การใช้ Hydrolyzable Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

USING HYDROLYZABLE NITROGEN AS SOIL NITROGEN AVAILABILITY INDICES

กมลวรรณ ตีเมืองสอง

KAMONWAN TEEMUANGSONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AG-M-065-226

การใช้ Hydrolyzable Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

USING HYDROLYZABLE NITROGEN AS SOIL NITROGEN AVAILABILITY INDICES

กมลวรรณ ตีเมืองสอง

KAMONWAN TEEMUANGSONG

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2559

KMITL-2016-AG-M-065-226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

USING HYDROLYZABLE NITROGEN AS SOIL NITROGEN AVAILABILITY INDICES

KAMONWAN TEEMUANGSONG

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-AG-M-065-226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การใช้ Hydrolyzable Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

Using Hydrolyzable Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices

นักศึกษา นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง

รหัสประจำตัว 56604027

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.สุกัญญา แย้มประชา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สมยศ	เดชภิรัตนมงคล	
ผศ.ดร.แสงดาว	เขาแก้ว	
ผศ.ดร.นิตยา	ผกามาศ	
ผศ.ดร.นุกูล	ถวิลถึง	
ดร.สุกัญญา	แย้มประชา	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 25 กรกฎาคม 2559

สถานที่สอบ ห้อง A408 (ชั้น 4 ตึกเจ้าคุณทหาร)

คณบดีรับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑล แก่นมณี)

คณบดีคณะเทคโนโลยีการเกษตร

วันที่ 26 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2559

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การใช้ Hydrolyzable Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง
รหัสประจำตัว	56604027
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. สุกัญญา แย้มประชา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์	ผศ. ดร. นุกูล ถวิลถึง

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-) และอินทรียวัตถุ ไม่สามารถบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ที่แท้จริง เนื่องจากไนโตรเจนในดินสามารถเปลี่ยนแปลงรูปตลอดเวลา นักวิจัยในต่างประเทศได้ศึกษาการวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินได้และได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ HN เรียกวิธีวิเคราะห์ว่า Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) ซึ่งสามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น แต่ประเทศไทยมีการศึกษาเรื่องในดังกล่าวค่อนข้างน้อย การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HN NH_4^+ NO_3^- และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน และเพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

การศึกษาครั้งนี้จึงแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HN NH_4^+ NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทำการทดลองในกระถางวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) จัดสิ่งทดลองแบบ 6x2 factorial ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยในการทดลอง 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่หนึ่ง ดิน จำนวน 6 ชุดดิน คือ ชุดดินโชคชัย ชุดดินปากช่อง ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี ชุดดินน้ำพอง และชุดดินสตึก และปัจจัยที่สอง คือ อัตราปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 2 อัตรา คือ 0 และ 20 kg N rai^{-1} พบว่า จากการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดินปริมาณ HN มีค่าสูงในช่วงแรกของการทดลองและค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกของการทดลอง พบ NH_4^+ ในปริมาณสูงแสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการ ammonification จากนั้น NH_4^+ ค่อย ๆ ลดลงเช่นเดียวกับ HN ปริมาณ NH_4^+ ลดลงเนื่องจากอิทธิพลของการเกิดปฏิกิริยา nitrification ดังนั้นจึงพบ NO_3^- เมื่อปริมาณ NH_4^+ เริ่มลดลงในดินทั้ง 6 ชุดดิน (5 วันหลังจากปลูกพืช) การเปลี่ยนแปลง HN (ผลต่างของ HN เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง; ΔHN) สูงสุดในดินโชคชัย ดินสตึก ดินปากช่อง ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ ปริมาณ NM (ผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^-) การเปลี่ยนแปลง HN ซึ่งพบปริมาณ NM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลง HN และ NM จะเห็นได้ว่า สมบัติของดินมีผลต่อการเกิด N mineralization ซึ่งสมบัติดังกล่าวได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ เป็นต้น ดินที่มีเนื้อหยาบ และดินเหนียวสีแดงที่มีความสามารถในการระบายน้ำและอากาศได้ดีและมีสมบัติดินเป็นกรด เช่น ชุดดินสตึก น้ำพอง โชคชัย และปากช่อง สามารถเกิด mineralization ได้ดีกว่าดินที่มีสมบัติเป็นด่างและเป็นดินเหนียว แม้ว่าดินตาคลีและดินลพบุรีจะมีปริมาณ OM ก่อนการทดลองสูงกว่า อย่างไรก็ตามดินน้ำพองที่มี OM ต่ำสามารถเกิด NM ได้ต่ำที่สุด นอกจากนี้พบสหสัมพันธ์ระหว่าง HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM ต่อน้ำหนักสดลำต้น (r=0.86**, r=0.90**, r=0.88** และ r=0.91** ตามลำดับ) น้ำหนักแห้งลำต้น (r=0.84**, r=0.89**, r=0.87** และ r=0.89** ตามลำดับ) น้ำหนักสดเมล็ด (r=0.94**, r=0.96**, r=0.91** และ r=0.97** ตามลำดับ) และน้ำหนักแห้งเมล็ด (r=0.93**, r=0.97**, r=0.91** และ r=0.97** ตามลำดับ) แต่ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่าง OM และ TN ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการดูดใช้ไนโตรเจน จะเห็นได้ว่า HN และไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตและการดูดดึงธาตุไนโตรเจน จึงสามารถใช้ HN เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อพืชได้ อย่างไรก็ตามการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการบ่มดิน 3 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย ชุดดินน้ำพอง ชุดดินตาคลี แต่ละชุดดินออกแบบการทดลองแบบ 3x2+1 Factorial มี 7 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำดินแต่ละชุดดินมาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีอัตราการใส่ 2 อัตรา คือ 150 และ 300 mg N kg^{-1} และทรีตเม้นต์ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์) พบว่า ชุดดินโชคชัยและน้ำพองในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ HN แนวโน้มสูงในวันที่ 5-7 ของการบ่มดิน และลดปริมาณลงเนื่องจากการเปลี่ยนรูปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- จึงทำให้พบปริมาณ NM ในวันที่ 3 ของการบ่มดินในชุดดินน้ำพอง และวันที่ 20 ของการบ่มดินในชุดดินโชคชัย โดยพบปริมาณ NM สูงที่สุดทรีทเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือ ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค สำหรับชุดดินตาคลีการเปลี่ยนแปลง HN และ NM แตกต่างจากชุดดินโชคชัยและดินน้ำพอง ปริมาณ HN และ NM ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในช่วงแรก (0-15 วัน) มีปริมาณสูงจากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 15-20 ของการบ่มดิน อาจเกิดจากความเป็นด่างของดินตาคลีที่ทำให้ NH_4^+ สูญเสียไปโดยง่าย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดก่อนการทดลองยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน โดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า C:N ratio แคบกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค มีปริมาณ HN และ water soluble N สูงกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวได้ง่ายและมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยคอกอีก 2 ชนิด อย่างไรก็ตามปุ๋ยมูลไก่จะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยมูลโคในทรีทเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอัตราเท่ากันเนื่องจากไนโตรเจนบางส่วนในมูลไก่อยู่ในรูปกรดยูริกซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายให้เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมได้ง่ายมีอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายสูงกว่ามูลโค การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสมบัติของดินและปุ๋ยอินทรีย์ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ จึงต้องเลือกใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับสมบัติของดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Using Hydrolyzable Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices.
Student	Miss Kamonwan Teemuangsong
Student ID	56604027
Degree	Master of science
Program	Agriculture
Year	2016
Thesis Advisor	Dr. Sukunya Yampracha
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Nukoon Tawinteung

ABSTRACT

Determination of ammonium (NH_4^+), nitrate (NO_3^-) and organic matter in the soil cannot represent actual nitrogen (N) availability because of N transformation always takes place in the soil. The researchers from the University of Illinois developed the Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) method to determine available N in hydrolyzable nitrogen form (HN) which more convenient and rapid analysis. However, a few studies on HN availability indices in the tropical soil such as in Thailand. Therefore, the objectives to this study were determine the transformation of nitrogen in soil, correlation between nitrogen forms such as HN, NH_4^+, NO_3^- and net mineralization (NM) on maize growth, and the effects of organic fertilizers on nitrogen availability variation. The study was divided into two experiments. Experiment 1 study was to the transformation of nitrogen in soil and correlation between nitrogen forms such as HN, NH_4^+, NO_3^- and net mineralization (NM) on maize growth. This study was conducted in a pot experiment using a 6x2 factorial in randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The main factor consisted of six soils i.e. Chok Chai (Ci), Pak Chong (Pc), Lop Buri (Lb), Takhli (Tk), Nam Phong (Ng) and Satuk (Suk) soil series. A minor factors were nitrogen fertilizers application rate at 0 and 20 kg N rai^{-1}. The results indicated that HN was a high concentration at the initial time after planting and slowly decreased with increasing time while NH_4^+ was increased after HN decrease indicating that ammonification was occurring. After five days of planting, nitrification was taking place in six soils then found that NO_3^- was increased after decreasing of NH_4^+. The change in HN between the initial and the end of planting (ΔHN) was highest in Ci soil and can order as Suk>Pc>Ng>Tk>Lb, respectively. But the change in NM (ΔMN) was highest in Pc soil and the ordered Ci>Suk>Tk>Lb>Ng, respectively. Changing of both parameters indicated on N mineralization in six soils and the soil properties such as soil texture, soil pH, and organic matter were affected on N mineralization. The acidic fine soil texture and red clay soil with well drainage such as Suk, Ng, Ci and Pc were more N mineralized than alkaline and black clay soil (Tk and Lb). Therefore, organic matter of Tk and Lb before planting was greater than other soils but N mineralization of Ng soil was lowest with a low organic matter before planting. Significantly correlation between HN, NH_4^+, NO_3^- and NM with shoot fresh weight (r =

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.86**, r = 0.90**, r = 0.88** and r = 0.91**), shoot dry weight (r = 0.84.**, r = 0.89**, r = 0.87** and r = 0.89**) grain fresh weight (r = 0.94**, r = 0.96**, r = 0.91** and r = 0.97**) and grain dry weight (r = 0.93**, r = 0.97**, r = 0.91** and r = 0.97 **) were found. But there was no significant correlation between OM and TN with maize growth and yield. It may conclude that analysis of HN by ISNT method can use for estimating N availability.

Experiment 2 was conducted in the laboratory to determine the effects of soil properties, source and rate of organic fertilizer on nitrogen mineralization and changes in HN. The experiment was conducted in three soils i.e. Ci, Ng and Tk soil series. The experimental layout of each soil was 3x2+1 factorial with 3 replications, and then each soil consists of 7 treatments. There were three organic fertilizers i.e. organic fertilizer pellets, chicken and cow manure and 2 application rates i.e. 150 and 300 mg N kg^{-1}. Soils without animal manure were conducted as a control treatment. The soils were amended with three organic fertilizers at each rate and incubated at 60% water holding capacity for 90 days at room temperature. The results shown that HN in Ci and Ng soil amended with organic fertilizer pellets and chicken manure slight increase in 5-7 days of incubation and NM was found in 3 days after incubation in Ng soil and 20 days after incubation in Ci soil. The highest NM was found in soil amended with organic fertilizer pellets, chicken and cow manure, respectively. In Tk soil, the results indicate that the HN and NM are likely in the same way. High concentrations of HN and NM in Tk soil were found at the first period of incubation and NM slightly decreased at 15-20 day. High alkalinity in Tk soil may induce NH_3 volatilization. In addition, low C:N ratio and high concentration of HN and water soluble N of organic fertilizer pellet which indicated high mineralization may influence on high HN and NM in three soils. At the same application rate chicken manure was more N mineralization than cow manure due to N in the uric acid form of chicken manure. Soil properties and organic fertilizer properties were effect on N transformation. Therefore, the application of organic manure should consider soil and organic fertilizer properties.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร. สุกัญญา แย้มประชา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. นุกูล ถวิลถึง ที่ให้ความช่วยเหลือ กรุณาให้คำชี้แนะ ช่วยแก้ปัญหา ตลอดจนให้ความรู้และประการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. สมยศ เดชภิรัตนมงคล ผศ. ดร. นิตยา ผกามาศ และ ผศ. ดร. แสงดาว เขาแก้ว ประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กมลวรรณ ตีเมืองสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III
กิตติกรรมประกาศ..... V
สารบัญ..... VI
สารบัญตาราง..... IX
สารบัญรูป..... XI
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ..... XII
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา..... 2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 2
1.5 ขอบเขตการวิจัย..... 3
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา..... 3
1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 รูปของไนโตรเจนในดิน..... 4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดิน..... 5
2.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน..... 8
2.4 Hydrolyzable Nitrogen (HN)..... 10
2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน..... 12
2.6 การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 13
2.7 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 15
2.8 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3..... 20
2.9 ชุดดินหลักที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย..... 21
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 24
3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 24
3.1.1 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาและการเก็บตัวอย่างดิน..... 24
3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ..... 24
3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen (HN)..... 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.4 การปลูกพืชทดลองในโรงเรือน.....25
3.1.5 การเก็บข้อมูล.....27
3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล.....28
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูป และความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน..... 29
3.2.1 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความ เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย.....29
3.2.2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความ เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง..... 30
3.2.3 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความ เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี..... 30
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 32
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 32
4.1.1 สมบัติดินเบื้องต้น..... 32
4.1.2 การเปลี่ยนแปลง ค่าปฏิกิริยาดิน Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....34
4.1.3 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter และ Total Nitrogen ในดิน.....45
4.1.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช.....47
4.1.5 ไนโตรเจนในพืช.....54
4.1.6 ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Nitrogen Ammonium(NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM) Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....57
4.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Hydrolyzable Nitrogen ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์...58
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูป และความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน..... 60
4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้น..... 60
4.2.2 สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย..... 62
4.2.4 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง..... 72
4.2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี..... 81
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 91
5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HN NH_4^+ NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 91
5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน..... 92
บรรณานุกรม..... 93
ภาคผนวก..... 98
ภาคผนวก ก..... 99
ภาคผนวก ข..... 107
ภาคผนวก ค..... 108
ภาคผนวก ง..... 110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประเทศกลุ่มอาเซียน ปี 2557….. 13

2.2 การใช้ในประเทศ การส่งออก และการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย……..14

2.3 ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งต้นอายุ 25-45 วัน….. 16

2.4 คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน…….. 19

2.5 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พิจารณาจากปริมาณ และระดับของอินทรียวัตถุในดินและตามชนิดกลุ่มดิน……19

2.6 ลักษณะของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นครสวรรค์ 3 เทียบกับพันธุ์ลูกผสมการค้า……21

4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk)…….. 32

4.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk).....33

4.3 ค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen (HN) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช…… 35

4.4 ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช…….. 39

4.5 ปริมาณ Net Mineralization (NM) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการใส่และไม่ใส่ ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช…… 43

4.6 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter และ Total Nitrogen ในวันที่ 0 และ 110……...46

4.7 ความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 และ 60 วัน……....48

4.8 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของเมล็ด ลำต้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์…… 51

4.9 ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....54

4.10 การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น และเมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.....56

4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Nitrogen (HN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Net mineralization (NM), Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อน้ำหนักลำต้น น้ำหนักเมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 58

4.12 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจ (R^2).....59

4.13 สมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการทดลอง..... 60

4.14 สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง.....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 ค่าปฏิกิริยาดินในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินโชคชัย..... 63
4.16 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}), Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินโชคชัย..... 69
4.17 ค่าปฏิกิริยาดินในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง..... 73
4.18 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}), Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง..... 78
4.19 ค่าปฏิกิริยาดินในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินตาคลี..... 81
4.20 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}), Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินตาคลี..... 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน..... 4
2.2 ข้อจำกัดของการใช้ NH_4^+, NO_3^- และ OM เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน...8
2.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของดินที่ใช้ในการศึกษา.....21
3.1 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี ISNT.....25
3.2 สภาพการทดลองในโรงเรือนและการวางทรีตเม้นต์ตามการจัดผังการทดลอง..... 26
3.3 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินในครั้งแรกและครั้งถัดไป..... 27
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน..... 36
4.2 การเปลี่ยนแปลง HN ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน..... 37
4.3 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน..... 40
4.4 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน..... 42
4.5 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน..... 44
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN กับการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์..... 59
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินโชคชัยที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....64
4.8 การเปลี่ยนแปลง HNของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....65
4.9 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา..... 66
4.10 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....67
4.11 การเปลี่ยนแปลง NMของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา..... 70
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....73
4.13 การเปลี่ยนแปลง HNของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....74
4.14 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา..... 75
4.15 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....76
4.16 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....79
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....82
4.18 การเปลี่ยนแปลง HN ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา..... 83
4.19 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....84
4.20 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา..... 85
4.21 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา.....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N	=	Nitrogen
HN	=	Hydrolyzable Nitrogen
NH_4^+	=	Ammonium
NO_3^-	=	Nitrate
NM	=	Net mineralization
TN	=	Total Nitrogen
OM	=	Organic Matter
OC	=	Organic Carbon
NO_2^-	=	Nitrite
NH_3	=	Ammonia
ISNT	=	Illinois Soil Nitrogen Test
Ci	=	Chok Chai soil
Pc	=	Pak Chong soil
Lb	=	Lop Buri soil
Tk	=	Takhli soil
Ng	=	Nam Phong soil
Suk	=	Satuk soil
Org	=	Organic Fertilizer pellets
CK	=	Chicken manure
CM	=	Cow manure
-N	=	without Chemical Nitrogen fertilizers
+N	=	Chemical Nitrogen fertilizers rate 20 kg N rai^{-1}
Δ	=	Change of any changeable quantity
rai	=	is a unit of area equal to 1,600 square meters
mg	=	Milligram
g	=	Gram
kg	=	Kilogram
ml	=	Milliliter
L	=	Liter
N	=	Normality
M	=	Molarity
r	=	Correlation coefficient
R^2	=	Coefficient of determination

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) กรณีที่พืชขาดไนโตรเจนรุนแรงจะส่งผลให้พืชชะงักกระบวนการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตต่ำ ในขณะเดียวกันการได้รับไนโตรเจนที่มากเกินไปส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เช่น ทำให้พืชอวบน้ำ ลำต้นหักล้มได้ง่าย ความหวานต่ำในพืชที่ให้ความหวาน ปริมาณแป้งต่ำในพืชประเภทหัว เป็นต้น ประกอบกับราคาปุ๋ยไนโตรเจนในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ตรงกับความต้องการของพืชจึงทำให้ต้นทุนในการผลิตพืชสูงมากขึ้น การคาดคะเนปุ๋ยไนโตรเจนให้พอดีแก่ความต้องการของพืชจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในการคาดคะเนอัตราปุ๋ยไนโตรเจนจำเป็นต้องทราบปริมาณธาตุไนโตรเจนในดิน การวิเคราะห์รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (Available N) จึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการให้คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนได้ตรงตามความต้องการของพืช

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ได้รับความนิยมในห้องปฏิบัติการทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) การวิเคราะห์ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ได้แก่ แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) โดยทั้งสองรูปเป็นรูปของไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดใช้ได้ทันที แต่ไนโตรเจนทั้ง 2 รูปนี้สามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดิน 2) การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter ; OM) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทางอ้อมเนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 98% (Stevenson and Cole, 1999) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุจึงบ่งบอกได้ทางอ้อมว่าในดินจะมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนมากหรือน้อย อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนออกมาให้อยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งการย่อยสลายดังกล่าวต้องใช้เวลาในการย่อยสลายและรูปของไนโตรเจนที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในดิน (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551) ดังนั้นการวัดปริมาณ NH_4^+ NO_3^- และ OM จึงเป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ยังมีข้อจำกัดและอาจส่งผลต่อความแม่นยำในการคาดคะเนปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืช

นักวิจัยจาก Department of Natural Resources and Environmental Sciences, University of Illinois (Stevenson, 1996; Khan *et al.*, 2001; Mulvaney *et al.*, 2001) จึงได้ทำการศึกษาไนโตรเจนในรูป HN และเรียกวิธีการวิเคราะห์ HN ที่พัฒนาขึ้นว่า Illnoiis Soil Nitrogen Test (ISNT) ซึ่ง HN เป็นไนโตรเจนในรูปที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- ดังนั้นไนโตรเจนในรูป HN จึงมีความเสถียรในดินมากกว่ารูป NH_4^+ และ NO_3^- และบ่งบอกถึงศักยภาพความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากอินทรียวัตถุ แต่ผลของการใช้ HN เป็นดัชนีวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนยังไม่ชัดเจน Mulvaney *et al.* (2001) ประเมินไนโตรเจนในรูป HN ในดินและพบว่า สามารถใช้ HN ทำนายการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ และมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพด (*Zea mays* L.) จะเห็นได้ว่า HN มีแนวโน้มที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้ ในขณะที่ Barker *et al.* (2006) พบว่า HN ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดและการตอบสนองของผลผลิตข้าวโพดต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น HN และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยวิธี Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) เพื่อเป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน ในดินของเขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทยที่มีสภาพอุณหภูมิค่อนข้างสูงเหมาะแก่การย่อยสลายอินทรียวัตถุมากกว่าประเทศในเขตอบอุ่น การศึกษาดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการใช้ดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเพื่อการคาดคะเนปุ๋ยไนโตรเจนได้ตรงต่อความต้องการของพืชมากที่สุด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM) Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

Hydrolyzable Nitrogen สามารถใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน เนื่องจากมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

Hydrolyzable Nitrogen (HN) เป็นไนโตรเจนในรูปที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- ดังนั้นไนโตรเจนในรูป HN จึงมีความเสถียรในดินมากกว่ารูป NH_4^+ และ NO_3^- และเป็นรูปที่สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในอินทรียวัตถุจึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1) ศึกษาดัชนีวัดไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดิน 6 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย ชุดดินปากช่อง ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี ชุดดินน้ำพอง ชุดดินสตึก

2) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค ต่อดัชนีวัดไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ระยะเวลาและอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

ทำการทดลอง 2 การทดลอง

1) การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และNet mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1.7 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้ HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ISNT ในการวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน เป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปที่สามารถบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ได้อย่างแม่นยำ

2) ทราบถึงอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available N) ระยะเวลาและอัตราการปลดปล่อย Available N เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่าปุ๋ยเคมีในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยและปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์ให้ตรงตามความต้องการของพืช ลดอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

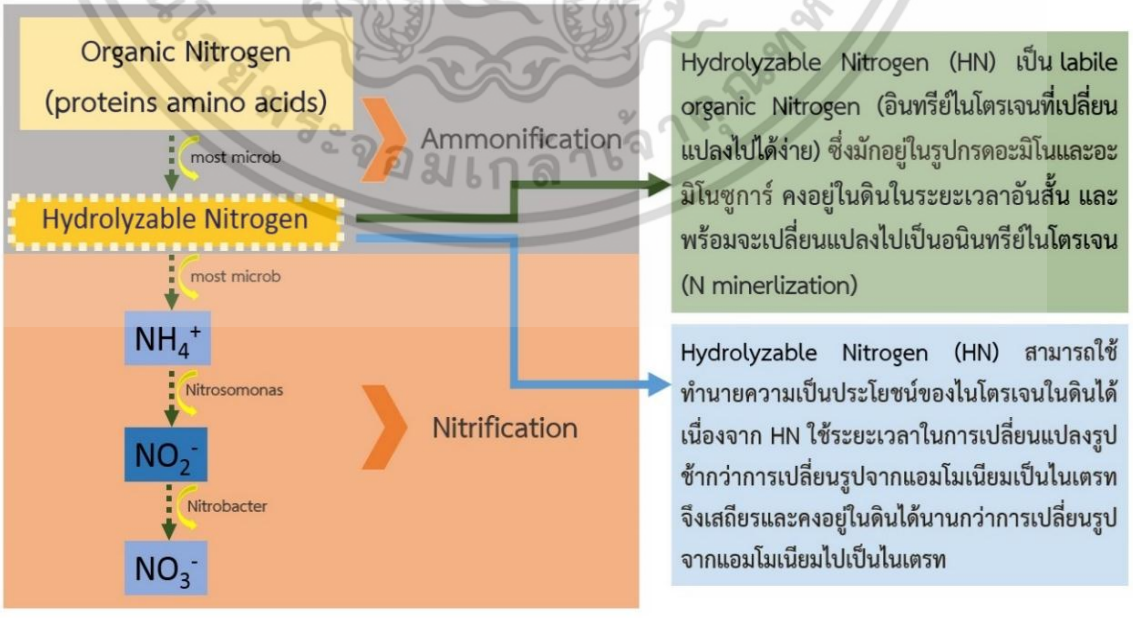
2.1 รูปของไนโตรเจนในดิน

ไนโตรเจน (Nitrogen, N) เป็นธาตุที่จำเป็นและพืชต้องการในปริมาณมาก ไนโตรเจนมีอยู่ทั้งในอากาศและในดิน อากาศมีไนโตรเจนร้อยละ 78 โดยปริมาตร แต่พืชชั้นสูงไม่สามารถนำไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์เองได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) สำหรับรูปของไนโตรเจนในดินมีอยู่ 2 ส่วนคือ

2.1.1 อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)

ประมาณ 80% ของไนโตรเจนในดินเป็นอินทรีย์สาร ได้แก่ โปรตีนและสารประกอบอื่นๆ อีกหลายชนิดซึ่งเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ amine group ($-NH_2$) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ amino acid และ amino sugars สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่ในอินทรียวัตถุของดิน ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุแม้จะไม่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในขณะนั้น แต่เมื่อถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะค่อย ๆ แปรสภาพเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูป amino acid ไปเป็น Ammonium (NH_4^+) และ Nitrate (NO_3^-) ไนโตรเจนมักจะอยู่ในรูป Hydrolyzable Nitrogen

Hydrolyzable Nitrogen (HN) คือ สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ง่ายเป็นรูปของไนโตรเจนที่ยังไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ แต่ HN เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่กำลังจะถูกเปลี่ยนไปเป็น NH_4^+ (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 อนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic Nitrogen)

สารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีเพียง 2% สารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีที่มาจากส่วนที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อสลายตัวอนินทรีย์ไนโตรเจนจะอยู่ในรูป Ammonium ions (NH_4^+) และ Nitrate ions (NO_3^-) แต่สารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินโดยทั่วไปมีอยู่ในปริมาณน้อย

สารประกอบ Ammonium และ Nitrate มีสมบัติละลายน้ำง่ายส่วนมากจึงละลายและแตกตัวเป็น Ammonium ions (NH_4^+) และ Nitrate ions (NO_3^-) ซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ง่าย Ammonium ions (NH_4^+) อยู่ในดิน 3 ลักษณะ คือ 1) ดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัส เป็นรูปที่แลกเปลี่ยนได้ง่าย 2) อยู่ในสารละลายดิน สองส่วนข้างต้นนี้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย 3) ถูกตรึงอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ Nitrate ions (NO_3^-) เกือบทั้งหมดอยู่ในสารละลายดิน พืชจึงใช้ประโยชน์ได้ง่าย ขณะเดียวกันก็มีโอกาสสูญหายไปจากดินได้โดยง่ายจากการชะละลายของน้ำฝนหรือน้ำชลประทาน (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556)

ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในดินจะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ จึงต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายให้อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ (Mineralization) พืชจึงจะสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ การย่อยสลายอินทรีย์สารมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ (N mineralization) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ไนโตรเจนในอินทรียวัตถุซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ amine group ถูกเปลี่ยนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยา 3 ขั้นตอนคือ Aminization Ammonification และ Nitrification ในขั้นตอน Aminization เป็นการย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของ amines amino acid amino sugar และ urea จากนั้นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการ Ammonification เปลี่ยนรูปไปเป็น NH_3 หรือ NH_4^+ หากดินอยู่ในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก NH_4^+ ถูกเปลี่ยนเป็น NO_3^- ด้วยปฏิกิริยา Nitrification (รูปที่ 2.1)

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดิน

การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน หรือการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ (N mineralization) มีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนต่อพืช โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดิน ได้แก่

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์

องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ในดิน แบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ 1) สารฮิวมิก (humic substance) มีโครงสร้างซับซ้อน คงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ โครงสร้างหลักเป็น aromatic compound ทำให้สลายตัวยาก 2) ส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (nonhumic substance) โครงสร้างโมเลกุลไม่ซับซ้อน ย่อยสลายได้ง่ายกว่า สารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ พวกคาร์โบไฮเดรต ลิปิด โปรตีน กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ย่อยได้ง่าย มักพบในปริมาณค่อนข้างมากในดินเนื่องจากเข้าไปยึดเกาะกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนุภาคดินเหนียวหรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก (Fe), อะลูมินัม (Al) หรือทองแดง (Cu) (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551)

โปรตีน กรดอะมิโน เซลลูโลส โพลีฟีนอล และลิกนิน สารประกอบโปรตีน กรดอะมิโนในวัสดุอินทรีย์สามารถสลายตัวง่ายกว่า สารประกอบเซลลูโลส ลิกนิน และโพลีฟีนอล Seligman and Keulen (1981) ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ต่อการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่มี hemicellulose cellulose และ lignin เป็นองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันทำให้วัสดุอินทรีย์เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของ lignin สูงย่อยสลายได้ยาก จึงทำให้กระบวนการ N mineralization เกิดขึ้นต่ำ

2.2.2 สัดส่วนระหว่าง C:N และขนาดของวัสดุอินทรีย์

อัตราส่วนของสารประกอบอินทรีย์คาร์บอนต่อสารประกอบไนโตรเจน หรือที่เราเรียก C:N ratio คือ อัตราส่วนของเปอร์เซ็นต์คาร์บอนต่อไนโตรเจนในวัสดุอินทรีย์ จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ใช้คาร์บอนเป็นแหล่งพลังงานและใช้ทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ ต้องการสารประกอบคาร์บอนมากกว่าไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ปริมาณของคาร์บอนกับไนโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ดินที่ใช้ในการสร้างเซลล์มักแปรผันตามชนิดของจุลินทรีย์ดิน คือ ต้องการคาร์บอน 4 ส่วนต่อไนโตรเจน 1 ส่วน จนถึงคาร์บอน 12 ส่วนต่อไนโตรเจน 1 ส่วน (C:N ratio ของจุลินทรีย์ดิน ~ 4:1 ถึง 12:1) ส่วนค่า C:N ratio ที่ถือว่าเพียงพอที่จะให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและมีกิจกรรมได้ดีโดยที่ไม่ต้องแย่งไนโตรเจนไปจากดินไปคือ ประมาณ 20:1 ถึง 30:1 กล่าวคือเมื่อเกิดกิจกรรมการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในดินแล้วก็จะเกิดกระบวนการ mineralization ปลดปล่อยไนโตรเจนที่เหลือจากการย่อยสลายออกมาเป็นประโยชน์ให้พืชได้ แต่ถ้าเศษซากพืชมี C:N ratio สูงกว่า 30:1 หรือที่มีปริมาณคาร์บอนมาก จุลินทรีย์ก็มักจะดึงเอาไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินคือ NH_4^+ และ NO_3^- ไปใช้ เรียกว่ากระบวนการ immobilization (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551)

อย่างไรก็ตามในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน อินทรียวัตถุเป็นแหล่งของธาตุอาหารของพืช โดยอินทรียวัตถุมักต้องมีค่า C:N ratio อยู่ระหว่าง 10-25 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนปานกลาง เป็นอินทรียวัตถุที่ผ่านการย่อยสลายส่วนหนึ่งมาก่อนแล้ว อินทรียวัตถุกลุ่มนี้ทำหน้าที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีบทบาทในการเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารไนโตรเจนและซัลเฟตเป็นหลัก ให้ฟอสฟอรัสรองลงไป และให้จุลธาตุทุกชนิด (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556)

2.2.3 อุณหภูมิและความชื้นในดิน

Cabrera *et al.* (2005) กล่าวว่า กระบวนการ N mineralization เกิดขึ้นได้มากเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นในดิน การย่อยสลายอินทรียวัตถุในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย จะมีอัตราการย่อยสลายสูงเนื่องจากมีอุณหภูมิและความชื้นสูงเหมาะสมต่อกิจกรรม decomposition (~25 – 35 ^{o}C) เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี กายภาพ และชีวภาพในดิน สำหรับในเขต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อบอุ่นหรือเขตหนาวจะมีอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุต่ำกว่าเขตร้อน ดินที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงจะมีอัตราการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556) แต่ดินส่วนใหญ่โดยเฉพาะดินในเขตร้อนมักขาดไนโตรเจน เนื่องจากไนโตรเจนมีการแปรสภาพตลอดเวลาโดยมีจุลินทรีย์ดินเป็นตัวกระทำ การแปรสภาพของไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่เป็นกระบวนการทางชีววิทยา (Biological process) เป็นกระบวนการที่ต้องมีเอนไซม์หรือจุลินทรีย์ดินจึงสามารถเกิดขึ้นได้ (อัจฉรา เพ็งหนู, 2549)

2.2.4 จุลินทรีย์ดิน

ปริมาณของประชากรจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ ถ้าปัจจัยอื่น ๆ เหมาะสม แต่ปริมาณประชากรของสิ่งมีชีวิตในดินน้อยอัตราการย่อยสลายก็จะต่ำ การวัดปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมทางหนึ่งคือการวัดมวลชีวภาพจุลินทรีย์ (microbial biomass) (ปัทมา วิตยากร, 2547) นอกจากนี้ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้แก่

1) สภาพความเป็นกรดด่างของดิน (soil pH) กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุขึ้นอยู่กับค่า pH ช่วง pH<4.5 หรือ pH>9.0 จะมีผลยับยั้งกิจกรรมการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์อย่างมาก กิจกรรมของแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีทก็จะลดลงอย่างมากถ้าหาก pH ของดิน <5.5 แต่กิจกรรมของเชื้อรายังคงมีมากกว่าแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีท ดังนั้น การปรับระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไปจะส่งเสริมกิจกรรมการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดิน

2) การระบายอากาศ (aeration) การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ในดินที่ทำการเกษตรหรือในพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยปกติทั่วไปเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยอากาศ คือ ออกซิเจน (O_2) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลาย (เชื้อรา และแอคติโนมัยซีท รวมทั้งแบคทีเรียบางชนิด) ต้องการ O_2 ในกระบวนการหายใจ ซึ่งถ้ามีออกซิเจนเพียงพอแล้วกิจกรรมการย่อยสลายจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์

3) ความชื้น (moisture) กิจกรรมและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดินจำเป็นต้องอาศัยน้ำที่อยู่ในระดับเหมาะสม นอกจากนี้กิจกรรมการย่อยสลายขึ้นอยู่กับการทำงานของ enzymes ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ดิน และการทำงานของเอนไซม์ก็ต้องอาศัยน้ำด้วยเช่นกัน

2.2.5 เนื้อดิน (soil texture)

Craswell *et al.* (1970) พบว่าการเกิดกระบวนการ N mineralization เพิ่มขึ้นเมื่อดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง แสดงให้เห็นว่าดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาได้มากกว่าในดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ เนื่องจากดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กมักเป็นอนุภาคดินเหนียว NH_4^+ ในดินสามารถถูกตรึงได้โดยแร่ดินเหนียวที่มีชั้นที่ยืดหยุ่นได้คือประเภท 2:1 clay minerals และจะเป็นประโยชน์เมื่อชั้นของแร่ดินเหนียวมีการขยายตัวตอนที่มีความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยที่ขัดแย้งกัน Chae and Tabatabai (1986) รายงานว่า ดินที่มีอนุภาคเล็ก เนื้อดินเป็นดินเหนียว กระบวนการ N mineralization เกิดได้น้อยกว่าอนุภาคดินขนาดใหญ่ เนื่องจากดินที่มีอนุภาคดินเหนียว ช่องว่างระหว่างดินมีขนาดเล็ก ทำให้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศไม่ดี ซึ่งส่งผลให้เกิดกระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (denitrification) สูญเสียไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย (NH_3)

2.2.6 ชนิดและอัตราปุ๋ยอินทรีย์

จากการศึกษาของ Dick *et al.* (1988) พบว่าว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ปีก สามารถเกิดกระบวนการ N mineralization ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากตะกอนน้ำเสีย (sewage sludges) และจากการศึกษาของ Kara *et al.* (2006) พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลสุกรในอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization แตกต่างกัน เมื่อใช้ปุ๋ยมูลสุกรในอัตรา 20, 40, 60 Mg ha^{-1} บ่มที่อุณหภูมิ 30 ˚C เป็นเวลา 84 วัน พบว่า เกิดกระบวนการ N mineralization เท่ากับ 722, 513 และ 441 g N kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยคอกที่มีความเค็มสูงอย่างเช่น มูลสุกร เมื่อใช้ในอัตราสูงทำให้ยับยั้งกระบวนการ N mineralization

2.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน ทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการวิเคราะห์รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุรวมทั้งการวิเคราะห์การปลดปล่อยไนโตรเจนของอินทรียวัตถุ เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน แต่ไนโตรเจนในรูปดังกล่าวยังคงมีข้อจำกัด แสดงในรูปที่ 2.3

ดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

ดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่นิยมในปัจจุบัน	ข้อจำกัด
1. การวิเคราะห์ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ได้แก่ แอมโมเนียม (NH_4^+), ไนเตรท (NO_3^-)	- เปลี่ยนแปลงรูปตลอดเวลา - ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดิน - คงอยู่ในดินในระยะเวลาอันสั้น
2. วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter)	- การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทางอ้อม - บอกปริมาณไนโตรเจนเพียงคร่าวๆ - ไม่ใช่ไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์

รูปที่ 2.2 ข้อจำกัดของการใช้ NH_4^+, NO_3^- และ OM เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

2.3.1 การวิเคราะห์อินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM)

อินทรียวัตถุในดินโดยทั่วไปมีน้อยกว่า 3% (w/w) ถึงแม้มีปริมาณไม่มากแต่อินทรียวัตถุมีบทบาทสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน การทราบปริมาณอินทรียวัตถุจะทำให้ทราบถึงปริมาณของอินทรีย์ไนโตรเจนในดินได้อย่างคร่าว ๆ จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรียวัตถุ 1% จะมีอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ 0.05% (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยตรง แต่สารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นถ้าทราบปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์หรืออินทรีย์คาร์บอนจะทำให้สามารถประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้ ในปัจจุบันมีวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์อินทรียวัตถุดังนี้

