปแบบการให้น้ำร่วมกับชนิดของดินพบว่าการให้น้ำแบบ AWD ในดิน Sp และ Np มี pH สูงกว่าดินกว่า WL สำหรับดินชุด Hd ให้น้ำแบบ AWD มีค่า pH ต่ำกว่า WL โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ผลของการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีรูปแบบต่างๆ ในดินแต่ละชุดดินนั้นไม่ทำให้ pH แตกต่างกันทางสถิติภายใต้ดินชนิดต่างๆ และรูปแบบการให้น้ำทั้ง 2 รูปแบบ ในระหว่างการขังน้ำในการให้น้ำแบบการขังน้ำ(WL)ของดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน โดยดินกรดจะมี pH สูงขึ้นเนื่องมีการใช้โปรตรอน (H^+) ในปฏิกิริยา ในขณะที่ดินด่าง pH ลดลง เพราะว่ามีปริมาณของกรดคาร์บอนนิคเพิ่มขึ้นในสารละลายดินมีปริมาณของ CO_2 เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง pH ดังกล่าวจะเปลี่ยนกลับมาสู่สภาพเดิมได้ นอกจากนี้มีการเปลี่ยนแปลงแบบกลับไปมาของค่าสารละลายดินระหว่างการขังน้ำเป็นกลางในช่วงการปลูกข้าว แล้ว pH จะเป็นเป็นด่างเมื่อสิ้นสุดฤดูกาลเพราะปลูก และดินจะกลับมาเป็นกลางอีกครั้งเมื่อฤดูการเพาะปลูกใหม่อีกครั้ง (Kirk, 2004) ซึ่งอธิบายการเพิ่มขึ้นของ pH ได้จากสมการของเมการของเนินส์ (Nernst's equation) ซึ่งกล่าวไว้ว่า ถ้าค่า Eh (ค่ารีดอกซ์โพเทียนเซียล) เปลี่ยนแปลง 59 mV จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ pH 1 หน่วย ซึ่ง รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของ pH นี้ ซึ่งค่า Eh ที่เปลี่ยนแปลงจะมีค่าตั้งแต่ 59-177 mV (Yu and Patrick ,2003) จากการศึกษาครั้งนี้ควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ pH ของดินตลอดเวลานั้นอาจจะเกิดประโยชน์ในการประเมินสถานะของธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัสและจุลธาตุได้ถูกต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งจากรายงานของ Dong et al., (2012) pH

ของน้ำที่ได้รับการจัดน้ำแบบ AWD นั้นมีค่าต่ำกว่าการให้แบบน้ำขังเล็กน้อย และช่วงท้ายการทดลอง pH ใน AWD จะต่ำกว่าแบบน้ำขัง 1 หน่วย pH ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ pH นี้จะมีผลอัตราส่วนระหว่าง NH_3/NH_4^+ หรือโอกาสในการสูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซ NH_3 นอกจากนี้ pH ของดิน Hd มีต่ำกว่าดินก่อนทดลองหรือภายหลังการเพาะปลูก อาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่นการดูดใช้ธาตุอาหาของข้าวมีการขับ H^+ ออกมาร่วมกับการเกิดกระบวนการ Nitrification และการสลายตัวของปุ๋ยไส้เดือนดิน

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แอมโมเนียมและไนเตรท (Available N as NH_4^+ and NO_3^-)

โดยทั่วไปข้าวเป็นพืชเจริญเติบโตได้ในสภาพดินนาน้ำขังและชอบดูดใช้ไนโตรเจน (preferential N) ในรูปของ NH_4^+ แต่อย่างไรก็ตามจากที่รากข้าวสามารถปลดปล่อยออกซิเจนออกมาเป็นผลให้NH_4^+ ถูกเปลี่ยนไป NO_3^- ได้ (Kirk, 2003) จากผลการศึกษาครั้งนี้ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือการขังน้ำ (WL) และเปียกสลับแห้ง(AWD) ต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า WL มีผลทำให้ปริมาณ NH_4^+ (13.96 mg kg^{-1}) และ NO_3^- (6.43 mg kg^{-1}) สูงกว่าการให้น้ำแบบ AWD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) ในขณะที่ผลของรูปแบบการให้น้ำร่วมกับชนิดของดินพบว่าชุดดิน Sp และชุดดิน Hd ในการขังน้ำมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าดินชุด Np โดยการให้น้ำแบบ WL ในดิน Np,Sp และ Hd มีปริมาณ NH_4^+ ระหว่าง 8.76-9.73,16.12-20.57 และ 7.83-20.21 mg kg^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่การให้น้ำแบบ AWD ในดิน Np,Sp และ Hd มีปริมาณ NH_4^+ ระหว่าง 7.28-19.42,8.74-11.97 และ 3.45-7.06 mg kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 8) นอกจากนี้ ชุดดิน Sp และชุดดิน Hd ในการขังน้ำมีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าดินชุด Np และในดิน Sp พบว่าการให้น้ำแบบ AWD มีปริมาณ NO_3^- ต่ำกว่า WL อย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในดิน Np และ Hd ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (1.69 - 4.19 mg kg^{-1}) (ตารางที่ 7) สำหรับผลของรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดินทั้ง 3 ชุดพบว่า WL ในดิน Np,Sp และ Hd มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 4.90,11.88 และ 2.50 mg kg^{-1} ส่วนรูปแบบ AWD ในดิน Np,Sp และ Hd มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 2.48,5.68 และ 2.27 mg kg^{-1} และผลของการใส่ปุ๋ยไส้เดือนรูปแบบต่างๆ นั้นส่วนใหญ่ไม่ทำให้ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- แตกต่างกันทางสถิติภายใต้ดินชนิดต่างๆ และรูปแบบการให้น้ำทั้ง 2 รูปแบบ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 Soil types, combined organic and chemical fertilizers and managements affected on available nitrogen.

	NH_4^+ (mg kg^{-1})		NO_3^- (mg kg^{-1})	
	WL	AWD	WL	AWD
NpF1	*9.73 ABC*	*10.03ABC*	*6.30 BC*	*2.16 BC*
NpF2	*9.40ABC*	*7.63ABC*	*5.34 BC*	*1.95 C*
NpF3	*8.76ABC*	*7.44ABC*	*3.78 BC*	*2.19 BC*
NpF4	*9.33 ABC*	*19.42ABC*	*3.56 BC*	*2.16 BC*
NpF5	*9.08 ABC*	*7.28ABC*	*5.52 BC*	*3.94 BC*
SnpW	9.26 bc	10.36bc	4.90 bc	2.48 c
SpF1	*17.74ABC*	*9.14ABC*	*23.33 A*	*4.89 BC*
SpF2	*20.57 A*	*8.74ABC*	*9.93 B*	*5.07 BC*
SpF3	*16.12 ABC*	*9.86ABC*	*8.75 BC*	*6.94 BC*
SpF4	*18.65 ABC*	*8.43ABC*	*8.92 BC*	*4.78 BC*
SpF5	*20.11 AB*	*11.97ABC*	*8.46 BC*	*6.71 BC*
SpW	18.64 a	9.63 bc	11.88 a	5.68 b
HdF1	*16.82 ABC*	*5.53 ABC*	*2.94 BC*	*2.85 BC*
HdF2	*7.83 ABC*	*3.46C*	*2.36 BC*	*2.56 BC*
HdF3	*20.21AB*	*5.38ABC*	*2.36 BC*	*2.08 BC*
HdF4	*12.75 ABC*	*5.2 BC*	*2.51 BC*	*2.20 BC*
HdF5	*12.23 ABC*	*7.06 ABC*	*2.34 BC*	*1.59 C*
ShdW	13.97 a	5.33 c	2.50 c	2.27 c
WM	*13.96 A*	*8.44 B*	*6.43 A*	*3.48 B*

Note: WL = (Water logging), AWD (Alternate Wetting and Drying) n* Significantly difference at P < 0.05

จากผลการทดลองครั้งนี้สามารถอธิบายผลของชนิดดินที่มีต่อปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ได้ว่าการที่กระบวนการ Nitrification ซึ่งเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องอาศัยออกซิเจน โดยมีแบคทีเรียสองกลุ่มเป็นผู้ดำเนินกิจกรรมกลุ่มแรกจะเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- และกลุ่มที่สองจะเปลี่ยนจาก NO_2^- ไปเป็น NO_3^- ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ชอบ pH ของดินเป็นกลางจนถึงเป็นด่างเล็กน้อย ดังนั้นกระบวนการ nitrification จึงอาจถูกยับยั้งเมื่ออยู่ในสภาพดินที่เป็นกรด (ดิน Hd) นอกจากนี้แบคทีเรียทั้งสองกลุ่มนี้ยังเป็นพวกสังเคราะห์อาหารเองได้ (strict chemolitho-autotrophs) ระหว่างพวก NH_4^+ และ NO_2^- และยังเป็นตัวรับอิเล็กตรอนสำหรับกระบวนการหายใจของแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มอีกด้วย กระบวนการ nitrification จึงไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารประกอบอินทรีย์ในดินเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับปริมาณของ NH_4^+ ,CO_2 ,O_2 ด้วย ข้าวจะใช้อินทรีย์ไนโตรเจนเหล่านี้จากกระบวนการ mineralization ของอินทรีย์ไนโตรเจน แต่ช่วงเวลาดังกล่าวอาจจะเกิดการยับยั้งกระบวนการดังกล่าวเช่นกัน (Olk et al.,2006) นอกจากนี้ ไนโตรเจนอาจมีการสูญเสีย

ไนโตรเจนในรูปของก๊าซ NH_3 จะเกิดขึ้นเพิ่ม เมื่อดินมีการสะสมของ NH_4^+ ในดิน ซึ่งในดินที่มี pH สูงและมีการสะสมของ CO_3^- เป็นภาวะที่ส่งเสริม NH_4^+ เปลี่ยนเป็น NH_3 การสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการ Denitrification เกิดขึ้นปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (< 10 %)ภายใต้ดินนาน้ำขัง (Nicolaisen et al., 2004)

สำหรับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่า AWD ในดินชนิดต่างๆ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยในรูปแบบต่างๆ มีปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ต่ำกว่า WL อาจจะเกิด Immobilization (โดยจุลินทรีย์ดิน) การสูญเสียโดยผ่าน Denitrification และการดูดใช้ N โดยข้าว มีอัตราที่สูงกว่ากระบวนการ Mineralization ซึ่งในดินที่มีความชื้นแบบ AWD ในระบบการปลูกข้าวแบบเปียกสลับแห้ง (Alternate wetting drying based rice system) มีสภาพที่ดินบางช่วงเวลาแห้งหรือมีออกซิเจน (Oxic) แต่บางช่วงเวลามีการขังน้ำหรือออกซิเจน (Anoxic) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการน้ำแบบ AWD นี้ มีผลเกิดจากการสูญเสียไนโตรเจนเพิ่มขึ้น โดยเป็นผลจากกระบวนการ Nitrification และ Denitrification ที่เกิดเพิ่มขึ้น (Liu et al., 2010) นอกจากนี้ Reddy and Patrick (1975) ได้ศึกษาผลของจำนวนครั้งของการเปียกสลับแห้งจำนวนโดยมีทั้งสิ้น 32 รอบของดินในสภาพในห้องปฏิบัติการ พบว่ามีการสูญเสียไนโตรเจนถึง 24 เปอร์เซ็นต์ของการใส่ไป(Liu et al., 2010) ที่ศึกษาในสภาพแปลงทดลอง แต่ก็มีรายงานไม่พบมีการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียไนโตรเจนโดยผ่านกระบวนการ Denitrification จะเห็นได้ว่าผลการศึกษามีความขัดแย้งกันทั้งนี้เพราะว่ามีความแตกต่างของชนิดดิน (Soil type) ระดับปุ๋ยไนโตรเจน (N fertilization regime) จำนวนครั้งที่ดินแห้ง (intensity of soil desiccation) อัตราการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว กิจกรรมของแบคทีเรีย และวิธีการใส่ปุ๋ย (หว่านและไถกลบ) (Dong et al.,2012) การที่ดินอยู่ในสภาพเปียกสลับแห้งนั้นทำให้กระบวนการ N mineralization (Appel,1998) แต่อย่างไรก็ตาม กระบวนการ Nitrification จะเกิดเพิ่มเมื่อดินได้รับความชื้น (Rewetting) ภายใน 1-4 วัน (Dong et al.,2012) แต่อย่างไรก็ตามกระบวนนี้ถูกยับยั้งเมื่อดินเปียกสลับแห้งเกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน นอกจากนี้ผลจากการศึกษาครั้งนี้ที่พบว่าระบบการให้น้ำทั้งสองแบบนี้มีสัดส่วนระหว่าง NH_4^+/NO_3^- แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชุดดินด้วย ซึ่งการมีปริมาณ NO_3^- ในดินนี้จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวและการดูดใช้ไนโตรเจนในรูป NH_4^+ ของข้าวด้วยโดยเฉพาะสายพันธุ์ข้าวในกลุ่มอินดิคา (*indica*) (Ying- Hua et al.,2007)

ปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างระหว่างจำนวนรอบของการเปียกสลับแห้งสอดคล้องกับ (Zhou et al. ,2010) โดยปริมาณดังกล่าวเป็นผลมาจากกระบวน Ammonification และ Nitrification และ Immobilization ในกรณีที่ pH ของดินมีค่าเป็นด่างทำให้ไนโตรเจนสูญเสียไปในรูป NH_3 จึงทำให้ NH_4^+ และ NO_3^- ลดลง นอกจากนี้ การที่ปริมาณ NO_3^- ลดลงนั้น สภาพของดินภายหลัง AWD นั้น อาจมีการใช้ NO_3^- ของมวลชีวภาพของจุลินทรีย์เพื่อ

