รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

Using Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices

ดร.สุกัญญา แย้มประชา

ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง

นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

Using Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices

ดร.สุกัญญา แย้มประชา

ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง

นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง

1284519X

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตใหนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย)	การใช้ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ)	Using Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices
แหล่งเงิน	โครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ	2558 **จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน** 100,000 **บาท**
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี	**ตั้งแต่** 1 ตุลาคม 2557 **ถึง** 30 กันยายน 2558
หัวหน้าโครงการ	ดร.สุกัญญา แย้มประชา
ผู้ร่วมโครงการ	ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง
	นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง
หน่วยงานต้นสังกัด	คณะเทคโนโลยีการเกษตร
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในรูป ammonium (NH_4^+) และnitrate (NO_3^-) ไม่สามารถบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ที่แท้จริงของไนโตรเจนในดินได้ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปตลอดเวลา นักวิจัยในต่างประเทศได้ศึกษาการวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินได้ และได้พัฒนาวิธีวิเคราะห์ HASN เรียกวิธีวิเคราะห์ว่า Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) อย่างไรก็ตามยังมีการศึกษา HASN เพื่อเป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินของเขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทย อยู่เป็นจำนวนน้อย การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HASN, NH_4^+, NO_3^- และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน และเพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

การศึกษาครั้งนี้จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HASN, NH_4^+, NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทำการทดลองในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) โดยใช้ดิน จำนวน 6 ชุดดิน คือ ชุดดินโชคชัย ชุดดินปากช่อง ชุดดินลพบุรี ชุดดินตาคลี ชุดดินน้ำพอง และชุดดินสตึก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า จากการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดินปริมาณ HN มีค่าสูงในช่วงแรกของการทดลอง และค่อย ๆ ลดลงเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกของการทดลอง พบ NH_4^+ ในปริมาณสูงแสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการ ammonification จากนั้น NH_4^+ ค่อย ๆ ลดลง เช่นเดียวกับ HASN การที่ NH_4^+ ลดลงเนื่องจากอิทธิพลของการเกิดปฏิกิริยา nitrification ดังนั้นจึงพบ NO_3^- เมื่อปริมาณ NH_4^+ เริ่มลดลงในดินทั้ง 6 ชุดดิน การเปลี่ยนแปลง HN (ผลต่างของ HASN เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลอง; ΔHN) สูงสุดในดินโชคชัย ดินสตึก ดินปากช่อง ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ ปริมาณ NM (ผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^-) สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN ซึ่งพบปริมาณ NM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ จากการเปลี่ยนแปลง HASN และ NM จะเห็นได้ว่า สมบัติของดินมีผลต่อการเกิด N mineralization ซึ่งสมบัติดังกล่าวได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ เป็นต้น ดินที่มีเนื้อหยาบ และดินเหนียวสีแดงที่มีความสามารถในการระบายน้ำและอากาศได้ดี และมีสมบัติดินเป็นกรด เช่น ชุดดินสตึก น้ำพอง โชคชัย และปากช่อง สามารถเกิด mineralization ได้ดีกว่าดินที่มีสมบัติเป็นด่าง แม้ว่าดินตาคลีและดินลพบุรีจะมีปริมาณ OM ก่อนการทดลองสูงกว่า อย่างไรก็ตามดินน้ำพองที่มี OM ต่ำสามารถเกิด NM ได้ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้พบสหสัมพันธ์ระหว่าง HASN, 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 HASN และไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์มีสหสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับผลผลิตและการดูดดึงธาตุไนโตรเจน จึงสามารถใช้ HASN เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของพืชได้

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยการบ่มดิน 3 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินโชคชัย ชุดดินน้ำพอง ชุดดินตาคลี มาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีอัตราการใส่ 2 อัตรา คือ 150 และ 300 mg N kg^{-1} แต่ละชุดดินออกแบบการทดลองแบบ 3x2+1 Factorial ในดินแต่ละชุดดินทำการทดลอง 7 ตำรับการทดลอง 3 ซ้ำ พบว่า ชุดดินโชคชัยในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ปริมาณ HASN แนวโน้มสูงในวันที่ 5-7 ของการบ่มดิน และปริมาณ NM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 20 ของการบ่มดิน สำหรับปุ๋ยมูลโค ไม่พบปริมาณ NM ในชุดดินน้ำพอง การเปลี่ยนแปลง HASN ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับดินโชคชัย แต่สำหรับปริมาณ NM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3 ของการบ่มดินและลดลงในวันที่ 20 จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 45 วันของการบ่มดิน เนื่องจาก NH_4^+ เริ่มเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- แต่ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และมูลโค พบปริมาณ NM เพียงเล็กน้อย สำหรับชุดดินตาคลีการเปลี่ยนแปลง HASN และ NM แตกต่างจากชุดดินโชคชัยและดินน้ำพอง การเปลี่ยนแปลง HASN และ NM ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในช่วงแรกมีปริมาณสูงจากนั้นจะมีแนวโน้มลดต่ำลงในวันที่ 15-20 ของการบ่มดิน อาจเกิดจากความเป็นด่างของดินตาคลีที่ทำให้ NH_4^+ สูญเสียไปโดยง่าย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกเมื่อสิ้นสุดการทดลอง นอกจากนี้การลดลงของ NM ในช่วง 0-20 วันของการบ่มดินอาจได้รับอิทธิพลจากการลดลงของ HASN และค่า pH ของดินตาคลีที่มีความเป็นด่าง จึงทำให้พบ HASN ในดินตาคลีต่ำกว่าดินโชคชัยที่มีค่า pH เป็นกรด นอกจากนี้สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดก่อนการทดลองยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนโดยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า C:N ratio แคบกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค มีปริมาณ HASN และ water soluble N สูงกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะสลายตัวได้ง่ายและมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยคอกอีก 2 ชนิด อย่างไรก็ตามปุ๋ยมูลไก่จะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยมูลโคในทรีทเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอัตราเท่ากันเนื่องจากไนโตรเจนบางส่วนในมูลไก่อยู่ในรูปกรดยูริกซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายให้เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมได้ง่ายมีอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายสูงกว่ามูลโค การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสมบัติของดินและปุ๋ยอินทรีย์ มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ จึงต้องเลือกใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับสมบัติของดิน สำหรับดินโชคชัยและดินน้ำพองควรเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดหรือปุ๋ยมูลไก่เนื่องจากสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ง่าย แต่สำหรับดินตาคลีควรเลือกใช้ปุ๋ยมูลโคจึงจะเหมาะกว่าสำหรับดินที่มีค่า pH เป็นด่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title	Using Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen as soil Nitrogen availability indices
Researcher	Dr. Sukunya Yampracha
	Asst. Prof. Dr. Nukoon Tawinteung
	Ms. Kamonwan Teemaungsong
Faculty	Agricultural Technology
Department	Soil Science

ABSTRACT

Analysis of the available nitrogen in the ammonium (NH_4^+) and nitrate (NO_3^-) form can't indicate an actual nitrogen availability. The researchers were conducted a study analyzed nitrogen in Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) form, the Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT), which is expected to be used as an index to measure the nitrogen availability in the soil However, less studies on HASN indices to measure the nitrogen availability in the soils of tropical such as in Thailand. Then, the first experiment designed to study the transformation of nitrogen in soils and correlation between nitrogen in the form of HASN, NH_4^+, NO_3^- and net mineralization (NM) with growth of maize. The second experiment was conducted to study the influences of organic fertilizers on the changed and mitrogen availability.

The first experiment, studied the transformations of nitrogen in the soil and correlation between HASN, NH_4^+, NO_3^- and NM with growth of maize. The experiment was conducted in pots experiment with a randomized complete block design (RCBD) arranged trial at 6x2 factorial. The treatments 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. The results found that changes in the quantity of nitrogen in the soil HASN was highest during the initial trial, and slowly decreased with increasing time of the trial. It's similar to changes of soil NH_4^+ as well. Increasing of NH_4^+ content in the soils indicated ammonification process was occur in the soil. Subsequently, decresing of NH_4^+ due to the influence of the nitrification reaction. Change of HASN (difference of HASN at the initial and end of the experiment; Δ HASN) found that ΔHASN highest in different soils i.e. Ci>Suk>Pc>Ng>Tk>Lb, respectively. Change of NM (totals between NH_4^+ and NO_3^-) usually likely to changes in HASN which can ordred as follow Pc>Ci>Suk>Tk>Lb>Ng, respectively. It indicated that soil properties such as soil texture, pH in soil, and organic matter influence on changed of HASN. The soil with well drainage and high acidity (i.e. Ci, Pc, Ng and Suk) is likely to the process of mineralization better than clay soil with high alkalinity (i.e. Tk and Lb). The significant correlation between HASN, NH_4^+, NO_3^- and NM with shoot fresh weight (r = 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 maize. But there was no significant correlation between OM and TN with maize yield. It might be concluded that HASN is a useful as soil nitrogen availability indices of maize growth.

The experiment 2 was conducted on the laboratory to determine the effects of soil properties, source and rate of organic fertilizer on Nitrogen mineralization and changes in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN). The treatments consisted of three soils i.e. Chok Chai (Ci), Nam Phong (Ng) and Takhli (Tk) soil series. Experimental design 3x2+ 1 factorial, organic fertilizer pellets, chicken and cow manure were amended into three soils at the rates 150 and 300 mg N kg^{-1} with 3 replications. Three soils without animal manure were conducted as a control treatment. All treatments were incubated on room temperature under field capacity for 90 days. The results showed that Chok chai soil in the treatment of organic fertilizer pellets and chicken manure HASN likely to increase in 5-7 days of incubation NM has increased in 20 days of incubation, but for cow manure influence of fertilizers does not affect the changed of Nitrogen in Chok chai soil due to no amount of NM. Nam Phong Soil HASN changes in the treatment of organic fertilizer pellets is likely to be in the same direction Chok chai soil. But for the NM increased on 3 days of incubation and decreased in 20 days of incubation and then increased again on the 45 day of incubation due to NH_4^+ began to change as NO_3^- but in treatment chicken manure and cow manure were no changes NM clearly. In Takhli soil the results indicates that the HASN and NM have a tendency in the same way. HASN began to be dropped in the first period (0-20 days) and are likely to increase again until the end of the experiment. The influence of an alkaline of calcareous soils, Takhli soil series, resulted in Net mineralization in the first period declined sharply because of process volatilization of ammonium. In addition, the properties of three organic fertilizer before the experiment to affect the transformation of nitrogen. The experiments indicated that organic fertilizer pellets have a water soluble Nitrogen and HASN higher volume and the C:N ratio narrower than it decomposes more easily than cow manure and chicken manure. However, chicken manure would release available Nitrogen of fertilizer higher than cow manure in the treatment of fertilizer at the same rate, because some of the nitrogen in the chicken manure in the form of uric acid, which transforming into a provide microbial degradation of ammonium easily and have organic nitrogen in the decomposition more easily than cow manure. This experiment shows that the properties of soil and organic fertilizer correlated with the change of nitrogen in organic fertilizers. So must choose organic fertilizers were applied to suitable of soil properties. Chok Chai and Nam Phong soil series can used organic fertilizers pellet or chicken manure due to release the nutrients into the form available that was easy. But for Takhli soil should be used of cow manure which more suitable for the alkaline soil.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการวิจัยงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ดร.สุกัญญา แย้มประชา
ผศ.ดร.นุกูล ถวิลถึง
นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	2
1.5 สมมุติฐานงานวิจัย	2
1.6 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย	2
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 รูปของไนโตรเจนในดิน	4
2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดิน	5
2.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน	7
2.4 Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN)	9
2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน	11
2.6 การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	11
2.7 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	13
2.8 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3	17
2.9 ชุดดินหลักที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย	18
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	20
3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	20
3.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน	20
3.1.2 การวิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐานในห้องปฏิบัติการ	20
3.1.3 การทดลองในโรงเรือน	21
3.1.4 การเก็บข้อมูล	22
3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	23
3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน	23
3.2.1 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง	24
3.2.3 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี	25
3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	25
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	26
4.1.1 สมบัติดินเบื้องต้น	26
4.1.2 การเปลี่ยนแปลง ค่าปฏิกิริยาดิน (pH), Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	27
4.1.3 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ในดิน	35
4.1.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช	37
4.1.5 ไนโตรเจนในพืช	40
4.1.6 ความสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Net mineralization (NM), Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	42
4.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	43
4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน	45
4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้น	45
4.2.2 สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง	46
4.2.3 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโชคชัย	47
4.2.4 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง	55
4.2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี	63
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	71
5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดินและความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	71
5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	74
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ดิน	80
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์พืช	87
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์	88
ภาคผนวก ง ผลผลิตพืช	90
ภาคผนวก จ ผลผลิตงานวิจัย	93
ภาคผนวก ฉ ประวัตินักวิจัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประเทศกลุ่มอาเซียน ปี 2557	12
2.2	การใช้ในประเทศ การส่งออก และการนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย	12
2.3	ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด	14
2.4	คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน	16
2.5	คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พิจารณาจากปริมาณและระดับของอินทรียวัตถุในดินและตามชนิดกลุ่มดิน	16
2.6	ลักษณะของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นครสวรรค์ 3 เทียบกับพันธุ์ลูกผสมการค้า	17
4.1	สมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk)	26
4.2	สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk)	27
4.3	ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และปริมาณ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช	28
4.4	ปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช	28
4.5	ปริมาณ Net Mineralization (NM) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช	34
4.6	การเปลี่ยนแปลง Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ในวันที่ 0 และ 110	35
4.7	ความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 และ 60 วัน	37
4.8	น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของเมล็ด ลำต้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	39
4.9	ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	41
4.10	การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น และเมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	41
4.11	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Net mineralization (NM), Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	43
4.12	สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	43
4.13	สมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการทดลอง	45
4.14	สมบัติปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง	46
4.15	ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินโชคชัย	47
4.16	Net mineralization (NM), Organic Carbon (OC), Total Nitrogen (TN) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินโชคชัย	53
4.17	ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง	56
4.18	Net mineralization (NM), Organic Carbon (OC), Total Nitrogen (TN) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง	61
4.19	ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในวันที่ 0 และ 90 ของการบ่มดินชุดดินตาคลี	63
4.20	Net mineralization (NM), Organic Carbon (OC) Total Nitrogen (TN) และค่า C:N ratio ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินตาคลี	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน	4
3.1 การเก็บตัวอย่างดิน	22
4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)	29
4.2 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)	30
4.3 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)	32
4.4 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)	33
4.5 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)	34
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HASN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	44
4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินโชคชัยที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	48
4.8 การเปลี่ยนแปลง HASNของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	49
4.9 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	50
4.10 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	51
4.11 การเปลี่ยนแปลง NMของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	52
4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	56
4.13 การเปลี่ยนแปลง HASNของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	57
4.14 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	58
4.15 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	59
4.16 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา	60
4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด	64
4.18 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด	65
4.19 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด	66
4.20 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด	67
4.21 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N	=	Nitrogen
HASN	=	Hydrolyzable Amino Sugar-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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

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

ในปัจจุบันการวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนที่ได้รับความนิยมในห้องปฏิบัติการทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธี คือ 1) การวิเคราะห์ในรูปอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) ได้แก่ Ammonium (NH_4^+) และ Nitrate (NO_3^-) ซึ่งทั้งสองรูปเป็นรูปที่สามารถดูดใช้ได้ทันที แต่ไนโตรเจนทั้ง 2 รูปนี้สามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของดิน 2) การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทางอ้อม เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 98% (Stevenson and Cole, 1999) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุจึงบ่งบอกได้ทางอ้อมว่าในดินจะมีปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนมากหรือน้อย อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในรูปอินทรีย์ไนโตรเจนจะเป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจนออกมาให้อยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งการย่อยสลายดังกล่าวต้องใช้เวลา อัตราการย่อยสลายและรูปของไนโตรเจนที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในดิน (อรวรรณ, 2551) ดังนั้นการวัดปริมาณ NH_4^+ และ 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 Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) และเรียกวิธีการวิเคราะห์ HASN ที่พัฒนาขึ้นว่า Illnoiis Soil Nitrogen Test (ISNT) ซึ่ง HASN เป็นไนโตรเจนในรูปที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- ดังนั้นไนโตรเจนในรูป HASN จึงมีความเสถียรในดินมากกว่ารูป NH_4^+ และ NO_3^- และบ่งบอกถึงศักยภาพความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากอินทรียวัตถุ แต่ผลของการใช้ HASN เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนยังไม่ชัดเจน Mulvaney *et al.* (2001) ประเมินไนโตรเจนในรูป HASN ในดินและพบว่าสามารถใช้ HASN ทำนายการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ และมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตของข้าวโพด (Zea mays *L.*) จะเห็นได้ว่า HASN มีแนวโน้มที่สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้ ในขณะที่ Barker *et al.* (2006) พบว่า HASN ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดและการตอบสนองของผลผลิตข้าวโพดต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น HASN เพื่อเป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินของเขตร้อน อย่างเช่นในประเทศไทยที่มีสภาพอุณหภูมิค่อนข้างสูงเหมาะแก่การย่อยสลายอินทรียวัตถุมากกว่าประเทศในเขตอบอุ่น การศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการใช้ดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเพื่อการคาดคะเนปุ๋ยไนโตรเจนได้ตรงต่อความต้องการของพืชมากที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

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

2) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

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

2) ทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค ต่อดัชนีวัดไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ระยะเวลาและอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลอง 2 การทดลอง

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

2) การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1.5 สมมติฐานงานวิจัย

Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) สามารถใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน เนื่องจากมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.6 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

HASN เป็นไนโตรเจนในรูปที่เกิดขึ้นระหว่างการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ และ NO_3^- ดังนั้นไนโตรเจนในรูป HASN จึงมีความเสถียรในดินมากกว่ารูป NH_4^+ และ NO_3^- และเป็นรูปที่สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในอินทรียวัตถุ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้ HASN วัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจนในรูปที่สามารถบ่งบอกถึงความเป็นประโยชน์ได้อย่างแม่นยำ

2) ทราบถึงอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available N) ระยะเวลาและอัตราการปลดปล่อย Available N เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่าปุ๋ยเคมีในการย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณระยะเวลาของการใส่ปุ๋ย และปริมาณธาตุอาหารให้ตรงตามความต้องการของพืช ลดอัตราการสูญเสียไนโตรเจนไปจากดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

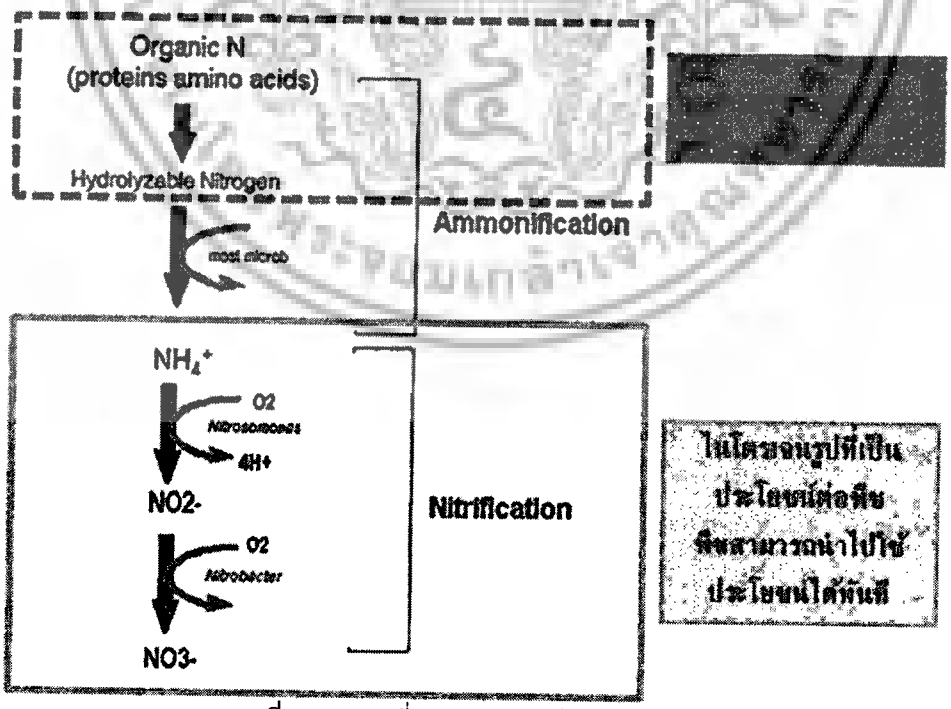
2.1 รูปของไนโตรเจนในดิน

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

2.1.1 อินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen)

ประมาณ 80% ของไนโตรเจนในดินเป็นอินทรียสาร ได้แก่ โปรตีนและสารประกอบอื่นๆ อีกหลายชนิดซึ่งเป็นสารโมเลกุลใหญ่ ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ amine group ($-NH_2$) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของ amino acid และ amino sugars สารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบอยู่ในอินทรียวัตถุของดิน ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุแม้จะไม่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในขณะนั้น แต่เมื่อถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายจะค่อยๆแปรสภาพเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงรูป amino acid ไปเป็น Ammonium (NH_4^+) และ Nitrate (NO_3^-) ไนโตรเจนมักจะอยู่ในรูป Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN)

Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) คือ สารอินทรีย์ไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ง่าย เป็นรูปของไนโตรเจนที่ยังไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ แต่ HN เป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจนที่กำลังจะถูกเปลี่ยนไปเป็น NH_4^+ (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน
ที่มา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 อนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic Nitrogen)

สารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีเพียง 2% สารอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีที่มาจากส่วนที่ได้จากการสลายตัวของอินทรียวัตถุหรือปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อสลายตัวอนินทรีย์ไนโตรเจนทั้ง 2 ส่วนจะอยู่ในรูป 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 เป็นรูปที่แลกเปลี่ยนได้ 2) อยู่ในสารละลายดิน สองส่วนข้างต้นนี้พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย 3) ถูกตรึงอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ สำหรับ Nitrate ions (NO_3^-) เกือบทั้งหมดอยู่ในสารละลายดิน พืชจึงใช้ประโยชน์ได้ง่าย ขณะเดียวกันก็มีโอกาสสูญหายไปจากดินได้โดยง่ายจากการชะละลายของน้ำฝนหรือน้ำชลประทาน (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

ไนโตรเจนส่วนใหญ่ในดินจะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ จึงต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายให้อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ (Mineralization) พืชจึงจะสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ การย่อยสลายอินทรีย์สารมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจน การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ (N mineralization) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ไนโตรเจนในอินทรียวัตถุซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ amine group ถูกเปลี่ยนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยา 3 ขั้นตอน คือ 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 (ภาพที่ 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 และกรดอินทรีย์ จะถูกจุลินทรีย์ย่อยได้ง่าย พบในปริมาณค่อนข้างมากในดิน เนื่องจากเข้าไปยึดเกาะกับอนุภาคดินเหนียว หรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก (Fe), อะลูมินัม (Al) หรือ ทองแดง (Cu) (อรวรรณ, 2551)

โปรตีน กรดอะมิโน เซลลูโลส โพลีฟีนอล และลิกนิน สารประกอบโปรตีน กรดอะมิโนในวัสดุอินทรีย์สามารถสลายตัวง่ายกว่า สารประกอบเซลลูโลส ลิกนิน และโพลีฟีนอล Seligman and Keulen (1981) ศึกษาอิทธิพลขององค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ต่อการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มี hemicellulose, cellulose และ lignin เป็นองค์ประกอบ พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ที่แตกต่างกันทำให้ปุ๋ยเกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของ lignin สูงย่อยสลายได้ยาก จึงทำให้กระบวนการ N mineralization เกิดขึ้นต่ำ

2.2.2 สัดส่วนระหว่าง C:N และขนาดของเศษซากพืช

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

อย่างไรก็ตามในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งของธาตุอาหารของพืช โดยอินทรียวัตถุมักต้องมีค่า C:N ratio อยู่ระหว่าง 10-25 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนปานกลาง เป็นอินทรียวัตถุที่ผ่านการย่อยสลายส่วนหนึ่งมาก่อนแล้วอินทรียวัตถุกลุ่มนี้ทำหน้า ที่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีบทบาทในการเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารไนโตรเจนและซัลเฟตเป็นหลัก ให้ฟอสฟอรัสรองลงไป และให้จุลธาตุทุกชนิด (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

2.2.3 จุลินทรีย์ดิน

ปริมาณของประชากรจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ ถ้าปัจจัยอื่นๆ เหมาะสมแต่ปริมาณประชากรของสิ่งมีชีวิตในดินน้อย อัตราการย่อยสลายก็จะต่ำ การวัดปริมาณจุลินทรีย์โดยรวมทางหนึ่งคือ การวัดมวลชีวภาพจุลินทรีย์ (microbial biomass)(ปิทมา, 2547) นอกจากนี้ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้แก่

1) สภาพความเป็นกรดด่างของดิน (soil pH) กิจกรรมของจลินทรีย์ดินที่ช่วยสลายอินทรียวัตถุขึ้นอยู่กับค่า pH ช่วง pH<4.5 หรือ pH>9.0 จะมีผลยับยั้งกิจกรรมการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์อย่างมาก กิจกรรมของแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีทก็จะลดลงอย่างมากถ้าหาก pH ของดิน <5.5 แต่กิจกรรมของเชื้อรายังคงมีมากกว่าแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีท ดังนั้น การปรับระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมไม่เป็นกรดหรือด่างมากเกินไปจะส่งเสริม กิจกรรมการย่อยสลายของอินทรียวัตถุในดินได้อีกทางหนึ่ง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ความชื้น (moisture) กิจกรรมและการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ดิน จำเป็นต้องอาศัยน้ำที่อยู่ในระดับเหมาะสม นอกจากนี้กิจกรรมการย่อยสลายขึ้นอยู่กับการทำงานของ enzymes ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ดิน และการทำงานของเอนไซม์ก็ต้องอาศัยน้ำด้วยเช่นกัน

2.2.3 อุณหภูมิดิน

อุณหภูมิ (temperature) การย่อยสลายอินทรียวัตถุในเขตร้อน เช่น ประเทศไทย จะมีอัตราการย่อยสลายสูงเนื่องจากมีอุณหภูมิสูงเหมาะสมต่อกิจกรรม decomposition (~25 – 35 °C) เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่ควบคุมปฏิกิริยาทางเคมี กายภาพ และชีวภาพในดิน สำหรับในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาวจะมีอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุต่ำกว่าเขตร้อนดินที่มีอุณหภูมิสูงมีอัตราการย่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ (ยงยุทธ และคณะ, 2556)

2.2.4 เนื้อดิน (soil texture)

Craswell *et al.* (1970) พบว่าการเกิดกระบวนการ N mineralization เพิ่มขึ้นเมื่อดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง แสดงให้เห็นว่าดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาได้มากกว่าในดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ เนื่องจากดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กมักเป็นอนุภาคดินเหนียว NH_4^+ ในดิน สามารถถูกตรึงได้โดยแร่ดินเหนียวที่มีชั้นที่ยืดหยุ่นได้คือประเภท 2:1 clay minerals และจะเป็นประโยชน์เมื่อชั้นของแร่ดินเหนียวมีการขยายตัวตอนที่มีความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยที่ขัดแย้งกัน Chae and Tabatabai (1986) รายงานว่า ดินที่มีอนุภาคเล็ก เนื้อดินเป็นดินเหนียว กระบวนการไนโตรเจนมิเนอรัลไลเซชันเกิดได้น้อยกว่าอนุภาคดินขนาดใหญ่เนื่องจากดินที่มีอนุภาคดินเหนียว ดินมีช่องว่างระหว่างดินขนาดเล็ก ทำให้มีการระบายและการถ่ายเทอากาศไม่ดี

2.2.5 ชนิดและอัตราปุ๋ยอินทรีย์

จากการศึกษาของ Dick *et al.* (1988) พบว่าว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากมูลสัตว์ปีกสามารถเกิดกระบวนการ N mineralization ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กากตะกอนน้ำเสีย (sewage sludges) และจากการศึกษาของ Kara *et al.* (2006) พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 20, 40, 60 Mg ha^{-1} บ่มที่อุณหภูมิ 30 °C เป็นเวลา 84 วัน พบว่า เกิดกระบวนการ N mineralization 722, 513, 441 g N kg^{-1} ซึ่งมีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน และปุ๋ยคอกที่มีความเค็มสูง อย่างเช่น มูลสุกร เมื่อใช้ในอัตราสูงทำให้ยับยั้งกระบวนการ N mineralization

2.3 การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

การประเมินความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน ทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการวิเคราะห์รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจน (NH_4^+ และ NO_3^-) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุ รวมทั้งการวิเคราะห์การปลดปล่อยไนโตรเจนของอินทรีย์วัตถุ

2.3.1 การวิเคราะห์อินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM)

อินทรียวัตถุ (OM) ในดินโดยทั่วไปมีน้อยกว่า 3% (w/w) ถึงแม้มีปริมาณไม่มาก แต่อินทรียวัตถุมีบทบาทสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจน การทราบ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอินทรียวัตถุ จะทำให้ทราบถึงปริมาณของอินทรีย์ไนโตรเจนในดินได้อย่างคร่าว ๆ จากการคำนวณ อินทรียวัตถุ 1% จะมีอินทรีย์ไนโตรเจนอยู่ 0.05% (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยตรง แต่สารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น ถ้าทราบปริมาณคาร์บอนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ หรือ อินทรีย์คาร์บอน จะทำให้สามารถประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้ ในปัจจุบันมีวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุดังนี้