1) วิธี wet oxidation โดยวิธีวอล์คเลย์-แบล็ค (Walkley and Black, 1934) เป็นวิธีที่ทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว ห้องปฏิบัติการโดยทั่วไปจึงนิยมวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ แต่การวิเคราะห์อินทรียวัตถุด้วยวิธีนี้มีข้อจำกัดที่ต้องใช้กรดเข้มข้นในการทำปฏิกิริยาซึ่งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมหากห้องปฏิบัติการขาดการจัดการที่เหมาะสม

2) วิธี Loss of ignition (Jackson, 1965) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยการใช้ความร้อน 400 °C ในการเผาโดยใช้การคำนวณน้ำหนักที่หายไป โดยเทียบจากน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้วกับน้ำหนักของดินหลังเผา เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ แต่อย่างไรก็ตามวิธี Loss of ignition ก็ต้องใช้เตาเผาไฟฟ้าแต่หากห้องปฏิบัติการใดไม่มีเตาเผาไฟฟ้าก็ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ได้

3) วิธีสันดาปแห้ง (dry combustion) (Stewart *et al*., 1964) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยการใช้ความร้อนสูง ประมาณ 1,000 °C มีการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว (flash combustion) เพื่อเปลี่ยนธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ในตัวอย่างไปเป็นแก๊สที่สัมพันธ์กับธาตุนั้น ๆ อย่างมีสัดส่วนที่แน่นอน เช่น ธาตุไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊สไนโตรเจน (N_2) ธาตุคาร์บอนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และธาตุไฮโดรเจนจะถูกเปลี่ยนเป็นไอน้ำ (H_2O) จากนั้นจึงแยกแก๊สผสมออกจากกันเพื่อหาปริมาณแก๊สแต่ละชนิดต่อไป ผลการวิเคราะห์จะออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของธาตุ

2.3.2 การวิเคราะห์แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-)

อนินทรีย์ไนโตรเจนมีอยู่เพียง 2% ของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ซึ่งอยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- อย่างไรก็ตาม Nitrite (NO_2^-) ก็สามารถใช้ในการบอกความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้แต่มีไนไตรท์อยู่ในปริมาณน้อยมากในดินเนื่องจากเปลี่ยนแปลงรูปได้ง่าย การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นการวิเคราะห์จะต้องทำทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่างดินซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่อาจปฏิบัติได้ เพราะต้องใช้เวลาในการขนส่ง หากยังไม่วิเคราะห์ตัวอย่างดินในทันทีต้องเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C และทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุด การวิเคราะห์อนินทรีย์ไนโตรเจนในรูป exchangeable NH_4^+ และ NO_3^- ทำได้หลายวิธีดังนี้

1) วิธี colorimetric เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในการวิเคราะห์อนินทรีย์ไนโตรเจน เนื่องจาก sensitivity สูง สะดวกและรวดเร็ว วิธี colorimetric สำหรับวิเคราะห์ไนเตรท ได้แก่ phenoldisulfonic acid หรือ chomatophic acid โดยการ develop สีด้วยวิธี Nessler's หรือ indophenol blue

2) วิธี Specific ion electrodes เป็นวิธีวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียมและไนเตรทในสารละลายด้วย ion electrode วิธีนี้มีข้อดีคือ ทำได้ง่าย รวดเร็วและราคาถูก แต่มักมีปัญหาคือ NO_3^- electrode ที่ใช้กันในปัจจุบันมักถูกรบกวนด้วย anion อื่นๆ ที่มีอยู่ในสารละลายที่สกัดได้จากพืชหรือดิน ต้อง restandardize electrode อยู่ตลอดเวลา sensitivity ค่อนข้างต่ำ ทำให้ไม่นิยมกันแพร่หลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธี microdiffusion มีข้อดีคือทำได้ง่าย ใช้เครื่องมือและพื้นที่น้อย ราคาถูกเหมาะสำหรับ routine analysis ถ้าทำอย่างถูกวิธีจะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ แต่ในดินส่วนใหญ่มีอนินทรีย์ไนโตรเจนต่ำ ค่าความแม่นยำที่ได้มักไม่ดีเท่าที่ควร ปัญหาสำคัญของวิธี microdiffusion คือ จะต้องใช้เวลา 1-2 วัน ในการวิเคราะห์ NH_3-N ที่ปลดปล่อยออกมา ทำให้นิยมใช้กันน้อย

4) วิธี stream distillation เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย ทำได้ง่าย รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง วิธีนี้ใช้ MgO เป็นด่างในการกลั่น และใช้ devarda alloy เป็น reductant ในการเปลี่ยน NO_3^- ให้เป็น NH_4^+

อนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปอื่น ๆ ก็ได้รับการเสนอเป็นรูปของไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงรูปโดยการเปลี่ยนแปลงโดยจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ ไฮดรอกซิล (NH_2OH), hyponitrous acid ($H_2N_2O_2$), และ nitramide (NH_2NO_2) แต่สารเหล่านี้มักจะไม่เสถียรในดินไม่ทนทานต่อความร้อน และสภาพอากาศที่ถ่ายเทในดิน (Mulvaney, 1996) การวิเคราะห์ดินโดยการย่อยสลายดินด้วยกรดก็จะทำให้ NO_3^- และ NO_2^- ระเหยไปจากดิน

2.4 Hydrolyzable Nitrogen (HN)

2.4.1 ความสำคัญและความหมาย

อินทรียวัตถุต้องผ่านการย่อยสลายอย่างน้อยบางส่วนจึงจะทำให้ไนโตรเจนเริ่มเป็นประโยชน์ ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะค่อย ๆ ย่อยสลาย (decompose) อินทรียวัตถุทำให้อินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) ถูกเปลี่ยนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic N) โดยกระบวนการ mineralization แบคทีเรีย เชื้อรา Actinomycetes และ Peptidoglycan เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ขั้นตอนสุดท้ายของการย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นการย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของ amines, amino acid ซึ่ง Hydrolyzable Nitrogen (HN) เป็นองค์ประกอบของ amino acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากที่สุดของไนโตรเจนในรูปที่เป็นอินทรีย์หรืออินทรีย์ไนโตรเจน เป็นปริมาณสูงถึง 50% (Stevenson and Cole, 1999) HN คือ อินทรีย์ไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ง่าย (labile organic Nitrogen) คงอยู่ในดินในระยะเวลาสั้นและพร้อมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (N minerlization) ซึ่งมักอยู่ในรูปกรดอะมิโนและอะมิโนซูการ์ HN สามารถใช้ทำนายความเป็นประโยชน์ของ N ในดินได้ เนื่องจาก HN ใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงรูปช้ากว่าการเปลี่ยนรูปจาก NH_4^+ ไปเป็น NO_3^- จึงเสถียรและคงอยู่ในดินได้นานกว่า

นักวิจัยได้พยายามที่จะตรวจสอบไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนที่อาจเป็นไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ตลอดการเจริญเติบโต มีรายงานว่าสารประกอบอะมิโนมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์ไนโตรเจนในดิน เช่น ปุ๋ยคอก และอาจส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน (Wander *et al.,* 2004) นอกจากนี้การปลูกพืชหมุนเวียนก็มีผลต่อความเข้มข้นของสารประกอบอะมิโนที่อยู่ในดิน Praveen *et al.* (2002) พบว่าการปลูกพืชตระกูลถั่วทำให้ความเข้มข้นของกรดอะมิโน และ amino sugar ในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่เมื่อปลูกข้าวฟ่าง (*Pennisetumamericanum* (L.) Leeke) amino sugar มีความเข้มข้นลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิธีวิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen

การวิเคราะห์ดินเพื่อคาดการณ์ความสามารถในการปลดปล่อยไนโตรเจนของดิน โดยวิธีการทางชีวภาพและทางเคมีทั่วไปยังไม่มีวิธีการใดที่ได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องที่สุด (Stanford, 1982) Mulvaney *et al.* (2001) ประเมินไนโตรเจนในรูป HN ในดิน ด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำแบบธรรมดา (conventional steam distillation methods) เพื่อหาปริมาณ HN ตามที่ Stevenson (1996) อธิบายเป็นวิธีการที่ยังมีข้อผิดพลาด แต่การใช้วิธีการแพร่ (diffusion methods) คือการเปลี่ยนรูปของ Organic Nitrogen ด้วยด่างและจับแอมโมเนีย (NH_3) ที่แพร่ออกมาด้วยกรดบอริก ซึ่งพัฒนาโดย Khan *et al.* (1997) เป็นวิธีการที่จะสามารถหาปริมาณ HN ที่ถูกต้องในดิน

Mulvaney and Khan (2001) ศึกษาการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของผลผลิตข้าวโพด และศึกษาความสัมพันธ์ของ HN และผลผลิต พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้ปรับปรุงวิธีการวิเคราะห์ HN ให้เหมาะสม เนื่องจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) และขั้นตอนการแพร่ (diffusion) ที่คิดค้นขึ้นในช่วงแรกใช้ระยะเวลาค่อนข้างยาวนานและเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติสำหรับการใช้งานในห้องปฏิบัติการทั่วไป Khan *et al.* (2001) จึงพัฒนาวิธีในการประเมิน HN ในดิน โดยใช้วิธีการแพร่ (diffusion) ทำได้โดยการใส่ดิน 1 g ในขวด Mason's Jar ที่มี 10 ml ของ 2 *M* NaOH ต้มบน hot plate เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 50 °C เพื่อเปลี่ยนอินทรีย์สารให้เป็น NH_3 วิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพและใช้เวลาที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ มีชื่อวิธีการว่า Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) นอกจากนี้ยังพบว่า HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณผลผลิตของข้าวโพด

2.4.3 การใช้ Hydrolyzable Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

Khan *et al.* (2001) ศึกษาการสะสม HN ในดินต่อการตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนของผลผลิตข้าวโพด (*Zea mays* L.) ในรัฐ Illinois ซึ่งปลูกบนพื้นที่ nonresponsive และ responsive พบว่า HN มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r= 0.90***) Sharifi *et al.* (2007) ทำการทดลองทำนายการปลดปล่อยไนโตรเจน โดยทำการทดลองบ่มดินที่ผสมสารมาตรฐานกรดอะมิโนในสภาพไร้ออกซิเจน เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบสหสัมพันธ์ระหว่าง HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ISNT ที่มีอยู่ในสารมาตรฐานกรดอะมิโนกับการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Roberts *et al.* (2011) ทำการทดลองในปี 2004-2008 ในรัฐ Arkansas เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง HN ที่วิเคราะห์โดยวิธี Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) และ Direct Steam Distillation (DSD) กับผลผลิตข้าว พบว่า HN มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว ดังนั้นจึงสามารถใช้ HN ทำนายความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของข้าว และการวิเคราะห์โดยวิธี DSD มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตข้าว (R^2=0.73) ซึ่งดีกว่าวิธี ISNT (R^2=0.57)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Williams *et al.* (2007) ทำการศึกษาวิจัยในรัฐ North Carolina พบสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอัตราไนโตรเจนที่ทำนายโดยการวิเคราะห์ HN ด้วยวิธี ISNT กับผลผลิตข้าวโพด ให้ข้อสังเกตถึงปริมาณ HN มีความสัมพันธ์กับสมบัติของดินและการจัดการน้ำ Roberts *et al.* (2009) พบว่า HN มีสัดส่วนอยู่ในช่วง 11-38% ของไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) และมีความสัมพันธ์กับความลึกของดิน

Jeffrey *et al.* (2006) ทำการทดลองศึกษาไนโตรเจนในรูป HN ในดินปลูกข้าวโพด (*Zea mays* L.) จำนวณ 80 แปลง ที่มีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกันออกไป ในรัฐ Wisconsin ทำการทดลองในปี 1984-2004 วิเคราะห์ HN โดยวิธี ISNT พบว่า HN มีสหสัมพันธ์กับปริมาณ OM ในดินทุกพื้นที่การทดลอง และมีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตของข้าวโพด (R^2=0.88) มีเพียง 13 แปลงทดลองที่การวิเคราะห์ HN ด้วยวิธี ISNT ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตของข้าวโพด

Barker *et al.* (2006) พบว่า HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ISNT มีสหสัมพันธ์ต่ำกับผลผลิตข้าวโพด นอกจากนี้นักวิจัยคนอื่น ๆ ไม่พบสหสัมพันธ์ของ HN ต่อผลผลิตพืช จึงมีความกังวลเกี่ยวกับการใช้ HN เป็นตัวชี้วัด Available N ในดิน เนื่องจากสหสัมพันธ์ระหว่าง HN และไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Total Nitrogen) มีค่าค่อนข้างต่ำ (Laboski *et al*., 2008; Osterhaus *et al*., 2008; Spargo *et al*., 2009)

2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน

ปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุอินทรีย์ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนต้องผ่านการย่อยสลายโดยกระบวนการทางเคมีและทางชีวภาพ จึงจะทำให้ไนโตรเจนเริ่มเป็นประโยชน์ จุลินทรีย์ดินจะค่อย ๆ ย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์หรือวัสดุอินทรีย์ ทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนที่ส่วนใหญ่อยู่ในรูป amine group (-NH_2) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ amino acid และ amino sugar ถูกเปลี่ยนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนโดยกระบวนการ mineralization เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาอย่างเป็นขั้นตอน 3 ขั้นตอนด้วยกัน 1) aminization เป็นการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนโดยจุลินทรีย์ จะย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาในรูปของ amines, amino acid และ urea 2) ammonification กระบวนการนี้อินทรีย์ไนโตรเจนในกระบวนการแรกจะถูกเปลี่ยนรูปไปเป็น ammonia (NH_3) และ ammonium ions (NH_4^+) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ 3) nitrification เป็นกระบวนการ oxidation ที่เริ่มจาก NH_4^+ และมีผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็น NO_3^- (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551) นอกจากนี้สมบัติดินยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์ การปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์จากปุ๋ยอินทรีย์นั้นมักขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดิน การวิเคราะห์ปริมาณ Total Nitrogen (TN), Organic Carbon (OC) และ C:N ratio ไม่สามารถบอกบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ได้อย่างแท้จริง ซึ่งการวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในรูป HN จะรวมถึงส่วนที่เป็น amino acid, amino sugar และ NH_4^+

อินทรีย์สารในปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพในดิน Gosling and Shepherd (2005) กล่าวว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดินในรูปแบบต่าง ๆ (ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์ชีวภาพ) ส่งผลให้สมบัติทางด้านกายภาพของดินดีขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ช่วยทำให้อนุภาคดินจับตัวกันเป็นก้อน (aggregation) ซึ่งการจับตัวเป็นเม็ดของดินทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างของดิน (soil structure) ความหนาแน่น (bulk density) ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) การระบายน้ำ และความพรุน (porosity) และการซึมผ่านของน้ำลงไปในดิน (permeability) ของดินดีขึ้น ในปุ๋ยอินทรีย์บางชนิดอาจมีปริมาณธาตุอาหารบางธาตุสูงมากและมี C:N แคบจึงสลายง่าย ทำให้ปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ที่มี C:N กว้าง เมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้เกิดอาการขาดธาตุไนโตรเจน อย่างรุนแรงในระหว่างการสลายตัว

2.6 การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณร้อยละ 90.95 ของผลผลิตทั้งหมดใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ สำหรับฤดูกาลปีเพาะปลูก 2557 ข้อมูลจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ระบุว่ามีพื้นที่ที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศ 7.29 ล้านไร่ ผลผลิตกว่าแปดแสนตัน และส่งออกมากกว่าสามแสนตัน ผลผลิตรวม 1.15 ล้านตัน (ตารางที่ 2.1) ปัจจุบันการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศ จำแนกได้ 2 รุ่น คือ รุ่นที่ 1 ปลูกตั้งแต่เดือน พฤษภาคม-ตุลาคม (ฤดูฝน) ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวมากในช่วงเดือนกันยายน ประมาณร้อยละ 86 ของผลผลิตทั้งประเทศ และรุ่นที่ 2 (ฤดูแล้ง) จะปลูกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เมษายนเก็บเกี่ยวมากที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณร้อยละ 13 ของผลผลิตทั้งประเทศ ปัญหาด้านการผลิตคือมีพื้นที่ปลูกลดลงเนื่องจากพืชแข่งขัน ด้านคุณภาพ มาตรฐานด้านคุณภาพของเมล็ดมีความชื้นสูงทำให้เกิดเชื้อราและสารอะฟลาทอกซิน นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิต เช่น ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงมีราคาสูงขึ้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ร้อยละ 90.95 ของผลผลิต ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ

ตารางที่ 2.1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประเทศกลุ่มอาเซียน ปี 2557

ประเทศ	พื้นที่เพาะปลูก	ผลผลิต	ส่งออก
	ปี 2557 (ไร่)	ปี 2557 (1,000 ตัน)	ปี 2557 (1,000 ตัน)
อาเซียน	61,588,688	40,636.73	1,352.37
กัมพูชา	1,194,250	3,998.66	687.93
อินโดนิเซีย	24,715,062	8,231.16	70.00
ลาว	1,333,125	4,926.78	1,070.00
พม่า	2,600,812	4,984.37	27.00
ฟิลิปปินส์	17,387,250	1,581.42	-
ไทย	7,298,812	844.34	312.84
เวียดนาม	7,059,375	1,070.00	34.60

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 สถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคอาเซียน

ประเทศที่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลผลิต และการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด 3 อันดับแรกในภูมิภาคอาเซียน ได้แก่ อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย ตามลำดับ โดยประเทศอินโดนีเซียมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงที่สุดกว่า 24 ล้านไร่ มีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของภูมิภาคอาเซียนในปี 2557 กว่าสี่สิบล้านตัน โดยส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กว่าหนึ่งล้านสามแสนห้าหมื่นสองพันตัน (ตารางที่ 2.1)

2.6.3 สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย

1) ความต้องการ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้ภายในประเทศร้อยละ 97 ใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นในปี 2555/56 เท่ากับสี่ล้านหกแสนตัน (ตารางที่ 2.1) ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เพื่อการบริโภคภายในประเทศและเพื่อการส่งออกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 2.2 การใช้ในประเทศ การส่งออกและการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย

ปีเพาะปลูก	การใช้ในประเทศ (ล้านตัน)	การส่งออก		การนำเข้า	
		ปริมาณ (ล้านตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ล้านตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2553/54	4.28	0.21	1,725.03	0.39	1,474.39
2554/55	4.36	0.29	2,661.00	0.18	651.32
2555/56	4.67	0.05	510.73	0.10	396.81
อัตราเพิ่ม %	4.09	-43.31	-39.17	-29.86	-27.96

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2557)

1.2) การส่งออก ตลาดส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และเวียดนาม การส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปี 2555/56 มีแนวโน้มลดลงเหลือห้าหมื่นตัน มูลค่าห้าร้อยสิบล้านบาท (ตารางที่ 2.2) เนื่องจากความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเพิ่มขึ้น

1.3) การนำเข้า การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์จึงจำเป็นต้องมีการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่การนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2555/56 มีแนวโน้มลดลงเหลือหนึ่งแสนตัน เนื่องจากการขยายระยะเวลาการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายใต้กรอบการค้าเสรีอาเซียน (AFTA) และภายใต้ยุทธศาสตร์ความร่วมมือทางเศรษฐกิจอิรวดี-เจ้าพระยา-แม่โขง (ACMECS)

1.4) ราคา ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี 2551-2556 มีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกตลาดตามการเคลื่อนไหวของราคาตลาดโลก ประกอบกับความต้องการใช้ภายในประเทศเพิ่มขึ้น โดยราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกษตรกรขายได้จากเดิมราคากิโลกรัมละ 7.10 บาท เพิ่มขึ้นเป็นกิโลกรัมละ 9.35 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีชื่อสามัญว่า Maize หรือ Corn และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลหญ้า (Family Gramineae) ซึ่งจัดอยู่ใน Tribe Maydeae ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชวันสั้นซึ่งมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบพืชซีสี่ เมื่อพิจารณาในด้านการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่ระยะเริ่มงอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ดวงใจ วัยเจริญ, 2557) สามารถจำแนกระยะการเจริญเติบโตตามช่วงการเจริญเติบโตดังนี้

1) ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) เป็นระยะเริ่มตั้งแต่ที่เยื่อหุ้มลำต้น (coleoptile) โผล่พ้นผิวดินจนถึงระยะออกดอกตัวผู้ ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 45-55 วัน ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมของข้าวโพด และสภาพแวดล้อมของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอิทธิพลจากอุณหภูมิ

2) ระยะออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บานจนถึงระยะที่ไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักตลอดจนระยะผสมเกสร ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 5-15 วัน

3) ระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) เป็นระยะที่เมล็ดมีการสะสมแป้งในเมล็ดจนถึงระยะที่เมล็ดหยุดการพัฒนา ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 35-45 วัน

4) ระยะสุกแก่ทางสรีระ (physiological maturity) เป็นระยะที่มีชั้นเนื้อเยื่อสีดำปรากฏที่ส่วนโคนของเมล็ด การสะสมน้ำหนักแห้งจะสิ้นสุดลง เป็นระยะที่ข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด

5) ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว (harvesting maturity) เป็นระยะที่ต้นและใบของข้าวโพด รวมทั้งกาบหุ้มฝักแห้ง ฝักคลายตัวจากกาบหุ้ม เมล็ดมีการลดความชื้นอย่างต่อเนื่องตามสภาพอุณหภูมิและความชื้นของบรรยากาศ

2.7.1 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมและความต้องการของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) สภาพพื้นที่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ดอนหรือที่ลุ่มไม่มีน้ำขัง ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,000 เมตร ความลาดเอียงไม่เกิน 5%

2) ลักษณะดิน ข้าวโพดสามารถขึ้นในดินเกือบทุกชนิด แต่จะให้ผลผลิตต่างกันในแต่ละชนิดดิน ลักษณะเนื้อดินควรเป็นดินร่วนถึงดินเหนียวที่ง่ายต่อการเตรียมดินและการเก็บกักความชื้น สามารถปลูกได้ในดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดถึงดินที่มีลักษณะเป็นด่างอ่อน ๆ ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเสริมอย่างเพียงพอและให้ผลผลิตที่ดีในช่วงที่มีสภาพ pH 6-7 ดินที่เหมาะสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรมี pH ระหว่าง 5.5-8 มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความลึกของหน้าดินประมาณ 60 เซนติเมตร มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2548ก) ข้าวโพดจะเจริญได้ดีในดินที่มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 10 mg kg^{-1} โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่น้อยกว่า 40 mg kg^{-1} และสามารถทนเค็มระดับความเค็มปานกลาง (ECe=4 dS/m, เปอร์เซ็นต์เกลือ = 0.25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) สภาพภูมิอากาศ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปลูกได้ผลดีที่สุดในเขตอบอุ่น (Temperate zone) คือ ระหว่างเส้นแวงที่ 30–40 เหนือและใต้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 25–35 °C ผลผลิตจะเริ่มลดลงเมื่อมีอุณหภูมิตั้งแต่ 35 °C ขึ้นไป เนื่องจากมีผลกระทบต่อการผสมเกสรของข้าวโพด อุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้ในการงอกของเมล็ดคือ 10 °C ข้าวโพดเติบโตได้เมื่อความยาวแสงไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง และไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

4) ปริมาณน้ำฝน ปลูกในพื้นที่ไร่ (ฤดูฝน) ต้องมีปริมาณการกระจายของน้ำฝนสม่ำเสมอ 1,000–1,200 มิลลิเมตรต่อปี และช่วงการการเจริญเติบโตต้องมีปริมาณการกระจายของน้ำฝน 350–400 มิลลิเมตร (ดวงใจ วัยเจริญ, 2557)

2.7.2 ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

พืชโดยทั่วไปต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอและจำเป็นต่อการเจริญเติบโต หากขาดธาตุใดธาตุหนึ่งพืชก็จะแสดงอาการขาดธาตุอาหารอย่างเห็นได้ชัด เช่น มีการเจริญเติบโตผิดปกติ หรือมีสีผิดปกติไปจากเดิม เป็นต้น สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 4.0-5.0 % ฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 0.40-0.60 % โพแทสเซียมอยู่ในช่วง 3.0-5.0 % (ปัทมา วิตยากร, 2547) แสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งต้น อายุ 25-45 วัน

ธาตุอาหาร	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร
N (%)	4.0-5.0
P (%)	0.40-0.60
K (%)	3.0-5.0
Ca (%)	0.51-1.60
Mg (%)	0.30-0.60
S (%)	0.18-0.40
B (mg kg^{-1})	6-25
Cu (mg kg^{-1})	6-20
Fe (mg kg^{-1})	40-500
Mn (mg kg^{-1})	40-160
Zn (mg kg^{-1})	25-60

ที่มา : ปัทมา วิตยากร (2547)

2.7.3 การเตรียมดิน สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีวัตถุประสงค์ของการเตรียมดิน เพื่อให้ผิวดินอ่อนตัวและห่อหุ้มเมล็ดข้าวโพดให้ชื้นอยู่เสมอ ทำให้ดินมีอากาศถ่ายเทสะดวกและทำลายเหง้าวัชพืชให้แห้งตายและฝังกลบซากวัชพืชเดิมให้จมอยู่ใต้ดิน การไถพรวนควรไถอย่างน้อย 2 ครั้ง ภายใต้หลักการไถดะให้ลึกไถแปรให้ดินแตกละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ไถดะ การไถด้วยผาน 3 หรือผาน 4 ควรไถให้ลึกประมาณ 30 เซนติเมตร เพราะการไถลึก จะทำให้ดินเก็บน้ำได้มาก และตากดินไว้ประมาณ 10-15 วัน เพื่อให้ความร้อนทำลายวัชพืชและศัตรูพืชในดิน

2) ไถแปร ควรไถด้วยผาน 7 โดยไถขวางรอยเดิมของไถดะเพื่อย่อยดินก้อนใหญ่ให้แตก ทำให้ดินมีความร่วนซุยมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เมล็ดพันธุ์งอกได้อย่างสม่ำเสมอ

2.7.4 การปลูกและระยะปลูก

การปลูกและระยะปลูกทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1) ใช้เครื่องปลูก เลือกรูจานหยอดให้เหมาะกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะระบุไว้ที่ถุง โดยทั่วไปจะใช้ระยะห่างระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 เซนติเมตร โดยปริมาณเมล็ดที่ใช้จะประมาณ 3-3.5 กิโลกรัมต่อไร่ ควรหยอดเมล็ดข้าวโพดให้ลึก 2.5-3 นิ้ว

2) ใช้คนปลูก ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะทางภาคเหนือ จะใช้เชือกในการกำหนดระยะให้มีระยะห่างระหว่างร่องประมาณ 70 เซนติเมตร แล้วใช้จอบขุด หยอดเมล็ด 1-2 เมล็ดแล้วกลบ โดยจำนวนเมล็ดที่หยอดและระยะห่างระหว่างหลุมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ว่าสายพันธุ์นั้นเหมาะกับการปลูกถี่ได้ดีเพียงใด

2.7.5 การใส่ปุ๋ย

ดินแต่ละชนิดมีความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยเคมีกับข้าวโพดจึงควรใส่ปุ๋ยให้ถูกชนิด สูตร อัตราและช่วงเวลา ควรวิเคราะห์ดินก่อนปลูกเพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารในดินการนำดินไปวิเคราะห์เพื่อรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยจะทำให้ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารอย่างพอเพียง ประหยัดต้นทุนและได้ผลกำไรสูงสุด ควรพิจารณาสูตรปุ๋ยและอัตราที่ควรใส่อย่างเหมาะสม ใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้น ไม่ควรใส่ปุ๋ยในระยะข้าวโพดออกดอกหรือติดเมล็ดแล้วเพราะไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มและยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงการใส่ปุ๋ยอาจเห็นผลไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ตัวอย่างการขาดธาตุอาหาร เช่น ขาดธาตุไนโตรเจน ใบล่างจะมีสีเหลืองซีด โดยเริ่มที่ปลายใบก่อนแล้วลามไปสู่ใบยอด มักเกิดในสภาพน้ำขังหรือที่ที่มีการชะล้างมาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและไม่มีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์จากพืชหรือสัตว์

1) คำแนะนำปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำแนะนำปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร (2553) แนะนำการใส่ปุ๋ยโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง เพื่อให้มีธาตุอาหารเพียงพอกับการสร้างผลผลิตตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต ดังนี้

1.1) ปุ๋ยรองพื้น ควรใส่รองก้นหลุม หรือโรยเป็นแถวแล้วกลบพร้อมปลูกใช้ปุ๋ยสูตร 16-20-0 หรือ 15-15-15 ในปริมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) ปุ๋ยยูเรีย เมื่อข้าวโพดมีอายุ 25-30 วัน ควรมีการใส่ปุ๋ยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ในปริมาณ 20-25 กิโลกรัมต่อไร่

ข้อแนะนำ ควรใส่ปุ๋ยพร้อมกับการกำจัดศัตรูพืชเมื่อข้าวโพดอายุได้ 20-35 วัน หรือสูงประมาณเข่า โดยใส่แบบโรยข้างแถวให้ห่างจากโคนต้นประมาณ 1 คืบ แล้วใช้ดินกลบ อย่างไรก็ตาม คำแนะนำนี้เป็นเพียงคำแนะนำคร่าวๆ ที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

2) การใส่ปุ๋ยเคมีให้เหมาะตามลักษณะเนื้อดิน

ดินแต่ละชนิดมีความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน คำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดิน จึงเป็นเพียงคำแนะนำเบื้องต้น สำหรับคำแนะนำเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในข้าวโพดของกรมวิชาการเกษตร (2553) ให้เหมาะกับดินแต่ละชนิด มีดังนี้

2.1) ดินเหนียวสีดำ ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

2.2) ดินเหนียวสีแดง หรือดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 หรือสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นร่องพร้อมปลูก และใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

2.3) ดินทราย หรือดินร่วนปนทราย ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นร่องพร้อมปลูก และใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

3) คำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเพราะการวิเคราะห์ดินช่วยให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและปริมาณปุ๋ยที่จะต้องใส่ ซึ่งคำแนะนำมีอยู่หลายแบบ เช่น คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คำแนะนำของสถาบันวิจัยพืชไร่ หรือคำแนะนำของปุ๋ยสั่งตัด สามารถศึกษาและเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม

คำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2553) เป็นคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินจากการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งจะให้คำแนะนำมาเป็นช่วงคำแนะนำ คำแนะนำอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากการวิเคราะห์อินทรียวัตถุ ถ้าอินทรียวัตถุน้อยกว่า 1% ให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งในกรณีที่ค่าวิเคราะห์ดินของปุ๋ยฟอสฟอรัสมีค่าสูงกว่า 15 mg P kg^{-1} ตามคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 0 ถึง 5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้เลือกใส่ที่ 5 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้แน่ใจว่าข้าวโพดได้รับอาหารเพียงพอแล้วจึงพิจารณาลดปริมาณลงในฤดูต่อไปแต่ไม่ควรที่จะไม่ใส่เลย ในกรณีของคำแนะนำของปุ๋ยโพแทสเซียมก็เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน

รายการวิเคราะห์	อัตราปุ๋ยที่ใส่	เวลาและวิธีการใส่
1) อินทรียวัตถุ (%)		ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ใน 3 ส่วนรองก้นหลุมตอนปลูก และส่วนที่เหลือใส่เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน
- น้อยกว่า 1 %	ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กิโลกรัมต่อไร่	
- 1 ถึง 2 %	ปุ๋ยไนโตรเจน 10–15 กิโลกรัมต่อไร่	
- มากกว่า 2 %	ปุ๋ยไนโตรเจน 5-10 กิโลกรัมต่อไร่	
2) ฟอสฟอรัส (mg P kg^{-1})		ใส่รองก้นตอนปลูก
- น้อยกว่า 10 mg P kg^{-1}	ปุ๋ยฟอสฟอรัส 10 กิโลกรัมต่อไร่	
- 10 ถึง 15 mg P kg^{-1}	ปุ๋ยฟอสฟอรัส 5-10 กิโลกรัมต่อไร่	
- มากกว่า 15 mg P kg^{-1}	ปุ๋ยฟอสฟอรัส 0-5 กิโลกรัมต่อไร่	
3) โพแทสเซียม (mg K kg^{-1})		ใส่รองก้นหลุมตอนปลูก
- น้อยกว่า 60 mg K kg^{-1}	ปุ๋ยโพแทสเซียม 10 กิโลกรัมต่อไร่	
- 60 ถึง 100 mg K kg^{-1}	ปุ๋ยโพแทสเซียม 5-10 กิโลกรัมต่อไร่	
- มากกว่า 100 mg K kg^{-1}	ปุ๋ยโพแทสเซียม 0-5 กิโลกรัมต่อไร่	

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2553)

นอกจากนี้สถาบันวิจัยพืชไร่ (2548) ยังให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณและระดับของอินทรียวัตถุในดินและตามชนิดกลุ่มดิน ซึ่งให้คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนตามช่วงของปริมาณอินทรียวัตถุในดินเป็นการให้คำแนะนำตามชนิดของกลุ่มดินที่พบส่วนใหญ่ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด โดยนำองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในดินหรือเป็นปัจจัยจำกัดด้านศักยภาพดิน ทั้งในปัจจัยทางเคมี ทางกายภาพ และการเขตกรรม มาพิจาณากำหนด ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลงได้ (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พิจารณาจากปริมาณและระดับของอินทรียวัตถุ[1/] ในดินและตามชนิดกลุ่มดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)	ปริมาณแนะนำของธาตุไนโตรเจน (kg rai^{-1}) ตามชนิดกลุ่มดิน							
	เอนติโซลส์ (Entisols)	ออกซิโซลส์ (Oxisols)	มอลลิโซลส์ (Mollisols)	เวอร์ติโซลส์ (Vertisols)	อัลฟิโซลส์ (Alfisols)	อินเซปติโซลส์ (Inceptisols)	อัลติโซลส์ (Ultisols)	อัลติโซลส์ (Ultisols)
0.00-0.50	20	20	20	20	20	20	20	20
0.51-1.00	15	15	15	15	15	15	15	15
1.01-1.50	15	15	15	15	15	15	15	15
1.51-2.50	15	15	10	10	15	15	15	15
2.51-3.50	10	10	5	5	10	10	10	10
3.51-4.50	5	5	5	5	5	5	5	10
> 4.50	5	5	5	5	5	5	5	5

[1/] ปริมาณอินทรียวัตถุ (%) = อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) × 1.724

ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่ (2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยอินทรีย์

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2548ข) การใช้ปุ๋ยพืชสด เช่น ปอเทือง ถั่วพุ่ม ถั่วพร้า ปลูกก่อนแล้วไถกลบจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีให้ดียิ่งขึ้น การปลูกข้าวโพดควรมีการปลูกหมุนเวียนร่วมกับการปลูกถั่วลิสง ถั่วเหลืองและถั่วเขียว เพื่อช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ดีอยู่เสมอ ปุ๋ยมูลสัตว์ เช่น มูลไก่ มูลสุกร มูลวัว และมูลควายสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีได้ กรณีใช้ปุ๋ยมูลสัตว์บำรุงดิน ได้แก่ มูลไก่ มูลโค และควาย ควรใช้อัตรา 1-2 ตันต่อไร่ สำหรับปุ๋ยมูลสุกรมีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่ามูลโค มูลควายและมูลไก่ ควรใช้อัตราต่ำกว่าประมาณ 0.5-1.0 ตันต่อไร่

2.7.6 การให้น้ำ

การปลูกในสภาพให้น้ำชลประทานควรวางแผนให้น้ำอย่างสม่ำเสมอโดยคำนึงถึงโครงสร้างของดิน ความลึก สภาพอากาศ และความต้องการของพืช การให้น้ำช่วงแรกช่วยให้ต้นกล้างอกสม่ำเสมอมีการเจริญเติบโตและออกดอกพร้อมกันระวังอย่าให้น้ำท่วมขังเพราะอาจชะงักการเจริญเติบโต จะทำให้โปรยละอองเกสรและออกไหมไม่พร้อมกันติดเมล็ดน้อย ในระยะออกดอกและติดเมล็ดควรให้น้ำสม่ำเสมอ เพราะจะช่วยให้ฝักติดเมล็ดดียิ่งขึ้น

2.8 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3

พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดีเป็นปัจจัยที่สำคัญข้อหนึ่งที่จะได้ผลผลิตมีคุณภาพดี คือมีปริมาณฝักเสียที่ไม่ได้มาตรฐานน้อยตามความต้องการของโรงงานแปรรูป ขณะเดียวกันพันธุ์นั้นก็ควรให้ผลผลิตสูงและง่ายต่อการจัดการของเกษตรกรผู้ปลูกด้วย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ที่ได้วิจัยและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูงมีความทนแล้ง เพื่อใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรจนได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ มีลักษณะเด่นคือทนแล้งในระยะออกดอก ต้านทานโรคราน้ำค้างสูง ต้านทานโรคราสนิม และเก็บเกี่ยวง่าย ให้ผลผลิตเมล็ดในสภาพปกติเฉลี่ย 1,106 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 72 และนครสวรรค์2 รวมทั้งยังให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธ์ลูกผสมทางการค้าที่มีความทนแล้ง (ตารางที่ 2.6) และผลผลิตในสภาพขาดน้ำในระยะออกดอก 836 กิโลกรัมต่อไร่ อายุออกดอกตัวผู้ 54 วัน อายุออกไหม 55 วัน อายุเก็บเกี่ยว 110-115 วัน ความสูงของฝัก 110 มิลลิเมตร ความสูงของต้น 196 เซนติเมตร จำนวนฝัก 1 ฝักต่อต้น จำนวนแถวเมล็ด 14 แถวต้อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว 36 เมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 82.7% ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 เดิมมีชื่อรหัสเอ็นเอสเอ็กซ์ 492029 เป็นข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวเกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 (พันธุ์แม่) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 3 (พันธุ์พ่อ) (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ลักษณะของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นครสวรรค์ 3 เทียบกับพันธุ์ลูกผสมการค้า