ในการเพิ่มจำนวน การเจริญเติบโต และกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นด้วย (Mikha et al.,2005) นอกจากนี้ ช่วงที่มีการเติมน้ำให้อีกครั้ง (Rewetting) อาจจะมีการสูญเสียไนโตรเจนโดยผ่านกระบวนการ Dinitrification จากการศึกษาของ Dong et al. (2012) รายงานว่า ช่วงเวลามีผลต่ออัตราการเกิดกระบวนการ N mineralization และใน AWD จะเกิดขึ้นในอัตราที่สูงกว่าดินที่มีการขังน้ำ ในช่วงหลังปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

อินทรีย์คาร์บอน (SOC)

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อ SOC ของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 18) ในขณะที่ผลของรูปแบบการให้น้ำร่วมกับชนิดของดินพบว่า การให้น้ำ AWD ในดิน Sp และ Np มี SOC ไม่แตกต่างจาก WL แต่สำหรับดินชุด Hd ให้น้ำแบบ AWD มีปริมาณ SOC ต่ำกว่า WL โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตาราง 9) ในขณะที่ผลของการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีรูปแบบต่างๆ ในดินแต่ละชุดดินนั้นไม่ทำให้ SOC แตกต่างกันทางสถิติภายใต้ดินชนิดต่างๆ และรูปแบบการให้น้ำทั้ง 2 รูปแบบ (ตารางที่ 8) โดยทั่วไปดินนาน้ำขังเป็นดินที่มีการสะสมของคาร์บอนแหล่งใหญ่แหล่งหนึ่งโดยผ่านการใส่ปุ๋ยอินทรีย์และเศษซากพืช และเป็นที่ยอมรับกันว่าการที่มีน้ำขังอยู่จะส่งเสริมการสะสมของอินทรียวัตถุในดิน (Lal, 2002) นอกจากนี้ ในสภาพดินน้ำขังนั้นช่องว่างขนาดเล็ก(<30 mm or <4 mm) จะมีน้ำเต็มช่องว่าง ทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุถูกยับยั้ง แต่จากรายงานของ Kirk (2004) พบว่าดินปลูกข้าวในที่ลุ่มบริเวณเขตเอเชียมีปริมาณ 20 - 29 g kg^{-1} และ 27-41 g kg^{-1} (จีน)) ถึงแม้ว่าจะมีรายงานว่าดินที่ใช้ปลูกข้าวแบบน้ำขังยังมีข้อมูลที่ไม่ชัดเจนว่าดินมีการสะสมของอินทรียวัตถุ (Kögel-Knabner et al.,2010) แต่อย่างไรก็ตามสำหรับผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าดินที่มีการขังน้ำ (ดินหางดงและดินสรรพยา) มีปริมาณของอินทรียวัตถุสูงกว่าดินที่มีการให้น้ำ แบบ AWD อาจเป็นเพราะกระบวนการสลายของอินทรียวัตถุเกิดขึ้นช้า นอกจากนี้ เกิดการดูดยึดระหว่างแร่ดินเหนียวกับสารอินทรีย์ แต่อย่างไรการอธิบายกลไกที่เกิดการคงสภาพของสารอินทรีย์ในดินนาน้ำขังยังไม่ชัดเจน (Sahrawat, 2004) ซึ่งยังขาดข้อมูลส่วนนี้อยู่ Sahrawat (2004) ได้เสนอแนะว่าการสะสมของของ SOC ในดินน้ำขังเกิดขึ้นจากการขาดออกซิเจนร่วมกับการขาดตัวรับอิเล็กตรอน โดยเฉพาะ Fe^{3+} และ SO_4^{2-} เมื่อดินขาดธาตุเหล่านี้ จึงทำให้ประสิทธิภาพการออกซิไดส์อินทรียวัตถุลดลงในสภาพที่ Eh มีค่าต่ำ (หรือการสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเกิดช้าลง) จากผลการศึกษาครั้งนี้ปริมาณ SOC ที่สูงในดินน้ำขัง อาจจะมาจากส่วนของราก และเป็น SOC ที่มีสารฮิวมิกต่ำ (Less humified organic material in SOM) แต่มีพวก diester P, amide N and phenolic C ดังนั้น จะเห็นได้ว่าในสภาพ WL นั้นมีปริมาณของ SOC ที่สูงกว่า AWD นั้นมาจากการมีปริมาณ

วัสดุอินทรีย์ที่สูงกว่าประกอบกับการมีอัตราการลายตัว SOC ที่ต่ำ ซึ่งมีอิทธิพลของปริมาณ ชนิดของแร่ดินเหนียวที่มีผลต่อการดูดยึด SOC ตลอดจนปริมาณธาตุต่างๆ ที่จะใช้เป็นตัวอิเล็กตรอน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณของ SOC ในดินที่มีการให้น้ำแบบ AWD มีปริมาณต่ำกว่า WL ที่ทำให้เร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุนั้น Xiang et al. (2008) ได้อธิบายว่า ในช่วงแรกนั้น C จะถูกปลดปล่อยออกจากกระบวนการหายใจ สำหรับดินที่มีการให้น้ำแบบ AWD จะมีสภาพการเปียกสลับแห้ง และเกิดขึ้นซ้ำจนเป็นวงจร (W/D cycles) ซึ่งจำนวนรอบของการเปียกสลับแห้งนี้สามารถที่เร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน แต่จะต้องเกิดขึ้นในสภาพที่คงที่และสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นเหมาะสมด้วย แต่ผลการทดลองครั้งนี้ในดินน้ำพองและดินสรรพยา จะเห็นว่าผลของการให้น้ำทั้งสองรูปแบบไม่ทำให้ปริมาณ SOC ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการศึกษาของ Mikha et al. (2005) อธิบายว่าสารอินทรีย์ที่เป็นพวกมวลชีวภาพและไม่ใช้มวลชีวภาพมีผลกิจกรรม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้น การเปลี่ยนแปลงความชื้นอย่างฉับพลันมีผลทำให้มีการปลดปล่อยสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ซากเซลจุลินทรีย์ที่ตายแล้ว สารที่ขับออกมาจากเซล เป็นต้น ซึ่งเป็นสารที่ถูกขับออกมาเมื่อมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว นอกจากนี้การสลายตัวของอินทรียวัตถุนี้ ยังเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของดิน เพราะ AWD นั้นจะเกิดการพองตัวและหดตัวของปริมาตรของดินทำให้การทำการเรียงตัวของอนุภาคดินเกิดขึ้นใหม่ นอกจากนี้ การไม่ให้น้ำไหลซึมของดิน (Soil water repellency) เนื่องจากเกิดความดันของอากาศในช่องว่างในดินและอิทธิพลของเส้นใยของเชื้อราบางเพราะ ในช่วงที่ดินแห้งกิจกรรมของจุลินทรีย์จะทำให้หยุดชะงัก และมีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรของจุลินทรีย์ดินโดยจะมีกลุ่มของเชื้อรามาแทนที เพราะมีความสามารถในการทนแล้งดีกว่าแบคทีเรีย (Jensen et al., 2003)) สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้น้ำที่เป็นประโยชน์และกิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลง และมีผลการสลายตัวของอินทรียวัตถุหยุดชะงักในที่สุด (Lamparter et al., 2009) ดังนั้น ถ้าดินอยู่ในสภาพเปียกสลับแห้งจะทำให้ลักษณะช่องว่างและโครงสร้างของดินมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอาจจะส่งผลทำให้การสลายของอินทรียวัตถุลดลง จากการศึกษาของ Yua et al. (2011) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) ซึ่งเป็นแหล่งที่มีบทบาทอย่างมากในการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ซึ่งปริมาณช่องว่างดังกล่าวในดินลดลงเนื่องจากดินอยู่ในสภาพได้รับการเปียกสลับแห้งหลายๆ รอบ ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือเศษซากพืชลงไปในดินแล้วก่อให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ก็ตาม ดังนั้น การสลายตัวของอินทรียวัตถุลดลงที่เกิดขึ้นในดินที่ให้น้ำแบบ AWD แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการให้น้ำแบบ AWD นี้มีรายงานว่าทำให้การหายใจของจุลินทรีย์และมีมวลชีวภาพของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่ากิจกรรมของเอนไซม์ Dehydrogenese ลดลงเมื่อจำนวนรอบของการเปียกสลบแห้งเพิ่มขึ้น (Zhao et al., 2010)

นอกจากนี้ รูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWD มีผลต่อปริมาณการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินแตกต่างกัน เนื่องจากดินมีปริมาณ SOC ในดินแตกต่างกัน โดยดินที่มี SOC สูงนั้นจะลดความสามารถในการเปียกของดิน (wettability) เพราะจากการที่ SOC มีสมบัติที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic characteristics) จึงทำให้ผลของการให้น้ำแบบ AWD ไม่เห็นผลชัดเจนเมื่อเทียบกับดินที่ SOC ต่ำ (Zhao et al., 2010) นอกจากนี้ ดินที่มี SOC สูงนั้น ยังมีผลเพิ่มความคงทน (Caron et al.,1996) หรือส่งเสริมการเกิดของเม็ดดินภายหลังการได้รับการจัดการน้ำแบบ AWD (Zhao et al., 2010) โดย Lamparter et al.(2009) ได้สรุปผลจากการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่มีต่อกระบวน C mineralization นั้นเป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงร่วมกันระหว่างสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินอันเนื่องจากการจัดน้ำแบบ AWD

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai. P)

ผลของรูปแบบการจัดน้ำ 2 รูปแบบในการปลูกข้าวคือ WL และ AWD ต่อ Avai.P ของดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) ในขณะที่ผลของรูปแบบการให้น้ำร่วมกับชนิดของดินพบว่าการให้น้ำ AWD ในดิน Sp และ Np มี Avai. P สูงกว่าดินกว่า WL แต่สำหรับดินชุด Hd ให้น้ำแบบ AWD มีปริมาณ Avai. P ต่ำกว่า WL โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) ในขณะที่ผลของการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีรูปแบบต่างๆ ในดินแต่ละชุดดินนั้นไม่ทำให้ Avai. P แตกต่างกันทางสถิติภายใต้ดินชนิดต่างๆ และรูปแบบการให้น้ำทั้ง 2 รูปแบบ จากรายงานของ Misra and Gupta (1971) กล่าวว่าสภาพของดินที่เปียกสลับแห้งนี้จะทำให้การดูดยึดฟอสฟอรัสลดลง และทำให้เหล็กฟอสเฟตลดลงโดยจะเปลี่ยนจาก Fe^{3+} เปลี่ยนเป็น Fe^{2+} ที่เกิดขึ้นในสภาพน้ำขัง แต่ฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนไปอยู่รูปอื่นแทน เช่น Ca-P หรือ Al-P สำหรับในดิน Hd ที่ปริมาณ Avail. ลดลงอาจจะเนื่องจากถูกข้าวดูดใช้ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของข้าว

ตารางที่ 8 Soil types, combined organic and chemical fertilizers and water managements affected on soil pH, soil organic carbon (SOC) and available phosphorus (Avai.P).

	pH (1:1)		SOC (%)		Avia.P (mg kg^{-1})	
	WL	AWD	WL	AWD	WL	AWD
NpF1	6.53 AB	6.50 ABC	0.51 F	0.57 F	63.5 D	84.0 CD
NpF2	6.35 CDE	6.53 AB	0.52 F	0.63 F	85.2 CD	113.1 ABCD
NpF3	6.31 DEF	6.64 A	0.60 F	0.60 F	158.2 A	113.5 ABCD
NpF4	6.37 CDE	6.42 BCD	0.52 F	0.54 F	100.2 BCD	99.0 CD
NpF5	6.33 DEF	6.20 FGH	0.55 F	0.51 F	114.1 ABCD	157.7 AB
Snp	**6.38 b**	**6.46 a**	**0.54 d**	**0.57 d**	**104.24 NS**	**113.47 NS**
SpF1	6.06 HI	6.19 FGH	1.62 ABC	1.68 ABC	63.5 D	84.0 CD
SpF2	6.16 GH	6.23 EFG	1.72 AB	1.68 ABC	85.2 CD	113.1 ABCD
SpF3	6.22 EFG	6.29 DEFG	1.66 ABC	1.67 ABC	158.2 A	113.5 ABCD
SpF4	6.30 DEFG	6.31 DEFG	1.77 AB	1.61 ABCD	100.2 BCD	99.0 CD
SpF5	6.30 DEFG	6.37 CDE	1.82 A	1.61 ABCD	114.1 ABCD	157.7 AB
Sp	**6.21d**	**6.27 b**	**1.72 a**	**1.65 a**	**104.24 NS**	**113.47 NS**
HdF1	5.95 IJ	5.82 JKL	1.33 DE	1.32 E	105.6 ABCD	75.4 CD
HdF2	5.96 IJ	5.79 KL	1.58 ABCDE	1.49 BCDE	129.4 ABC	104.4 ABCD
HdF3	5.90 JK	5.73 LM	1.62 ABC	1.43 CDE	118.0 ABCD	99.1 CD
HdF4	5.91 JK	5.60 M	1.42 CDE	1.43 CDE	103.7 ABCD	95.9 CD
HdF5	5.75 LM	5.64 M	1.57 ABCDE	1.32 E	112.0 ABCD	92.4 CD
Shd	**5.89 e**	**5.71 f**	**1.50 b**	**1.40 c**	**113.73 NS**	**93.43 NS**
WM	**6.16 NS**	**6.15 NS**	**1.25 A**	**1.20 B**	**107.40 NS**	**106.79 NS**

Note: WL = (Water logging), AWD (Alternate Wetting and Drying) n* Significantly difference at P < 0.05