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

2) วิธี Loss on ignition (Jackson, 1965) เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนโดยการใช้ความร้อน 400 องศาเซลเซียสในการเผาโดยใช้การคำนวณน้ำหนักที่หายไป โดยเทียบจากน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้วกับน้ำหนักของดินหลังเผา เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ แต่อย่างไรก็ตามวิธี Loss on ignition ก็ต้องใช้เตาเผาไฟฟ้าแต่หากห้องปฏิบัติการใดไม่มีเตาเผาไฟฟ้าก็ไม่สามารถวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ได้

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

2.3.2 การวิเคราะห์ Ammonium (NH_4^+) และ Nitrate (NO_3^-)

อนินทรีย์ไนโตรเจนมีอยู่เพียง 2% ของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ซึ่งอยู่ในรูป NH_4^+ และ NO_3^- อย่างไรก็ตาม Nitrite (NO_2^-) ก็สามารถใช้ในการบอกความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้แต่มีไนไตรท์อยู่ในปริมาณน้อยมากในดินเนื่องจากเปลี่ยนแปลงรูปได้ง่าย การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นการวิเคราะห์จะต้องทำทันทีหลังจากการเก็บตัวอย่างดินซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่อาจปฏิบัติได้ เพราะต้องใช้เวลาในการขนส่ง หากยังไม่วิเคราะห์ตัวอย่างดินในทันทีต้องเก็บไว้ในตู้เย็น อุณหภูมิ 4 °C และทำการวิเคราะห์เร็วที่สุด 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 เป็นวิธีวิเคราะห์ความเข้มข้น ของแอมโมเนียมและไนเตรท ในสารละลายด้วย ion electrode วิธีนี้มีข้อดีคือ ทำได้ง่าย รวดเร็วและราคาถูก แต่มักมีปัญหาคือ NO_3^- electrode ที่ใช้กันในปัจจุบันมักถูกรบกวนด้วย anion อื่นๆ ที่มีอยู่ในสารละลายที่สกัดได้จากพืชหรือดิน ต้อง restandardize electrode อยู่ตลอดเวลา sensitivity ค่อนข้างต่ำ ทำให้ไม่นิยมกันแพร่หลาย

3) วิธี microdiffusion มีข้อดีคือทำได้ง่าย ใช้เครื่องมือและพื้นที่น้อย ราคาถูก เหมาะสำหรับ routine analysis ถ้าทำอย่างถูกวิธีจะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ แต่ในดินส่วนใหญ่มีอินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนต่ำค่าความแม่นยำที่ได้มักไม่ดีเท่าที่ควร 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) แต่สารเหล่านี้มักจะไม่เสถียรในดิน ไม่ทนทานต่อความร้อน และสภาพอากาศที่ถ่ายเทในดิน (Mulvanney, 1996) การวิเคราะห์ดินโดยการย่อยสลายดินด้วยกรดก็จะทำให้ NO_3^- และ NO_2^- ระเหยไปจากดิน

2.4 Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN)

2.4.1 ความสำคัญและความหมาย

อินทรีย์วัตถุต้องผ่านการย่อยสลายอย่างน้อยบางส่วนจึงจะทำให้ไนโตรเจนเริ่มเป็นประโยชน์ได้ ซึ่งกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินจะค่อยๆย่อยสลาย (decompose) อินทรียวัตถุ ทำให้อินทรีย์ไนโตรเจน (organic N) ถูกเปลี่ยนให้เป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (inorganic N) โดยกระบวนการ mineralization แบคทีเรีย เชื้อรา Actinomycetes และ Peptidoglycan เป็นจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ขั้นตอนสุดท้ายของการย่อยสลายอินทรียวัตถุเป็นการย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อยไนโตรเจน ออกมาในรูปของ amines, amino acid ซึ่ง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) เป็นองค์ประกอบของ Amino acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่มากที่สุดของไนโตรเจนในรูปที่เป็นอินทรีย์หรืออินทรีย์ไนโตรเจน เป็นปริมาณสูงถึง 50% (Stevenson and Cole, 1999) HN คือ อินทรีย์ไนโตรเจนที่เปลี่ยนแปลงไปได้ง่าย (labile organic Nitrogen) คงอยู่ในดินในระยะเวลาสั้น และพร้อมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (N minerlization) ซึ่งมักอยู่ในรูปกรดอะมิโนและอะมิโนซูการ์ HN สามารถใช้ทำนายความเป็นประโยชน์ของ N ในดินได้ เนื่องจาก HN ใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงรูปช้ากว่าการเปลี่ยนรูปจาก NH_4^+ ไปเป็น NO_3^- จึงเสถียรและคงอยู่ในดินได้นาน

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

2.4.2 วิธีวิเคราะห์ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN)

การวิเคราะห์ดินเพื่อคาดการณ์ความสามารถในการปลดปล่อยไนโตรเจนของดิน โดยวิธีการทางชีวภาพและทางเคมีทั่วไปยังไม่มีวิธีการใดที่ได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องที่สุด (Stanford, 1982) Mulvaney *et al.* (2001) ประเมินไนโตรเจนในรูป HASN ในดิน ด้วยวิธีการกลั่นไอน้ำแบบธรรมดา (conventional steam distillation methods) เพื่อหาปริมาณ HASN ตามที่ Stevenson (1996) อธิบายเป็นวิธีการที่ยังมีข้อผิดพลาด แต่การใช้วิธีการแพร่ (diffusion methods) คือการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปของ Organic Nitrogen ด้วยด่างและจับแอมโมเนีย (NH_3) ที่แพร่ออกมาด้วยกรดบอริก ซึ่งพัฒนาโดย Khan *et al.* (1997) เป็นวิธีการที่จะสามารถหาปริมาณ HASN 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 โดยใช้วิธีการแพร่กระจาย (diffusion) ทำได้โดยการใส่ดิน 1 g ในขวด Mason's Jar ที่มี 10 ml ของ 2 *M* NaOH ต้มบน hot plate เป็นเวลา 5 ชั่วโมง 50 ℃ เพื่อเปลี่ยนอินทรีย์สารให้เป็น NH_3 วิธีดังกล่าวมีประสิทธิภาพและใช้เวลาที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ มีชื่อวิธีการว่า Illnoiis Soil Nitrogen Test (ISNT) นอกจากนี้ยังพบว่า HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าวมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณผลผลิตของข้าวโพด

2.4.3 การใช้ HASN เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจน

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

Roberts *et al.* (2011) ทำการทดลองในปี 2004-2008 ในรัฐ Arkansas เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง HASN 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)

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของไนโตรเจนในดิน

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

อินทรีย์สารในปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพในดิน Gosling *et al.*, (2005) กล่าวว่า การเพิ่มอินทรียวัตถุลงในดินในรูปแบบต่าง ๆ (ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ) 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 กว้างเมื่อใส่ลงไปในดินจะทำให้เกิดอาการขาดธาตุไนโตรเจน อย่างรุนแรงในระหว่างการสลายตัว

2.6 การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หรือข้าวโพดไร่ เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประมาณร้อยละ 90.95 ของผลผลิตทั้งหมดใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ สำหรับฤดูการปีเพาะปลูก 2557 ข้อมูลจากสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ระบุว่า มีพื้นที่ที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศ 7.29 ล้านไร่ ผลผลิตกว่าแปดแสนตัน และส่งออกมากกว่าสามแสนตัน ผลผลิตรวม 1.15 ล้านตัน (ตารางที่ 2.1)

ปัจจุบันการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศ จำแนกได้ 2 รุ่น คือ รุ่นที่ 1 ปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม (ฤดูฝน) ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวมากในช่วงเดือนกันยายน ประมาณร้อยละ 86 ของผลผลิตทั้งประเทศ และรุ่นที่ 2 (ฤดูแล้ง) จะปลูกตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เมษายนเก็บเกี่ยวมากที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณร้อยละ 13 ของผลผลิตทั้งประเทศ ปัญหาด้านการผลิตคือมีพื้นที่ปลูกลดลงเนื่องจากพืชแข่งขัน ด้านคุณภาพ มาตรฐานด้านคุณภาพของเมล็ดมีความชื้นสูงทำให้เกิดเชื้อราและสารอะฟลาทอกซิน นอกจากนี้ต้นทุนในการผลิต เช่น ปุ๋ย และ ยาฆ่าแมลง มีราคาสูงขึ้น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ร้อยละ 90.95 ของผลผลิต ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ (ตารางที่ 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

2.6.1 สถานการณ์การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภูมิภาคอาเซียน

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

2.6.2 สถานการณ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย

1) ความต้องการ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้ภายในประเทศร้อยละ 97 ใช้เป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นในปี 2555/56 เท่ากับสี่ล้านหกแสนตัน (ตารางที่ 2.2) ตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ เพื่อการบริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออกเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

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 มีแนวโน้มลดลง เหลือห้าหมื่นตัน มูลค่าห้าร้อยสิบล้านบาท (ตารางที่ 2.2) เนื่องจากความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ภายในประเทศเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

2.7 ลักษณะทั่วไปของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีชื่อสามัญว่า Maize หรือ Corn และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Zea mays *L.* เป็นพืชที่อยู่ในตระกูลหญ้า (Family Gramineae) ซึ่งจัดอยู่ใน Tribe Maydeae ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชวันสั้น ซึ่งมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบพืชซีสี่ เมื่อพิจารณาในด้านการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่ระยะเริ่มงอกจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (ดวงใจ, 2557) สามารถจำแนกระยะการเจริญเติบโตตามช่วงการเจริญเติบโตดังนี้

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

2) ระยะออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บานจนถึงระยะที่ไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก ตลอดจนระยะผสมเกสร 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 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม และความต้องการของพืช (Crop Requirement)

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

2) ลักษณะดิน ข้าวโพดสามารถขึ้นในดินเกือบทุกชนิด แต่จะให้ผลผลิตต่างกันในแต่ละชนิดดิน ลักษณะเนื้อดินควรเป็นดินร่วนถึงดินเหนียว ที่ง่ายต่อการเตรียมดิน และการเก็บกักความชื้น สามารถปลูกได้ในดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดถึงดินที่มีลักษณะเป็นด่างอ่อน ๆ ถ้ามีการให้ธาตุอาหารเสริมอย่างเพียงพอ และให้ผลผลิตที่ดีในช่วงที่มีสภาพ pH 6-7 ดินที่เหมาะสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรมี pH ระหว่าง 5.5-8 มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ระดับหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความลึกของหน้าดินประมาณ 60 เซนติเมตร มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2548a) ข้าวโพดจะเจริญได้ดีในดินที่มีอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่น้อยกว่า 10 mg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

kg^{-1} โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่น้อยกว่า 40 mg kg^{-1} และสามารถทนเค็มระดับความเค็มปานกลาง (EC=4 dS/m, เปอร์เซ็นต์เกลือ = 0.25)

3) สภาพภูมิอากาศ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปลูกได้ผลดีที่สุดในเขตอบอุ่น (Temperate zone) คือระหว่างเส้นแวงที่ 30–40 เหนือและใต้ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 25–35 องศาเซลเซียส ผลผลิตจะเริ่มลดลงเมื่ออุณหภูมิตั้งแต่ 35 องศาเซลเซียสขึ้นไป เนื่องจากมีผลกระทบต่อการผสมเกสรของข้าวโพด อุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้ในการงอกของเมล็ดคือ 10 องศาเซลเซียส ข้าวโพดเติบโตได้เมื่อความยาวแสงไม่ต่ำกว่า 10 ชั่วโมง และไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

4) ปริมาณน้ำฝน ปลูกในพื้นที่ไร่ (ฤดูฝน) ต้องมีปริมาณการกระจายของน้ำฝนสม่ำเสมอ 1,000–1,200 มิลลิเมตรต่อปี และช่วงการการเจริญเติบโตต้องมีปริมาณการกระจายของน้ำฝน 350–400 มิลลิเมตร ปลูกในพื้นที่นา (ฤดูแล้งใช้น้ำชลประทาน) หลังเก็บเกี่ยวข้าว ต้องการน้ำ 720–800 ลูกบาศก์เมตรตลอดฤดู (ข้าวนาปรังใช้น้ำ 1,600 ลูกบาศก์เมตร) (ดวงใจ, 2557)

2.7.2 ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

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

ตารางที่ 2.3 ปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดทั้งต้น (whole plant) 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 (2547)

2.7.3 การใส่ปุ๋ย

ดินแต่ละชนิดมีความอุดมสมบูรณ์ของดินแตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยเคมีกับข้าวโพดจึงควรใส่ปุ๋ยให้ถูกชนิด สูตร อัตราและเวลา การนำดินไปวิเคราะห์เพื่อรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยจะทำให้ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารอย่างพอเพียง ประหยัดต้นทุนและได้ผลกำไรสูงสุด ควรวิเคราะห์ดินก่อนปลูกเพื่อทราบปริมาณธาตุอาหารในดิน และพิจารณาสูตรปุ๋ยและอัตราที่ควรใส่อย่างเหมาะสม ควรใส่ปุ๋ยเมื่อดินมีความชื้น ไม่ควรใส่ปุ๋ยในระยะข้าวโพดออกดอกหรือติดเมล็ดแล้ว เพราะไม่ทำให้ผลผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพิ่มและยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงการใส่ปุ๋ยอาจเห็นผลไม่ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ตัวอย่างการขาดธาตุอาหาร เช่น ขาดธาตุไนโตรเจน ใบล่างจะมีสีเหลืองซีด โดยเริ่มที่ปลายใบก่อนแล้วลามไปสู่ใบยอด มักเกิดในสภาพน้ำขังหรือที่ที่มีการชะล้างมาก ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และไม่มีการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์จากพืชหรือสัตว์

1) คำแนะนำปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำแนะนำปุ๋ยเคมีสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร (2553) แนะนำการใส่ปุ๋ยโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง เพื่อให้มีธาตุอาหารเพียงพอกับการสร้างผลผลิตตลอดระยะเวลาการเจริญเติบโต ดังนี้

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

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

ข้อแนะนำ ควรใส่ปุ๋ยพร้อมกับการกำจัดศัตรูพืชเมื่อข้าวโพดอายุได้ 20-35 วัน หรือสูงแค่เข่า 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 ดินเหนียวสีน้ำตาล 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

การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพราะการวิเคราะห์ดินช่วยให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปริมาณปุ๋ยที่จะต้องใส่ ซึ่งคำแนะนำมีอยู่หลายแบบ เช่น คำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คำแนะนำของสถาบันวิจัยพืชไร่ หรือคำแนะนำของปุ๋ยสั่งตัด สามารถศึกษาและเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม

คำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2553) เป็นคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน จากการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการซึ่งจะให้คำแนะนำมาเป็นช่วงคำแนะนำ คำแนะนำอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจากการวิเคราะห์อินทรียวัตถุ ถ้าอินทรียวัตถุน้อยกว่า 1% ให้ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปุ๋ยไนโตรเจน 20 กิโลกรัมต่อไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งในกรณีที่ค่าวิเคราะห์ดินของปุ๋ยฟอสฟอรัสมีค่าสูงกว่า 15 mg P kg^{-1} ตามคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 0 ถึง 5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้เลือกใส่ที่ 5 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อให้แน่ใจว่าข้าวโพดได้รับอาหารเพียงพอ แล้วจึงพิจารณาลดลงในฤดูต่อไป แต่ไม่ควรที่จะไม่ใส่เลย ในกรณีคำแนะนำของปุ๋ยโพแทสเซียมก็เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 2.4)

ตารางที่ 2.4 คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน

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

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2553)

นอกจากนี้สถาบันวิจัยพืชไร่ (2548) ยังให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งพิจารณาจากปริมาณและระดับของอินทรียวัตถุในดินและตามชนิดกลุ่มดิน ซึ่งให้คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนตามช่วงของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เป็นการให้คำแนะนำตามชนิดของกลุ่มดินที่พบส่วนใหญ่ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด โดยนำองค์ประกอบที่เป็นปัจจัยกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุไนโตรเจนในดิน หรือเป็นปัจจัยจำกัดด้านศักยภาพดิน ทั้งในปัจจัยทางเคมี ทางกายภาพ การเขตกรรมมาพิจารณากำหนด 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) x 1.724

ที่มา : สถาบันวิจัยพืชไร่ (2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยอินทรีย์

คำแนะนำการใช้ปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (2548b) 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

2.8 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3

พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดี เป็นปัจจัยที่สำคัญข้อหนึ่งที่จะได้ผลผลิตคุณภาพดี คือมีปริมาณฝักเสียไม่ได้มาตรฐานน้อย ตามความต้องการของโรงงานแปรรูป ขณะเดียวกันพันธุ์นั้น ก็ควรให้ผลผลิตสูง และง่ายต่อการจัดการของเกษตรกรผู้ปลูกด้วย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 เกิดจากการปรับปรุงพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ที่ได้วิจัยและปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ให้ผลผลิตสูง มีความทนแล้ง เพื่อใช้เป็นพันธุ์แนะนำให้เกษตรกรจนได้พันธุ์ที่มีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ มีลักษณะเด่นคือ ทนทานแล้งในระยะออกดอก 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 เซนติเมตร ความสูงของต้น 196 เซนติเมตร จำนวนฝัก 1 ฝักต่อต้น จำนวนแถวเมล็ด14 แถวต้อฝัก จำนวนเมล็ดต่อแถว 36 เมล็ด เปอร์เซ็นต์กะเทาะ 82.7% ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 เดิมมีชื่อรหัสเอ็นเอสเอ็กซ์ 492029 เป็นข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว เกิดจากการผสมข้ามระหว่างข้าวโพดลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 1 (พันธุ์แม่) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้ตากฟ้า 3 (พันธุ์พ่อ) (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2558)

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% ในสภาพขาดน้ำระยะออกไหม)	836	450
อายุออกดอกตัวผู้ (วัน)	54	53
อายุออกไหม (วัน)	55	54
อายุเก็บเกี่ยว (วัน)	110-115	110-120
ความสูงฝัก (cm)	110	141
ความสูงต้น (cm)	196	242
โรคราน้ำค้าง	ต้านทาน	อ่อนแอ
โรคราสนิม	ต้านทานปานกลาง	อ่อนแอปานกลาง

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ (2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ชุดดินหลักที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยกระจายออกไปอยู่เกือบทุกภูมิภาคของประทศ ได้แก่จังหวัด เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก นครราชสีมา ชัยภูมิ สระบุรี ลพบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี สระแก้ว จันทบุรี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2557) ชุดดินหลักๆที่ใช้เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ดังนี้

ชุดดินโชคชัย (Chok Chai series : Ci) การจำแนกดิน Very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandiustox การกำเนิดดิน เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และเศษหินเชิงเขาของหินบะซอลต์ พบบนพื้นผิวเหลือจากการกร่อนซอยแบ่งสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-12 %การระบายน้ำ ดีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลางถึงเร็วการซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน A-Bt ลักษณะโดยทั่วไปและสมบัติดินของดินชุดดินโชคชัย เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้มมาก ดินล่างเป็นดินเหนียว สีแดงหม่นหรือสีแดงหม่นเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5) ในดินล่าง

ชุดดินปากช่อง (Pak Chong serie: Pc) การจำแนกดิน Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustollsการกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ลบริเวณเนินตะกอนรูปพัดสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 3-12 % การระบายน้ำ ดีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน Ap(A)-Bw-Ck ลักษณะทั่วไปและสมบัติดินชุดดินปากช่อง เป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 cm จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีดำ สีเทาเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีน้ำตาลเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และมีเม็ดปูนปน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม และมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและที่เชื่อมต่อกันหนาแน่น

ชุดดินลพบุรี (Lop Buri : Lb) การจำแนกดิน Very-fine, smectitic, isohyperthermic Typic Haplusterts การกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาที่มีแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นพวกมอนต์มอริลโลไนต์ ทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ลหรือตะพักเขาหินปูน สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1-5% การระบายน้ำ ดีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้าถึงปานกลางการซึมผ่านได้ของน้ำช้า การจัดเรียงชั้นดิน Ap-Bss-BCk ลักษณะทั่วไปและสมบัติของดินชุดดินลพบุรี เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีเทาเข้มมาก พบชั้นปูนมาร์ลในระดับลึก 80 ซม. ลงไป ในฤดูแล้งจะแตกระแหงเป็นร่อง กว้างกว่า 1 ซม. หรือมากกว่า ที่ความลึก 50 cm และรอยแตกนี้จะคงอยู่นาน จะพบรอยไถลและหน้าตัดดินมีมวลก้อนกลมปูนสะสมอยู่ทั่วไป ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลางถึงด่างจัด (pH 8.0-9.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียว สีดำหรือสีน้ำตาลปนเทา ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง pH 8.0

ชุดดินตาคลี (Takhli series : Tk) การจำแนกดิน Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls การกำเนิดดิน เกิดจากตะกอนน้ำพาทับถมอยู่บนชั้นปูนมาร์ลบริเวณเนินตะกอนรูปพัดสภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชัน 3-12 % การระบายน้ำ ดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้าถึงปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง การจัดเรียงชั้นดิน Ap(A)-Bw-Ck ลักษณะโดยทั่วไปและสมบัติดินของชุดดินตาคลี เป็นดินตื้นถึงชั้นปูนมาร์ลที่พบภายใน 50 cm จากผิวดิน ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแป้ง สีดำ สีเทาเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาเข้มมาก หรือสีน้ำตาลเข้มมาก ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง และมีเม็ดปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้มและมีสีขาวของผงปูนทุติยภูมิหรือปูนมาร์ล ปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ใต้ชั้นดินลงไปเป็นชั้นปูนมาร์ลสีขาวทั้งที่เป็นเม็ดและที่เชื่อมต่อกันหนาแน่น

ชุดดินน้ำพอง (Nam Phong series : Ng) การจำแนกดิน Loamy, siliceous, isohyperthermic Grossarenic Haplustalfs การกำเนิดเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน สภาพพื้นที่ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาดมีความลาดชัน 2-10% การระบายน้ำดีถึงค่อนข้างมาก การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน เร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำ เร็ว การจัดเรียงชั้น A-E-Bt ลักษณะทั่วไปของชุดดินน้ำพอง เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินทราย สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินทรายปนดินร่วน สีชมพู สีน้ำตาลซีดมาก มีสีเทาปนชมพู น้ำตาลซีด มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายในดินล่างลึกลงไป พบจุดประสีน้ำตาลแก่ เหลืองปนแดง หรือแดงปนเหลืองในดินชั้นล่างนี้ด้วย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

ชุดดินสตึก (Satuk series: Suk) การจำแนกดิน Fine-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Typic Paleustults การกำเนิดเกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดินสภาพพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-8 % การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลางถึงเร็ว พืชพรรณธรรมชาติเป็นป่าเต็งรัง การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่มักมีการปลูกพืชไร่ แพร่กระจายตามภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การจัดเรียงชั้นแบบ A-Bt ลักษณะและสมบัติดินเป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาเข้ม หรือสีน้ำตาลเข้ม ดินล่างเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินร่วนเหนียวปนทราย ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ทำการทดลอง 2 การทดลอง

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

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

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

3.1.1 การเก็บตัวอย่างดิน

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 เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดินโดยนำตัวอย่างดินบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และนำดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการวิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดิน ได้แก่ วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542) วิเคราะห์ HASN 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 และจงรักษ์, 2551) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen; TN) โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิเคราะห์อินทรียวัตถุ (Organic Matter; OM) โดยวิธี wet oxidation (Walkey and Black, 1934) วิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) โดยวิธี Ammonium acetate, pH 7 replaciement method (Peech *et al.*,1947) วิเคราะห์ Available Phosphorus (P) โดยสกัดด้วย Brayll 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, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 การทดลองในโรงเรือน

ทำการทดลองในโรงเรือน บริเวณดาดฟ้าชั้น 5 อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1) การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) โดยมีดินที่ใช้ในการทดลองจำนวน 6 ชุดดิน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ทรีตเม้นต์ที่ทำการทดลองมีดังนี้

ทรีตเม้นต์ที่ 1 ชุดดินโชคชัย (Ci-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ทรีตเม้นต์ที่ 2 ชุดดินปากช่อง (Pc-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ทรีตเม้นต์ที่ 3 ชุดดินลพบุรี (Lb-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ทรีตเม้นต์ที่ 4 ชุดดินตาคลี (Tk-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ทรีตเม้นต์ที่ 5 ชุดดินน้ำพอง (Ng-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
ทรีตเม้นต์ที่ 6 ชุดดินสตึก (Suk-N) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

โดยมีแผนผังการทดลองดังนี้

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

2) การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินที่ผ่านการผึ่งลมจนแห้ง ย่อยและคลุกเคล้าดินให้เข้ากัน ชั่งน้ำหนักดิน 15 กิโลกรัม ใส่ลงในกระถางขนาด 17 นิ้ว ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และจุลธาตุ ตามค่าวิเคราะห์ดินให้มีทุกกระถางปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด ผสมปุ๋ยกับดินก่อนบรรจุดินลงกระถาง

3) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

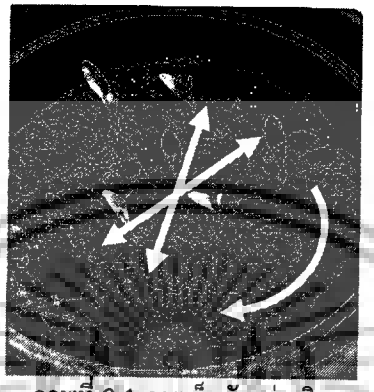
ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2557 ปลูกข้าวโพดจำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน ถอนแยกจนเหลือ 2 ต้นต่อกระถาง ให้น้ำและกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในระหว่างการปลูกให้น้ำแก่พืชที่ระดับความจุความชื้นสนามโดยคำนวณจาก 60% ของความจุความชื้นสนามของดินแต่ละชุดดิน การใช้น้ำของข้าวโพด และการระเหยน้ำ เก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อข้าวโพดมีอายุ 110 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเก็บข้อมูล

1) การเก็บตัวอย่างดิน

1.1) เก็บตัวอย่างดินในวันที่ 0, 3, 5, 10, 20, 30, 55, 90, 110 ของการปลูกพืช เก็บดินครั้งละประมาณ 2 soil tube โดยเก็บบริเวณริมขอบกระถาง 2 จุดตรงข้ามกัน และครั้งถัดไปจะเก็บวนรอบกระถางตามเข็มนาฬิกา (ภาพที่ 3.1)



ภาพที่ 3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

1.2) จากนั้นแบ่งดินเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นดินสดซึ่งจะนำมาวิเคราะห์ ค่า pH, HASN, NH_4^+ และ NO_3^- ส่วนที่ 2 นำมาผึ่งให้แห้งโดยลม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์ OM และ TN สำหรับส่วนที่ 2 วิเคราะห์เฉพาะในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

1.3) การวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ วัดค่า pH ของดินด้วย pH meter อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1 วิเคราะห์ HASN โดยวิธี Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) (Mulvaney and Khan, 2001 and Khan *et al.*, 2001) วิเคราะห์ OM ของดินด้วยวิธี wet oxidation Walkley and Black method (Walkey and Black, 1934) วิเคราะห์หาความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี Steam Distillation (Bremner, 1996) และ TN ในดินวิเคราะห์ด้วยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

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

2) การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและการเก็บตัวอย่างพืช

2.1) วัดการเจริญเติบโต เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วันโดยวัดความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นดินจนถึงใบที่เจริญเต็มที่ วัดเส้นรอบวงของต้น โดยวัดที่ระยะจากโคนต้นขึ้นมา 2.5 เซนติเมตร

2.2) การเก็บเกี่ยว ทำการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุประมาณ 110 วัน โดยเก็บฝักทุกฝักในกระถางบันทึกจำนวนฝักต่อต้น จากนั้นตัดลำต้นในส่วนเหนือดิน นำมาชั่งน้ำหนักสดของตอซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และน้ำหนักฝักในทุกกระถางที่ปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของตอซัง ฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างตอซังและเมล็ดที่อบแห้งแล้ว ด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช แล้วนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน การวิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แบ่งเป็น ไนโตรเจนในส่วนเหนือดิน และไนโตรเจนในเมล็ด และคำนวณการดูดดึงไนโตรเจนของพืช

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง

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

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

จากโครงการวิจัยระบุว่าการทดลองที่ 2 จะเลือกใช้ดิน 3 ชุดดิน จากทั้งหมด 6 ชุดดินของการทดลองที่ 1 มาใช้ในการทดลองได้แก่ ดินปากช่อง ดินน้ำพอง และดินตาคลี ซึ่งทั้ง 3 ชุดดินมีลักษณะที่แตกต่างกัน คือเป็น ดินเหนียวสีแดง ดินทราย และดินเหนียวสีดำ แต่การเก็บดินปากช่องมาใช้ในการทดลองไม่เพียงพอสำหรับการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องใช้เลือกใช้ดินชุดดินโชคชัย ซึ่งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียวสีแดงเช่นเดียวกับชุดดินปากช่องมาใช้ในการทดลอง

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 นำปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสามชนิดวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (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}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

นำดินที่ผ่านการผึ่งลมจนแห้งบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก ตำรับการทดลองละ 800 กรัม คลุกเคล้ากับปุ๋ยอินทรีย์ที่ชนิดและอัตราต่างๆ ตามที่แต่ละตำรับการทดลองกำหนด บรรจุดินลงในกระป๋องพลาสติกขนาด 1 ลิตร บ่มดินความจุความชื้นสนามเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยจะเก็บตัวอย่างดินวันที่ 0, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75, 90 ของการบ่มดิน แบ่งเป็นดินสดสำหรับการวิเคราะห์ค่า pH, HASN, NH_4^+ และ NO_3^- ดินแห้งสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ OM และ TN ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดิน

2) การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

นำดินที่เก็บแบ่งเป็นดินสดนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการหาค่าวิเคราะห์ต่างๆ 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 of ignition (Wilke *et al.*, 2005) วิเคราะห์ HASN โดยวิธี ISNT (Mulvaney and Khan, 2001; Khan et al., 2001) วิธีวิเคราะห์แสดงในภาคผนวก ก

3) ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดนครราชสีมา ใช้แหล่งของปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด คือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค นำมาวิเคราะห์ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Richards, 1954) วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Loss of Ignition (LOI) วิเคราะห์ Total N โดยวิธี Micro-Kjeldahl method (Jackson, 1965) วิเคราะห์ HASN 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 นำดินชุดดินน้ำพอง มาบ่มร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ ปุ๋ยมูลโค 2 อัตรา คือ 150 และ 300 mg N kg^{-1} ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ การวางแผนการทดลอง ขั้นตอนในการบ่มดิน และวิเคราะห์ดินทำเช่นเดียวกับการทดลองในชุดดินโชคชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินตาคลี

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

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละตำรับการทดลอง

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), 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 ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินตารางภาคผนวกที่ 1 มีค่าเท่ากับ 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} กลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มของดินน้ำพองและดินสตึกมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนและดินทราย 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 สมบัติทางกายภาพของดินที่ใช้ในการทดลอง 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

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 ดินตาคลีดินลพบุรี ดินปากช่อง ดินโชคชัย และต่ำสุดคือดินน้ำพอง มีค่าเท่ากับ 3.07, 2.93, 2.91, 2.59, 2.16 และ 0.58 g kg^{-1} ตามลำดับ ความเข้มข้นของ HASN, NH_4^+ และ NO_3^- สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และต่ำที่สุดคือดินน้ำพอง โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ HASN 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) จากค่าวิเคราะห์ดิน จะเห็นได้ว่าดินปากช่องมีปริมาณ OM สูงที่สุด แต่กลับพบ TN ในปริมาณที่ต่ำกว่าดินสตึก ดินตาคลี ดินลพบุรี การวิเคราะห์ TN คือการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดหมายรวมถึงอินทรีย์และอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สามารถย่อยด้วยกรดเข้มข้น ซึ่งวัตถุต้นกำเนิด เศษซากพืช และการใส่ปุ๋ย ส่งผลต่อปริมาณ TN ในดิน แต่ปริมาณ OM ของทั้ง 6 ชุดดินค่อนข้างสอดคล้องกับปริมาณ HASN, NH_4^+ และ NO_3^- คือพบสูงสุดในดินปากช่อง ต่ำสุดในดินน้ำพอง และดินอื่นๆมีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงให้เห็นว่าปริมาณอินทรียวัตถุและอนินทรีย์ไนโตรเจนอาจมีความสัมพันธ์กัน

ตารางที่ 4.2 สมบัติทางเคมีบางประการของดินที่ใช้ในการทดลอง ชุดดินโชคชัย (Ci) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินลพบุรี (Lb) ชุดดินตาคลี (Tk) ชุดดินน้ำพอง (Ng) ชุดดินสตึก (Suk)

Soil Properties	Ci	Pc	Lb	Tk	Ng	Suk
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 (g kg^{-1})	2.16	2.59	2.91	2.93	0.58	3.07
HASN (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
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
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

จากปริมาณธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 2.3) (ปัทมา, 2547) พบว่า ดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินสตึก ดินน้ำพอง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ ไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เว้นแต่ปริมาณแคลเซียมในดินลพบุรีและดินตาคลี และปริมาณแมงกานีสในดินโชคชัยและดินปากช่อง ที่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.1.2 การเปลี่ยนแปลง ค่าปฏิกิริยาดิน (pH), Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-) และ Net mineralization (NM)

1) การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดิน (pH)

ค่า pH ของดินที่ 0 วัน ซึ่งเป็นค่า pH เมื่อเริ่มต้นการทดลองของดินทั้ง 6 ชุดดิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของที่ 0 วัน และ 110 วัน (ΔpH) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และปริมาณ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

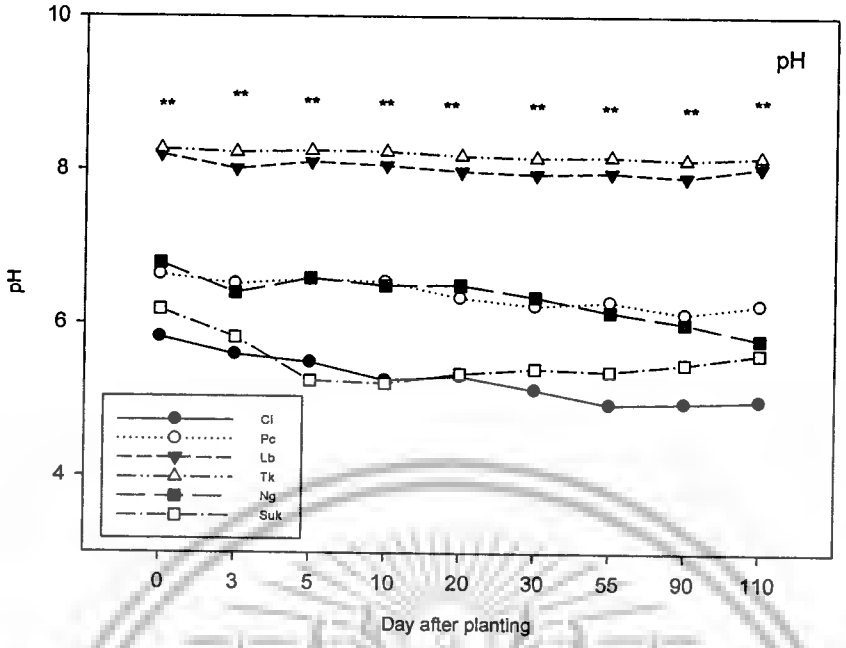
Soil	pH			HASN (mg N kg^{-1})		
	0 day	110 day	ΔpH	0 day	110 day	ΔHASN
Ci	5.82b	4.99d	0.83a	63.08b	12.32e	50.76ab
Pc	6.64bc	6.25b	0.39ab	75.41a	19.60c	55.81a
Lb	8.19a	8.04a	0.16b	58.03b	28.27a	29.76c
Tk	8.26a	8.17a	0.10b	57.87b	25.57b	32.29c
Ng	6.78b	5.80c	0.98a	23.30c	8.39f	14.91d
Suk	6.18cd	5.61c	0.58ab	62.34b	17.55d	44.79b
CV (%)	1.58	1.99	6.44	9.09	5.15	12.32
F-test						
Soil	**	**	*	**	**	**

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.

การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน มีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลองในทุกชุดดิน เนื่องจากเกิดกระบวนการ nitrification ในขั้นตอนการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- ในกระบวนการนี้จะปลดปล่อย H^+ ออกมา ทำให้ค่า pH ลดลง (ยงยุทธและคณะ, 2556) (ภาพที่ 4.1) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ดินตาคลีมีค่าเฉลี่ยค่า pH สูงสุด รองลงมาคือ ดินลพบุรี ดินน้ำพอง ดินปากช่อง ดินสตึก และดินโชคชัย มีค่าเฉลี่ยค่า pH ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยค่า pH เท่ากับ 8.26, 8.19, 6.78, 6.64, 6.18 และ 5.82 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยค่า pH ของดินตาคลีและดินลพบุรี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.3) ในวันที่ 110 ของการทดลอง ดินตาคลีมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือดินลพบุรี ดินปากช่อง ดินน้ำพอง ดินสตึก และดินโชคชัย มีค่าเฉลี่ยค่า pH ต่ำที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยค่า pH เท่ากับ 8.17, 8.04, 6.25, 5.80, 5.61 และ 4.99 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) เมื่อพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง (ΔpH, ค่า pH วันที่ 0 ลบด้วยวันที่ 110) พบว่า ดินน้ำพองมีการลดลงของค่า pH สูงที่สุด รองลงมาคือชุดดินโชคชัย ดินสตึก และดินปากช่อง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินดินลพบุรี และดินตาคลี สามารถจัดลำดับ ΔpH ได้ดังนี้ Ng>Ci>Suk>Pc>Lb>Tk โดยมีค่า ΔpH เท่ากับ 0.98, 0.83, 0.58, 0.39, 0.16 และ 0.10 ตามลำดับ

จากค่า ΔpH ของดิน จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของดินทราย ได้แก่ดินน้ำพอง และดินสตึก รวมถึงดินโชคชัย และดินปากช่อง ซึ่งเป็นดินเหนียว มีปริมาณ OM ต่ำ มีค่า CEC ปานกลาง (ตารางที่ 4.2) มีการเปลี่ยนแปลงค่า ΔpH สูงกว่าดินตาคลี และดินลพบุรี ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินตาคลีและดินลพบุรี มีอินทรียวัตถุสูงและมีค่า CEC ปานกลางถึงสูง ช่วยเพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (buffer capacity) เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินมีจำนวนประจุลบอยู่เป็นจำนวนมาก สามารถจะดูดซับไอออนบวกที่มาจากกระบวนการ nitrification ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุสูงสามารถต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ได้ดีกว่าดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)

2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ในดิน

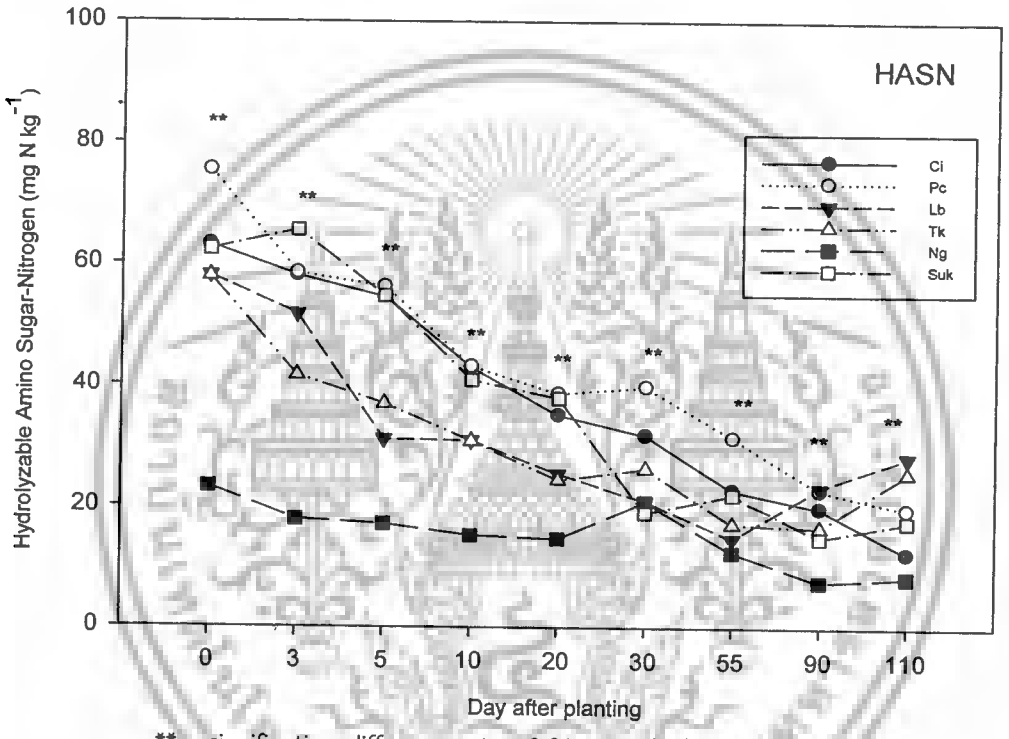
การเปลี่ยนแปลงของ HASN ในดินทั้ง 6 ชุดดิน พบว่า ชุดดินมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นและการเปลี่ยนแปลง HASN (ΔHASN, ผลต่างของ HASN วันที่ 0 และวันที่ 110 ของการทดลอง) ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่งผลให้ปริมาณ HASN ในทุกชุดดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (ภาพที่ 4.2) โดยปริมาณ HASN ในทุกชุดดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงวันที่ 0-10 จากนั้นเริ่มมีแนวโน้มลดต่ำลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.2) เว้นแต่ชุดดินตาคลี และดินลพบุรี ที่ HASN มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในช่วงท้ายการทดลองอาจเนื่องจากเป็นอินทรียวัตถุในส่วนที่สลายตัวได้ยาก ประกอบกับดินตาคลีและดินลพบุรีเป็นดินด่างมีค่า pH สูง ไม่เหมาะสมแก่การย่อยสลายอินทรียวัตถุ

ปริมาณค่าเฉลี่ย HASN ในวันที่ 0 สูงสุดในดินปากช่อง และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่น ๆ รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN ในแต่ละชุดดิน เท่ากับ 75.41, 63.08, 62.34, 58.03, 57.87 และ 23.30 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ย HASN ระหว่างดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี และ ดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (110 วัน) พบ ค่าเฉลี่ย HASN สูงสุดในดินลพบุรี แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดดินอื่น ๆ ($p \leq 0.01$) รองลงมาคือตาคลี ดดินปากช่อง ดินสตึก ดินโชคชัย และดินน้ำพองมีปริมาณ HASN ต่ำสุด ค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN เท่ากับ 28.27, 25.57, 19.60, 17.55, 12.32 และ 8.39 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ HASN (ΔHASN, ปริมาณ HASN ที่ 0 วันลบด้วยวันที่ 110) พบว่า ชุดดินปากช่อง มีการเปลี่ยนแปลง HASN มากที่สุด รองลงมา คือ ชุดดินโชคชัย ดินสตึก ดินน้ำพอง ตาคลี และลพบุรี ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตามการลดลงของ ΔHASN ในชุดดินตาคลีและลพบุรีไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นว่า ชุดดินปากช่อง โชคชัย สตึก สามารถเกิด mineralization ได้สูงกว่าดินตาคลีและลพบุรี ซึ่งมี pH เป็นด่างและเนื้อดินเป็นดินเหนียว และดินน้ำพองที่มีปริมาณ OM และ TN ต่ำ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) แม้ว่าดินโชคชัยและดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินร่วนและดินเหนียวแต่มีความสามารถในการระบายน้ำและอากาศได้ดีเพราะเป็นดินออกซิซอลส์ ซึ่งเป็นดินที่มีการสะสมออกไซด์ของ Fe และ Al ในปริมาณสูง เนื้อดินเป็นดินเหนียวค่อนข้างจัดหรือจัด แต่มีโครงสร้างดีมาก ดินมีความร่วนซุยสูง (เอิบ, 2542) ดังนั้นดินร่วนและดินเหนียวสีแดงจึงระบายอากาศได้ดี จึงทำให้เกิด mineralization ได้สูง ในขณะที่ดินสตึกสามารถเกิด mineralization ได้สูงอาจเนื่องจากมีเนื้อดินเป็นดินทราย ซึ่งสามารถระบายน้ำและอากาศได้ดีเช่นกัน นอกจากนี้ดินสตึกยังมีปริมาณ OM ใกล้เคียงกับดินปากช่อง (ตารางที่ 4.2)



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

ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสมบัติของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง HASN 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 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็ส่งผลต่อ กระบวนการ N mineralization ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน มีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน (อัจฉรา, 2549) สมบัติดินมีผลต่อการ mineralization โดยเฉพาะค่า pH ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายพืชให้กลายเป็นอินทรียวัตถุจะอยู่ในช่วง 6.0–6.5 เนื่องจาก pH ดังกล่าวเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) การที่พบปริมาณค่าเฉลี่ย HASN ในวันแรกของการทดลองในชุดดินปากช่องสูงที่สุด แม้ว่าค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองดินตาคลีและดินลพบุรี มี TN สูงกว่าดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปากช่อง (ตารางที่ 4.2) อาจเนื่องจาก ในดินปากช่องมี OM สูงกว่าดินตาคลีและดินลพบุรี แสดงให้เห็นว่า OM มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง HASN มากกว่าปริมาณ TN (ตารางที่ 4.2) ในดินน้ำพองมีปริมาณ OM ต่ำสุด จึงทำให้เกิด mineralization ได้ต่ำที่สุด (ตารางที่ 4.3) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าดินที่มีความสามารถระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีและมีสมบัติเป็นกรด (ดินสตึก ดินโชคชัย และดินปากช่อง) มีแนวโน้มเกิด mineralization ได้ดีกว่าดินเหนียวที่มีสมบัติเป็นด่าง (ดินลพบุรี และตาคลี)

3) การเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ในดิน

การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ชุดดินแต่ละชุดดินมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.4) จึงทำให้ปริมาณ NH_4^+ ในทุกชุดดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (ภาพที่ 4.3) โดยการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลง HASN (ภาพที่ 4.2) คือปริมาณ NH_4^+ ทั้ง 6 ดิน จะมีค่าสูงในวันที่ 0-5 ของการทดลองและมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.3) การที่ NH_4^+ ลดลงอาจเกิดจากปฏิกิริยา nitrification ซึ่งเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_3^- และการดูดใช้ NH_4^+ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

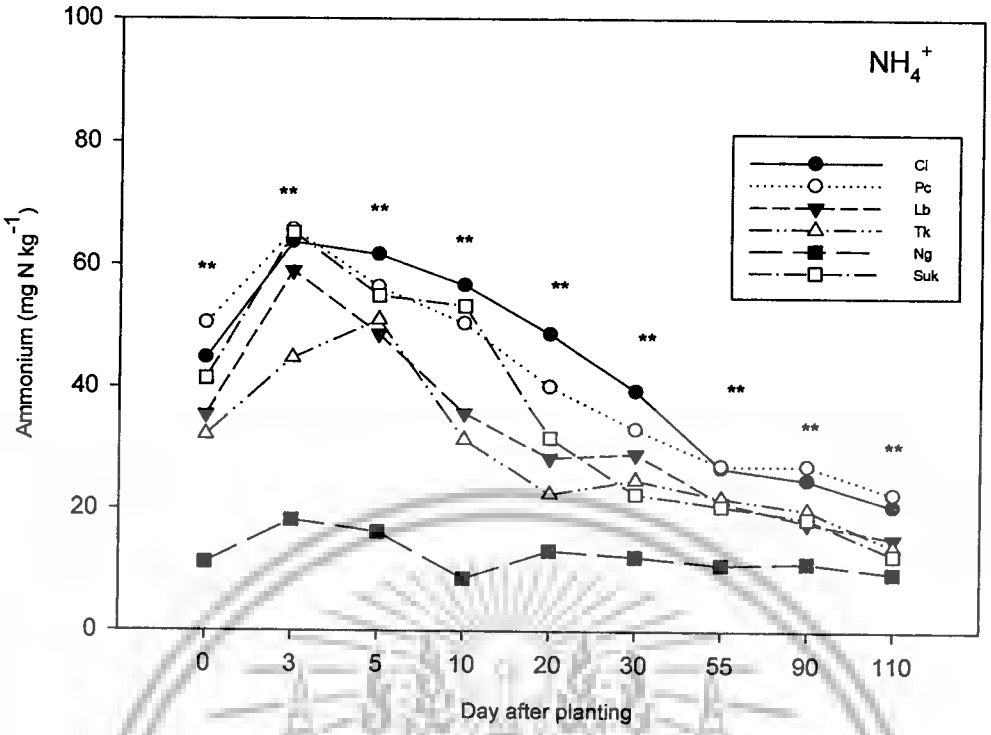
ตารางที่ 4.4 ปริมาณ Ammonium (NH_4^+) และ Nitrate (NO_3^-) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

soil	NH_4^+ (mg N kg^{-1})		NO_3^- (mg N kg^{-1})	
	0 day	110 day	0 day	110 day
Ci	44.76b	20.55ab	5.64ab	14.69a
Pc	50.42a	22.55a	7.63a	12.27ab
Lb	35.46b	15.25bc	2.98b	16.90a
Tk	32.15e	13.92c	2.65b	13.26ab
Ng	11.24f	9.59c	2.32b	8.26b
Suk	41.40c	12.58c	3.98ab	10.92ab
CV (%)	2.90	2.19	4.80	2.52
F-test				
Soil	**	**	ns	ns

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 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีความเข้มข้น NH_4^+ เท่ากับ 50.42, 44.76, 41.40, 35.46, 32.15 และ 11.24 mg N kg^{-1} ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินลพบุรี ดินตาคลี ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ เท่ากับ 22.55, 20.55, 15.25, 13.92, 12.58 และ 9.59 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ ของดินโชคชัยและดินปากช่องไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NH_4^+ ของดินลพบุรี ดินตาคลี ดินสตึกและดินน้ำพองไม่แตกต่างทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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

ภาพที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)

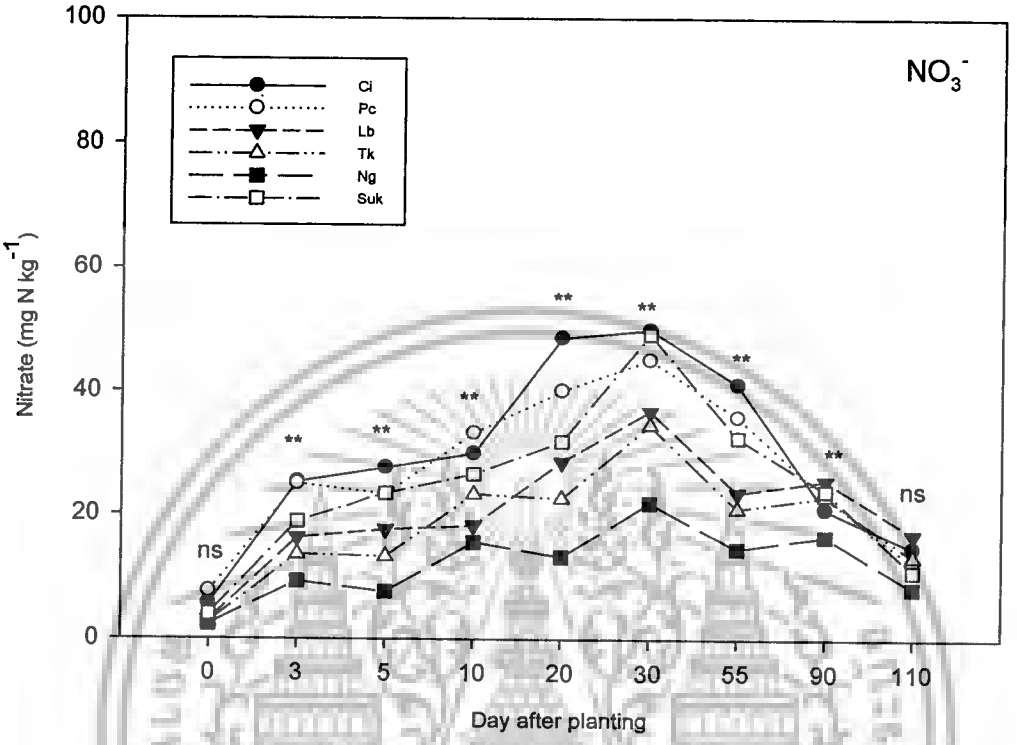
จากภาพที่ 4.3 รูปแบบการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของทุกชุดดินคล้ายคลึงกัน ตลอดระยะเวลาการปลูกพืช ทั้ง 6 ชุด มีความเข้มข้น NH_4^+ ในช่วงแรกของการทดลองแตกต่างกันเล็กน้อย ยกเว้นชุดดินน้ำพองซึ่งมี NH_4^+ ต่ำกว่าทรีตเม้นต์อื่น ๆ อย่างชัดเจน และเมื่อระยะเวลาในการทดลองเพิ่มขึ้น พบว่า ความเข้มข้น NH_4^+ ในทั้ง 6 ชุด มีปริมาณใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 55 ของการปลูกพืช ในดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง มีความเข้มข้น NH_4^+ ต่ำ อย่างไรก็ตามปริมาณ TN จากค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของดินลพบุรีและดินตาคลีมีค่าใกล้เคียงกับดินโชคชัยและดินปากช่อง (ตารางที่ 4.2) แต่กลับพบความเข้มข้น NH_4^+ ต่ำกว่ามาก 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, 2551)

4) การเปลี่ยนแปลง Nitrate (NO_3^-) ในดิน

ความเข้มข้นของ Nitrate (NO_3^-) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน พบว่า ดินแต่ละชุดดินไม่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของ NO_3^- ในวันแรกของการปลูกพืชและเมื่อสิ้นสุดการทดลองความเข้มข้นของ NO_3^- ในแต่ละชุดดินไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ซึ่งส่งผลให้ความเข้มข้น NO_3^- ในวันแรกและวันสุดท้ายของการปลูกพืชไม่แตกต่างทางสถิติ (ภาพที่ 4.4) โดยการเปลี่ยนแปลง NO_3^- จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ (ภาพที่ 4.4) เมื่อความเข้มข้น NH_4^+ ลดลง ความเข้มข้นของ NO_3^- จะเพิ่มขึ้น ดินทั้ง 6 ดิน ความเข้มข้น NO_3^- เพิ่มขึ้นในวันที่ 3-30 ของการปลูกพืช และมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 55 ของการปลูกพืช อาจเกิดจากการดูดใช้ของพืช (ภาพที่ 4.4) จากรายงานของ Griffith (2006) พบปริมาณร้อยละของธาตุไนโตรเจนที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดูดใช้ในแต่ละช่วงอายุ 25,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50, 75, 100 และ 125 วัน ข้าวโพดดูดใช้ TN เท่ากับ 8, 35, 31, 20 และ 6% สอดคล้องกับการลดลงของ NO_3^- ในวันที่ 55 ของการทดลองเพราะข้าวโพดเข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์ (reproductive stage) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนในปริมาณสูงขึ้น



ภาพที่ 4.4 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)

ในวันที่ 0 พบความเข้มข้น NO_3^- สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NO_3^- เท่ากับ 7.63, 5.64, 3.98, 2.98, 2.65 และ 2.32 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามดินปากช่อง มีความเข้มข้น NO_3^- แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับดินตาคลี ดินลพบุรี และดินน้ำพอง (ตารางที่ 4.4) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบความเข้มข้น NO_3^- สูงสุดในดินลพบุรี รองลงมาคือดินโชคชัย ดินตาคลี ดินปากช่อง ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยความเข้มข้น NO_3^- เท่ากับ 16.90, 14.69, 13.26, 12.27, 10.92 และ 8.26 mg N kg^{-1} (ตารางที่ 4.4)

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 (ภาพที่ 4.4) Hernandez *et al.*, (2002) ศึกษาอัตราการ mineralization ของไนโตรเจนในดินเนื้อปูนโดยบ่มดินด่างร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียเป็นเวลา 20 สัปดาห์พบว่าอัตราการ mineralization ลดลงอย่ารวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการบ่ม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งสิ้นสุดทดลอง ซึ่ง N mineralization ที่ลดลงเกิดจากกระบวนการ volatilization และ denitrification ทำให้สูญเสียไนโตรเจนในรูปของก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

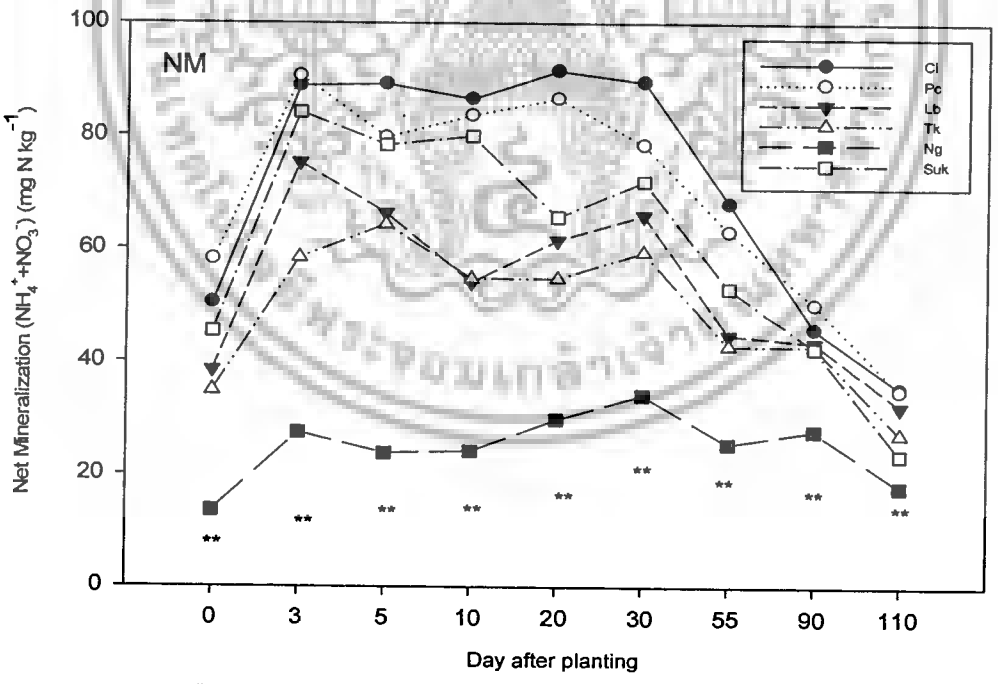
5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM) ในดิน

Net mineralization (NM) คือ ผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- ในดินทั้ง 6 ชุดดิน พบว่า ชุดดิน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง NM ทั้งในวันแรกและวันที่ 110 ของการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.5) จึงทำให้ปริมาณ NM ในทุกชุดดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาที่ปลูกข้าวโพด (ภาพที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 Net Mineralization (NM) ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

soil	NM	
	0 day	110 day
Ci	50.39b	35.24a
Pc	58.05a	34.83a
Lb	38.44d	32.15ab
Tk	34.81d	27.18abc
Ng	13.56e	17.85c
Suk	45.38c	23.50bc
CV (%)	5.42	1.81
F-test		
Soil	**	**

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.



