ศึกษาการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างๆ
Study on Nitrogen Fertilizer Management as Appropriate to Increase Carbon Sequestration in Soil on Maize Production System

สุทัศนีย์ วงศ์ศุปไทย[1/] ศุภกาญจน์ ล้วนมณี [2/] ดาวรุ่ง คงเทียน[1/] จำนงค์ ชัญถาวร[1/]
Sutatsane Vongsupathai[1/] Suphakarn Luanmanee[2/] Daorung Kongtien[1/]
Jamnong Chanthavorn[1/]

Abstract

Study on appropriate nitrogen fertilizer management practices to Increase carbon sequestration in soil on maize production system carried out in Wang Hai Soil Series at Nakhon Sawan Province in 2014 to 2015. The experimental plot was designed as split plot in 3 replications which main plot comprised varieties of maize 1) Nakhonsawan 1 (NS1) 2) Nakhonsawan 3 (NS3) 3) NSX042022 4) NSX052014 5) NK48 Sub plots were fertilizer application rate 1) 0-10-10 kg.N-P_2O_5-K_2O/rai 2) chicken manure 1,000 kg./rai 3) 15-10-10 kg. N-P_2O_5-K_2O/rai 4) 15-10-10 kg. N-P_2O_5-K_2O/rai and chicken manure 1,000 kg./rai . The results showed that NSX052014 gave the highest grain yield 1,084 kg./rai while NK48 NS3 NSX0542022 and NS1 gave grain yield 999 775 770 and 407 kg./rai. The fertilizer application 15-10-10 kg. N- P_2O_5-K_2O/rai ,15-10-10 kg. N-P_2O_5-K_2O/rai and chicken manure 1,000 kg./rai. gave high yield 890 and 894 kg./rai while 0-10-10 kg. N-P_2O_5-K_2O/rai gave lowest grain yield 649 kg./rai. The physiological characteristics were positive correlated which nitrogen management. NS3 had carbon concentration in plant higher than NSX042022 NS1 NSX052014 and NK48. For the carbon emission from the soil ranged from 48.465 to 53.048 g. CO_2/m^2 and soil growing NS3 emitted more CO_2 than NSX052014 NSX042022 NS1 and NK48.

Key words : carbon, fertilizer, maize

บทคัดย่อ

ศึกษาการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ต่างๆ วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 5 พันธุ์ ได้แก่ 1) พันธุ์นครสวรรค์ 1 2) นครสวรรค์ 3 3) NSX042022 4) NSX052014 5) NK48 ปัจจัยรอง คือ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจน 4 อัตรา ได้แก่ 1) 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ 2) มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ 3) 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ 4) 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัม บันทึกข้อมูลลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต ลักษณะทางสรีรวิทยา การ

รหัสทะเบียนวิจัย 03-16-57-02-01-00-04-57

[1/]ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ [1/] Nakhon Sawan Field Crops Research Center
[2/]สังกัดสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร [2/] Agricultural Production Sciences Research and Development Office

ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอน และการกักเก็บก๊าซคาร์บอนในดิน จากค่าเฉลี่ยผลการทดลองสองปีพบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม NSX052014 ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด 1,084 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้ NK48 นครสวรรค์ 3 NSX0542022 และนครสวรรค์ 1 โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 999 775 770 และ 407 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตสูงไม่แตกต่างกัน โดยให้ผลผลิต 890 และ 894 กิโลกรัมต่อไร่ ตรงกันข้ามกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ผลผลิตที่ได้จะน้อยที่สุดเฉลี่ย 649 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับลักษณะทางสรีรวิทยามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนโดยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการสะสมคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ NSX042022 นครสวรรค์ 1 NSX052014 และ NK48 สำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์จากดินในระบบการปลูกข้าวโพดมีค่าอยู่ในช่วง 48.465-53.048 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์มากที่สุด รองลงมาคือ NSX052014 NSX042022 นครสวรรค์ 1 และ NK48
คำสำคัญ: คาร์บอน การจัดการปุ๋ย ข้าวโพด

