

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2558

1. ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การศึกษาการจัดการธาตุอาหาร ดิน ปุ๋ย และโลหะหนัก ที่มี
ความเฉพาะเจาะจงกับลักษณะดิน
กิจกรรม : การประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนจากดินภายใต้
สภาพต่างๆ
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาการประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหยใน
สภาพพื้นที่ปลูก
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Using field experiment to evaluation of ammonia
volatilization losses from different nitrogen fertilizers.
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นางสาวกิตติจเมธ แจ่มศิริกุล สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.
ผู้ร่วมงาน นางสาวศุภกาญจน์ ล้วนมณี สังกัด ศวร.นครสวรรค์
นางสาวรมิตา ชันตรีกรม สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.
นายณัฐพงศ์ ศรีสมบัติ สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.
นางสาวแววตา พลกุล สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.
นายดาวรุ่ง คงเทียน สังกัด ศวร.นครสวรรค์
นายอนันต์ ทองภู สังกัด กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กปผ.

5. บทคัดย่อ :

ศึกษาการประเมินการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจน โดยการระเหยในสภาพพื้นที่ปลูกในพื้นที่ดินต่าง โดยใช้ชุดดินตาคลี ทำการทดลองในปี 2553-2555 และใช้ชุดดินสมอทอด ในปี 2556-2558 ทำการทดลอง ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชทดสอบ ที่แปลงศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ ต.สุขสำราญ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการใส่ปุ๋ยและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนกับอัตราการเกิดก๊าซแอมโมเนีย วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Randomized Complete Block ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่ ใส่ปุ๋ยแบบกลบ และใส่ปุ๋ยแบบหว่าน ปัจจัยที่ 2 คือ ชนิดของปุ๋ย

คือ ไนโตรเจนในปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ไนโตรเจนในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) และไนโตรเจนในปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0)

ผลการทดลองปีแรก พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 14% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ย การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน จำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นต่อไร่ จำนวนฝักต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 1,290 กก.ต่อไร่

ผลการทดลองปีที่สอง การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 21% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 14.5% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.3% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ย การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน จำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นต่อไร่ จำนวนฝักต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 1,325 กก.ต่อไร่

ผลการทดลองปีที่สาม พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 21.1% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 12.4% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.2% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีการอัตราการระเหิดสูงสุด

และเริ่มคั่งที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ย การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน จำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นต่อไร่ จำนวนฝักต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 1,195 กก.ต่อไร่

ผลการทดลองปีที่สี่ พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20.5% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 12.1% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.3% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคั่งที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ย การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 และ 60 วัน จำนวนต้นต่อไร่ น้ำหนักต้นต่อไร่ จำนวนฝักต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 1,242 กก.ต่อไร่

จากผลการทดลองทั้ง 2 ชุดดิน ดังกล่าว พบว่า ควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในพื้นที่ดินต่าง ซึ่งมีอัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย และการใส่ปุ๋ยแบบกลบทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน

Abstracts

Using an alkaline calcareous soil (Takhli and Samo Thod soil series) at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Suk Samran, Takfa, Nakhon Sawan province, experiment was conducted to elucidate method of application and nitrogen fertilizer materials applied to maize. A trail of 6 treatments was arranged in a 2x3 factorial in randomized complete

block design with 3 replications. The first factors were placement and top dressing. The second factors were the types of nitrogen fertilizers (control, urea (46-0-0), ammonium sulfate (21-0-0) and NPK compound fertilizer (16-20-0).

First year, the results of this study showed that the rate of ammonia volatilization losses of urea was highest (approximately 20% of total N). Whereas, the rate of ammonia volatilization losses of ammonium sulfate (14% of total N) was higher than the rate of ammonia volatilization losses of NPK compound fertilizer (7% of total N). The rate of ammonia volatilization losses highly reached during 7 days and was constant after 14 days for all treatments. The amount of ammonia volatilization of placement was lower than the amount of ammonia volatilization of top dressing in all treatments. There were highly significant differences in stalk height at 30 and 60 days, the amount of tree/rai, stem weight/rai, ear weight/rai, grain yield at 15% moisture and cracked corn percentage. Grain yield at 15% moisture of treatment NPK compound fertilizer and placement method was highest (1,290 kg/rai).

Second year, the results of this study showed that the rate of ammonia volatilization losses of urea was highest (approximately 21% of total N). Whereas, the rate of ammonia volatilization losses of ammonium sulfate (14.5% of total N) was higher than the rate of ammonia volatilization losses of NPK compound fertilizer (7.3% of total N). The rate of ammonia volatilization losses highly reached during 7 days and was constant after 14 days for all treatments. The amount of ammonia volatilization of placement was lower than the amount of ammonia volatilization of top dressing in all treatments. There were highly significant differences in stalk height at 30 and 60 days, the amount of tree/rai, stem weight/rai, ear weight/rai, grain yield at 15% moisture and cracked corn percentage. Grain yield at 15% moisture of treatment NPK compound fertilizer and placement method was highest (1,325 kg/rai).

Third year, the results of this study showed that the rate of ammonia volatilization losses of urea was highest (approximately 21.1% of total N). Whereas, the rate of ammonia volatilization losses of ammonium sulfate (12.4% of total N) was higher than the rate of ammonia volatilization losses of NPK compound fertilizer (7.2% of total N). The rate of ammonia volatilization losses highly reached during 7 days and was constant after 14 days for all treatments. The amount of ammonia volatilization of placement was lower than the amount of ammonia volatilization of top dressing in all treatments. There were highly significant differences in stalk height at 30 and 60 days, the amount of tree/rai, stem weight/rai, ear weight/rai, grain yield at 15% moisture and cracked corn percentage. Grain yield at 15% moisture of treatment NPK compound fertilizer and placement method was highest (1,195 kg/rai).

And the last year, the results of this study showed that the rate of ammonia volatilization losses of urea was highest (approximately 20.5% of total N). Whereas, the rate of ammonia volatilization losses of ammonium sulfate (12.1% of total N) was higher than the rate of ammonia volatilization losses of NPK compound fertilizer (7.3% of total N). The rate of ammonia volatilization losses highly reached during 7 days and was constant after 14 days for all treatments. The amount of ammonia volatilization of placement was lower than the amount of ammonia volatilization of top dressing in all treatments. There were highly significant differences in stalk height at 30 and 60 days, the amount of tree/rai, stem weight/rai, ear weight/rai, grain yield at 15% moisture and cracked corn percentage. Grain yield at 15% moisture of treatment NPK compound fertilizer and placement method was highest (1,242 kg/rai).

The results of two soil series this study showed that in alkaline calcareous soil area should applied to the soil as NPK compound (16-20-0) or ammonium sulphate (AS) fertilizer. There was lower than the rate of ammonia volatilization losses of Urea fertilizer. And the

amount of ammonia volatilization of placement was lower than the amount of ammonia volatilization of top dressing.

6. คำนำ :

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนประเภทใดประเภทหนึ่ง เช่นปุ๋ยเคมี โดยทั่วไปจะมีไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนียม ไนเตรต อะไมด์ และชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่นิยมใช้กันมาก คือ ปุ๋ยยูเรียและแอมโมเนียมซัลเฟต โดยทั่วไปแล้ว ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจะให้ผลดีกว่าปุ๋ยยูเรียเล็กน้อย เนื่องจากโมเลกุลของปุ๋ยยูเรียจะเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่าและอาจสูญหายไปกับการชะล้าง

ปัจจุบันราคาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งปุ๋ยเคมีนั้นมีราคาสูงขึ้นมาก เนื่องจากสภาพวิกฤตเศรษฐกิจ ดังนั้นเกษตรกรจำเป็นต้องลดต้นทุนการผลิต โดยการใช้ปัจจัยการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากเมื่อมีการใส่ปุ๋ยลงไปในดิน พบว่าปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่ได้เป็นประโยชน์กับพืชทั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ปุ๋ยส่วนหนึ่งอาจถูกดินดูดยึดเอาไว้และไม่สามารถปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์กับพืชได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะที่เฉพาะของดินนั้นๆ เช่น ดินที่มีเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์สูงรวมทั้งดินต่าง มักมีปัญหาในการดูดยึดปุ๋ยฟอสเฟตทำให้พืชแสดงอาการขาดปุ๋ยฟอสเฟต หรือปุ๋ยที่ใส่ลงไปอาจสูญหายไปโดยการกลายเป็นก๊าซ เช่นการสูญหายไปของปุ๋ยไนโตรเจนในดินต่าง เป็นต้น การสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนเกิดจากหลายกระบวนการ เช่น การระเหย การสูญหายในรูปก๊าซไนโตรเจนหรือออกไซด์ของไนโตรเจน ที่เรียกว่า ดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) การระเหยสูญหายไปในรูปก๊าซแอมโมเนีย (NH_3 Volatilization) การสูญหายไปกับน้ำโดยถูกชะล้างและไหลบ่าไปจากผิวดิน (leaching and runoff) ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยกระบวนการดังกล่าวมีหลายปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้อง ได้แก่ อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น รูปของปุ๋ย และวิธีการใส่ปุ๋ย เป็นต้น การสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของก๊าซในดิน Vertisol ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นได้ดี เมื่อดินมีความชื้นที่ระดับ 80%WHC และความเป็นกรด-ด่างของดินจะเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการเกิดกระบวนการ volatilization ได้ดีกว่าค่า cation exchange capacity (CEC) และการสูญเสียนิโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยยูเรียจะมากกว่า ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรต ตามลำดับ (Sigunga et al., 2002) การใช้ปุ๋ยยูเรียร่วมกับ Humic acid, Fluvic acid, Triple Superphosphate และ Murate of Potash สามารถลดการสูญเสียนิโตรเจนจากกระบวนการ Volatilization เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยยูเรียเพียง

อย่างเดียว (Rosliza et al., 2009) Dong และคณะ(2009) พบว่าการใช้ยูเรียร่วมกับฟางข้าวสาลีและข้าวโพดจะลดการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียเพียงอย่างเดียวตามลำดับ และยังพบอีกว่าความชื้นและค่าความเป็นกรดต่างของดินเป็นปัจจัยหลักต่อการสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหิด การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ได้ข้อมูลการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนภายใต้สภาพพื้นที่ปลูก เพื่อนำไปปรับใช้ในการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในสภาพพื้นที่ดินต่าง เพื่อการผลิตพืชที่มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน

7. วิธีดำเนินการ :

การทดลองในปี 2553-2555

- อุปกรณ์

1) ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินตาคาลี (Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข) เป็นตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์

2) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3

3) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

4) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช เช่น ถังพลาสติก ถังกระดาษ ถังตาข่าย ส่วนเจาะดิน และอื่น ๆ

5) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช ได้แก่ Atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu AA-6 60 , Shimadzu Corporation, Japan), UV-visible spectrophotometer (Shimadzu UV-1601PC, Shimadzu Corporation, Japan), pH-meter (Schott CG480, Schott-Gerate GmbH, Germany), Automatic distillation unit (Gerhardt, Germany), Digestion blocks และ Kjeldahl distillation apparatus

6) เครื่องบดตัวอย่างพืชและตะแกรงร่อนดิน

7) สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช เช่น กรดไนตริก กรดซัลฟูริกและอื่น ๆ เป็นต้น

- วิธีการ

ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่จะทำการศึกษาโดยใช้ชุดดินตาคลี การจำแนกดิน Loamy-skeletal, carbonatic, isohyperthermic Entic Haplustolls (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข) วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in RCB มี 2 ปัจจัย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 มี 2 ระดับ คือ วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ใส่ปุ๋ยแบบกลบ

2) ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน

ปัจจัยที่ 2 มี 4 ระดับ คือ ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย

3) ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

4) ใส่ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุ N สูตร 16-20-0

โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตรา 20 กิโลกรัม Nต่อไร่ ปุ๋ยทริบเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทุกกรรมวิธี

ตารางที่ 1 กรรมวิธีการทดลอง

กรรมวิธี	ใส่ปุ๋ยแบบกลบ	ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน
1	-N+P+K	-N+P+K
2	(46-0-0)+P+K	(46-0-0)+P+K
3	(21-0-0)+P+K	(21-0-0)+P+K
4	(16-20-0)+P+K	(16-20-0)+P+K

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ก่อนทำการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก บดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ดังนี้

1) เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer method (Gee and Bauder, 1986)

2) ปฏิกิริยาดิน (pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1 (Davis, 1943)

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

4) ไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยตัวอย่างดินด้วย H_2SO_4 เข้มข้น แล้วนำมาวิเคราะห์แอมโมเนียมโดยวิธีการกลั่น (Bremner and Mulvaney, 1982; ประไพ, 2544)

5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen (Olsen and Sommer, 1982; ประพิศ, 2544) แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid

6) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc , pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณโดย Flame Emission spectrophotometer (Pratt, 1945; ประภาศรี, 2544)

7) ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC) โดยการซึมชะไอออนบวกด้วยสารละลาย 1N NH_4OAc , pH 7.0 และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ กลั่นหาแอมโมเนียมไอออนแล้วคำนวณค่าความจุแคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Schollenberger and Simen 1954; สมพิศ, 2544)

ไถตะเตรียมดินพื้นที่ 36x42 เมตร และแบ่งแปลงย่อยให้มีขนาด 6x8 เมตร จำนวน 24 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.25 เมตร (ได้ 6 แถว ๆ ละ 40 ต้น) ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 15 วัน และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 30 วัน) ส่วนปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ใส่ครั้งเดียวเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 15 วัน ที่อัตรา 10 และ 5 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน หลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว โดยนำขวดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายมาตรฐาน 2N H_2SO_4 20 มิลลิลิตร วางบนสแตนท์ที่ปักอยู่เหนือดิน แล้วครอบด้วยฝาครอบที่ทำจากท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 25 ซม. เพื่อใช้ในการดักจับก๊าซแอมโมเนียซึ่งระเหิดออกมาเนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เก็บตัวอย่างสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ในแต่ละระยะเวลา ที่ 1 3 5 7 14 และ 28 วัน มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน 2N NaOH เพื่อคำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ถูกจับไว้ด้วยกรด และทำการเก็บตัวอย่างดินควบคู่ด้วยทุกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนก่อนใส่ปุ๋ย

เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 110-120 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 3x4 เมตร (เก็บเกี่ยวจากแถวกลาง 4 แถว เว้นแถวริม ข้างละ 1 แถว และหัวแปลงท้ายแปลง ข้างละ 4 ต้น) เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดินมาวิเคราะห์ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดินตามวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

การทดลองในปี 2555-2558

- อุปกรณ์

1) ดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ชุดดินสมอทอด (Very fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข) เป็นตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์

2) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์นครสวรรค์ 3

3) ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุไนโตรเจน (16-20-0) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

4) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและพืช เช่น ถุงพลาสติก ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย ส่วนเจาะดิน และอื่น ๆ

5) อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช ได้แก่ Atomic absorption spectrophotometer (Shimadzu AA-6 6 0 , Shimadzu Corporation, Japan), UV-visible spectrophotometer (Shimadzu UV-1601PC, Shimadzu Corporation, Japan), pH-meter (Schott CG480, Schott-Gerate GmbH, Germany), Automatic distillation unit (Gerhardt, Germany), Digestion blocks และ Kjeldahl distillation apparatus

6) เครื่องบดตัวอย่างพืชและตะแกรงร่อนดิน

7) สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช เช่น กรดไนตริก กรดซัลฟูริกและอื่น ๆ เป็นต้น

- วิธีการ

ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่จะทำการศึกษาโดยใช้ชุดดินสมอทอด การจำแนกดิน Very fine, smectitic, isohyperthermic Chromic Haplusterts (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548ข) วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in RCB มี 2 ปัจจัย 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 มี 2 ระดับ คือ วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ใส่ปุ๋ยแบบกลบ

2) ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน

ปัจจัยที่ 2 มี 4 ระดับ คือ ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน ได้แก่

1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

2) ใส่ปุ๋ยยูเรีย

3) ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

4) ใส่ปุ๋ยเชิงประกอบที่มีธาตุ N สูตร 16-20-0

โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตรา 20 กิโลกรัม Nต่อไร่ ปุ๋ยทริบเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 10 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ และ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทุกกรรมวิธี

ตารางที่ 2 กรรมวิธีการทดลอง

กรรมวิธี	ใส่ปุ๋ยแบบกลบ	ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน
1	-N+P+K	-N+P+K
2	(46-0-0)+P+K	(46-0-0)+P+K
3	(21-0-0)+P+K	(21-0-0)+P+K
4	(16-20-0)+P+K	(16-20-0)+P+K

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ก่อนทำการทดลอง ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก บดดิน และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ดังนี้

1) เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer method (Gee and Bauder, 1986)

2) ปฏิกริยาดิน (pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1 (Davis, 1943)

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

4) ไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยตัวอย่างดินด้วย H_2SO_4 เข้มข้น แล้วนำมาวิเคราะห์แอมโมเนียมโดยวิธีการกลั่น (Bremner and Mulvaney, 1982; ประไพ, 2544)

5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen (Olsen and Sommer, 1982; ประพิศ, 2544) แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid

6) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc , pH 7.0 และวิเคราะห์ปริมาณโดย Flame Emission spectrophotometer (Pratt, 1945; ประภาศรี, 2544)

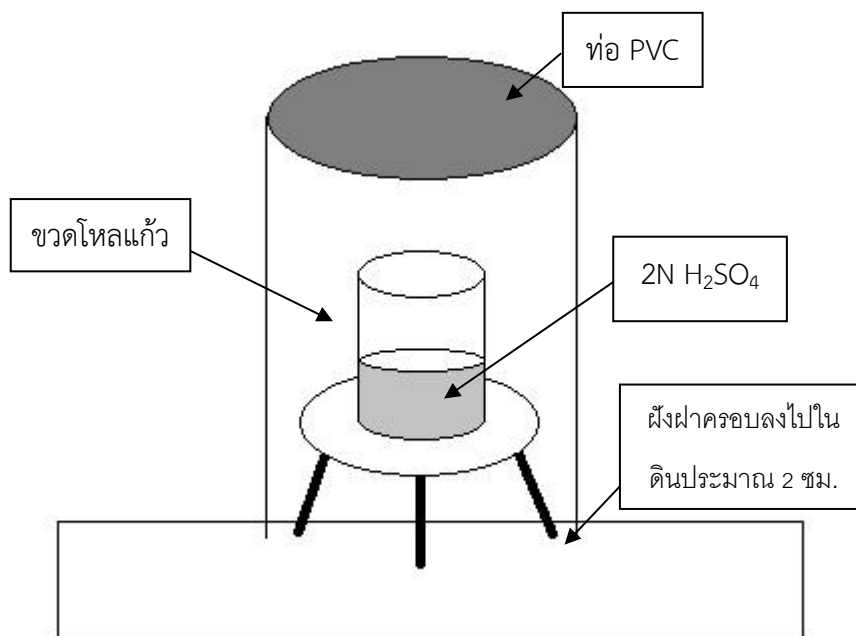
7) ความจุแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC) โดยการซีมิซเซอไอออนบวกด้วยสารละลาย 1N NH_4OAc , pH 7.0 และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ กลั่นหาแอมโมเนียมไอออนแล้วคำนวณค่าความจุแคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Schollenberger and Simen 1954; สมพิศ, 2544)

ไถเตรียมดินพื้นที่ 36x42 เมตร และแบ่งแปลงย่อยให้มีขนาด 6x8 เมตร จำนวน 24 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 โดยใช้ระยะระหว่างแถว 0.75

เมตร และระยะระหว่างต้น 0.25 เมตร (ได้ 6 แถว ๆ ละ 40 ต้น) ถอนแยกข้าวโพดให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 15 วัน และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 30 วัน) ส่วนปุ๋ยที่รีบเปิดซุเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ใส่ครั้งเดียวเมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 15 วัน ที่อัตรา 10 และ 5 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน หลังจากใส่ปุ๋ยแล้ว โดยนำขวดแก้วขนาด 30 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุสารละลายมาตรฐาน $2N\ H_2SO_4$ 20 มิลลิลิตร วางบนสแตนท์ที่ปักอยู่เหนือดิน แล้วครอบด้วยฝาครอบที่ทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 25 ซม. เพื่อใช้ในการดักจับก๊าซแอมโมเนียซึ่งระเหิดออกมาเนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เก็บตัวอย่างสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ในแต่ละระยะเวลา ที่ 1 3 5 7 14 และ 28 วัน มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $2N\ NaOH$ เพื่อคำนวณหาปริมาณก๊าซแอมโมเนียที่ถูกจับไว้ด้วยกรด และทำการเก็บตัวอย่างดินควบคู่ด้วยทุกครั้ง เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินเปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนก่อนใส่ปุ๋ย

เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุ 110-120 วัน ในพื้นที่เก็บเกี่ยว 3×4 เมตร (เก็บเกี่ยวจากแถวกลาง 4 แถว เว้นแถวริม ข้างละ 1 แถว และหัวแปลงท้ายแปลง ข้างละ 4 ต้น) เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่เก็บเกี่ยวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร จากผิวดินมาวิเคราะห์ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินตามวิธีเดียวกับการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก



ภาพที่ 1 การเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลา

เดือนตุลาคม 2553 – กันยายน 2558

สถานที่ดำเนินการ

1. แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อำเภอดตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์
2. ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :

การทดลองในปี 2553-2554

1. สมบัติทั่วไปของชุดดินตาคลีก่อนการทดลอง

ลักษณะหน้าตัดดินในพื้นที่ทำการทดลอง ปี 2554 แปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ต.สุขสำราญ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ พิกัด 47P 0661696 1700844 สามารถแบ่งชั้นดินออกได้เป็น 6 ชั้น คือ 0-30, 30-50, 50-60, 60-90, 90-110 และ 110+ เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดินบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเทาเข้ม ดินล่างที่ระดับความลึก 30-90 เซนติเมตร มีสี

น้ำตาลแดง และพบหินปูนที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร ลงไปจากผิวดิน ดินมีความหนาแน่นรวมสูงมากตลอดชั้นหน้าตัดดิน โดยดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวม 1.81 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ผลการวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย) พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 7.9) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 18.7 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมด 1,660 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ 13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก 248 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 4)

2. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนียได้ โดยจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย เป็นต้น (Sainz Roza *et al.* 2004) การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน และ 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน พบว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20% ของ N ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 14% ของ N ทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7% ของ N ทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่ามีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี

เนื่องจากในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ปุ๋ยยูเรียมักมี Urease activity ในดินสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้ง่าย ยูเรียจะถูกไฮโดรไลสกลายเป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย โดยทั่วไปการใส่ยูเรียจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ เนื่องจากภายหลังปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรีย โดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสจะเกิดการสะสม NH_4^+ และ HCO_3^- ซึ่งชักนำให้เกิดการระเหิดของแอมโมเนียได้โดยง่าย

สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่ามีการสูญเสียแอมโมเนียต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปดินที่เป็นด่าง จะช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลดความเป็นด่างของดิน ในขณะที่ยูเรียจะเพิ่มความเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นและก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมสำหรับขบวนการระเหิดของแอมโมเนีย