** = signification difference at p≤0.01 at each day after planting

ภาพที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลง NM ของดินทั้ง 6 ชุดดิน ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (110 วัน)

ปริมาณ NM ในทุกชุดดินแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ทั้งในวันแรกและวันสุดท้ายของการทดลอง (ตารางที่ 4.5) โดยปริมาณ NM ในทุกทรีตเม้นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกของการทดลอง (ภาพที่ 4.5) เป็นผลมาจากความเข้มข้นของ NH_4^+ ในช่วงแรก (ภาพที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3) และความเข้มข้นของ NO_3^- ในช่วงท้ายของการทดลอง (ภาพที่ 4.4)การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM) มักสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN (ภาพที่ 4.2) การเปลี่ยนแปลง NM ในดินทั้ง 6 ชุดดินพบว่า NM จะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 3-5 ของการทดลอง เนื่องจากความเข้มข้นของ NH_4^+ (ภาพที่ 4.3) และมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในวันที่ 10 ของการทดลอง จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 20 ของการทดลอง เนื่องจากเริ่มมี NO_3^- ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการ Nitrification (ภาพที่ 4.4) และมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 30 เนื่องจากการดูดใช้ธาตุอาหารโดยพืชซึ่งตรงกับระยะการเจริญเติบโตในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) และลดลงมากในช่วง 50-55 วัน เมื่อพืชเข้าสู่ระยะการผสมพันธุ์ (reproductive stage) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.5)

เมื่อเริ่มต้นการทดลองในวันที่ 0 พบปริมาณ NM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 58.05, 50.39, 45.38, 38.44, 34.81 และ 13.56 mg N kg^{-1} ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ในดินลพบุรี และดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 110 พบปริมาณ NM สูงสุดในดินโชคชัย รองลงมาคือดินปากช่อง ดินลพบุรี ดินตาคลี ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 35.24, 34.83, 32.15, 27.18, 23.50 และ 17.85 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณ NM ของชุดดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินลพบุรี และดินตาคลี ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.5)

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

1) การเปลี่ยนแปลง Organic Matter (OM) ในดิน

ปริมาณ Organic Matter (OM) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ปริมาณ OM ในแต่ละชุดดินแตกต่างกันตามสมบัติดินเริ่มต้น ชุดดินมีอิทธิพลต่อปริมาณ 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)

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลง Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ในวันที่ 0 และ 110 ของการปลูกพืช

soil	OM (g kg^{-1})			TN (g kg^{-1})		
	0 day	110 day	ΔOM	0 day	110 day	ΔTN
Ci	13.36e	9.34b	4.02b	2.59d	1.04c	1.54b
Pc	21.87a	17.75a	4.13b	2.16e	1.69a	0.48c
Lb	18.47c	8.64b	9.83a	2.91c	1.22b	1.69a
Tk	16.42d	10.19b	6.23b	3.08a	1.32b	1.76a
Ng	3.26f	2.63c	0.63c	0.58f	0.45d	0.13d
Suk	21.49b	16.22a	5.28b	3.07b	1.27b	1.81a
CV (%)	0	10.87	2.34	0	5.94	5.60
F-test						
Soil	**	**	**	**	**	**

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มต้นการทดลองพบค่าเฉลี่ยปริมาณ OM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือ ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี ดินโชคชัย และดินน้ำพอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OM เท่ากับ 21.87, 21.49, 18.47, 16.42, 13.36 และ 3.26 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) ในวันที่ 110 ของการทดลองพบค่าเฉลี่ยปริมาณ OM สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือดินสตึก ดินตาคลี ดินโชคชัย ดินลพบุรี และดินน้ำพอง ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OM เท่ากับ 17.75, 16.22, 10.19, 9.34, 8.64 และ 2.63 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ในดินปากช่องและดินสตึกไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยปริมาณ OM ในดินตาคลี ดินโชคชัย และดินลพบุรี ไม่แตกต่างทางสถิติ พบการเปลี่ยนแปลง OM (ΔOM) สูงสุดในดินลพบุรี รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินสตึก ดินปากช่อง ดินโชคชัย และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ย ΔOM เท่ากับ 9.83, 6.23, 5.28, 4.13, 4.20 และ 0.63 g kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลง OM (ΔOM) ของชุดดินตาคลี ดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

ค่า ΔOM แสดงให้เห็นว่า ชุดดินลพบุรี มีการเปลี่ยนแปลง OM สูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่นๆ รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินปากช่อง ดินโชคชัย ดินสตึก และดินน้ำพอง ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลง OM ในดินตาคลี และดินลพบุรี อาจเกี่ยวข้องกับการที่ดินตาคลี และดินลพบุรีเป็นดินที่มีการสะสมของเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ($CaCO_3$ และ $MgCO_3$) ในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทำให้อาจวิเคราะห์ OM ได้ในปริมาณสูง ในช่วงก่อนการทดลอง เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ OC จากรูป $CaCO_3$ และ $MgCO_3$ จึงทำให้พบ ΔOM สูงกว่าดินอื่น ๆ ในขณะที่ดินตาคลี และดินลพบุรีมีค่า ΔHN และ NH_4^+ ต่ำ อาจเนื่องจากทั้ง 2 ชุดดิน เกิดกระบวนการ volatilization ได้ง่าย

2) การเปลี่ยนแปลง Total Nitrogen (TN) ในดิน

เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ปริมาณ TN ในแต่ละชุดดินแตกต่างกันตามสมบัติดินเริ่มต้น ปริมาณ Total Nitrogen (TN) ในดินทั้ง 6 ชุดดิน ชุดดิน มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN, ผลต่างของ TN วันที่ 0 และวันที่ 110 ของการทดลอง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.6) ค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ทั้ง 6 ชุดดินมีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เมื่อเริ่มต้นการทดลองพบ TN สูงสุดในดินตาคลี รองลงมาคือ ดินสตึก ดินดินลพบุรี ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินน้ำพอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN เท่ากับ 3.08, 3.07, 2.91, 2.59, 2.16 และ 0.58 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบ TN สูงสุดในดินปากช่อง รองลงมาคือดินตาคลี ดินสตึก ดินลพบุรี ดินโชคชัย และดินน้ำพอง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN เท่ากับ 1.69, 1.32, 1.27, 1.22, 1.04 และ 0.45 g kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ในชุดดินตาคลี ดินลพบุรี และดินสตึก ไม่แตกต่างทางสถิติ พบการเปลี่ยนแปลง TN (ΔTN) สูงสุดในดินสตึก รองลงมาคือ ดินตาคลี ดินลพบุรี ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ย ΔTN เท่ากับ 1.81, 1.76, 1.69, 1.54, 0.48 และ 0.12 g kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6) จากผลการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ TN (ΔTN) ตลอดการทดลองของดินตาคลี ดินลพบุรี ในปริมาณสูงกว่าดินอื่น ๆ ซึ่งไม่สัมพันธ์กับปริมาณ NH_4^+, NO_3^- และ NM ที่พบในปริมาณต่ำ อาจเนื่องจากการระเหยของ NH_4^+ ในดินเนื้อปูนที่มีค่า pH สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตพืช

1) ความสูง

1.1) อายุ 30 วัน

ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 30 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในดินสตึกมีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุด แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) กับชุดดินอื่น ๆ รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินปากช่อง ดิน ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ (23.77, 23.28, 23.16, 21.98, 21.37 และ 21.26 เซนติเมตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของชุดดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของดินตาคลี และดินลพบุรี ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.7)

จะเห็นได้ว่าข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินน้ำพอง ตาคลีและลพบุรี มีความสูงของข้าวโพดต่ำกว่าทรีตเม้นต์อื่น ๆ อาจเนื่องจากดินน้ำพอง ตาคลีและลพบุรี มีการ 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 (ภาพที่ 4.3 และ 4.4) ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ตารางที่ 4.7 ความสูงและเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 30 และ 60 วัน

Soil	height 30 day (cm)	height 60 day (cm)	girth 30 day (cm)	girth 60 day (cm)
Ci	23.28b	123.81a	2.84a	4.40a
Pc	23.16b	120.69b	2.87a	4.29ab
Lb	21.26d	77.81c	2.62c	3.59c
Tk	21.37d	69.06d	2.68bc	3.66c
Ng	21.98c	64.28e	2.74b	3.59c
Suk	23.77a	119.39b	2.89a	4.20b
CV (%)	1.06	0.85	1.53	1.97
F-test				
Soil	**	**	**	**

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.

1.2) อายุ 60 วัน

ค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 60 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บาน โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่แตกต่างจากลำดับระดับค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ขณะที่มีอายุ 30 วัน พบว่าดินโชคชัยมีค่าเฉลี่ยความสูงสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินสตึก ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 123.81, 120.69, 119.39, 77.18, 69.06 และ 64.28 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อข้าวโพดอยู่ในระยะออกดอก ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินน้ำพองมีความสูงต่ำที่สุด เนื่องจากในดินน้ำพองมีปริมาณ HN ต่ำ จึงทำให้พบไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ (NH_4^+ และ NO_3^-) (ภาพที่ 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) ซึ่งจากระดับความสูงของข้าวโพดอายุ 60 วัน มีค่าเฉลี่ยความสูงของข้าวโพดต่ำกว่าเกณฑ์อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2) เส้นรอบวง

2.1) อายุ 30 วัน

ค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เมื่อมีอายุ 30 วัน ซึ่งข้าวโพดอยู่ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage)โดยจะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่า ดินสตึกมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง ดินโชคชัย ดินน้ำพอง ดินตาคลี และดินลพบุรี ตามลำดับ (2.89, 2.87, 2.84, 2.74, 2.68 และ 2.62 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) โดยค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชุดดินดินตาคลีและดินลพบุรีมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงน้อยที่สุด 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 ดินลพบุรี และดินตาคลี ตามลำดับ (4.40, 4.29, 4.20, 3.59, 3.59 และ 3.66 เซนติเมตร ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดินโชคชัยและดินปากช่องไม่แตกต่างทางสถิติ และค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงของดินน้ำพอง ดินลพบุรีและดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.7) สอดคล้องกับเส้นรอบวงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 30 วัน พบว่าชุดดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรีที่ มีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงน้อยที่สุดสอดคล้องกับปริมาณ 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 ดินสตึก ดินปากช่อง ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ตามลำดับ มีน้ำหนักเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

127.85, 106.63, 100.68, 97.74,82.05 และ 67.92 g pot^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของดินปากช่อง และดินสตึก ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของเมล็ด ลำต้น และน้ำหนัก 1000 เมล็ด ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Soil	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)
Ci	127.85a	119.13a	33.75a	16.13a	141.15a
Pc	100.68b	93.70b	35.54a	16.24a	154.27a
Lb	67.92d	61.15d	nd.	nd.	nd.
Tk	97.74dbc	88.95bc	nd.	nd.	nd.
Ng	82.05cd	75.31cd	nd.	nd.	nd.
Suk	106.63b	96.64b	39.90a	16.80a	157.64a
CV (%)	9.44	9.91	13.24	14.89	13.25
F-test					
Soil	**	**	ns	ns	ns

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

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดลี้ยงสัตว์สอดคล้องกับความสูงและเส้นรอบวงเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วัน รวมถึง HASN และ NH_4^+ ในดินตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง (ตารางที่ 4.7) ข้าวโพดมีอาการขาดธาตุไนโตรเจนโดยข้าวโพดมีใบเหลืองและลำต้นเตี้ย จึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยของ HN , NH_4^+ ความสูง และเส้นรอบวง ต่ำสุด และพบว่าทรีตเม้นต์ดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง มีค่าเฉลี่ยของ HN และ NH_4^+ ในวันที่ 110 ความสูงและเส้นรอบวงเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 30 และ 60 วัน ต่ำที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang *et al.*, (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินกับผลผลิตของกะหล่ำปลีเมื่อความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ผลผลิตของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้น

3.2) น้ำหนักแห้งของลำต้น

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเห็นได้ว่าไม่แตกต่างจากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของลำต้น เนื่องจากเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เมื่ออายุ 110 ซึ่งข้าวโพดแก่จัด ใบข้าวโพดเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าวและแห้งหมดแล้วทุกกระถาง อิทธิพลของดินทั้ง 6 ชุดดิน ทำให้น้ำหนักแห้งลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และมีแนวโน้มเหมือนกับน้ำหนักสดของลำต้น พบว่าดินโชคชัยมีน้ำหนักลำต้นแห้งสูงสุด รองลงมาคือ ดินสตึก ดินปากช่อง ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี มีน้ำหนักเท่ากับ 119.13, 96.64, 93.70, 88.95, 75.31และ 61.15 g pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

4) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ด

4.1) น้ำหนักสดของเมล็ด

จากการเก็บผลผลิตในวันที่ 110 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่มีเมล็ด (ภาพภาคผนวกที่ 4-6) เนื่องจากมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต การขาดไนโตรเจนในระยะที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร จะมีผลทำให้จำนวนแถวในฝักข้าวโพดลดลง (Arnon, 1975) และการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดและผลผลิตต่ำกว่าการใส่ปุ๋ย ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกข้าวโพดที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าวโพด (จันจิรา และคณะ, 2552; ธีระพงษ์ และคณะ, 2553) จากการทดลองจึงไม่มีค่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ดในชุดดินลพบุรี ดินตาคลี และดินน้ำพอง แสดงในตาราง สอดคล้องกับค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นที่ต่ำกว่าชุดดินอื่น ๆ จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งดินทั้ง 3 ชุดดิน ที่มีเมล็ด (ภาพภาคผนวกที่ 2, 3 และ 7) ซึ่งชุดดินไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าดินสตึก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง และดินโชคชัย ตามลำดับ (39.90, 35.54 และ 33.75 g pot^{-1} ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของเมล็ดของดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

4.2) น้ำหนักแห้งของเมล็ด

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 3 ชุดดิน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสด พบว่าดินสตึก มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง และดินโชคชัย ตามลำดับ (16.80, 16.24 และ 16.13 g pot^{-1}) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งของเมล็ดของดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินสตึก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

5) น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

จากค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 3 ชุดดินไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของเมล็ด พบว่าดินสตึกมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง และดินโชคชัย ตามลำดับ (157.64, 154.27 และ 141.15 g pot^{-1} ตามลำดับ) ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.8)

4.1.5 ไนโตรเจนในพืช

1) ไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้น

ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อิทธิพลจากดินทั้ง 6 ชุดดิน ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินลพบุรี มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นสูงสุด รองลงมาคือ ดินน้ำพอง ดินตาคลี ดินสตึก ดินปากช่อง และดินโชคชัย ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.35, 0.33, 0.31, 0.25, 0.21 และ 0.20 %N ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

จากการทดลองพบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงสุดในชุดดินลพบุรี ดินน้ำพอง และดินตาคลี อาจเนื่องจากทั้งสองชุดดินมีขนาดและน้ำหนักของลำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้นเล็กกว่าชุดดินอื่น ๆ (ตารางที่ 4.8) จึงทำให้มีความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นสูงกว่าชุดดินอื่น ๆ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของดินลพบุรี ดินน้ำพอง และดินตาคลี ไม่แตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นและเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Soil	TN shoot (%N)	TN seed (%N)
Ci	0.20c	1.15b
Pc	0.22bc	1.17b
Lb	0.34a	nd.
Tk	0.31a	nd.
Ng	0.26a	nd.
Suk	0.25b	1.44a
CV (%)	7.85	4.12
F-test		
Soil	**	**

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

2) ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด

เนื่องจากดินน้ำพอง ดินลพบุรี และดินตาคลี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกไม่มีเมล็ด จึงจำเป็นต้องศึกษา อิทธิพลของดินทั้ง 3 ชุดดิน ได้แก่ ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินสตึก ต่อค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าดินสตึก มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดสูงสุด รองลงมาคือ ดินปากช่อง และ ดินโชคชัย ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด เท่ากับ 1.44, 1.17 และ 1.15 %N (ตารางที่ 4.9) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของดินปากช่องและดินโชคชัย ไม่แตกต่างทางสถิติ

3) การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น

ดินทั้ง 6 ชุดดิน ไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 4.10) อย่างไรก็ตามการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของดินตาคลีและดินลพบุรีแตกต่างจากค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงของดินปากช่อง (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 การดูดดึงไนโตรเจนในลำต้น เมล็ด และการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Soil	Shoot uptake (g N pot^{-1})	Grain uptake (g N pot^{-1})	Total uptake (g N pot^{-1})
Ci	0.24ab	0.19a	0.43a
Pc	0.20b	0.21a	0.41a
Lb	0.27a	nd.	0.25b
Tk	0.28a	nd.	0.28b
Ng	0.25ab	nd.	0.22b
Suk	0.23ab	0.24a	0.49a
CV (%)	12.86	19.94	18.01
F-test			
Soil	ns	ns	**

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

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือจำหน่ายในรูปแบบใดๆ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ด

ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ดินทั้ง 3 ชุดดิน ที่มีเมล็ด ได้แก่ ดินโชคชัย ดินปากช่อง และดินสตึก พบว่าชุดดินไม่มีอิทธิพลต่อค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ตารางที่ 4.10)

5) การดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมด

ค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นผลรวมระหว่างการดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นและในเมล็ด (Shoot uptake+Grain uptake) จะเห็นได้ว่าดินทั้ง 6 ชุดดิน มีอิทธิพลต่อไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) พบว่าดินสตึก มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด รองลงมาคือ ดินโชคชัย ดินปากช่อง ดินตาคลี ดินน้ำพอง และดินลพบุรี ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งหมดเท่ากับ 0.48, 0.43, 0.41, 0.28, 0.25 และ 0.22 g N pot^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินสตึก ดินโชคชัย และดินปากช่อง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดินทั้ง 3 ชุดดินที่มีการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดต่ำ ได้แก่ ดินน้ำพอง ดินลพบุรี และดินตาคลี เนื่องจากค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นผลรวมระหว่างการดูดดึงไนโตรเจนในลำต้นและในเมล็ด แต่ทั้ง 3 ชุดดินที่กล่าวข้างต้นไม่มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนในเมล็ดมาเป็นผลรวม จึงส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่ำ

จากการวิเคราะห์ Total uptake ของไนโตรเจนพบว่า ดินสตึก ดินโชคชัย และดินปากช่อง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดดึง TN ได้สูงกว่าชุดดินอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เนื่องจากในชุดดินสตึก ดินปากช่อง และชุดดินโชคชัยมี HASN 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 Amino Sugar-Nitrogen (HASN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Net mineralization (NM), Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของ Hydrolyzable Nitrogen (HN), Ammonium (NH_4^+), Nitrate (NO_3^-), Net mineralization (NM), Organic Matter (OM) และ Total Nitrogen (TN) ต่อ น้ำหนักลำต้น น้ำหนักเมล็ด และการดูดดึงธาตุไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่าปริมาณ OM และ TN ในวันแรกของการทดลอง 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 ซึ่งจากการทดลองผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ HN, NH_4^+, NO_3^- และ NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) 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 มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับน้ำหนักสดเมล็ดเท่ากับ 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 $p \leq 0.05$ and ** = signification at $p \leq 0.01$, probability levels, respectively.

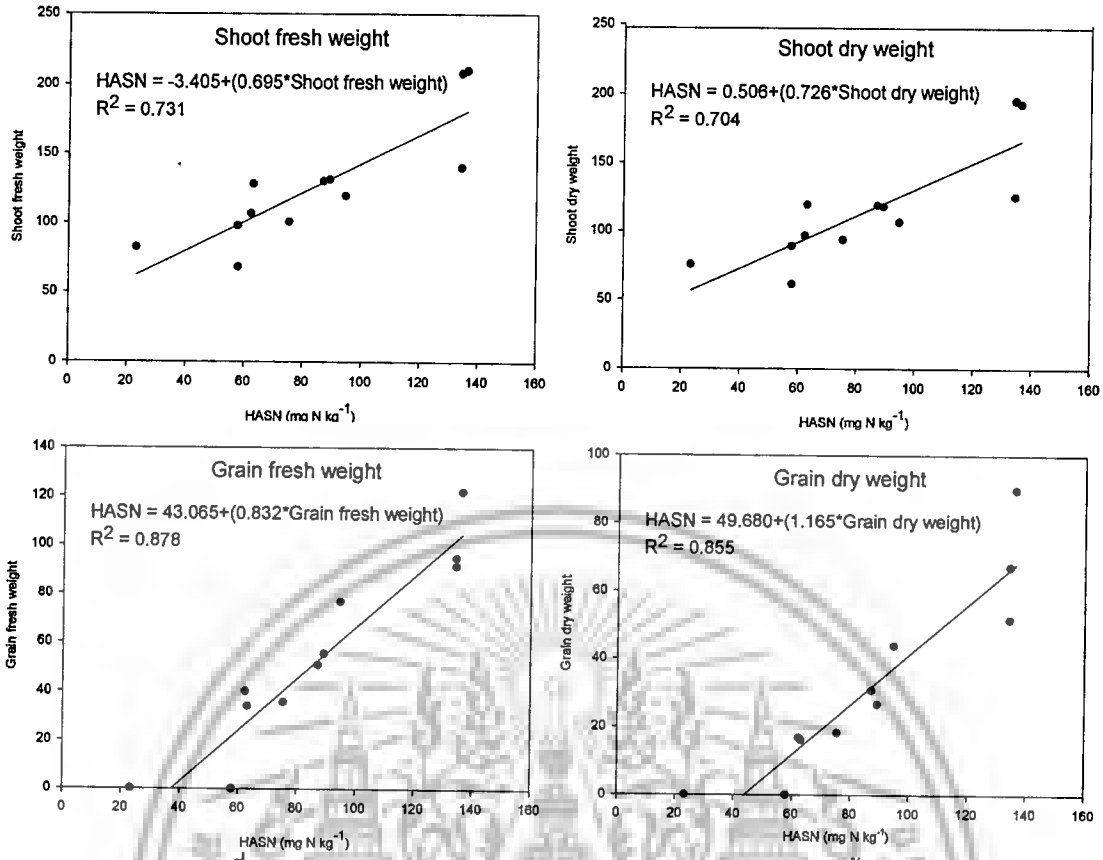
4.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อวิเคราะห์การถดถอยระหว่างปริมาณ HN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรง แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แสดงในตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.6 จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแสดงให้เห็นว่าปริมาณ HN กับน้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักสดเมล็ด และน้ำหนักแห้งเมล็ด สามารถใช้คาดคะเนปริมาณผลผลิตได้ 0.731**, 0.704**, 0.878** และ 0.855** ตามลำดับ โดย HN สามารถใช้ทำนายผลผลิตได้ดีกว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้น

ตารางที่ 4.12 สมการถดถอยเชิงเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HN ต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)

crop yields	Linear Regression Model	coefficient of determination (R^2) ($p \leq 0.01$)
Shoot fresh weight	y = -3.405+(0.695*Shoot fresh weight) ($p \leq 0.01$)	0.731**
Shoot dry weight	y = 0.506+(0.726*Shoot dry weight) ($p \leq 0.01$)	0.704**
Grain fresh weight	y = 43.065+(0.832*Grain fresh weight) ($p \leq 0.01$)	0.878**
Grain dry weight	y = 49.680+(1.165*Grain dry weight) ($p \leq 0.01$)	0.855**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ HASN กับผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

4.2.1 สมบัติดินเบื้องต้น

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

ตารางที่ 4.13 สมบัติพื้นฐานของดินที่ใช้ในการทดลอง

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 Amino Sugar-Nitrogen (HASN) (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} ปริมาณ OM ของดินโชคชัยและดินน้ำพองมีอยู่ในระดับต่ำ ส่วนในดินตาคลีมีอยู่ในระดับปานกลางมี OM เท่ากับ 14.10, 4.06 และ 33.62 g kg^{-1} ตามลำดับ ดินโชคชัยมีความเข้มข้น HASN, NH_4^+ และ NO_3^- มากกว่าดินตาคลีและดินน้ำพอง ซึ่งมีความเข้มข้นของ HASN, NH_4^+ และ NO_3^- อยู่ในปริมาณต่ำ ปริมาณ HASN ดินโชคชัย ดินตาคลีและดินน้ำพอง 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 ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของดินโชคชัย 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} ตวมลำดับโดยมีค่าสูงกว่าชุดดินน้ำพองซึ่งมีความเข้มข้น 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	EC (dS m^{-1})	OC (g kg^{-1})	C:N ratio	N	HASN	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	1.36
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 (2548b)

สำหรับธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากการวิเคราะห์พบว่ามี Total N, P และ K มีค่าเท่ากับ 29.12, 3.95 และ 1.34 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 ต่ำกว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณ OC 226.61 g kg^{-1} ขณะที่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมีปริมาณสูงกว่า (425.33 และ 551.46 g kg^{-1}) ค่า C:N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดแคบกว่าปุ๋ยชนิดอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 7.78:1 ปุ๋ยมูลไก่เท่ากับ 19.66:1 ปุ๋ยมูลโคมีค่า C:N ratio เท่ากับ 30.07:1 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจึงมีแนวโน้มสลายตัวได้เร็วกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ดังนั้นจึงพบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณ HASN สูงกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค โดยมีค่าเท่ากับ 13.64, 2.83 และ 0.97 g N kg^{-1} ตามลำดับ และยังพบว่าปริมาณ water soluble N ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณ HASN โดยมีปริมาณเท่ากับ 8.07, 0.71 และ 0.25 g N kg^{-1} ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยคอกอีก 2 ชนิด มีปริมาณ HASN คิดเป็นร้อยละ 46.80, 13.08 และ 5.29 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ตารางที่ 4.14)

อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษามีสมบัติตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 กรมวิชาการเกษตร (2548b) ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลโค และปริมาณโพแทสเซียมในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ค่า C:N ratio ในปุ๋ยมูลโคที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานเท่ากับ 30:1 (ตารางที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินโซคชัย

1) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินโซคชัยหลังการบ่มดิน

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดส่งผลให้มีค่า pH เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกเนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีค่า 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 ของชุดดินโซคชัยในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยทั้ง 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 (ภาพที่ 4.7) เนื่องจากมีกรดอินทรีย์สะสมจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ในช่วงแรกของการบ่มดิน แต่เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนมากสลายตัวกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้น pH ของดินจะมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุน้อยลง (มุกดา, 2544)

ตารางที่ 4.15 ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินโซคชัย

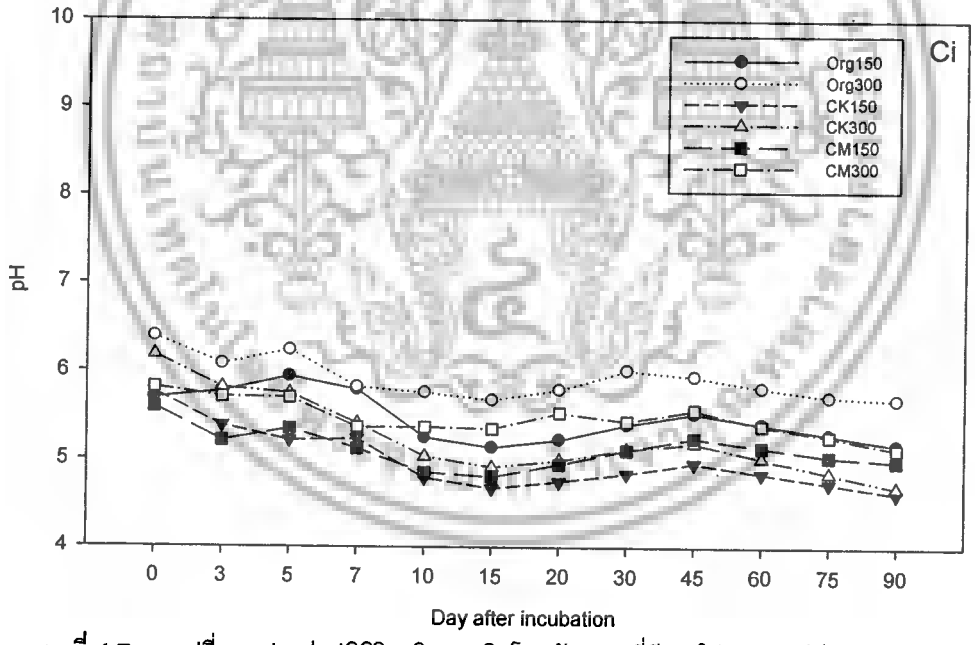
Source of organic fertilizers	rate	pH	
		0	90
Org	150	6.39a	5.68a
	300	5.69a	5.17b
CK	150	6.18a	4.68d
	300	5.76a	4.62d
CM	150	5.82a	5.12b
	300	5.60a	4.98c
Fertilizer source (F)			
Org		6.04a	5.42a
CK		5.97a	4.65c
CM		5.71a	5.05b
Nitrogen rate (R)			
150 mg N kg^{-1}		6.13a	5.61a
300 mg N kg^{-1}		5.68a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

Variable means within column followed by same letter are not significantly different ($p \le 0.01$) according to Duncan's Multiple Range test.
ns not signification, * signification at $p \le 0.05$ and ** signification at $p \le 0.01$, probability levels, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากขึ้นเนื่องจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอก จะทำให้มี CEC เพิ่มสูงขึ้นเป็นเหตุให้เพิ่มความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ซึ่งดินโซคชัยมีค่า CEC เท่ากับ 10.97 cmol kg^{-1} จึงสามารถต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ได้ (ยงยุทธ และคณะ , 2556) จึงทำให้มีค่า pH เปลี่ยนแปลงไปไม่มากนัก วันที่ 90 ของการบ่มดิน ค่าเฉลี่ย pH ของดินโซคชัยในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าเฉลี่ย pH สูงสุด รองลงมาคือ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 5.42, 5.05 และ 5.71 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