คำนำ

ดินเป็นทั้งแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีศักยภาพสูงและใช้ต้นทุนต่ำในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก การไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ทำให้คาร์บอนถูกเก็บสะสมไว้ในดิน ศุภกาญจน์ และคณะ (2552) พบว่า การไถกลบเศษซากข้าวโพดที่เหลืออยู่ในแปลง เช่น ส่วนของต้น ใบ และกาบฝัก ทำให้มีคาร์บอนใส่กลับคืนลงไปในดินเฉลี่ย 493 กิโลกรัม C ต่อไร่ ส่วนคาร์บอนจากส่วนของรากข้าวโพดเฉลี่ย 526 กิโลกรัม C ต่อไร่ ในขณะที่ Matsumoto *et al.* (2008) พบว่า การไถกลบเศษซากข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในดินร่วนปนทรายชุดดินสตึก จ.ขอนแก่น ทำให้มีคาร์บอนกลับลงไปในดิน 1,296-1,632 กิโลกรัม C ต่อไร่ โดยเป็นคาร์บอนจากส่วนของเศษซากต้น ใบ และกาบฝัก 176-352 กิโลกรัม C ต่อไร่ และจากส่วนของราก 1,120-1,280 กิโลกรัม C ต่อไร่ ซึ่งคาร์บอนที่สะสมอยู่ในชีวมวลนี้ได้มาจากการใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศในการสังเคราะห์แสง ดังนั้นเมื่อไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดินก็จะทำให้คาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในพืชหลังจากผ่านการย่อยสลายแล้ว จะเหลือตกค้างอยู่ในดินในรูปของฮิวมัส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรียวัตถุ หรือเรียกกระบวนการดังกล่าวนี้ว่า “Soil carbon sequestration” (Lal, 2004 and Lal *et al*., 2007) โดยวิธีการดังกล่าวนี้จะมีประสิทธิภาพมากเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะดิน การใช้ที่ดิน การจัดการดิน ปุ๋ย น้ำ ระบบปลูกพืช และสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้สัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนยังมีผลต่อการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและการดูดใช้ไนโตรเจนของพืชจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการกักเก็บคาร์บอนไว้ในดิน การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วิธีการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในระบบการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

อุปกรณ์

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ได้แก่ พันธุ์ผสมเปิดของกรมวิชาการเกษตร (นครสวรรค์ 1) พันธุ์ลูกผสมของกรมวิชาการเกษตร (นครสวรรค์ 3 NSX042022 NSX052014) และพันธุ์การค้า (พันธุ์ NK 48)
2) สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช โรคพืช และแมลง
3) ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และ 21-0-0

4) มูลไก่แกลบ

5) เครื่องกลั่นไนโตรเจน

วิธีการดำเนินการ

วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย

ปัจจัยหลัก เป็นพันธุ์ของข้าวโพด มี 5 พันธุ์ คือ

1) พันธุ์ผสมเปิดนครสวรรค์1
2) พันธุ์ลูกผสมนครสวรรค์ 3
3) พันธุ์ลูกผสม NSX042022
4) พันธุ์ลูกผสม NSX052014
5) พันธุ์ลูกผสม NK48

ปัจจัยรอง เป็นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน มี 4 ระดับ คือ

1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
2) ใส่มูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่
3) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน
4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับมูลไก่แกลบ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

โดยทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทชอย่างเพียงพอตามค่าวิเคราะห์ดินดำเนินการทดลองในดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์

การบันทึกข้อมูล

1) ข้อมูลปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึกต่างๆ
2) ข้อมูลทางสรีรวิทยาของข้าวโพด ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) ความเข้มสีเขียวของใบพืชโดยวัดด้วยเครื่อง Minolta SPAD 502 และดัชนีพืชพรรณ (NDVI Index) ด้วยเครื่อง Greenseeker
3) ข้อมูลน้ำหนักสดของต้นใบ และฝัก ในพื้นที่เก็บเกี่ยว
4) ข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ความชื้น ของต้น ใบ เมล็ดและซัง
5) ข้อมูลปริมาณคาร์บอนในส่วนของต้นใบ เมล็ด และซัง
6) ข้อมูลลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2557 - กันยายน 2559

สถานที่ดำเนินการ แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ตำบลสุขสำราญ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร พบว่า เป็นชุดดินวังไฮมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวสีแดงหรือน้ำตาล ในชั้นดินล่างอาจพบว่ามีเศษหินบางเล็กน้อย หน้าดินลึกปานกลาง ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง โดยดินบนและดินล่างมี pH เท่ากับ 6.18 และ 6.26 ตามลำดับ และปริมาณอินทรียวัตถุโดยดินบนอยู่ในระดับปานกลางและดินล่างต่ำเท่ากับ 1.44 เปอร์เซ็นต์ และ 1.18 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับสูง และในดินล่างอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงและปานกลาง 79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 1) จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและอินทรีย์คาร์บอนในดินก่อนปลูกทำให้สามารถประเมินการใช้ปุ๋ยเป็น 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (กอบเกียรติ, 2552)

ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองคือมูลไก่ผสมแกลบ เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช เพิ่มความร่วนซุยให้กับดิน และเพื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีต่างๆ ของการทดลอง จากการสุ่มเก็บตัวอย่างมูลไก่ผสมแกลบจากกองปุ๋ยมาวิเคราะห์ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของความชื้น 29.41 เปอร์เซ็นต์ pH 6.9 อินทรียวัตถุ 36.5 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 3.2 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 2.8 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 และโพแทสเซียมทั้งหมด 2.1 เปอร์เซ็นต์ K_2O ดังนั้นเมื่อใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง (หรือมูลไก่1,416 กิโลกรัมน้ำหนักสด) จะได้ไนโตรเจนทั้งหมด 32 กิโลกรัม N ต่อไร่ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 28 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และโพแทสเซียมทั้งหมด 21 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ (Table 2)

ปริมาณคาร์บอนในส่วนต่างๆของข้าวโพด

ปริมาณคาร์บอน เป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดสูงกว่าในส่วนของต้น ใบ กาบ และซัง พบว่าค่าเฉลี่ยการทดลองสองปี ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการสะสมคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ NSX042022 นครสวรรค์ 1 NSX052014 และ NK48 (Table 3)

ลักษณะทางสรีรวิทยาของข้าวโพด

บันทึกข้อมูลดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf area index) ความเข้มสีเขียวของใบพืชโดยวัดด้วยเครื่อง SPAD Meter 502 และดัชนีพืชพรรณ (NDVI Index) ด้วยเครื่อง Greenseeker ผลการทดลองปี 2557 พบว่า การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อดัชนีพื้นที่ใบคือ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว ข้าวโพดมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุดและไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 4.9-5.1 ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ มีค่าดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเพียง 4.3 ความเข้มสีเขียวของใบพืช พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว ความเข้มสีเขียวของใบพืชไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 44.40-46.88 Spad-unit และการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ มีค่าน้อยที่สุด 37.81 Spad-unit ดัชนีพืชพรรณ (NDVI Index) หรือค่ามวลชีวภาพ พบว่า การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งดัชนีพืชพรรณมีค่าอยู่ในช่วง 0.70-0.72 NDVI Index

สำหรับผลการทดลองปี 2558 พบว่า การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อดัชนีพื้นที่ใบคือ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว ข้าวโพดมีค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงที่สุด และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 4.2-4.8 ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ มีค่าดัชนีพื้นที่ใบน้อยที่สุดเพียง

3.6 ความเข้มสีเขียวของใบพืช พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่เพียงอย่างเดียว ความเข้มสีเขียวของใบพืชไม่แตกต่างกันอยู่ในช่วง 45.38-48.27 Spad-unit และการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ มีค่าน้อยที่สุด 39.94 Spad-unit ดัชนีพืชพรรณ (NDVI Index) พบว่า การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนทุกระดับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งดัชนีพืชพรรณมีค่าอยู่ในช่วง 0.68-0.71 NDVI Index สำหรับพันธุ์ข้าวโพดพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในลักษณะทางสรีรวิทยา

จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของค่าดัชนีพื้นที่ใบ ความเข้มสีเขียวของใบพืช และดัชนีพืชพรรณทั้งสองปีที่ดำเนินการทดลอง พบว่า ลักษณะทางสรีรวิทยามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน โดยที่ลักษณะทางสรีรวิทยาจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น (Figure 1)

ลักษณะทางการเกษตร และผลผลิตของข้าวโพด

ปี 2557 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า พันธุ์นครสวรรค์ 1 มีความสูงต้นมากที่สุด 223 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์นครสวรรค์ 3 NSX052014 และ NK48 ส่วนพันธุ์ NSX042022 มีความสูงต้นต่ำที่สุด 186 เซนติเมตร สำหรับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความสูงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ต้นข้าวโพดมีความสูงต้นมากที่สุด 216 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ เพียงอย่างเดียว ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด 201 เซนติเมตร (Table 4)

ความสูงฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงฝักมากที่สุด 137 เซนติเมตร และพันธุ์ NK48 มีความสูงฝักต่ำที่สุด 121 เซนติเมตร การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความสูงฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงฝักมากที่สุด 131 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างจากการปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ เพียงอย่างเดียว ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ข้าวโพดมีความสูงฝักต่ำสุด 118 เซนติเมตร (Table 5)

ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า พันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อการจัดการปุ๋ยทุกอัตรา และให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิต 1,305 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ให้ผลผลิตน้อยที่สุด 652 กิโลกรัมต่อไร่ ในด้านของพันธุ์ที่ใช้ทำการทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ แบ่งกลุ่มได้ดังนี้ NSX 052014 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 1,129 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับ NK 48 ให้ผลผลิต 1,047 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์นครสวรรค์ 3 และ NSX 042022 ให้ผลผลิต 768 และ 756 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด 346 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 6)

น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า พันธุ์ NK48 มีน้ำหนักมากที่สุด 33.40 กรัม ขณะที่พันธุ์ NSX02022 มีน้ำหนักน้อยที่สุด 25.50 กรัม การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักมากที่สุด 30.92 กรัม แต่ไม่ต่างกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10

กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ และปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัม สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด 26.96 กรัม (Table 7)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ NSX042022 และ NSX052014 มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุด 84.86 และ 84.01 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ พันธุ์นครสวรรค์ 3 NK48 และนครสวรรค์ 1 โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะ 81.62, 79.76 และ 78.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 8)

ปี 2558 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสูงต้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ NSX042022 มีความสูงต้นมากที่สุด 194 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์นครสวรรค์ 1 NSX052014 และ NK48 ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงต้นต่ำที่สุด 159 เซนติเมตร สำหรับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความสูงต้นข้าวโพด เลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ส่งผลให้ต้นข้าวโพดมีความสูงต้นมากที่สุด 182 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ หรือปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ เพียงอย่างเดียว ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด 171 เซนติเมตร (Table 9)

ความสูงฝักมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีความสูงฝักมากที่สุด 137 เซนติเมตร และพันธุ์นครสวรรค์ 1 มีความสูงฝักต่ำที่สุด 118 เซนติเมตร การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อความสูงฝักข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงฝักมากที่สุด 131 เซนติเมตร ขณะที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ข้าวโพดมีความสูงฝักต่ำสุด 119 เซนติเมตร (Table 10)

ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่า พันธุ์ NSX052014 ตอบสนองต่อการจัดการปุ๋ยทุกอัตรา และให้ผลผลิตสูงที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ โดยให้ผลผลิต 1,294 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ให้ผลผลิตน้อยที่สุด 645 กิโลกรัมต่อไร่ ในด้านของพันธุ์ที่ใช้ทำการทดสอบทั้ง 5 พันธุ์ แบ่งกลุ่มได้ดังนี้ NSX052014 ให้ผลผลิตสูงที่สุด 1,039 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ NK 48 ให้ผลผลิต 950 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือพันธุ์ NSX042022 และนครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิต 783 และ 782 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์นครสวรรค์ 1 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด 468 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 11)

น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า พันธุ์ NK48 มีน้ำหนักมากที่สุด 32.99 กรัม ขณะที่พันธุ์ NSX02022 มีน้ำหนักน้อยที่สุด 25.44 กรัม การจัดการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ มีน้ำหนักมากที่สุด 31.24 กรัม รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_20 ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยมูลไก่ 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-10-10 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยที่สุด 27.26 กรัม (Table 12)

เปอร์เซ็นต์กะเทาะพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ NSX042022 มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะสูงสุด 85.42 รองลงมาได้แก่ NSX052014 พันธุ์นครสวรรค์ 3 NK48 และนครสวรรค์ 1 โดยมีเปอร์เซ็นต์กะเทาะ 83.02, 82.84, 81.93 และ 73.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 13)

จากผลการทดลองได้นำลักษณะผลผลิตมาวิเคราะห์สหสัมพันธ์กับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนระดับต่างๆ พบว่า ลักษณะผลผลิตตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทางบวก กล่าวคือ ปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้น (Figure 2)

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน

การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดดินวังไฮที่ปลูกข้าวโพดพันธุ์ต่างๆ ในปี 2557 ตั้งแต่วันที่ 14 มิถุนายน 2557 ถึง 14 ตุลาคม 2557 (จำนวน 120 วัน) พบว่าแตกต่างกันโดยพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ NSX052014 มีการปลดปล่อยก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดเฉลี่ย 1.06 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ NSX042022 นครสวรรค์ 1 นครสวรรค์ 3 และ NK48 มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1.00 0.96 0.89 และ 0.95 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการจัดการปุ๋ยโดยวิธีการต่างๆ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.85-1.01 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_20$ ต่อไร่ มีการปลอดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์มากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ปลูกพืช มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.75 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร

ปี 2558 การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่วันที่ 9 กรกฎาคม 2558 ถึง 27 พฤศจิกายน 2558 (จำนวน 120 วัน) พบว่า พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการปลดปล่อยก๊าซก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดเฉลี่ย 0.95 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ในขณะที่พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ NK48 นครสวรรค์ 1 พันธุ์ NSX042022 และพันธุ์ NSX052014 มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.85 0.80 0.75 และ 0.53 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ ส่วนการจัดการปุ๋ยโดยวิธีการต่างๆ มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.90-0.83 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-10-10 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_20$ ต่อไร่ มีการปลอดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์มากที่สุด ในขณะที่พื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ได้ปลูกพืช มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.69 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร และพบว่าช่วงที่ข้าวโพดเจริญเติบโตจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์เพิ่มขึ้น และจะลดลงเมื่อถึงระยะสุกแก่ (Figure 3)

สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

1. อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์จากดิน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์จะปลดปล่อยจากดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

2. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แต่ละพันธุ์สามารถกักเก็บคาร์บอนไว้ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยจะเก็บสะสมที่ต้น ใบ กาบ ซัง และเมล็ด จากการทดลองพบว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปริมาณการสะสมคาร์บอนมากว่า NSX042022 NK48 NSX052014 และนครสวรรค์ 1 สำหรับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์จากดินในระบบการปลูกข้าวโพดมีค่าอยู่ในช่วง 48.465-53.048 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อตารางเมตร ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซค์มากที่สุด รองลงมาคือ NSX052014 NSX042022 นครสวรรค์ 1 และ NK48

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นข้อมูลการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และได้ข้อมูลสนับสนุนการวิจัยด้านการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่การเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2552. การจัดการดินและปุ๋ยเพื่อผลิตอ้อย. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี เข็มพร เพชราภรณ์ สมฤทัย ตันเจริญ นงลักษ์ ปั้นลาย ศิริขวัญ ภู่นา. 2552. ผลการ จัดการดินและปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตข้าวโพดในระยะยาว,น.66-75,*ใน* ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2552 เล่มที่ 2 สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

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

Lal, R. 2004b. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. Geoderma 123: 1-22.

Lal, R., R.F. Follett, B.A. Stewart and J.M. Kimble. 2007. Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change and Advance Food Security. Soil Science 172 (12): 943-956.

Matsumoto, N., K. Paisancharoen, and T. Hakamata. 2008. Carbon Balance in Maize Fields under Cattle Manure Application and No-Tillage Cultivation in Northeast Thailand. Soil Sci. Plant Nutr. 54: 277-288.

Peech,M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter, pp. 914-925. In C.A. Black, D.D.Evans, R.L. White, L.E.Ensminger, F.E. Clark and R.C. Dinsuer (eds). Method of Soil Analysis Part 2 : Physical and microbiological Propertics, Including Statistics of Measurement and Sampling American Society of Agronomy Inc., Pubisher Madison,USA.

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

Table 1 Characteristics of Wang Hai Soil Series at Nakhon Sawan Field Crops Research Center before planting maize in 2014 and 2015.

Depth (cm.)	pH [1/] (1:1)	Organic matter [2/] (%)	Organic Carbon [2/] (%)	Available P [3/] (mg P/kg soil)	Exchangeable K [4/] (mg/kg soil)
0-20	6.18	1.44	0.83	8	79
20-50	6.26	1.18	0.68	4	44

[1/] Peech (1965) soil:water = 1:1 [2/] Walkley and Black (1934)
[3/] Bray and Kurtz (1945) [4/] Thomas (1982)

Table 2 Properties of chicken manure

Organic material	Moisture content (%)	pH	Organic matter (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
Chicken manure	29.41	6.9	36.5	3.2	2.8	2.1

Table 3 Average carbon concentration (%) in plant part of maize.