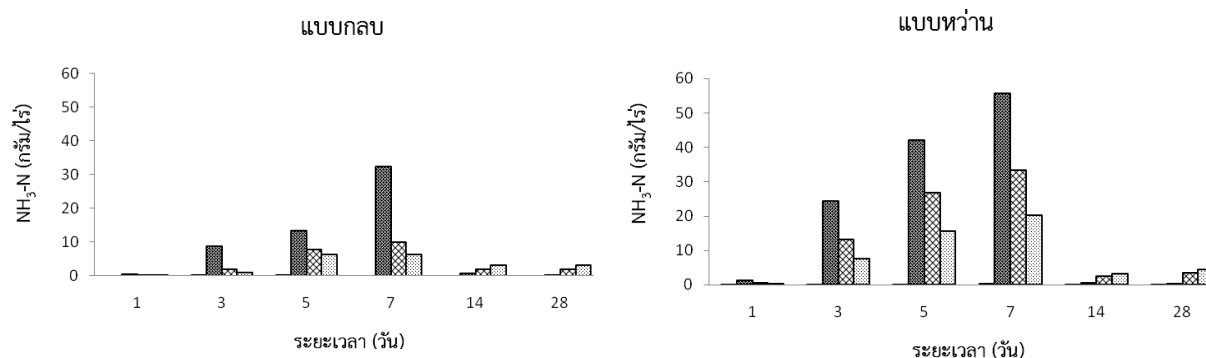
อย่างไรก็ตามการระเหยของแอมโมเนียจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถเกิดขึ้นได้ในปริมาณที่สูงได้ ถ้าหากว่าดินมีปฏิกิริยาเป็นด่างสูงพอที่จะก่อให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้ามีคุณสมบัติในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ให้แก่พืช เมื่อใส่ลงไปดินต่างจึงมีการสูญเสียแอมโมเนียน้อยกว่าปุ๋ยมาตรฐาน เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างมาก (Mikkelsen and De Datta, 1979)

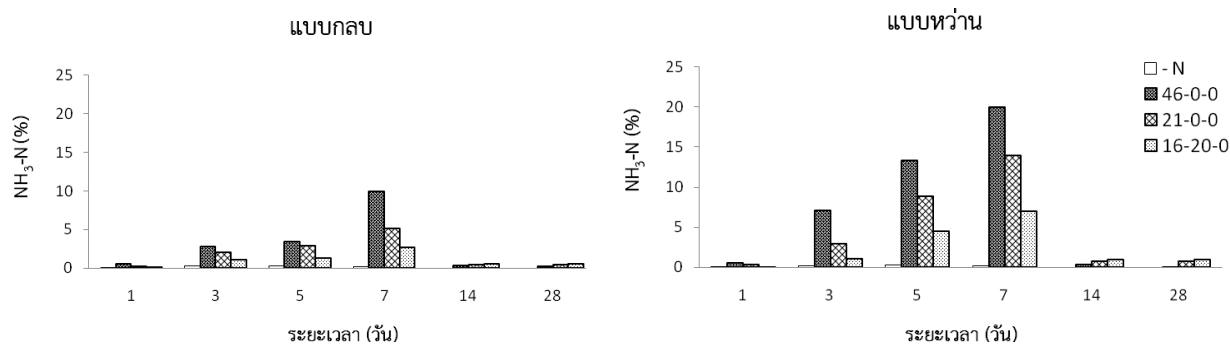
3. ผลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

พบว่า การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น ยูเรีย มักจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมากกว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นกรด วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีบทบาทที่สำคัญ ในการลดการสูญเสียแอมโมเนียจากดินได้อีกหนึ่งทาง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ สามารถลดการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ภาพที่ 2 และ 3)

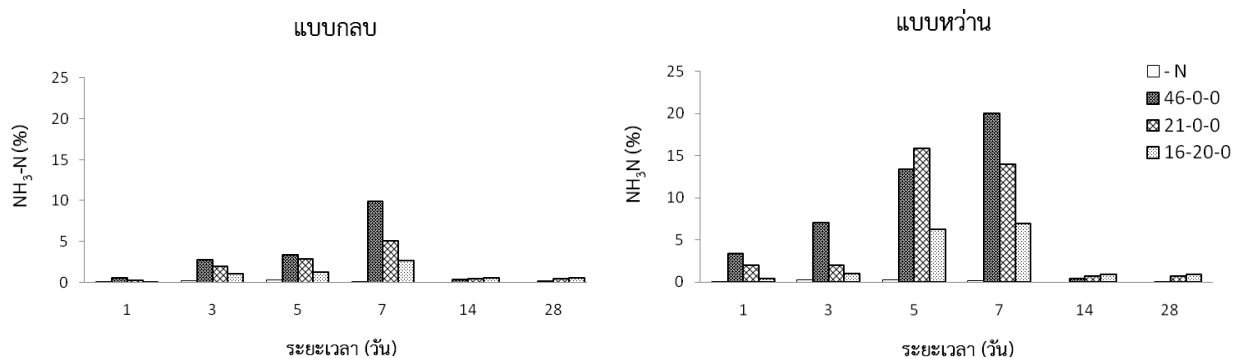
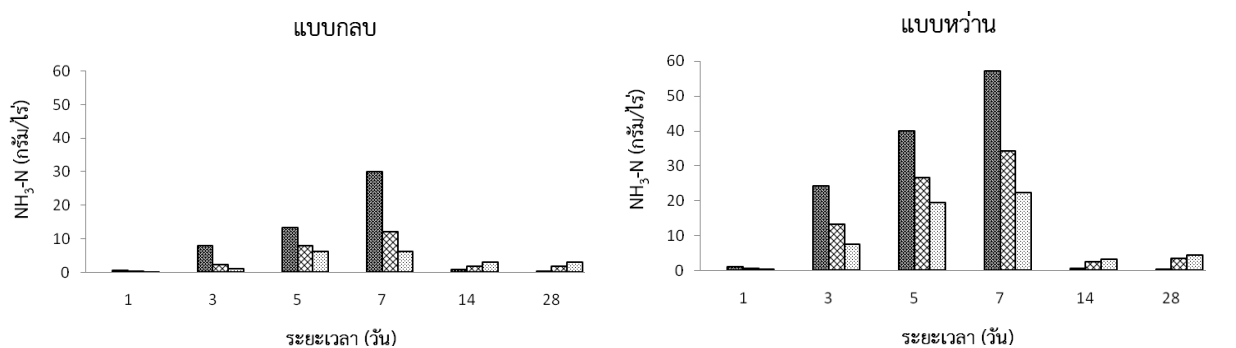
4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บก๊าซกับอัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย

พบว่า อัตราการสูญเสียแอมโมเนียจะสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน (Mikkelsen and De Datta, 1979) หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่ (ภาพที่ 2 และ 3)





ภาพที่ 2 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$ Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดินตาคลี ครั้งที่ 1 (ปี 2553-2554)



ภาพที่ 3 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$ Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดินตาคลี ครั้งที่ 2 (ปี 2553-2554)

5. การเจริญเติบโตของข้าวโพด

5.1 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 48 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยแบบกลบมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

5.2 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียค่าเฉลี่ยความสูงมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 124 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยแบบกลบมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

6. ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินตาคลีให้มวลน้ำหนักแห้งของต้นและใบ 1,356 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ด 850 กิโลกรัมต่อไร่ และซัง 172 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบข้าวโพดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.77 0.04 และ 0.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดมีความเข้มข้นที่สูงกว่าในส่วนของต้นและใบ โดยเมล็ด ประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.64 0.04 และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนซังข้าวโพดมี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.39 0.03 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ย โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบกลบสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8 และ 9) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบกลบ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ตารางที่ 8 และ 9)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย มีความเข้มข้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิง

ประกอบ (16-20-0) ตามลำดับ (ตารางที่ 8 และ 9) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้น และใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีแนวโน้มต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) (ตารางที่ 8 และ 9)

เมื่อคำนวณปริมาณของธาตุอาหารจากส่วนต่างๆ ของข้าวโพด พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม จากส่วนของต้นและใบ เท่ากับ 11.5 1.0 และ 6.5 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ จาก ส่วนของเมล็ด เท่ากับ 14.2 4.1 และ 5.6 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ และจากส่วนของซัง เท่ากับ 0.82 0.1 และ 0.1 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ดังนั้นธาตุอาหารในพื้นที่ที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิตข้าวโพด (ส่วนของเมล็ดและซัง) ที่ต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุกปีเท่ากับ 15.0 4.2 และ 5.7 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ และหากไม่มีการไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหาย ออกไปทั้งหมด 26.5 5.2 และ 12.2 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่

7. การให้ผลผลิตข้าวโพด

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าการ ใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1,068 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะให้ ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (811 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (936 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูลตารางที่ 12 พบว่า ปฏิกริยาดินเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบ หว่าน แต่การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปฏิกริยาดินจะลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก อนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ย แอมโมเนียมซัลเฟตไปทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้ จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์จึงมีผลทำให้ปฏิกริยาดินลดต่ำลง