1. ผลของชนิดของดินและรูปแบบการจัดการน้ำ ที่ส่งผลต่อ SOC และ POC

จากการศึกษาพบว่า ชนิดของดินมีผลต่อปริมาณ SOC , POC พบว่า SOC ในชุดดิน Hd , Sa และ Ng ในชุดดิน Hd มีปริมาณสูงที่สุด คือ 3.2833 , 2.0352 และ 0.7426 % ตามลำดับ เนื่องจาก Hd เป็นดินเหนียว ซึ่งแร่ดินเหนียวมีผลต่อการดูดยึดอินทรียวัตถุ ศุภธิดา และคณะ, 2554 กล่าวว่า SOC เป็นอินทรีย์คาร์บอนของดินทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายและส่วนที่ย่อยสลายได้ยากการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงยาก เพราะปริมาณอินทรียวัตถุเป็นส่วนคงที่หรือยากต่อการเปลี่ยนแปลง (stable soil organic matter) และยังคงอยู่ในดินก่อนหน้านี้และมีปริมาณมาก(Gregorich et al., 1994)) ส่วน POC ในชุดดิน Hd , Sa และ Ng พบว่าในชุดดิน Sa มีปริมาณสูงที่สุด คือ 2301.2 , 1271.1 และ 677.8 mg kg-1 ตามลำดับ POC เป็นอินทรียวัตถุที่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายง่าย (labile fraction of organic matter) เช่น พวกคาร์โบไฮเดรท กรดอะมิโน กรด

อินทรีย์การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน POC จึงอาจจะใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของการเสื่อมโทรมของดิน(soil degradation) หรือตัวชี้วัดในเรื่องการปรับปรุงบำรุงดิน (soil improvement) เพราะเป็นวิธีง่าย สะดวก และมีศักยภาพที่ไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน (Weil et al., 2003) รูปแบบของการจัดการน้ำมีผลต่อปริมาณ SOC พบว่ารูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWD 0.3 ,AWDsat และ WL รูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWD 0.3 มีค่าสูงที่สุด คือ 2.0648 , 2.0426 และ1.9537 % AWDsat แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ AWD 0.3 และพบว่า SOC ใน WL มีค่าต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับ AWDsat และ AWD 0.3 ส่วน POC รูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWD 0.3 ,AWDsat และ WLรูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat มีค่าสูงที่สุด คือ 1437.4 ,1435.0และ1377.6 mg kg-1 ตามลำดับ แต่ AWDsat ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับ WL เนื่องจาก ดินในรูปแบบ AWDsat นั้นดินได้รับความชื้นและการหมุนเวียนอากาศภายในระหว่างดินกับอากาศทำให้จุลินทรียทำงานดีมีการย่อยสลายดีขึ้น ส่งผลต่อปริมาณ SOC และ POC ทำให้เพิ่มขึ้น ส่วนรูปแบบการจัดการน้ำและชนิดของดินต่อ SOC และ POC พบว่า SOC ในชุดดิน Hd และ AWDsat มีค่าสูงที่สุด ส่วน POC พบว่า ชุดดิน Sa และ รูปแบบการจัดการน้ำทั้ง 3 รูปแบบมีค่าสูงที่สุดและพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน(ตาราง 5) จึงทำให้ชุดดิน Hd และรูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat มีความเหมาะสมต่อการปลูกข้าวซึ่งจะทำให้ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช และช่วยประหยัดน้ำในการปลูกข้าวซึ่งข้าวนาน้ำขังส่วนใหญ่จะใช้น้ำในปริมาณที่สูงทำให้สูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์(Lu et al., 2000)

2. ผลของชนิดของดินและรูปแบบการจัดการน้ำ การเจริญเติบโตของข้าว

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอของข้าว พบว่าในชุดดิน Hd ,Sa และ Ng ชุดดิน Hd มีปริมาณสูงที่สุด ซึ่งชุดดินมีผลทำให้เกิดความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจาก Hd เป็นดินเหนียว ซึ่งแร่ดินเหนียวเป็นแหล่งธาตุอาหาร มีผลต่อการอุ้มน้ำของดินซึ่งเหมาสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ผลของรูปแบบการจัดการน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว พบว่าความสูงและการแตกกอของข้าว รูปแบบการจัดการน้ำแบบ WL มีค่าสูงที่สุดและพบว่าการแตกก่อ WL ไม่มีความแตกต่างกับ AWDsat และพบว่าปริมาณน้ำหนักแห้ง รูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat มีค่าสูงที่สุด มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนรูปแบบการจัดการน้ำและชนิดของดินพบว่า ใน Hd และ AWDsat มีผลทำให้น้ำหนักแห้งมีค่าสูงที่สุดและดีที่สุด พบมีความแตกต่างทางสถิติ ส่วน Hd และ WL มีการเจริญด้านความสูงและการแตกกอดีที่สุด แต่พบว่า การแตกกอใน WL ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับAWDsat ซึ่งจะเห็นได้ว่า ชุดดิน Hd เหมาะสมต่อการปลูกข้าวมากที่สุด ส่วน รูปแบบการจัดการน้ำพบว่า WL และ AWDsat ถึงจะมีความแตกต่างกันในส่วนของความสูงของข้าวแต่การแตกกอนั้นแต่ไม่ได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้น AWDsat จึงเหมาะสมต่อการปลูกข้าว เนื่องจากรูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat เป็นการจัดการน้ำที่รักษา

ความชื้นของดินไว้ โดยไม่ให้ขังน้ำประหยัดน้ำ จึงทำให้ดินได้รับการถ่ายเทอากาศ ซึ่งรากข้าวต้องการอากาศ ทำให้ข้าวแข็งแรง (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 The effects of soil types and water management affected the soil organic carbon fractions (SOC and POC) and the rice's growth.

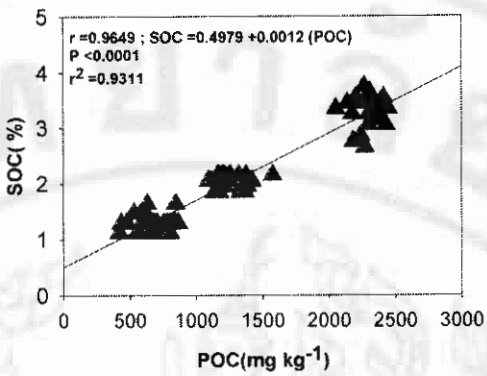
Soil type(S)	SOC(%)	POC (mg kg^{-1})	Dry weight (g $plant^{-1}$)	Height(cm)	Tiller(no $plant^{-1}$)
Hd	3.2833 a	1271.1 b	81.691 a	67.787 a	12.296 a
Ng	0.7426 b	677.8 c	21.709 c	50.741 c	9.630 b
Sa	2.0352 a	2301.2 a	51.854 b	60.907 b	5.407 c
Water Management(WM)					
AWD0.3	2.0648 a	1377.6 b	41.636 c	55.296 c	7.407 b
AWDsat	2.0426 a	1437.4 a	59.464 a	60.972 b	9.815 a
WL	1.9537 b	1435.0 a	54.154 b	63.167 a	10.111 a
S X WM					
Hd AWD 0.3	3.3500 a	1239.6 b	70.223 c	62.167 cd	9.444 bc
Hd AWDsat	3.4167 a	1277.5 b	94.382 a	68.361 b	13.333 a
Hd WL	3.0833 b	1296 b	80.468 b	72.833 a	14.111 a
Ng AWD 0.3	0.7833 e	636.3 c	19.196 g	59.444 de	8.333 cd
Ng AWDsat	0.7389 ef	715 c	26.717 f	63.333 c	11.111 b
Ng WL	0.7056 f	682.1 c	19.214 g	59.944 cde	9.444 bc
Sa AWD 0.3	2.0611 c	2256.9 a	35.489 e	44.278 g	4.444 f
Sa AWDsat	1.9722 d	2319.6 a	57.293 d	51.222 f	5.000 ef
Sa WL	2.0722 c	2327 a	62.779 d	59.722 e	6.778 de

Note:AWD sat. = Alternate wetting and drying at saturated soil,, Alternate wetting and drying at saturated soil 0.3 = 0.3 bar, WL = Waterlogging

3. ความสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับ POC

จากผลการศึกษาในสภาพดินนาพบว่า เมื่อนำ SOC ไปหาความสัมพันธ์กับ POC พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกที่ $p<0.0001$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.9646 กล่าวคือเมื่อปริมาณของ SOC ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณ POC เพิ่มมากขึ้น (ภาพ 17) ซึ่งจากการศึกษาของ ศุภธิดา และคณะ 2554 ในสภาพพื้นที่ต่างๆเพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับ POC พบว่า มีค่าสหสัมพันธ์ในสภาพพื้นที่ป่าปลูก พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่ป่าสัก พื้นที่ไม้ผล พื้นที่พืชไร่ และพื้นที่ป่า

ทุติยภูมิ มีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.92, 0.90, 0.70, 0.65, 0.60 และ 0.59 ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า POC เพิ่มขึ้นด้วย

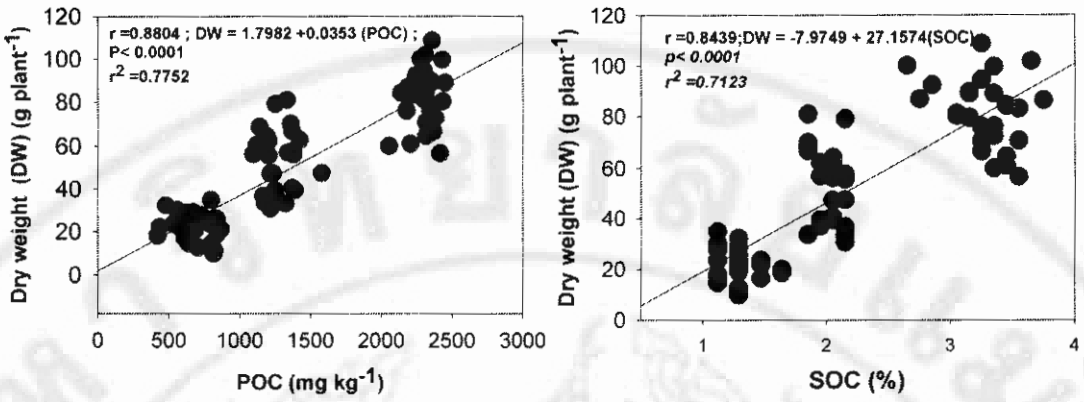


ภาพที่ 2 The relationship between SOC and POC.

4. ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของข้าวกับ POC และ SOC

จากการศึกษาพบว่าเมื่อนำ POC ไปหาความสัมพันธ์กับ น้ำหนักแห้งของข้าว พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักแห้งของข้าว $p<0.0001$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.8804 กล่าวคือเมื่อปริมาณของ POC ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มมาก และเมื่อนำ SOC ไปหาความสัมพันธ์กับ น้ำหนักแห้งของข้าว พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกกับน้ำหนักแห้งของข้าว($p<0.0001$)โดยมีค่า r เท่ากับ 0.8439 กล่าวคือเมื่อปริมาณของ SOC ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 2) ขึ้น ศุภธิดา(2553) กล่าวว่าส่วนของอินทรียวัตถุต่างๆ เหล่านี้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว เมื่อจัดการหรือการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลง เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์ เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช ทำให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้น

จากผลการศึกษารายงานว่า POC มีศักยภาพในการชี้วัดคุณภาพดินเท่ากับปริมาณ SOC ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า POC สามารถที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินเช่นเดียวกับปริมาณของ SOC และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน POC จึงอาจจะใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของการเสื่อมโทรมของดิน(soil degradation) หรือตัวชี้วัดในเรื่องการปรับปรุงบำรุงดิน (soil improvement) เพราะเป็นวิธีง่าย สะดวก และมีศักยภาพที่ไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน (Weil et al., 2003) และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่ถูกกว่าและไม่เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและตกค้างในสิ่งแวดล้อมเพื่อเป็นดัชนีวัดผลกระทบที่มีต่อคุณภาพและตลอดจนปริมาณของอินทรียวัตถุในดิน อันเนื่องมาจากการใช้ที่ดิน(ภาพที่ 2)



ภาพที่ 3 The relationship between the dry weight of rice with POC and SOC.