Variety	Carbon concentration (%) Stem	Leaf	Husk	Cob	Grain
NS1	68.33	62.99	66.56	64.32	76.86
NS3	70.31	64.70	68.41	66.55	74.75
NSX042022	69.79	63.87	69.01	65.76	74.34
NSX052014	68.66	63.06	68.36	66.55	71.89
Nk48	69.24	62.17	66.24	64.21	72.96

Table 4 Average plant height (cm.) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2014.

Variety	Nitrogen management				Average [(1)]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	211	227	229	225	223 a
2. NS3	208	213	214	210	211 a
3. NSX 042022	176	175	192	201	186 b
4. NSX 052014	204	220	211	215	212 a
5. NK48	204	221	222	230	219 a
Average [(1)]	201 b	211 a	214 a	216 a	210

c.v. (a) = 9.1 % c.v. (b) = 6.0 %

(1) Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 5 Average ear height (cm.) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2014.

Variety	Nitrogen management				Average [(1)]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	122	137	129	130	130 ab
2. NS3	135	139	137	136	137 a
3. NSX 042022	106	122	118	129	119 c
4. NSX 052014	116	132	124	132	126 bc
5. NK48	111	123	123	129	121 c
Average [(1)]	118 b	131 a	126 a	131 a	127

c.v. (a) = 6.2 % c.v. (b) = 4.9 %

(1) Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 6 Average grain yield (kg./rai) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2014.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	330	391	300	365	346 c
2. NS3	724	751	867	729	768 b
3. NSX 042022	615	808	787	813	756 b
4. NSX 052014	878	1,124	1,209	1,305	1,129 a
5. NK48	713	1,094	1,190	1,189	1,047 a
Average [1]	652 b	834 a	870 a	880 a	809

c.v. (a) = 18.7 % c.v. (b) = 10.5 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 7 Average 100 seed (g) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2014.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	28.40	30.53	28.07	30.53	29.38 b
2. NS3	27.73	28.12	28.90	29.08	28.46 b
3. NSX 042022	21.78	26.58	26.83	26.78	25.50 c
4. NSX 052014	25.52	30.47	32.32	32.62	30.23 b
5. NK48	31.38	32.40	34.23	35.60	33.40 a
Average [1]	26.96 b	29.62 a	30.07 a	30.92 a	29.39

c.v. (a) = 6.7 % c.v. (b) = 6.0 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 8 Average grain shelling (%) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2014.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	79.03	80.14	79.15	80.73	79.76 c
2. NS3	82.12	81.15	82.28	80.92	81.62 b
3. NSX 042022	85.25	85.24	85.39	83.57	84.86 a
4. NSX 052014	83.36	84.16	84.18	84.32	84.01 a
5. NK48	78.61	79.52	79.47	78.25	78.97 c
Average [1]	81.67	82.04	82.1	81.56	81.84

c.v. (a) = 2.2 % c.v. (b) = 1.7 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 9 Average plant height (cm.) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2015.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	191	191	173	170	181 ab
2. NS3	167	152	150	166	159 c
3. NSX 042022	184	203	186	202	194 a
4. NSX 052014	188	194	171	174	182 ab
5. NK48	154	172	175	186	172 bc
Average [1]	177 ab	182 a	171 b	180 ab	177

c.v. (a) = 11.6 % c.v. (b) = 6.5 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 10 Average ear height (cm.) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2015.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	125	138	125	130	130 b
2. NS3	139	139	137	134	138 a
3. NSX 042022	103	120	118	131	118 c
4. NSX 052014	116	134	125	134	128 c
5. NK48	112	123	122	128	121 c
Average [1]	119 c	131 a	125 b	131 a	127

c.v. (a) = 5.1 % c.v. (b) = 2.7 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table **11** Average grain yield (kg./rai) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2015.

Variety	Nitrogen management				Average [1]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	359	475	599	437	468 c
2. NS3	561	683	891	994	782 b
3. NSX 042022	743	792	730	866	783 b
4. NSX 052014	786	887	1,294	1,189	1,039 a
5. NK48	775	942	1,075	1,008	950 a
Average [1]	645 c	756 b	918 a	899 a	804

c.v. (a) = 21.1 % c.v. (b) = 12.7 %

[1] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 12 Average 100 seed (g) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2015.

Variety	Nitrogen management				Average [(1)]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	29.44 b	30.56 b	31.65 b	29.54 b	30.30
2. NS3	24.64 d	26.70 c	29.47 c	29.69 b	27.62
3. NSX 042022	23.45 d	23.54 d	27.07 d	27.68 c	25.44
4. NSX 052014	26.69 c	28.40 c	34.10 a	34.53 a	30.93
5. NK48	32.06 a	32.93 a	33.91 a	33.06 a	32.99
Average [(1)]	27.26	28.42	31.24	30.90	29.46

c.v. (a) = 7.3 % c.v. (b) = 6.3 %

[(1)] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Table 13 Average grain shelling (%) of maize in Wang Hai Soil Series Nakhon Sawan Province in 2015.