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 และพบปฏิสัมพันธ์ของชนิดปุ๋ย อัตราปุ๋ย และชนิดปุ๋ยกับอัตราปุ๋ย (ตารางที่ 4.15) ประกาศิต และคณะ (2552) ศึกษาการแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักเมื่อใส่ลงในดิน พบว่าปุ๋ยหมักชานอ้อยมีค่า pH เริ่มต้นเป็นกลาง จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนมีค่า pH 5.75 เป็นกรดปานกลาง เนื่องมาจากการย่อยสลายของอินทรียสารมักจะผลิตกรดอินทรีย์และอนินทรีย์ออกมาหรือมีการระเหยของแอมโมเนียไนโตรเจน หรือมีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน จากกระบวนการ nitrification ดังนั้นการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่สูงกว่าการผลิตกรดอินทรีย์ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายอินทรียสารจะส่งผลให้ดินมีค่า pH ต่ำกว่าในดินที่ไม่ใส่หรือใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราที่ต่ำกว่า



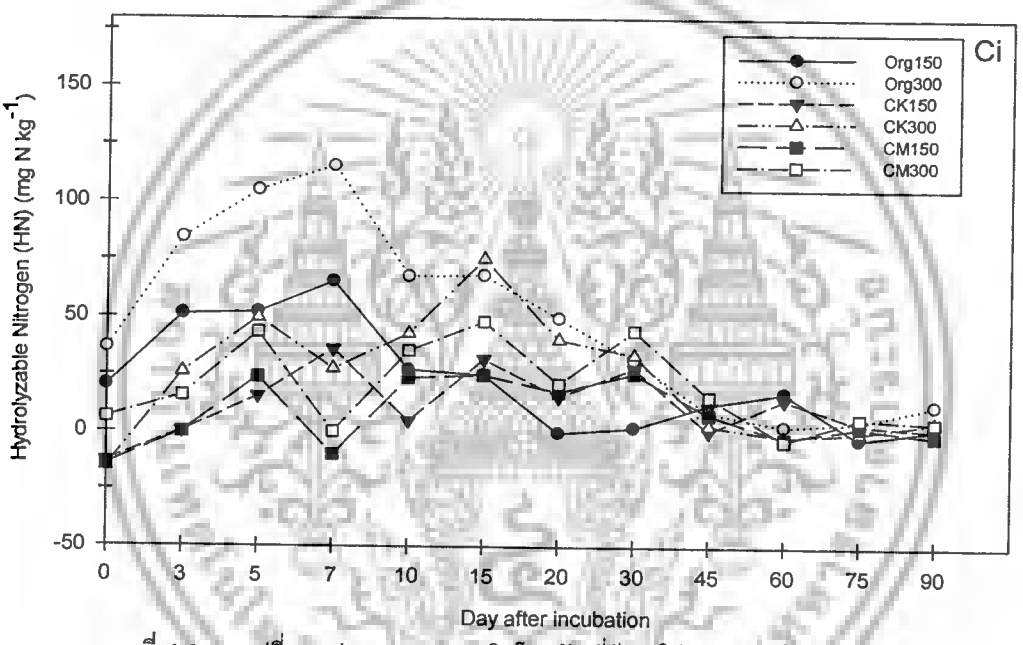
ภาพที่ 4.7 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินโซคชัย (Ci) ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ของดินโซคชัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง HASN ปริมาณ HASN ในทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ HASN ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบว่า การเปลี่ยนแปลง HASN ในทรีตเมนต์ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วง 3-7 วันของการบ่มดิน (ภาพที่ 4.8) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค HASN ในวันที่ 0-3 ของการบ่มดิน มีค่าติดลบ เนื่องจาก HASN ที่เกิดขึ้นในทรีตเม้นต์นั้นๆ มีปริมาณต่ำกว่า HASN ในทรีตเม้นต์ควบคุม อาจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคในช่วงแรกยังไม่สลายตัว จากค่า C:N ratio ของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.54:1และ 28.84:1 (ตารางที่ 4.16) วันที่ 0 ของการทดลองซึ่งอยู่ในช่วงที่อินทรียสารยังไม่สลายตัว จากนั้น HASN ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีแนวโน้มลดลงในช่วง 10-15 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มลดลงจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ HASN เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 ของการบ่มดิน และลดลงอีกในวันที่ 10 ของการบ่มดิน (ภาพที่ 4.8) การเพิ่มขึ้นของ HASN ทุกทรีตเม้นต์ในช่วงแรกอาจเนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ water soluble Nitrogen และปริมาณ HASN ในปุ๋ยอินทรีย์ (ตารางที่ 4.14) จากนั้นมีแนวโน้มลดลงจนสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบค่าเฉลี่ย HASN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดรองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค มีค่าเฉลี่ย HASN เท่ากับ 6.76, 2.98 และ 1.45 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 4.8)



ภาพที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินโชคชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

จากการที่ HASN มีแนวโน้มลดลงซึ่งเกิดจากการการเปลี่ยนแปลง HASN ไปเป็นไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์คือ NH_4^+ และ NO_3^- (รูปที่ 4.9 และ 4.10) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยของ HASN ในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับเริ่มต้นการทดลองจาก 28.43 mg N kg^{-1} เป็น 6.76 mg N kg^{-1} ในขณะที่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมี HASN เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้อย่างรวดเร็ว 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 วันพบว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 13 ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้พืชในช่วงระยะเวลาอันสั้นได้ดีกว่าปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio สูงกว่า 15 จะปลดปล่อยออกมาได้น้อย

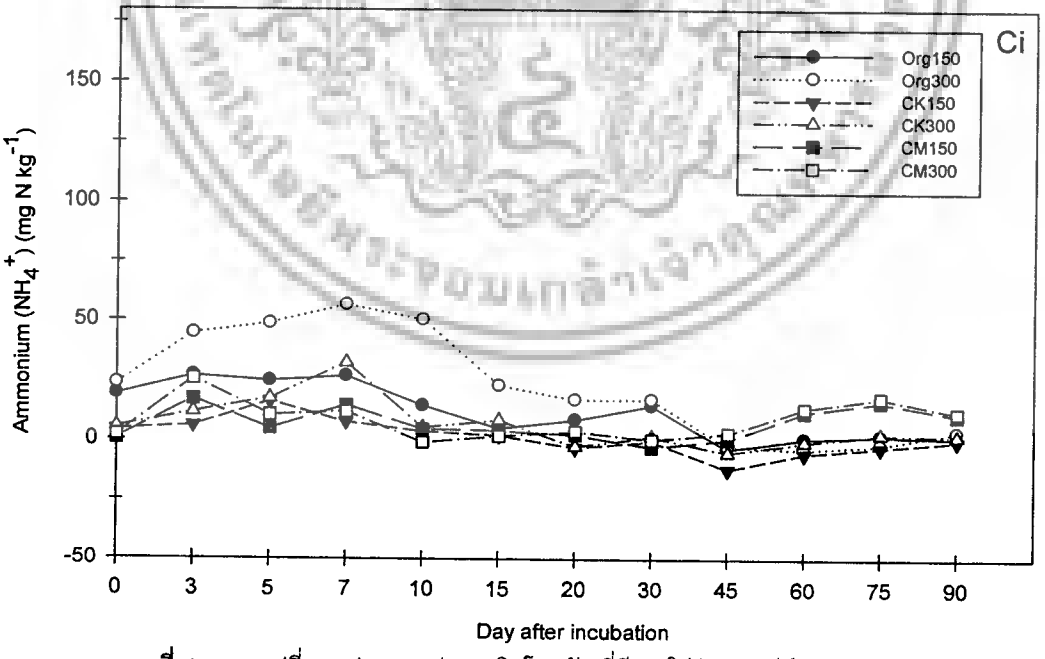
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณ HASN ในวันแรกของการบ่มดิน แต่พบว่าตลอดระยะเวลาของการบ่มดินการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้มี HN สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วง 45 วันแรกของการบ่มดิน หลังจาก 45 วันของกการบ่มดินพบว่าปริมาณ HN ในทั้ง 2 อัตรา มีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4.8)

3) การเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ของดินโชคชัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ปริมาณ NH_4^+ ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินโชคชัย (ภาพที่ 4.9) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ของการบ่มดินในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงสุด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 21.16, 4.72 และ 1.29 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ NH_4^+ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 5-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NH_4^+ เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 45-90 ของการบ่มดิน NH_4^+ ที่เพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคอาจเกิดจากสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากเริ่มปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ออกมา การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN (ภาพที่ 4.8) เมื่อ HASN เริ่มมีแนวโน้มลดลง NH_4^+ จะเพิ่มขึ้น เนื่องจาก HASN 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 (ภาพที่ 4.9) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้เร็ว รองลงมาคือปุ๋ยมูลไก่ แต่สำหรับปุ๋ยมูลโคมีสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากมากกว่าปุ๋ยมูลไก่



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

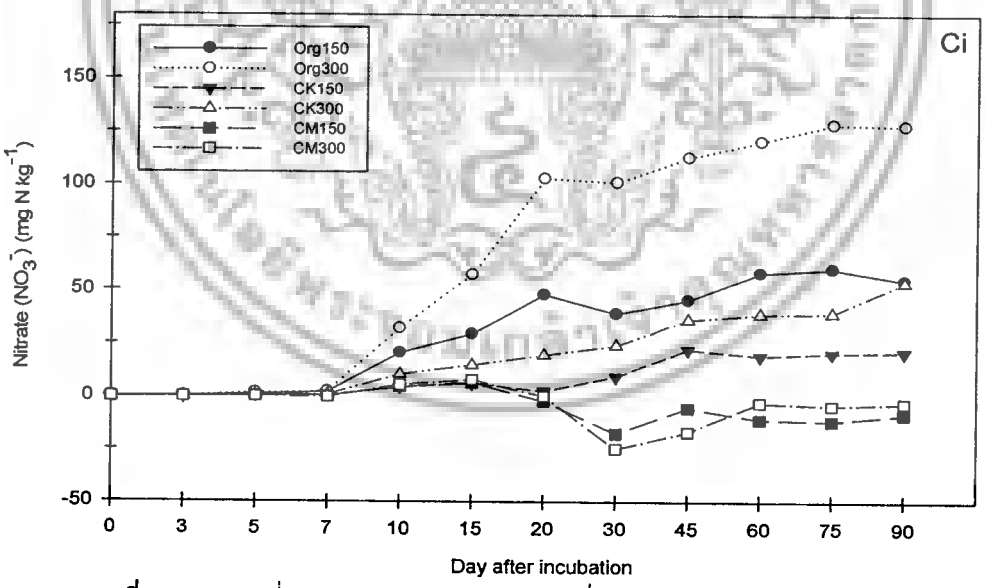
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา วันที่ 0 ของการบ่มดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} ตลอดระยะเวลาการบ่มดิน (ภาพที่ 4.9) จากการทดลองของ Chaoui *et al.* (2003) ที่พบว่าการบ่ม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินร่วมกับปุ๋ยมูลโคและเศษอาหาร ปริมาณ NH_4^+ มีค่าลดลงตามระยะเวลาการบ่มดิน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ ประกาศิต และคณะ (2552) พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักทุกชนิดและไม่ใส่ปุ๋ยหมักมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการบ่มดิน อาจเนื่องมาจาก NH_4^+ ถูกออกซิไดส์ไปเป็น NO_3^- โดยกระบวนการ nitrification นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักทุกชนิดทำให้ดินมีปริมาณ NH_4^+ สูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยหมัก แต่เนื่องจาก NH_4^+ มีการแปรสภาพไปเป็น NO_3^- เร็วมาก ทำให้ปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

4) การเปลี่ยนแปลง Nitrate (NO_3^-) ของดินโซดซัยหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง Nitrate (NO_3^-) ปริมาณ NO_3^- ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ในช่วงแรกของการทดลอง (0-7วัน) ไม่พบปริมาณ NO_3^- (ภาพที่ 4.10) เนื่องจาก NO_3^- ที่พบในช่วงแรก เป็น NO_3^- ที่มีอยู่ในดิน ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์เกิดการย่อยสลายแล้วแต่อยู่ในรูป HASN และ NH_4^+ (ภาพที่ 4.8 และ 4.9) เริ่มพบ NO_3^- ในช่วง 10-90 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดการทดลอง ยกเว้นในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ซึ่งไม่พบ NO_3^- จากการย่อยสลายของปุ๋ยมูลโคตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.10) การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ในทุกทรีตเม้นต์นั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในกระบวนการ Nitrification หลังจากที่อินทรียสารถูกเปลี่ยนไปเป็น 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 (ภาพที่ 4.10)



ภาพที่ 4.10 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินโซดซัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

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 (ภาพที่ 4.10)

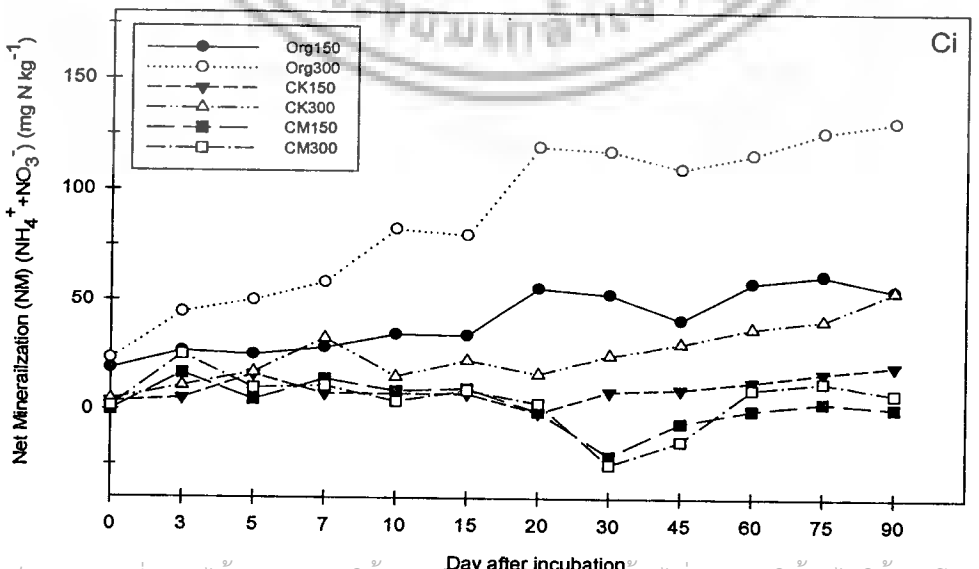
Bustaman *et al.*, (2008) ทำการบ่มดินร่วมกับปุ๋ย 2 สูตร สูตรที่ 1 ปุ๋ยหมักกากองุ่นกับมูลโค สูตรที่ 2 ปุ๋ยหมักกากองุ่นกับมูลสัตว์ปีก พบว่าในช่วงแรกของการทดลองปุ๋ยสูตรที่ 2 มี NH_4^+ สูงกว่าปุ๋ยสูตรที่ 1 เนื่องจากปุ๋ยมูลสัตว์ปีกไนโตรเจนส่วนใหญ่อยู่ในรูปกรดยูริกเกิดการสลายตัว

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างรวดเร็วทำให้มี 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 ($p \leq 0.01$) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์ต่างชนิดกันสามารถสลายตัวได้แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการเกิดกระบวนการ nitrification และปริมาณ NO_3^-

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM) 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 ($p \leq 0.01$) เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) 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 ธนพัฒน์ และคณะ (2552) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ของดินบ่มร่วมกับมูลสัตว์มีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาของการบ่มดินนานขึ้นและมีค่าสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ของการบ่มดิน จากนั้นจึงมีค่าลดลง ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าชนิดของมูลสัตว์และระยะเวลาในการหมัก ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์แตกต่างกัน จากการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (ภาพที่ 4.11) ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NM มีค่าติดลบในวันที่ 20-45 วันของการบ่มดิน (ภาพที่ 4.11) เนื่องจากพบปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ต่ำ (ภาพที่ 4.9 และ 4.10) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NM สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 93.15, 37.91 และ 4.72 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคมีสารอินทรีย์ในส่วนที่สลายตัวได้ยากมากกว่าปุ๋ยมูลไก่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีอัดเม็ดทำให้มีไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค



ภาพที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินโซดชัย ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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.

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} พบค่าเฉลี่ย NM สูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 150 mg N kg^{-1} อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) 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 ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NM เท่ากับ 64.67 และ 25.85 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16)

6) การเปลี่ยนแปลง Total N (TN)

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 Total N (TN) ในดินโซคชัย แต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ TN ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย TN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยมูลไก่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) 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 ($p \leq 0.01$) และ 90 ($p \leq 0.05$) 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)

7) การเปลี่ยนแปลง Organic Carbon (OC)

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) อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ย OC ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างทางสถิติ ปริมาณ OC ในแต่ละทรีตเม้นต์มีค่าเฉลี่ยปริมาณ OC ลดลงเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเกิดกระบวนการ C mineralization เมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 90 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 13.93, 12.89 และ 7.81 g N kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 4.16) แสดงให้เห็นว่าในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคเกิดกระบวนการ mineralization ต่ำ ปริมาณ OC จะลดลงเมื่อเกิดการย่อยสลายอินทรีย์สาร (ยงยุทธ 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 นอกจากนี้พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ ต่อการเปลี่ยนแปลง OC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในวันที่ 0 ($p \leq 0.05$) และ 90 ($p \leq 0.01$) ของการทดลอง (ตารางที่ 4.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) การเปลี่ยนแปลงค่า C:N ratio

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า C:N ratio ในดินโซคชัย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) 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 HASN, 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

ค่า C:N ratio ที่จัดว่าเพียงพอต่อความต้องการของจุลินทรีย์จะอยู่ในช่วง 20-30 ถ้ามีค่ามากกว่า 30 จะทำให้ไนโตรเจนไม่เพียงพอมีผลยับยั้งกิจกรรมการทำงานของจุลินทรีย์ ทำให้การย่อยสลายช้าลง (มุกดา, 2548) ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 20 จะส่งผลให้เกิดกระบวนการ mineralization ปลดปล่อยสารอนินทรีย์ไนโตรเจนออกมาอย่างรวดเร็ว ปุ๋ยอินทรีย์ที่เหมาะสำหรับการใช้งานควรมีค่า C:N ratio อยู่ระหว่าง 10-15 (Aperna *et al.*, 2007)

4.2.4 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประ โยชน์ของไนโตรเจนในดินน้ำพอง

1) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

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 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง และกรดจัดปานกลาง ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) (ตารางที่ 4.17) อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ย pH ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยโคไม่แตกต่างทางสถิติ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดค่า pH มีแนวโน้มลดลงในช่วง 45-75 วันของการบ่มดิน ทุกทรีตเม้นต์มีค่า pH ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 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 ของดินเพิ่มขึ้นในช่วงแรก เนื่องจากอิทธิพลของค่า pH ในปุ๋ยอินทรีย์ จากนั้นค่า pH ของดินจะมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีกรดอินทรีย์สะสมจากการสลายตัวของสารอินทรีย์ แต่เมื่อกรดอินทรีย์ส่วนมากคาร์บอนสลายตัวกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้ว pH ของดินจะมีแนวโน้มคงที่ เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 ค่า pH ของ

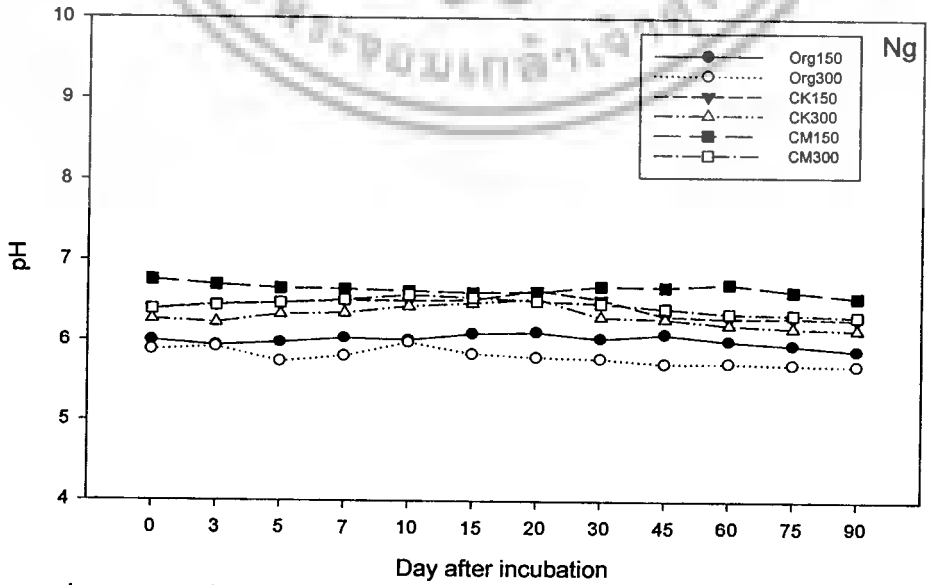
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินแต่ละทรีตเม้นต์แตกต่างกัน เนื่องจากดินน้ำพองเป็นดินเนื้อหยาบมีอินทรียวัตถุต่ำและมีค่า CEC อยู่ในระดับต่ำจึงไม่ต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดิน (ตารางที่ 4.17) แต่หลังจากบ่มดินค่า pH ของดินน้ำพองไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนักตลอดการทดลอง ยกเว้นในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรียอัดเม็ดที่มีค่า pH ลดลงในช่วง 45-75 วันของการบ่มดิน อาจเนื่องกระบวนการ mineralization ของอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น NH_4^+ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่ากระบวนการ nitrification หรือการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_3^- (Sikora and Szmidt, 2001) สอดคล้องกับปริมาณ NO_3^- ที่เพิ่มขึ้นในวันที่ 45-90 ของการบ่มดิน (ภาพที่ 4.15)

ตารางที่ 4.17 ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินน้ำพอง

Source of organic fertilizers	rate	pH	
		0	90
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
Fertilizer source (F)			
Org		5.94c	5.80c
CK		6.56ab	6.23b
CM		6.59a	6.44a
Nitrogen rate (R)			
150 mg N kg^{-1}		6.39a	6.25a
300 mg N kg^{-1}		6.19b	6.06a
CV (%)		2.74	2.68
F-test			
Fertilizers		**	**
Rate		**	**
Fertilizers x Rate		**	**

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.



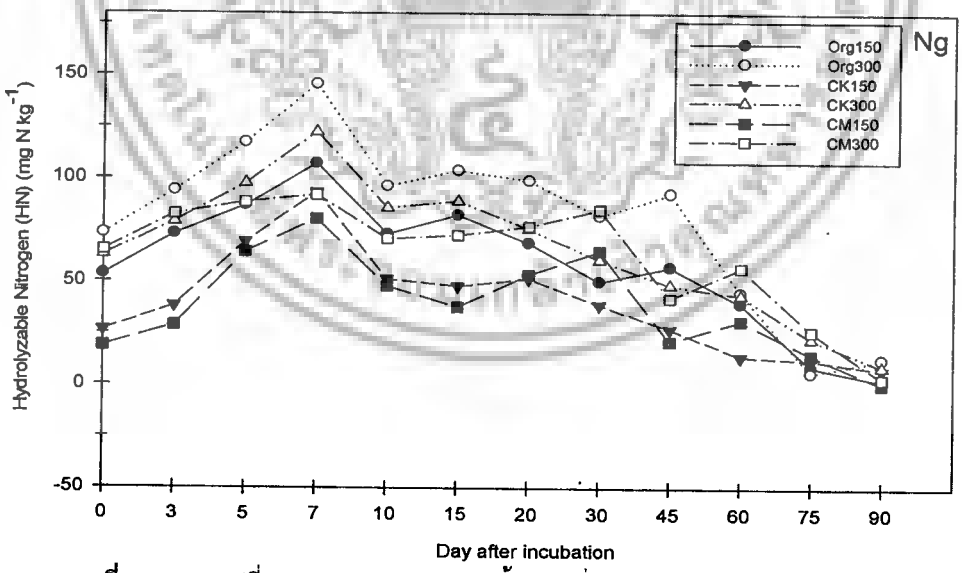
ภาพที่ 4.12 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$)ในวันที่ 0 และ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.17)

2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

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



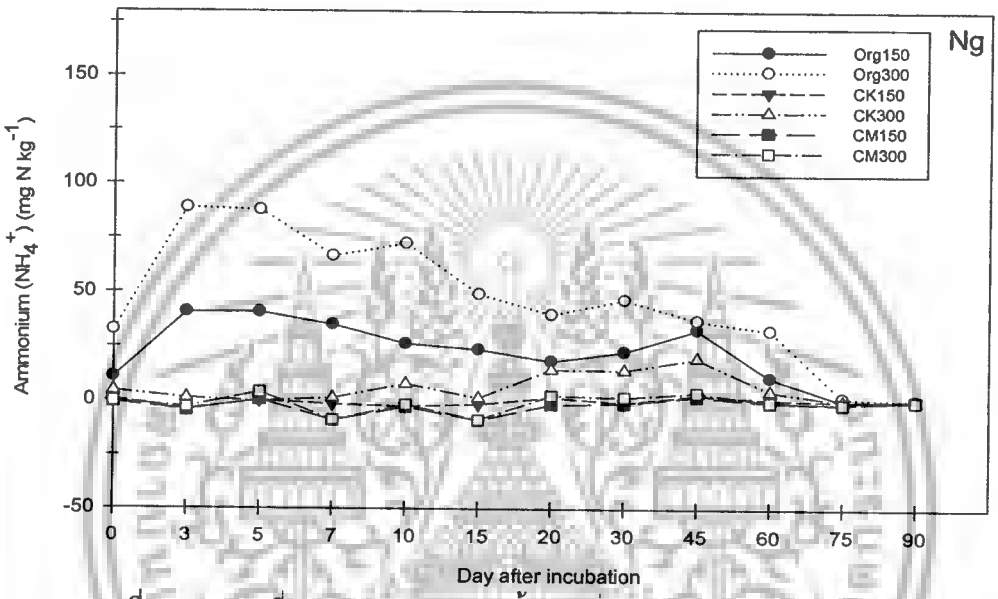
ภาพที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินน้ำพอง ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด 2 อัตรา

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

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



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

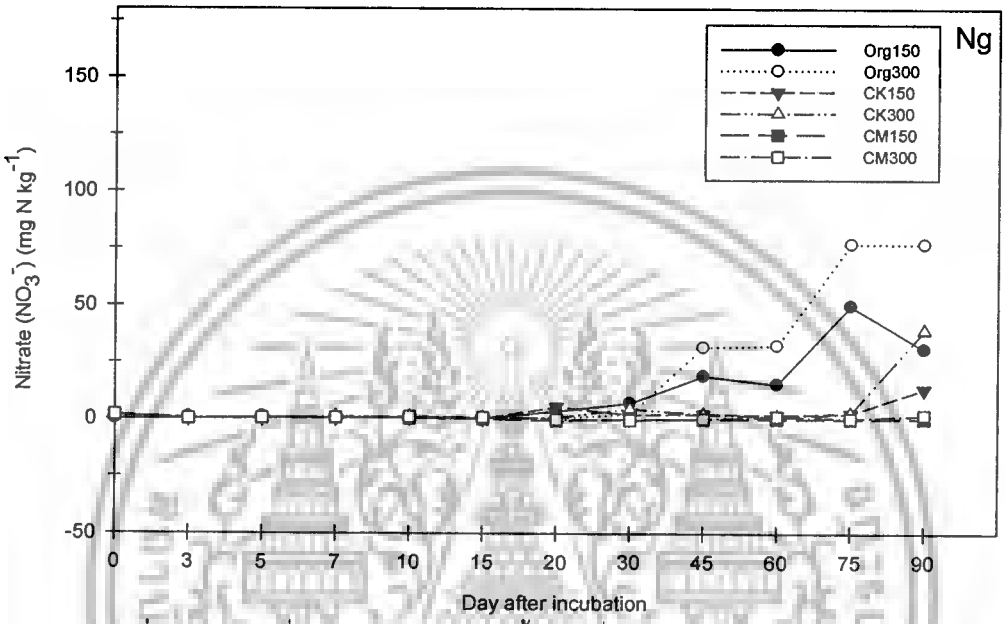
ปริมาณ NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทั้ง 2 อัตรา มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 3-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไก่ทั้ง 2 อัตรา NH_4^+ เริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ 20-45 วันของการบ่มดินแต่เพิ่มขึ้นในปริมาณไม่สูงมากนัก ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค 2 อัตรา ไม่พบปริมาณ NH_4^+ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยมูลโคตลอดการทดลอง การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 2 อัตรา สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN เมื่อ HASN เริ่มมีแนวโน้มลดต่ำลง NH_4^+ ก็มักจะเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นเดียวกับในชุดดินโชคชัย เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบว่าปริมาณ NH_4^+ ในทุกทรีตเม้นต์ไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโคมีปริมาณ NH_4^+ เกิดขึ้นต่ำอาจเนื่องจากดินน้ำพองมีอนุภาคดินที่มีขนาดใหญ่ มีเนื้อดินทรายร่วนจึงมีอัตราการเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ไนโตรเจนต่ำ เนื่องมาจากดินเนื้อหยาบมีจำนวนจุลินทรีย์ต่ำกว่าดินเนื้อละเอียด ทำให้เกิดกระบวนการ ammonification และ nitrification เพื่อเปลี่ยนอินทรีย์ไนโตรเจนให้เป็น 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 (ภาพที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) การเปลี่ยนแปลง Nitrate (NO_3^-) ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง Nitrate (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 (ภาพที่ 4.14)



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

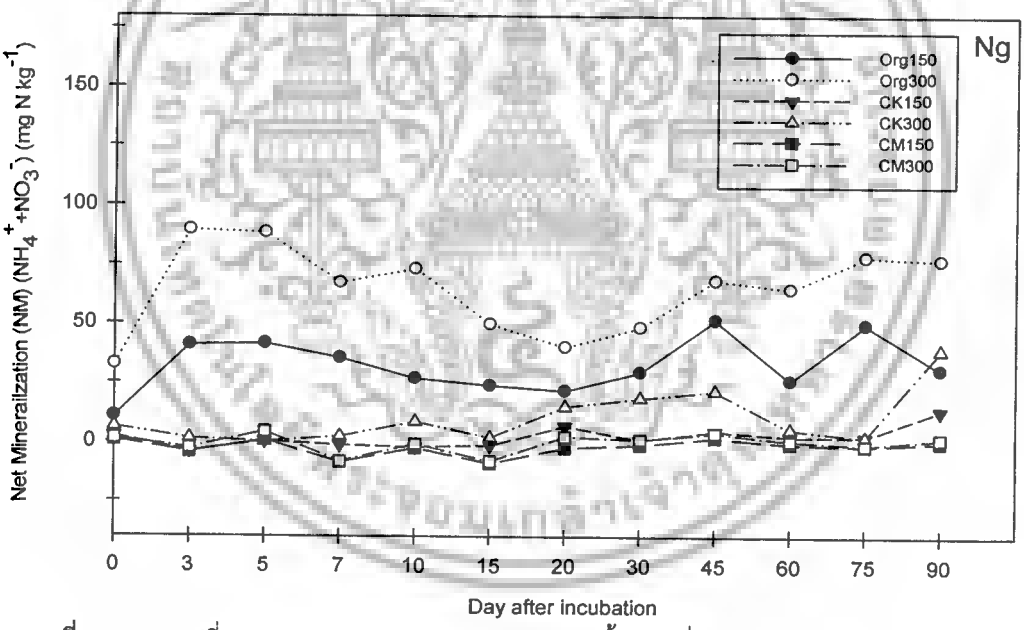
การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินน้ำพองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 2 อัตรา NO_3^- มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 20-30 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ทั้ง 2 อัตรา NO_3^- เริ่มแนวโน้มเพิ่มสูงในวันที่ 75 ซึ่งเกือบที่จะสิ้นสุดการทดลอง NO_3^- ที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่อาจเนื่องจากการเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ในช่วงท้ายการทดลองเช่นเดียวกัน ส่วนในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา NO_3^- ไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีปริมาณ NO_3^- คงที่ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 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^+ (ภาพที่ 4.14)

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM) ของดินน้ำพองหลังการบ่มดิน

Net mineralization (NM) เป็นผลรวมระหว่าง NH_4^+ และ NO_3^- หลังจากลบด้วยปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดปุ๋ยอิทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลง NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดพบว่า NM ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 3-10 ของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดต่ำลงในวันที่ 15 ของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.16) ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มี NM มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในวันที่ 20 ของการบ่มดิน จากนั้นมีแล้วโน้มลดต่ำลงและเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง แต่มีปริมาณ NM ที่เพิ่มขึ้นไม่สูงไปจากเดิมมากนัก ในขณะที่ทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคไม่พบปริมาณ NM ตลอดการทดลอง (ภาพที่ 4.16) สอดคล้องกับปริมาณ NH_4^+ และ NO_3^- (ภาพที่ 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 ($p \leq 0.01$) กับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค (0.91 mg N kg^{-1}) (ตารางที่ 4.18) สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา ในวันที่ 0-90 วันของการบ่มดิน ไม่พบปริมาณ NM มีซึ่งสอดคล้องกับการไม่พบ NH_4^+ และ NO_3^- แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยมูลโคไม่สามารถปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สอดคล้องกับการทดลองในดินโซดชัย แสดงว่าสมบัติของปุ๋ยมูลโคบางประการมีอิทธิพลต่ออัตราการมินเนอราลไลเซชันสุทธิ (ยงยุทธ 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) จึงทำให้อัตราการมินเนอราลไลเซชันสุทธิเกิดขึ้นต่ำ



ภาพที่ 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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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.