ตารางที่ 10 ตารางแสดงความสัมพันธ์ชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อค่า P-fraction

	P solution(ppm)	Al-p(ppm)	Fe-p(ppm)	reduction(ppm)	Ca-P(ppm)
SaN0	15.82 B	27.37 E	59.53 BC	21.88 G	21.03 CD
SaN15	18.06 A	12.38 H	72.39 B	24.78 F	22.70 A
SaN30	16.27 B	11.01 H	67.98 B	24.54 F	22.88 A
HdN0	5.70 F	30.77 D	159.20 A	54.32 A	19.84 E
HdN15	4.11 G	33.13 C	156.37 A	34.83 D	21.68 BC
HdN30	13.43 CD	36.86 B	152.40 A	39.98 B	16.82 F
NpN0	8.64 E	14.43 G	58.21 BC	36.11 CD	20.53 DE
NpN15	13.98 C	24.64 F	49.43 C	37.96 BC	22.04 AB
NpN30	12.54 D	40.20 A	32.93 D	28.30 E	21.68 BC

*หมายเหตุ Sa ชุดดินสรรพยา,Hd ชุดดินหางดง, Np ชุดดินน้ำพอง,

จากการศึกษาพบว่าชุดดินสรรพยา ที่มีการใส่ปุ๋ย N ร่วมกับ P มีปริมาณ P-solution มากที่สุดเท่ากับ 18.06 ppm รองลงมาคือชุดดินสรรพยาที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนและ ใส่ปุ๋ยN,P,K ร่วมกัน มีค่า 15.82 และ16.27 ppm ตามลำดับ และพบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N ร่วมกับ P มีปริมาณ P-solution น้อยที่สุดที่ 4.11 ppm ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า P-solution พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินสรรพยาให้ค่ามากที่สุดคือ 15.82

ppm รองลงมาคือร่วมกับดินน้ำพอง มีค่า 8.64 ppm และร่วมกับดินหางดงให้ค่าน้อยที่สุดที่ 5.70 ppm ส่วนของ Al-P พบว่า ชุดดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K จะมีปริมาณ Al-P มากที่สุดคือ 40.20 ppm รองลงมาคือ ชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K มีค่า 36.86 ppm และพบว่าชุดดินสรพยาที่มีการใส่ปุ๋ย N,P และการใส่ปุ๋ย N,P,K ร่วมกันมีค่าของ Al-P น้อยที่สุด คือ 12.38 , 11.01 ppm ตามลำดับ ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า Al-P พบว่าชุดดินหางดงให้ค่า Al-P มากที่สุด ที่ 30.77 ppm รองลงมาคือชุดดินสรรพยา มีค่า 27.37 ppm และชุดดินน้ำพองให้ค่าน้อยที่สุดที่ 14.43 ppm สาวนของ Fe-P พบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ร่วมกับปุ๋ยมูลไส้เดือน ชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P และชุดดินหางดงที่มีการใส่ร่วมกับปุ๋ย N,P,K ให้ปริมาณ Fe-P มากที่สุดที่ 159.20, 156.37, 152.40 ppm ตามลำดับ และพบว่าชุดดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K ให้ปริมาณ Fe-P น้อยที่สุดที่ 32.93 ppm ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า Fe-P พบว่าชุดดินหางดงให้ค่ามากที่สุดที่ 159.20 ppm และพบว่าชุดดินน้ำพองและชุดดินสรรพยามีผลไม่แตกต่างกัน ส่วนของ Red-P พบว่า ชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนจะมีค่า Red-P มากที่สุดที่ 54.32 ppm รองลงมาคือชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K มีค่า 39.98 ppm และพบว่าชุดดินสรรพยาที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนให้ปริมาณ Red-P น้อยที่สุดที่ 21.88 ppm ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า Red-P พบว่าชุดดินทั้งสามชุดดินไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนของ Ca-P พบว่า ชุดดินสรรพยาที่มีการใส่ปุ๋ย N,P และที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K มีค่า Ca-P มากที่สุดที่ 22.70, 22.88 ppm ตามลำดับ และพบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K มีปริมาณ Ca-P น้อยที่สุดที่ 16.82 ppm ในส่วนของรูปแบบในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินต่อค่า Ca-P พบว่าชุดดินทั้งสามชุดดินไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 11 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อค่า Zn and Cu Uptake, Zn and Cu in soil

	Znu (ppm)	Cuu(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)
SaN0	3.32 C	0.37 BC	6.62 DE	3.61 CD
SaN15	3.27 C	0.33 C	7.19 BCD	3.46 D
SaN30	3.23 C	0.35 BC	7.09 CD	4.41 C
HdN0	5.93 B	0.47 ABC	8.08 ABC	6.73 AB
HdN15	5.97 B	0.59 A	4.22 F	7.00 A
HdN30	6.75 A	0.49 AB	3.84 F	6.00 B
NpN0	1.73 D	0.38 BC	8.19 AB	1.15 F
NpN15	1.31 D	0.37 BC	8.76 A	0.90 F
NpN30	1.63 D	0.56 A	5.94 E	2.08 E

*หมายเหตุ Sa ชุดดินสรรพยา,Hd ชุดดินหางดง, Np ชุดดินน้ำพอง

จากการศึกษาพบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K ร่วมกันมีค่าการดูดใช้ Zn ในพืชมากที่สุดที่ 6.75 ppm รองลงมาคือที่มีการใส่ปุ๋ยขี้ไส้เดือนและการใส่ปุ๋ย N,P มีค่า 5.93, 5.97 ppm ตามลำดับ และพบว่าชุดดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ยรูปแบบต่างๆ มีปริมาณการดูดใช้ของ Zn ในพืชน้อยที่สุดและรูปแบบการใส่ปุ๋ยไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างกัน ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า การดูดใช้ Zn ในพืช พบว่าการใส่ปุ๋ยขี้ไส้เดือนในดินหางดงมีค่าการดูดใช้ Zn มาที่สุดที่ 5.93 ppm รองลงมาคือชุดดินสรรพยามีค่า 3.32 ppm และชุดดินน้ำพองมีค่าน้อยที่สุดที่ 1.73 ppm ส่วนของการดูดใช้ Cu ในพืช พบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P ร่วมกัน และชุดดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ย N,P,K ร่วมกัน มีผลให้การดูดใช้ Cu ในพืชมากที่สุดคือ 0.59 , 0.56 ppm ตามลำดับ ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่าการดูดใช้ Cu ในพืชในดินทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนของปริมาณ Zn ในดินพบว่าดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ย N,P ร่วมกัน มีผลให้มีปริมาณ Zn ในดินมากที่สุดที่ 8.76 ppm และพบว่าชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ย N,P และใส่ปุ๋ย N,P,K ร่วมกัน มีผลให้มีปริมาณ Zn ในดินน้อยที่สุด คือ 4.22 , 3.84 ppm ตามลำดับ ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า Zn ในดิน พบว่าในชุดดินหางดงและชุดดินน้ำพองมีผลให้มีปริมาณ Zn ในดินมากที่สุด 8.08, 8.19 ppm ตามลำดับ ในชุดดินสรรพยามีค่า Zn ในดินน้อยที่สุดที่ 6.62 ppm ส่วนของ Cu ในดินพบว่า

ชุดดินหางดงที่มีการใส่ปุ๋ยทั้งสามรูปแบบมีผลให้ค่า Cu ในดิน มากที่สุด และพบว่าชุดดินน้ำพองที่มีการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนและใส่ปุ๋ย N,P มีค่า Cu ในดินน้อยที่สุดอยู่ที่ 1.15, 0.90 ppm ตามลำดับ ในส่วนของรูปแบบการใส่ปุ๋ยมูลไส้เดือนร่วมกับดินทั้งสามชนิดต่อค่า Cu ในดิน พบว่าชุดดินหางดงมีค่า Cu ในดินมากที่สุดที่ 6.73 ppm รองลงมาคือชุดดินสรรพยามีค่า 3.61 ppm และชุดดินน้ำพองมีค่าน้อยที่สุดที่ 1.15 ppm

ตารางที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน การจัดการน้ำ ต่อค่า C-fracti

Soil type(S)	POC	SOC	WSC	HWSC	LPOM	FPOM
HD	1271.1 B	3.2833 B	35.556 B	45.74 C	18917 B	12398 D
Ng	677.8 C	1.2793 C	35.556 B	78.52 B	2991 C	2861 C
Sa	2301.2 A	3.5085 A	50 A	147.78 A	22278 A	17796 A
Water Management(WM)						
W	1377.6 B	2.7515 A	39.259 A	91.667 A	14426 B	10185 B
S	1437.4 A	2.6963 A	40.37 A	93.889 A	15741 A	11148 A
L	1435 A	2.6233 B	41.481 A	86.481 B	14019 B	11722 A
Fertilizer managements						
N_0	1403.7 B	2.7159 A	39.259 A	92.407 A	0 15370 A	11278 A
N_{15}	1475.3 A	2.7533 A	40.000 A	89.444 A	15 15204 A	11185 A
N_{30}	1371.0 B	2.6019 B	41.825 A	90.185 A	30 13611 B	10593 A
S *WM*V						
HD W N_0	1318.7DEF	3.2833 EFG	43.333 BCD	38.33 K	16417 H	10917 GHI
HD W N_{15}	1212.8 EF	3.3167 DEF	40.000 CDE	45.00 JK	20917 DEF	10583 GHI
HD W N_{30}	1187.3 F	3.4500 BCDE	40.000 CDE	41.67 JK	13250 I	9750 HI
HD S N_0	1353.3 DE	3.6500 AB	30.000 FGH	61.67 HI	17750 GH	13750 EF
HD S N_{15}	1256 EF	3.5167 ABCD	36.667 DEF	45.00 JK	21417 DE	14750 EF
HD S N_{30}	1223.3 EF	3.0833 G	36.667 DEF	45.00 JK	23083 BCD	9083 I
HD L N_0	1223.9 EF	3.3167 DEF	26.667 GH	51.67 IJ	22583 BCDE	12250 FGH
HD L N_{15}	1456.5 D	3.1833 FG	36.667 DEF	38.33 K	18417 GH	17583 BCD
HD L N_{30}	1207.6 EF	2.7500 H	30.000 FGH	45.00 JK	16417 H	12917 FG
Ng W N_0	613.7 HI	1.4667 I	23.333 H	76.67 G	2083 KL	1917 JK
Ng W N_{15}	728 GH	1.2333 JK	33.333 EFG	73.33 GH	2083 KL	1583 K
Ng W N_{30}	567.3 I	1.3500 IJ	23.333 H	73.33 GH	2917 JKL	2750 JK
Ng S N_0	621.5 HI	1.1200 K	3.333 EFG	80.00 G	5083 J	3250 JK
Ng S N_{15}	828 G	1.4067 IJ	23.333 H	76.67 G	3583 JKL	2583 JK
Ng S N_{30}	695.4 GH	1.2933 IJK	53.333 A	100.00 F	4250 JK	3750 JK
Ng L N_0	643.7 HI	1.2333 JK	46.667 ABC	60.00 I	2917 JKL	4250 J
Ng L N_{15}	750.9 GH	1.2900 IJK	40.000 CDE	83.33 G	2250 KL	2417 JK
Ng L N_{30}	651.6 HI	1.1200 K	43.333 BCD	83.33 G	1750 L	3250 JK
Sa W N_0	2187 C	3.5333 ABC	50.000 AB	163.33 A	24500 BC	22500 A
Sa W N_{15}	2364.1 AB	3.7100 A	50.000 AB	156.67 AB	27500 A	16167 CDE
Sa W N_{30}	2219.7 BC	3.4200 CDE	50.000 AB	156.67 AB	20167 EFG	15500 DE
Sa S N_0	2259.5ABC	3.1900 FG	50.000 AB	156.67 AB	22167 CDE	18167 BC
Sa S N_{15}	2346.4 AB	3.5333 ABC	50.000 AB	150.00 BC	21833 DE	15500 DE
Sa S N_{30}	2353 AB	3.4733 BCDE	50.000 AB	130.00 E	22500 BCDE	19500 B
Sa L N_0	2411.8 A	3.6500 AB	50.000 AB	143.33 CD	24833 B	14500 EF
Sa L N_{15}	2335.3ABC	3.5900 ABC	50.000 AB	136.67 DE	18833 FGH	19500 B
Sa L N_{30}	2234.1 BC	3.4767 BCDE	50.000 AB	136.67 DE	18167 GH	18833 B

จากการทดลองพบว่า ชุดดินสรรพยา มีค่า POC SOC WSC HWSC LPOM FPOM ดีที่สุด มีความแตกต่างทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำ พบว่า เปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) มีค่า POC SOC WSC HWSC LPOM FPOM ดีที่สุด ส่วนระดับปุ๋ย พบว่าระดับที่สอง คือ N_{15} มีค่า POC SOC WSC HWSC LPOM FPOM ดีที่สุด และผลร่วมระหว่างชนิดของดิน รูปแบบการจัดการน้ำ และระดับปุ๋ยพบว่า ชุดดินสรรพยา รูปแบบการจัดการน้ำแบบน้ำขัง ระดับปุ๋ย N_0 มีปริมาณ POC สูงที่สุด ปริมาณ SOC พบว่า ชุดดินสรรพยา รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(W) สูงที่สุด ปริมาณ WSC พบว่า ชุดดินน้ำพอง รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) และระดับปุ๋ย N_{30} มีปริมาณสูงที่สุด ปริมาณ HWSC พบว่า ชุดดินสรรพยา รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(W) ระดับปุ๋ย N_0 มีปริมาณสูงที่สุด ปริมาณ LPOM พบว่า ชุดดินสรรพยา รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(W) ระดับปุ๋ย N_{15} มีปริมาณสูงที่สุด และปริมาณ FPOM พบว่า ชุดดินสรรพยา รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(W) ระดับปุ๋ย N_0 มีปริมาณสูงที่สุด

<u>ผลการทดลองที่ 2</u>

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (แอมโมเนียม)(NH_4^+) ในดินปลูกกะหล่ำดอก หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ปริมาณแอมโมเนียม

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 1 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอัน เนื่องจาก ยังไม่มีการปลดปล่อย NH_4^+ เนื่องจากว่าจุลินทรีย์อาจใช้ NH_4^+ เป็นแหล่งอาหารเก็บสะสมไว้ในเซลล์และเพิ่มจำนวนจึงไม่สามารถตรวจพบ NH_4^+ ในดินได้ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 2 พบว่ายังไม่มีการปลดปล่อย NH_4^+ เนื่องจากว่าจุลินทรีย์อาจใช้ NH_4^+ เป็นแหล่งอาหารเก็บสะสมไว้ในเซลล์และเพิ่มจำนวนจึงไม่สามารถตรวจพบ NH_4^+ ในดินได้ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 3 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุดเท่ากับ 14.12 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 6.79 และ 5.69 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.53 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุดเท่ากับ 15.52 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 12.50 และ 2.84 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.60 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุดเท่ากับ 12.43 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 12.35และ 2.20 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 2.10 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 6 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุดเท่ากับ 5.22 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 2.77 และ 1.22 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.65 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NH_4^+ สัปดาห์ที่ 7 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุดเท่ากับ 8.36 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 6.09 และ 4.89 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH_4^+ ต่ำที่สุด เท่ากับ 4.02 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 13 ภาพที่ 4)