ลักษณะ	นครสวรรค์ 3	พันธุ์การค้า
ผลผลิต (kg rai^{-1}) (ผลผลิตเมล็ดแห้งที่ความชื้น 15% ในฤดูฝน)	1,106	1,100
ผลผลิต (kg rai^{-1}) (ผลผลิตเมล็ดแห้งที่ความชื้น 15% ขาดน้ำระยะออกไหม)	836	450
อายุออกดอกตัวผู้ (วัน)	54	53
อายุออกไหม (วัน)	55	54
อายุเก็บเกี่ยว (วัน)	110-115	110-120
ความสูงฝัก (mm)	110	141
ความสูงต้น (cm)	196	242
โรคราน้ำค้าง	ต้านทาน	อ่อนแอ
โรคราสนิม	ต้านทานปานกลาง	อ่อนแอปานกลาง

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (2558)

2.9 ชุดดินหลักที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยกระจายออกไปอยู่เกือบทุกภูมิภาคของประเทศ ได้แก่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก นครราชสีมา ชัยภูมิ สระบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระแก้ว จันทบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ชุดดินหลัก ๆ ที่ใช้เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยแต่ละชุดดินมีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินที่แตกต่างกันออกไป (รูปที่ 2.3) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; เอิบ เขียวรื่นรมย์, 2533) ดังนี้

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของดินที่ใช้ในการศึกษา
ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ชุดดินโชคชัย (Chok Chai series : Ci)

การจำแนกดิน Very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiustox การกำเนิดดิน เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่และเศษหินเชิงเขาของหินบะซอลต์ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-12 % การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน A-Bt ลักษณะโดยทั่วไปและสมบัติดินของดินชุดดินโชคชัยเป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้มมาก ดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงหม่นหรือสีแดงหม่นเข้มมาก ในดินบนปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) และดินล่างดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5)

2) ชุดดินปากช่อง (Pak Chong serie: Pc)

การจำแนกดิน Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls การกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ล บริเวณเนินตะกอนรูปพัด สภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 3-12 % การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน Ap(A)-Bw-Ck ลักษณะทั่วไปและสมบัติดินชุดดินปากช่อง เป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง มีสีดำสีเทาเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีน้ำตาลเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งและมีเม็ดปูนปน มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม และมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและที่เชื่อมต่อกันหนาแน่น

3) ชุดดินลพบุรี (Lop Buri : Lb)

การจำแนกดิน Very-fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts การกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาที่มีแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นพวกมอนต์มอริลโลไนต์ทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ลหรือตะพักเขาหินปูน สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบมีความลาดชัน 1-5% การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำช้า การจัดเรียงชั้นดิน Ap-Bss-BCk ลักษณะทั่วไปและสมบัติของดินชุดดินลพบุรีเป็นดินลึกดินบนเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียวมีสีดำหรือสีเทาเข้มมาก พบชั้นปูนมาร์ลในระดับลึก 80 เซนติเมตรลงไป ในฤดูแล้งจะแตกระแหงเป็นร่องกว้างกว่า 1 เซนติเมตร หรือมากกว่าที่ความลึก 50 เซนติเมตร และรอยแตกนี้จะคงอยู่นาน จะพบรอยไถลและหน้าตัดดินมีมวลก้อนกลมปูนสะสมอยู่ทั่วไป ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลางถึงด่างจัด (pH 8.0-9.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว ดินมีสีดำหรือ สีน้ำตาลปนเทา ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง pH 8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ชุดดินตาคลี (Takhli series : Tk)

การจำแนกดิน Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls การกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ล บริเวณเนินตะกอนรูปพัด สภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 3-12 % การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน Ap(A)-Bw-Ck ลักษณะโดยทั่วไปและสมบัติดินของชุดดินตาคลีเป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 เซนติเมตร จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินมีสีดำ สีเทาเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีน้ำตาลเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และมีเม็ดปูนปน มีสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้มและมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและที่เชื่อมต่อกันหนาแน่น

5) ชุดดินน้ำพอง (Nam Phong series : Ng)

การจำแนกดิน Loamy, siliceous, isohyperthermic Grossarenic Haplustalfs การกำเนิดเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน สภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาดมีความลาดชัน 2-10% การระบายน้ำดีถึงค่อนข้างมาก การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำเร็ว การจัดเรียงชั้น A-E-Bt ลักษณะทั่วไปของชุดดินน้ำพองเป็นดินลึก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินทราย มีสีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินทรายปนดินร่วน มีสีชมพู สีน้ำตาลซีดมากมีสีเทาปนชมพู น้ำตาลซีด มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายในดินล่างลึกลงไป พบจุดประสีน้ำตาลแก่ เหลืองปนแดง หรือแดงปนเหลืองในดินชั้นล่างนี้ด้วย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

6) ชุดดินสตึก (Satuk series: Suk)

การจำแนกดิน Fine-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleustults การกำเนิดเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน สภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-8 % การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงเร็ว พืชพรรณธรรมชาติเป็นป่าเต็งรัง การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มักมีการปลูกพืชไร่ แพร่กระจายตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การจัดเรียงชั้นแบบ A-Bt ลักษณะและสมบัติดินเป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาเข้ม หรือสีน้ำตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ประกอบด้วย 2 การทดลองหลัก

การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.1.1 ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาและการเก็บตัวอย่างดิน

การทดลองนี้ทำกาศึกษาโดยใช้ดินตัวแทน 6 ชุดดิน ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันคือ กลุ่มดินร่วน-เหนียวสีแดง ดินร่วน-เหนียวสีดำ และดินทราย เก็บตัวอย่างดินจำนวน 6 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย ชุดดินปากช่อง ชุดดินน้ำพอง และชุดดินสตึก จากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดนครราชสีมา เก็บดินชุดดินลพบุรี และชุดดินตาคลี จากจังหวัดนครสวรรค์ โดยเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร

3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ

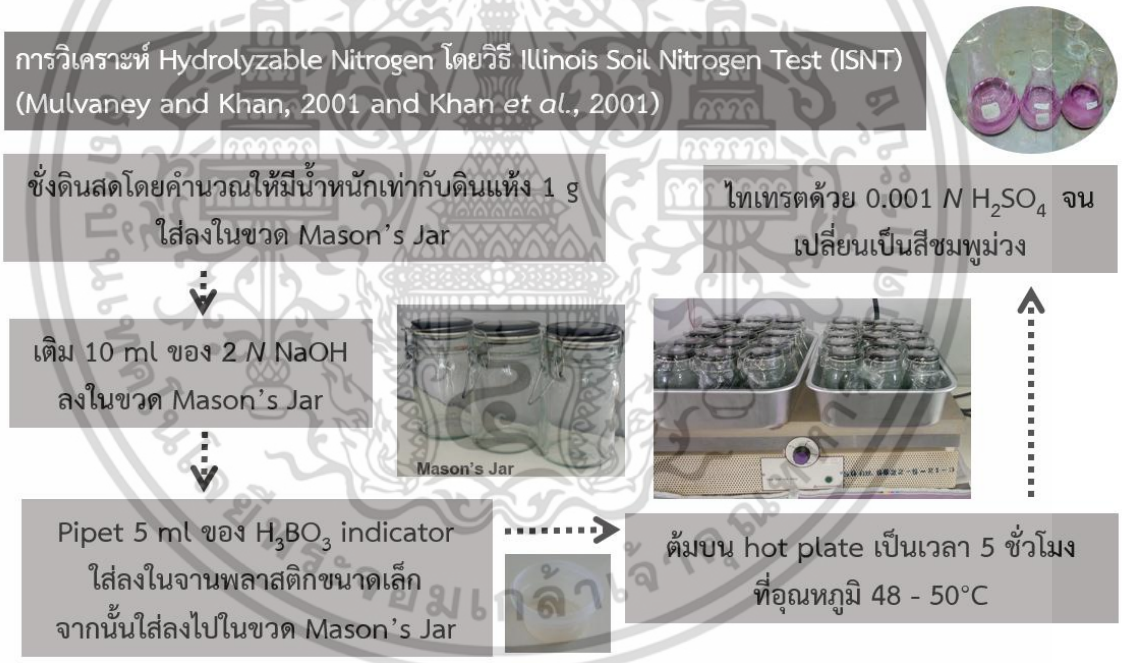
นำตัวอย่างดินแต่ละชุดดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ย่อยและคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน สุ่มเก็บตัวอย่างดินแต่ละชุดดินจำนวนชุดดินละ 1 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน โดยนำตัวอย่างดินบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และนำดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2542) วิเคราะห์ HN โดยวิธี Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) (Mulvaney and Khan, 2001 and Khan *et al.*, 2001) วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- โดยการสกัดด้วย 1*N* KCl อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:10 วิเคราะห์ความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- โดยการกลั่นด้วย MgO และ Devarda alloy (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen; TN) โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM) โดยวิธี wet oxidation (Walkley and Black, 1934) วิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) โดยวิธี Ammonium acetate, pH 7 replacement method (Peech *et al.*,1947) วิเคราะห์ Available Phosphorus (P) โดยสกัดด้วย BrayII วัดความเข้มข้นด้วยวิธี colorimetrically (Bray and Kurtz, 1945) สกัด Exchangeable Potassium (K), Calcium (Ca) และ Magnesium (Mg) โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc pH 7 วัดด้วยเครื่อง Atommic Adsorption spectrophotometer (Knudsen *et al.*, 1982) วิเคราะห์เนื้อดินโดยวิธี hydrometer method (Gee and Bender, 1986) วัดค่าความชื้นดินที่ความจุความชื้นสนามด้วย Pressure plate apparatus (วิทยา ตรี โลเกศ, 2545)

3.1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen (HN)

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี ISNT แสดงในรูปที่ 3.1 โดยรายละเอียดของการเตรียมสารเคมีและการวิเคราะห์ แสดงในภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.1 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี ISNT

3.1.4 การปลูกพืชทดลองในโรงเรือน

ทำการทดลองปลูกพืชทดลองในโรงเรือนทดลอง บริเวณดาดฟ้าชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (รูปที่3.2) โดยมีรายละเอียดของการทดลองดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 สภาพการทดลองในโรงเรือนและการวางทรีตเม้นต์ตามการจัดผังการทดลอง

1) การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized complete block design; RCBD) จัดสิ่งทดลองแบบ 6x2 factorial โดยมีดินจำนวน 6 ชุดดินเป็นปัจจัยที่หนึ่ง ปัจจัยที่สองคืออัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา เท่ากับ 0 (-N) และ 20 kg N rai^{-1} (+N)

แต่ละทรีตเม้นต์ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทรีตเม้นต์ที่ทำการทดลองมีดังนี้

ทรีตเม้นต์ที่ 1 ชุดดินโชคชัย ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน(Ci-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 2 ชุดดินโชคชัย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1}(Ci+N)

ทรีตเม้นต์ที่ 3 ชุดดินปากช่อง ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Pc-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 4 ชุดดินปากช่อง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (Pc+N)

ทรีตเม้นต์ที่ 5 ชุดดินลพบุรี ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Lb-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 6 ชุดดินลพบุรี ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (Lb+N)

ทรีตเม้นต์ที่ 7 ชุดดินตาคลี ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Tk-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 8 ชุดดินตาคลี ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (Tk+N)

ทรีตเม้นต์ที่ 9 ชุดดินน้ำพอง ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Ng-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 10 ชุดดินน้ำพอง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (Ng+N)

ทรีตเม้นต์ที่ 11 ชุดดินสตึก ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Suk-N)

ทรีตเม้นต์ที่ 12 ชุดดินสตึก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (Suk+N)

โดยมีแผนผังการทดลองดังนี้

Block 1		Block 2		Block 3	
Suk-N	Ci-N	Tk-N	Pc-N	Ci+N	Ng-N
Tk+N	Lb+N	Ng+N	Lb-N	Tk+N	Lb+N
Ci+N	Suk+N	Suk-N	Ci+N	Pc+N	Tk-N
Ng-N	Pc-N	Pc+N	Ng-N	Suk+N	Suk-N
Pc+N	Tk-N	Lb+N	Tk+N	Ng+N	Pc-N
Lb-N	Ng+N	Ci-N	Suk+N	Lb-N	Ci-N

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินที่ผึ่งจนแห้งในที่ร่ม ย่อยและคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน มาชั่งน้ำหนัก 15 กิโลกรัม ใส่ในกระถางขนาด 17 นิ้ว ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ตามตำรับการทดลอง โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งละ 10 kg N rai^{-1} ครั้งแรกผสมปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย) อัตรา 10 kg N rai^{-1} ร่วมกับดินแต่ละชุดดินก่อนบรรจุดินลงกระถาง ผสมร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และจุลธาตุ ตามค่าวิเคราะห์ดินให้ทุกกระถางปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 kg N rai^{-1} เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน

3) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการดูแล

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 โดยทำการปลูกข้าวโพดจำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน ถอนแยกจนเหลือ 2 ต้นต่อกระถาง กำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของข้าวโพด เมื่อเริ่มการทดลองจะให้น้ำแก่ข้าวโพดที่ระดับความชื้นในดิน 60% ของน้ำที่เป็นประโยชน์แก่พืช (ของดินแต่ละชุดดิน) ในระหว่างการปลูกข้าวโพดการให้น้ำจะคำนวณจากการใช้น้ำของข้าวโพดและการระเหยน้ำของดิน ให้น้ำแก่ข้าวโพดที่ระดับความชื้นที่กำหนดตลอดการทดลองจนข้าวโพดมีอายุ 90 วัน จึงหยุดให้น้ำ ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อข้าวโพดมีอายุ 110 วัน

3.1.5 การเก็บข้อมูล

1) การเก็บตัวอย่างดิน

1.1) เก็บตัวอย่างดินในวันที่ 0, 3, 5, 10, 20, 30, 55, 90 และ 110 วันของการปลูกพืช เก็บดินครั้งละประมาณ 2 soil tube โดยเก็บบริเวณริมขอบกระถาง 2 จุดตรงข้ามกัน และครั้งถัดไปจะเก็บวนรอบกระถางตามเข็มนาฬิกา (รูปที่ 3.3)

รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินในครั้งแรกและครั้งถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) หลังจากเก็บดิน แบ่งดินเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นดินสดซึ่งจะนำมาวิเคราะห์ค่า pH, HN, NH_4^+ และ NO_3^- ส่วนที่ 2 นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์ OM และ TN สำหรับส่วนที่ 2 วิเคราะห์เฉพาะในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

1.3) การวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ วัดค่า pH ของดินด้วย pH meter อัตราส่วนดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1 วิเคราะห์ OM ของดินด้วยวิธี wet oxidation ของ Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) วิเคราะห์หาความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) และ TN ในดินวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิธีวิเคราะห์ดินแสดงในภาคผนวก ก

1.4) การวิเคราะห์พืช วิเคราะห์ตัวอย่างในส่วนของลำต้นและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยวิเคราะห์ TN โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ข

2) การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและการเก็บตัวอย่างพืช

2.1) วัดการเจริญเติบโต เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วัน โดยวัดความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นดินจนถึงใบที่เจริญเต็มที่ วัดเส้นรอบวงของต้นโดยวัดที่ระยะจากโคนต้นขึ้นมา 2.5 เซนติเมตร

2.2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุประมาณ 110 วัน โดยเก็บฝักทุกฝักในกระถางบันทึกจำนวนฝักต่อต้น จากนั้นตัดลำต้นในส่วนเหนือดิน นำมาชั่งน้ำหนักสดของลำตันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักฝักในทุกกระถางที่ปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของลำต้น ฝัก น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังและเมล็ดที่อบแห้งแล้ว ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชแล้วนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบ่งเป็นไนโตรเจนในส่วนลำต้นและไนโตรเจนในเมล็ด จากนั้นคำนวณการดูดดึงไนโตรเจนของพืช

3.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง

2) วิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ได้แก่ Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM), Total Nitrogen (TN) และ Organic Matter (OM) กับน้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของลำต้นและเมล็ด การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น เมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

การทดลองที่ 2 ประกอบด้วยการทดลองย่อย 3 การทดลอง คือ

3.2.1 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย

1) การทดลองในห้องปฏิบัติการ

เก็บดินชุดดินโชคชัยจากแปลงปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินชุดดินโชคชัยมาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด มีอัตราการใส่ 2 อัตรา ในห้องปฏิบัติการ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค นำปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสามชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค) เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณอัตราปุ๋ย

ออกแบบการทดลองแบบ 3x2+1 Factorial ปัจจัยที่ใช้ในการทดลองมี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่หนึ่ง คือ ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด และปัจจัยที่สอง คือ อัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา โดยในการทดลองครั้งนี้จะใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 150 และ 300 mg N kg^{-1} และทรีตเม้นต์ควบคุม

ในดินแต่ละชุดดินทำการทดลอง 7 ทรีตเม้นต์ 3 ซ้ำ มีรายละเอียดดังนี้

ทรีตเม้นต์ที่ 1 ทรีตเม้นต์ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย, CN)
ทรีตเม้นต์ที่ 2 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 150 mg N kg^{-1} (Org150)
ทรีตเม้นต์ที่ 3 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 300 mg N kg^{-1} (Org300)
ทรีตเม้นต์ที่ 4 ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 150 mg N kg^{-1} (CK150)
ทรีตเม้นต์ที่ 5 ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 mg N kg^{-1} (CK300)
ทรีตเม้นต์ที่ 6 ปุ๋ยมูลโคอัตรา 150 mg N kg^{-1} (CM150)
ทรีตเม้นต์ที่ 7 ปุ๋ยมูลโคอัตรา 300 mg N kg^{-1} (CM300)

นำดินที่ผ่านการผึ่งจนแห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักดินตำรับการทดลองละ 800 กรัม คลุกเคล้ากับปุ๋ยอินทรีย์ที่ชนิดและอัตราต่าง ๆ ตามที่แต่ละตำรับการทดลองกำหนด บรรจุดินลงในกระป๋องพลาสติกขนาด 1 ลิตร บ่มดินที่ระดับความจุความชื้นสนามของดิน เป็นระยะเวลา 90 วัน โดยจะเก็บตัวอย่างดินวันที่ 0, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันของการบ่มดิน แบ่งเป็นดินสดสำหรับการวิเคราะห์ค่า pH, HN, NH_4^+ และ NO_3^- ในส่วนของดินแห้งสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ OM และ TN ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

นำดินที่เก็บแบ่งเป็นดินสดนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่าวิเคราะห์ต่าง ๆ โดยคำนวณตามปริมาณน้ำหนักดินแห้ง ดังนี้ ค่า pH ของดิน อัตราส่วนดิน : น้ำ, 1 : 1 วัดค่า pH ด้วย pH meter วิเคราะห์ Inorganic N (NH_4^+, NO_3^-) ด้วยวิธี colorimetrically methods (Mulvaney, 1996) และดินแห้งสำหรับการวิเคราะห์ OM ของดินโดยวิธี Loss on Ignition (Wilke and Berndt-Michael, 2005) วิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen โดยวิธี ISNT (Mulvaney and Khan, 2001; Khan *et al*., 2001) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

3) ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด คือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดนครราชสีมา นำมาวิเคราะห์ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Richards, 1954) วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Loss on Ignition (LOI) วิเคราะห์ Total N โดยวิธี Micro-Kjeldahl method (Jackson, 1965) วิเคราะห์ HN โดยวิธี ISNT (Mulvaney and Khan, 2001; Khan *et al*., 2001) วิเคราะห์ปริมาณ water soluble Nitrogen โดยการสกัดด้วยน้ำกลั่นและนำไปกลั่นหาปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- (Gugino *et al*., 2009) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ค

3.2.2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง

เก็บดินชุดดินน้ำพองจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินชุดดินน้ำพองมาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยมูลโค 2 อัตรา คือ 150 และ 300 mg N kg^{-1} และทรีตเม้นต์ควบคุม ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การวางแผนการทดลอง ขั้นตอนในการบ่มดิน และวิเคราะห์ดินทำเช่นเดียวกับการทดลองในชุดดินโชคชัย

3.2.3 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี

เก็บดินชุดดินตาคลีจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินชุดดินตาคลีมาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยมูลโค 2 อัตรา คือ 150 และ 300 mg N kg^{-1} และ ทรีตเม้นต์ควบคุม ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การวางแผนการทดลอง ขั้นตอนในการบ่มดินและวิเคราะห์ดินทำเช่นเดียวกับการทดลองในชุดดินโชคชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง

2) ในแต่ละชุดดินเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจน ปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM) Total Nitrogen (TN) และ Organic Matter (OM) เมื่อได้รับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.1.1 สมบัติดินเบื้องต้น

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 6 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินสตึก (Suk) แสดงในตารางที่ 9 ดินทั้ง 6 ชุดดินที่ใช้ในการทดลองมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีแตกต่างกันออกไป โดยจะแบ่งตามลักษณะของดินได้ 3 กลุ่มคือ ดินโชคชัยและดินปากช่อง เป็นดินสีแดงมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนและดินเหนียว ค่าปฏิกิริยาดินของดินโชคชัยและดินปากช่องเป็นกรดจัดและเป็นกรดเล็กน้อยมีค่าเท่ากับ 5.01 และ 6.34 ตามลำดับ มีค่า Cation Exchange Capacity (CEC) อยู่ในระดับต่ำ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความสูง-ต่ำ ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินในตารางภาคผนวก ก โดยมีค่าเท่ากับ 11.21 และ 12.78 cmol kg^{-1} ดินลพบุรีและดินตาคลีมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินลพบุรีมีสีดำ ส่วนดินตาคลีมีสีน้ำตาลปนเทาและมีเม็ดปูนปนอยู่ในดิน มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง เท่ากับ 8.19 และ 8.26 ตามลำดับ ค่า CEC อยู่ในระดับสูงและสูงมาก เท่ากับ 39.16 และ 42.35 cmol kg^{-1} กลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มของดินน้ำพองและดินสตึก มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนและดินทราย ตามลำดับ ดินน้ำพองมีสีน้ำตาล ส่วนดินสตึกมีสีน้ำตาลปนเทา ค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพองและดินสตึก เป็นกรดเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 6.47 และ 6.31 ดินน้ำพองมีค่า CEC อยู่ในระดับต่ำมาก ส่วนดินสตึกมีอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 2.23 และ 5.28 cmol kg^{-1} (ตารางที่ 4.1 และ 4.2)

ตารางที่ 4.1 สมบัติทางเคมีกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk)

Soil Properties	Ci	Pc	Lb	Tk	Ng	Suk
Soil texture	Loam	Clay	Clay	Clay	Loamy Sand	Sand
Sand (g kg^{-1})	499	199	198	397	832	932
Slit (g kg^{-1})	300	233	232	264	100	33
Clay (g kg^{-1})	201	567	564	331	67	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) และชุดดินสตึก (Suk)

Soil Properties	Ci	Pc	Lb	Tk	Ng	Suk
Soil pH (1:1 water:soil)	5.01	6.34	8.19	8.26	6.47	6.13
Field capacity (% by weight)	23.84	40.47	32.18	17.94	13.94	20.23
Organic Carbon (OC) (g kg^{-1})	23.03	37.71	31.84	28.30	5.61	37.06
Organic Matter (OM) (g kg^{-1})	13.36	21.87	18.46	16.41	3.25	21.49
Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1})	2.16	2.59	2.91	2.93	0.58	3.07
Hydrolyzable Nitrogen (HN) (mg kg^{-1})	63.08	75.41	58.03	57.87	23.30	62.34
NH_4^+ (mg kg^{-1})	54.70	60.37	45.40	42.77	21.82	51.34
NO_3^- (mg kg^{-1})	5.64	7.63	2.98	2.65	2.32	3.98
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})	11.21	12.78	39.16	42.35	2.96	5.28
Available P (mg kg^{-1})	65.03	31.19	49.12	22.81	10.06	21.15
Exchangeable K (mg kg^{-1})	160.33	250.33	198.67	235.73	50.07	126.67
Exchangeable Ca (mg kg^{-1})	927.50	2,510.83	12,661.67	11,923.41	340.50	790.83
Exchangeable Mg (mg kg^{-1})	219.77	282.42	400.92	216.27	48.14	126.98
Extractable Fe (mg kg^{-1})	26.67	14.27	18.17	7.73	25.73	87.13
Extractable Zn (mg kg^{-1})	5.12	0.90	0.37	0.39	0.37	3.14
Extractable Cu (mg kg^{-1})	3.02	1.21	0.53	1.01	0.09	0.42
Extractable Mn (mg kg^{-1})	123.60	137.35	24.77	31.50	13.36	17.52

ปริมาณ Organic Carbon (OC) ของดินทั้ง 6 ชุดดินมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งดินปากช่องมี OC สูงสุด รองลงมาคือ ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี ดินโชคชัย และดินน้ำพอง มีปริมาณ OC เท่ากับ 37.71, 37.06, 31.84, 28.30, 23.03 และ 5.61 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) ปริมาณ Organic Matter (OM) ของดินปากช่อง ดินสตึก ดินลพบุรี และดินตาคลี มี OM อยู่ในระดับปานกลาง (21.87, 21.49, 18.46 และ 16.41 g kg^{-1} ตามลำดับ) ดินโชคชัยมี OM ค่อนข้างต่ำ (13.36 g kg^{-1}) และดินน้ำพองมี OM อยู่ในระดับต่ำมาก (3.25 g kg^{-1}) ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen; TN) ของดินสตึกมีความเข้มข้นสูงสุด รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินลพบุรี ดินปากช่อง ดินโชคชัย และต่ำสุดคือดินน้ำพอง มีค่าเท่ากับ 3.07, 2.93, 2.91, 2.59, 2.16 และ 0.58 g kg^{-1} ตามลำดับ ความเข้มข้นของ HN, NH_4^+ และ NO_3^- สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และต่ำที่สุดคือดินน้ำพอง โดยมีปริมาณ HN เท่ากับ 75.41, 63.08, 62.34, 58.03, 57.87 และ 23.30 mg N kg^{-1} ตามลำดับ มีปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 60.37, 54.70, 51.34, 45.40, 42.77 และ 21.82 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 7.63, 5.64, 3.98, 2.98, 2.65 และ 2.32 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2) จากค่าวิเคราะห์ดินจะเห็นได้ว่าดินปากช่องมีปริมาณ OM สูงสุด แต่กลับพบ TN ในปริมาณที่ต่ำกว่าดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี การวิเคราะห์ TN คือการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดหมายรวมถึงอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สามารถย่อยด้วยกรดเข้มข้น ซึ่งวัตถุต้นกำเนิด เศษซากพืช และการใส่ปุ๋ย ส่งผลต่อปริมาณ TN ในดิน อย่างไรก็ตามปริมาณ OM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของทั้ง 6 ชุดดินค่อนข้างสอดคล้องกับปริมาณ HN, NH_4^+ และ NO_3^- คือพบสูงสุดในดินปากช่อง ต่ำสุดในดินน้ำพอง และดินอื่น ๆ มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุและอนินทรีย์ในโตรเจนในดินอาจมีความสัมพันธ์กัน

จากค่ามาตรฐานปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 2.4) พบว่า ดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินสตึก มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ยกเว้นชุดดินน้ำพองมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ

4.1.2 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดิน Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM)

1) การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดิน

ค่า pH ของดินที่ 0 วัน ซึ่งเป็นค่า pH เมื่อเริ่มต้นการทดลองของดินทั้ง 6 ชุดดิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ดินแต่ละชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 4.3) พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของที่ 0 วัน และ 110 วัน (ΔpH) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีอิทธิพลต่อ ΔpH

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน มีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลองในทุกทรีตเม้นต์ เนื่องจากเกิดกระบวนการ nitrification ในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- ในกระบวนการนี้จะปลดปล่อย H^+ ออกมาทำให้ค่า pH ลดลง (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556) (รูปที่ 4.1) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ดินตาคลีมีค่าเฉลี่ยค่า pH สูงสุด รองลงมาคือ ดินลพบุรี ดินน้ำพอง ดินปากช่อง ดินสตึก และดินโชคชัย มีค่าเฉลี่ยค่า pH ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยค่า pH เท่ากับ 8.27, 8.12, 6.75, 6.52, 6.17 และ 5.75 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยค่า pH ของดินตาคลีและดินลพบุรี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่าเฉลี่ยค่า pH ของดินน้ำพองและดินปากช่อง ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)ในวันที่ 110 ของการทดลอง ดินตาคลีมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือดินลพบุรี ดินปากช่อง ดินน้ำพอง ดินสตึก และดินโชคชัย มีค่าเฉลี่ยค่า pH ต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยค่า pH เท่ากับ 8.14, 8.01, 6.14, 5.64, 5.39 และ 4.88 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง (ΔpH, ค่า pH วันที่ 0 ลบด้วยวันที่ 110) พบว่า ดินน้ำพองมีการลดลงของค่า pH สูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่น ๆ ยกเว้นชุดดินโชคชัย อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย ΔpH ของดินปากช่อง ดินลพบุรี และดินตาคลี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สามารถจัดลำดับ ΔpH ได้ดังนี้ Ng>Ci>Suk>Pc>Lb>Tk โดยมีค่า ΔpH เท่ากับ 1.11, 0.87, 0.77, 0.38, 0.15 และ 0.13 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen ของดินทั้ง 6 ชุดดิน มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

Factors	pH			HN (mg N kg^{-1})		
	0 day	110 day	ΔpH	0 day	110 day	ΔHN
Soil						
Ci	5.75d	4.88f	0.87ab	99.66b	33.24c	66.42a
Pc	6.52b	6.14c	0.38c	104.91a	40.28a	64.63a
Lb	8.12a	8.01b	0.15c	73.63c	37.18b	36.44c
Tk	8.27a	8.14a	0.13c	72.53c	34.31c	38.22c
Ng	6.75b	5.64d	1.11a	58.99d	14.35d	44.64b
Suk	6.17c	5.39e	0.77b	98.37b	33.42c	64.96a
Nitrogen Fertilizer						
Urea 0 kg N rai^{-1} (-N)	6.98	6.48a	0.50	56.67b	18.62b	38.06b
Urea 20 kg N rai^{-1} (+N)	6.88	6.26b	0.64	112.69a	45.64a	67.05a
Ci -N	5.82	4.99h	0.83	63.08e	12.32g	50.76cd
+N	5.68	4.77i	0.90	136.24a	54.16b	82.08a
Pc -N	6.64	6.25c	0.39	75.41d	19.60f	55.81c
+N	6.41	6.03d	0.38	134.41a	60.96a	73.45b
Lb -N	8.19	8.04ab	0.17	58.03e	28.27e	29.76e
+N	8.04	7.98b	0.16	89.22bc	46.10cd	43.12d
Tk -N	8.26	8.17a	0.10	57.67e	25.57e	32.29e
+N	8.28	8.11ab	0.17	87.20c	43.05d	44.15d
Ng -N	6.78	5.80e	0.98	23.30f	8.39h	14.91f
+N	6.72	5.48f	1.24	94.68b	20.32f	74.37b
Suk -N	6.18	5.61f	0.58	62.35e	17.55f	44.80d
+N	6.15	5.18g	0.97	134.40a	49.28c	85.12a
F-test						
Soil	**	**	**	**	**	**
Fertilizer	ns	**	ns	**	**	**
Soil x Fertilizer	ns	*	ns	**	**	**
CV (%)	3.41	1.60	4.22	4.59	6.77	8.29

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

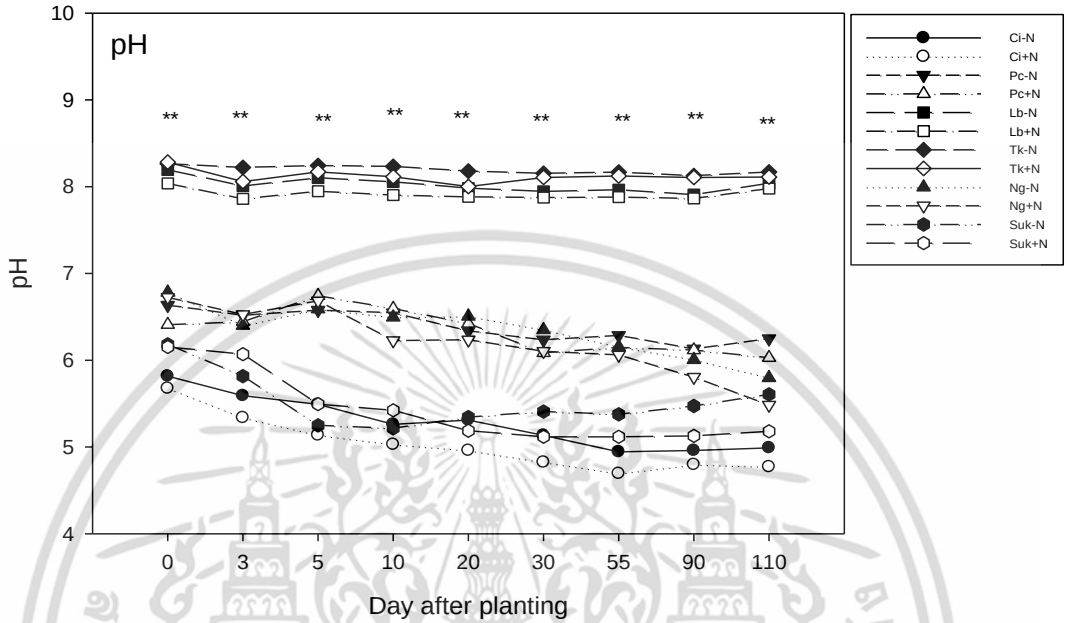
ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

ΔpH different between pH at 0 day and 110 day, ΔHN different between HN at 0 day and 110 day.