6) การเปลี่ยนแปลง Total N (TN)

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)

7) การเปลี่ยนแปลง Organic Carbon (OC)

ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย OC สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 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 mineralization คือต้องมีค่า C:N ratio ต่ำกว่า 30:1 (อรวรรณ, 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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)

4.2.5 อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประ โยชน์ของไนโตรเจนในชุดดินตาคลี

1) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH)

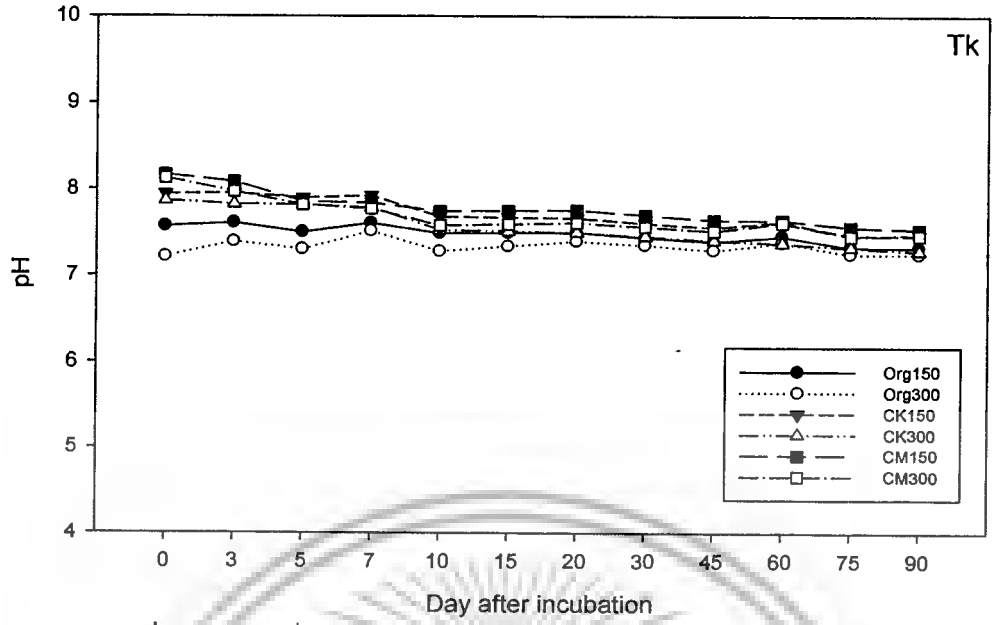
ก่อนการทดลองดินตาลีมีค่า pH เท่ากับ 7.85 เป็นด่างเล็กน้อย ในวันที่ 0 ของการบ่มดิน พบค่าเฉลี่ย pH สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโค แตกต่างทางสถิติกับทรีตเม้นต์อื่น ๆ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 8.15 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ มีค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.90 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง แตกต่างทางสถิติกับ ทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดค่าเฉลี่ย pH เท่ากับ 7.39 มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลาง (ตารางที่ 4.19) ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีค่า pH ต่ำกว่าดินก่อนการทดลอง อาจเนื่องจากอิทธิพลของค่า 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 (pH) ในวันที่ 0 และ 90 วันของการบ่มดินชุดดินตาคลี

Source of organic fertilizers	rate	pH	
		0	90
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
Fertilizer source (F)			
Org		7.39c	7.26c
CK		7.90b	7.36b
CM		8.15a	7.48a
Nitrogen rate (R)			
150 mg N kg^{-1}		7.89a	7.42a
300 mg N kg^{-1}		7.74b	7.31b
CV (%)		0.62	0.33
F-test			
Fertilizers		**	**
Rate		**	**
Fertilizers x Rate		**	**

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 การเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดินของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย pH ของดินตาคลี ในวันที่ 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)

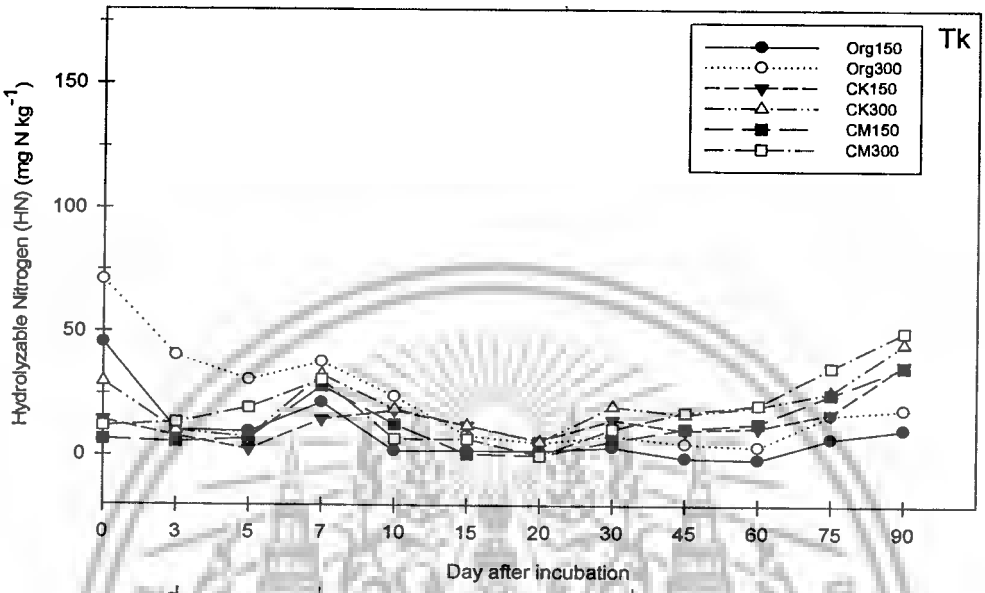
2) การเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen (HASN) ของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง HASN ปริมาณ HASN ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ HASN ในทรีตเม้นต์ควบคุม (control) พบว่า เมื่อเริ่มต้นการทดลองวันที่ 0 พบ ค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN สูงสุดในทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN เท่ากับ 58.14, 21.95 และ 9.11 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 4.18) การเปลี่ยนแปลง HASN ในทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโคทั้ง 2 อัตรา พบว่า HASN มีปริมาณสูงในช่วงแรกของการบ่มดิน จากนั้น HASN มีแนวโน้มลดลงในช่วง 0-20 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง เนื่องจากในดินตาคลีอินทรีย์วัตถุสลายตัวได้ช้า (ภาพที่ 4.18) เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเฉลี่ยปริมาณ HASN เท่ากับ 49.77 และ 48.31 และ 22.95 mg N kg^{-1} ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณ HASN เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปและปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ดีกว่าปุ๋ยอีก 2 ชนิด สอดคล้องกับการทดลองในดินโชคชัยและดินน้ำพอง

เมื่อเริ่มต้นการทดลองปริมาณ HASN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่แตกต่างกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค แต่เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า HASN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ปุ๋ยมูลโคไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 4.18) ทำให้เห็นว่าระยะเวลาการบ่มดินที่เพิ่มขึ้นทำให้อินทรีย์ไนโตรเจนในมูลไก่และมูลโค สามารถ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเป็น HASN ได้ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่ HASN ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าต่ำกว่า HASN ในมูลไก่และมูลโค แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเปลี่ยนแปลงรูปได้อย่างรวดเร็ว จากค่า C:N ratio ของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 16.77:1 และ 13.89:1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค และเหมาะแก่การสลายตัว (ตารางที่ 4.20)



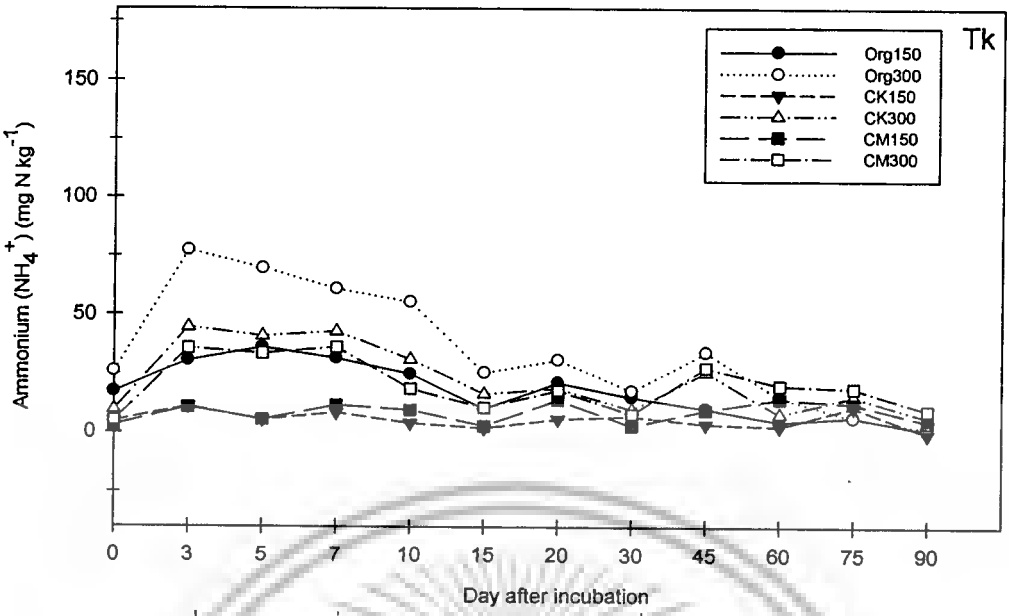
ภาพที่ 4.18 การเปลี่ยนแปลง HASN ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด

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

3) การเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง Ammonium (NH_4^+) ปริมาณ NH_4^+ ทุกทรีตเม้นต์ที่มีการใส่ปุ๋ยจะถูกลบด้วยปริมาณ 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 (ภาพที่ 4.19) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 3-10 วันของการบ่มดิน จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตลอดการทดลอง แต่สำหรับในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค NH_4^+ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 45 ของการบ่มดิน NH_4^+ ที่เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลองในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค อาจเนื่องจากอินทรียสารในส่วนที่สลายตัวได้ยากเริ่มปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ออกมา การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ จะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN เมื่อ HASN เริ่มมีแนวโน้มลดลง NH_4^+ ก็มักจะเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นเดียวกัน 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 (ภาพที่ 4.19)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 การเปลี่ยนแปลง NH_4^+ ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด

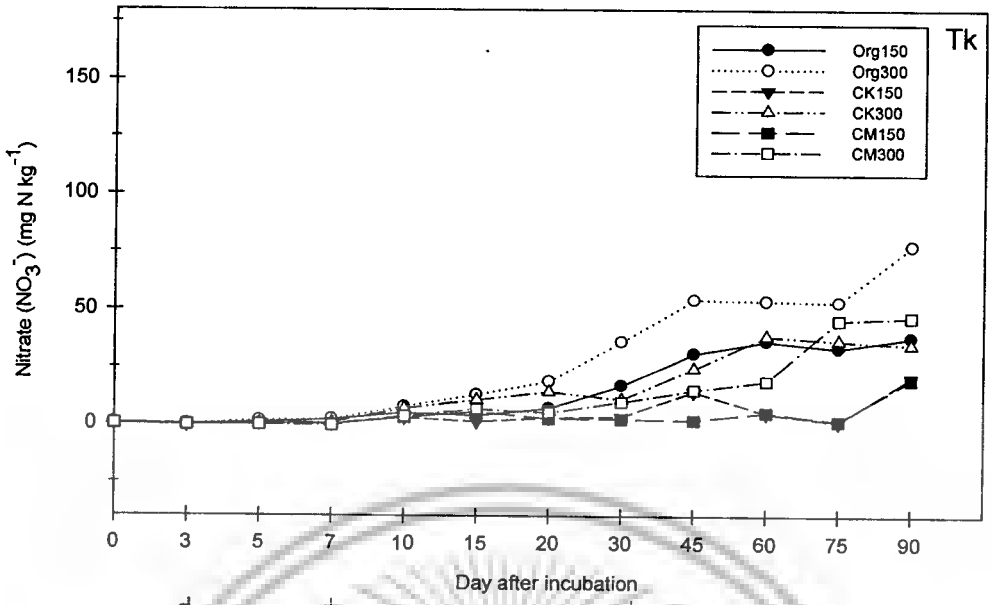
อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย NH_4^+ ในดินตาคลี ในวันที่ 0 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ สูงกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} มีค่าเฉลี่ย NH_4^+ เท่ากับ 13.52 และ 8.45 mg N kg^{-1} ตามลำดับ และในวันที่ 90 ของการบ่มดินพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 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 (ภาพที่ 4.19)

4) การเปลี่ยนแปลง Nitrate (NO_3^-) ของดินตาคลีหลังการบ่มดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลง Nitrate (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 (ภาพที่ 4.20) การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลีในทุกทรีตเม้นต์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20-45 วันของการบ่มดิน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.20) อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ เมื่อสิ้นสุดการทดลองวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด รองลงมาคือทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยปริมาณ NO_3^- เท่ากับ 44.64, 32.00 และ 27.90 mg N kg^{-1} ตามลำดับ (ภาพที่ 4.20)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.20 การเปลี่ยนแปลง NO_3^- ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด

อิทธิพลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 2 อัตรา ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย NO_3^- ในดินตาคลี ในวันที่ 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 (ภาพที่ 4.20)

5) การเปลี่ยนแปลง Net mineralization (NM) 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 (ภาพที่ 4.21) ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณ NH_4^+ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาในช่วงแรกที่ถูกเปลี่ยนรูปมาจาก HASN (ภาพที่ 4.18) ทำให้ NM ในช่วงแรกมีปริมาณสูงและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN (ภาพที่ 4.18) จากนั้นจะมีแนวโน้มลดลงในวันที่ 15-20 ของการบ่มดิน อาจเกิดจากความเป็นด่างของดินตาคลีที่ทำให้ NH_4^+ สูญเสียไปโดยง่ายด้วยการระเหย และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอีกครั้งในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลอง การที่ NM เพิ่มขึ้นในวันที่ 30 ของการบ่มดินจนสิ้นสุดการทดลองอาจเป็น NH_4^+ บางส่วนถูกเปลี่ยนไปเป็น NO_3^- (ภาพที่ 4.20) จึงทำให้ NM เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 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)

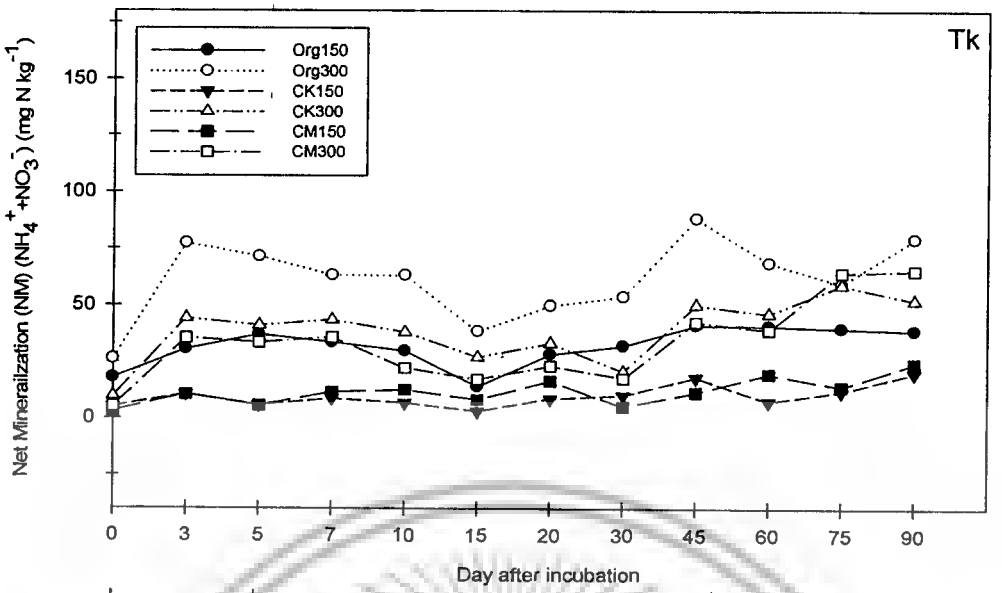
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

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.



ภาพที่ 4.21 การเปลี่ยนแปลง Net mineralization ของดินตาคลี ที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโคมี NM ใกล้เคียงกับทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่ซึ่งแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลง NM ในชุดดินโชคชัยและดินน้ำพองที่ปริมาณ NM ในปุ๋ยมูลไก่จะสูงกว่าปุ๋ยมูลโค อาจเป็นเพราะปุ๋ยมูลไก่มี water soluble N สูงกว่าปุ๋ยมูลโคจึงทำให้สูญเสียไปจากดินได้ง่ายกว่าทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณ HASN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ที่เพิ่มขึ้นมากกว่า HASN ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ภาพที่ 4.18) จะเห็นได้จากค่าเฉลี่ยของ NM ทั้ง 2 อัตรา เมื่อเริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.20) การเกิดการ mineralization ในช่วงแรกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปของ water soluble N และ HASN ไปเป็น NH_4^+ ทำให้พบ NM สูง โดยเฉพาะในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีไนโตรเจนอยู่ในส่วนที่เป็น water soluble Nitrogen สูงจึงสลายตัวได้ง่าย นอกจากนี้การลดลงของ NM ในช่วง 20 วันของการบ่มดินอาจได้รับอิทธิพลจากการลดลงของ HASN และค่า pH ของดินตาคลีที่มีความเป็นด่าง Hernandez *et al.*, (2002) ศึกษาอัตราการ mineralization ของไนโตรเจนในดินเนื้อปูนโดยบ่มดินร่วมกับกากตะกอนน้ำเสียเป็นเวลา 20 สัปดาห์พบว่าอัตราการ mineralization ลดลงอย่ารวดเร็วในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการบ่ม จากนั้นจะเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างช้าๆ 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)

6) การเปลี่ยนแปลง Total N (TN)

การเปลี่ยนแปลงของ Total N (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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 mineralization มากกว่าทรีตเม้นต์ปุ๋ยอินทรีย์อีก 2 ชนิด เนื่องจากมูลไก่มีไนโตรเจนบางส่วนอยู่ในรูปกรดยูริกสามารถเกิดไฮโดรไลซิสเปลี่ยนเป็น NH_4^+ ได้ง่าย (ยงยุทธ และคณะ, 2551) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนระหว่างการหมักปุ๋ยมูลไก่ ของ Tiquia and Tam (2000) พบว่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในรูปต่างๆ จะเห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในช่วง 35 วันของการหมัก โดย NH_4^+ มีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว และจากการวิเคราะห์พบปริมาณ NO_2^- และ NO_3^- เพียงเล็กน้อย เนื่องจากการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนีย พบว่า pH อัตราส่วน C:N มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนของมูลไก่ในรูปต่างๆ

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 (OC)

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 ในทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลโคและทรีตเม้นต์ปุ๋ยมูลไก่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ 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 4.20)

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 19.75 และ 16.96 g N kg^{-1} ตามลำดับ ในวันที่ 90 พบค่าเฉลี่ย OC เท่ากับ 13.46 และ 11.16 mg N kg^{-1} ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดกับอัตราปุ๋ยอินทรีย์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ($p \leq 0.01$) ในวันที่ 90 ของการทดลอง (ตารางที่ 4.20)

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนในดิน และความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในรูป HASN, NH_4^+, NO_3^- และ NM ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

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

2) สมบัติของดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง HASN และ available N ซึ่งสมบัติดังกล่าวได้แก่ เนื้อดิน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ เป็นต้น ชุดดินโชคชัย สตึก ปากช่อง และน้ำพอง สามารถเกิด mineralization ได้สูงกว่าดินตาคลีและลพบุรี ซึ่งมี pH เป็นด่างและเนื้อดินเป็นดินเหนียว และจะเห็นได้ว่าดินที่มีความสามารถระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดีและมีสมบัติเป็นกรด (ดินสตึก โชคชัย ปากช่อง และน้ำพอง) มีแนวโน้มเกิด mineralization ได้ดีกว่าดินเหนียวที่มีสมบัติเป็นด่าง (ดินลพบุรี และตาคลี)

3) ปริมาณ OM ก่อนการทดลองเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด mineralization โดยจะเห็นได้ว่าดินน้ำพองที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ OM ต่ำที่สุด จึงทำให้เกิด mineralization ได้ต่ำที่สุดในดินที่มีปริมาณ HASN สูงส่งผลต่อการเจริยเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ซึ่งสามารถจัดลำดับได้ดังนี้ Ci>Pc>Suk>Tk>Ng>Lb สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง HASN และ available N ในดิน

4) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 kg N rai^{-1} พบค่าเฉลี่ย HASN สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อาจเนื่องจากว่าการวิเคราะห์ไนโตรเจน ในรูป HASN สามารถวิเคราะห์ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีไนโตรเจนทำให้ในทรีตเม้นต์ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีปริมาณ HASN ที่สูงกว่าในทรีตเม้นต์ที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

5) ผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ HASN, NH_4^+, NO_3^- และ NM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) แต่ไม่พบสหสัมพันธ์ระหว่าง OM และ TN ต่อผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการวิเคราะห์รูปที่เป็นประโยชน์ของไนโตรเจนได้โดยการวิเคราะห์ HASN ด้วยวิธี ISNT สามารถนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินสำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ ไม่แตกต่างจากการใช้ NH_4^+ และ NO_3^- ในขณะที่การวิเคราะห์ OM และ TN ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตและการดูดดึงไนโตรเจนของข้าวโพด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงรูปและความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

1) ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์มักขึ้นอยู่กับสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนี้ C:N ratio, ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่าย จึงทำให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสามารถเกิด NM ได้ดีกว่าปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค ตามลำดับ นอกจากนี้ไนโตรเจนในปุ๋ยมูลไก่อยู่ในรูปกรดยูริกจึงเกิด N mineralization ได้รวดเร็วกว่าปุ๋ยมูลโค

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

3) การเปลี่ยนแปลงของ HASN และ available N ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินและสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ ดั้งนั้นจึงควรเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้เหมาะสมกับดินแต่ละชนิด ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้สามารถเป็นแนวทางในการแนะนำปุ๋ยอินทรีย์แก่เกษตรกรสำหรับชุดดินโชคชัย ชุดดินน้ำพอง และชุดดินตาคลี การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่สลายตัวได้ง่ายกว่าอย่างเช่นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดหรือปุ๋ยมูลไก่จะทำให้พืชได้รับไนโตรเจนได้เร็วกว่าการใส่ปุ๋ยมูลโค แต่การใส่ปุ๋ยมูลไก่ที่มีอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายสูงในดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างอาจทำให้สูญเสียไนโตรเจนไปจากดินได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

1. นักศึกษาปริญญาโท จบการศึกษา 1 ราย คือ

นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง

หัวข้อวิทยานิพนธ์เรื่อง การใช้ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

จบการศึกษาในภาคการเรียนที่ 1 **ปี** 2559

2. ผลงานการนำเสนอในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ 1 เรื่อง คือ

กมลวรรณ ตีเมืองสอง, สุกัญญา แย้มประชา และ นุกูล ถวิลถึง. 2558. การเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์ไนโตรเจนและ Hydrolyzable Nitrogen ในดินที่ใส่ปุ๋ยคอก. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. กรุงเทพมหานคร 155-161

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548a. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

_____. 2548b. 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.

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

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.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2557. ความหลากหลายของจุลินทรีย์และพืช. แหล่งที่มา : http://www.electron.rmutphysics.com/science-news./index.php?option=com_content&task=view&id=811&Itemid=0, 2557.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

_____. 2548. ชุดคู่มือการเกษตรลำดับที่ 1 ปุ๋ยอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2556. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิทยา ตรีโลเกศ. 2545. เอกสารประกอบการสอน 112 201 วิชาปฐพีศาสตร์ เบื้องต้น ฟิสิกส์ของดิน. ภาควิชาปฐพีสาสตร์ 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.

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

Bao, S.D. 2000. Soil and agricultural chemistry analysis. 3rd Ed. China Agriculture Press. Beijing.

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 Sci. Soc. Am. J. 98:1352–1358.

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

Bremner, J.M. 1996. Total Nitrogen. p.1085–1122. *In* D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.

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 Biol. Biochem. 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 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. Biol. Fert. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gee, G.W. and J.W Bauder. 1986. Particle Size analysis. *In* Methods of Soil Analysis Part 4, Physical Methods–Dane, J.H, Topp, G.C. (ed.) Soil Science Society of America. 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. Agric. Ecosystems and Environment. 105: 425-432.

Griffith, B. 2006. Efficient Fertilizer Use Manual. [Online]. Retrieved from 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. Colledge of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, New York.

Hartz, T.K., J.P. Mitchell and C. Giannini. 2000. Nitrogen and carbon mineralization dynamics of manures and composts. HortScierce. 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.

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. Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.), 6(1): 59 – 64 (2010).

Jackson, W.A. 1965. Soil chemical analysis. Prentrice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

Jeffrey T.O., G.L. Bundy and T.W. Andraski. 2006. Evaluation of the Illinois Soil Nitrogen Test for Predicting Corn Nitrogen Needs. Soil Sci. Soc. Am. J. 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. J. Applied Sciences. 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 Sci. Soc. Am. J. 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 Sci. Soc. Am. J. 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.). 1982. Methods of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. 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. Agron. J. 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. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.

_____, R.L. and S.A. Khan. 2001. Diffusion methods to determine different forms of nitrogen in soil hydrolysates. Soil Sci. Soc. Am. J. 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 Sci. Soc. Am. J. 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 Sci. Soc. Am. J. 72:143–150.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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. Biol. Fertil. Soils. 35:210–213.

Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkali soil. USDA Agric. Handbook 60. Washington, D. C.

Robert, M. and T.K. Hartz. 2008. Nitrogen sources for organic crop production. J. 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. Directsteam distillation as an alternative to the Illinois Soil Nitrogen Test. Soil Sci. Soc. Am. J. 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 hydrolyzable-nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 75:1161–1171. doi:10.2136/sssaj2010.0145

Scott, J. and J. Robert. 2006. Soil texture and nitrogen mineralization potential across a riparian toposequence in a semi-arid savanna. Soil Boil. Biochem. 38(6):1325-1333.