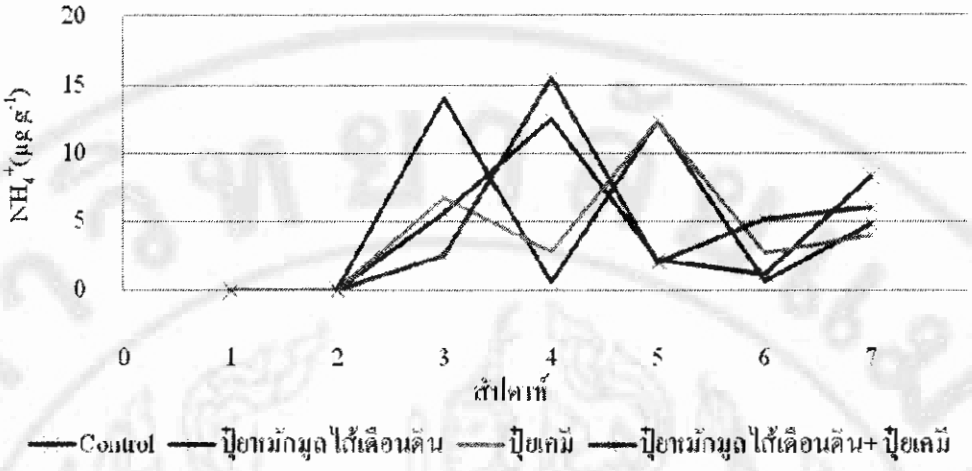
ตาราง 13 ข้อมูลปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก

ตำรับทดลอง	ปริมาณ NH_4^+ ($\mu g\ g^{-1}$)						
สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7
Control	-	-	5.69^{ab}	12.50^{ab}	2.20	1.22^{b}	8.36
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	-	-	14.12^{a}	0.60^{b}	12.43	0.65^{b}	4.89
ปุ๋ยเคมี	-	-	6.79^{ab}	2.84^{ab}	12.35	2.77^{ab}	4.02
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน+ปุ๋ยเคมี	-	-	2.53^{b}	15.52^{a}	2.10	5.22^{a}	6.09
C.V. (%)	-	-	71.51	18.12	80.20	144.54	72.50
F – test	-	-	*	*	ns	*	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan'a Multiple Ramge Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 4 กราฟปริมาณ NH_4^+ เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก

ปริมาณไนเตรท

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (ไนเตรท (NO_3^-))ในดินปลูกกะหล่ำดอก หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลอง ดังนี้

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 1 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุด เท่ากับ 19.09 µg g^{-1} รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 11.34 µg g^{-1} ส่วนดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 5.16 µg g^{-1} (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 2 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 30.66 µg g^{-1} รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 20.44 และ 20.32 µg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 6.28 µg g^{-1} (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 3 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 12.26 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 12.12 และ 11.84 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 9.11 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 13.88 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 10.80 และ 7.79 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 7.02 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 5.76 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 5.57 และ 5.15 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 3.74 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 6 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 5.59 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 4.77 และ 4.08 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 3.88 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่อปริมาณ NO_3^- สัปดาห์ที่ 7 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 1.67 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 1.22 และ 1.04 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วน ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO_3^- ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.81 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 14 ภาพที่ 5)

ตาราง 14 ข้อมูลปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก

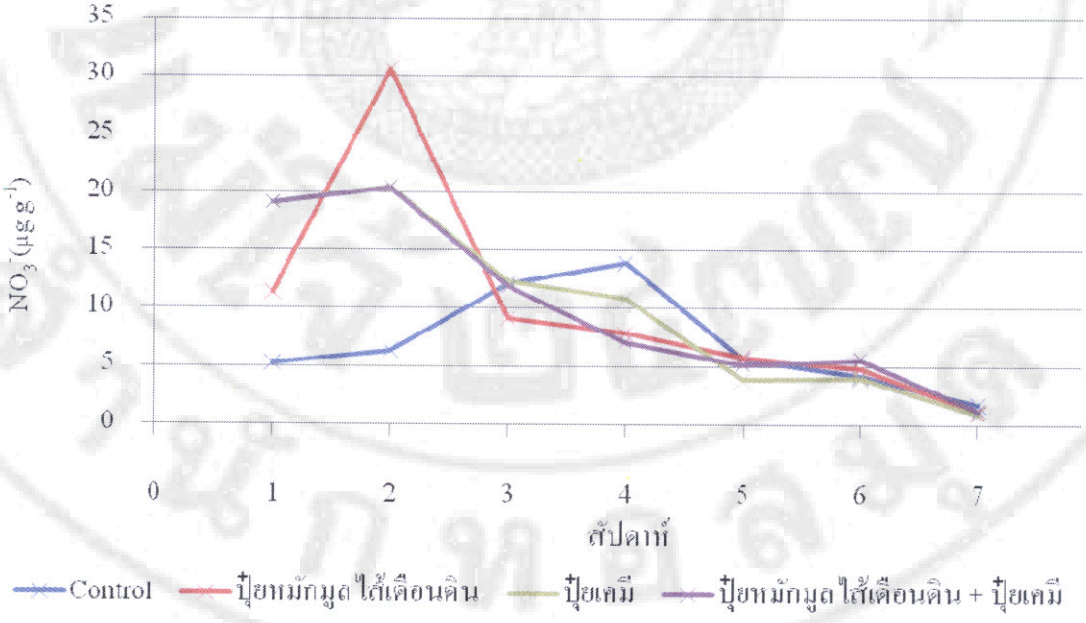
ตำรับทดลอง	ปริมาณ NO_3^- ($\mu g\ g^{-1}$)						
สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7
Control	5.16^{b}	6.28^{b}	12.12	13.88^{a}	5.57^{a}	4.08^{ab}	1.67
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	11.34^{ab}	30.66^{a}	9.11	7.79^{ab}	5.76^{a}	4.77^{ab}	1.04
ปุ๋ยเคมี	19.09^{a}	20.44^{a}	12.26	10.80^{ab}	3.74^{b}	3.88^{b}	0.81
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน + ปุ๋ยเคมี	19.09^{a}	20.32^{a}	11.84	7.02^{b}	5.15^{ab}	5.59^{a}	1.22
C.V. (%)	59.96	21.25	46.13	32.67	16.96	21.79	69.33
F – test	*	**	ns	*	*	*	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Ramge Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 5 กราฟแสดงปริมาณ NO_3^- เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังย้ายปลูก

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลอง ดังนี้

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 1 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดเท่ากับ 2.10 $\mu g \ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ CO_2 เท่ากับ 2.06 และ 1.90 $\mu g \ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.83 $\mu g \ g^{-1}$ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 2 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดเท่ากับ 2.02 $\mu g \ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ CO_2 เท่ากับ 2.01 และ 1.73 $\mu g \ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วน มีดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.71 $\mu g \ g^{-1}$ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 3 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดเท่ากับ 1.67 $\mu g \ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 เท่ากับ 1.65 และ 1.59 $\mu g \ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วน ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.42 $\mu g \ g^{-1}$ (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดเท่ากับ 1.82 $\mu g \ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ ดินที่ใส่

ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 เท่ากับ 1.72 และ 1.68 μg g^{-1}ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.52 μg g^{-1} (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 5 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2สูงที่สุดเท่ากับ 1.87 μg g^{-1}รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2เท่ากับ 1.85 และ 1.80 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วน ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีปริมาณ CO_2ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.77 μg g^{-1} (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 6 หลังย้ายปลูก พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2สูงที่สุดเท่ากับ 2.10 μg g^{-1} รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2เท่ากับ 2.08 และ 1.97 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วน ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีปริมาณ CO_2ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.94 μg g^{-1} (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

อิทธิพลของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ต่ออัตราการปลดปล่อย CO_2 สัปดาห์ที่ 7 หลังย้ายปลูก พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ CO_2 สูงที่สุดเท่ากับ 2.10 μg g^{-1} รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ ดินที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย มีปริมาณ CO_2เท่ากับ 2.02 และ 1.93 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.89 μg g^{-1} (ตารางที่ 15 ภาพที่ 6)

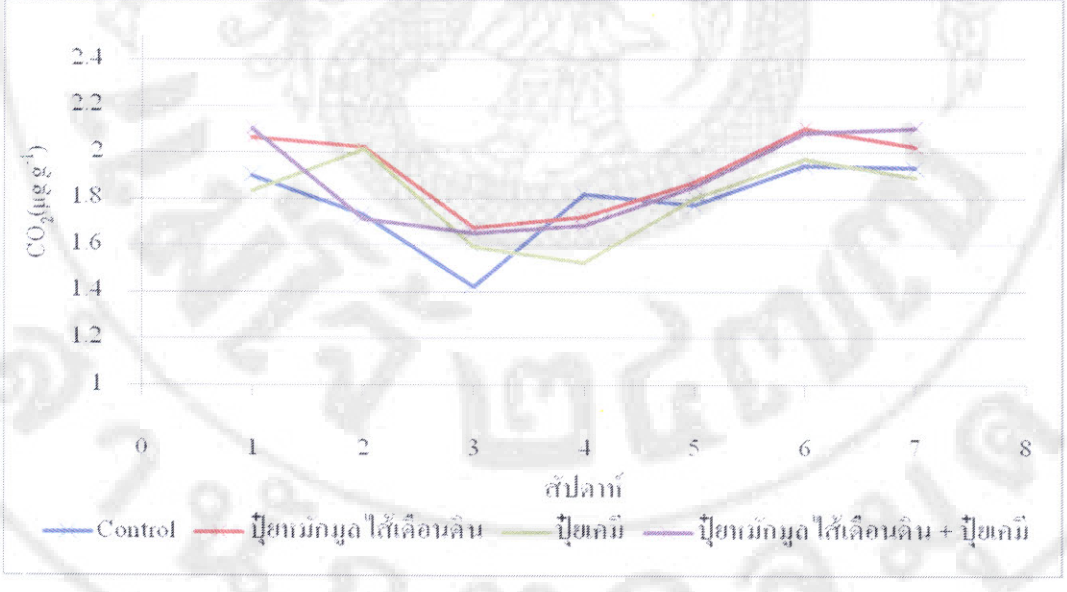
ตาราง 15 อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังใส่ปุ๋ย

ตำรับทดลอง	ปริมาณ CO_2 $\mu g\ g^{-1}$)						
สัปดาห์	1	2	3	4	5	6	7
Control	1.90[b]	1.73[b]	1.42	1.82	1.77	1.94	1.93[ab]
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน	2.06[a]	2.02[a]	1.67	1.72	1.87	2.10	2.02[ab]
ปุ๋ยเคมี	1.83[b]	2.01[a]	1.59	1.52	1.80	1.97	1.89[b]
ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน + ปุ๋ยเคมี	2.10[a]	1.71[b]	1.65	1.68	1.85	2.08	2.10[a]
C.V. (%)	4.31	8.16	13.90	18.12	11.88	6.45	5.67
F – test	*	*	ns	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan'a Multiple Ramge Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 6 อัตราการหายใจของจุลินทรีย์เมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 วันหลังใส่ปุ๋ย

ผลการทดลองที่ 3

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (แอมโมเนียม (NH^+_4) ในดินปลูกกะหล่ำดอก หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ปริมาณแอมโมเนียม (NH^+_4)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 พบว่า สัปดาห์ที่ 1 และ สัปดาห์ที่ 2 ไม่สามารถตรวจวัดค่าแอมโมเนียม (NH^+_4) ได้ (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 สัปดาห์ที่ 3 พบว่า ปริมาณค่า NH^+_4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH^+_4 สูงที่สุดเท่ากับ 14.12 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (control) และดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH^+_4 เท่ากับ 5.69 $\mu g\ g^{-1}$ และ 4.16 $\mu g\ g^{-1}$ และตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH^+_4 ต่ำที่สุด เท่ากับตำรับทดลองที่ 4 เท่ากับ 2.08 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 สัปดาห์ที่ 4 พบว่า ปริมาณค่า NH^+_4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH^+_4 สูงที่สุดเท่ากับ 14.40 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (control) และ ดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินเท่ากับ 12.50 $\mu g\ g^{-1}$ และ12.39 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NH^+_4 ต่ำที่สุดเท่ากับ 10.60 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 สัปดาห์ที่ 5 พบว่า ปริมาณค่า NH^+_4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH^+_4 สูงที่สุดเท่ากับ 2.74 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ ดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 2.43 $\mu g\ g^{-1}$ และ 2.20 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินปริมาณ NH^+_4 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.08$\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 สัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณค่า NH^+_4 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ โดยดินที่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH^+_4 สูงที่สุดเท่ากับ 6.12 μgg-1 รองลงมาคือ ดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและ ดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 4.73μg g-1 และ 1.22 μg g-1 ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH^+_4 ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.65μg g-1 (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NH^+_4 ในสัปดาห์ที่ 7 พบว่า ปริมาณค่า NH^+_4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH^+_4 สูงที่สุดเท่ากับ 8.36 μg g-1 รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี และ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 4.89 μg g-1 และ 4.67 μg g-1 ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NH^+_4 ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.59 μg g-1 (ตารางที่ 16 ภาพที่ 7)