Variety	Nitrogen management				Average [(1)]
	0-10-10	Chicken manure (CM) 1,000 kg./rai	15-10-10	15-10-10 + CM	
1. NS1	74.18 c	79.94 c	80.04 c	61.81 c	73.99
2. NS3	82.26 b	82.53 bc	83.13 ab	83.45 ab	82.84
3. NSX 042022	86.12 a	85.90 a	84.70 a	84.97 a	85.42
4. NSX 052014	82.56 b	83.19 ab	83.53 ab	82.79 ab	83.02
5. NK48	83.74 ab	81.77 bc	81.33 bc	80.89 b	81.93
Average [(1)]	81.77	82.66	82.55	78.78	81.44

c.v. (a) = 7.9 % c.v. (b) = 5.4 %

[(1)] Means followed by the same letter within a column are not significantly different at 5% level of probability using Duncan Multiple Range Test (DMRT)

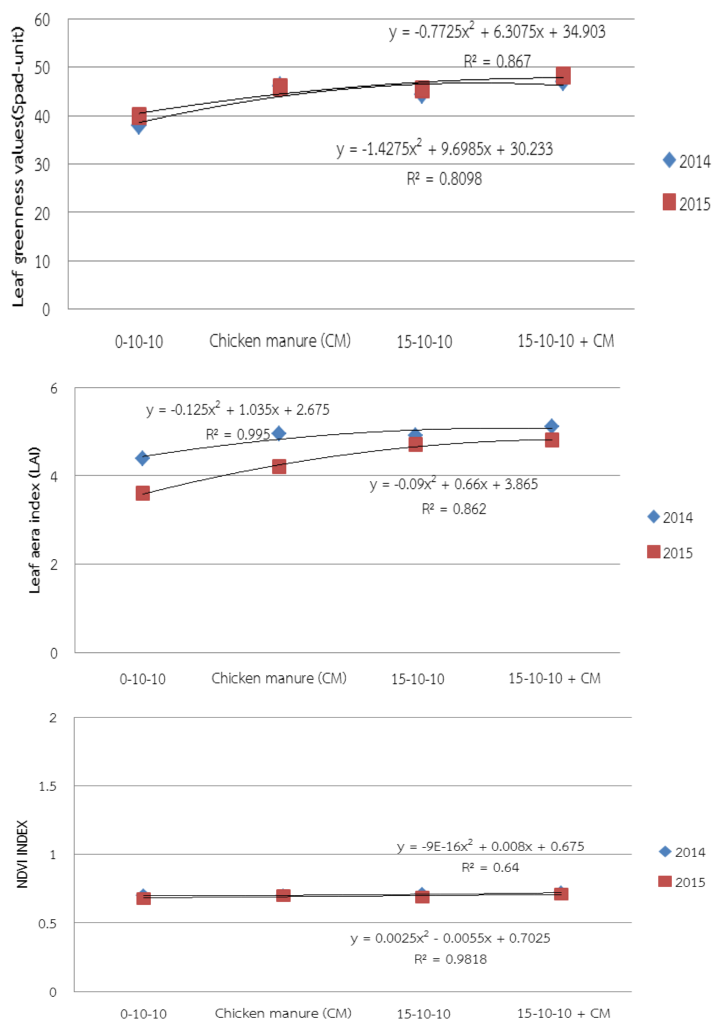

Figure 1 Relationship between the physiological and nitrogen fertilizer management of maize.

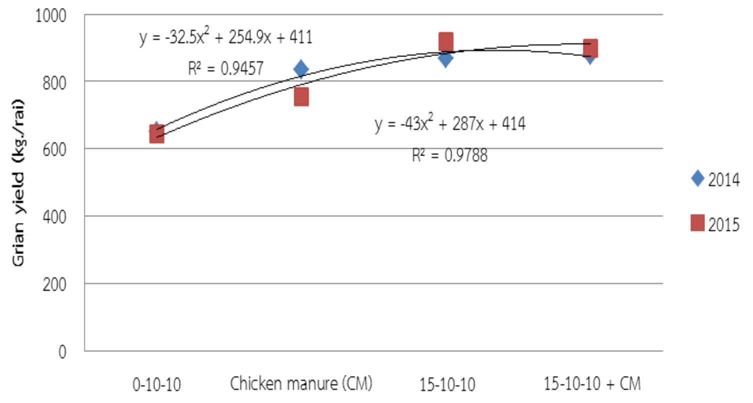

Figure 2 Relationship between grain yield (kg./rai) and nitrogen fertilizer management of maize.