จากค่า ΔpH ของดิน จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของดินทราย ได้แก่ดินน้ำพอง และดินสตึก รวมถึงดินโชคชัย ซึ่งเป็นดินเหนียว มีปริมาณ OM ต่ำ มีค่า CEC ปานกลาง (ตารางที่ 4.2) มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔpH สูงกว่าดินปากช่อง ดินตาคลี และดินลพบุรี ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินปากช่อง ดินตาคลี และดินลพบุรี มีอินทรียวัตถุสูงและมีค่า CEC ปานกลางถึงสูง ช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (buffer capacity) เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินมีจำนวนประจุลบอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นจำนวนมากสามารถจะดูดซับไอออนบวกของ H^+ ที่มาจากกระบวนการ nitrification ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงสามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ได้ดีกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)



** = signification difference at $p \leq 0.01$ at each day after planting

รูปที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน

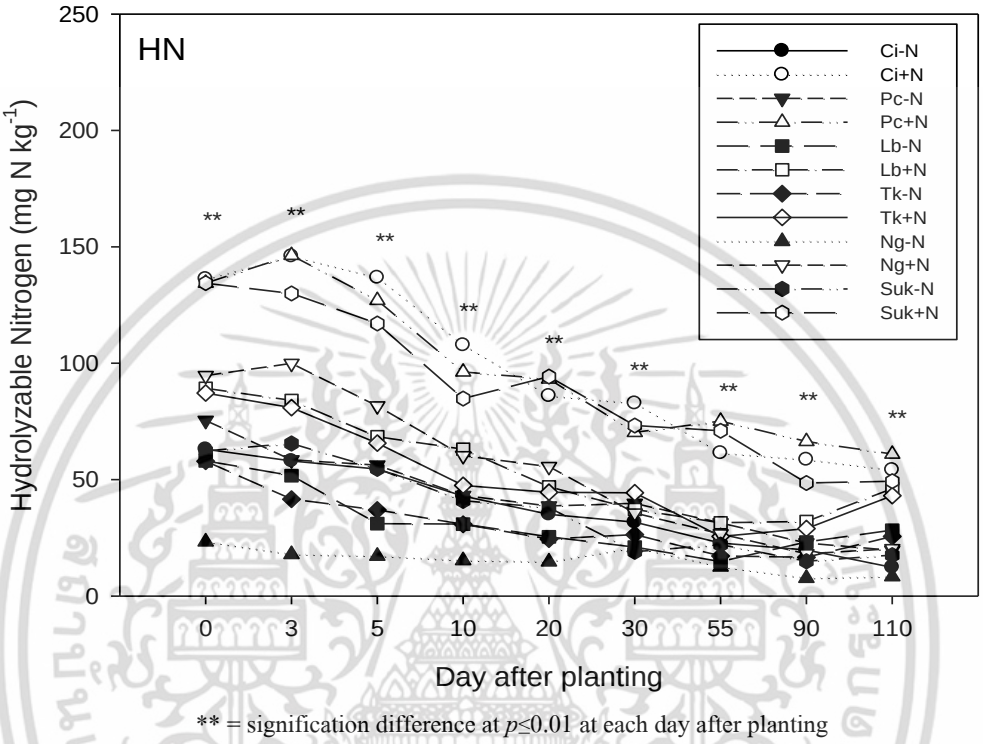
2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ในดิน

การเปลี่ยนแปลงของ HN ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นและการเปลี่ยนแปลง HN (ΔHN, ผลต่างของ HN วันที่ 0 และวันที่ 110 ของการทดลอง) ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อปริมาณ HN และ ΔHN (ตารางที่ 4.3) จึงทำให้ปริมาณ HN ในทุกทรีตเม้นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (รูปที่ 4.2) โดยปริมาณ HN ในทุกทรีตเม้นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงวันที่ 0-10 โดยเฉพาะทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน จากนั้นเริ่มมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.2)

ปริมาณค่าเฉลี่ย HN ในวันที่ 0 สูงสุดในดินปากช่อง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่น ๆ รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HN ในแต่ละชุดดิน เท่ากับ 104.91, 99.66, 98.37,73.63, 72.53 และ 58.99 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ย HN ระหว่างดินโชคชัยและดินสตึก ไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ย HN ระหว่างดินลพบุรี และดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (110 วัน) พบ ค่าเฉลี่ย HN สูงสุดในดินปากช่อง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ ($p \leq 0.01$) รองลงมาคือดินลพบุรี ดินตาคลี ดินสตึก ดินโชคชัย และดินน้ำพองมีปริมาณ HN ต่ำสุด ค่าเฉลี่ยปริมาณ HN เท่ากับ 40.28, 37.18, 34.31, 33.42, 33.24 และ 14.35 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย HN ในดินตาคลี ดินสตึก และดินโชคชัยไม่แตกต่างทางสถิติ



** = signification difference at $p \leq 0.01$ at each day after planting

รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลง HN ของดินทั้ง 6 ชุดดินที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ HN (ΔHN, ปริมาณ HN ที่ 0 วันลบด้วยวันที่ 110) พบว่า ชุดดินโชคชัย มีการเปลี่ยนแปลง HN มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดดินสตึก และปากช่อง รองลงมา คือ ชุดดินน้ำพอง ตาคลี และลพบุรี ตามลำดับ และการลดลงของ ΔHN ในชุดดินตาคลีและลพบุรีไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) แสดงให้เห็นว่า ชุดดินโชคชัย สตึก ปากช่อง และน้ำพอง สามารถเกิด N mineralization ได้สูงกว่าดินตาคลีและลพบุรี ซึ่งมี pH เป็นด่างและเนื้อดินเป็นดินเหนียว (ตารางที่ 4.1) แม้ว่าดินโชคชัยและดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินร่วนและดินเหนียวแต่มีความสามารถในการระบายน้ำและอากาศได้ดีเพราะเป็นดินออกซิซอลส์ ซึ่งเป็นดินที่มีการสะสมออกไซด์ของ Fe และ Al ในปริมาณสูง เนื้อดินเป็นดินเหนียวค่อนข้างจัดหรือจัดแต่มีโครงสร้างดีมากดินมีความร่วนซุยสูง (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2542) ดังนั้นดินร่วนและดินเหนียวสีแดงจึงระบายอากาศได้ดี จึงทำให้เกิด N mineralization ได้สูง ในขณะที่ดินสตึกและน้ำพองสามารถเกิด N mineralization ได้สูงอาจเนื่องจากมีเนื้อดินเป็นดินทรายและดินทรายปนดินร่วนซึ่งสามารถระบายน้ำและอากาศได้ดีเช่นกัน นอกจากนี้ดินสตึกยังมีปริมาณ OM ใกล้เคียงกับดินปากช่อง (ตารางที่ 4.3) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 kg N rai^{-1} พบค่าเฉลี่ย HN สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในวันที่ 0 และ 110 รวมทั้งค่า ΔHN (ตารางที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเนื่องจากการวิเคราะห์ไนโตรเจน ในรูป HN สามารถวิเคราะห์ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ทำให้ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ HN ที่สูงกว่าในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสมบัติของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง HN ซึ่งสมบัติดังกล่าวได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ เป็นต้น สมบัติของเนื้อดินที่มีผลต่อกระบวนการ N mineralization คือ ดินที่มีอนุภาคเล็ก เนื้อดินเป็นดินเหนียวกระบวนการ N mineralization เกิดได้น้อยกว่าอนุภาคดินขนาดใหญ่เนื่องจากดินที่มีอนุภาคดินเหนียว ดินขาดช่องว่างระหว่างดิน (Chae and Tabatabai, 1986) ดินทรายจะมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ และเม็ดดินจะไม่เกาะตัวกันทำให้การอุ้มน้ำของดินน้อยลง ส่วนดินเหนียวที่ขาดอินทรียวัตถุดินจะแน่นทึบออกซิเจนในดินจะมีน้อย ซึ่งอากาศและความชื้นส่งผลต่อการเกิดกระบวนการ N mineralization ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก็ส่งผลต่อ กระบวนการ N mineralization ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแตกต่างกัน มีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน (อัจฉรา เพ็งหนู, 2549) สมบัติดินมีผลต่อการ mineralization โดยเฉพาะค่า pH ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายพืชให้กลายเป็นอินทรียวัตถุจะอยู่ในช่วง 6.0–6.5 เนื่องจาก pH ดังกล่าวเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) การที่พบปริมาณค่าเฉลี่ย HN ในวันที่ 0 และ 110 ดินปากช่องสูงที่สุด แม้ว่าค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองดินตาคลีและดินลพบุรี มี TN สูงกว่าดินปากช่อง (ตารางที่ 4.2) อาจเนื่องจากในดินปากช่องมี OM สูงกว่าดินตาคลีและดินลพบุรี แสดงให้เห็นว่า OM มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง HN มากกว่าปริมาณ TN (ตารางที่ 4.2) ในดินน้ำพองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ OM ต่ำสุด จึงทำให้เกิด N mineralization ได้ต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าดินที่มีความสามารถระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีและมีสมบัติเป็นกรด (ดินสตึก โชคชัย ปากช่อง และน้ำพอง) มีแนวโน้มเกิด N mineralization ได้ดีกว่าดินเหนียวที่มีสมบัติเป็นด่าง (ดินลพบุรี และตาคลี)

3) การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมในดิน

การเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ไม่ใส่และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 4.4) จึงทำให้ปริมาณ NH_4^+ ในทุกทรีตเม้นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (รูปที่ 4.3) โดยการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลง HN (รูปที่ 4.2) คือปริมาณ NH_4^+ ทั้ง 6 ดิน จะมีค่าสูงในวันที่ 0-5 ของการทดลอง และมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (รูปที่ 4.3) การที่ NH_4^+ ลดลงอาจเกิดจากปฏิกิริยา nitrification ซึ่งเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_3^- และการดูดใช้ NH_4^+ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

Factors	NH_4^+ (mg N kg^{-1})		NO_3^- (mg N kg^{-1})	
	0 day	110 day	0 day	110 day
Soil				
Ci	89.07a	34.16a	9.29a	26.59b
Pc	89.51a	32.64a	9.12a	23.37bc
Lb	53.93c	19.42c	5.64b	31.70a
Tk	50.50d	19.87c	5.97b	22.85c
Ng	48.37e	15.56c	4.47b	16.06d
Suk	77.03b	25.84b	6.46ab	20.37c
Nitrogen Fertilizer				
Urea 0 kg N rai^{-1} (-N)	35.90b	15.74b	4.20b	12.72b
Urea 20 kg N rai^{-1} (+N)	100.23a	33.42a	9.45a	34.26a
Ci -N	44.76h	20.55cde	5.63	14.69ef
+N	133.39a	47.78a	12.94	38.49b
Pc -N	50.42g	22.55cde	7.63	12.27efg
+N	128.59b	42.73ab	10.62	34.46bc
Lb -N	35.46j	15.25def	2.98	16.90e
+N	72.40e	23.59cd	8.30	46.50a
Tk -N	32.15k	13.93efg	2.65	13.26efg
+N	68.85f	25.82c	9.28	32.44c
Ng -N	11.24l	9.59g	2.32	8.27g
+N	85.49d	21.53cde	6.62	23.86d
Suk -N	41.40i	12.58fg	3.98	10.92fg
+N	112.66c	39.09b	8.94	29.81c
F-test				
Soil	**	**	**	**
Fertilizer	**	**	**	**
Soil x Fertilizer	**	**	ns	**
CV (%)	1.82	29.37	35.20	12.39

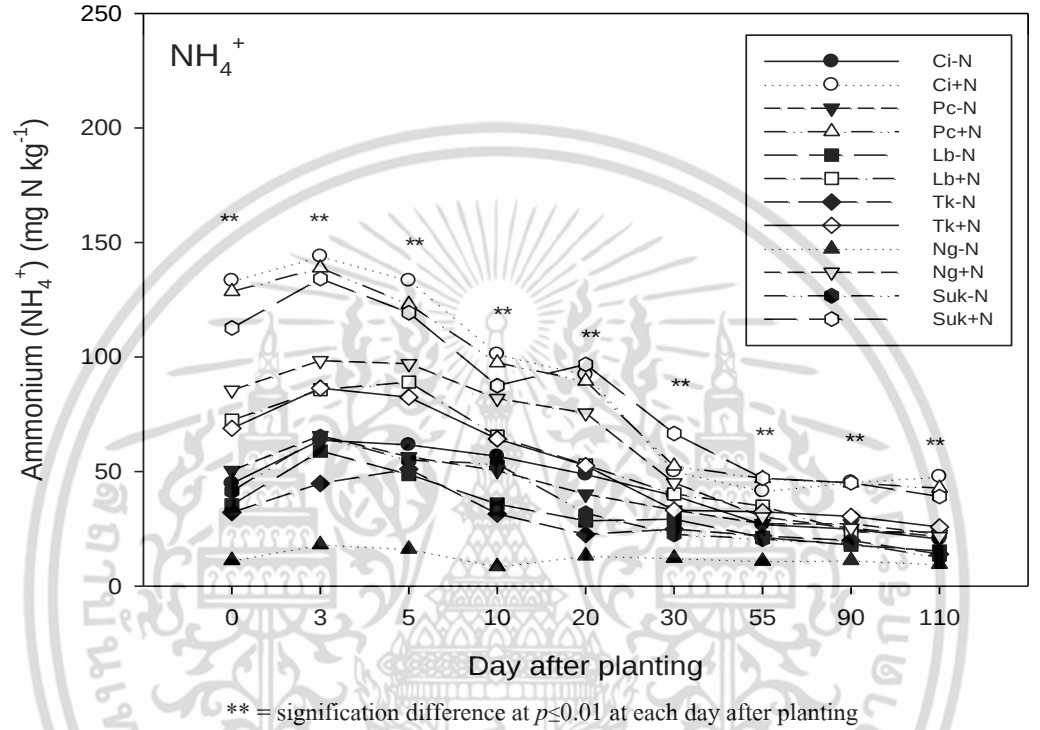
Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

ความเข้มข้นของ NH_4^+ ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 พบความเข้มข้นค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพองตามลำดับ มีความเข้มข้น NH_4^+ เท่ากับ 89.51, 89.07, 77.03, 53.93, 50.50 และ 48.37 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ ในดินปากช่องและดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ ($p \leq 0.01$) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ สูงสุดในดินโชคชัย รองลงมาคือดินปากช่อง ดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ เท่ากับ 34.16, 32.64, 25.84, 19.87, 19.42 และ 15.56 mg N kg^{-1} ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 110 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.4)



** = signification difference at $p \leq 0.01$ at each day after planting

รูปที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินทั้ง 6 ชุดดินที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน

จากตารางที่ 4.4 พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของ NH_4^+ โดยเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินทั้ง 6 ชุดดินทำให้มีความเข้มข้น NH_4^+ สูงมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างชัดเจนทั้งในวันที่ 0 และ 110 ของการทดลอง (รูปที่ 4.3) และทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินสตึกมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าทรีตเม้นต์อื่น ๆ และรูปแบบการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของทุกทรีตเม้นต์คล้ายคลึงกันตลอดระยะเวลาการปลูกพืช (รูปที่ 4.3) ทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี มีความเข้มข้น NH_4^+ ใกล้เคียงกัน แต่ชุดดินน้ำพองมีความเข้มข้น NH_4^+ สูงกว่าเล็กน้อยในช่วงแรกของการทดลอง (0-10 วัน) หลังจากนั้น NH_4^+ ทั้งสามทรีตเม้นต์มีปริมาณใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 30 ของการปลูกพืช (รูปที่ 4.3) ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้ง 6 ชุด มีความเข้มข้น NH_4^+ ในช่วงแรกของการทดลองแตกต่างกันเล็กน้อย ยกเว้นชุดดินน้ำพองซึ่งมี NH_4^+ ต่ำกว่าทรีตเม้นต์อื่น ๆ อย่างชัดเจน และเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น พบว่าความเข้มข้น NH_4^+ ในทั้ง 6 ชุด ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 55 ของการปลูกพืช ในดินลพบุรีและดินตาคลีมีความเข้มข้น NH_4^+ ต่ำ อย่างไรก็ตามปริมาณ TN จากค่าวิเคราะห์ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

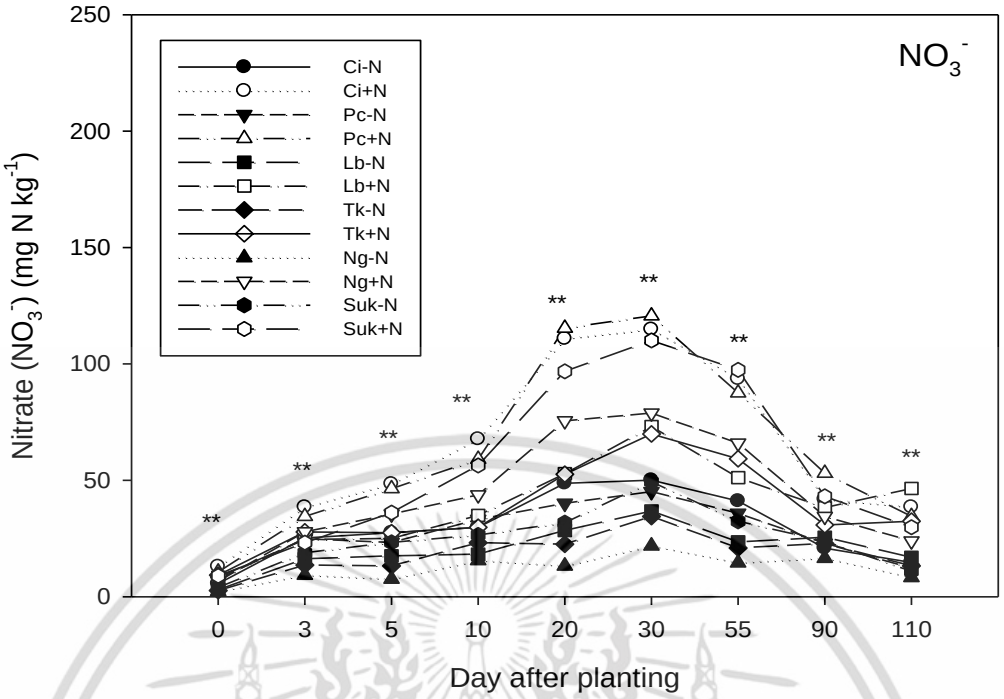
ก่อนปลูกของดินลพบุรีและดินตาคลีมีค่าใกล้เคียงกับดินโชคชัยและดินปากช่อง (ตารางที่ 4.2) แต่กลับพบความเข้มข้น NH_4^+ ต่ำกว่า อาจเนื่องจากความเป็นด่างของดินลพบุรีและดินตาคลีทำให้เกิดกระบวนการ volatilization ของ ammonia (NH_3) ทั้งที่มาจากจากสลายตัวของอินทรียวัตถุและปุ๋ยไนโตรเจน จึงพบ NH_4^+ ในความเข้มข้นต่ำและแตกต่างจากดินโชคชัยและดินปากช่อง การสูญเสีย NH_3 ส่วนใหญ่นั้นจะเกิดขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินด่าง (alkaline soils) กระบวนการ ammonia volatilization จะเกิดขึ้นต่ำในดินที่มี CEC สูง ความชื้นสูงและมีค่า pH ต่ำ (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551)

4) การเปลี่ยนแปลงไนเตรทในดิน

ความเข้มข้นของ NO_3^- ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ไม่ใส่และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าชุดดินและการใส่ปุ๋ย N มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของ NO_3^- ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความเข้มข้น NO_3^- ในวันที่ 110 ของการปลูกพืช (ตารางที่ 4.4) นอกจากนี้ความเข้มข้น NO_3^- ในทุกทรีตเม้นต์ตลอดระยะเวลาที่ปลูกพืชแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยการเปลี่ยนแปลง NO_3^- จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ (รูปที่ 4.4) เมื่อความเข้มข้น NH_4^+ ลดลง ความเข้มข้นของ NO_3^- จะเพิ่มขึ้น ดินทั้ง 6 ดิน ความเข้มข้น NO_3^- เพิ่มขึ้นในวันที่ 3-30 ของการปลูกพืช และมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 55 ของการทดลอง อาจเกิดจากการดูดใช้ของพืช (รูปที่ 4.4) จากรายงานของ Griffith (2006) พบปริมาณร้อยละของธาตุไนโตรเจนที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดใช้ในแต่ละช่วงอายุ 25, 50, 75, 100 และ 125 วัน ข้าวโพดดูดใช้ TN เท่ากับ 8, 35, 31, 20 และ 6% สอดคล้องกับการลดลงของ NO_3^- ในวันที่ 55 ของการทดลองเพราะข้าวโพดเข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์ (reproductive stage) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในปริมาณสูงขึ้น

ในวันที่ 0 พบความเข้มข้น NO_3^- สูงสุดในดินโชคชัย รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NO_3^- เท่ากับ 9.29, 9.12, 6.46, 5.97, 6.46, และ 4.47 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามดินโชคชัย ดินปากช่อง มีความเข้มข้น NO_3^- แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง (ตารางที่ 4.4) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบความเข้มข้น NO_3^- สูงสุดในดินลพบุรี แตกต่างทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ รองลงมาคือดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินตาคลี ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NO_3^- เท่ากับ 31.70, 26.59, 23.37, 22.85, 20.37 และ 16.06 mg N kg^{-1} การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} พบความเข้มข้น NO_3^- สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในวันที่ 0 และ 110 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



** = signification difference at $p \leq 0.01$ at each day after planting

รูปที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดินที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน

ความเข้มข้นของ NO_3^- ที่เกิดขึ้นในดินลพบุรีและดินตาคลีมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณ NH_4^+ ที่เกิดขึ้นค่อนข้างมาก และพบว่า NO_3^- เกิดขึ้นช้ากว่าในชุดดินอื่น ๆ ในขณะที่ความเข้มข้นของ NO_3^- ที่เกิดขึ้นในดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินน้ำพอง และดินสตึก สอดคล้องกับความเข้มข้นของ NH_4^+ ที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจากการสูญเสีย NH_4^+ ในรูป NH_3 จากกระบวนการ volatilization (รูปที่ 4.4) Hernandez *et al.* (2002) ศึกษาอัตราการ mineralization ของไนโตรเจนในดินเนื้อปูนโดยบ่มดินด่างร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียเป็นเวลา 20 สัปดาห์พบว่าอัตราการเกิด mineralization ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการบ่ม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดทดลอง ซึ่ง N mineralization ที่ลดลงเกิดจากกระบวนการ NH_3 volatilization และ denitrification
ทำให้สูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซ

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ในดิน

Net mineralization (NM) คือ ผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- ในดินทั้ง 6 ชุดดินที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่า ชุดดินและการใส่ปุ๋ย N มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง NM ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 Net Mineralization ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่มีการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

Factors		NM	
		0 day	110 day
Soil			
Ci		98.36a	60.76a
Pc		98.63a	56.01ab
Lb		59.57c	51.12bc
Tk		56.47c	42.72d
Ng		52.84d	31.62e
Suk		83.49b	46.20cd
Nitrogen Fertilizer			
Urea 0 kg N rai^{-1} (-N)		40.10b	28.46b
Urea 20 kg N rai^{-1} (+N)		109.68a	67.69a
Ci	-N	50.39g	35.24de
	+N	146.33a	86.27a
Pc	-N	58.05f	34.82de
	+N	139.21b	77.20ab
Lb	-N	38.44h	32.15ef
	+N	80.70e	70.09b
Tk	-N	34.81i	27.18efg
	+N	78.13e	58.26c
Ng	-N	13.56j	17.85g
	+N	92.12d	45.40d
Suk	-N	45.38h	23.50fg
	+N	121.60c	68.90b
F-test			
Fertilizer		**	**
Soil		**	**
Soil x Fertilizer		**	**
CV (%)		3.55	12.47

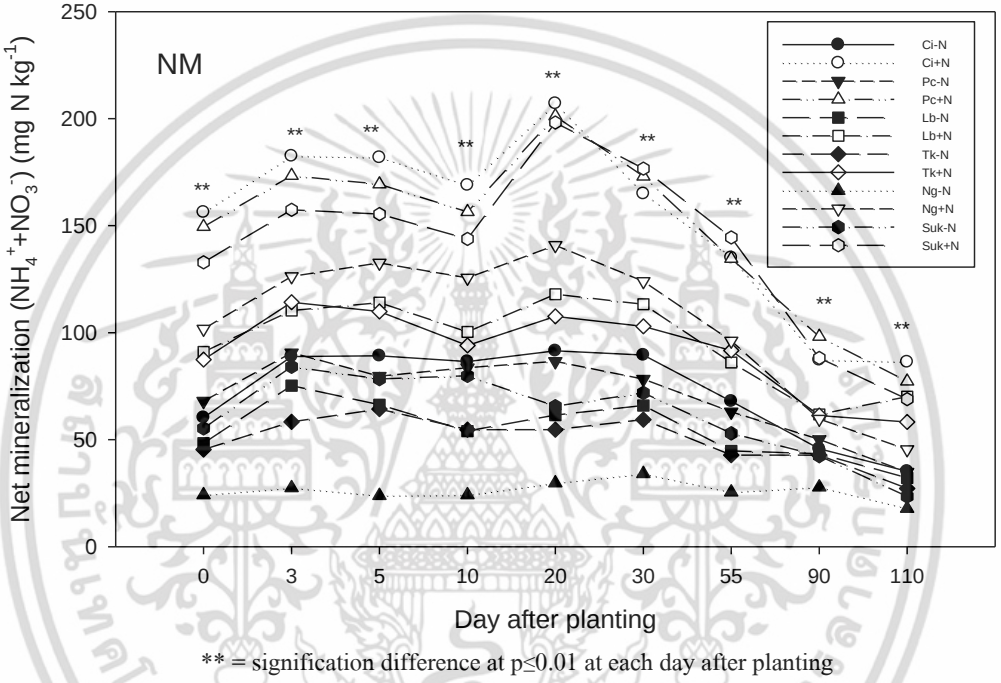
Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณ NM ในทุกทรีตเม้นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (ตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.5) โดยปริมาณ NM ในทุกทรีตเม้นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการทดลอง (รูปที่ 4.5) เป็นผลมาจากความเข้มข้นของ NH_4^+ ในช่วงแรกของการทดลอง (รูปที่ 4.3) และความเข้มข้นของ NO_3^- ในช่วงท้ายของการทดลอง (รูปที่ 4.4) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HN (รูปที่ 4.2) การเปลี่ยนแปลง NM ในดินทั้ง 6 ชุดดินพบว่า NM จะเพิ่มขึ้นในวันที่ 3-5 ของการทดลองเนื่องจากความเข้มข้นของ NH_4^+ ที่เกิดขึ้น (รูปที่ 4.3) และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในวันที่ 10 ของการทดลอง จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 20 ของการทดลอง เนื่องจาก NO_3^- ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ Nitrification (รูปที่ 4.4) และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 30 เนื่องจากการดูดใช้ธาตุอาหารโดยพืชซึ่งตรงกับระยะการเจริญเติบโตในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) และลดลงมากในช่วง 50-55 วัน เมื่อพืชเข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์ (reproductive stage) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินทั้ง 6 ชุดดินที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N) ระยะเวลา 110 วัน

เมื่อเริ่มต้นการทดลองในวันที่ 0 พบปริมาณ NM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 98.63, 98.36, 83.49, 59.57, 56.47 และ 52.84 mg N kg^{-1} ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในดินปากช่องและดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบปริมาณ NM สูงสุดในดินโชคชัย รองลงมาคือดินปากช่อง ดินลพบุรี ดินสตึก ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 60.76, 56.01, 51.12, 46.20, 42.72 และ 31.62 mg N kg^{-1} ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในดินปากช่องและดินโชคชัย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} พบปริมาณ NM สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p≤0.01) ทั้งในวันที่ 0 และ 110 โดยเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในชุดดินทั้ง 6 ชุดดินทำให้มีปริมาณ NM สูงมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างชัดเจน (ตารางที่ 4.5) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อปริมาณ NM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ในดิน

1) การเปลี่ยนแปลง Organic Matter ในดิน

ปริมาณ OM ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ปริมาณ OM ในแต่ละชุดดินแตกต่างกันตามสมบัติดินเริ่มต้น ชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อปริมาณ OM ในวันที่ 110 ของการทดลองและการเปลี่ยนแปลง OM (ΔOM, ผลต่างของ OM วันที่ 0 และวันที่ 110 ของการทดลอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.6) การเปลี่ยนแปลงของ OM ในทั้ง 6 ชุดดินมีค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางที่ 4.6) ในวันที่ 110 ของการทดลองพบค่าเฉลี่ยปริมาณ OM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี ดินโชคชัย และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OM เท่ากับ 18.25, 18.10, 11.96, 11.71, 9.96 และ 2.17 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ในดินปากช่องและดินสตึกไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ในดินตาคลีและดินลพบุรี ไม่แตกต่างทางสถิติ พบการเปลี่ยนแปลง OM (ΔOM) สูงสุดในดินตาคลี รองลงมาคือดินลพบุรี ดินปากช่อง ดินโชคชัย ดินสตึก และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ย ΔOM เท่ากับ 6.76, 4.46, 3.63, 3.40, 3.39 และ 1.09 g kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 110 ของการทดลอง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} ทำให้ OM สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่สำหรับ ΔOM พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง OM (ΔOM) ต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.6) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ดินมี N อย่างเพียงพอต่อการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์จึงทำให้ดินเกิดกระบวนการ C mineralization ต่ำกว่าดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

ค่า ΔOM แสดงให้เห็นว่า ชุดดินลพบุรี มีการเปลี่ยนแปลง OM สูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่น ๆ รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินปากช่อง ดินโชคชัย ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลง OM ในดินตาคลีและดินลพบุรี อาจเกี่ยวข้องกับการที่ดินตาคลีและดินลพบุรีเป็นดินที่มีการสะสมของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($CaCO_3$ และ $MgCO_3$) ในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ทำให้อาจวิเคราะห์ OM ได้ในปริมาณสูง ในช่วงก่อนการทดลอง เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ OC จากรูป $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ และการเกิดกระบวนการ N mineralization อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของสารประกอบในรูปคาร์บอเนต จึงทำให้พบ ΔOM สูงกว่าดินอื่น ๆ แต่ในขณะเดียวกันดินตาคลี และดินลพบุรีมีค่า ΔHN และ NH_4^+ ต่ำ อาจเนื่องจากทั้ง 2 ชุดดิน เกิดกระบวนการ NH_3 volatilization ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter และ Total Nitrogen ในวันที่ 0 และ 110

Factors		OM (g kg^{-1})		TN (g kg^{-1})	
		110 day	ΔOM	110 day	ΔTN
Soil					
Ci		9.96c	3.40b	1.07d	1.51b
Pc		18.25a	3.63b	1.72a	0.44c
Lb		11.71b	6.76a	1.25c	1.66a
Tk		11.96b	4.46b	1.40b	1.68a
Ng		2.17d	1.09c	0.46e	0.12d
Suk		18.10a	3.39b	1.31bc	1.76a
N Fertilizer					
Urea 0 kg rai^{-1} (-N)		10.79b	5.01a	1.16b	1.23a
Urea 20 kg rai^{-1} (+N)		13.26a	2.56b	1.25a	1.15b
Ci	-N	9.34f	4.02cd	1.04	1.54
	+N	10.59f	2.78de	1.11	1.47
Pc	-N	17.75bc	4.13cd	1.69	0.48
	+N	18.74ab	3.13de	1.76	0.40
Lb	-N	8.64f	9.82a	1.22	1.69
	+N	14.79de	3.69cd	1.28	1.63
Tk	-N	10.19f	6.23b	1.32	1.76
	+N	13.73e	2.69de	1.49	1.59
Ng	-N	1.71g	0.63f	0.45	0.13
	+N	2.63g	1.54ef	0.47	0.11
Suk	-N	16.22cd	5.28bc	1.27	1.81
	+N	19.98a	1.51ef	1.36	1.71
F-test					
Fertilizer		**	**	**	**
Soil		**	**	**	**
Soil x Fertilizer		**	**	ns	ns
CV (%)		9.37	9.75	7.59	7.66

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

ΔOM different between pH at 0 day and 110 day, ΔTN different between HN at 0 day and 110 day.

2) การเปลี่ยนแปลง Total Nitrogen ในดิน

เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ปริมาณ TN ในแต่ละชุดดินแตกต่างกันตามสมบัติดินเริ่มต้น ปริมาณ Total Nitrogen (TN) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าชุดดินและการใส่ปุ๋ย N มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN, ผลต่างของ TN วันที่ 0 และวันที่ 110 ของการทดลอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN) และในวันที่ 110 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ทั้ง 6 ชุดดินมีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบ TN สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือดินตาคลี ดินสตึก ดินลพบุรี ดินโชคชัย และดินน้ำพอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN เท่ากับ 1.72, 1.40, 1.31, 1.25, 1.07 และ 0.46 g kg^{-1} ตามลำดับ พบการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN) สูงสุดในดินตาคลี รองลงมาคือดินลพบุรี ดินสตึก ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ย ΔTN เท่ากับ 1.68, 1.66, 1.76, 1.51, 0.44 และ 0.12 g kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 110 ของการทดลอง การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} พบปริมาณ TN สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) (ตารางที่ 4.6) แต่สำหรับ ΔTN พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ 20 kg N rai^{-1} ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN) ต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) (ตารางที่ 4.6) เนื่องจากในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนข้าวโพดต้องดูดใช้ไนโตรเจนที่มาจากการสลายตัวของอินทรียวัตถุและอนินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่เดิมในดิน จึงส่งผลให้ในดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีการเปลี่ยนแปลง TN สูงกว่าในดินที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TN (ΔTN) ตลอดการทดลองของดินตาคลี ดินลพบุรี ในปริมาณสูงกว่าดินอื่น ๆ ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณ NH_4^+, NO_3^- และ NM ที่พบในปริมาณต่ำ อาจเนื่องจากการระเหยของ NH_3 ในดินเนื้อปูนที่มีค่า pH สูง

4.1.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช

1) ความสูง

1.1) อายุ 30 วัน

ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่อมีอายุ 30 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินสตึกมีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินโชคชัย ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ (24.87, 24.79, 24.62, 23.28, 22.26 และ 22.21 เซนติเมตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) กับค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของดินตาคลีและดินลพบุรี ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 24.87 และ 22.47 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปภาพผนวกที่ 2-7) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินน้ำพอง ตาคลีและลพบุรี ในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มีความสูงของข้าวโพดต่ำกว่าทรีตเม้นต์อื่น ๆ อาจเนื่องจากดินน้ำพอง ดินตาคลีและดินลพบุรี มีการ N mineralization ปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่ำ (ตารางที่ 4.2) จากค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูก ดินน้ำพองมีปริมาณ NH_4^+, NO_3^-, NM และ HN ต่ำมาก (21.82, 2.32, 24.14, 23.30 mg N kg^{-1} ตามลำดับ) แต่สำหรับดินตาคลีและดินลพบุรีถึงแม้ว่าจะมีปริมาณ TN และ OM สูงกว่าดินโชคชัย แต่มีปริมาณ HN และไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+, NO_3^-) ต่ำกว่า (รูปที่ 4.3 และ 4.4) ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ตารางที่ 4.7 ความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 และ 60 วัน

Factors		30 days height (cm)	60 days height (cm)	30 days girth (cm)	60 days girth (cm)
Soil					
Ci		24.62a	142.89a	3.04a	4.79a
Pc		24.79a	140.63a	3.09a	4.75a
Lb		22.21c	88.92d	2.80c	3.96d
Tk		22.26c	83.24e	2.91b	4.01d
Ng		23.28b	89.17c	2.89b	4.28c
Suk		24.87a	139.18b	3.06a	4.64b
Nitrogen Fertilizer					
Urea 0 kg rai^{-1} (-N)		22.47b	95.84b	2.77b	3.96b
Urea 20 kg rai^{-1} (+N)		24.87a	132.18a	3.16a	4.55a
Ci	-N	23.28e	123.81d	2.84	4.30cd
	+N	25.96b	161.99a	3.25	5.18a
Pc	-N	23.17e	120.69e	2.87	4.29cd
	+N	26.41a	160.58b	3.31	5.20a
Lb	-N	21.26g	77.81i	2.62	3.59e
	+N	23.14e	100.02g	2.98	4.33c
Tk	-N	21.37g	69.06j	2.68	3.67e
	+N	23.16e	97.42h	3.14	4.35c
Ng	-N	21.98f	64.28k	2.74	3.57e
	+N	24.58c	114.06f	3.04	4.97b
Suk	-N	23.77d	119.36e	2.89	4.20d
	+N	25.97b	158.98c	3.24	5.07ab
F-test					
Soil		**	**	**	**
Fertilizer		**	**	**	**
Soil x Fertilizer		**	**	ns	**
CV (%)		1.09	0.68	1.92	0.98

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2) อายุ 60 วัน

ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 60 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บาน โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่แตกต่างจากลำดับของค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ขณะที่มีอายุ 30 วัน พบว่าดินโชคชัยมีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินน้ำพอง ดินลพบุรี และดินตาคลี ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 142.89, 140.63, 139.18, 89.17, 88.92 และ 83.24 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยความสูงของดินโชคชัยและดินปากช่องไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปภาพผนวกที่ 8-13)โดยมีความสูงเท่ากับ 132.18 และ 95.84 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.7)

เมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะออกดอก ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินน้ำพองในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงต่ำที่สุด เนื่องจากในดินน้ำพองมีปริมาณ HN ต่ำ จึงทำให้พบไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+ และ NO_3^-) (รูปที่ 4.3 และ 4.4) ถึงแม้ว่าดินน้ำพองจะเป็นดินร่วนปนทรายเช่นเดียวกับดินสตึก แต่ในดินน้ำพองค่าวิเคราะห์ดินเมื่อเริ่มการทดลองมีปริมาณ HN เท่ากับ 23.30 mg N kg^{-1} ซึ่งต่ำกว่าในดินสตึกที่มีปริมาณ HN เท่ากับ 62.34 mg N kg^{-1} (ตารางที่ 4.2) เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 เจริญเต็มที่โดยเฉลี่ยมีความสูงประมาณ 196 เซนติเมตร (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2558) ซึ่งจากระดับความสูงของข้าวโพดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอายุ 60 วัน ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดต่ำกว่าเกณฑ์อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน รวมถึงดินลพบุรีและดินตาคลีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2) เส้นรอบวง

2.1) อายุ 30 วัน

ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 30 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage)โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า ดินปากช่องมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงสูงสุด รองลงมาคือ ดินสตึก ดินโชคชัย ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ตามลำดับ (3.09, 3.06, 3.04, 2.91, 2.89 และ 2.80 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7)โดยค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของดินปากช่อง ดินสตึก และดินโชคชัยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของดินตาคลีและดินน้ำพอง ไม่แตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีเส้นรอบวงแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีเส้นรอบวงเท่ากับ 3.16 และ 2.77 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อเส้นรอบวงของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.7) จะเห็นได้ว่าในดินทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงมากกว่าในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างชัดเจน ในทรีตเม้นต์ดินตาคลีและดินลพบุรีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงน้อยที่สุด ซึ่งแนวโน้มของค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงเป็นไปในทิศทางเดียวกับความสูงของข้าวโพด (ตารางที่ 4.7)

2.2) อายุ 60 วัน

ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 60 วัน ซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในระยะการออกดอก (flowering stage) จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าดินโชคชัยมีเส้นรอบวงสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ (4.79, 4.75, 4.64, 4.28, 4.01 และ 3.96 เซนติเมตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดินโชคชัยและดินปากช่อง ไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของดินลพบุรีและดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีเส้นรอบวงแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีเส้นรอบวงเท่ากับ 4.55 และ 3.96 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อเส้นรอบวงของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.7) สอดคล้องกับเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 30 วัน ซึ่งในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของทุกชุดดินมีเส้นรอบวงมากกว่าในทรีตเม้นต์ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และพบว่าในทรีตเม้นต์ดินตาคลี ดินน้ำพองและดินลพบุรีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงน้อยที่สุด สอดคล้องกับปริมาณ HN ที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔHN) ซึ่งทั้ง 3 ชุดดินมีการเปลี่ยนแปลง HN และ NM ต่ำ (ตารางที่ 4.3 และ 4.5)

3) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น

3.1) น้ำหนักสดของลำต้น

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อน้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยชุดดินโชคชัยมีน้ำหนักสดลำต้นสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ตามลำดับ มีน้ำหนักเท่ากับ 168.91, 154.32, 123.42, 113.91, 100.69 และ 99.62 g pot^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สดลำต้นของดินโชคชัยและดินปากช่อง ไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของดินสตึกและดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีน้ำหนักสดลำต้นแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีน้ำหนักสดของลำต้นเท่ากับ 156.48 และ 97.15 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อน้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของเมล็ด ลำต้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Factors		Shoot fresh wt. (g/pot)	Shoot dry wt. (g/pot)	Grain fresh wt. (g/pot)	Grain dry wt. (g/pot)	1000 seed wt. (g/pot)
Soil						
Ci		168.91a	156.00a	77.85a	52.94a	151.25
Pc		154.32a	144.52a	65.13ab	42.66ab	161.38
Lb		99.62c	89.44c	55.32b	26.61b	157.79
Tk		113.91bc	103.86bc	50.70b	30.77b	160.80
Ng		100.69c	91.00c	76.64a	43.76ab	172.83
Suk		123.42b	110.96b	65.70ab	34.12ab	168.52
Nitrogen Fertirizer						
Urea 0 kg rai^{-1} (-N)		97.15b	89.15b	36.40b	17.05b	151.02
Urea 20 kg rai^{-1} (+N)		156.48a	142.78a	81.81a	51.57a	166.78
Ci	-N	127.85bc	119.13bc	33.75d	16.13	141.15
	+N	209.98a	192.87a	121.95a	89.74	161.35
Pc	-N	100.68de	93.70cde	35.54d	18.24	154.27
	+N	207.97a	195.33a	94.72b	67.07	168.50
Lb	-N	67.92f	61.15f	nd.	nd.	nd.
	+N	131.32bc	117.72bc	55.32cd	26.61	157.79
Tk	-N	97.74de	88.95de	nd.	nd.	nd.
	+N	130.08bc	118.77bc	50.70cd	30.70	160.80
Ng	-N	82.05ef	75.31ef	nd.	nd.	nd.
	+N	119.33bcd	106.69bcd	76.64bc	43.76	172.83
Suk	-N	106.63cde	96.64cde	39.90d	16.80	157.64
	+N	204.10b	125.28b	91.50b	51.45	179.40
F-test						
Soil		**	**	**	**	ns
Fertilizer		**	**	**	**	ns
Soil x Fertilizer		**	**	*	ns	ns
CV (%)		11.47	12.67	12.87	13.28	8.17