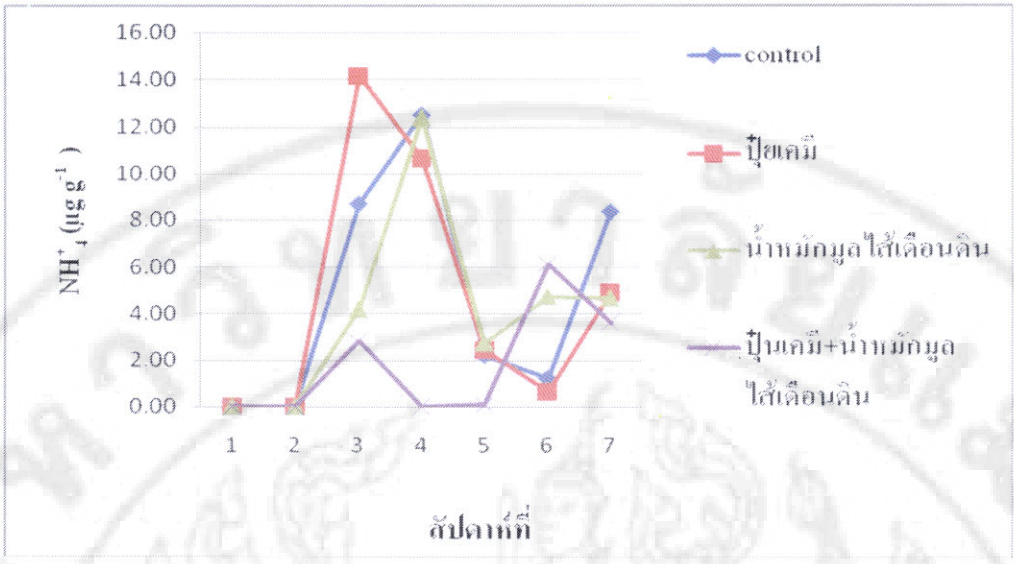
ตาราง 16 ข้อมูลปริมาณ NH^+_4 เฉลี่ยหลังจากบ่มดิน สัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก

ตำรับทดลอง	ปริมาณ (NH^+_4) (μg g^{-1}) อายุ (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
control	-	-	5.69 ab	12.50 a	2.20 a	1.22 b	8.36 a
ปุ๋ยเคมี	-	-	14.12	10.60	2.43 a	0.65 b	4.89 a
น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	-	-	4.16 ab	12.39 a	2.74 a	4.73 a	4.67 a
ปุ๋ยเคมี+น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	-	-	2.08 b	14.40 a	0.08 a	6.12 a	3.59 a
CV%	-	-	71.39	10.90	87.88	76.18	97.91
F-test	ns	ns	*	*	ns	*	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 'a Multiple Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 7 กราฟแสดงปริมาณ NH^+_4 เฉลี่ยหลังจากบ่ม ดิน สัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์(ไนเตรต (NO^-_3) ในดินปลูกกะหล่ำดอก หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลองดังนี้

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3 ในสัปดาห์ที่ 1 หลังย้ายปลูก พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 36.16 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 35.93$\mu g\ g^{-1}$ และ 11.34 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ NO^-_3 ต่ำที่สุดเท่ากับ 5.16 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3 สัปดาห์ที่ 2 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 30.66 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 20.32 $\mu g\ g^{-1}$ และ 7.86 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ NO^-_3 ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.28 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3 สัปดาห์ที่ 3 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 22.27$\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 22.14 $\mu g\ g^{-1}$ และ 12.12 $\mu g\ g^{-1}$ ส่วนดินที่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO^-_3 ต่ำที่สุดเท่ากับ 9.11$\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3สัปดาห์ที่ 4 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ NO^-_3สูงที่สุดเท่ากับ 13.88μg g^{-1} รองลงมาคือ ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และปุ๋ยเคมี เท่ากับ 13.77 μg g^{-1} และ 7.79 μg g^{-1} ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3ต่ำที่สุดเท่ากับ 6.81 μg g^{-1} (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3สัปดาห์ที่ 5 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3สูงที่สุดเท่ากับ 5.99 μg g^{-1} รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 5.77 μg g^{-1} และ 5.76 μg g^{-1} ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.88 μg g^{-1} (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

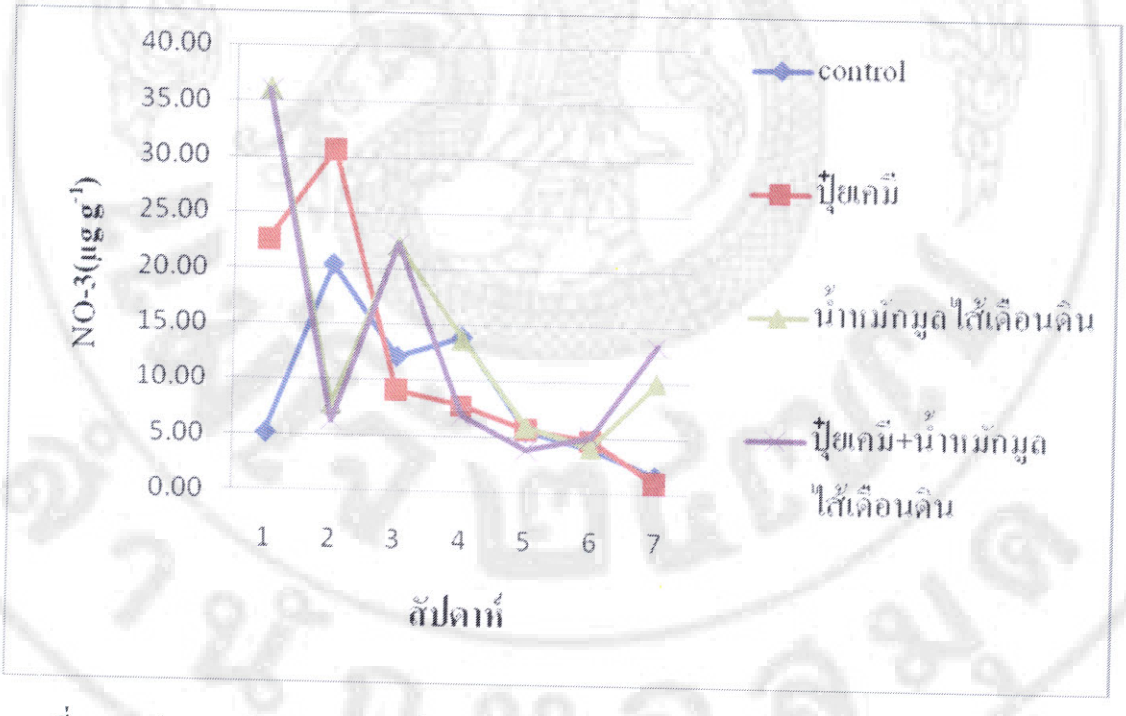
อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3สัปดาห์ที่ 6 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 4.91 μg g^{-1} รองลงมา คือ ปุ๋ยเคมี และน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 4.77 μg g^{-1} และ 4.40 μg g^{-1} ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ NO^-_3ต่ำที่สุดเท่ากับ 4.08 μg g^{-1} (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ NO^-_3สัปดาห์ที่ 7 พบว่า ปริมาณค่า NO^-_3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 13.34μg g^{-1} รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 10.10μg g^{-1} และ 1.67μg g^{-1} ส่วนดินที่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO^-_3ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.04 μg g^{-1} (ตารางที่ 17 ภาพที่ 8)

ตาราง 18 ข้อมูลปริมาณ NO^-_3 เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก

ตำรับทดลอง	ปริมาณ (NO^-_3) ($\mu g\ g^{-1}$) อายุ (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
control	5.16[a]	6.28[c]	12.12[a]	13.88[a]	5.76[a]	4.08[a]	1.67[c]
ปุ๋ยเคมี	11.34[a]	30.66[a]	9.11[a]	7.79[a]	5.77[a]	4.77[a]	1.04[c]
น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	36.16[a]	7.86[c]	22.14[a]	13.77[a]	5.99[a]	4.40[a]	10.10[b]
ปุ๋ยเคมี+น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	35.93[a]	20.32[b]	22.27[a]	6.81[a]	3.88[a]	4.91[a]	13.34[a]
CV%	ns	18.33	52.87	53.51	21.74	17.32	16.57
F-test	95.21	*	ns	ns	ns	ns	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 'a Multiple Test (DMRT)
* คือ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 8 กราฟแสดงปริมาณ NO^-_3 เฉลี่ยหลังจากบ่มดินสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการย้ายปลูก

จากการศึกษาอิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หลังจากบ่มดินในสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 ได้ผลการทดลองดังนี้

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 1 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 2.06 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน เท่ากับ 2.03μgg^{-1} และ 1.99μgg^{-1} ตามลำดับส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.90 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 2 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 2.02 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 1.74$\mu g\ g^{-1}$ และ 1.73 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับส่วนดินที่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ1.70$\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 3 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 1.81 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.78$\mu g\ g^{-1}$ และ 1.67 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.42$\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 4 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 1.98 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ไม่ใส่ปุ๋ย (control) และ ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.82 $\mu g\ g^{-1}$ และ 1.72 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.62 $\mu g\ g^{-1}$ (ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 5 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 1.95 $\mu g\ g^{-1}$ รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินและ ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.92$\mu g\ g^{-1}$ และ 1.87 $\mu g\ g^{-1}$ ตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.77 $\mu g\ g^{-1}$(ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 6 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ปุ๋ยเคมี มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 2.10 μg g^{-1} รองลงมาคือ น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ไม่ใส่ปุ๋ย (control) เท่ากับ 1.96 μg g^{-1} และ 1.94 μg g^{-1} ตามลำดับ ส่วนดินที่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.93μg g^{-1} (ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

อิทธิพลของการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีและ น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อปริมาณ CO_2 สัปดาห์ที่ 7 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน มีปริมาณ CO_2 สูงที่สุด เท่ากับ 2.00 μg g^{-1} รองลงมาคือ ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 1.99 μg g^{-1} และ 1.96 μg g^{-1} ตามลำดับ ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ส่วนดินที่ไม่ใส่ปุ๋ย (control) มีปริมาณ CO_2 ต่ำที่สุด เท่ากับ 1.93μg g^{-1}(ตารางที่ 18 ภาพที่ 9)

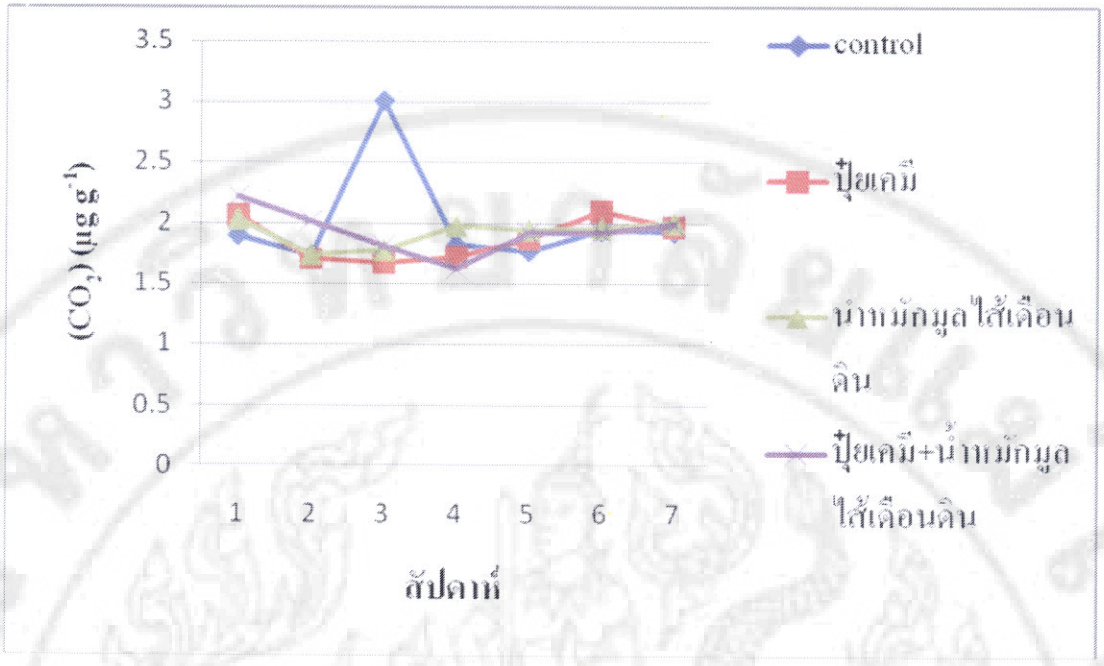
ตาราง 18 อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการใส่ปุ๋ย

ตำรับทดลอง	ปริมาณ (CO_2) (μg g^{-1}) อายุ (สัปดาห์)						
	1	2	3	4	5	6	7
control	1.90[a]	1.73[b]	1.42[a]	1.82[a]	1.77[a]	1.94[a]	1.93[a]
ปุ๋ยเคมี	2.06[a]	1.70[a]	1.67[a]	1.72[a]	1.87[a]	2.10[a]	1.96[a]
น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	2.03[a]	1.74[b]	1.78[a]	1.98[a]	1.95[a]	1.96[a]	2.00[a]
ปุ๋ยเคมี+น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน	1.99[a]	2.02[b]	1.81[a]	1.62[a]	1.92[a]	1.93[a]	1.99[a]
CV%	10.55	6.69	12.27	15.96	9.09	6.16	2.34
F-test	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan 'a Multiple Test (DMRT)

* คือ มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น95%

ns คือ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 9 อัตราการปลดปล่อย CO_2 วัดเมื่อสัปดาห์ที่ 1 2 3 4 5 6 7 หลังการใส่ปุ๋ย