Seligman, N.G. and H.V. Keulen. 1981. A stimulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. In Frissel, M.J., and Veen, J.A. (ed.). Stimulation of nitrogen behaviour 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 Sci. Soc. Am. J. 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 Sci. Soc. Am. J. 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. Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, and SSSA, 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. SSSA Book Ser. 5. SSSA, 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 Sci. Soc. America. 28: 366-368.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Walkey, 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 Sci. 37:29-37.

Wander, P.R., C.R. Altafini and R.M. Barreto, 2004. Assesment 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. J. Plant Nutrition. 27(3): 539-556.

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 Sci. Soc. Am. J. 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. Bioresour. Technol. 67: 43-46.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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) Potssium dicromate ($K_2Cr_2O_7$) 1 *N* ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (อบที่อุณหภูมิ 105 °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 เบาๆเพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน

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

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

6) ไทเทรตสารละลายดินด้วยสารละลาย 0.5*N* FAS จนกระทั่งถึง end point คือสีของสารละลายดินเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

7) ทำ blank ซึ่งไม่มีตัวอย่างดินควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

<u>การคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุในดิน</u>

$$\%\text{Organic Carbon} = \frac{((\text{Blank}-\text{Sample})\times[\square_2\square\square_2\square_7]\times 0.003\times 100\times 1.33))}{\text{Weight of Dry soil (g)}} \qquad (1)$$

$$\%\text{ Organic Matter} = 1.724 \times \%\text{ Organic Carbon}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ 0.003 คือ milliequvalent weight ของ C ที่ถูก oxidized
1.33 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยคิดค่าเฉลี่ย % recovery ของ cabon ในดิน เท่ากับ 75%

1.3) วิธีวิเคราะห์ปริมาณ OM ในดินโดยวิธี Loss of 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

$$\%OC = \frac{(wt.105 - wt.400)}{(wt.105 - crucible\ wt.)} \times 100 \qquad (2)$$

%Organic Matter = 1.724 x % Organic Carbon

เมื่อ 0.003 คือ milliequvalent weight ของ C ที่ถูก oxidized
1.33 คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณโดยคิดค่าเฉลี่ย % recovery ของ cabon ในดิน เท่ากับ 75%

1.4) วิธีวิเคราะห์หาปริมาณ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen ด้วยวิธี ISNT

การเตรียมสารเคมี

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 ละลายด้วยน้ำกลั่นบน 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 Amino Sugar- 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 ตั้งบนhot 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})จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$HASN = \frac{(Vloumetriction - blank) \times Normality\ of\ H_2SO_4 \times atomic\ weight\ N_2 \times 100}{soil\ wt. \times 1{,}000} \times 10{,}000 \qquad (3)$$

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 2 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

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

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

1.6) วิธีวิเคราะห์ ammonium (NH_4^+) และ nitrate (NO_3^-) ด้วยวิธี colorimetrically

สารเคมีสำหรับสกัดการสกัด exchangeable ammonium และ nitrate

เอกสารนี้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2*M* Potassium chloride (KCl)

<u>วิธีสกัดดิน</u>

1) ชั่งดินชื้นให้มีน้ำหนักเท่ากับดินแห้ง 6 g ใส่ลงในกระป๋องใส่ดิน โดยคำนวณน้ำหนักดินชื้นที่ต้องชั่งจากค่าความจุความชื้นสนามของดินแต่ละชุดดิน

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

1) การวิเคราะห์หาปริมาณ ammonium (NH_4^+)

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

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

<u>วิธีการวิเคราะห์ ammonium</u>

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

<u>การเตรียม standard curve ของ ammonium</u>

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

2) การวิเคราะห์หาปริมาณ nitrate (NO_3^-)

<u>การเตรียมสารเคมี</u>

1) Standard nitrate solution 5 mg.N/l

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) 50% citric acid : เตรียมโดยชั่ง citric acid 50 g ละลายในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 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

วิธีการวิเคราะห์ nitrate

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 ของ nitrate

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

1.7) วิธีวิเคราะห์ %Total N ในดิน

การเตรียมสารเคมี

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การย่อย (Digestion)

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

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

$$\%N = \frac{(\text{Vloumetriction} - \text{blank}) \times \text{Normality of } H_2SO_4 \times \text{atomic weight } N_2 \times 100}{\text{soil wt.} \times 1000} \quad (5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

$$\%TN \text{ in plant} = \frac{(Vloumetriction - blank) \times Normality\ of\ H_2SO_4 \times atomic\ weight\ N_2}{sample\ wt. \times 1000} \quad (6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 (5)

1.4) วิธีการวิเคราะห์ water soluble Nitrogen (WSN)

<u>วิธีสกัด</u>

1) สกัดปุ๋ยด้วยน้ำกลั่น อัตราส่วนปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:10

2) เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 120 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

3) กรองด้วยกระดาษกรอง

<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

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- นำ Erlenmeyer flask วางลงในที่รองรับ ให้ปลายสาย condenser จุ่มลงไปใน Erlenmeyer flask ที่มี Boric acid
- กดปุ่มเริ่มการกลั่น
- นำ Erlenmeyer flask ออกมา เมื่อมีปริมาตรทั้งหมดเป็น 35 ml

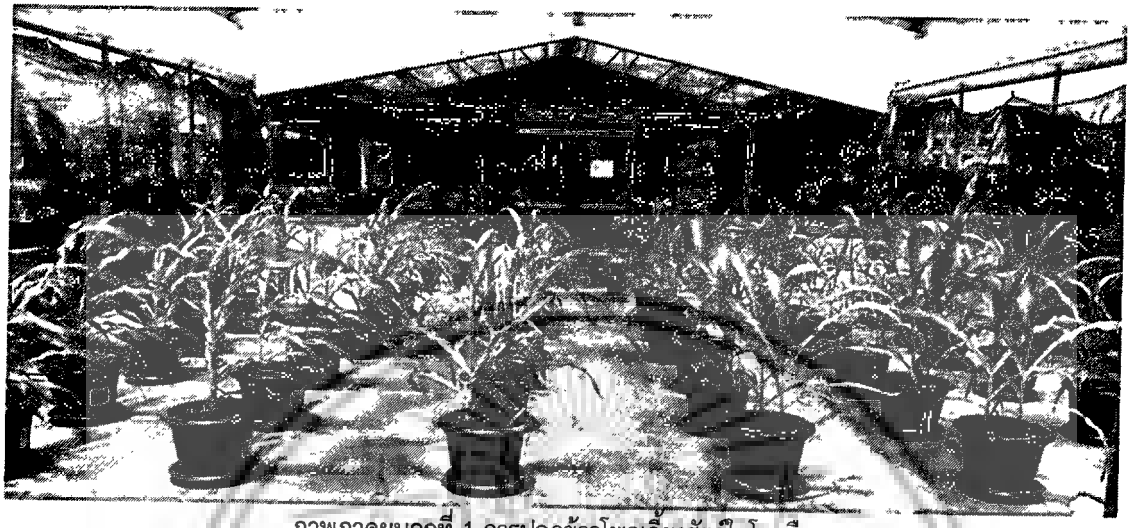
2) กลั่นไนเตรท (NO_3^-)

- 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 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

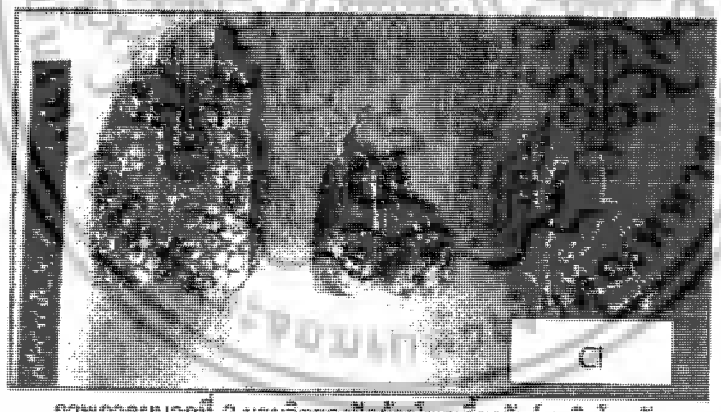
ภาคผนวก ง
ผลผลิตพืช

1) โรงเรือนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

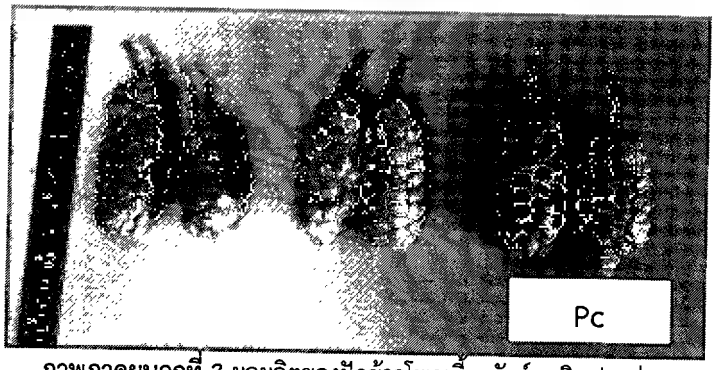


ภาพภาคผนวกที่ 1 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในโรงเรือน

2) ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

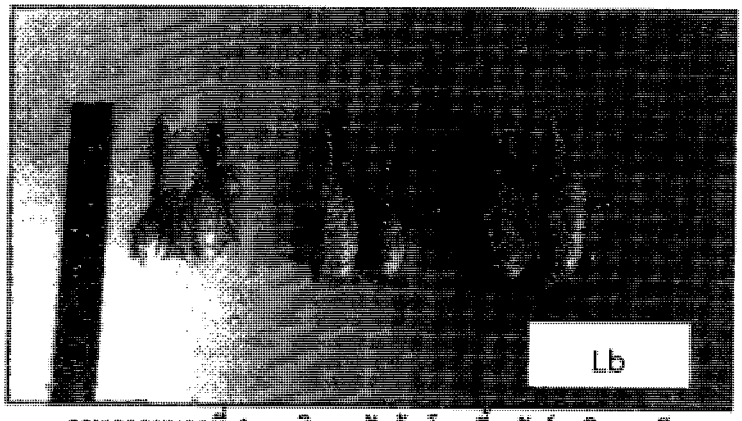


ภาพภาคผนวกที่ 2 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินโคกสัง



ภาพภาคผนวกที่ 3 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินปากช่อง

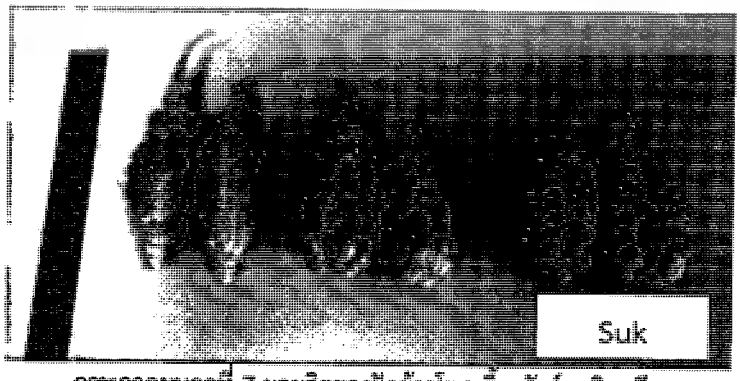
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ 4 ผลผลิตของผักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินลพบุรี

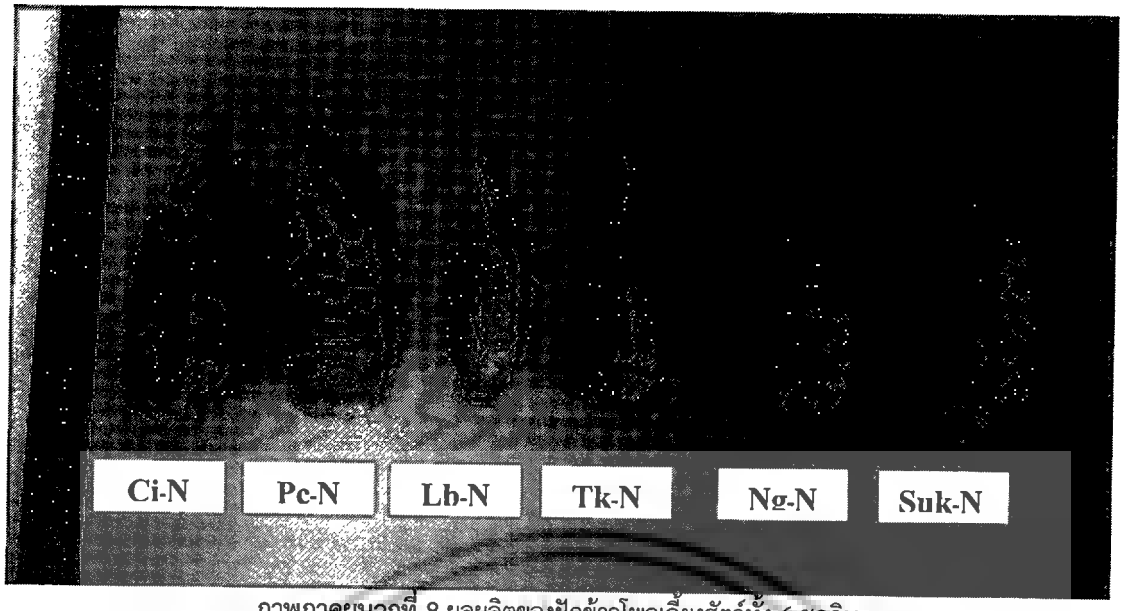
ภาพภาคผนวกที่ 5 ผลผลิตของผักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินตาคลี

ภาพภาคผนวกที่ 6 ผลผลิตของผักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินบ้าหอง



ภาพภาคผนวกที่ 7 ผลผลิตของผักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินสตึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพภาคผนวกที่ 8 ผลผลิตของฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 6 ชุดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

วารสาร การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53

การเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์ไนโตรเจนและ Hydrolyzable Nitrogen ในดินที่ใส่ปุ๋ยคอก
Changes in Soil Inorganic Nitrogen and Hydrolyzable Nitrogen of Soil Amended with Animal Manures.

กมลวรรณ ศิริมิ่งสกุล[1*] สุกัญญา แช่มประชา[1] และ นุกูล ทวีสิงห์[1]
Kamonwan Teemaungsong[1*], Sukunya Yamprecha[1] and Nukoon Tawinteung[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมบัติของดิน ชนิดและอัตราของปุ๋ยคอก ที่มีผลต่อการเกิด mineralization ของไนโตรเจน และการเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen (HN) ศึกษาโดยปั่นดิน 2 ชุดดิน คือ ชุดดินโชคชัยและชุดดินน้ำพอง ในห้องปฏิบัติการร่วมกับปุ๋ยคอก 2 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค โดยใส่ปุ๋ย 3 อัตรา คือ 0, 150 และ 300 mg N kg^{-1} ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เป็นเวลา 90 วัน ปั่นดินที่ความชุดความชื้นสนามวิเคราะห์ความเข้มข้นของแอมโมเนียม (NH_4^+), ไนเตรต (NO_3^-) และ HN ตลอดระยะเวลาที่ปั่นดิน จากการทดลองพบว่าการเปลี่ยนแปลง HN และ NH_4^+ ในดินทั้ง 2 ชุดดินเป็นไปในทางเดียวกัน HN และ NH_4^+ เพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรก (3-7 วัน) และลดลงเมื่อระยะเวลาในการปั่นดินเพิ่มมากขึ้น แต่ชุดดินน้ำพองมีความเข้มข้นของ HN สูงมากกว่า ในขณะที่ชุดดินโชคชัยมีความเข้มข้นของ NH_4^+ สูงกว่า แสดงให้เห็นว่าดินน้ำพองเกิดกระบวนการ ammonification ได้ช้ากว่า ส่งผลให้ชุดดินโชคชัยเกิดกระบวนการ nitrification จึงพบความเข้มข้นของ NO_3^- สูงกว่า เนื่องจากชุดดินโชคชัยมีปริมาณอนุภาคดินเหนียว ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน และเบสที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากกว่า ซึ่งเหมาะสมต่อการเกิดกระบวนการ mineralization มากกว่าชุดดินน้ำพอง อิทธิพลของชนิดและอัตราปุ๋ยคอก พบว่า ปริมาณ HN, NH_4^+ และ NO_3^- ของการใส่มูลไก่ในอัตรา 300 mg N kg^{-1} มีปริมาณสูงกว่า การใส่ปุ๋ยมูลโคอัตรา 300 mg N kg^{-1} และการใส่ปุ๋ยคอกทั้ง 2 ชนิดที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} เนื่องจากปุ๋ยมูลไก่มีสัดส่วนของ C:N แคบกว่าปุ๋ยมูลโค และมีอินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายมากกว่ามูลโค

ABSTRACT

The experiment was conducted on the laboratory to determine the effects of soil properties, source and rate of animal manure on nitrogen mineralization and changes in Hydrolyzable Nitrogen (HN). The treatments consisted of two soils i.e. Chok Chaiand and Nam Phong soil series. Chicken and cow manure were amended into two soils at the rates 0, 150 and 300 mg N kg^{-1} with 3 replications. Two soils without animal manure were conducted as a control treatment. All treatments were incubated on room temperature under field capacity for 90 days. Ammonium, nitrate and HN were determined during incubation period. The result indicates that HN and NH_4^+ in two soils were increased at 3-7 days and decreased after 10 days of incubation. However, HN of Nam Phong soil was greater than Chok Chai soil whereas NH_4^+ in Chok Chai soil was higher than Nam Phong soil. It indicate that to ammonification of Nam Phong soil was lower than Chok Chai soil. The high NO_3^- concentration was found in Chok Chai soil as a result of high clay content, CEC, and exchangeable base. Therefore, Chok Chai soil was more suitable for N mineralization than Nam Phong soil. HN, NH_4^+ and NO_3^- content of two soils amended with chicken manure at the rate 300 mg N kg^{-1} was higher than those other treatments. Because of low C:N ratio and high HN of chicken manure resulting of high readily mineralizable nitrogen.

Key words: Nitrogen Mineralization, Hydrolyzable-Nitrogen

*Corresponding author; e-mail: kamonwan_sine@hotmail.com

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

[1]Department of Plant Production Technology Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปุ๋ยคอก (animal manure) มีข้อจำกัดเรื่องการปลดปล่อยธาตุอาหารให้ตรงตามเวลาที่พืชต้องการ เนื่องจากธาตุอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ ต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายให้อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ (Mineralization) พืชจึงจะสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ การย่อยสลายอินทรียสารมีความสำคัญอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) การปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนจากสารอินทรีย์ (N mineralization) กระบวนการที่อินทรีย์ไนโตรเจนในปุ๋ยคอกซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ amino group ถูกเปลี่ยนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (Inorganic N) เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยา 3 ขั้นตอนคือ Amirization, Ammonification และ Nitrification ในขั้นตอน Aminization เป็นการย่อยสลายโปรตีนและปลดปล่อย N ออกมาในรูปของ amines, amino acid, amino sugar และ urea จากนั้นสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นเข้าสู่กระบวนการ ammonification เปลี่ยนรูปไปเป็นแอมโมเนีย (NH_3) หรือแอมโมเนียม (NH_4^+) หากดินอยู่ในสภาพที่มีอากาศถ่ายเทละลาย NH_4^+ ถูกเปลี่ยนเป็นไนเตรท (NO_3^-) ด้วยปฏิกิริยา Nitrification (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ดังนั้นการวัดความเข้มข้น NH_4^+ และ NO_3^- ที่เกิดขึ้นจึงสามารถบ่งบอกปฏิกิริยา mineralization ที่เกิดขึ้นได้ ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการ mineralization ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุอินทรีย์ในปุ๋ยอินทรีย์ เช่น เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ไขมัน และลิกนิน สารประกอบเซลลูโลสสลายตัวง่ายกว่าลิกนินและโพลีฟีนอล นอกจากนี้อัตราส่วนระหว่าง C:N และขนาดของเศษซากพืชส่งผลต่อการสลายตัวของ N โดยทั่วไปอินทรียสารที่มีค่า C:N ratio แคบจะสามารถสลายตัวได้ดีกว่า อินทรียสารที่มีค่า C:N ratio กว้าง ดินที่มีอุณหภูมิสูงมีอัตราการย่อยสลายตัวของพืชได้เร็วกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ Craswell และคณะ (1979) พบว่าการเกิดกระบวนการ N mineralization เพิ่มขึ้นเมื่อดินที่มีขนาดอนุภาคเล็กลง แสดงให้เห็นว่าดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กไนโตรเจนจะถูกปลดปล่อยออกมาได้มากกว่าในดินที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ จากการศึกษาของ Kara และคณะ (2006) พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันมีผลทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization ที่แตกต่างกัน และปุ๋ยคอกที่มีความเข้มข้นสูงอย่างรวดเร็วสุดท้ายเมื่อใช้ในอัตราสูงทำให้เกิดกระบวนการ N mineralization

ในปัจจุบันการวิเคราะห์แอมโมเนียม ไนเตรท และอินทรียวัตถุถูกนำมาใช้เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ไนโตรเจนเพื่อการคาดคะเนอัตราปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับพืช ปริมาณอินทรียวัตถุบอกได้เพียงปริมาณของไนโตรเจนอย่างคร่าวๆเท่านั้น ในขณะที่ Mulvaney และคณะ (2001) พบว่าการวิเคราะห์ความเข้มข้นไนเตรทในดินเพื่อการให้คำแนะนำปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวโพด (Zea mays L.) ทำให้แนะนำอัตราปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินความต้องการ ทำให้ไนเตรทตกค้างสู่สิ่งแวดล้อมและน้ำใต้ดิน จึงได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen (HN) ซึ่งเรียกวิธีการวิเคราะห์นี้ว่า Illinois Soil test (ISNT) เป็นการวิเคราะห์อินทรีย์ไนโตรเจนในส่วนที่สามารถเกิด mineralization ได้ง่าย ซึ่งเป็นโปรตีนในรูปกรดอะมิโนและอะมิโนชูการ์ (Stevenson and Cole, 1999) HN จึงสามารถใช้ทำนายความเป็นประโยชน์ของ N ในดินได้ เนื่องจาก HN ใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงรูปช้ากว่าการเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียมเป็นไนเตรทจึงสะสมและคงอยู่ในดินได้นานกว่า การเปลี่ยนรูปจากแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรท Khan (2001) พบว่า HN ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ISNT มีสหสัมพันธ์กับอะมิโนชูการ์และอนินทรีย์ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีความสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนอย่างไรก็ตามผลของการใช้ HN เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนยังไม่ชัดเจน Mulvaney และคณะ (2001) ประเมินไนโตรเจนในรูป HN ในดินและพบว่าสามารถใช้ HN ทำนายการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ และมีสหสัมพันธ์ที่สูงกับผลผลิตของข้าวโพดในแปลงที่ Barker และคณะ (2006) พบว่า HN ไม่มีสหสัมพันธ์กับผลผลิตข้าวโพดและการตอบสนองของผลผลิตข้าวโพดต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน อย่างไรก็ตามในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยมักแนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงคุณภาพดิน และลดการใช้ปุ๋ยเคมี

ดังนั้นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอนินทรีย์ไนโตรเจนและ HN ของดินที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการไนโตรเจนวัตถุประสงค์ในการศึกษาคือ เพื่อศึกษาอิทธิพลของสมบัติของดิน ชนิดและอัตราของปุ๋ยคอก ที่มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อการเกิด mineralization และการเปลี่ยนแปลง Hydrolyzable Nitrogen ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการให้คำแนะนำปุ๋ยในโครงการเกษตรกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์สมบัติดินพื้นฐาน

เก็บตัวอย่างดิน 2 ชุดดิน คือ ชุดดินโชคชัย และน้ำพอง จากแปลงปลูกข้าวโพดในจังหวัดนครราชสีมา โดยเก็บที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร นำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นบดดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ วิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (ศิริมีย์และจงรักษ์, 2542) วิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen โดยวิธี ISNT (Mulvaney and Khan, 2001; Khan *et al*., 2001) วิเคราะห์ NH_4^+ และ NO_3^- โดยการสกัดด้วย 1*N* KCl อัตราส่วนดินต่อน้ำยาสกัด 1:10 วัดความเข้มข้นของ NH_4^+ และ NO_3^- ด้วยวิธี colorimetrically methods (Mulvaney, 1996) วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Bremner, 1996) วิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยวิธี Loss of ignition method (Wilkett *et al*., 2006) วิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนโดยวิธี Ammonium acetate, pH 7 replacement method (Peech*et al*.,1947) วิเคราะห์ Available P โดยสกัดด้วย Bray II วัดความเข้มข้นด้วยวิธี colorimetrically (Bray and Kurtz, 1945) สกัด Extractable K, Ca และ Mg โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc pH 7 วัดด้วยเครื่อง Atomic Adsorption spectrophotometer (Knudsen *et al*., 1982) วิเคราะห์เนื้อดินและปริมาณอนุภาคในดินเหนียวโดยวิธี pipette method (Gee and Bender, 1986) วัดค่าความชื้นดินที่ความจุความชื้นสนามด้วย Pressure plate apparatus

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

ปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลองนำมาจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดนครราชสีมา ใช้แหล่งของปุ๋ยคอก 2 ชนิด คือ ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยมูลโค นำมาวิเคราะห์ Total N โดยวิธี Micro-Kjeldahl method (Jackson, 1965) Total P โดยวิธี digest ด้วยกรด HNO_3+$HClO_4$ วัดปริมาณโดยวิธี Vanadomolybdate yellow color (Bao, 2000) วิเคราะห์ Total K โดยวิธี digest ด้วยกรด HNO_3+$HClO_4$ วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง AAS วัดค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (Richards, 1954) วิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยวิธี Loss of ignition (LOI) วิเคราะห์ Hydrolyzable Nitrogen โดยวิธี ISNT (Mulvaney and Khan, 2001; Khan *et al*., 2001)

การบ่มดินในห้องปฏิบัติการ

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่หนึ่ง คือ ชุดดินจำนวน 2 ชุดดิน ปัจจัยที่สองคือ ชนิดของปุ๋ยคอก 2 ชนิด และปัจจัยที่สาม คือ อัตราปุ๋ยคอก 3 อัตรา โดยในการทดลองครั้งนี้จะใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อัตรา 0, 150 และ 300 mg N kg^{-1} (คำนวณจากไนโตรเจนทั้งหมดในปุ๋ยคอกแต่ละชนิด) ดังนั้นในดินแต่ละชุดดิน ทำการทดลองทั้งหมด 5 ทรีทเม้นต์ 3 ซ้ำ ได้แก่ 1. ทรีทเม้นต์ควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยคอก(control) 2. ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 150 mg N kg^{-1} (CK150) 3. ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 300 mg N kg^{-1} (CK300) 4. ปุ๋ยมูลโคอัตรา 150 mg N kg^{-1} (CM150) และ 5. ปุ๋ยมูลโคอัตรา 300 mg N kg^{-1} (CM300) โดยนำดินแห้งทั้ง 2 ชุดดิน บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งดิน 800 กรัม คลุกเคล้ากับปุ๋ยอินทรีย์ตามอัตราที่กำหนดบรรจุดินลงในกระป๋องพลาสติกขนาด 1 ลิตร บ่มดินความชื้นสนามเป็นระยะเวลา 90 วัน ที่อุณหภูมิห้อง โดยเก็บตัวอย่างดินวันที่ 0, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 75, 90 ของการบ่มดิน นำดินแต่ละที่เก็บได้ไปวิเคราะห์ Hydrolyzable N, NH_4^+ และ NO_3^- โดยหาความชื้นในดินแต่ละครั้งใช้ในการคำนวณน้ำหนักดินแห้ง

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นHydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี ISNT

วิเคราะห์หาความเข้มข้น Hydrolyzable Nitrogen ด้วยวิธี Illinois Soil Nitrogen Test (ISNT) ตามวิธีของ Mulvaney and Khan (2001) และ Khan และคณะ (2001) ชั่งดิน 1 g (น้ำหนักดินแห้ง) เติม 2*M* NaOH 10 ml ลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขวด Mason's Jar ใส่ boric acid 5 ml ลงใน petri dish แล้ววางลงในขวด Mason's Jar ตั้งบน hot plate ในถาดใส่น้ำ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง จากนั้นนำ petri dish ออกจากขวด Mason's Jar เติมน้ำกลั่น 10 ml ลงใน erlenmeyer flask นำไปไตเตรทกับ 0.001 M H_2SO_4 จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นชมพูอ่อนไม่จางหาย คำนวณความเข้มข้นในโตรเจนที่วิเคราะห์ได้

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติดินที่ใช้ในการทดลอง

ดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้ง 2 ชุดดิน มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่ค่อนข้างแตกต่างกัน โดยชุดดินโคกชัยเป็นดินเหนียวสีแดงมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นดินกรดจัดมาก และชุดดินน้ำพองเป็นดินทรายร่วนมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง เมื่อพิจารณาจากปริมาณดินเหนียวและ CEC พบว่า ชุดดินโคกชัยมีปริมาณดินเหนียวสูง มีค่า CEC อยู่ในระดับปานกลาง ชุดดินน้ำพองมีปริมาณดินเหนียวต่ำ และมีค่า CEC อยู่ในระดับต่ำ (Table 1) สำหรับ Total N และ OM ของชุดดินโคกชัยและชุดดินน้ำพองมีอยู่ในระดับต่ำ ชุดดินโคกชัยมีความเข้มข้น Hydrolyzable N, NH_4^+ และ NO_3^- มากกว่าชุดดินน้ำพอง ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ของดินทั้ง 2 ชุดดินมีอยู่ในระดับสูง และค่า Extractable K, Ca, Mg ของชุดดินโคกชัยมีค่าสูงกว่าชุดดินน้ำพอง (Table1)

Table 1 Some physical and chemical properties of Chok Chai soil and Nam Phong soil