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

nd = not detect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดลี้ยงสัตว์สอดคล้องกับความสูงและเส้นรอบวงเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วัน รวมถึง HN และ NH_4^+ ในดินตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 4.7) ในทรีตแม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนข้าวโพดมีอาการขาดธาตุไนโตรเจนโดยข้าวโพดมีใบสีเหลือง ลำต้นเตี้ยและแคระแกรน จึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยของ HN , NH_4^+ ความสูง และเส้นรอบวงต่ำสุด (รูปภาคผนวกที่ 2-7) และพบว่าทรีตแม้นต์ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ยของ HN และ NH_4^+ ในวันที่ 110 ความสูงและเส้นรอบวงเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วัน ต่ำที่สุด Wang and Li (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินกับผลผลิตของกะหล่ำปลี เมื่อความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น

3.2) น้ำหนักแห้งของลำต้น

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเห็นได้ว่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของลำต้นมากนัก เนื่องจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 110 ซึ่งข้าวโพดแก่จัด ใบข้าวโพดเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าวและแห้งหมดแล้วทุกกระถาง อิทธิพลของดินทั้ง 6 ชุดดิน ทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) และมีแนวโน้มเหมือนกับน้ำหนักสดของลำต้น พบว่าดิน โชคชัยมีน้ำหนักลำต้นแห้งสูงสุด รองลงมา คือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี มีน้ำหนักเท่ากับ 156.00, 144.52, 110.96, 103.86, 91.00 และ 89.44 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีน้ำหนักลำต้นแห้งแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักลำต้นแห้งเท่ากับ 142.78 และ 89.15 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อน้ำหนักลำต้นแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$)

4) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ด

4.1) น้ำหนักสดของเมล็ด

จากการเก็บผลผลิตในวันที่ 110 พบว่า ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่มีเมล็ด (รูปภาคผนวกที่ 19, 20 และ 21) เนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต การขาดไนโตรเจนในระยะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร จะมีผลทำให้จำนวนแถวในฝักข้าวโพดลดลง (Arnon, 1975) และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดและผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ย ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกข้าวโพดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าวโพด (จันจิรา แสงสีเหลือง และคณะ, 2552; ธีระพงษ์ พรมสวัสดิ์ และคณะ, 2553) จากการทดลองจึงไม่มีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง แสดงในตารางที่ 4.8 สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นต่ำกว่าชุดดินอื่น ๆ จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าดินโชคชัยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินน้ำพอง ดินสตึก ดินปากช่อง ดินลพบุรี และดินตาคลี ตามลำดับ (77.85, 76.64, 65.70, 65.13, 55.32 และ 50.70 g pot^{-1} ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเมล็ดของดินโชคชัย ดินน้ำพอง ดินสตึก และดินปากช่อง ไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีน้ำหนักสดของเมล็ดแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปภาคผนวกที่ 14-19) โดยมีน้ำหนักสดของเมล็ดเท่ากับ 81.81 และ 36.40 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อน้ำหนักสดเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.8)

4.2) น้ำหนักแห้งของเมล็ด

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสด พบว่าดินโชคชัยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินน้ำพอง ดินปากช่อง ดินสตึก ดินลพบุรี และดินตาคลี ตามลำดับ (52.94, 43.76, 42.66, 34.12, 30.77 และ 26.61 g pot^{-1}) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดของดินโชคชัย ดินน้ำพอง ดินปากช่อง และดินสตึก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดในดินลพบุรีและดินตาคลี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีน้ำหนักแห้งของเมล็ดแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (รูปภาคผนวกที่ 14-19) โดยมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดเท่ากับ 51.57 และ 17.05 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8) ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในแต่ละทรีตเม้นต์สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและอัตราปุ๋ย (ตารางที่ 4.8)

5) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดินไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าดินน้ำพองมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินสตึก ดินปากช่อง ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินโชคชัย ตามลำดับ (172.83, 168.52, 161.38, 160.80, 157.79 และ 151.25 g pot^{-1} ตามลำดับ) ไม่แตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา ไม่ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างกันทางสถิติ (รูปภาคผนวกที่ 20-21) และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและอัตราปุ๋ยต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ไนโตรเจนในพืช

1) ไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้น

ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้รับอิทธิพลจากดินทั้ง 6 ชุดดิน โดยค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินลพบุรี มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นสูงสุด รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินน้ำพอง ดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35, 0.33, 0.29, 0.28, 0.25 และ 0.22 %N ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Factors		TN shoot (%N)	TN seed (%N)
Soil			
Ci		0.22d	1.21b
Pc		0.25dc	1.24b
Lb		0.35a	1.47a
Tk		0.33ab	1.51a
Ng		0.29bc	1.25b
Suk		0.28c	1.45a
Nitrogen Fertilizer			
Urea 0 kg rai^{-1} (-N)		0.26b	1.25b
Urea 20 kg rai^{-1} (+N)		0.31a	1.38a
Ci	-N	0.20d	1.15c
	+N	0.24bcd	1.27b
Pc	-N	0.22cd	1.17c
	+N	0.28abc	1.32b
Lb	-N	0.34a	nd.
	+N	0.36a	1.47a
Tk	-N	0.31ab	nd.
	+N	0.35a	1.51a
Ng	-N	0.26bcd	nd.
	+N	0.33a	1.25b
Suk	-N	0.25bcd	1.44a
	+N	0.30ab	1.45a
F-test			
Soil		**	**
Fertilizer		**	**
Soil x Fertilizer		*	*
CV (%)		13.78	3.05

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively. ; nd=not detect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองพบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุดในชุดดินลพบุรีและดินตาคลี อาจเนื่องจากทั้งสองชุดดินมีขนาดและน้ำหนักของลำต้นเล็กกว่าชุดดินอื่น ๆ (ตารางที่ 4.8) จึงทำให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ (dilution effect) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของดินลพบุรีและดินตาคลีไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของดินน้ำพอง ดินโชคชัย ดินสตึก ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของดินปากช่องและดินโชคชัย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้มีไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นเท่ากับ 0.31 และ 0.26 %N ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.9)

2) ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด

ดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) พบว่าดินตาคลี มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินลพบุรี ดินสตึก ดินน้ำพอง ดินปากช่อง และ ดินโชคชัย ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด เท่ากับ 1.51, 1.47, 1.44, 1.25, 1.24 และ 1.21 %N (ตารางที่ 4.9) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของดินตาคลี ดินลพบุรี ดินสตึก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของดินน้ำพอง ดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้มีไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.01$) โดยมีไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดเท่ากับ 1.38 และ 1.25 %N ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.9)

3) การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น

ดินทั้ง 6 ชุดดิน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตามการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของดินปากช่อง ดินโชคชัย และดินตาคลี แตกต่างกับดินน้ำพอง (ตารางที่ 4.10) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีการดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นเท่ากับ 0.42 และ 0.24 g N pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 4.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น เมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Factors		Shoot uptake (g N pot^{-1})	Grain uptake (g N pot^{-1})	Total uptake (g N pot^{-1})
Soil				
Ci		0.36	0.66	1.02a
Pc		0.37	0.55	0.92ab
Lb		0.30	0.39	0.51c
Tk		0.35	0.47	0.58c
Ng		0.26	0.55	0.53c
Suk		0.31	0.49	0.80b
Nitrogen Fertilizer				
Urea 0 kg rai^{-1} (-N)		0.24b	0.21b	0.34b
Urea 20 kg rai^{-1} (+N)		0.42a	0.69a	1.11a
Ci	-N	0.24	0.19	0.43de
	+N	0.48	1.14	1.61a
Pc	-N	0.20	0.21	0.41de
	+N	0.55	0.88	1.43a
Lb	-N	0.21	nd.	0.25e
	+N	0.41	0.39	0.81c
Tk	-N	0.28	nd.	0.28e
	+N	0.42	0.47	0.89c
Ng	-N	0.25	nd.	0.22e
	+N	0.27	0.55	0.82c
Suk	-N	0.23	0.24	0.49d
	+N	0.38	0.74	1.12b
F-test				
Soil		ns	ns	**
Fertilizer		**	**	**
Soil x Fertilizer		ns	ns	**
CV (%)		21.26	24.81	16.59

Variable means within column followed by same letter were not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns = not signification, * = signification at $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively. nd = not detect

4) การดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ด

ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดินทั้ง 6 ชุดดิน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตามการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของชุดดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินน้ำพอง ดินสตึก ดินตาคลี แตกต่างกับดินลพบุรี (ตารางที่ 4.10) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้การดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีการดูดดึงไนโตรเจนเท่ากับ 0.69 และ 0.21 g N pot^{-1} ตามลำดับ และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินกับอัตราปุ๋ย (ตารางที่ 4.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) การดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นผลรวมระหว่างการดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นและในเมล็ด (Shoot uptake + Grain uptake) จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) พบว่าดินโชคชัย มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดเท่ากับ 1.02, 0.92, 0.80, 0.58, 0.53 และ 0.51 g N pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินโชคชัยและดินปากช่อง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของดินปากช่องและดินสตึก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของดินตาคลี ดินน้ำพอง ดินลพบุรี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 อัตรา พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 20 kg N rai^{-1} ทำให้การดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดแตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยมีการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 1.11 และ 0.34 g N pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชุดดินและอัตราปุ๋ยมีอิทธิพลต่อการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$)

จากการวิเคราะห์ Total uptake ของไนโตรเจนพบว่าชุดดินโชคชัยและดินปากช่องข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดดึง TN ได้สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p\leq0.01$) เนื่องจากในชุดดินปากช่องและชุดดินโชคชัยมี HN และไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+ และ NO_3^-) สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ สอดคล้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ของลำต้นและเมล็ด ซึ่งชุดดินปากช่อง ดินโชคชัย และดินสตึก มีการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงกว่าดินน้ำพอง ดินลพบุรี และดินตาคลี (ตารางที่ 4.7 และ 4.8)

4.1.6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM) Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ HN NH_4^+ NO_3^- NM OM และ TN ต่อน้ำหนักลำต้น น้ำหนักเมล็ด และการดูดดึงธาตุไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (จากปริมาณไนโตรเจนในวันที่ 0 ของการทดลอง) พบว่า OM และ TN ไม่มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักลำต้น น้ำหนักเมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ Fox and Piekielek (1978) ศึกษาดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนโดยการปลูกข้าวโพด 8 แปลง ในรัฐ Pennsylvania พบว่า NH_4-N มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพด (r=0.70*) ในขณะที่การวิเคราะห์ OM ด้วยวิธี Walkley and Black ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพด ซึ่งจากการทดลองผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับ HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างน้ำหนักสดลำต้นกับ HN NH_4^+ NO_3^- และ NM เท่ากับ 0.83**, 0.90**, 0.88** และ 0.91** ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งลำต้นเท่ากับ 0.84**, 0.89**, 0.87** และ 0.89** ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับน้ำหนักสดเมล็ดเท่ากับ 0.94**, 0.96**, 0.91** และ 0.97** ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งเมล็ดเท่ากับ 0.93**, 0.97**, 0.91** และ 0.97** ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับการดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นเท่ากับ 0.78**, 0.82**, 0.80** และ 0.82** ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดเท่ากับ 0.94**, 0.97**, 0.93** และ 0.97** ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.94**, 0.97**, 0.93** และ 0.97** ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mulvaney and Khan (2001) ศึกษาการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนของผลผลิตข้าวโพด และศึกษาความสัมพันธ์ของ HN ต่อผลผลิต พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) งานวิจัยของ Khan *et al.* (2001) ศึกษาการสะสม HN ในดินต่อการตอบสนองของปุ๋ยไนโตรเจนของผลผลิตข้าวโพด (*Zea mays* L.) ในรัฐ Illinois พบว่า HN มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ (r= 0.90***) และงานวิจัยของ Roberts *et al.* (2011) พบว่า HN มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการดูดดึงไนโตรเจนของข้าว

ตารางที่ 4.11 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของ Hydrolyzable Nitrogen (HN) Ammonium (NH_4^+) Nitrate (NO_3^-) Net mineralization (NM) Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อน้ำหนักลำต้น น้ำหนักเมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

	Shoot		Grain		Nitrogen Uptake		
	fresh wt.	dry wt.	fresh wt.	dry wt.	Shoot	Grain	total
OM	0.18^{ns}	0.19^{ns}	0.13^{ns}	0.09^{ns}	0.23^{ns}	0.13^{ns}	0.16^{ns}
TN	0.10^{ns}	0.10^{ns}	0.03^{ns}	0.01^{ns}	0.20^{ns}	0.05^{ns}	0.09^{ns}
HN	0.86**	0.84**	0.94**	0.93**	0.78**	0.94**	0.94**
NH_4^+	0.90**	0.89**	0.96**	0.97**	0.82**	0.98**	0.97**
NO_3^-	0.88**	0.87**	0.91**	0.91**	0.80**	0.92**	0.93**
NM	0.91**	0.89**	0.97**	0.97**	0.82**	0.98**	0.97**

ns = not signification, * = signification at p≤0.05 and ** = signification at p≤0.01, probability levels, respectively.

4.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Hydrolyzable Nitrogen ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณ HN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แสดงในตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.6 จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแสดงให้เห็นว่าปริมาณ HN กับน้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักสดเมล็ด และน้ำหนักแห้งเมล็ด สามารถใช้คาดคะเนปริมาณผลผลิตได้ โดยมีค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.731**, 0.704**, 0.878** และ 0.855** ตามลำดับ โดย HN สามารถใช้ทำนายผลผลิตได้ดีกว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Jeffrey *et al.* (2006) ที่ทำการทดลองศึกษาไนโตรเจนในรูป HN ในดินปลูกข้าวโพด (*Zea mays* L.) จำนวน 80 แปลง ที่มีลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกันออกไป ในรัฐ Wisconsin ทำการทดลองใน

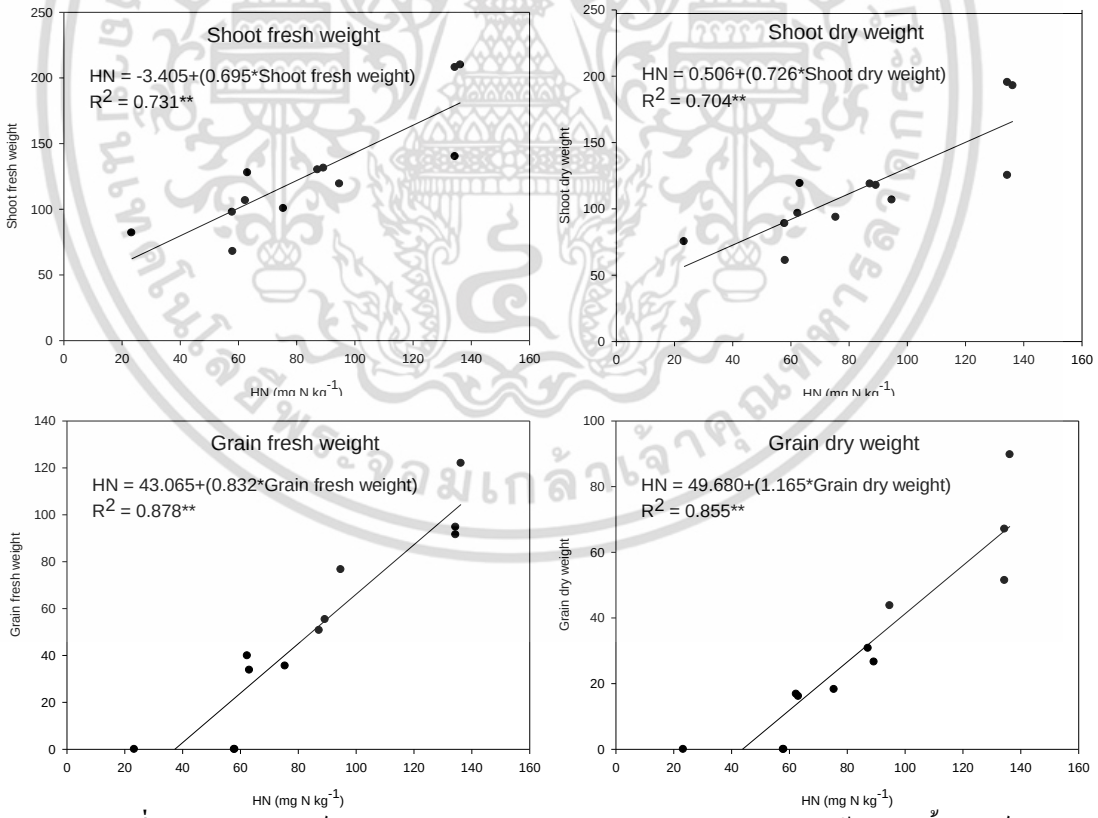
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปี 1984-2004 วิเคราะห์ HN โดยวิธี ISNT พบว่า HN มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตของข้าวโพด (R^2=0.88) มีเพียง 13 แปลงทดลองที่การวิเคราะห์ HN ด้วยวิธี ISNT ไม่มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตของข้าวโพด และจากการศึกษาของ Roberts *et al.* (2011) ทำการทดลองในปี 2004-2008 ในรัฐ Arkansas เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง HN ที่วิเคราะห์โดยวิธี ISNT และ Direct Steam Distillation (DSD) กับผลผลิตข้าว พบว่า HN มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว ดังนั้นจึงสามารถใช้ HN ทำนายความต้องการปุ๋ยไนโตรเจนของข้าว แต่การวิเคราะห์โดยวิธี DSD มีสหสัมพันธ์ต่อผลผลิตข้าว (R^2=0.73) ซึ่งดีกว่าวิธี ISNT (R^2=0.57)

ตารางที่ 4.12 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

crop yields	Linear Regression Model	coefficient of determination (R^2)
Shoot fresh weight	y = -3.405+(0.695*Shoot fresh weight)	0.731**
Shoot dry weight	y = 0.506+(0.726*Shoot dry weight)	0.704**
Grain fresh weight	y = 43.065+(0.832*Grain fresh weight)	0.878**
Grain dry weight	y = 49.680+(1.165*Grain dry weight)	0.855**

* = signification at p≤0.05 and ** = signification at p≤0.01, probability levels, respectively.



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN กับการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้น

ดินที่ใช้ในการทดลองที่ 2 เป็นดินคนละพื้นที่กับดินที่ใช้ในการทดลองที่ 1 ทั้ง 3 ชุดดิน ซึ่งทั้ง 3 ชุดดิน เก็บดินชุดดินโชคชัยและชุดดินน้ำพองจากจังหวัดนคราชสีมา และชุดดินตาคลีจากจังหวัดนครสวรรค์ ทั้ง 3 ชุดดินเป็นดินในพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยดินโชคชัยเป็นดินเหนียวสีแดงมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นดินกรดจัดมาก ดินน้ำพองเป็นดินทรายร่วน ดินมีสีน้ำตาล มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย และดินตาคลีเป็นดินร่วนปนดินเหนียว และมีเม็ดปูนปนอยู่ในดิน ดินมีสีน้ำตาลปนเทา มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างเล็กน้อย (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 สมบัติดินพื้นฐานที่ใช้ในการทดลอง

Soil Properties	Chok Chai series (Ci)	Nam Phong series (Ng)	Takhli series (Tk)
Soil texture	Clay	Loamy Sand	Clay Loam
Clay (g kg^{-1})	620	30	376
Soil pH (1:1 water/soil)	4.74	5.59	7.85
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})	10.97	2.23	40.10
Field capacity (% by weight)	25	12	30
Organic Carbon (OC) (g kg^{-1})	8.18	2.35	14.10
Organic Matter (OM) (g kg^{-1})	14.10	4.06	24.30
Total Nitrogen (g kg^{-1})	0.55	0.13	0.61
Hydrolyzable Nitrogen (HN) (mg kg^{-1})	77.33	30.36	41.07
NH_4^+ (mg kg^{-1})	8.46	4.91	6.47
NO_3^- (mg kg^{-1})	1.96	1.75	1.31
Available phosphorus (mg kg^{-1})	33.26	15.31	20.70
Exchangeable K (mg kg^{-1})	176.53	20.18	229.83
Exchangeable Ca (mg kg^{-1})	166.25	67.82	11,871.67
Exchangeable Mg (mg kg^{-1})	73.48	23.94	202.03

เมื่อพิจารณาจากปริมาณดินเหนียวและ CEC พบว่า ดินโชคชัยมีปริมาณดินเหนียวสูง มีค่า CEC อยู่ในระดับปานกลาง (10.97 cmol kg^{-1}) ดินน้ำพองมีปริมาณดินเหนียวต่ำ มีค่า CEC อยู่ในระดับต่ำ (2.23 cmol kg^{-1}) ดินตาคลีมีปริมาณดินเหนียวปานกลาง มีค่า CEC อยู่ในระดับสูงมาก (40.10 cmol kg^{-1}) (ตารางที่ 4.13) สำหรับ Total N ของดินโชคชัย ดินน้ำพองและดินตาคลี มีอยู่ในระดับต่ำ โดยมี Total N เท่ากับ 0.55, 0.13 และ 0.61 g kg^{-1} ตามลำดับ ปริมาณ OM ของดินโชคชัยและดินน้ำพองมีอยู่ในระดับต่ำ ส่วนในดินตาคลีมีอยู่ในระดับปานกลางมี OM เท่ากับ 14.10, 4.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 33.62 g kg^{-1} ตามลำดับ ดินโชคชัยมีความเข้มข้น HN, NH_4^+ และ NO_3^- มากกว่าดินตาคลีและดินน้ำพอง ซึ่งมีความเข้มข้นของ HN, NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ในปริมาณต่ำ ปริมาณ HN ดินโชคชัย ดินตาคลี และดินน้ำพอง เท่ากับ 77.33, 41.07 และ 30.36 mg kg^{-1} ตามลำดับ ปริมาณ NH_4^+ ดินโชคชัย ดินตาคลี และดินน้ำพอง เท่ากับ 8.46, 6.74 และ 4.91 mg kg^{-1} ตามลำดับ ปริมาณ NO_3^- ดินโชคชัย ดินน้ำพอง และดินตาคลี เท่ากับ 1.96, 1.75 และ 1.31 mg kg^{-1} ตามลำดับ ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ของดินโชคชัย ดินน้ำพอง และดินตาคลี อยู่ในระดับสูงโดยมีค่า 33.26, 15.31 และ 20.70 mg kg^{-1} ตามลำดับ Extractable K, Ca, Mg ของดินตาคลีสูงกว่าดินโชคชัยและดินน้ำพอง ซึ่งมีความเข้มข้นเท่ากับ 229.83, 11,871.67 และ 202.03 mg kg^{-1} ตามลำดับ ดินโชคชัยมีความเข้มข้นเท่ากับ 176.53, 166.25 และ 73.48 mg kg^{-1} ตามลำดับโดยมีค่าสูงกว่าชุดดินน้ำพองซึ่งมีความเข้มข้น 20.18, 67.82 และ 23.94 mg kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

4.2.2 สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีในปุ๋ยอินทรีย์ แสดงในตารางที่ 4.14 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า pH 7.18 เป็นกลาง มีค่าการนำไฟฟ้า 8.20 dS m^{-1} ในขณะที่ปุ๋ยมูลไก่มีค่า pH 7.89 เป็นด่างเล็กน้อย มีค่าการนำไฟฟ้า 6.83 dS m^{-1} ปุ๋ยมูลโคมี pH 8.40 เป็นด่างปานกลาง ค่าการนำไฟฟ้า 2.60 dS m^{-1} (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

source of organic fertilizers	pH	ECe (dS m^{-1})	OC (g kg^{-1})	C:N ratio	N	HN	WSN[1/]	P	K
					---------- (g kg^{-1}) ----------				
Organic Fertilizer pellets (Org)	7.18	8.20	226.61	7.78:1	29.12	13.64	8.70	3.95	11.36
Chicken manure (CK)	7.89	6.83	425.33	19.66:1	21.63	2.83	0.71	9.74	15.95
Cow manure (CM)	8.40	2.60	551.46	30.07:1	18.34	0.97	0.25	4.53	18.94
Organic fertilizers standards[2/]	5.5-8.5	≤10	>200	<20:1	≥10	-	-	≥5	≥5

[1/] water soluble Nitrogen

ที่มา : [2/] กรมวิชาการเกษตร (2548ก)

สำหรับธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากการวิเคราะห์พบว่ามี Total N, P และ K มีค่าเท่ากับ 29.12, 3.95 และ 11.36 g kg^{-1} ตามลำดับ ปุ๋ยมูลไก่มี Total N, P และ K เท่ากับ 21.63, 9.74 และ 15.95 g kg^{-1} ตามลำดับ ปุ๋ยมูลโคมี Total N, P และ K เท่ากับ 18.34, 4.53 และ 18.94 g kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมี Total N สูงกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แต่มี Total P และ K ต่ำกว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณ OC 226.61 g kg^{-1} ขณะที่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมีปริมาณสูงกว่า (425.33 และ 551.46 g kg^{-1}) ค่า C:N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดแคบกว่าปุ๋ยชนิดอื่น โดยมีค่าเท่ากับ7.78:1 ปุ๋ยมูลไก่เท่ากับ 19.66:1 ปุ๋ยมูลโคมีค่า C:N ratio เท่ากับ 30.07:1 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจึงมีแนวโน้มสลายตัวได้เร็วกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ดังนั้นจึงพบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณ HN สูงกว่าปุ๋ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลไก่และปุ๋ยมูลโค โดยมีค่าเท่ากับ 13.64, 2.83 และ 0.97 g N kg^{-1} ตามลำดับ และยังพบว่าปริมาณ water soluble N ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณ HN โดยมีปริมาณเท่ากับ 8.07, 0.71 และ 0.25 g N kg^{-1} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยคอกอีก 2 ชนิด มีปริมาณ HN คิดเป็นร้อยละ 46.80, 13.08 และ 5.29 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ตารางที่ 4.14)

อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษามีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 กรมวิชาการเกษตร (2548ข) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลโค และปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ค่า C:N ratio ในปุ๋ยมูลโคที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน เท่ากับ 30:1 (ตารางที่ 4.14)

4.2.3 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย

1) ค่าปฏิกิริยาดินของดินโชคชัยหลังการบ่มดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดส่งผลให้มีค่า pH เพิ่มขึ้นในช่วงแรกเนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีค่า pH ประมาณ 7.18-8.40 เป็นกลางถึงเป็นด่าง ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงในดินจึงทำให้ค่า pH ในช่วงแรกสูงขึ้น Wong *et al.* (1999) พบว่าการใส่ปุ๋ยหมักมูลสัตว์ที่อัตรา 75 Mg ha^{-1} ทำให้ดินมีค่า pH เพิ่มขึ้นจาก 5.31 เป็น 6.16 จากการทดลองบ่มดินวันที่ 0 ค่าเฉลี่ย pH ของชุดดินโชคชัยในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.15) โดยทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.04, 5.97 และ 5.71 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ทำให้ค่า pH ของดินในช่วงแรกของการทดลองสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเวลาในการบ่มดินเพิ่มขึ้น ค่า pH ของดินมีแนวโน้มลดลงและเริ่มคงที่ตั้งแต่วันที่ 10 ของการบ่มดินจนสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.7) เนื่องจากมีกรดอินทรีย์สะสมจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ในช่วงแรกของการบ่มดินทำให้ pH ลดลง แต่เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนมากสลายตัวกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้น pH ของดินมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุน้อยลง (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2544)

นอกจากนี้ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก จะทำให้มี CEC เพิ่มสูงขึ้นเป็นเหตุให้เพิ่มความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ซึ่งดินโชคชัยมีค่า CEC เท่ากับ 10.97 cmol kg^{-1} จึงสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556) จึงทำให้มีค่า pH เปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก วันที่ 90 ของการบ่มดิน ค่าเฉลี่ย pH ของดินโชคชัยในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค และปุ๋ยมูลไก่ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 5.42, 5.05 และ 4.65 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของอัตราปุ๋ย 2 อัตรา ในวันที่ 90 การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้ค่าเฉลี่ย pH แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} โดยมีค่า pH เท่ากับ 4.92 และ 5.61 ตามลำดับ พบปฏิสัมพันธ์ของชนิดปุ๋ยกับอัตราปุ๋ย (ตารางที่ 4.15) ประกาศิต อินทรสำอาง และคณะ (2552) ศึกษาการแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักเมื่อใส่ลงในดินพบว่าปุ๋ยหมักชานอ้อยมีค่า pH เริ่มต้นเป็นกลาง จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่า pH 5.75 เป็นกรดปานกลาง เนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรีย์สารมักจะผลิตกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ออกมาหรือมีการระเหยของแอมโมเนียไนโตรเจน หรือมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน จากกระบวนการ nitrification ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่สูงกว่าทำให้มีการผลิตกรดอินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารปริมาณสูงจะส่งผลให้ดินมีค่า pH ต่ำกว่าในดินที่ไม่ใส่หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่ต่ำกว่า

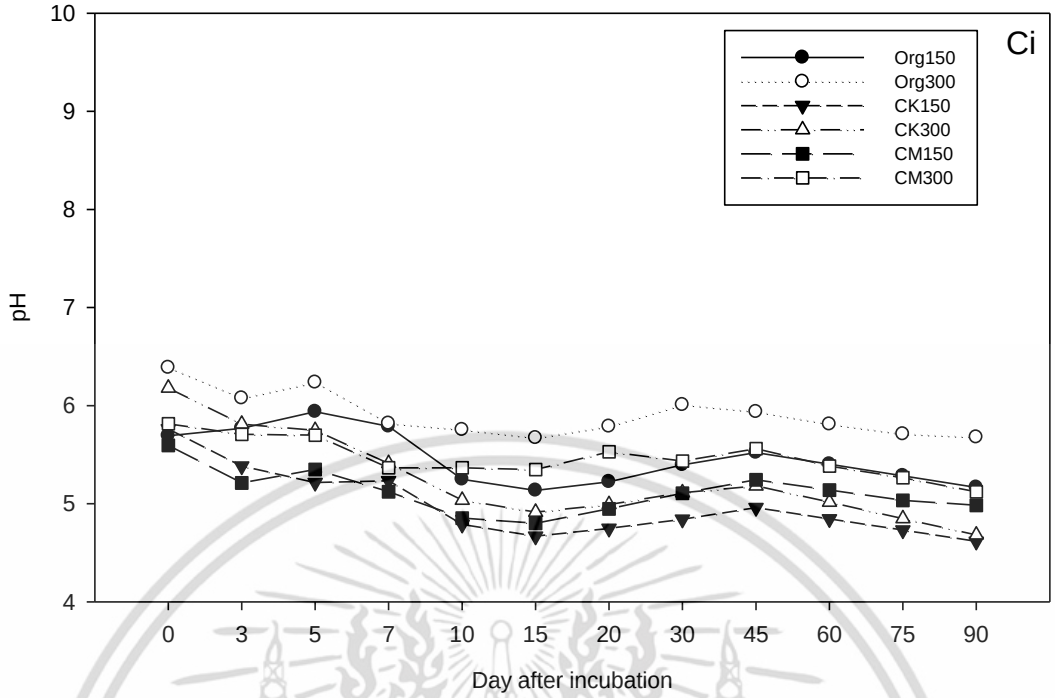
ตารางที่ 4.15 ค่าปฏิกิริยาดินในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินโชคชัย

Factors		pH	
		0 day	90 day
Organic Fertilizer source			
Org		6.04	5.42a
CK		5.97	4.65c
CM		5.71	5.05b
Fertilizer rate			
150 mg N kg^{-1}		6.13	5.61a
300 mg N kg^{-1}		5.68	4.92b
Org	150	6.39	5.68a
	300	5.69	5.17b
CK	150	6.18	4.68d
	300	5.76	4.62d
CM	150	5.82	5.12b
	300	5.60	4.98c
F-test			
Fertilizers		ns	**
Rate		ns	**
Fertilizers x Rate		ns	**
CV (%)		7.55	1.27

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

^{ns} not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินโชคชัย (Ci) ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

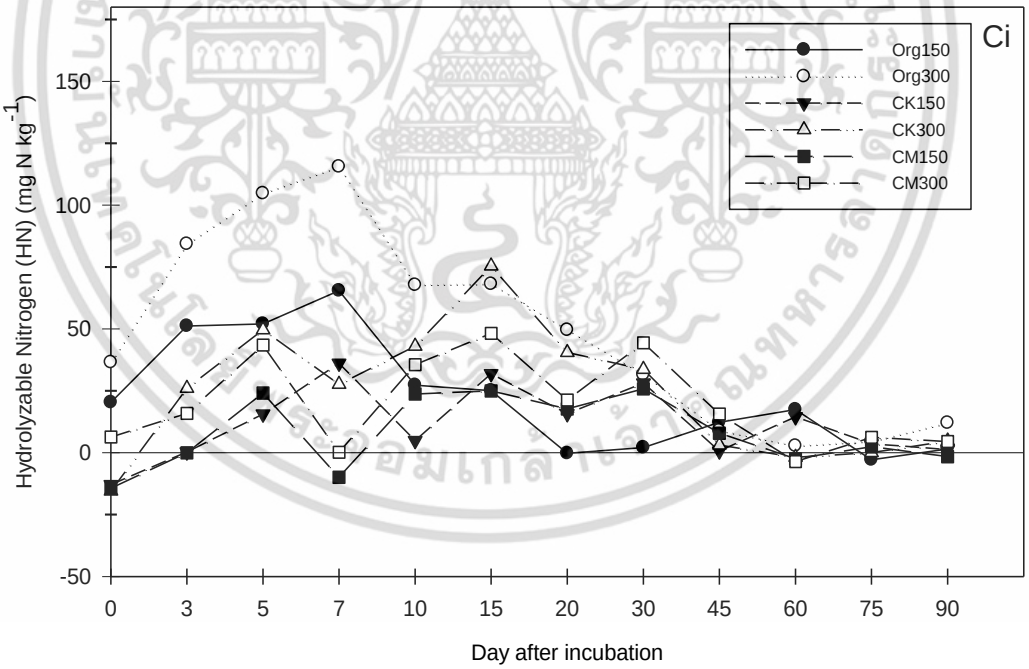
2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินโชคชัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง HN ปริมาณ HN ในทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ HN ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบว่าการเปลี่ยนแปลง HN ในทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 3-7 วันของการบ่มดิน (รูปที่ 4.8) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค HN ในวันที่ 0-3 ของการบ่มดิน มีค่าติดลบเนื่องจาก HN ที่เกิดขึ้นในทรีตเม้นต์นั้น ๆ มีปริมาณต่ำกว่า HN ในทรีตเม้นต์ควบคุมอาจเนื่องจากปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคในช่วงแรกยังไม่สลายตัว จากค่า C:N ratio ของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคพบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.54:1และ 28.84:1 (ตารางที่ 4.16) วันที่ 0 ของการทดลองซึ่งอยู่ในช่วงที่อินทรียสารยังไม่สลายตัว จากนั้น HN ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มลดลงในช่วง 10-15 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ HN เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการบ่มดิน และลดลงอีกในวันที่ 10 ของการบ่มดิน (รูปที่ 4.8) การเพิ่มขึ้นของ HN ทุกทรีตเม้นต์ในช่วงแรกอาจเนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ water soluble Nitrogen และปริมาณ HN ในปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 4.14) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบค่าเฉลี่ย HN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ย HN เท่ากับ 6.76, 2.98 และ 1.45 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการที่ HN มีแนวโน้มลดลงซึ่งเกิดจากการการเปลี่ยนแปลง HN ไปเป็นไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์คือ NH_4^+ และ NO_3^- (รูปที่ 4.9 และ 4.10) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของ HN ในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับเริ่มต้นการทดลองจาก 28.43 mg N kg^{-1} เป็น 6.76 mg N kg^{-1} ในขณะที่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมี HN เพิ่มขึ้นเล็กน้อยแสดงให้เห็นว่าอินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้อย่างรวดเร็ว ค่า C:N ratio ของทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อเริ่มต้นมีค่าเท่ากับ 20.32:1 และสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 13.02:1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.83:1 และ 20.19:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) จากการทดลองของ Hartz *et al*. (2000) ทำการทดลองปลูกพืชโดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 13 ชนิดที่มีค่า C:N ratio ระหว่าง 6.6-21.7 ทดลองในช่วงเวลา 67 วัน พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 13 ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชในช่วงระยะเวลาอันสั้นได้ดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio สูงกว่า 15 จะปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาได้น้อย

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ HN ในวันแรกของการบ่มดิน แต่พบว่าตลอดระยะเวลาของการบ่มดินการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มี HN สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วง 45 วันแรกของการบ่มดิน หลังจาก 45 วันของกการบ่มดินพบว่าปริมาณ HN ในทั้ง 2 อัตรา มีค่าใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.8)



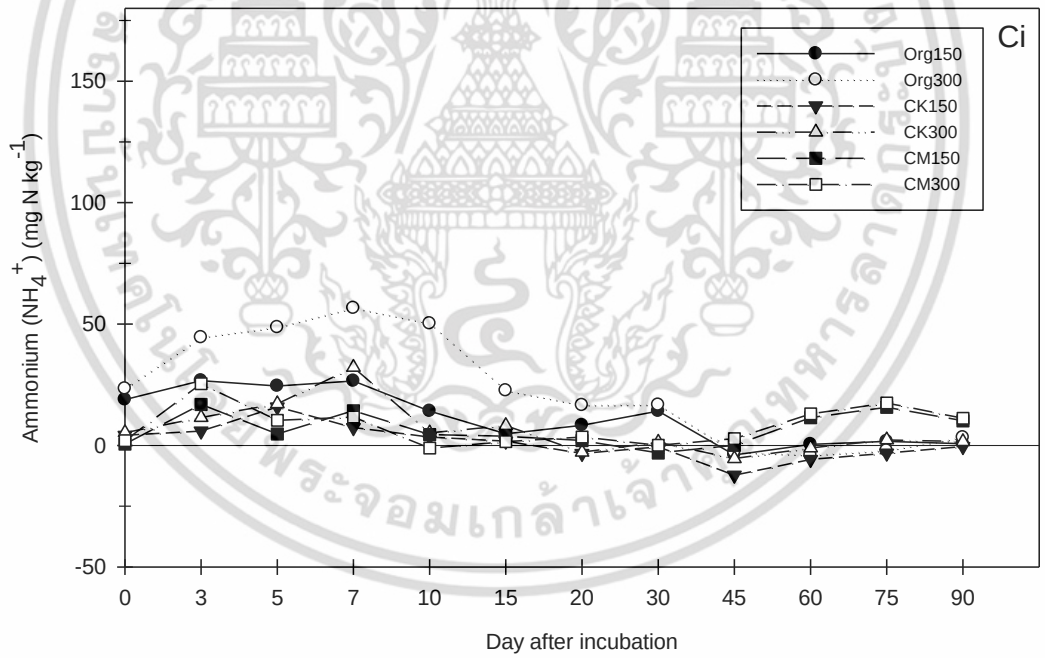
รูปที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

3) การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมของดินโชคชัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ปริมาณ NH_4^+ ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) การเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NH_4^+ ของดินโชคชัย (รูปที่ 4.9) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ของการบ่มดินในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงสุด รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 21.16, 4.72 และ 1.29 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.9) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ NH_4^+ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 5-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NH_4^+ เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 45-90 ของการบ่มดิน NH_4^+ ที่เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคอาจเกิดจากสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากเริ่มปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ออกมา การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HN (รูปที่ 4.8) เมื่อ HN เริ่มมีแนวโน้มลดลง NH_4^+ จะเพิ่มขึ้น เนื่องจาก HN คือไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายซึ่งรวมถึงส่วนที่เป็น NH_4^+ และ water soluble Nitrogen เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 ของการบ่มดินในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงสุด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 21.16, 4.72 และ 1.29 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.9) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้เร็ว รองลงมาคือปุ๋ยมูลไก่ แต่สำหรับปุ๋ยมูลโคมีสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากมากกว่าปุ๋ยมูลไก่



รูปที่ 4.9 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา วันที่ 0 ของการบ่มดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} ตลอดระยะเวลาการบ่มดิน (รูปที่ 4.9) จากการทดลองของ Chaoui *et al.* (2003) ที่พบว่าการบ่มดินร่วมกับปุ๋ยมูลโคและเศษอาหาร ปริมาณ NH_4^+ มีค่าลดลงตามระยะเวลาการบ่มดิน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ประกาศิต อินทรสำอาง และคณะ (2552) พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักทุก

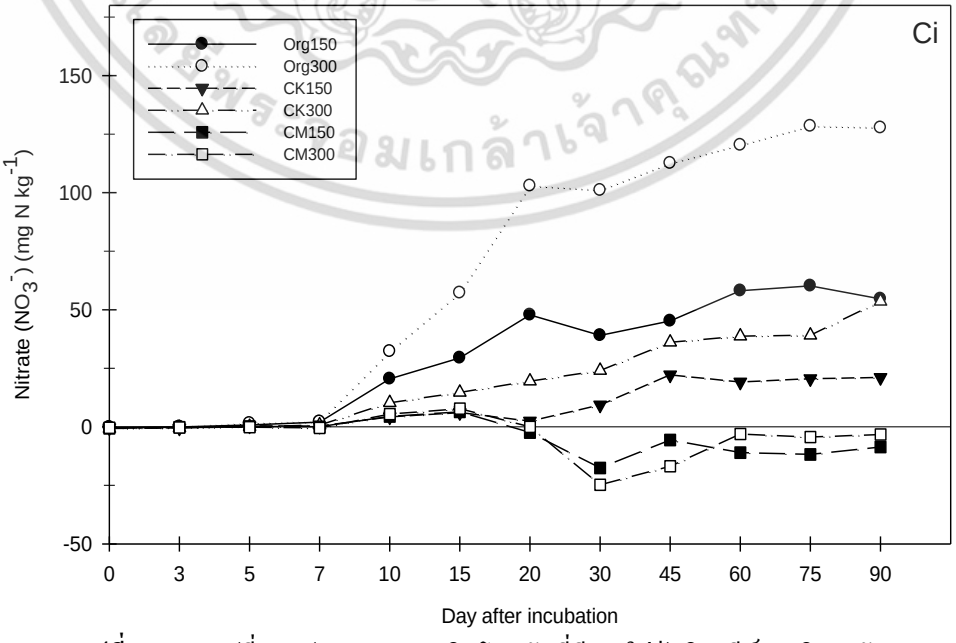
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดและไม่ใส่ปุ๋ยหมักมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการบ่มดิน อาจเนื่องมาจาก NH_4^+ ถูกออกซิไดส์ไปเป็น NO_3^- โดยกระบวนการ nitrification นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักทุกชนิดทำให้ดินมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจาก NH_4^+ มีการแปรสภาพไปเป็น NO_3^- เร็วมาก ทำให้ปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4) การเปลี่ยนแปลงไนเตรทของดินโชคชัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NO_3^- ปริมาณ NO_3^- ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ในช่วงแรกของการทดลอง (0-7วัน) ไม่พบปริมาณ NO_3^- (รูปที่ 4.10) เนื่องจาก NO_3^- ที่พบในช่วงแรก เป็น NO_3^- ที่มีอยู่ในดิน ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์เกิดการย่อยสลายแล้วแต่อยู่ในรูป HN และ NH_4^+ (รูปที่ 4.8 และ 4.9) เริ่มพบ NO_3^- ในช่วง 10-90 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดการทดลอง ยกเว้นในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ซึ่งไม่พบ NO_3^- จากการย่อยสลายของปุ๋ยตลอดการทดลอง (รูปที่ 4.10) การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ในทุกทรีตเม้นต์นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในกระบวนการ Nitrification หลังจากที่อินทรีย์สารถูกเปลี่ยนไปเป็น NH_4^+ ในกระบวนการ ammonification ในสภาพอากาศและอุณหภูมิที่เหมาะสม NH_4^+ ก็จะถูกเปลี่ยนมาเป็น NO_3^- เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (91.14 mg N kg^{-1}) รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ตามลำดับ (รูปที่ 4.10)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีปริมาณ NO_3^- สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ แต่ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคไม่พบ NO_3^- จากการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 อัตรา (รูปที่ 4.10)



รูปที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bustamante *et al.,* (2008) ทำการบ่มดินร่วมกับปุ๋ย 2 สูตร สูตรที่ 1 ปุ๋ยหมักกากอ้อยุ่นกับมูลโค สูตรที่ 2 ปุ๋ยหมักกากอ้อยุ่นกับมูลสัตว์ปีก พบว่าในช่วงแรกของการทดลองปุ๋ยสูตรที่ 2 มี NH_4^+ สูงกว่าปุ๋ยสูตรที่ 1 เนื่องจากปุ๋ยมูลสัตว์ปีกไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดยูริกเกิดการสลายตัวอย่างรวดเร็วทำให้มี NH_4^+ สูง ในขณะที่ปุ๋ยสูตรที่ 1 มูลโคมีไนโตรเจนต่ำจึงเกิด NH_4^+ ได้น้อยกว่าซึ่งส่งผลต่อปริมาณ NO_3^- ในช่วงแรกของการหมัก NO_3^- จึงมีปริมาณต่ำมาก Tiquia (2000) ทำการทดลองบ่มดินร่วมกับปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลหมู เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ไนโตรเจน เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบปริมาณ NO_3^- ในดินที่บ่มร่วมกับปุ๋ยมูลหมูเท่ากับ 1.3 g kg^{-1} ในปุ๋ยมูลไก่เท่ากับ 2.6 g kg^{-1} แตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.01$) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์ต่างชนิดกันสามารถสลายตัวได้แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการเกิดกระบวนการ nitrification และปริมาณ NO_3^-

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินโซดชัยหลังการบ่มดิน

Net mineralization (NM) เป็นผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- หลังจากลบด้วยปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NM ในวันที่ 0 และ 110 ของการบ่มดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดรองลงมาคือปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) ค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 23.11, 4.17 และ 0.78 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) การเปลี่ยนแปลง NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดพบว่า NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 20-45 ของการบ่มดิน จากการศึกษาของธนพัฒน์ ปลื้มพวก และคณะ (2552) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินบ่มร่วมกับมูลสัตว์มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาของการบ่มดินนานขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ของการบ่มดิน จากนั้นจึงมีค่าลดลง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าชนิดของมูลสัตว์และระยะเวลาในการบ่มดินทำให้มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน จากการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (รูปที่ 4.11) ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NM มีค่าติดลบในวันที่ 20-45 วันของการบ่มดิน (รูปที่ 4.11) เนื่องจากพบปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ต่ำ (รูปที่ 4.9 และ 4.10) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 93.15, 37.91 และ 4.72 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคมีสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากมากกว่าปุ๋ยมูลไก่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีอัดเม็ดทำให้มีไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค

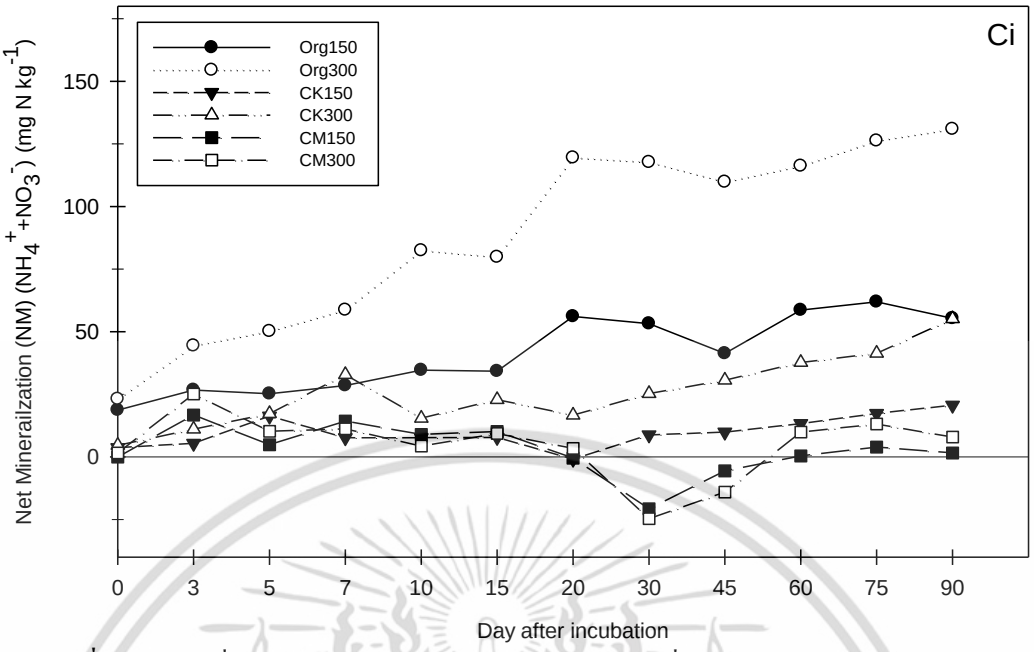
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}) Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินในดินโซดชัย

Factors		NM		TN		OC		C:N	
		0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day
Organic Fertilizer source									
Org		20.69a	93.15a	0.72	0.60c	14.63b	7.81b	20.32:1b	13.02:1b
CK		4.17b	37.91b	0.71	0.65b	19.55a	12.89a	27.54:1a	19.83:1a
CM		0.78c	4.72c	0.73	0.69a	21.05a	13.93a	28.84:1a	20.19:1a
Fertilizer rate									
150 mg N kg^{-1}		7.32b	25.85b	0.68b	0.60b	17.03b	10.73b	25.04:1	17.88:1
300 mg N kg^{-1}		9.77a	64.67a	0.75a	0.69a	19.79a	12.35a	26.39:1	17.90:1
Org	150	18.27	55.36b	0.67b	0.54c	13.42c	6.79d	20.03:1	12.57:1
	300	23.11	130.94a	0.76ab	0.66b	15.83c	8.82d	20.82:1	13.36:1
CK	150	3.70c	20.64c	0.69b	0.61bc	18.36b	12.42c	26.01:1	20.36:1
	300	4.63	55.18b	0.72b	0.68b	20.74a	13.36b	28.81:1	19.65:1
CM	150	0.02	1.55d	0.67b	0.65bc	19.31b	12.99bc	28.82:1	21.65:1
	300	1.57	7.89d	0.78a	0.73a	22.79a	14.86a	29.21:1	20.35:1
F-test									
Fertilizers		**	**	ns	**	**	**	**	**
Rate		*	**	*	**	**	**	ns	ns
Fertilizers x Rate		ns	**	*	**	*	*	ns	ns
CV (%)		14.85	11.39	8.43	6.97	5.27	7.07	8.77	11.37

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

^{ns} not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.



รูปที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย NM สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 9.77 และ 7.32 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และในวันที่ 90 ของการบ่มดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย NM สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 64.67 และ 25.85 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

6) การเปลี่ยนแปลง Total Nitrogen

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน ค่าเฉลี่ย TN ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย TN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโคเท่ากับ 0.72, 0.71 และ 0.73 g N kg^{-1} (ตารางที่ 4.16) การเปลี่ยนแปลงของ TN ในดินโชคชัย แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.69, 0.65 และ 0.60 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคเกิด N mineralization ได้ต่ำสุด

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย TN สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งในวันที่ 0 ($p\leq0.01$) และ 90 ($p\leq0.05$) ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.68 และ 0.75 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.60 และ 0.69 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การเปลี่ยนแปลง Organic Carbon

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 21.05, 19.55 และ 14.63 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย OC ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างทางสถิติ ปริมาณ OC ในแต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OC ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการ C mineralization เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 13.93, 12.89 และ 7.81 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงให้เห็นว่าในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคเกิดกระบวนการ mineralization ต่ำ ซึ่งปริมาณ OC จะลดลงเมื่อเกิดการย่อยสลายอินทรีย์สาร (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ 2556)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย OC สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 19.79 และ 17.03 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15) ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 12.35 และ 10.73 mg N kg^{-1} ตามลำดับ นอกจากนี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง OC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

8) การเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า C:N ratio ในดินโชคชัยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ย C:N ratio ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 28.84:1, 27.54:1 และ 20.32:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย C:N ratio ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสลายตัวได้ง่ายกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค จากการทดลองพบปริมาณ HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM ในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูงกว่าปุ๋ยมูลไก่และมูลโค (รูปที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 20.19:1, 19.83:1 และ 13.02:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย C:N ratio ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จะเห็นได้ว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง C:N ratio มีค่าลดลงเนื่องจากเกิดกระบวนการ C mineralization ทำให้คาร์บอนเปลี่ยนเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ C:N ratio จึงลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า C:N ratio ที่จัดว่าเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 20-30 ถ้ามีค่ามากกว่า 30 จะทำให้ไนโตรเจนไม่เพียงพอมีผลยับยั้งกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายช้าลง (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2548) ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 20 จะส่งผลให้เกิดกระบวนการ mineralization ปลดปล่อยสารอนินทรีย์ในโตรเจนออกมาอย่างรวดเร็ว ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสำหรับการใช้งานควรมีค่า C:N ratio อยู่ระหว่าง 10-15 (Aperna *et al*., 2008)

4.2.4 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประ โยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง

1) ค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

ปุ๋ยอินทรีย์มีอิทธิพลต่อค่า pH ในดินน้ำพอง โดยดินน้ำพองก่อนการทดลองมีค่า pH เท่ากับ 5.59 ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดปานกลาง วันที่ 0 ของการบ่มดิน ค่าเฉลี่ย pH ของดินน้ำพองในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดตามลำดับ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.59, 6.56 และ 5.94 ตามลำดับ มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลางและกรดจัดปานกลาง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.17) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย pH ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยโคไม่แตกต่างทางสถิติ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดค่า pH มีแนวโน้มลดลงในช่วง 45-75 วันของการบ่มดิน ทุกทรีตเม้นต์มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.12) ในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบค่าเฉลี่ย pH สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.44 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.23 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 5.80 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดปานกลาง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.17)

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราสูงอาจทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นในช่วงแรกเนื่องจากอิทธิพลของค่า pH ในปุ๋ยอินทรีย์ จากนั้นค่า pH ของดินจะมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากมีกรดอินทรีย์สะสมจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ แต่เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนมากคาร์บอนสลายตัวกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว pH ของดินจะมีแนวโน้มคงที่ เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ค่า pH ของดินแต่ละทรีตเม้นต์แตกต่างกัน เนื่องจากดินน้ำพองเป็นดินเนื้อหยาบมีอินทรียวัตถุต่ำและมีค่า CEC อยู่ในระดับต่ำจึงไม่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (ตารางที่ 4.17) แต่หลังจากบ่มดินค่า pH ของดินน้ำพองไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักตลอดการทดลอง ยกเว้นในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีค่า pH ลดลงในช่วง 45-75 วันของการบ่มดิน อาจเนื่องกระบวนการ N mineralization ของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่ากระบวนการ nitrification หรือการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_3^- (Sikora and Szmidt, 2001)

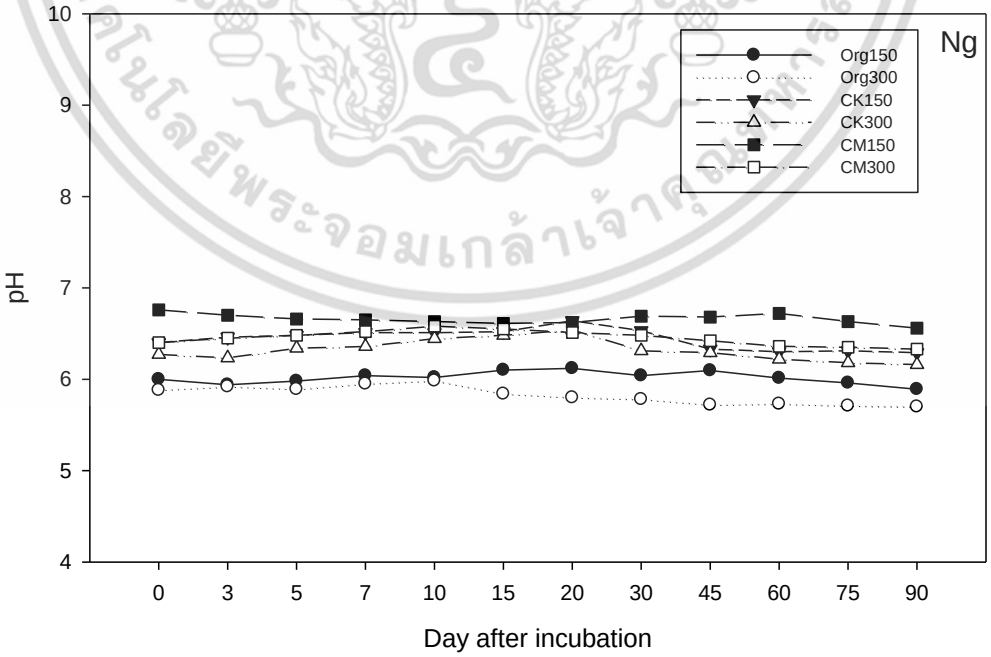
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ค่าปฏิกิริยาดินในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง

Factors		pH	
		0 day	90 day
Organic Fertilizer source			
Org		5.94c	5.80c
CK		6.56ab	6.23b
CM		6.59a	6.44a
Fertilizer rate			
150 mg N kg^{-1}		6.39a	6.25a
300 mg N kg^{-1}		6.19b	6.06b
Org	150	6.00cd	5.89de
	300	5.88d	5.70e
CK	150	6.40b	6.29bc
	300	6.27bc	6.16c
CM	150	6.76a	6.56a
	300	6.41bc	6.33b
F-test			
Fertilizers		**	**
Rate		**	**
Fertilizers x Rate		**	**
CV (%)		2.74	2.68

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

ns not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.



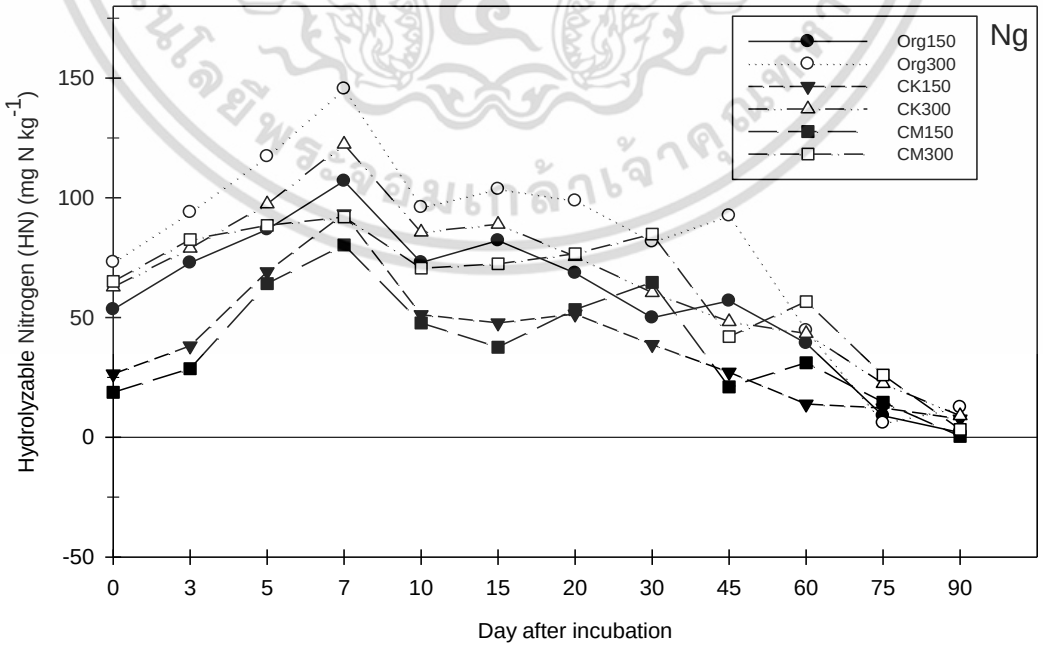
รูปที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย pH ในดินน้ำพองในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย pH สูงกว่าที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.39 และ 6.19 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) ในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย pH สูงกว่าที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 6.25 และ 6.06 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.17)

2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง HN ปริมาณ HN ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ HN ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) ในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบค่าเฉลี่ยปริมาณ HN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HN เท่ากับ 63.26, 44.57 และ 41.49 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.13) การเปลี่ยนแปลง HN ในทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา มีปริมาณ HN เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3-7 วันของการบ่มดิน จากนั้น HN มีแนวโน้มลดลงในช่วง 10-15 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ยปริมาณ HN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HN เท่ากับ 8.30, 7.28 และ 1.86 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.13) การเปลี่ยนแปลง HN ในชุดดินโชคชัยมีแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกับชุดดินน้ำพอง



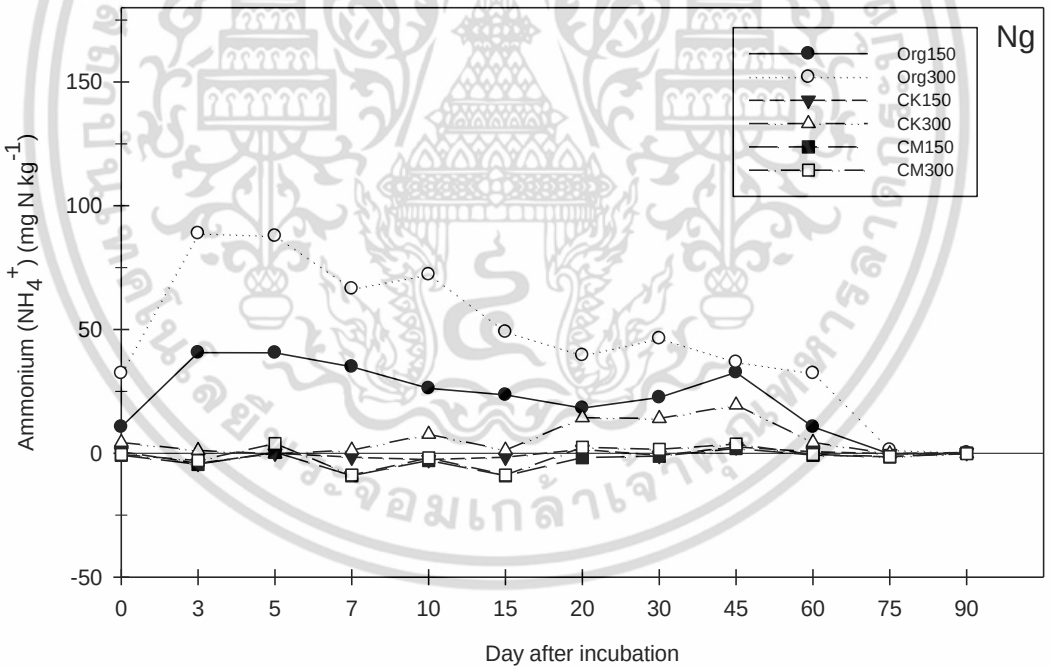
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย HN สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} มีค่าเฉลี่ย HN เท่ากับ 66.97 และ 32.87 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และพบว่าในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบว่าอิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณค่าเฉลี่ย HN อย่างเห็นได้ชัด ทุกทรีตเม้นต์มีปริมาณ HN ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.13)

3) การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ปริมาณ NH_4^+ ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินน้ำพอง (รูปที่ 4.14) อิทธิพลของชนิดปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบปริมาณ NH_4^+ สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างกับปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น ๆ รองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ ซึ่งมี NH_4^+ ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 4.14)



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

ปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทั้ง 2 อัตรา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไก่ทั้ง 2 อัตรา NH_4^+ เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 20-45 วันของการบ่มดินแต่เพิ่มขึ้นในปริมาณไม่มากนัก ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค 2 อัตรา ไม่พบปริมาณ NH_4^+ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยมูลโคตลอดการทดลอง การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 2 อัตรา สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HN

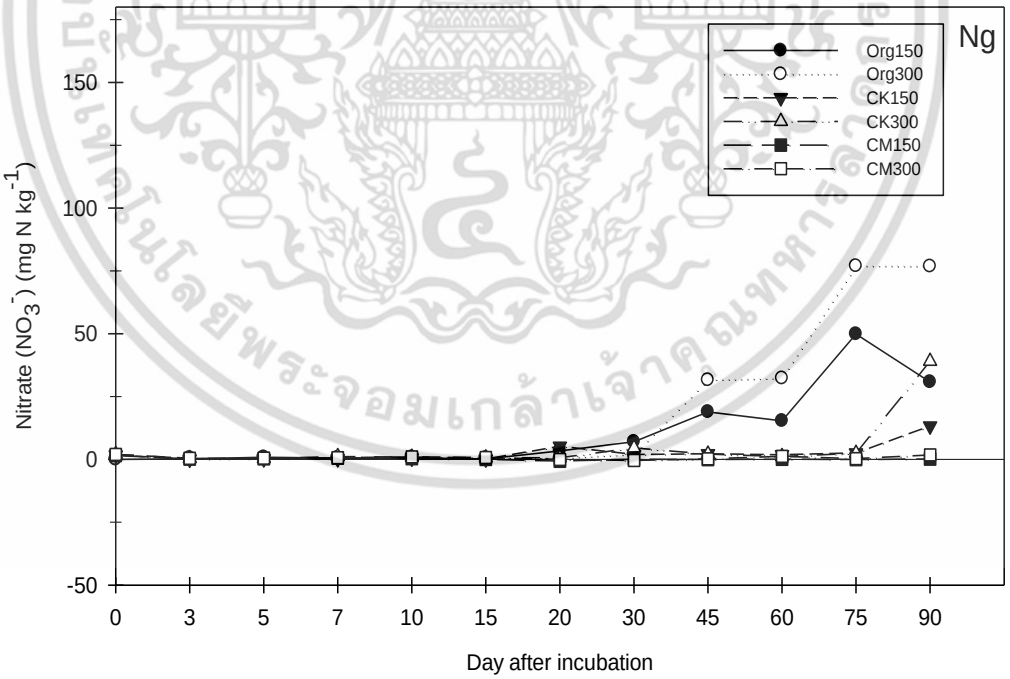
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ HN เริ่มมีแนวโน้มลดลง NH_4^+ ก็มักเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นเดียวกับในชุดดินโชคชัย เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในทุกทรีตเม้นต์ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมีปริมาณ NH_4^+ เกิดขึ้นต่ำอาจเนื่องจากดินน้ำพองมีอนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่ มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วนจึงมีอัตราการเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนต่ำ เนื่องมาจากดินเนื้อหยาบมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด ทำให้เกิดกระบวนการ ammonification และ nitrification เพื่อเปลี่ยนอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็น NH_4^+ และ NO_3^- ได้ช้า (Hamarashid *et al*., 2010)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} โดยเฉพาะในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ ปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าอย่างชัดเจน แต่ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 4.14)

4) การเปลี่ยนแปลงไนเตรทของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NO_3^- ปริมาณ NO_3^- ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 1.81, 1.77 และ 0.13 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.14)



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินน้ำพองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 2 อัตรา NO_3^- มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20-30 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ทั้ง 2 อัตรา NO_3^- เริ่มแนวโน้มเพิ่มในวันที่ 75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเกือบจะสิ้นสุดการทดลอง ปริมาณ NO_3^- ที่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาจเนื่องจาก NH_4^+ เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงท้ายการทดลองเช่นเดียวกัน ส่วนในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา NO_3^- ไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีปริมาณ NO_3^- คงที่ตลอดการทดลอง (รูปที่ 4.15) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง วันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 53.80, 26.15 และ 0.96 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.15) อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NO_3^- สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} เช่นเดียวกับ NH_4^+ (รูปที่ 4.14)

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

Net mineralization (NM) เป็นผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- หลังจากลบด้วยปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (21.66 mg N kg^{-1}) แตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค (4.30 และ 1.12 mg N kg^{-1}) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.18) การเปลี่ยนแปลง NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดพบว่า NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3-10 ของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 15 ของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.16) ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มี NM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 20 ของการบ่มดิน จากนั้นมีแล้วโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่มีปริมาณ NM ที่เพิ่มขึ้นไม่ต่างไปจากเดิมมากนัก ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคไม่พบปริมาณ NM ตลอดการทดลอง (รูปที่ 4.16) สอดคล้องกับปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- (รูปที่ 4.14 และ 4.15) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (53.88 mg N kg^{-1}) แตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดอื่น รองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ (26.23 mg N kg^{-1}) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับทรีตเม้นต์ทีใส่ปุ๋ยมูลโค (0.91 mg N kg^{-1}) (ตารางที่ 4.18) สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0-90 วันของการบ่มดิน ไม่พบปริมาณ NM ซึ่งสอดคล้องกับการไม่พบ NH_4^+ และ NO_3^- แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคไม่สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในดินโชคชัย แสดงว่าสมบัติของปุ๋ยมูลโคบางประการมีอิทธิพลต่ออัตราการมินเนอราลไลเซชันสุทธิ (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ 2556) เนื่องจากปุ๋ยมูลโคมีแอมโมเนียมไนโตรเจนที่สกัดได้ต่ำ แต่มี OC และ C:N ratio สูงกว่าปุ๋ยชนิดอื่น วันที่ 0 ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีค่า C:N ratio เท่ากับ 13.77:1, 21.50:1 และ 26.13:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) จึงทำให้อัตราการมินเนอราไลเซชันสุทธิเกิดขึ้นต่ำ

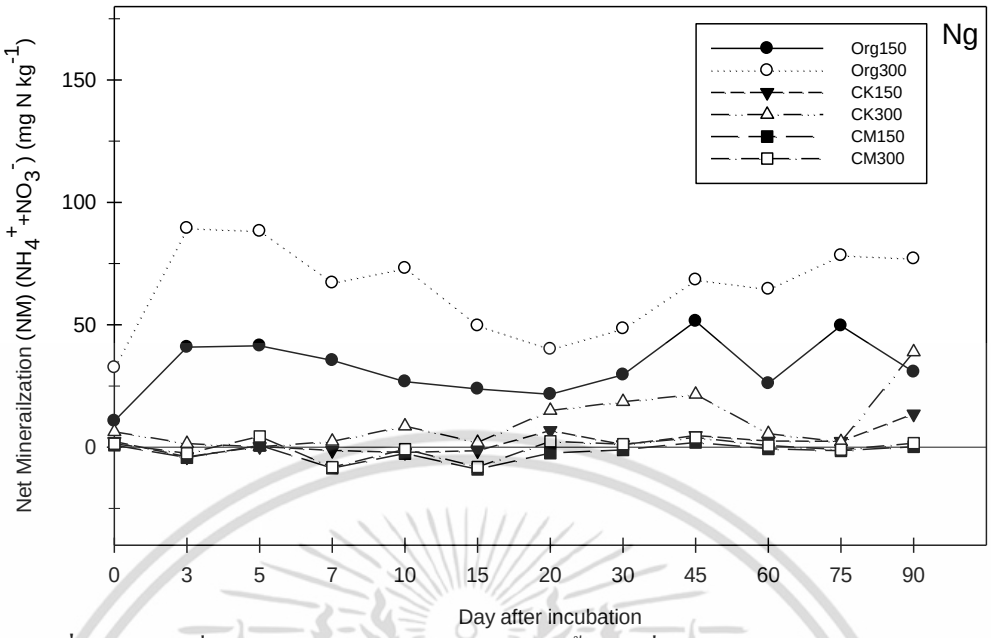
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}) Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินในดินน้ำพอง

Factors		NM		TN		OC		C:N	
		0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day
Organic Fertilizer source									
Org		21.66a	53.88a	0.41	0.28b	5.62c	3.26c	13.77:1c	11.78:1c
CK		4.30b	26.23b	0.40	0.35a	8.48b	6.22b	21.50:1b	17.88:1b
CM		1.12b	0.91c	0.39	0.36a	10.30a	7.95a	26.13:1a	22.43:1a
Fertilizer rate									
150 mg N kg^{-1}		4.63b	14.83b	0.34b	0.28b	6.69b	5.43b	19.56:1b	18.83:1a
300 mg N kg^{-1}		13.43a	39.18a	0.45a	0.38a	9.57a	6.18a	21.37:1a	16.02:1b
Org	150	10.72b	30.73c	0.35	0.23d	4.56d	2.96d	13.03:1d	12.86:1e
	300	32.59a	77.03a	0.46	0.32d	6.67d	3.55d	14.50:1d	11.09:1de
CK	150	2.31c	13.57d	0.34	0.30c	7.40c	5.58c	21.76:1c	18.60:1b
	300	6.29bc	38.89b	0.45	0.40a	9.56b	6.86b	21.24:1c	17.15:1bc
CM	150	0.84c	0.19e	0.34	0.31b	8.12c	7.76c	23.88:1b	25.03:1a
	300	1.41c	1.63e	0.44	0.41a	12.49a	8.13a	28.38:1a	19.82:1b
F-test									
Fertilizers		**	**	ns	**	**	**	**	**
Rate		**	**	**	**	**	**	**	**
Fertilizers x Rate		**	**	ns	**	**	**	**	**
CV (%)		14.85	11.39	7.87	8.43	5.27	8.21	8.72	9.46

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

^{ns} not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.