วิจารณ์ผลการวิจัย

วิจารณ์ผลการทดลองที่ 1

ผลของการจัดการน้ำแบบต่างๆ ชนิดดิน และรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว โดยระบบการให้น้ำแบบ WL มีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งมากกว่า AWD แต่ไม่มีผลต่อจำนวนหน่อต่อต้นของข้าวอายุ 18,46 และ 66 วัน และชุดดิน Hd มีผลต่อความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง สูงกว่าชุดดิน Sp และ Np นอกจากนี้ ค่า WUEpho พบว่า การให้น้ำแบบ WL มีค่าต่ำกว่าการให้น้ำแบบ AWD ผลของการใส่ปุ๋ยต่าง ๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการให้ไนโตรเจน 30 และฟอสฟอรัส (P_2O_5) 4 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวสูงสุด สอดคล้องกับจำนวนหน่อ และน้ำหนักสด ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์พบว่า WL มีปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- สูงกว่า AWD และชุดดิน Sp และชุดดิน Hd ในสภาพ WL มีปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- สูงกว่าดินชุด Np และผลของการใส่ปุ๋ยไส้เดือนรูปแบบต่างๆ นั้นส่วนใหญ่ไม่ทำให้ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- แตกต่างกันทางสถิติภายใต้ดินชนิดต่างๆ และรูปแบบการให้น้ำทั้ง 2 รูปแบบ คือ WL และ AWD ไม่ทำให้ pH, SOC และ Avai.P แตกต่างกัน แต่ชุดดิน Sp และชุดดิน Hd มีปริมาณ SOC และ Avai.P สูงกว่าดินชุด Np

รูปแบบการจัดการน้ำ และชนิดของดิน ที่มีต่อ POC และ SOC ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ หอมมะลิ 105 พบว่า ชนิดของดิน Hd มีปริมาณ SOC น้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอดีที่สุดแต่ใน Sa มีปริมาณ POC ดีที่สุด ส่วนรูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat มีปริมาณ SOC ,POC น้ำหนักแห้งและการแตกกอดีที่สุดแต่ใน WL มีความสูงดีที่สุด การจัดการน้ำแบบ AWDsat ร่วมกับชนิดดิน Hd มีปริมาณ SOC และน้ำหนักแห้งดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามใน WL มีความสูงและการแตกกอดีที่สุด ส่วนการจัดการน้ำแบบ WL ร่วมกับชนิดดิน Sa มีปริมาณ POC ดีที่สุด เมื่อนำ SOC ไปหาความสัมพันธ์กับ POC พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกที่ $p<0.0001$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.9646 กล่าวคือเมื่อปริมาณของ SOC ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณ POC เพิ่มมากขึ้น

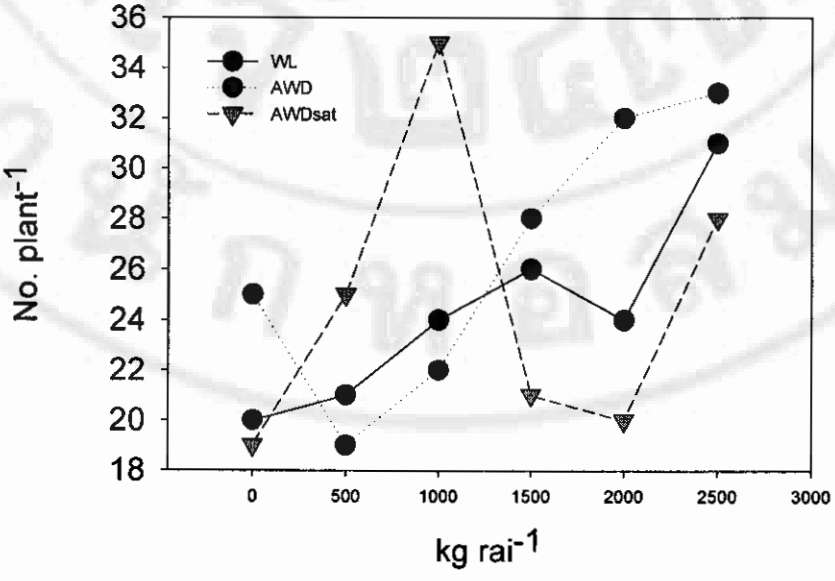
ตารางที่ 21 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของดิน การจัดการน้ำต่อจำนวนหน่อต่อกอ ,ความสูง,น้ำหนักแห้ง

Treatment	ความสูง(ซม.)	จำนวนหน่อต่อก่อ	น้ำหนักแห้ง(กรัม)
LT1	39.70 A	20 BC	38.2933 AB
LT2	37.20 ABC	21 BC	31.9600 BC
LT3	35.60 ABCD	24 ABC	31.8067 BC
LT4	38.90 AB	26 ABC	43.5833 A
LT5	35.66 ABCD	24 ABC	28.4267 BC
LT6	36.73 ABC	31 ABC	31.0467 BC
DT1	34.50 BCD	25 ABC	34.7933 ABC
DT2	35.46 ABCD	19 C	32.5300 BC
DT3	33.30 CD	22 ABC	34.1967 ABC
DT4	35.96 ABC	28 ABC	38.8567 AB
DT5	32.90 CD	32 ABC	23.8233 C
DT6	35.33 ABCD	33 AB	31.8767 BC
ST1	34.70 ABCD	19 BC	31.9767 BC
ST2	33.00 CD	25 ABC	27.8267 BC
ST3	30.80 D	35 A	26.7133 C
ST4	35.56 ABCD	21 BC	26.4933 C
ST5	36.00 ABC	20 BC	33.1100 ABC
ST6	32.50 CD	28 ABC	28.6267 BC

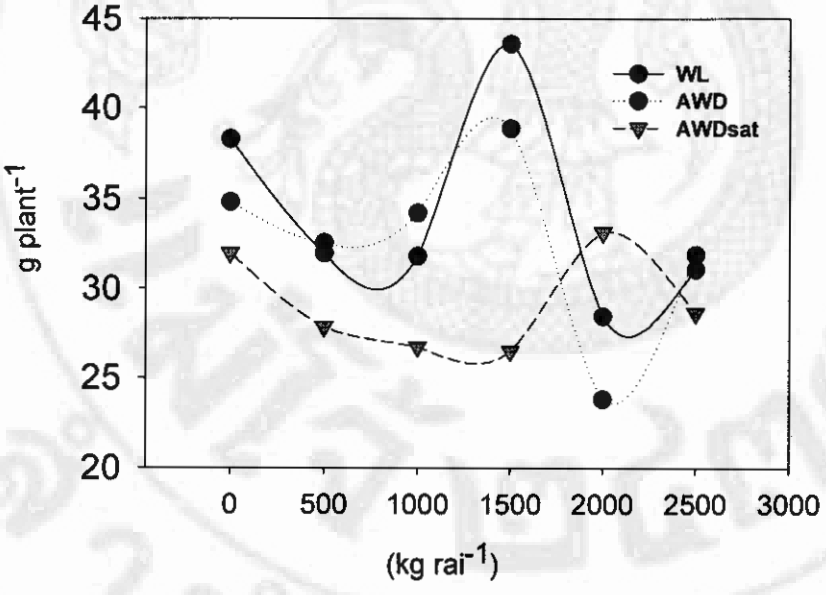
ความสูงของต้นข้าว จากการผลการทดลองพบว่า รูปแบบการจัดการน้ำแบบน้ำขัง ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 0 มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวดีที่สุดแต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ดที่อัตราต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(D)ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 1500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวดีที่สุด แต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ที่อัตราต่างๆไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้น

ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวดีที่สุดที่สุด แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ดที่อัตรา 0 และ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พบว่ามีความแตกต่างทางสถิตในปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ดที่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

จำนวนหน่อต่อก่อ จาการทดลองพบว่ารูปแบบการจัดการน้ำแบบน้ำขัง ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อกอของต้นข้าวดีที่สุดแต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ที่อัตราต่างๆไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(D)ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อกอของต้นข้าวดีที่สุด แต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ที่อัตราต่างๆไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่าที่อัตราปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด 2,500 กิโลกรัมต่อไร่แตกต่างจาก อัตราปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 10,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อกอของต้นข้าวดีที่สุดที่สุด แต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ดที่อัตราต่าง500 และ 2500 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และพบว่าที่ปุ๋ยไส้เดือนดินอัดเม็ดอัตรา 0, 500, 1,000,1,500, 2,000 และ 2,500 กิโลกรัมต่อไร่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



น้ำหนักแห้งของต้นข้าว จากการทดลองพบว่า รูปแบบการจัดการน้ำแบบน้ำขัง ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวดีที่สุดและไม่มีความแตกต่างกันระหว่างอัตราปุ๋ยไส้เดือนดินอัดเม็ด 0 กิโลกรัมต่อไร่ แต่พบว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด ที่อัตรา 0, 500, 1,000, 1,500 และ 2,500 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินที่ 0.3 บาร์ (AWD0.3)(D)ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 1,500 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวดีที่สุด แต่พบว่ามีความแตกต่างในอัตราปุ๋ยไส้เดือนดินอัดเม็ด 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าในอัตราอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ รูปแบบการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งที่รักษาความชื้นระดับความชื้นดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (AWDsat)(S) ปุ๋ยมูลไส้เดือนดินอัดเม็ด อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวดีที่สุดที่สุด และพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



วิจารณ์การทดลองที่ 2

จากการศึกษาการปลดปล่อย CO_2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในตัวอย่างดินหลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในแปลงปลูกกะหล่ำดอก พบว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 3 ยังไม่มีการปลดปล่อย NH_4^+ แต่เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 และสูงที่สุดในสัปดาห์ที่ 4 เท่ากับ 15.52 $\mu g\ g^{-1}$ จากนั้นปริมาณ NH_4^+ จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 5 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา (2544) กล่าวว่า หลังจากใส่วัสดุอินทรีย์ลงดิน จะเกิดการปลดปล่อยไนโตรเจน (NH_4^+) ปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 4 หลังจากนั้นมีปริมาณลดลง อย่างรวดเร็ว การปลดปล่อยไนโตรเจนในดินนามีแนวโน้มที่จะมีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของวัสดุอินทรีย์ การใส่วัสดุอินทรีย์ทุกชนิดทำให้ ไนโตรเจนทั้งหมดและอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ร่อนผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร มีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ อานัฐ และ ศุภธิดา(2557) กล่าวว่า ในดินสรรพยา (Sa) (0.3 bar) ค่าเฉลี่ยปริมาณของ NO_3^- มีค่าสูงกว่า NH_4^+ ในทุกช่วงสัปดาห์ ปริมาณ NH_4^+ มีปริมาณมากสุดในช่วง7 วันแรกและลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 28 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.34 - 0.76 mg kg^{-1} soil ปุ๋ยอินทรีย์ที่ให้ปริมาณ NH_4^+ มากที่สุดคือ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนแบบสดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.04 - 1.05 mg kg^{-1} soil

ส่วนปริมาณ NO_3^- พบว่า ปริมาณ NO_3^- แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินให้ปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดเท่ากับ 22.57 μg g^{-1} ในช่วงสัปดาห์แรก และมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 5 จากนั้นปริมาณ NO_3^- มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อานัฐ และ ศุภธิดา (2557) กล่าวว่า ผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับรูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบในดิน Ng พิจารณาจากปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในดินน้ำพอง (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

จากการทดลองในเรื่องการปลดปล่อย CO_2 ในแต่ละตำรับทดลองพบว่าเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรก แล้วการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่ 6 หลังจากนั้นในแต่ละตำรับทดลองจะมีแนวโน้มลดลง จนถึงสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ยกเว้นแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ที่มีอัตราการปลดปล่อย CO_2 มีแนวโน้มสูงขึ้นจากสัปดาห์ที่ 6 จนถึงสัปดาห์ที่ 7 สอดคล้องกับงานวิจัยของ อานัฐ และ ศุภธิดา (2557) กล่าวว่า การปลดปล่อย 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 แต่อย่างไรก็ตามอัตราการปลดปล่อยCO_2 ของวันที่ 7 มีอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในดินที่ระดับความชื้น 0.3 bar (0.96 μg g^{-1} h^{-1}) หลังจากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องและต่ำสุดเมื่อสิ้นสุดการบ่มดิน

วิจารณ์การทดลองที่ 3

จากการศึกษาการปลดปล่อย CO_2 และวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์โดยประเมินจากปริมาณ NH^+_4 และ NO^-_3 ในตัวอย่างดินหลังการใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ในดินแปลงกะหล่ำดอก พบว่าปริมาณของ NH^+_4 ในสัปดาห์ที่ 1 และ สัปดาห์ที่ 2 ยังไม่มีการปลดปล่อย NH^+_4 ในแต่ละตำรับทดลองเมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 พบว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีปริมาณการปลดปล่อย NH^+_4 สูงที่สุด เท่ากับ 14.12$\mu g\ g^{-1}$ และในสัปดาห์ที่ 4 พบว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีการปลดปล่อย NH^+_4 ออกมามากที่สุด เท่ากับ 14.40 $\mu g\ g^{-1}$ และจากนั้นจะมีปริมาณจะลดลงอย่างต่อเนื่องในสัปดาห์ที่ 6 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7

ส่วนปริมาณ NO^-_3 พบว่า แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยน้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 36.16 $\mu g\ g^{-1}$ ในสัปดาห์แรก จากนั้นปริมาณ NO^-_3 ในแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงสัปดาห์ที่ 7 และแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันในแต่ละสัปดาห์ ส่วนแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NO^-_3 เพิ่มขึ้น จนถึงสัปดาห์ที่ 3และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7 ซึ่งแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีมีปริมาณ NO^-_3 สูงที่สุดเท่ากับ 13.34 $\mu g\ g^{-1}$