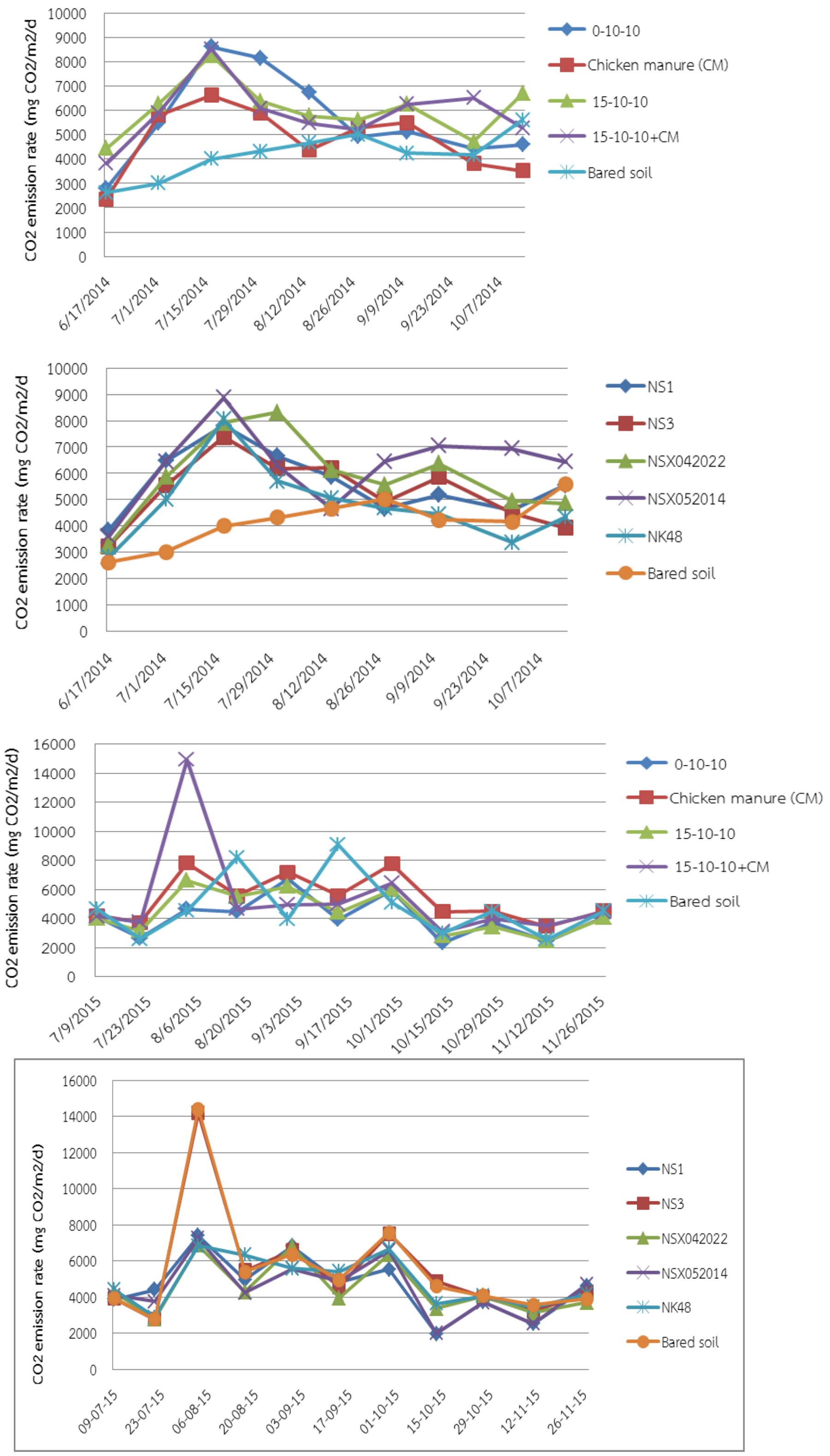

Figure 3 CO_2 emission from soil surface under different nitrogen fertilizer application of maize