รูปที่ 4.16 การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NM สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 13.43 และ 4.63 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 39.18 และ 14.83 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4. 18)

6) การเปลี่ยนแปลง Total Nitrogen

TN ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.41, 0.40 และ 0.39 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย TN ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.36, 0.35 และ 0.28 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย TN ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างทางสถิติ

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย TN สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 ค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.45 และ 0.34 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 ค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.38 และ 0.25 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน (ตารางที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) การเปลี่ยนแปลง Organic Carbon

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 10.30, 8.48 และ 5.62 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) แต่ละทรีตเม้นต์มีค่า OC ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 7.95, 6.22 และ 3.26 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) เป็นรูปแบบเดียวกับการเปลี่ยนแปลง OC ในชุดดินโชคชัย (ตารางที่ 4.16) ซึ่งแสดงถึงการเกิด C mineralization

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย OC สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 9.57 และ 6.69 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 6.18 และ 5.43 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์มีอิทธิต่อการเปลี่ยนแปลง OC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.15)

8) การเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 26.1:1, 21.50:1 และ 13.77:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) ซึ่งค่า C:N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด เหมาะสมต่อการเกิด N mineralization คือต้องมีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 30:1 (อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551) แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ย C:N ratio ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 22.43, 17.88 และ 11.78 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.18)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย C:N ratio ต่ำกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 21.37:1 และ 19.56:1 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 18.83:1 และ 16.02:1 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประ โยชน์ของไนโตรเจนในชุดดินตาคลี

1) ค่าปฏิกิริยาดิน

ก่อนการทดลองดินตาลีมีค่า pH เท่ากับ 7.85 เป็นด่างเล็กน้อย ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย pH สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค แตกต่างทางสถิติกับทรีตเม้นต์อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 8.15 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.90 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง แตกต่างทางสถิติกับ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.39 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง (ตารางที่ 4.19) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า pH ต่ำกว่าดินก่อนการทดลองอาจเนื่องจากอิทธิพลของค่า pH ในปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่าต่ำกว่าค่า pH ของดินตาคลี ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า pH เท่ากับ 7.18 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบค่าเฉลี่ย pH สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับทรีตเม้นต์อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.48 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างเล็กน้อย รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.36 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง แตกต่างทางสถิติกับทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.26 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง (ตารางที่ 4.19)

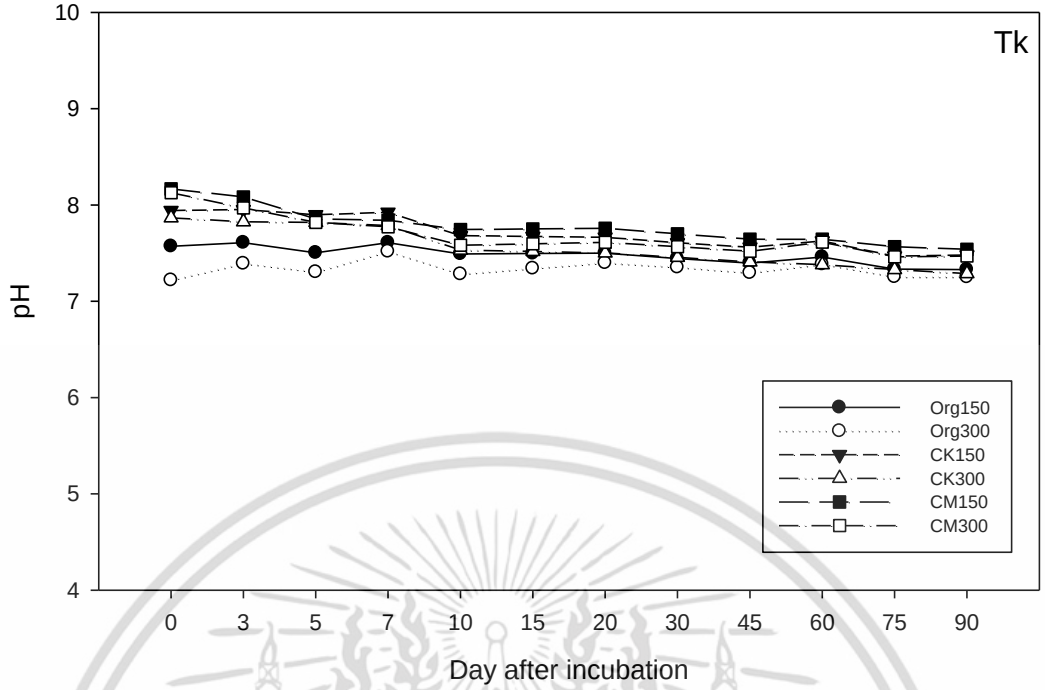
ตารางที่ 4.19 ค่าปฏิกิริยาดิน ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินตาคลี

Factors		pH	
		0 day	90 day
Organic Fertilizer source			
Org		7.39c	7.26c
CK		7.90b	7.36b
CM		8.15a	7.48a
Fertilizer rate			
150 mg N kg^{-1}		7.89a	7.42a
300 mg N kg^{-1}		7.74b	7.31b
Org	150	7.57c	7.30c
	300	7.22d	7.22d
CK	150	7.94b	7.45b
	300	7.87b	7.26cd
CM	150	8.17a	7.51a
	300	8.13a	7.44b
F-test			
Fertilizers		**	**
Rate		**	**
Fertilizers x Rate		**	**
CV (%)		0.62	0.33

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

^{ns} not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

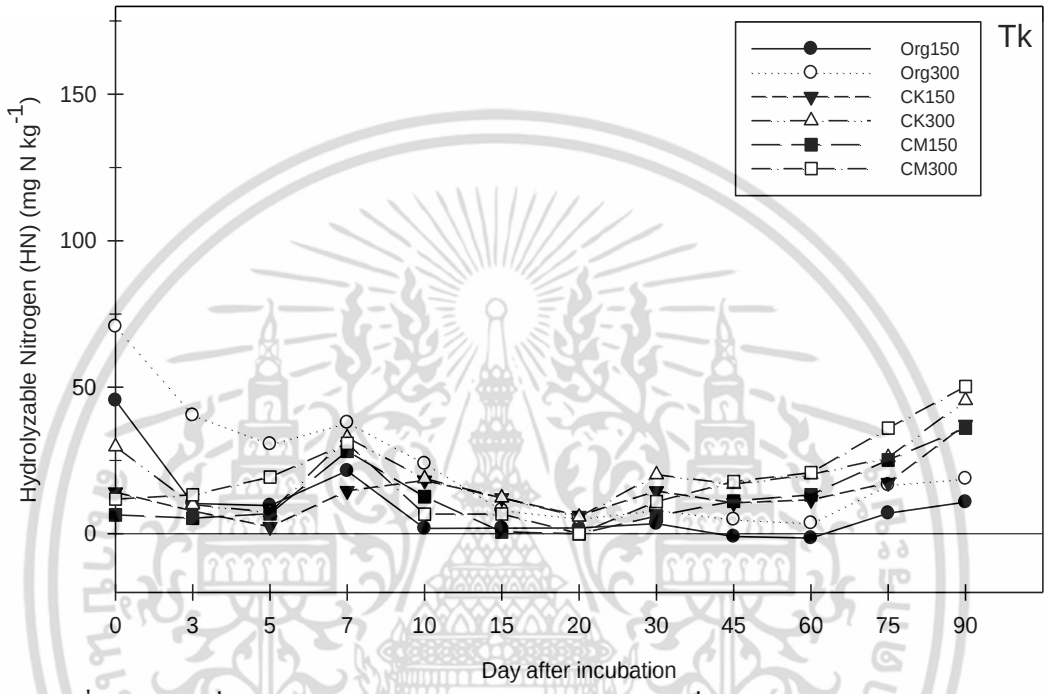
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย pH ของดินตาคลีในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย pH สูงกว่าที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.89 และ 7.74 ตามลำดับ และในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.42 และ 7.31 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับดินโชคชัยและดินน้ำพอง อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.19)

2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง HN ปริมาณ HN ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ HN ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบว่าเมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบ ค่าเฉลี่ยปริมาณ HN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดรองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HN เท่ากับ 58.14, 21.95 และ 9.11 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.18) การเปลี่ยนแปลง HN ในทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา พบว่า HN มีปริมาณสูงในช่วงแรกของการบ่มดิน จากนั้น HN มีแนวโน้มลดลงในช่วง 0-20 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากในดินตาคลีอินทรียวัตถุสลายตัวได้ช้า (รูปที่ 4.18) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ HN สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค และปุ๋ยมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HN เท่ากับ 49.77 และ 48.31 และ 22.95 mg N kg^{-1} ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณ HN เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปและปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์อีก 2 ชนิด สอดคล้องกับการทดลองในดินโชคชัยและดินน้ำพอง



รูปที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

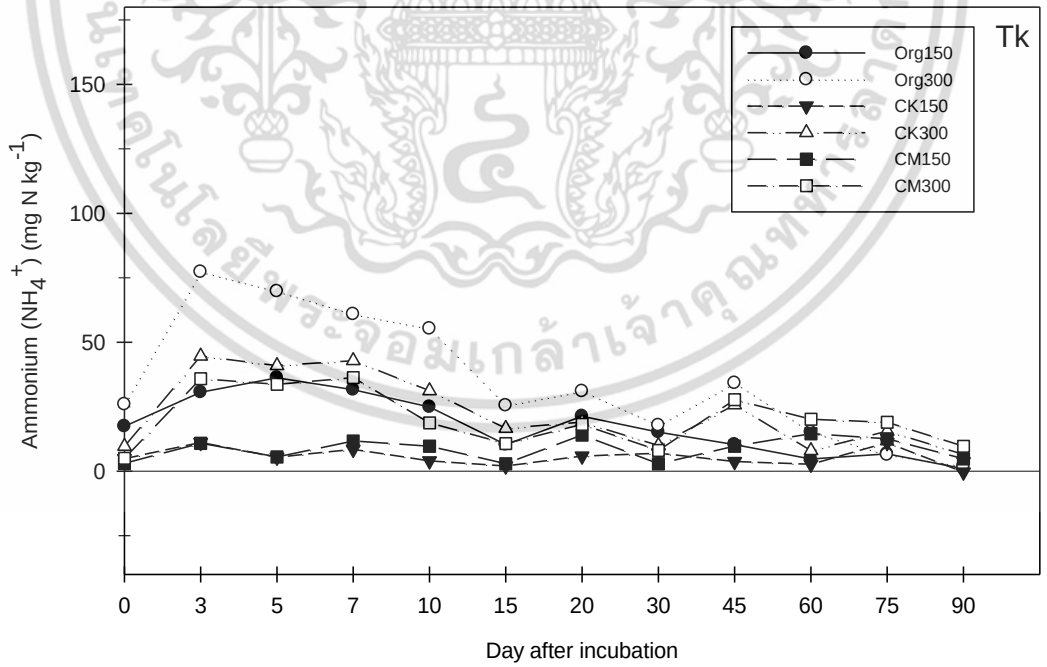
เมื่อเริ่มต้นการทดลองปริมาณ HN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แตกต่างกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า HN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ปุ๋ยมูลโคไม่แตกต่างกัน (รูปที่ 4.18) ทำให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มดินที่เพิ่มขึ้นทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนในมูลไก่และมูลโค สามารถเปลี่ยนเป็น HN ได้ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ HN ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าต่ำกว่า HN ในมูลไก่และมูลโค แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้อย่างรวดเร็ว จากค่า C:N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 16.77:1 และ 13.89:1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค และเหมาะแก่การสลายตัว (ตารางที่ 4.20)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย HN ของดินตาคลี พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย HN สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างเห็นได้ชัด ในวันที่ 0 มีค่าเฉลี่ย HN เท่ากับ 37.43 และ 22.05 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และในวันที่ 90 มีค่าเฉลี่ย HN เท่ากับ 43.14 และ 37.42 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ปริมาณ NH_4^+ ในทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NH_4^+ สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 21.67, 7.28 และ 4.02 mg N kg^{-1} ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินตาคลี (รูปที่ 4.19) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NH_4^+ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 45 ของการบ่มดิน NH_4^+ ที่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค อาจเนื่องจากอินทรีย์สารในส่วนที่สลายตัวได้ยากเริ่มปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ออกมา การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HN เมื่อ HN เริ่มมีแนวโน้มลดลง NH_4^+ ก็มักจะเพิ่มขึ้นและจะลดลงเช่นเดียวกัน อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NH_4^+ สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NH_4^+ เท่ากับ 8.45, 7.46 และ 3.42 mg N kg^{-1} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้เร็วกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค และยังทำให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคมีสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากมากกว่าปุ๋ยมูลไก่ (รูปที่ 4.19)



รูปที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

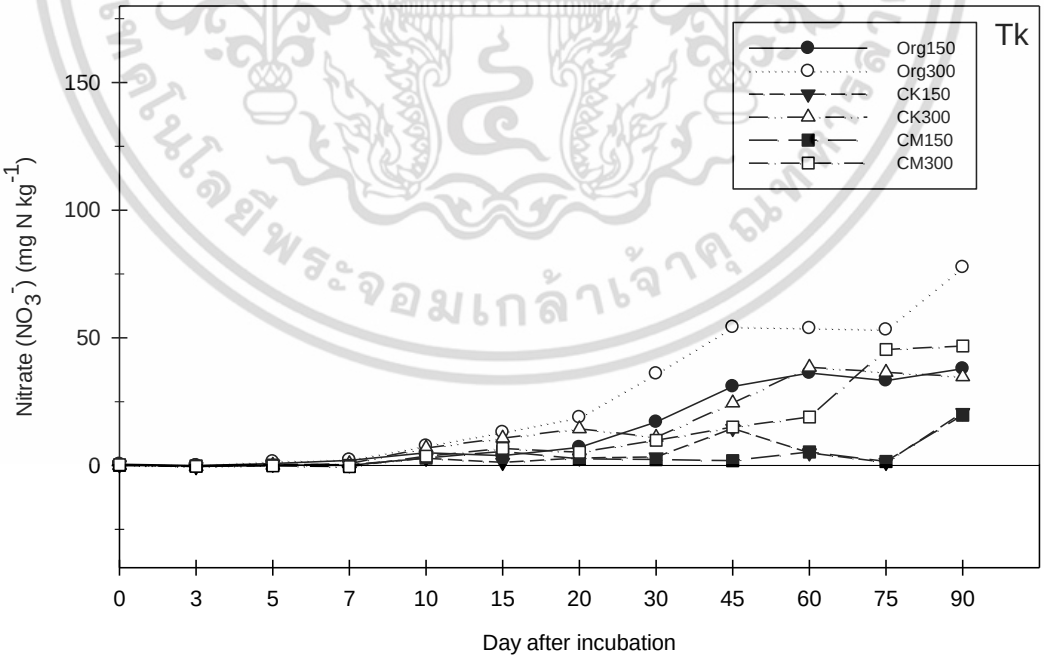
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย NH_4^+ ในดินตาคลี ในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 13.52 และ 8.45 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} โดยมีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 9.83 และ 3.06 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.19)

4) การเปลี่ยนแปลงไนเตรทของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NO_3^- ปริมาณ NO_3^- ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) แม้ว่า NH_4^+ ในดินตาคลีจะเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 3 ของการบ่มดิน แต่ในช่วง 0-10 วันของการบ่มดินกลับมีปริมาณ NO_3^- ค่อนข้างต่ำอาจเนื่องจากการระเหยของ NH_4^+ ในดินด่าง เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค และทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 0.46, 0.18 และ 0.14 mg N kg^{-1} ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลีในทุกทรีตเม้นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20-45 วันของการบ่มดินและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.20) อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 44.64, 32.00 และ 27.90 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.20)



รูปที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่าความเป็นด่างของดินตาคลีมีอิทธิพลต่อปริมาณ NO_3^- ในปุ๋ยมูลไก่ซึ่งแตกต่างจากดินโชคชัยและดินน้ำพอง จะเห็นได้ว่าพบปริมาณ NH_4^+ จากปุ๋ยมูลไก่สูงกว่าปุ๋ยมูลโค แต่กลับพบ NO_3^- จากปุ๋ยมูลไก่ต่ำกว่าปุ๋ยมูลโค เนื่องจากดินตาคลีเป็นดินเนื้อปูนปุ๋ยมูลไก่ที่มีไนโตรเจนบางส่วนอยู่ในรูปกรดยูริกสามารถเกิดไฮโดรไลซิสเปลี่ยน เป็น NH_4^+ ได้ง่าย เมื่อทำปฏิกิริยากับด่างในดินทำให้เกิดกระบวนการ volatilization เกิดการระเหยของ NH_4^+ จึงทำให้พบปริมาณ NO_3^- ค่อนข้างต่ำ

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย NO_3^- ในดินตาคลีในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ย NO_3^- ในอัตรา 150 mg N kg^{-1} มีค่าเฉลี่ย NO_3^- เท่ากับ 0.23 และ 0.29 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NO_3^- สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} มีค่าเฉลี่ย NO_3^- เท่ากับ 50.29 และ 19.41 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (รูปที่ 4.20)

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

Net mineralization (NM) เป็นผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- หลังจากลบด้วยปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเริ่มการทดลองวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูงสุด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ พบค่าเฉลี่ย NM เท่ากับ 22.13, 7.41 และ 4.20 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) การเปลี่ยนแปลง NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3-10 ของการบ่มดิน (รูปที่ 4.21) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณ NH_4^+ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาในช่วงแรกที่ถูกเปลี่ยนรูปมาจาก HN (รูปที่ 4.18) ทำให้ NM ในช่วงแรกมีปริมาณสูงและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HN (รูปที่ 4.18) จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 15-20 ของการบ่มดิน อาจเกิดจากความเป็นด่างของดินตาคลีที่ทำให้ NH_4^+ สูญเสียไปโดยง่ายด้วยการระเหย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง การที่ NM เพิ่มขึ้นในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนสิ้นสุดการทดลองอาจเป็น NH_4^+ บางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- (รูปที่ 4.20) จึงทำให้ NM เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4.21) แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลโค และมูลไก่ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 48.06, 40.54 และ 35.36 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.21)

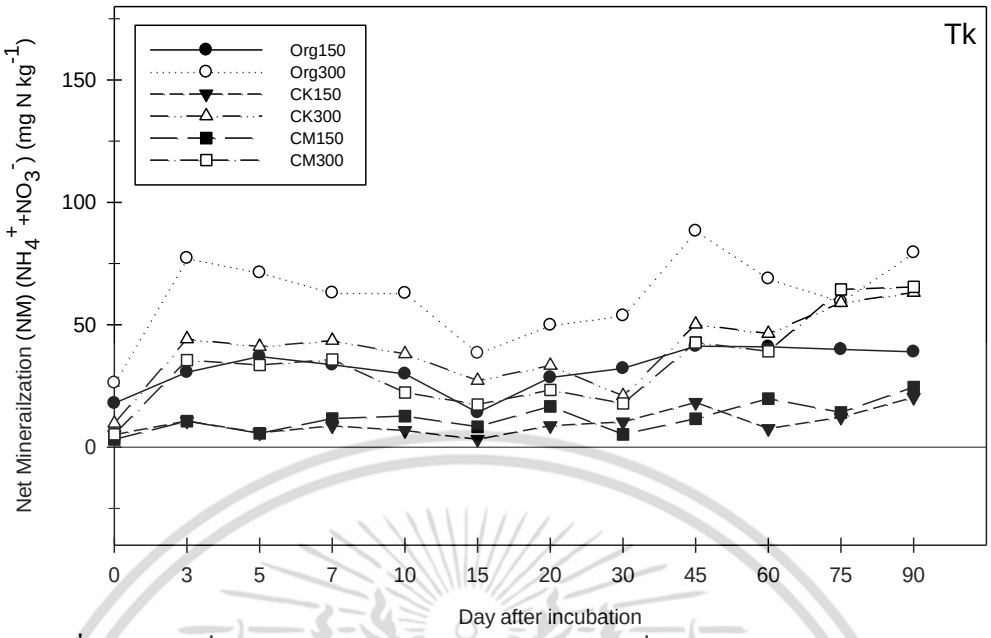
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 Net mineralization (NM) (mg kg^{-1}) Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}) Total Nitrogen (TN) (g kg^{-1}) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินในดินตาคลี

Factors		NM		TN		OC		C:N	
		0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day	0 day	90 day
Organic Fertilizer source									
Org		22.13a	48.06a	0.86	0.61c	14.11b	8.63c	16.77b	13.89b
CK		7.41b	35.36c	0.83	0.67b	20.45a	14.83a	24.82a	22.20a
CM		4.20c	40.45b	0.84	0.71a	20.52a	13.79b	24.87a	19.92a
Fertilizer rate									
150 mg N kg^{-1}		8.75b	22.47b	0.70b	0.55b	16.96b	11.16b	24.14	20.26
300 mg N kg^{-1}		13.75a	60.11a	0.99a	0.78a	19.75a	13.46a	20.16	17.08
Org	150	17.94b	32.01c	0.71d	0.51	13.39c	7.97d	18.85	15.63
	300	26.31a	64.10a	1.01a	0.71	14.83c	8.63d	14.63	12.17
CK	150	5.14d	16.73d	0.70d	0.55	18.24b	12.40c	26.06	22.55
	300	9.69c	53.99b	0.96c	0.79	22.65a	17.27a	23.59	21.86
CM	150	3.16e	18.66d	0.70d	0.58	19.26b	13.12bc	27.51	22.96
	300	5.24d	62.25a	0.98b	0.84	21.78a	14.47b	22.22	17.22
F-test									
Fertilizers		**	**	ns	**	**	**	*	**
Rate		**	**	**	**	**	**	ns	ns
Fertilizers x Rate		**	**	*	ns	*	**	ns	ns
CV (%)		3.50	4.51	1.62	1.38	5.14	3.92	6.62	7.56

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \leq 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.

^{ns} not signification, * signification at $p \leq 0.05$ and ** signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.



รูปที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคมี NM ใกล้เคียงกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ซึ่งแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลง NM ในชุดดินโชคชัยและดินน้ำพองที่ปริมาณ NM ในปุ๋ยมูลไก่จะสูงกว่าปุ๋ยมูลโค อาจเป็นเพราะปุ๋ยมูลไก่มี water soluble N สูงกว่าปุ๋ยมูลโคจึงทำให้สูญเสียไปจากดินได้ง่ายกว่าทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ HN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคเพิ่มขึ้นมากกว่า HN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (รูปที่ 4.18) จะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของ NM ทั้ง 2 อัตรา เมื่อเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.20) การเกิดการ N mineralization ในช่วงแรกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปของ water soluble N และ HN ไปเป็น NH_4^+ ทำให้พบ NM สูง โดยเฉพาะในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีไนโตรเจนอยู่ในส่วนที่เป็น water soluble Nitrogen สูงจึงสลายตัวได้ง่าย นอกจากนี้การลดลงของ NM ในช่วง 20 วันของการบ่มดินอาจได้รับอิทธิพลจากการลดลงของ HN และค่า pH ของดินตาคลีที่มีความเป็นด่าง Hernandez *et al.* (2002) ศึกษาอัตราการ mineralization ของไนโตรเจนในดินเนื้อปูนโดยบ่มดินร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียเป็นเวลา 20 สัปดาห์ พบว่าอัตราการ mineralization ลดลงอย่ารวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการบ่ม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดทดลอง ซึ่ง N mineralization ที่ลดลงเกิดจากกระบวนการ volatilization และ denitrification การสูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซ

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย NM สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย NM เท่ากับ 13.75 และ 8.75 mg N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย NM เท่ากับ 60.11 และ 22.47 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) การเปลี่ยนแปลง Total Nitrogen

การเปลี่ยนแปลงของ TN ในดินตาคลี แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.86, 0.84 และ 0.83 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.71, 0.67 และ 0.61 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) ในขณะเดียวกันมี TN เมื่อสิ้นสุดการทดลองต่ำกว่าทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีการสูญหายไประหว่างการเกิดกระบวนการ N mineralization มากกว่าทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อีก 2 ชนิด เนื่องจากมูลไก่มีไนโตรเจนบางส่วนอยู่ในรูปกรดยูริก สามารถเกิดไฮโดรไลซิสเปลี่ยนเป็น NH_4^+ ได้ง่าย (ยงยุทธ โอสถสภา และคณะ, 2556) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนระหว่างการหมักปุ๋ยมูลไก่ ของ Tiquia and Tam (2000) พบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในรูปต่าง ๆ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในช่วง 35 วัน ของการหมัก โดย NH_4^+ มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และจากการวิเคราะห์พบปริมาณ NO_2^- และ NO_3^- เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย พบว่า pH อัตราส่วน C:N มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของมูลไก่ในรูปต่าง ๆ

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย TN สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.99 และ 0.70 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย TN เท่ากับ 0.78 และ 0.55 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ย ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน และไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ ในวันที่ 90 ของการบ่มดิน (ตารางที่ 4.20)

7) การเปลี่ยนแปลง Organic Carbon

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 20.52, 20.45 และ 14.11 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย OC ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OC ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 14.83, 13.79 และ 8.63 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19)

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ 2 อัตรา การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย OC สูงกว่าในอัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 90 ของการบ่มดิน ในวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 19.75 และ 16.96 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 13.46 และ 11.16 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเปลี่ยนแปลง OC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.19)

8) การเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 24.87:1, 24.82:1 และ 16.77:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย C:N ratio ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ย C:N ratio ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย C:N ratio สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ย C:N ratio เท่ากับ 22.20:1, 19.92:1 และ 13.89:1 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.20) ค่าเฉลี่ย C:N ratio ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.20) อย่างไรก็ตามไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ย และชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HN NH_4^+ NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1) จากการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดินพบว่าปริมาณ HN มีความสัมพันธ์กับ NH_4^+ และ NO_3^- ในระยะแรกของการทดลองพบ HN ในปริมาณสูง จากนั้นเมื่อ HN ลดปริมาณลง ทำให้พบ NH_4^+ และ NO_3^- แสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยา nitrification เกิดขึ้น และความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ขึ้นอยู่กับปริมาณ HN ที่พบในดิน

2) สมบัติของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง HN และ available N ซึ่งสมบัติดังกล่าวได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ เป็นต้น ชุดดินโชคชัย ดินสตึก ดินปากช่อง และดินน้ำพอง สามารถเกิด N mineralization ได้สูงกว่าดินตาคลีและดินลพบุรี ซึ่งมี pH เป็นด่างและเนื้อดินเป็นดินเหนียว และจะเห็นได้ว่าดินที่มีความสามารถระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีและมีสมบัติเป็นกรด (ดินสตึก ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินน้ำพอง) มีแนวโน้มเกิด N mineralization ได้ดีกว่าดินเหนียวที่มีสมบัติเป็นด่าง (ดินลพบุรี และดินตาคลี) ปริมาณ OM ก่อนการทดลองเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด mineralization โดยจะเห็นได้ว่าดินน้ำพองมีปริมาณ OM ต่ำสุด จึงทำให้เกิด mineralization ได้ต่ำที่สุด

3) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 kg N rai^{-1} พบค่าเฉลี่ย HN สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อาจเนื่องจากการวิเคราะห์ไนโตรเจน ในรูป HN สามารถวิเคราะห์ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีไนโตรเจน (ยูเรีย) ทำให้ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ HN ที่สูงกว่าในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในขณะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินที่เกิด N mineralization ได้สูง และไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินสตึก ทำให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้

4) ผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่าง OM และ TN ต่อผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การวิเคราะห์ HN โดยวิธี ISNT สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ไม่แตกต่างจากการใช้ NH_4^+ และ NO_3^- ในขณะที่การวิเคราะห์ OM และ TN ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพด จึงไม่ใช่ดัชนีที่ดีในการวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1) ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ขึ้นอยู่กับสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ได้แก่ C:N ratio ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่าย จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเกิด NM ได้ดีกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ นอกจากนี้ไนโตรเจนในปุ๋ยมูลไก่อยู่ในรูปกรดยูริกจึงเกิด N mineralization ได้รวดเร็วกว่าปุ๋ยมูลโค

2) สมบัติของดินที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการเกิด N mineralization ของปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ค่า pH และเนื้อดิน ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวและดินร่วนปนดินเหนียว (ดินโชคชัย และดินตาคลี) สามารถเกิด N mineralization ได้ดีกว่าดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (ดินน้ำพอง) ในดินที่มีค่า pH เป็นด่าง (ดินลพบุรีและดินตาคลี) มีโอกาสทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูป NH_3 ได้ด้วยกระบวนการ ammonia volatilization

3) การเปลี่ยนแปลงของ HN และ available N ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินและสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับดินแต่ละชนิด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการแนะนำปุ๋ยอินทรีย์แก่เกษตรกรสำหรับชุดดินโชคชัย ชุดดินน้ำพอง และชุดดินตาคลี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่ายกว่าอย่างเช่นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดหรือปุ๋ยมูลไก่จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนได้เร็วกว่าการใส่ปุ๋ยมูลโค แต่การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่มีอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายสูงในดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างเช่นชุดดินลพบุรีและตาคลี อาจทำให้สูญเสียไนโตรเจนไปจากดินได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548ก. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.** กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____. 2548ข. **ปุ๋ยอินทรีย์ การผลิตและการใช้ มาตรฐานและคุณภาพ.** เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 17/2548. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 2-5.

_____. 2553. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.** เอกสารวิชาการลำดับที่ 001/2553. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2557. **ข้าวโพด (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน) คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร.** แหล่งที่มา : http://ag-ebook.lib.ku.ac.th/index.php/component/content/article. 2557.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, หน้า 19-28. *ใน* **การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ดวงใจ วัยเจริญ. 2557. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองการปลูกพืชเพื่อประเมินกำลังผลิตของดินในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.** สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนพัฒน์ ปลื้มพวก, อรุณศิริ กำลัง, จันทร์จรัส วีรสาร และปิยมาภรณ์ เจริญสุข. 2552. ผลของการใส่มูลสัตว์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้า, หน้า 574-582. *ใน* **การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ธีระพงษ์ พรมสวัสดิ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, หน้า 43-53. *ใน* **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกาศิต อินทรสำอาง, พรเพ็ญ โพธิ์ทอง, ชวลิต ฮงประยูร, ธงชัย มาลา และพิทยากร ลิ่มทอง. 2552. การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ขี้เลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ. **วารสารดินและปุ๋ย.** 31 (3),189-200.

ปัทมา วิตยากร. 2547. **ความอุดมสมบูรณ์ของดินขั้นสูง.** ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ

_____. 2548. **ชุดคู่มือการเกษตรลำดับที่ 1 ปุ๋ยอินทรีย์.** พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณี โรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2556. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิทยา ตรีโลเกศ. 2545. **เอกสารประกอบการสอน 112 201 วิชาปฐพีศาสตร์ เบื้องต้น ฟิสิกส์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. 2558. **การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3.** แหล่งที่มา : http://www.doa.go.th/fcrc/nsn/pns3seedprod.html. 2558.

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2548. **เอกสารคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับข้าวโพด.** สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. **สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้มปี 2557.** แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/download/journal/trends_FEB2557.pdf. 2558.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. 2551. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัจฉรา เพ็งหนู. 2549. จุลชีววิทยาของอินทรีย์สารและอินทรียวัตถุในดิน. **เอกสารคำสอนวิชาจุลชีววิทยาของดิน.** ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. หน้า 12-14.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. **คู่มือปฏิบัติการสำรวจดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Aparna, C., P. Saritha, V. Himabindu, and Y. Anjaneyulu. 2008. Techniques for the evaluation of maturity for composts of industrially contaminated lake sediments. **Waste Mangement.** 28(10) : 1173-1784

Arnon, I. 1975. **Mineral nutrition of maize.** International Potash Institute. P.O. Box, CH-3048. Bern-Worblaufen/Switzerland. 452 p.

Barker, D.W., J.E. Sawyer, M.M. Al-Kaisi and J.P. Lundvall. 2006. Assessment of the amino sugar nitrogen test on Iowa soils: II. Field correlation and calibration. **Soil Science Society of America Journal.** 98:1352–1358.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Science.** 59: 39-45.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bremner, J.M. 1996. Total Nitrogen. p.1085–1122. *In* **D.L. Sparks. (ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Analysis.** Soil Science Society of America Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.

Bustamante, M.A., C. Pared, F.C. Marchuenda-Egea, A. Perez-Espinosa, M.P. Bernal and R. Moral. 2008. Co-composting of distillery wastes with animal manures : Carbon and Nitrogen transformations in the evaluation of compost stability. **Chemosphere Journal.** 72:551-557.

Cabrera, M.L., D.E. Kissel, and M.F. Vigil. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues. **Environment Quality.** 34:75-79.

Chae, Y.M. and M.A. Tabatabai. 1986. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Environment Quality.** 15:193-198.

Chaoui, H., L.M. Zibilske and T. Ohno. 2003. Effect of earthworm cast and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. **Soil Biology and Biochemistry Journal.** 35: 95-302.

Craswell, E.T., P.G. Saffigna and S.A. Warning. 1970. The mineralization of organic nitrogen in dry soil aggregates of different size. **Plant and Soil.** 33: 382-392.

Dick, R.P., P.E. Rasmussen and E.R. Kerle. 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to chemical properties of wheat fallow system. **Biology and Fertility of Soils.** 8: 159-164.

Fox, R.H. and W.P. Piekielek. 1978. Field testing of several nitrogen availability indexes. **Soil Science Society of America Journal.** 42.5: 747-750.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle Size analysis. *In* **J.H. Dane and G.C. Topp. (ed.). Methods of Soil Analysis Part 4. Physical Methods.** Soil Science Society of America Journal. Madison WI.

Gosling, P. and M. Shepherd. 2005. Long-term changes in soil fertility in organic arable farming system in England, with particular reference to phosphorus and potassium. **Agriculture, Ecosystems and Environment Journal.** 105: 425-432.

Griffith, B., 2006. **Phosphorus. Efficient Fertilizer Use Manual.** [Online]. Available : http://www.back-to-basics.net/efu/pdfs/Phosporus.pdf. 2016.

Gugino, B.K., O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, H.M. van Es, D.W. Wolfe, B.N. Moebius-Clune, J.E. Thies and G.S. Abawi. 2009. **Cornell Soil Health Assessment Training Manual.** College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, New York.

Hamarashid, N.H., M.A. Othman and M.H. Hussain. 2010. Effects of soil texture on chemical composition, Microbial populations and carbon mineralization in soil. **The Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany).** 6(1): 59 – 64 (2010).

Hartz, T.K., J.P. Mitchell and C. Giannini. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. **Hort Science.** 35(2): 209-212.

Hernandez. L., R. Pouyat, P. Groffman and I.Yesilonis. 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. **Environmental Pollution.** 116, S107-S118.

Jackson, W.A. 1965. **Soil Chemical Analysis.** Prentrice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jeffrey, T.O., G.L. Bundy and T.W. Andraski. 2006. Evaluation of the illinois soil nitrogen test for predicting corn nitrogen needs. **Soil Science Society of America Journal.** 72:143-150.

Kara, E.E., V. Uygur and A. Erel. 2006. The effects of composted poultry wastes on nitrogen mineralization and biological activity in a silt loam soil. **Applied Sciences Journal.** 6(11): 2476-2480.

Khan, S.A., R.L. Mulvaney and C.S. Mulvaney. 1997. Accelerated diffusion methods for inorganic-nitrogen analysis of soil extracts and water. **Soil Science Society of America Journal.** 61:936–942.

_____, S.A., R.L. Mulvaney and R.G. Hoeft. 2001. A simple soil test for detecting sites that are nonresponsive to nitrogen fertilization. **Soil Science Society of America Journal.** 65:1751-1760.

Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. p. 225-245. *In* **A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney. (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.** Agronomy No. 9. American Society of Agronomy. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Laboski, C.A.M., J.E. Sawyer, D.T. Walters, L.G. Bundy, R.G. Hoeft, G.W. Randall and T.W. Andraski. 2008. Evaluation of the illinois soil nitrogen test in the North Central region of the United States. **Agronomy Journal.** 100:1070–1076.

Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen-Inorganic forms. p. 1123–1184. *In* **D.L. Sparks *et al.* (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Analysis.** Soil Science Society of America Book Series 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.

_____, R.L. and S.A. Khan. 2001. Diffusion methods to determine different forms of nitrogen in soil hydrolysates. **Soil Science Society of America Journal.** 65:1284–1292.

_____, R.L., S.A. Khan, R.G. Hoeft and H.M. Brown. 2001. A soil organic nitrogen fraction that reduces the need for nitrogen fertilization. **Soil Science Society of America Journal.** 65:1164–1172.

Osterhaus, J.T., L.G. Bundy and T.W. Andraski. 2008. Evaluation of the illinois soil nitrogen test in Wisconsin cropping systems. **Soil Science Society of America Journal.** 72:143–150.

Peech, M., L.T. Alexander, L.A. Dean and J.F. Reed. 1947. **Methods of Soil Analysis for Soil Fertility Investigations.** USDA circ. 757, Washington, D.C. 25 p.

Praveen K., K.P. Tripathi and R.K. Aggarwal. 2002. Influence of crops, crop residues and manure on amino acid and amino sugar fractions of organic nitrogen in soil. **Biology and Fertility of Soils.** 35:210–213.

Richards, L. A. 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil.** USDA Agriculture. Handbook 60. Washington, D. C.

Robert, M. and T.K. Hartz. 2008. Nitrogen sources for organic crop production. **Journal Better crops.** 92:16-19.

Roberts, T.L., R.J. Norman, N.A. Slaton, C.E. Wilson, Jr., W.J. Ross, and J.T. Bushong. 2009. Direct steam distillation as an alternative to the illinois soil nitrogen test. **Soil Science Society of America Journal.** 73:1268–1275.

_____, T.L., W.J. Ross, R.J. Norman, N.A. Slaton and C.E. Wilson. 2011. Predicting nitrogen fertilizer needs for rice in Arkansas using alkaline hydrolysable nitrogen. **Soil Science Society of America Journal.** 75:1161–1171.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Seligman, N.G. and H.V. Keulen. 1981. A stimulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. *In* **M.J. Frissel and J.A.Veen. (ed.). Stimulation of Nitrogen Behavior of Soil Plants Systems.** PUDOC, Wageningen, the Netherlands.192- 221.

Sharifi, M., B.J. Zebarth, D.L. Burton, C.A. Grant and J.M. Cooper. 2007. Evaluation of some indices of potentially mineralizable nitrogen in soils. **Soil Science Society of America Journal.** 71:1233–1239.

Sikora, L.J. and R.A.K. Szmidt. 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, nitrogen nutrition benefits to plant from composts, pp. 287-305. *In* **P.J. Stoffella and B.A. Kahn. (ed.). Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.** Lewis Publishers, New York, USA.

Spargo, J.T., M.M. Alley, W.E. Thomason and S.M. Nagle. 2009. Illinois soil nitrogen test for prediction of fertilizer nitrogen needs of corn in Virginia. **Soil Science Society of America Journal.** 73:434–442.

Stanford, G. 1982. Assessment of soil nitrogen availability. p. 651–688. *In* **F.J. Stevenson *et al.* (ed.). Nitrogen in Agricultural Soil.** Agronomy Monograph. 22. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI.

Stevenson, F.J. 1996. Nitrogen-organic forms. p. 1185–1200. *In* **D.L. Sparks *et al.* (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Analysis.** Soil Science Society of America Book Ser. 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.

_____, F.J. and M.A. Cole. 1999. **Cycles of Soils: Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, and Micronutrients. 2nd (ed.).** John Wiley & Sons, NY.

Stewart, B.A., L.K. Porter and W.E. Beard. 1964. Determination of total nitrogen and carbon in soils by commercial Dumas apparatus. **Soil Science Society of America Journal.** 28: 366-368.

Tiquia, S.M. and N.F.Y. Tam. 2000. Fate of nitrogen during composition of chicken litter. **Environment Pollution.** 110:535-541

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil Science.** 37:29-37.

Wander, P.R., C.R. Altafini and R.M. Barreto, 2004. Assessment of a small sawdust gasification unit. **Biomass Bioenergy.** 27: 467-476.

Wang, Z. and S. Li. 2004. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization on plant growth and nitrate accumulation in vegetables. **Journal Plant Nutrition.** 27(3): 539-556.

Wilke and Berndt-Michael. 2005. **Determination of Chemical and Physical Soil Properties in Manual of Soil Analysis.** Eds. Margensin, R. & F. Schinner, Springer, Germany.

Williams, J.D., C.R. Crozier, J.G. White, R.P. Sripada and D.A. Crouse. 2007. Comparison of soil nitrogen tests for corn fertilizer recommendations in the humid Southeastern USA. **Soil Science Society of America Journal.** 71:171–180.