Soil Properties	Chok Chai series (Cc)	Nam Phong series (Ng)
Soil texture	Clay	Loamy sand
Clay (g kg^{-1})	720	30
Soil pH (1:1 water:soil)	4.74	5.59
Field capacity (% by weight)	25	12
Organic Carbon (OC) (g kg^{-1})	8.18	2.35
Organic Matter (OM) (g kg^{-1})	14.10	4.08
Total Nitrogen (g kg^{-1})	0.55	0.13
Cation exchange capacity (cmol kg^{-1})	10.97	2.23
Hydrolyzable Nitrogen (HN) (mg kg^{-1})	77.33	60.36
NH_4^+ (mg kg^{-1})	6.46	2.91
NO_3^- (mg kg^{-1})	1.96	1.75
Available phosphorus (mg kg^{-1})	33.26	15.31
Exchangeable K (mg kg^{-1})	176.53	20.16
Exchangeable Ca (mg kg^{-1})	166.25	67.92
Exchangeable Mg (mg kg^{-1})	73.48	23.94

สมบัติปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลอง

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารและสมบัติทางเคมีในปุ๋ยคอก พบว่า ในปุ๋ยมูลไก่มีค่าพีเอช 6.2 เป็นกรดเล็กน้อย มีค่าการนำไฟฟ้า 6.83 dS m^{-1} ในขณะที่ปุ๋ยมูลโคมีพีเอช 7.5 เป็นด่างเล็กน้อย ค่าการนำไฟฟ้า 2.60 dS m^{-1} ส่วนธาตุอาหารในปุ๋ยมูลไก่จากการวิเคราะห์พบว่ามี Total N, P และ K 21.6, 9.7 และ 15.9 g kg^{-1} ตามลำดับ ปุ๋ยมูลโคมี Total N, P และ K 18.3, 4.5 และ 18.9 g kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งปุ๋ยมูลไก่มี Total N และ P มากกว่าปุ๋ยโค แต่มี Total K ต่ำกว่า ปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณ OC 425 g kg^{-1} ขณะที่ปุ๋ยมูลโคมีปริมาณสูงกว่า (552 g kg^{-1}) ค่า C:N ratio ของปุ๋ยมูลไก่เท่ากับ 20:1 ปุ๋ยมูลโคมีค่า C:N ratio 30:1 (Table2) ปุ๋ยมูลไก่จึงมีแนวโน้มสลายตัวได้เร็วกว่าปุ๋ยมูลโค ดังนั้นจึงพบว่าปุ๋ยมูลไก่มีปริมาณ HN สูงกว่าปุ๋ยมูลโคโดยมีค่าเท่ากับ 2.83 และ 0.97 mg N kg^{-1} ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 pH, total N (TN) (g kg^{-1}), total P (TP) (g kg^{-1}), total K (TK) (g kg^{-1}), Organic Carbon (OC) (g kg^{-1}), C:N ratio and Hydrolyzable Nitrogen (HN) (mg N kg^{-1}) of cow and chicken manure.

source of organic fertilizers	pH	EC	TN	TP	TK	OC	C:N ratio	HN
Chicken manure (CK)	8.2	6.83	21.8	9.7	15.9	425	20:1	2.63
Cow manure (CM)	7.6	2.60	18.3	4.5	18.9	552	30:1	0.97

การเปลี่ยนแปลงHydrolyzableNitrigen ในดินหลังปุ๋ย

การเปลี่ยนแปลง HN ของดินทั้ง 2 ชุดดินมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือความเข้มข้น HN จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงแรกของการปุ๋ยดินและลดลงเมื่อระยะเวลาในการปุ๋ยดินเพิ่มมากขึ้น โดยในดินโคราช HN มีความเข้มข้นสูงในช่วง 0-30 วันของการปุ๋ยดิน ในขณะที่ดินชุดดินน้ำพองมีความเข้มข้นสูงสุดในวันที่ 5-7 ของการปุ๋ยดิน (Figure 1a และ 1b) จะเห็นได้ว่าทรีทเม้นต์ควบคุมของชุดดินโคราชมีความเข้มข้น HN สูงมากกว่าทรีทเม้นต์ควบคุมของชุดดินน้ำพอง เนื่องจากชุดดินโคราชและชุดดินน้ำพองมีความเข้มข้น HN ในดินก่อนการทดลองแตกต่างกันโดยชุดดินโคราชจะมีความเข้มข้น HN สูงกว่าชุดดินน้ำพองโดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 77.33 และ 60.36 mg N kg^{-1} (Table 1) เมื่อนำดินทั้งสองชุดดินมาผสมกับปุ๋ยคอก พบว่าชุดดินน้ำพองที่ผสมปุ๋ยคอกทั้ง 2 ชนิด 3 อัตรา มีความเข้มข้น HN สูงกว่าดินชุดดินโคราช เนื่องมากจากดินชุดดินน้ำพองซึ่งมีเนื้อดินทรายร่วนจึงมีอัตราการเกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนต่ำกว่าดินโคราชที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว อาจเนื่องมาจากดินเนื้อหยาบมีจำนวนจุลินทรีย์ด้วยกว่าดินเนื้อละเอียด ทำให้เกิดกระบวนการ ammonification และ nitrification เพื่อเปลี่ยนอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็นแอมโมเนียมและไนเตรทได้ช้า (Hamarashid et. al., 2010) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าในช่วง 3-7 วันของการปุ๋ยดิน ดินโคราชมีแอมโมเนียมเกิดขึ้นในความเข้มข้นสูง (Figure 2a) ในขณะที่ดินน้ำพองมีความเข้มข้นแอมโมเนียมเกิดขึ้นต่ำกว่าแสดงว่าดินน้ำพองเกิดกระบวนการ ammonification ได้ต่ำกว่า (Figure 2b) ทำให้พบ HN ในดินน้ำพองสูงกว่าดินโคราช

เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้น HN ของดินทั้งสองชุดดินที่ผสมปุ๋ยคอกทั้งสองชนิดและอัตรา พบว่าในภาพรวมตลอดระยะเวลาการปุ๋ยดิน ทรีทเม้นต์ CK300 มีความเข้มข้น HN สูงที่สุด รองลงมาคือทรีทเม้นต์ CM300, CK150, CM150 และทรีทเม้นต์ควบคุม เนื่องจากปุ๋ยมูลไก่มีอัตราส่วนของ C:N แคบกว่าปุ๋ยมูลโค และ HN สูงกว่าปุ๋ยมูลโค (Table 2) จึงทำให้พบความเข้มข้นของ HN ได้มากกว่า สำหรับอัตราปุ๋ยคอก 300 mg N kg^{-1} มีไนโตรเจนทั้งหมดและ HN สูงมากกว่าที่อัตรา 150 mg N kg^{-1} จึงทำให้มีความเข้มข้น HN สูงกว่า

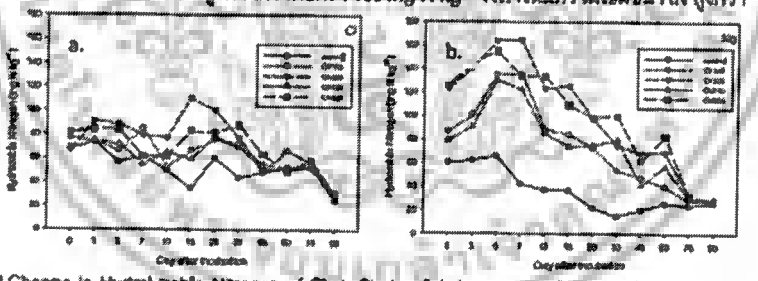


Figure 1 Change in Hydrolyzable Nitrogen of Chok Chai soil (a.) and Nam Phong soil (b.) with and without animal manures amended.

การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียมและไนเตรตในดินหลังปุ๋ย

การเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียม (NH_4^+) ทรีทเม้นต์ควบคุมของชุดดินโคราชมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่วันที่ 0-6 ของการปุ๋ยดิน และลดต่ำลงเรื่อยๆจนสิ้นสุดการทดลอง (Figure 2a) ซึ่งทุกทรีทเม้นต์มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับทรีทเม้นต์ควบคุม โดยจะเพิ่มสูงสุดในวันที่ 3-7 ของการปุ๋ยดิน ในแต่ละทรีทเม้นต์มีปริมาณ NH_4^+ ไม่แตกต่างกันมากนักอยู่ในช่วง 28.56-43.08 mg N kg^{-1} และลดต่ำลงในวันที่ 10 ของการปุ๋ยดินและลดลงเรื่อยๆจนสิ้นสุดการทดลอง (Figure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2a) สำหรับดินน้ำพองมีปริมาณ NH_4^+ ต่ำกว่าชุดดินโชคชัย โดยแอมโมเนียจะเกิดขึ้นบ้างเล็กน้อยในช่วงแรก วันที่ 3-6 ของการบ่มดิน ทรีตเม้นต์ CK300 มี NH_4^+ เกิดขึ้นสูงสุด 21.20 mg N kg^{-1} และในแต่ละทรีตเม้นต์มี NH_4^+ เกิดขึ้นในปริมาณไม่เกิน 10 mg N kg^{-1} จนสิ้นสุดการทดลอง (Figure 2b)

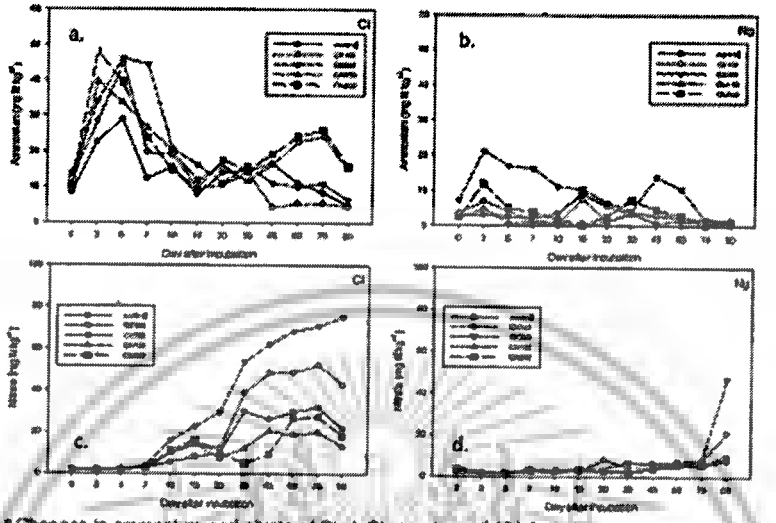


Figure 2 Changes in ammonium and nitrate of Chok Chai series soil (Cl) (a., c.) and Nam Phong soil (Ng) (b., d.) with and whitout animal manures amended.

ดินโชคชัยในขณะที่ความเข้มข้นของ NH_4^+ มีแนวลดต่ำลงในวันที่ 10 ของการบ่มดิน พบว่าความเข้มข้นของไนเตรทเพิ่มเพิ่มขึ้นทุกทรีตเม้นต์ตลอดการทดลอง มี NO_3^- สูงสุดในทรีตเม้นต์ CK300 75.13 mg N kg^{-1} ในวันที่ 90 ของการบ่มดิน (Figure 2c) ดินน้ำพองจะเห็นได้ว่ามี NH_4^+ เกิดขึ้นสูงกว่าชุดดินโชคชัย โดย NO_3^- ในวันที่ 0-75 ของการบ่มดินมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 1.19-7.70 mg N kg^{-1} แต่จะเห็นว่าในช่วงท้ายของการบ่มดิน NO_3^- มีแนวโน้มสูงขึ้นในวันที่ 75-90 ของการบ่มดิน (Figure 2d) การลดลงของ NH_4^+ และการเพิ่มขึ้นของ NO_3^- ในทุกทรีตเม้นต์แสดงให้เห็นว่าในทุกทรีตเม้นต์เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชั่นขึ้น แต่ในชุดดินน้ำพองเกิดขึ้นช้าและต่ำกว่า อาจเนื่องจาก C:N ratio ดินโชคชัยมีค่าต่ำกว่าดินน้ำพองคือ 15:1 และ 18:1 ตามลำดับรวมถึงปริมาณจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งเนื้อดินเป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณจุลินทรีย์ดิน (Scott and Robert, 2006 และ Jensen, 1996) Hamarashid และคณะ (2010) พบว่าดินร่วนเหนียวมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายอินทรียวัตถุสูงกว่าในดินร่วนทรายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) ดังนั้นชุดดินโชคชัยมีอนุภาคดินเหนียวสูงกว่าชุดดินน้ำพองจึงน่าจะมีปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่า นอกจากนี้ดินโชคชัยมีค่า CEC และ extractable base สูงกว่าดินน้ำพองจึงทำให้ดินมีความสามารถเพิ่มการผลิตของดินจากปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นได้ดีกว่า

อิทธิพลของชนิดปุ๋ยคอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแอมโมเนียและไนเตรทพบว่าปุ๋ยมูลไก่สามารถปลดปล่อยแอมโมเนียและเปลี่ยนเป็นไนเตรทได้สูงกว่าปุ๋ยมูลโค เนื่องมาจากปุ๋ยมูลไก่มีไนโตรเจนทั้งหมด และ HN สูงกว่าปุ๋ยมูลโค ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นอกจากนี้มูลไก่มีไนโตรเจนบางส่วนอยู่ในรูปกรดยูริกสามารถเกิดไฮโดรไลซิสเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียได้ง่าย (ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงค์มณีโรจน์ และชวลิต ธงประยูร, 2551) โดยจะเห็นได้ว่าความเข้มข้น NH ของมูลไก่ก่อนการผสมกับดิน มีค่า 2.83 mg N kg^{-1} คิดเป็น 13.12% ของไนโตรเจนทั้งหมดในมูลไก่ในขณะที่มูลโคมีความเข้มข้นของ NH เท่ากับ 0.97 mg N kg^{-1} คิดเป็น 5.26% ของไนโตรเจนทั้งหมดในมูลโค (Table 2)

การเกิด Net mineralization (ผลรวมของแอมโมเนียและไนเตรท) ของดินทั้ง 2 ชุดดิน ที่ผสมร่วมกับปุ๋ยคอก ในวันที่ 30 หลังจากการบ่มดิน พบว่าการเกิด mineralization ของดิน และปุ๋ยคอกทั้งสองชนิด มีความแตกต่างอย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยคอก ปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดดิน ชนิดปุ๋ยคอก และอัตราการใส่มีผลต่อการเกิด mineralization อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 3 Net mineralization at 30 day after incubation of Chok Chai series soil (Ci) and Nam Phong soil (Ng) with and without animal manures amended.

source of organic fertilizers		Soil		Average
		Chok Chai soil (Ci)	Nam Phong soil (Ng)	
Chicken manure (CK)	0	44.44	5.65	25.05
	150	63.19	7.60	30.40
	300	69.75	9.95	30.85
				31.76 A
Cow manure (CM)	0	44.43	5.68	25.05
	150	23.75	6.13	14.94
	300	19.73	9.14	14.44
				18.13 B
		42.54 a	7.35 b	
CV (%)	9.22			
F-test				
Soil	**	Soil x Fertilizers	**	
Fertilizers	**	Soil x Rate	**	
Rate	**	Soil x Fertilizers x Rate	**	
Fertilizers x Rate	**			

Variable means followed by same letter are not significant different (α=0.01) according to Duncan's Multiple Range test.

สรุป

ดินโคกชัย มีปริมาณ Clay,CEC และ exchangeable base สูงกว่า และมีค่า C:N ratio ที่แคบกว่าดินน้ำพอง จึงทำให้ดินโคกชัยเกิด mineralization มีความเร็วสิ้นของ HN และชีวปฏิกิริยาในสภาพเครื่องให้ดินมีปริมาณโตรเจนมากกว่าดินน้ำพองสำหรับปุ๋ยคอกทั้ง 2 ชนิด คือ ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยมูลโค ปุ๋ยมูลไก่มีค่า C:N ratio แคบกว่าปุ๋ยมูลโคสิ่งผลให้อัตราการย่อยสลายของอินทรีย์สารสูงกว่า ปุ๋ยมูลไก่จะปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์สูงกว่าปุ๋ยมูลโคในทรีทเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยอัตราเท่ากันเนื่องจากไนโตรเจนบางส่วนในมูลไก่อยู่ในรูปกรดยูริกซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายให้เปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมได้ง่าย นอกจากนี้ปุ๋ยมูลไก่มีอินทรีย์วัตถุในโตรเจนในส่วนที่สลายตัวได้ง่ายสูงกว่ามูลโคจากค่าความเข้มข้นของ HN ในมูลไก่แสดงให้เห็นว่า 13.12% ของไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในรูปที่สลายตัวได้ง่าย การใส่ปุ๋ยคอกที่อัตรา 300 mg N kg^{-1} ทำให้มีความเข้มข้นของ HN และการเกิดกระบวนการ mineralization สูงกว่าการใส่ที่อัตรา 150 mg N kg^{-1}

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการวิจัย งบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, 547 หน้า.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชาลิต ชงประยูร. 2551. ปุ๋ยพืชการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 519 หน้า.

Bao SD. 2000. Soil and agricultural chemistry analysis. 3rd ed. China Agriculture Press. Beijing.

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 Sci. Soc. Am. J. 98:1352–1358.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen—Total. p. 1085–1122. *In* D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA. Madison, WI.

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

Hmmarashid. N. H, M. A. Othman, and M. H. Hussain. 2010. Effects of soil texture on chemical composition, Microbial populations and carbon mineralization in soil. Egypt. J. Exp. Biol. (Bot.), 6(1): 59 – 64 (2010).

Jackson, W.A. 1965. Soil chemical analysis. Prentice Hall Inc.,Englewood Cliffs, New Jersy

Jensen LS, McQueen DJ, Ross DJ, Tate KR. 1996. Effect of soil composition on N-mineralization and microbial-C and –N II: Laboratory simulation. Soil Till. Res., 38: 189-202.

Kara, E. E., Uygur, V. and Erel, A. (2008). The Effects of Composted Poultry Wastes on Nitrogen Mineralization and Biological Activity in a Silt Loam Soil. J. Applied Sciences 8(11): 2476-2480.

Khan, S.A., R.L. Mulvaney, and R.G. Hoeft. 2001. A simple soil test for detecting sites that are nonresponsive to nitrogen fertilization. SoilSci. Soc. Am. J. 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.). 1982. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen-inorganic forms. p. 1123–1184. *In* D.L. Sparks et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA. Madison, WI.

Mulvaney, R.L., and S.A. Khan. 2001. Diffusion methods to determine different forms of nitrogen in soil hydrolysates. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:1284–1292. doi:10.2136/sssaj2001.6541284x.

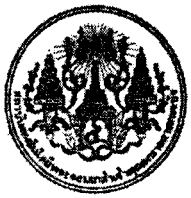
Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkali soil. USDA Agric. Handbook 60. Washington, D. C.

Scott J, and J. Robert 2006. Soil texture and nitrogen mineralization potential across a riparian toposequence in a semi-arid savanna. Soil Boil. Biochem., 38(6): 1325-1333.

Stevenson, F.J., and M.A. Cole. 1999. Cycles of soils: Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, and micronutrients. 2nd ed. John Wiley & Sons. NY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา.....



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 1 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2558

☐ แหล่งงบประมาณแผนดิน (แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การใช้ Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen เป็นดัชนีวัดความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดิน

(ภาษาอังกฤษ) Using Hydrolyzable Amino Sugar-Nitrogen as Soil Nitrogen Availability Indices

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) สุกัญญา แย้มประชา

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1/ 10/2557 ถึงวันที่ 30/ 9/ 2558

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี 0 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1/10/2557 ถึงวันที่ 30/9/2558

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. **การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)**

งวดที่	จำนวนเงิน	%	วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน
งวดที่ 1 ค่าเดินทาง	5790	5.79	26-พ.ย.-57
งวดที่ 2 ค่าจ้างเหมาเก็บดิน	5000	5.00	27-พ.ย.-57
งวดที่ 3 ค่าวัสดุ	20,629.60	20.63	28-พ.ย.-57
งวดที่ 4 ค่าตอบแทน น.ส. เพ็ญนภา	5000	5.00	30-ธ.ค.-57
งวดที่ 5 ค่าตอบแทน น.ส. เพ็ญนภา	5000	5.00	30-ม.ค.-58
งวดที่ 6 ค่าตอบแทน น.ส. เพ็ญนภา	5000	5.00	28-ก.พ.-58
งวดที่ 7 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-ธ.ค.-57
งวดที่ 8 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-ม.ค.-58
งวดที่ 9 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	28-ก.พ.-58
งวดที่ 10 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	31-มี.ค.-58
งวดที่ 11 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-เม.ย.-58
งวดที่ 12 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-พ.ค.-58
งวดที่ 13 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-มิ.ย.-58
งวดที่ 14 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	30-ก.ค.-58
งวดที่ 15 ค่าตอบแทน น.ส.กมลวรรณ	5000	5.00	31-ก.ค.-58
งวดที่ 16 ค่าวัสดุ	8580	8.58	1-ส.ค.-58
รวม	99999.60	100.00	

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	60,000	60,000	0
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	18,000	18000	0
ค่าวัสดุ	22,000	21999.60	0.40
ค่าสาธารณูปโภค			
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์			
รวม	100,000	99999.60	0.40

.....

(.....)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

...../...../.....

.....

(.....)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่กี่ยวข้อง

...../...../.....

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าการเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ประวัตินักวิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุกัญญา แย้มประชา
หมายเลขบัตรประชาชน	3 7303 00573 82 6
สถานที่ติดต่อ (ที่ทำงาน)	ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์/โทรสาร	02-3298151
E-mail – address	sukunya.ya@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ. (เคมีการเกษตร)	สาขาเคมีการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาโท	วท.ม. (เกษตรศาสตร์)	สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาเอก	ปร.ด. (ปฐพีวิทยา)	สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ และการประชุมวิชาการ

Souliyavongsa, X., S. Yampracha, T. Attanandana, R. Yost and P. Kanghae. 2015. Phosphorus-sorption Characteristics and Phosphorus Buffer Coefficient of some Important Soils in Lao PDR. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 46:666-681.

Jakchaiwat Kaweewong, Thanuchai Kongkaew, Saowanuch Tawornprek, Sukunya Yampracha and Russell Yost . 2013. Nitrogen requirements of cassava in selected soils of Thailand. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. Vol. 114(1), 13-19.

Jakchaiwat Kaweewong, Saowanuch Tawornpruek, Sukunya Yampracha, Yost Russell, Sahascha Kongton and Thanuchai Kongkeaw. 2013. Cassava Nitrogen Requirements in Thailand and Crop Simulation Model Predictions. Soil Science. Vol. 178(5), 248-255.

Sukunya Yampracha. 2006. Dissolution and availability of rock phosphates for rice cultivation in acid sulfate soils of Thailand. Dissertation, Graduate school Kasetsart University, Thailand.

Sukunya Yampracha, Tasnee Attanandana, Aminata Sidibe-Diarra, Anongnart Srivihok, and Russell S. Yost. 2006. Predicting the Dissolution of Four Rock Phosphates in Flooded Acid Sulfate Soils of Thailand. Soil Science. 171: 200-209.

Sukunya Yampracha, Tasnee Attanandana, Aminata Sidibe-Diarra, and Russell S. Yost. 2005. Predicting the Dissolution of Rock Phosphates in Flooded Acid Sulfate Soils. Soil Science Society of America Journal. 69: 2000-2011.

การประชุมวิชาการ

Sukunya Yampracha and Parichart Wathakiattikul. 2015. Effect of Organic Fertilizers on Soil Phosphorus Sorption Capacity. In Proceeding of 2nd International Symposium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Agricultural Technology, 1-3 July 2015, A-One The Royal Cruise Hotel, Pattaya, Thailand (Poster presentation).

Sukunya Yampracha, Sukit Ratanasriwong, Wanlee Amornpon, Benjamas Khamsueb and Attachai Jintrawet. 2014. Effects of Phosphorus Fertilizer Rates on Changes of Soil Phosphorus Fractions in Cassava Growing Soils of Thailand. 20th World Congress of Soil Science, June 8-13, 2014 Jeju, Korea (Poster presentation).

Yampracha, S., N. Boonplang and N. Phanchindawan. 2010. Nutrient Status of Asparagus (Asparagus officinalis L.) Leave and Soils in Western Thailand. In Proceeding of the 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium Agricultural Technology, 25-27 August 2010, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand (Poster presentation).

Sukunya Yampracha, Tasnee Attanandana, and Russell Yost. 2006. Developing an Equation to Predict Rock Phosphate Requirement for Rice Cultivation in Flooded Acid Sulfate Soils of Thailand. In The 14th World fertilizer Congress, 22-27 January, 2006. Chiang Mai, Thailand (Oral presentation).

Sukunya Yampracha, Tasnee Attanandana, and Russell Yost. 2005. Testing Predictions of Rock Phosphate for Rice Cultivation in Ongkharak soil. In The 5th National Symposium on Graduate Research, Kasetsart University, 10-11 October, 2005. Bangkok, Thailand (Oral presentation).

กมลวรรณ ตีเมืองสอง สุกัญญา แย้มประชา และ นุกูล ถวิลถึง. 2558. การเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์ไนโตรเจน และ Hydrolyzable Nitrogen ในดินที่ใส่ปุ๋ยคอก. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53. 3-6 กุมภาพันธ์ 2558. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน , กรุงเทพฯ.

รัตนาภรณ์ คชวงศ์; แสงดาว เขาแก้ว; สุกัญญา แย้มประชา; ธนูชัย กองแก้ว. 2556. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อคุณภาพ ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งและสมบัติทางเคมีของดิน. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51: 5-7 กุมภาพันธ์ 2556. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

สุกัญญา แย้มประชา ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และวิจารณ์ วิชชุกิจ. 2545. การตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อข้าวโพดสด. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

ข. ผลงานวิจัยที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

Dissolution and availability of rock phosphates for rice cultivation in acid sulfate soils of Thailand. เป็นส่วนหนึ่งของการคำนวณอัตราปุ๋ยหินฟอสเฟตสำหรับนาข้าวในโปรแกรมสำเร็จรูป PDSS

ค. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ สุกัญญา แย้มประชา. 2556. หน่วยที่ 4 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาดิน น้ำ และปุ๋ย(90406) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด, นนทบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุกัญญา แย้มประชา. 2556. หน่วยที่ 5 ดินไร่และดินนา. ใน เอกสารการสอนชุดวิชาดิน น้ำ และปุ๋ย(90406) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด, นนทบุรี.

สุกัญญา แย้มประชา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ วัชระ เสือดี. 2556. หน่วยที่ 15 สารสนเทศเพื่อการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย ใน เอกสารการสอนชุดวิชาดิน น้ำ และปุ๋ย(90406) สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด, นนทบุรี.

สุกัญญา แย้มประชา. 2552. หน่วยที่ 6 ทรัพยากรดิน และการใช้เพื่อการผลิตพืช. ใน ประมวลสาระชุดวิชาการจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิตพืช(95705). บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ปากเกร็ด, นนทบุรี.

นิพนธ์ เอี่ยมสุภาษิต สุกัญญา แย้มประชา และ เฌอมาลย์ วงศ์ชาวจันท์. 2552. หน่วยที่ 8 พันธุ์พืช ปุ๋ย สารควบคุมการเจริญเติบโต และการเลือกใช้. ใน ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการทรัพยากรเพื่อการผลิตพืช(95705). บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ปากเกร็ด, นนทบุรี.

อัจฉรา จิตตลดากร สุกัญญา แย้มประชา และ โรจน์ บุรุษรัตนพันธุ์. 2551. หน่วยที่ 12 กรณีตัวอย่างการจัดการธุรกิจพืช: กรณีวิสาหกิจชุมชนหน่อไม้ฝรั่งอำเภอท่ามะกา. ใน ประมวลสาระชุดวิชา การจัดการธุรกิจการเกษตร (95702). บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. ปากเกร็ด, นนทบุรี.

อัจฉรา จิตตลดากร คำรณ ไทรฟัก สุทัศน์ สุรวาณิช สุกัญญา แย้มประชา และ วัชระ เสือดี. 2551. หน่วยที่ 6 ภูมิอากาศ และการจัดการทรัพยากรดิน น้ำ. ใน ประมวลสาระชุดวิชา หลักการจัดการทรัพยากร เกษตร (95701). บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.ปากเกร็ด, นนทบุรี.

จ. รางวัลผลงานวิจัยที่เคยได้รับ

รางวัลชมเชยการนำเสนอผลงานวิจัย

สุกัญญา แย้มประชา ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และวิจารณ์ วิชชุกิจ. 2545. การตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อข้าวโพดสด. ใน เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน, กรุงเทพฯ.

ฉ. สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ (สามารถตอบได้มากกว่า 1 สาขา)

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เคมีดิน การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่

ช. ภาระงานในปัจจุบัน

1. งานประจำ อาจารย์ประจำวิชาเอกปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชื่อ : (ภาษาไทย) นายนุกูล ถวิลถึง
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Nukoon Tawinteung
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 4099 00354 07 0
หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
หลักสูตรปฐพีวิทยา สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์/โทรสาร 02-3264101
E-mail: ktnukoon@kmitl.ac.th

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ
วท.บ	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Certificate	Soil Fertility	Tokyo University of Agriculture
M.Sc.	Agricultural System	Asian Institute of Technology
D. Tech. Sc	Environmental Toxicology, Technology and Management	Asian Institute of Technology

3 ผู้ช่วยวิจัย ชื่อ : (ภาษาไทย) นางสาวกมลวรรณ ตีเมืองสอง
(ภาษาอังกฤษ) Miss.Kamonwan Teemaungsong
เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1103700326341
หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก
หลักสูตรปฐพีวิทยา สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520 โทรศัพท์/โทรสาร 02-3264101
E-mail: kamonwan.sine@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ
วท.บ	เกษตรศาสตร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้