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการมากที่สุด พืชจะดูดใช้ไนโตรเจนในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน ซึ่งอาจจะอยู่ ในรูปของ NO_3^-หรือ NH_4^+โดยทั่วไปสารประกอบไนโตรเจนที่ใส่ ลงไปในดินมักจะอยู่ ในรูปของสารประกอบอินทรีย์เช่น ซากพืช ซากสัตว์ หรือปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นส่วนมาก กระบวนการแปรสภาพอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic N) ให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Available form) เราเรียกกระบวนการ Nitrogen mineralization กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถเปรียบเทียบได้ กับกระบวนการปลดปล่อย CO_2ออกมาจากสารปะกอบอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งทำให้ไนโตรเจนและคาร์บอนเป็นประโยชน์ต่อพืช (Narteh and Sahrawat ,1997)เมื่อมีการใส่วัสดุอินทรีย์ลงไปในดิน วัสดุอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ ดินทำการย่อยสลายเกิดเป็นกาซ CO_2ซึ่ง ก๊าซ CO_2 ที่เกิดขึ้นนอกจากได้ จากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ แล้วก็ ยังเป็นผลมาจากการหายใจของจุลินทรีย์อีกด้วย โดยพบว่า การปลดปล่อย CO_2 ในดินเมื่อได้รับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมี น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี การปลดปล่อย CO_2 ในแต่ละตำรับทดลองจะเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรก และลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่1 จนถึงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด CO_2เพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 4 จากนั้น จะมีการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นไปจนถึงสัปดาห์ที่ 7 ดังนั้นจากการทดลองพบว่า การใส่น้ำ

หมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีจึงได้ผลดีที่สุด การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีอาจกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนออกมาจากอินทรีย์ในโตรเจนมากขึ้นดังที่เรียกว่า Priming effect (สมศักดิ์ วังใน, 2524) ปรากฏการ Priming Effect เป็นกระบวนการที่ส่งเสริมการปลดปล่อยคาร์บอนและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนโดยผ่านกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Carbon and Nitrogen Mineralization) ซึ่งจะเรียกว่า Positive Priming effect แต่การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวลดลงหรือเกิดกระบวนการ Immobilization จะเรียกว่า Negative Priming effect โดยปรากฏการณ์เหล่านี้เกี่ยวข้อง หรือ เกิดขึ้นในการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน โดยหลังจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมี (Bingemannetal. 1953)

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยที่ 1

รูปแบบการจัดการน้ำ และชนิดของดิน ที่มีต่อ POC และ SOC ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวสายพันธุ์ หอมมะลิ 105 พบว่า ชนิดของดิน Hd มีปริมาณ SOC น้ำหนักแห้ง ความสูงและการแตกกอดีที่สุดแต่ใน Sa มีปริมาณ POC ดีที่สุด ส่วนรูปแบบการจัดการน้ำแบบ AWDsat มีปริมาณ SOC ,POC น้ำหนักแห้งและการแตกกอดีที่สุดแต่ใน WL มีความสูงดีที่สุด การจัดการน้ำแบบ AWDsat ร่วมกับชนิดดิน Hd มีปริมาณ SOC และน้ำหนักแห้งดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามใน WL มีความสูงและการแตกกอดีที่สุด ส่วนการจัดการน้ำแบบ WL ร่วมกับชนิดดิน Sa มีปริมาณ POC ดีที่สุด เมื่อนำ SOC ไปหาความสัมพันธ์กับ POC พบว่ามีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เชิงบวกที่ $p<0.0001$ โดยมีค่า r เท่ากับ 0.9646 กล่าวคือเมื่อปริมาณของ SOC ที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณ POC เพิ่มมากขึ้น

สรุปผลการวิจัยที่ 2

ผลการศึกษาพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง จากการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 3 ในแต่ละตำรับทดลอง ยังไม่มีการปลดปล่อย NH_4^+ ออกมา หลังจากสัปดาห์ที่ 3 แปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NH_4^+ สูง ในสัปดาห์ที่ 4 แปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณ NH_4^+ สูงที่สุด จากนั้นปริมาณ NH_4^+ จะลดลงอย่างต่อเนื่องในสัปดาห์ที่ 5 และสัปดาห์ที่ 6 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 7

ส่วนปริมาณ NO_3^- พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีให้ปริมาณ NO_3^- สูงที่สุดในช่วงสัปดาห์แรก รองลงมาคือ แปลงที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน หลังจากนั้นแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณ NO_3^- ลดลงอย่างต่อเนื่อง ส่วนแปลงที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณ NO_3^- เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 3 จนถึงสัปดาห์ที่ 5 หลังจากนั้นมีปริมาณ NO_3^- เพิ่มขึ้นจนถึงสัปดาห์ที่ 7

การปลดปล่อย CO_2 ในแต่ละตำรับทดลองเกิดขึ้นสูงสุดในช่วงสัปดาห์แรก ซึ่งแปลงกะหล่ำดอกที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อย CO_2 สูงสุด หลังจาก 1 สัปดาห์ แล้วการปลดปล่อย CO_2 จะลดลงอย่างต่อเนื่องจากสัปดาห์ที่ 1 จนถึงสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งจะมีการปลดปล่อย CO_2 ต่ำที่สุด จากนั้นอัตราการปลดปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสัปดาห์ที่

6 หลังจากนั้นในแต่ละตำรับทดลองจะมีแนวโน้มลดลง ยกเว้นแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีลงไป ทำให้การปลดปล่อย CO_2 มีแนวโน้มสูงขึ้นจากสัปดาห์ที่ 6 จนถึงสัปดาห์ที่ 7

ดังนั้นการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+ และ NO_3^-) และคาร์บอนไดออกไซด์ สูงที่สุด ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ถึง สัปดาห์ที่ 6 ของการปลูกกะหล่ำดอก

<u>สรุปผลการวิจัยที่ 3</u>

จากการศึกษาการปลดปล่อยธาตุในโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของแอมโมเนียม (NH^+_4) และไนเตรต (NO^-_3) และการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในดินเมื่อได้รับปุ๋ยเคมี น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 และ สัปดาห์ที่ 2 ยังไม่มีการปลดปล่อย NH^+_4 เมื่อเข้าสัปดาห์ที่ 3 แปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมีมีการปลดปล่อย NH^+_4 สูงที่สุด ในสัปดาห์ที่ 4 แปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีปริมาณการปลดปล่อย NH^+_4 สูงที่สุด จากนั้นปริมาณการปลดปล่อย NH^+_4 จะลดลงในสัปดาห์ที่ 5 และจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 6 ในแปลงปลูกกะหล่ำที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และ แปลงที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี และมีแนวโน้มลดลงในสัปดาห์ที่ 7

ส่วนปริมาณ NO^-_3 มีการปลดปล่อยออกมามากที่สุดในสัปดาห์แรก ในแปลงปลูกกะหล่ำดอกที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินและแปลงที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งอัตราการปลดปล่อยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงสัปดาห์ที่ 2 จนถึงสัปดาห์ที่ 6 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 7

การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในดินพบ ในสัปดาห์แรก จะมีการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุดในแปลงที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน ในสัปดาห์ที่ 2 แปลงที่ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมี มีการปลดปล่อย CO_2 สูงที่สุด จากนั้นปริมาณ CO_2 จะลดลงในช่วงสัปดาห์ที่ 3 จนถึง สัปดาห์ที่ 5 และมีแนวโน้มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 6 ไปถึงสัปดาห์ที่ 7

ดังนั้นจากการใช้น้ำหมักมูลไส้เดือนดินร่วมกับปุ๋ยเคมีในแปลงปลูกกะหล่ำดอกมีผลต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ในรูปของ NH^+_4 NO^-_3 และยังมีผลต่อการปลดปล่อย CO_2 ซึ่งจะมีการปลดปล่อยได้ดีในช่วงสัปดาห์ที่ 2 จนถึงสัปดาห์ที่ 7 ของการปลูกกะหล่ำดอก

เอกสารอ้างอิง

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.

อานัฐ ตันโช. 2553. **คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากขยะอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์ทรีโอ แอดเวอร์ไทซิ่ง แอนด์ มีเดีย จำกัด, เชียงใหม่. 114 หน้า.

อานัฐ ตันโช และ ศุภธิดา อ่ำทอง.2557.**การศึกษากิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและชนิด อินทรียวัตถุที่เกิดขึ้นจากไส้เดือนดินและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน.**รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้; เชียงใหม่. 87 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.

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.

Gavrilov, E. 1963. **The biology of the Eastern Spanish Sparrow, Passer hispaniolensis transcaspicus Tschusi, in Kazakhstan.** Journal of the Bombay Natural history Society, 60: 301-317.

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.

Grigal, D.F. and Ohmann , L.F., 1992. **Carbon storage in upland forests of the Lake States.** Soil Sci. Soc. Am. J., 56:935-943.

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.

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.

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**

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.

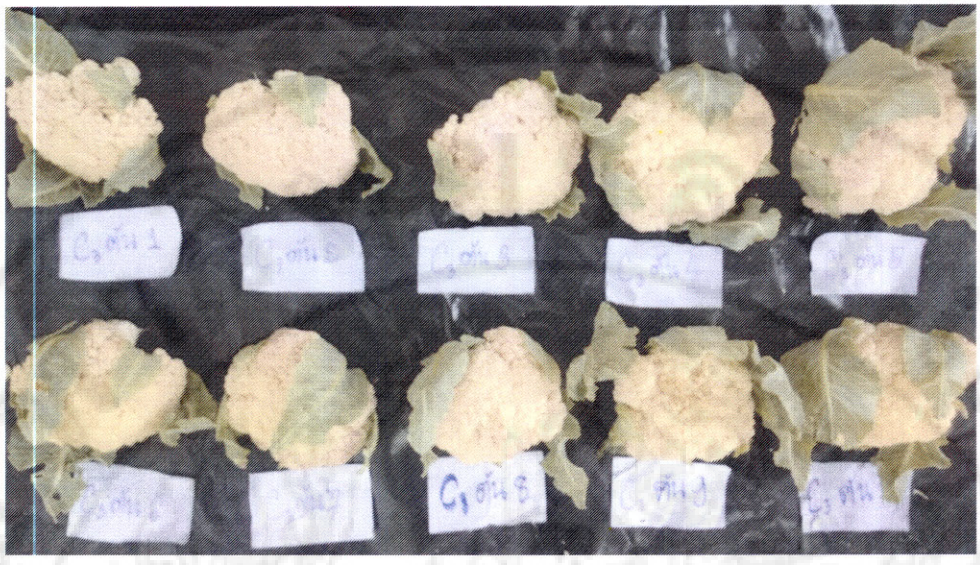
Sophie Gunnarsson and Hakan Marstorp. 2002. **Carbohydrate composition of plant materials determines N mineralization.** *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62: 175–183

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.

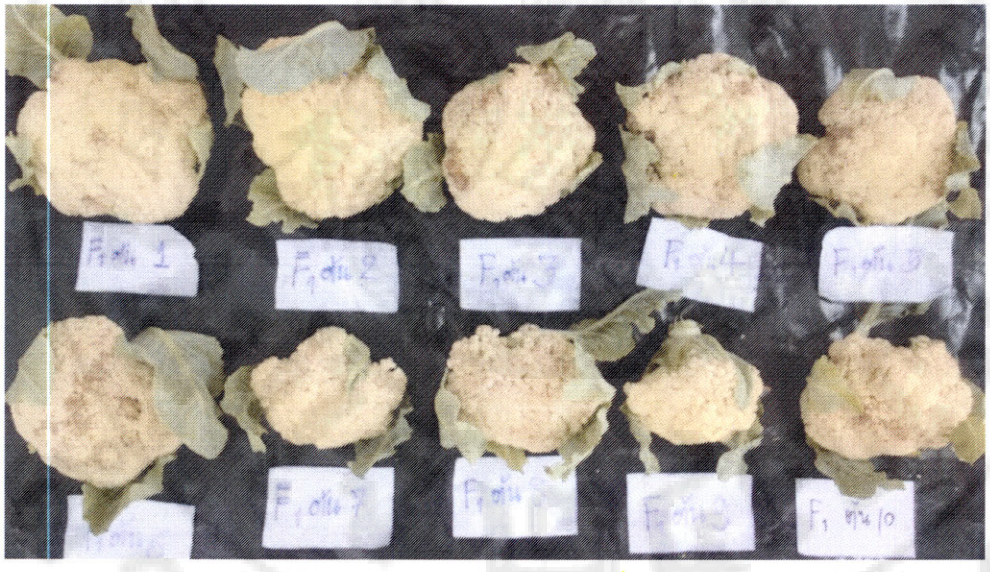
Tomati, U., Grappellli, A. and Galli, E. (1983) **Fertility factors in earthworm humus. Proc. Int. Sym. On Agricultural and Environmental Prospects in Earthworm Farming, Publ.** Minist. Ric. Sci. Tech., Rome, pp. 49-56.

ภาคผนวก ก

ภาพการทดลอง



ภาคผนวก 1 แสดงลักษณะของกะหล่ำดอกตำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control)



ภาคผนวก 2 แสดงลักษณะของกะหล่ำดอกตำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี

ภาคผนวก 3 แสดงลักษณะของกะหล่ำดอกตำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาคผนวก 4 แสดงลักษณะของกะหล่ำดอกตำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมี

ภาคผนวกที่ 5 แสดงลักษณะกะหล่ำดอกที่ปลูกโดยใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาคผนวกที่ 6 แสดงลักษณะกะหล่ำดอกที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้เดือนดิน

ภาพผนวก 7 แสดงการเปรียบเทียบหัวกะหล่ำดอกในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่น้ำหมักมูลไส้เดือนดิน และใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับน้ำหมักมูลไส้