Wong, J.W.C., K.K. Ma, K.M. Fang and C. Cheung. 1999. Utilization of a manure compost for organic farming in Hong Kong. **Bioresource Technology.** 67: 43-46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ดิน

1. วิธีวิเคราะห์ดิน

1.1) วิธีวัดค่า pH ของดิน วัด pH โดยใช้อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1

1) ชั่งตัวอย่างดินตามน้ำหนักดินแห้ง 20 g ใส่กระบอกพลาสติก
2) เติมน้ำกลั่น 20 ml ใส่กระบอกพลาสติก
3) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที ทิ้งให้ตกตะกอน
4) วัดด้วย pH meter

1.2) วิธีวิเคราะห์ปริมาณ OM ในดินโดยวิธี Walkley–Black method

<u>เตรียมสารเคมี</u>

1) Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) 1 *N* ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (อบที่อุณหภูมิ 105 ^{o}C 24 ชั่วโมง) 49.04 g ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 l ด้วยน้ำกลั่น

2) conc. Sulfuric acid (H_2SO_4)

3) Ferrous ammonium sulfate (FAS) 0.5 *N* : ละลาย $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ 196.1 g ในน้ำ 200 ml เติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 ml ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

4) O-phenanthroline-ferrous complex Indicator 0.025 *M* : ละลาย O-phenanthroline monohydrate 1.485 g และ Ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4.7H_2O$) 0.70 g ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 ml

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 mm (32 mesh) 0.2xxx-2.xxxx g ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml

2) เติมสารละลาย 1*N* $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 5 ml แกว่ง flask เบา ๆ เพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน

3) เติม H_2SO_4 เข้มข้นจำนวน 10 ml แกว่ง flask อย่างรวดเร็วประมาณ 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที (ถ้าพบว่าสารละลายของดินตัวอย่างใดเป็นสีเขียวก่อนที่จะไทเทรต ให้ทำการวิเคราะห์ใหม่ โดยชั่งน้ำหนักดินให้น้อยกว่าเดิม)

4) เติมน้ำกลั่นลงไป 15 ml แกว่ง flask ทิ้งไว้ให้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) เติม O-phenanthroline-ferrous complex Indicator 3-4 หยด สีของสารละลายดิน จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองปนเขียว

6) ไทเทรตสารละลายดินด้วยสารละลาย 0.5N FAS จนกระทั่งถึง end point คือสีของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

7) ทำ blank ซึ่งไม่มีตัวอย่างดินควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

<u>การคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุในดิน</u>

$$\%\text{Organic Carbon} = \frac{((\text{Blank}-\text{Sample})\times[H_2SO_4]\times 0.003\times 100\times 1.33))}{\text{Weight of Dry soil (g)}} \quad (1)$$

% Organic Matter = 1.724 × % Organic Carbon

เมื่อ 0.003 คือ milliequvalent weight ของ C ที่ถูก oxidized

1.33 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยคิดค่าเฉลี่ย % recovery ของ cabon ในดินเท่ากับ 75%

1.3) วิธีวิเคราะห์ปริมาณ OM ในดินโดยวิธี Loss on Ignition

1) นำ crucible ไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2) นำออกจากเตาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก (crucible wt.) ชั่งตัวอย่างดิน 5.00xx g ใส่ลงใน crucible

3) นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 ˚C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก (wt.105)

4) จากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 ˚C นาน 4 ชั่วโมงนำออกจากเตารอให้เย็นที่อุณหภูมิห้องใน desiccators แล้วชั่งน้ำหนัก (wt.400) นำค่าน้ำหนักที่ได้มาหาค่า %OC โดยสมการ

$$\%\text{Organic Carbon} = \frac{(\text{wt.105}-\text{wt.400})}{(\text{wt.105}-\text{crucible wt.})}\times 100 \quad (2)$$

%Organic Matter = 1.724 × % Organic Carbon

1.4) วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี ISNT

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

1) เตรียม 2 M NaOH ชั่ง 80 g NaOH ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml

2) เตรียม 2% Boric acid ชั่ง bromocresol green 0.033 g และ methyl red 0.0165 g ละลายใน Alcohol 95% ให้มีปริมาตร 50 ml เพื่อเตรียม Mixed indicator จากนั้นชั่ง H_3BO_3 20 g ละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยน้ำกลั่นบน hot pate จนละลายทั้งหมด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องนำ H_3BO_3 ผสมกับ Mixed indicator 20 ml ปรับปริมาตรจนเกือบถึง 1000 ml เติม 0.1 *N* NaOH ทีละน้อย จนได้สารละลายสีม่วงแดง ปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml ด้วยน้ำกลั่น

3) เตรียม 0.001 *N* H_2SO_4 จาก conc.H_2SO_4

วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Nitrogen

1) ชั่งดินชื้นที่ความจุความชื้นสนามให้มีน้ำหนักเท่ากับดินแห้ง 1 g เติม 2 *M* NaOH 10 ml ใส่ลงในขวด Mason's Jar

2) ใส่ boric acid 5 ml ลงใน petri dish แล้ววาง petri dish ลงในขวด Mason's Jar ตั้งบน hot plate ในถาดใส่น้ำ อุณหภูมิ 50 ˚C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง

3) จากนั้นนำ petri dish ออกจากขวด Mason's Jar เติมน้ำกลัน 10 ml เทลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 ml นำไปไทเตรทกับ 0.001x *N* H_2SO_4 สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นชมพูอ่อนไม่จางหาย นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณ HN (mg N kg^{-1})

1.5) วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมและไนเตรท ด้วยวิธี Steam Distillation

สารเคมีสำหรับการสกัด exchangeable ammonium และ nitrate

- 2*M* Potassium chloride (KCl)

สารเคมีสำหรับการกลั่น

1) Magnesium oxide (MgO) : เผา heavy MgO ใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 600-700 ˚C เป็นเวลา2 ชั่วโมงใน dessicator เก็บ MgO ที่ได้ในขวดที่ปิดสนิท

2) Boric acid 2%

- Mixed indicator ชั่ง bromocresol green 0.033 g และ methyl red 0.0165 g ละลายใน Alcohol 95% ปรับปริมาตรเป็น 50 ml

- ชั่ง H_3BO_3 20 g ละลายด้วยน้ำกลั่นบน hot pate จนละลายทั้งหมด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- นำ H_3BO_3 ผสมกับ Mixed indicator 20 ml ปรับปริมาตรจนเกือบถึง 1000 ml เติม 0.1 *N* NaOH ทีละน้อย จนได้สารละลายสีม่วงแดง ปรับปริมาตรเป็น 1000 ml

3) Devarda alloy ร่อนผ่านตระแกรงขนาด 300 mesh เก็บไว้ในขวดที่ปิดแน่น

วิธีสกัดดิน

1) ชั่งดินชื้นให้มีน้ำหนักเท่ากับดินแห้ง 6 g ใส่ลงในกระป๋องใส่ดิน โดยคำนวณน้ำหนักดินชื้นที่ต้องชั่งจากค่าความจุความชื้นสนามของดินแต่ละชุดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เติม 2*M* KCl 60 ml ปิดฝากระป๋องให้แน่น นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จนได้สารละลายใสจึงนำสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- หากยังไม่วิเคราะห์สารละลายทันทีให้เก็บสารละลายไว้ในตู้เย็น

<u>การกลั่นหาปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-)</u>

1) กลั่นแอมโมเนียม (NH_4^+)

- ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask
- ปิเปตสารละลายที่สกัดไว้ปริมาตร 20 ml ลงในหลอด Distillation tube เติม MgO ลงไป 0.2 g จากนั้นนำไปต่อกับเครื่องกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปใน Erlenmeyer flask ที่มี Boric acid
- กดปุ่มเริ่มการกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

2) กลั่นไนเตรท (NO_3^-)

- ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask
- หลังจากการกลั่น NH_4^+ ในข้อ (1) เติม Devarda alloy ลงไปในหลอด Distillation tube 0.2 g จากนั้นนำไปต่อกับเครื่องกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปใน Erlenmeyer flask ที่มี Boric acid จากนั้นกดปุ่มเริ่มการกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

1.6) วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียม (NH_4^+) และไนเตรท (NO_3^-) ด้วยวิธี colorimetrically

<u>สารเคมีสำหรับสกัดการสกัด exchangeable ammonium และ nitrate</u>

- 2*M* Potassium chloride (KCl)

<u>วิธีสกัดดิน</u>

1) ชั่งดินชื้นให้มีน้ำหนักเท่ากับดินแห้ง 6 g ใส่ลงในกระป๋องใส่ดิน โดยคำนวณน้ำหนักดินชื้นที่ต้องชั่งจากค่าความจุความชื้นสนามของดินแต่ละชุดดิน

2) เติม 2*M* KCl 60 ml ปิดฝากระป๋องให้แน่น นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 1 ชั่วโมง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 จนได้สารละลายใสจึงนำสารละลายไปวิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- หากยังไม่วิเคราะห์สารละลายทันทีให้เก็บสารละลายไว้ในตู้เย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+)

การเตรียมสารเคมี

1) Standard ammonium solution 2.5 mg N/l

2) Sodium salicylic solution : ชั่ง salicylic acid 8.5 g ผสมกับ Sodium nitroprusside 0.06 g และ Sodium hydroxide 2.7 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml

3) Sodium hypochlorite เข้มข้น 2% ไปเปต Sodium hypochlorite ปริมาตร 2 ml ปรับปริมาตร 100 ml

วิธีการวิเคราะห์แอมโมเนียม

1) นำ aliquot จากสารละลายดินที่สกัดและผ่านการกรองแล้ว 1-15 ml (ขึ้นอยู่กับตัวอย่าง) มาใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml

2) เติม Sodium salicylic 5 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

3) เติม Sodium hypochlorite 3 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

4) ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากันตั้งสารละลายทิ้งไว้ 30 นาที

5) นำไปวัดค่า % transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 nm แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของ NH_4^+ ในสารละลายจาก standard curve

การเตรียม standard curve ของแอมโมเนียม

1) เตรียม Standard ammonium 2.5 mg N/l โดยใช้ Standard ammoniumsulfate 250 mg N/l มาทำให้เจือจาง 100 เท่า

2) ไปเปต Standard ammonium 2.5 mg N/l จำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml

3) เติม Sodium salicylic 5 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

4) เติม Sodium hypochlorite 3 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

5) ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากันตั้งสารละลายทิ้งไว้ 30 นาที (สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของ NH_4^+ เท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mg N/l) สารละลายที่ได้จะมีสีเขียว

6) Plot graph ระหว่างค่าของ % transmittance ที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 650 nm กับความเข้มข้นของ NH_4^+ โดยใช้กระดาษกราฟแบบ semi-logarithmic หรือโปรแกรมสร้างกราฟใน Microsoft office Excel คำนวณหาความเข้มข้นของแอมโมเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรท (NO_3^-)

การเตรียมสารเคมี

1) Standard nitrate solution 5 mg N/l

2) 50% citric acid : เตรียมโดยชั่ง citric acid 50 g ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 ml

3) ผงทำสี นำสารเคมีมาบดให้ละเอียดแล้วผสมเข้าด้วยกัน

ประกอบด้วย

Sulfanilic acid	4	g
$MgSO_4$	10	g
Zn-powder	0.5	g
EDTA	1	g
N-(1-napthyl) ethylenediaminedihydrochloride	0.125	g

วิธีการวิเคราะห์ไนเตรท

1) นำ aliquot จากสารละลายดินที่สกัดและผ่านการกรองแล้ว 1-20 ml (ขึ้นอยู่กับตัวอย่าง) มาใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml

2) เติม 50% Citric acid 1 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

3) เติมผงทำสี 1 ช้อนเล็ก (น้ำหนักประมาณ 0.15 g) เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

4) ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากันตั้งสารละลายทิ้งไว้ 30 นาที

5) นำไปวัดค่า %transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของ NO_3^- ในสารละลายจาก standard curve

การเตรียม standard curve ของไนเตรท

1) เตรียม Standard nitrate 5 mg N/l โดยใช้ Standard potassium nitrate 250 mg N/l มาทำให้เจือจาง 50 เท่า

2) ไปเปต Standard nitrate 5 mg N/l จำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 25 ml

3) เติม 50% citric acid 1 ml แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากัน

4) เติมผงทำสี 1 ช้อนเล็ก (น้ำหนักประมาณ 0.15 g) เขย่าให้สารละลายเข้ากัน

5) ปรับปริมาตรให้เป็น 25 ml ด้วยน้ำกลั่น แล้วเขย่าให้สารละลายเข้ากันตั้งสารละลายทิ้งไว้ 30 นาที (สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของ NH_4^+ เท่ากับ 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 mg N/l) สารละลายที่ได้จะมีสีชมพู

6) Plot graph ระหว่างค่าของ % transmittance ที่อ่านได้จากเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 nm กับความเข้มข้นของ NO_3^- โดยใช้กระดาษกราฟแบบ semi-logarithmic หรือโปรแกรมสร้างกราฟใน Microsoft office Excel คำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7) วิธีวิเคราะห์ %Total N ในดิน

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

1) Catalyst mixture : ชั่ง K_2SO_4 200 g $CuSO_4.5H_2O$ 20 g และ Se powder 2 g 100:10:1 ผสมกันและบดให้ละเอียด

2) Boric acid 2%

- Mixed indicator ชั่ง bromocresol green 0.033 g และ methyl red 0.0165 g ละลายใน Alcohol 95% ปรับปริมาตรเป็น 50 ml

- ชั่ง H_3BO_3 20 g ละลายด้วยน้ำกลั่นบน hot pate จนละลายทั้งหมด ตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

- นำ H_3BO_3 ผสมกับ Mixed indicator 20 ml ปรับปริมาตรจนเกือบถึง 1,000 ml เติม 0.1 *N* NaOH ทีละน้อย จนได้สารละลายสีม่วงแดง ปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml

3) 40% NaOH : ชั่ง NaOH 400 g ละลายในน้ำกลั่นในภาชนะพลาสติก ทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml

<u>การย่อย (Digestion)</u>

1) ชั่งตัวอย่างดิน 0.25xx g ลงใน Digest tube

2) ชั่ง Catalyst mixture 0.5 g ใส่ Digest tube

3) เติม H_2SO_4 ปริมาตร 4 ml ลงใน Digest tube

4) Digest ถึงอุณหภูมิ 350 ˚C จนตัวอย่างเป็นสีฟ้าเขียว

<u>การกลั่น (Steam Distillation)</u>

1) ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask

2) นำ Erlenmeyer flask วางบนที่รองรับ ammonium hydroxide ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปในสาร

3) นำ Digest tube มาใส่ในชุดกลั่น เติม 40% NaOH ลงไป 10 ml

4) กดปุ่มเริ่มการกลั่น

5) นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

<u>การไทเตรท</u>

1) นำสารละลายใน Erlenmeyer flask ที่กลั่นได้ไทเตรทด้วย 0.05xx *N* H_2SO_4 (หาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไทเตรท)

2) นำข้อมูลที่ได้มาหา %Total N โดยสมการ

$$\%N = \frac{(V\text{loumetriction} - \text{blank}) \times \text{Normality of } H_2SO_4 \times \text{atomic weight } N_2 \times 100}{\text{soil wt.} \times 1000} \qquad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) เกณฑ์มาตรฐานความสูง-ต่ำ ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดิน

ตารางผนวกที่ 1 แสดงเกณฑ์มาตรฐานความสูง-ต่ำ ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดิน

ลักษณะทางเคมีของดิน	เกณฑ์มาตรฐาน						
	ต่ำมาก	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	ปานกลาง	ค่อนข้างสูง	สูง	สูงมาก
อินทรียวัตถุ (g kg^{-1})	<5.0	0-10	10-15	15-25	25-35	25-45	>45
ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol kg^{-1})	<3.0	3.0-5.0	5-10	10-15	15-20	25-30	>30
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(mg kg^{-1})	<3.0	3-6	6-10	10-15	15-25	25-45	>45
ปริมาณโพแทสเซียมในดิน(mg kg^{-1})	<30	30-60	-	60-90	-	91-120	>120
ปริมาณแคลเซียมในดิน(mg kg^{-1})	<400	400-1000	-	1000-2000	-	2000-4000	>4000
ปริมาณแมกนีเซียมในดิน (mg kg^{-1})	<36	36-120	-	120-360	-	360-960	>960
ปริมาณเหล็กในดิน (mg kg^{-1})	0-5	5-10	-	11-16	-	17-25	>25
ปริมาณสังกะสีในดิน (mg kg^{-1})	<0.5	0.5-1	-	1-3	-	3-6	>6
ปริมาณแมงกานีสในดิน (mg kg^{-1})	<0.3	0.3-0.8	-	0.9-1.2	-	1.3-2.5	>2.5
ปริมาณทองแดงในดิน (mg kg^{-1})	0-4	5-8	-	9-12	-	13-30	>30

ที่มา : เอิบ เขียวรื่นรมย์ (2541)

ตารางผนวกที่ 2 ระดับความรุนของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil reaction), pH (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ	พิสัย
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรง (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดจัดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly alkaline)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา : คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์พืช

1.) วิธีการวิเคราะห์พืช

1.1) วิธีเคราะห์ Total N ในพืช

การย่อยสลายตัวอย่างพืช

1) ชั่งตัวอย่างพืชประมาณ 0.25XX g

2) เติม H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 4 ml

3) เติม salt mixture ประมาณ 0.25 g หรือประมาณ 1 ช้อนตักสาร

4) นำตัวอย่างไปย่อยในเตาย่อยโดยเริ่มที่อุณหภูมิต่ำ จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 378 °C เมื่อสารละลายมีสีเขียวใสให้ย่อยตัวอย่างต่อไปอีก 1 ชั่วโมง แล้วยกตั้งให้เย็น

4) เติมน้ำกลั่นโดยใช้กระบอกน้ำกลั่นฉีดล้างด้านในหลอดในปริมาณเล็กน้อย

5) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปกลั่นหา NH_4^+

การกลั่น (Steam Distillation)

1) ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask

2) นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ammonium hydroxide ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปในสาร

3) นำ Digest tube มาใส่ในชุดกลั่น เติม 40% NaOH ลงไป 10 ml

4) กดปุ่มเริ่มการกลั่น

5) นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

การไทเตรท

1) นำ Erlenmeyer flask ที่กลั่นได้ไทเตรทด้วย 0.05xx N H_2SO_4 (หาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไตเตรท)

2) นำข้อมูลที่ได้มาหา %Total N โดยสมการ

$$\%TN = \frac{(\text{Vloumetriction} - \text{blank}) \times \text{Normality of } H_2SO_4 \times \text{atomic weight } N_2}{\text{sample wt.} \times 1000} \quad (4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์

1) วิธีวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์

1.1) วิธีวิเคราะห์ ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ

1) ชั่งปุ๋ยอินทรีย์ 20 g ละลายในน้ำกลั่นจนมีสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ

2) สกัดแยกน้ำออกจากปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเก็บ saturation extract เพื่อนำไปวัดค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของ saturation extract ที่สกัดได้

1.2) วิธีเคราะห์ Total N ในปุ๋ยอินทรีย์

<u>การย่อยสลายตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์</u>

1) ชั่งตัวอย่างประมาณ 0.25XX g และเติม H_2SO_4 เข้มข้น 4 ml

2) เติม salt mixture ประมาณ 0.25 g

3) นำตัวอย่างไปย่อยในเตาย่อยที่อุณหภูมิต่ำๆ จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 378 °C เมื่อสารละลายมีสี เขียวใสให้ย่อยตัวอย่างต่อไปอีก 1 ชั่วโมง แล้วยกออกตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4) เติมน้ำกลั่นโดยใช้กระบอกน้ำกลั่นฉีดล้างด้านในหลอดในปริมาณเล็กน้อย

5) ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปกลั่นหา NH_4^+

<u>การกลั่น (Steam Distillation)</u>

1) ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask

2) นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ammonium hydroxide ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปในสาร

3) นำ Digest tube มาใส่ในชุดกลั่น เติม 40% NaOH ลงไป 10 ml

4) กดปุ่มเริ่มการกลั่น

5) นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

<u>การไทเตรท</u>

1) นำ Erlenmeyer flask ที่กลั่นได้ไทเตรทด้วย 0.05xx *N* H_2SO_4 (หาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยการไตเตรท)

2) นำข้อมูลที่ได้มาหา %Total N โดยสมการ (4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3) วิธีการวิเคราะห์ water soluble Nitrogen (WSN)

วิธีสกัด

1) สกัดปุ๋ยด้วยน้ำกลั่น อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:10

2) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

3) กรองด้วยกระดาษกรอง

การกลั่นหาปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) ไนเตรท (NO_3^-)

1) กลั่นแอมโมเนียม (NH_4^+)

- ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask
- ปิเปตสารละลายที่สกัดไว้ปริมาตร 20 ml ลงในหลอด Distillation tube เติม MgO ลงไป 0.2 g จากนั้นนำไปต่อกับเครื่องกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปใน Erlenmeyer flask ที่มี Boric acid
- กดปุ่มเริ่มการกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

2) กลั่นไนเตรท (NO_3^-)

- ปิเปต Boric acid 2% ปริมาตร 20 ml ลงใน Erlenmeyer flask
- หลังจากการกลั่น NH_4^+ ในข้อ (1) เติม Devarda alloy ลงไปในหลอด Distillation tube 0.2 g จากนั้นนำไปต่อกับเครื่องกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปใน Erlenmeyer flask ที่มี Boric acid
- กดปุ่มเริ่มการกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช

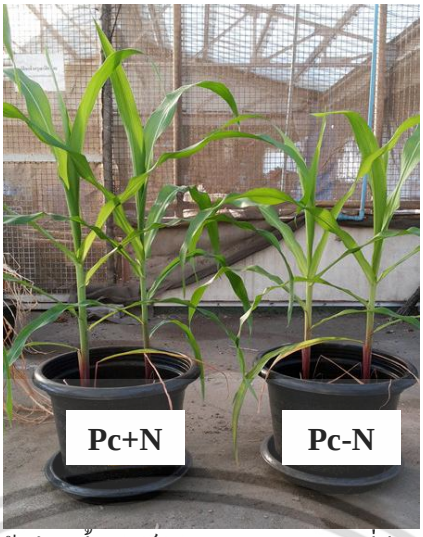
1) โรงเรือนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

รูปภาคผนวกที่ 1 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือน

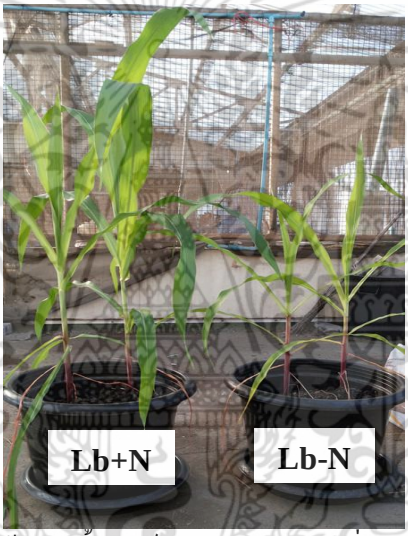
2) การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

รูปภาคผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินโชคชัย ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

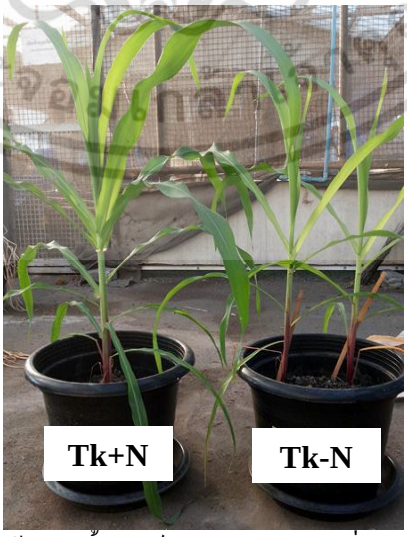
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 3 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินปากช่อง ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

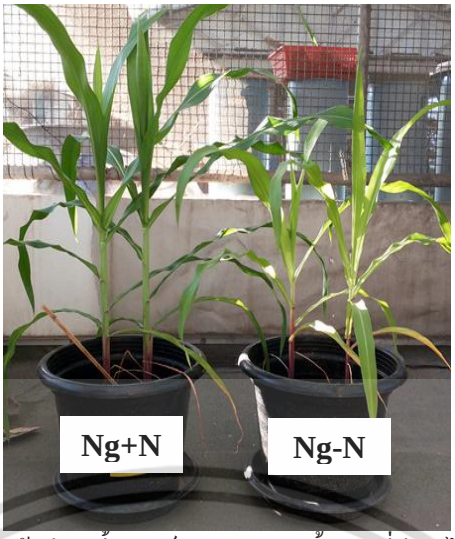


รูปภาคผนวกที่ 4 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินลพบุรี ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

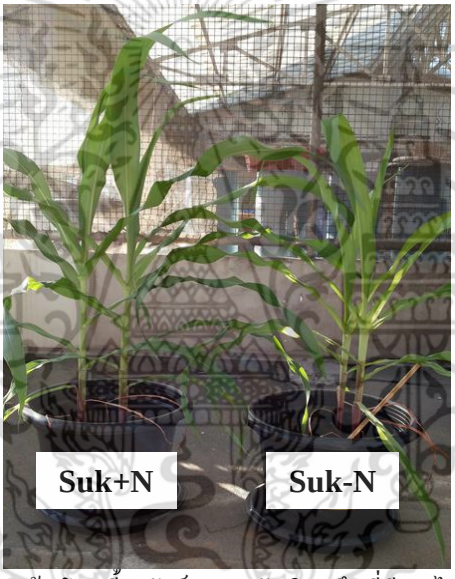


รูปภาคผนวกที่ 5 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินตาคลี ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

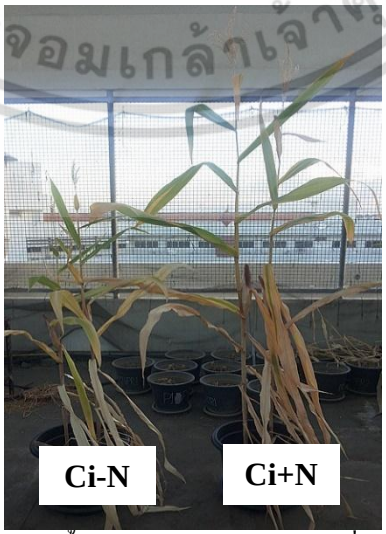
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 6 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินน้ำพอง ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

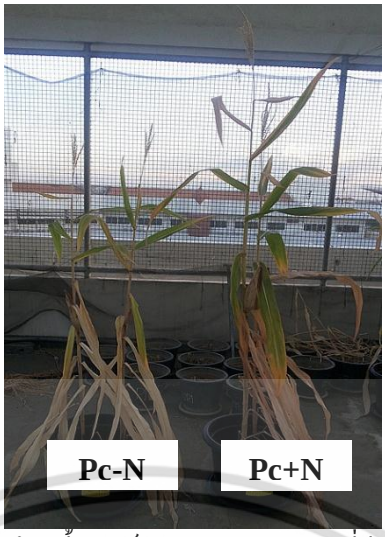


รูปภาคผนวกที่ 7 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 วัน ดินสตึก ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)



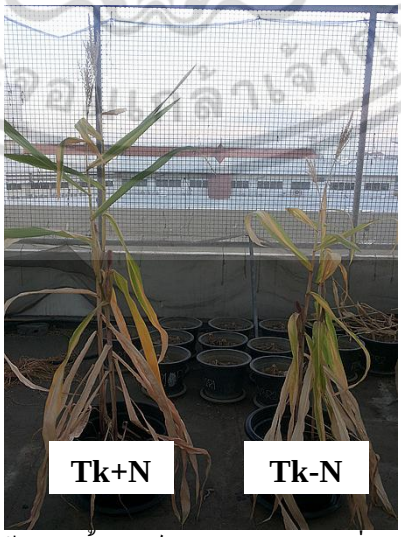
รูปภาคผนวกที่ 8 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินโชคชัย ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



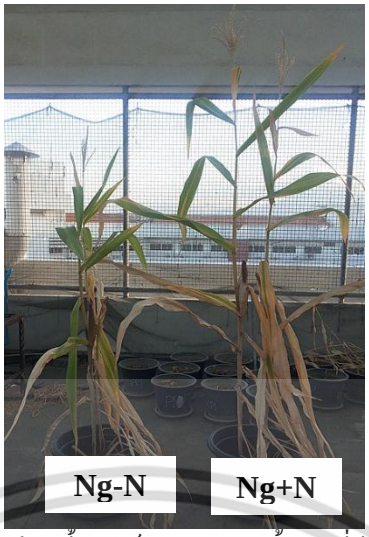
รูปภาคผนวกที่ 9 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินปากช่อง ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

รูปภาคผนวกที่ 10 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินลพบุรี ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

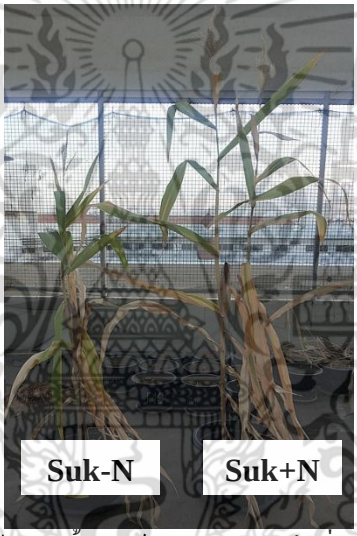


รูปภาคผนวกที่ 11 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินตาคลี ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

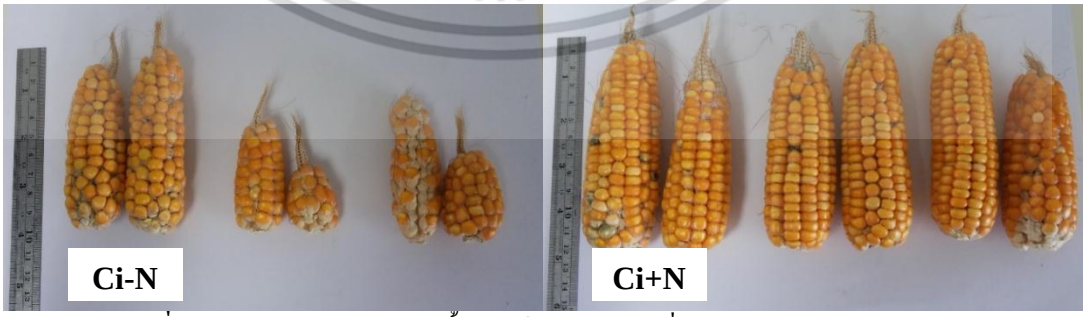


รูปภาคผนวกที่ 12 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินน้ำพอง ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)



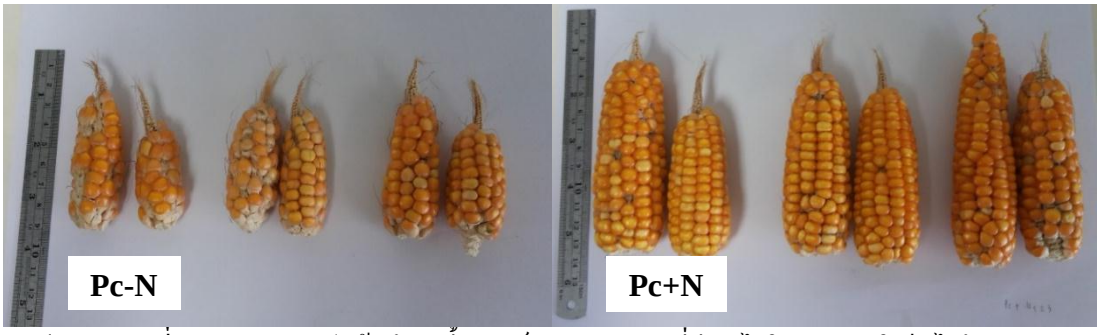
รูปภาคผนวกที่ 13 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 90 วัน ดินสตึก ที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

3) ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์



รูปภาคผนวกที่ 14 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดิน โชคชัยที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

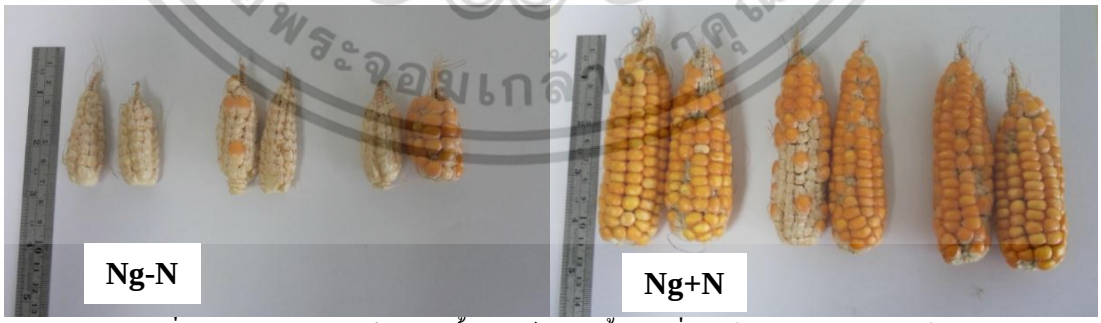
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 15 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินปากช่องที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

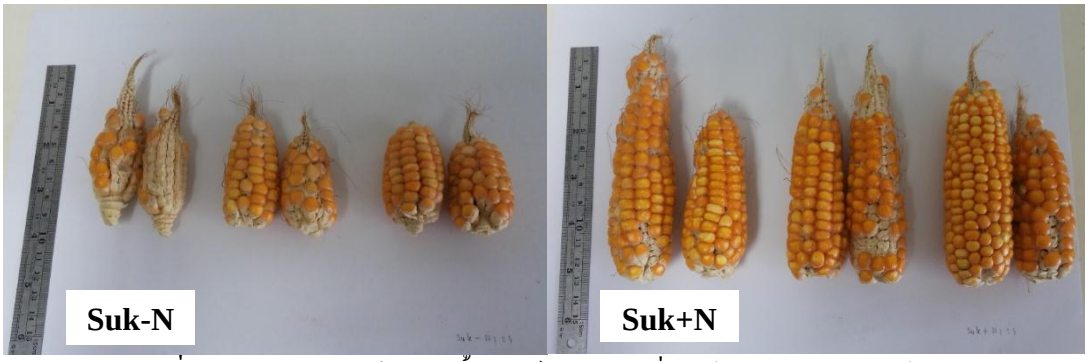
รูปภาคผนวกที่ 16 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินลพบุรีที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

รูปภาคผนวกที่ 27 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินตาคลีที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

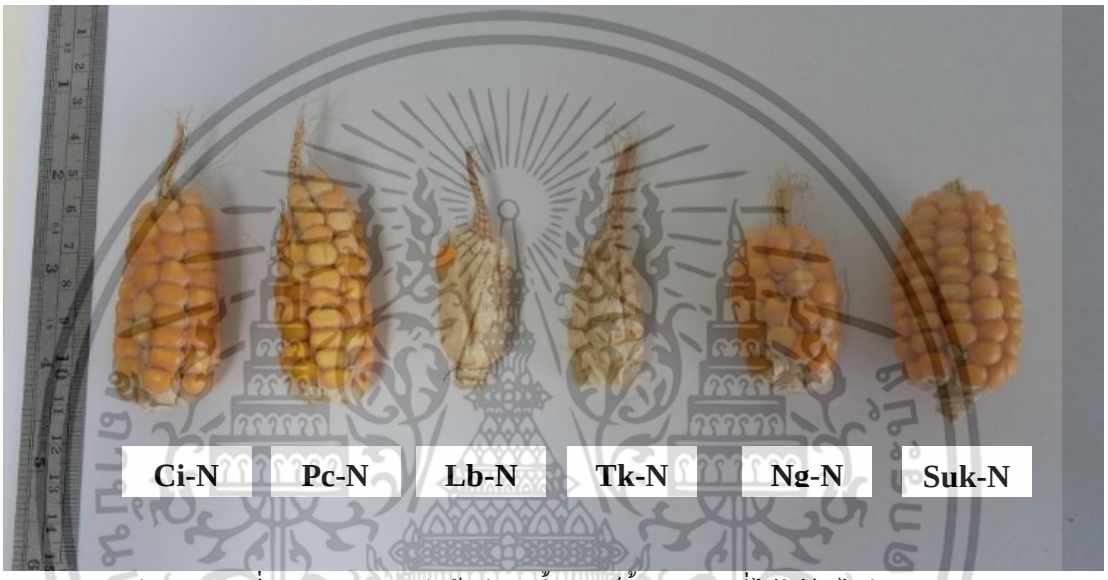


รูปภาคผนวกที่ 18 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินน้ำพองที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)

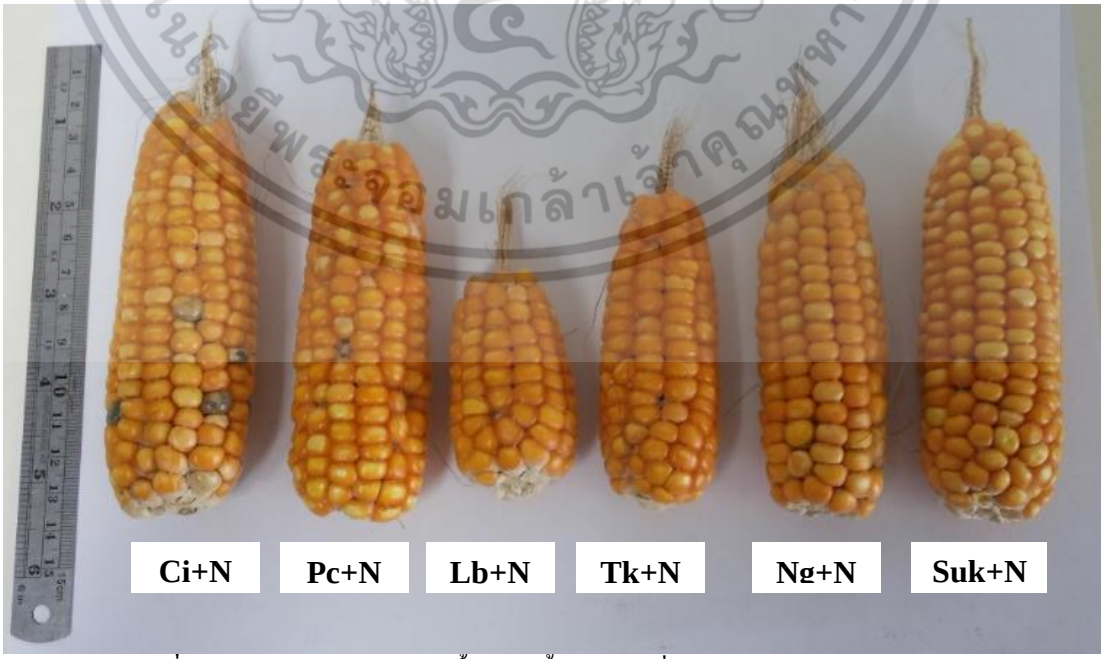
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาคผนวกที่ 19 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินสตึกที่มีการไม่ใส่ (-N) และใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+N)



รูปภาคผนวกที่ 20 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 6 ชุดดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (-N)



รูปภาคผนวกที่ 21 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 6 ชุดดินที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 kg N rai^{-1} (+N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง
วัน เดือน ปีเกิด	17 ธันวาคม 2533
ที่อยู่	15/1 หมู่ 9 ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
ประวัติการศึกษา	2555 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้