จากข้อมูลตารางที่ 13 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณ อินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ตารางที่ 14) พบว่าไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในทุกุรูปทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ตารางที่ 15) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ตารางที่ 16) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน

การทดลองในปี 2554-2555

1. สมบัติทั่วไปของชุดดินตาคลิก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย) พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 17.8 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมด 1,656 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง 202 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 17)

2. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนียได้ โดยจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย เป็นต้น (Sainz Roza *et al.* 2004) การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน และ 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20% ของ N ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 14% ของ N ทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7% ของ N ทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่า มีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี

เนื่องจากในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ปุ๋ยยูเรียมักมี Urease activity ในดินสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้ง่าย ยูเรียจะถูกไฮโดรไลส์กลายเป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย โดยทั่วไปการใส่ยูเรียจะชักนำ

ให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ เนื่องจากภายหลังปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรียโดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสจะเกิดการสะสม NH_4^+ และ HCO_3^- ซึ่งชักนำให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียมได้ง่าย

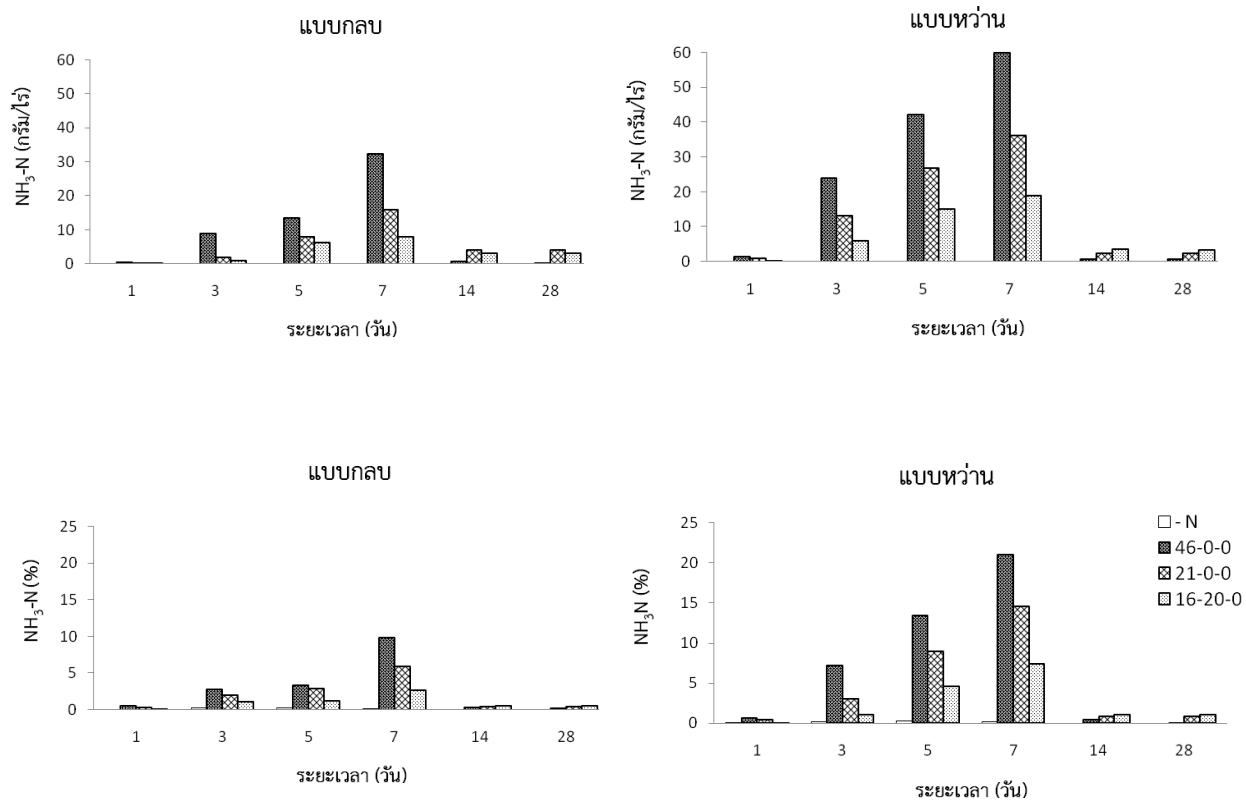
สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่ามีการสูญเสียแอมโมเนียมต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินที่เป็นด่าง จะช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลดความเป็นด่างของดิน ในขณะที่ยูเรียจะเพิ่มความเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นและก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมสำหรับขบวนการระเหยของแอมโมเนียม อย่างไรก็ตามการระเหยของแอมโมเนียมจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถเกิดขึ้นได้ในปริมาณที่สูงได้ ถ้าหากว่าดินมีปฏิกิริยาเป็นด่างสูงพอที่จะก่อให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียมได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้ามีคุณสมบัติในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ให้แก่พืช เมื่อใส่ลงไปในดินต่างจึงมีการสูญเสียแอมโมเนียมน้อยกว่าปุ๋ยมาตรฐาน เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างมาก (Mikkelsen and De Datta, 1979)

3. ผลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

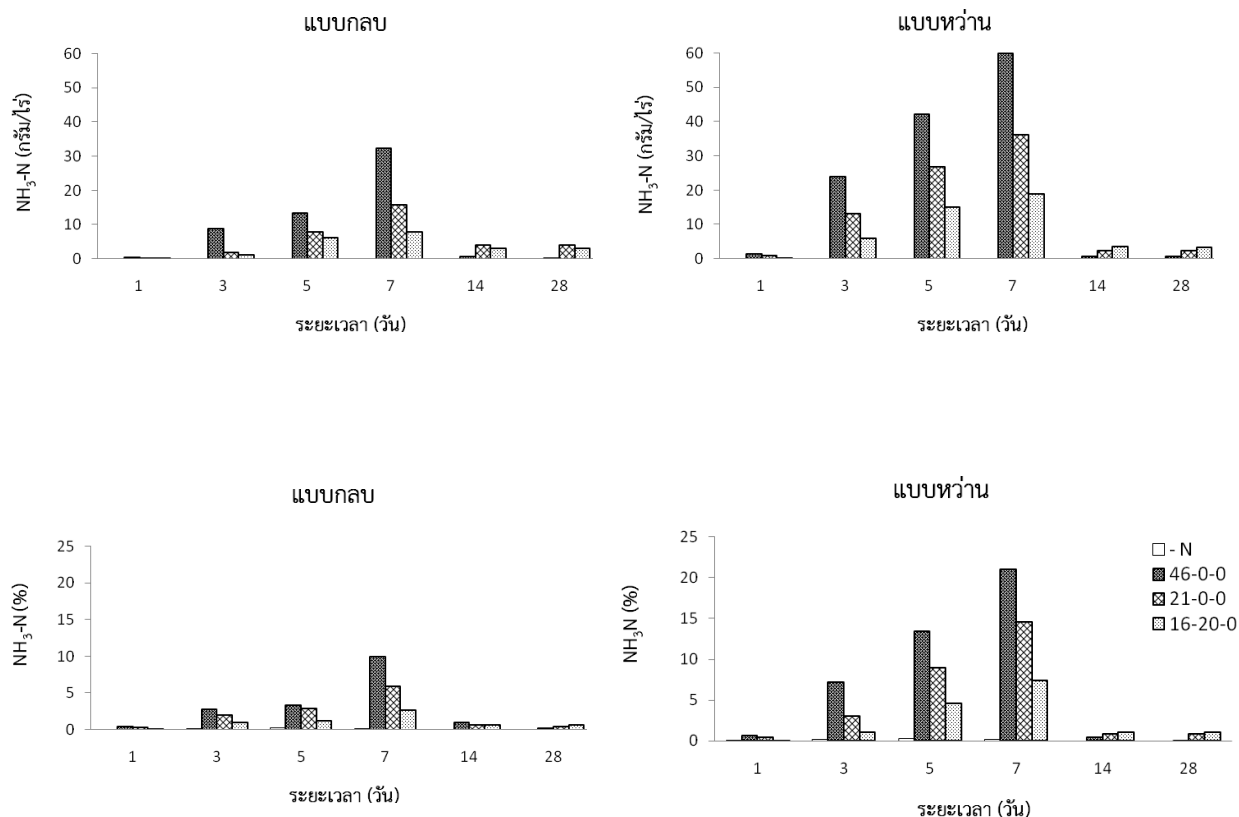
พบว่า การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น ยูเรีย มักจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นกรด วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดการสูญเสียแอมโมเนียมจากดินได้อีกหนึ่งทาง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ สามารถลดการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียมได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ภาพที่ 4 และ 5)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บก๊าซกับอัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนียม

พบว่า อัตราการสูญเสียแอมโมเนียมจะสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียมเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน (Mikkelsen and De Datta, 1979) หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่ (ภาพที่ 4 และ 5)



ภาพที่ 4 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย (NH₃-N Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ใน
 ชุดดินตาคลี ครั้งที่ 1 (ปี 2554-2555)



ภาพที่ 5 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย (NH₃-N Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดินตาคลี ครั้งที่ 2 (ปี 2554-2555)

5. การเจริญเติบโตของข้าวโพด

5.1 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 55 เซนติเมตร แต่สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยแบบกลบมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18)

5.2 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียค่าเฉลี่ยความสูงมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 141 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยแบบกลบ พบว่า ความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19)

6. ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินตาคลีให้มวลน้ำหนักแห้งของต้นและใบ 1,528 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ด 915 กิโลกรัมต่อไร่ และซัง 180 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบข้าวโพดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.85 0.04 และ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดมีความเข้มข้นที่สูงกว่าในส่วนของต้นและใบ โดยเมล็ดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.72 0.04 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนซังข้าวโพดมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.39 0.03 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 20)

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ย โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบกลบสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21 และ 22) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่การใส่ปุ๋ยแบบกลบ ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ตารางที่ 21 และ 22)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ตามลำดับ (ตารางที่ 21 และ 22) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) (ตารางที่ 21 และ 22)

เมื่อคำนวณปริมาณของธาตุอาหารจากส่วนต่างๆ ของข้าวโพด พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม จากส่วนของต้นและใบ เท่ากับ 12.2 1.3 และ 5.9 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ จาก ส่วนของเมล็ด เท่ากับ 9.5 3.85 และ 3.2 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ และจากส่วนของซัง เท่ากับ 2.8 0.15 และ 0.28 กิโลกรัมของ N-P-K ต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 20) ดังนั้นธาตุอาหารในพื้นที่ที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิตข้าวโพด (ส่วนของเมล็ดและซัง) ที่ต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุกปี เท่ากับ 12.3 4.0 และ 3.5 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่ และหากไม่มีการไถกลบเศษซากพืชกลับลงไปในพื้นที่ จะทำให้มีธาตุอาหารสูญหายออกไปทั้งหมด 24.5 5.3 และ 9.38 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่

7.การให้ผลผลิตข้าวโพด

จากตารางที่ 24 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1,086 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (813 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (939 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8.การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูลตารางที่ 25 พบว่า ปฏิกริยาดินเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปฏิกริยาดินจะลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องจาก อนุกรมซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ไปทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์จึงมีผลทำให้ปฏิกริยาดินลดต่ำลง

จากข้อมูลตารางที่ 26 ไม่พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ตารางที่ 27) พบว่าไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในทุกๆรูปทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ตารางที่ 28) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ตารางที่ 29) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน

การทดลองในปี 2555-2556

1. สมบัติทั่วไปของชุดดินสมอทอดก่อนการทดลอง

ลักษณะหน้าตัดดินในพื้นที่ทำการทดลอง แปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ต.สุขสำราญ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ พิกัด 47P 0664521 1700378 สามารถแบ่งชั้นดินออกได้เป็น 5 ชั้น คือ 0-15, 15-30, 30-55, 55-90, และ 90-100+ เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ดินบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเทาเข้ม ดินล่างที่ระดับความลึก 30-90 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดง และที่ระดับความลึกมากกว่า 90 เซนติเมตร ดินมีสีเทา ดินมีความหนาแน่นรวมสูงมากตลอดชั้นหน้าตัดดิน โดยดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีความหนาแน่นรวม 1.82 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 30)

ผลการวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย) พบว่า ค่าปฏิกริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 7.9) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 20.2 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมด 1,670 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ 14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก 307 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 31)

2. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีปฏิกริยาเป็นด่างนั้น ทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนียได้ โดยจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย และปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ย เป็นต้น (Sainz Roza *et al.* 2004) การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน และ 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 21.1% ของ N ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 12.4% ของ N ทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0)

มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.2% ของ N ทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่า มีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี

เนื่องจากในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นต่างนั้น ปุ๋ยยูเรียมักมี Urease activity ในดินสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้ง่าย ยูเรียจะถูกไฮโดรไลส์กลายเป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย โดยทั่วไปการใส่ยูเรียจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ เนื่องจากภายหลังปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรียโดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสจะเกิดการสะสม NH_4^+ และ HCO_3^- ซึ่งชักนำให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้โดยง่าย

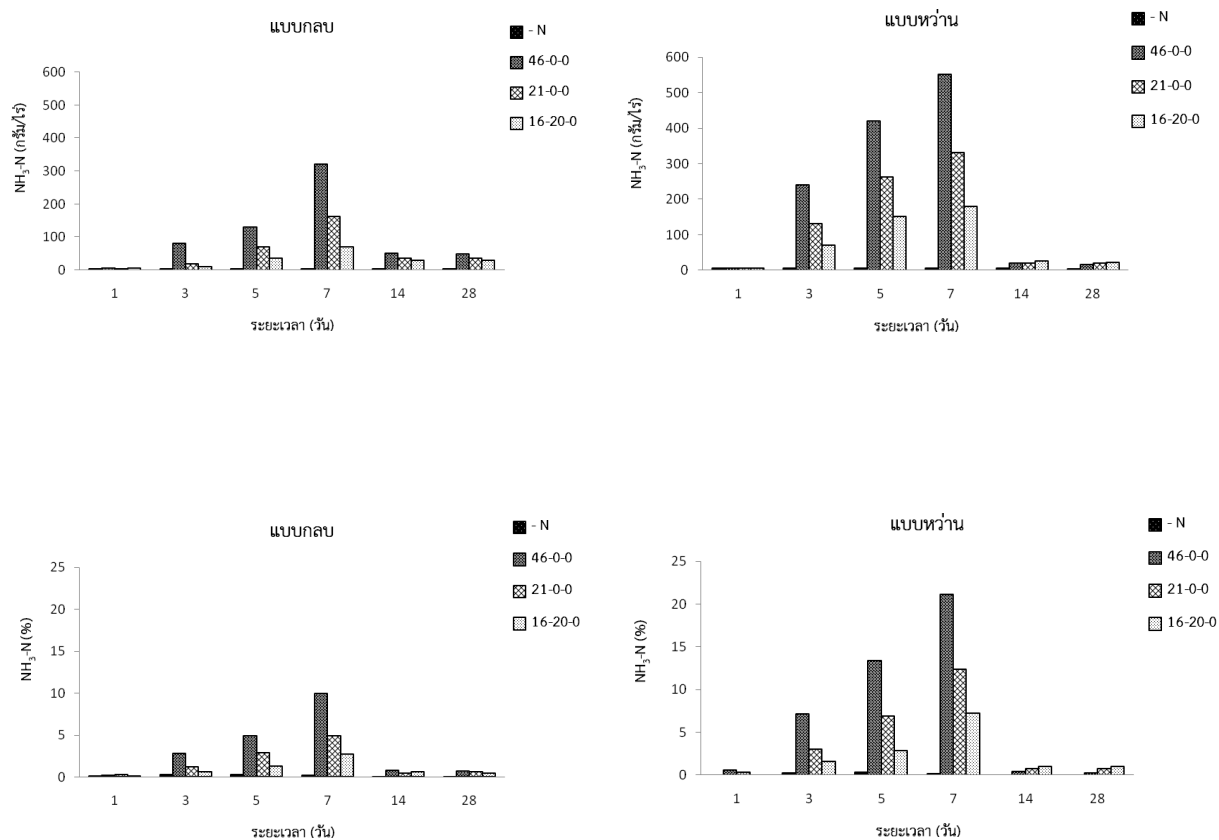
สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่ามีการสูญเสียแอมโมเนียต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินที่เป็นต่าง จะช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลดความเป็นต่างของดิน ในขณะที่ยูเรียจะเพิ่มความเป็นต่างของดินให้สูงขึ้นและก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมสำหรับขบวนการระเหยของแอมโมเนีย อย่างไรก็ตามการระเหยของแอมโมเนียจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถเกิดขึ้นได้ในปริมาณที่สูงได้ ถ้าหากว่าดินมีปฏิกิริยาเป็นต่างสูงพอที่จะก่อให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้ามีคุณสมบัติในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ให้แก่พืช เมื่อใส่ลงไปในดินต่างจึงมีการสูญเสียแอมโมเนียน้อยกว่าปุ๋ยมาตรฐาน เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างมาก (Mikkelsen and De Datta, 1979)

3. ผลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

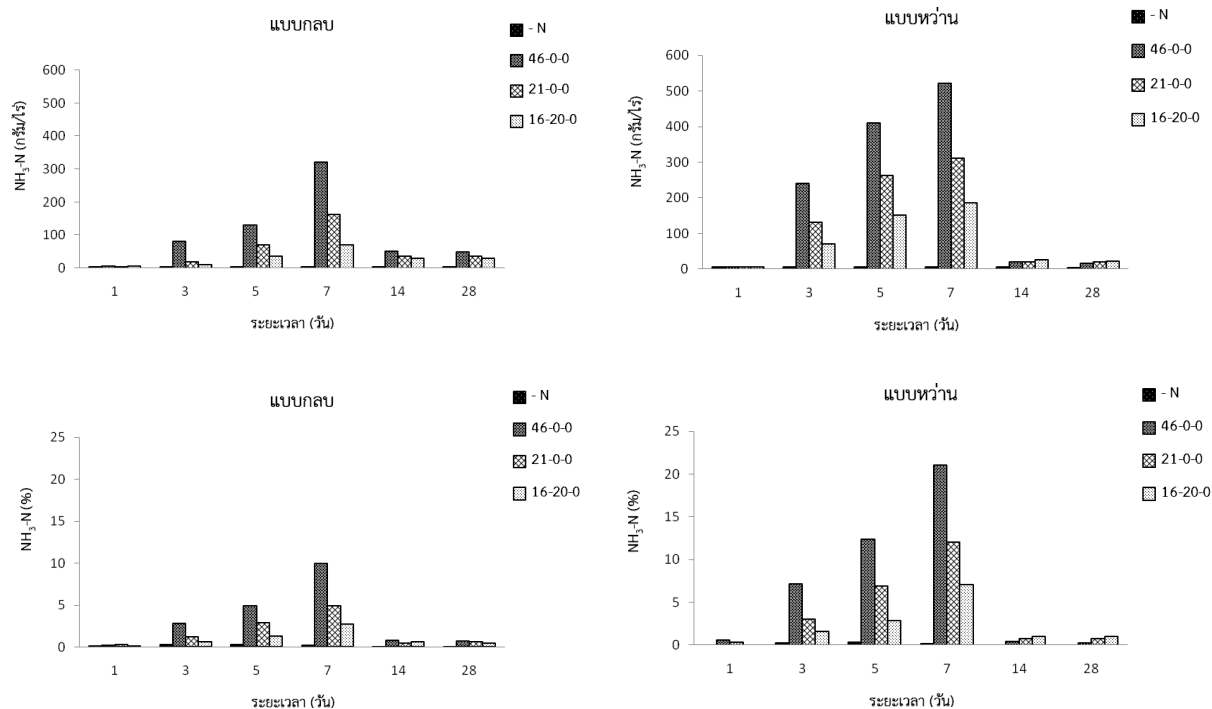
พบว่า การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นต่าง เช่น ยูเรีย มักจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นกรด วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดการสูญเสียแอมโมเนียมจากดินได้อีกหนึ่งทาง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ สามารถลดการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ภาพที่ 6 และ 7)

4. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บก๊าซกับอัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย

พบว่า อัตราการสูญเสียแอมโมเนียจะสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน (Mikkelsen and De Datta, 1979) หลังจากนั้น จะเริ่มคงที่ (ภาพที่ 6 และ 7)



ภาพที่ 6 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย (NH₃-N Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดิน สมอทอด ครั้งที่ 1 (ปี 2555-2556)



ภาพที่ 7 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$ Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดินสมอทอด ครั้งที่ 2 (ปี 2555-2556)

5. การเจริญเติบโตของข้าวโพด

5.1 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 48 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยแบบกลบมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32)

5.2 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน ข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีความสูงเฉลี่ยต่ำกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยยูเรียค่าเฉลี่ยความสูงมีแนวโน้มต่ำที่สุดเท่ากับ 124 เซนติเมตร การใส่ปุ๋ยแบบกลบมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 33)

6. ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินสมอทอดให้มวลน้ำหนักแห้งของต้นและใบ 1,356 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ด 850 กิโลกรัมต่อไร่ และซัง 172 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบข้าวโพดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.77 0.04 และ 0.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดมีความเข้มข้นที่สูงกว่าในส่วนของต้นและใบ โดยเมล็ด ประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.64 0.04 และ 0.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนซังข้าวโพดมี ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.39 0.03 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 34)

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ย โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบกลบสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 35 และ 36) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบกลบ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ตารางที่ 35 และ 36)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ย ไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย มีความเข้มข้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ตามลำดับ (ตารางที่ 35 และ 36) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) (ตารางที่ 35 และ 36)

7. การให้ผลผลิตข้าวโพด

จากตารางที่ 38 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1,195 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะให้ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (809 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียแบบหว่าน (816 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูลตารางที่ 39 พบว่า ปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปฏิกิริยาดินจะลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก อนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ไปทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์จึงมีผลทำให้ปฏิกิริยาดินลดต่ำลง

จากข้อมูลตารางที่ 40 ไม่พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ตารางที่ 41) พบว่าไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในทุกรูปทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ตารางที่ 42) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ตารางที่ 43) พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน

การทดลองในปี 2556-2558

1. สมบัติทั่วไปของชุดดินสมอทอดก่อนการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดิน เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำๆ ละ 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย) พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 7.85) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง 22.1 กรัมต่อกิโลกรัม ไนโตรเจนทั้งหมด 1,291 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ 13.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง 196 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 44)

2. ผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปในรูปแบบของก๊าซแอมโมเนียได้ โดยจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเป็นกรด-ด่างของดิน ความชื้น อุณหภูมิ ชนิดของปุ๋ย และปริมาณ

ไนโตรเจนในปุ๋ย เป็นต้น (Sainz Roza *et al.* 2004) การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซแอมโมเนียจากการระเหิด โดยวิธี closed chamber (ภาพที่ 1) จำนวน 2 ครั้ง คือ 1) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน และ 2) หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 ที่ระยะเวลา 1 3 5 7 14 และ 28 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียมีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20.5% ของ N ทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 12.1% ของ N ทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.3% ของ N ทั้งหมด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ที่ระยะเวลา 7 วัน พบว่า มีการอัตราการระเหิดสูงสุด และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วันหลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในทุกกรรมวิธี

เนื่องจากในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่างนั้น ปุ๋ยยูเรียมักมี Urease activity ในดินสูง ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดไปในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) ได้ง่าย ยูเรียจะถูกไฮโดรไลส์กลายเป็นแอมโมเนียมก่อนที่จะเกิดการสูญเสียในรูปก๊าซแอมโมเนีย โดยทั่วไปการใส่ยูเรียจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าปุ๋ยไนโตรเจนชนิดอื่นๆ เนื่องจากภายหลังปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของยูเรียโดยกิจกรรมของเอนไซม์ยูรีเอสจะเกิดการสะสม NH_4^+ และ HCO_3^- ซึ่งชักนำให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้โดยง่าย

สำหรับปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต พบว่ามีการสูญเสียแอมโมเนียต่ำกว่าปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เพราะแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินที่เป็นด่าง จะช่วยเพิ่มความเป็นกรดและลดความเป็นด่างของดิน ในขณะที่ยูเรียจะเพิ่มความเป็นด่างของดินให้สูงขึ้นและก่อให้เกิดสภาพที่เหมาะสมสำหรับขบวนการระเหยของแอมโมเนีย อย่างไรก็ตามการระเหยของแอมโมเนียจากปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตสามารถเกิดขึ้นได้ในปริมาณที่สูงได้ ถ้าหากว่าดินมีปฏิกิริยาเป็นด่างสูงพอที่จะก่อให้เกิดการระเหยของแอมโมเนียได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) เป็นปุ๋ยไนโตรเจนประเภทละลายช้ามีคุณสมบัติในการปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาอย่างช้าๆ ให้แก่พืช เมื่อใส่ลงไปในดินต่างจึงมีการสูญเสียแอมโมเนียน้อยกว่าปุ๋ยมาตรฐาน เช่น ยูเรีย แอมโมเนียมซัลเฟต อย่างมาก (Mikkelsen and De Datta, 1979)

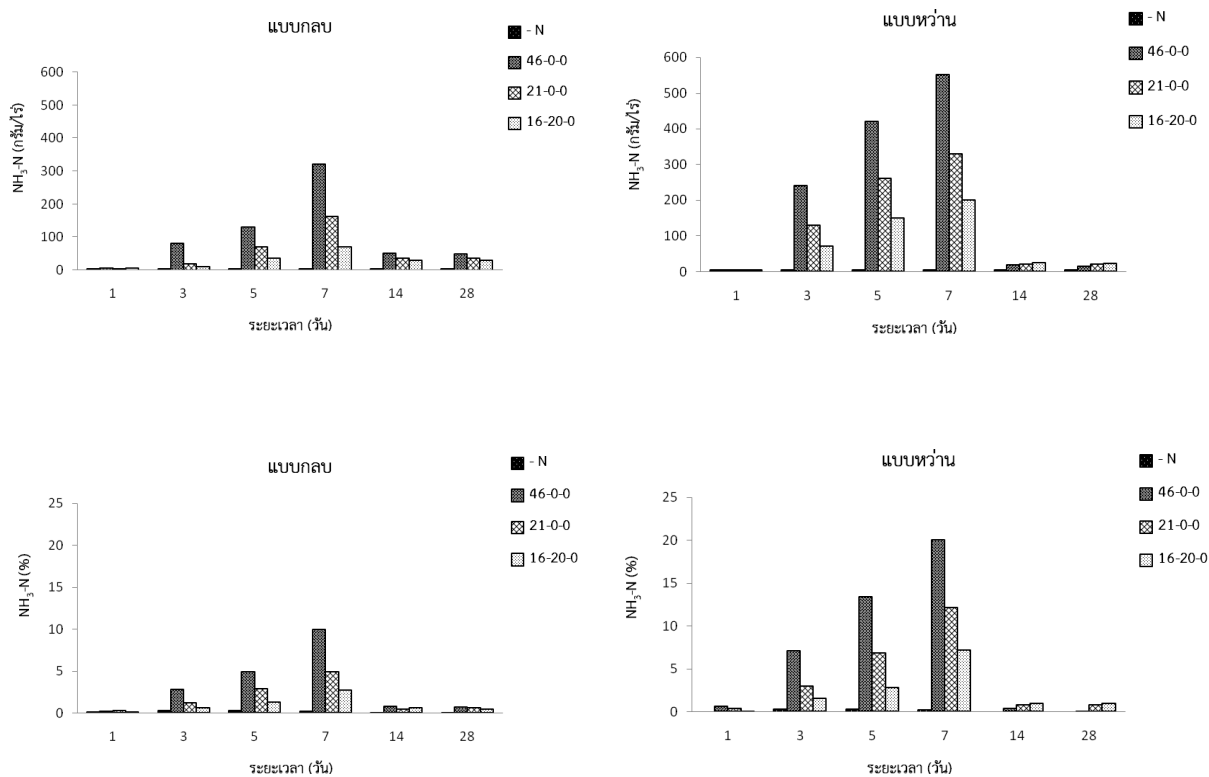
3. ผลของวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่าง ๆ ต่ออัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนโดยการระเหิด

พบว่า การกลบปุ๋ย ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นด่าง เช่น ยูเรีย มักจะชักนำให้เกิดการสูญเสียแอมโมเนียมมากกว่าใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีสภาพเป็นกรด วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดการ

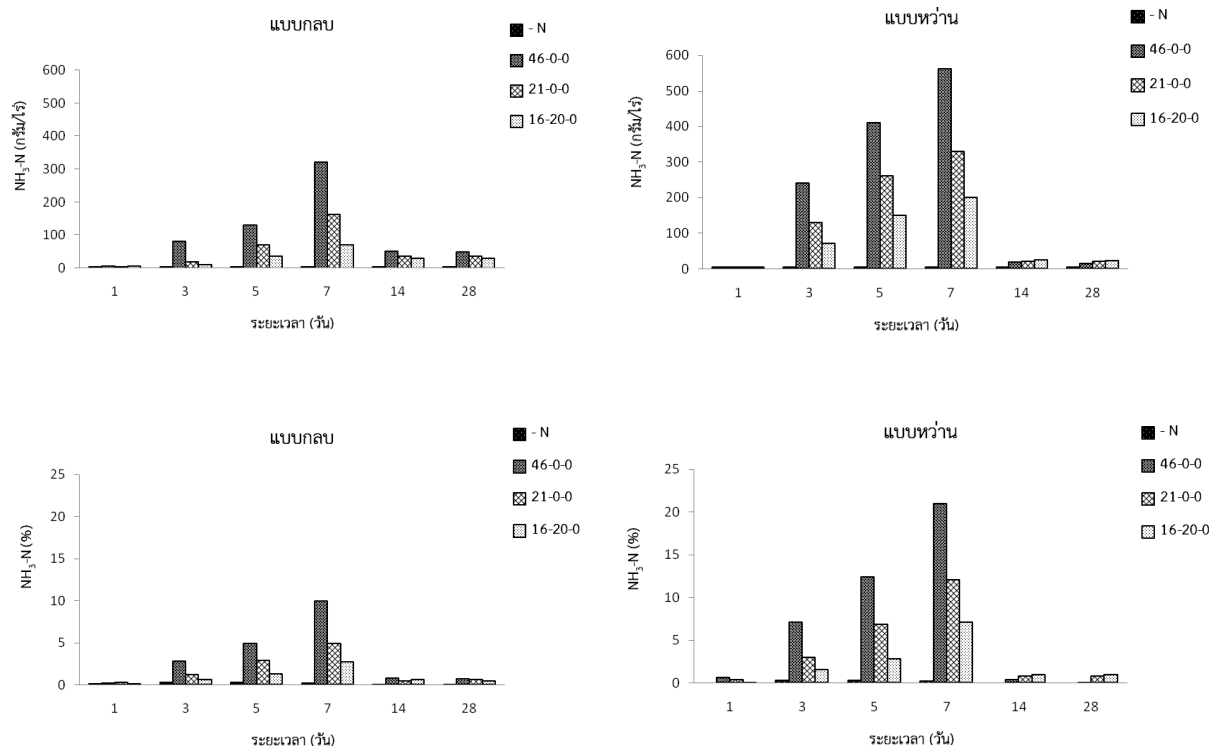
สูญเสียแอมโมเนียจากดินได้อีกหนึ่งทาง โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ สามารถลดการสูญเสียก๊าซแอมโมเนียได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ภาพที่ 8 และ 9)

4.ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาในการเก็บก๊าซกับอัตราการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนในรูปก๊าซแอมโมเนีย

พบว่า อัตราการสูญเสียแอมโมเนียจะสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน (Mikkelsen and De Datta, 1979) หลังจากนั้นจะเริ่มคงที่ (ภาพที่ 8 และ 9)



ภาพที่ 8 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$ Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดิน
สมอทอด ครั้งที่ 1 (ปี 2556-2558)



ภาพที่ 9 ปริมาณก๊าซแอมโมเนีย ($\text{NH}_3\text{-N}$ Volatization) ที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ในชุดดินสมอทอด ครั้งที่ 2 (ปี 2556-2558)

5. การเจริญเติบโตของข้าวโพด

5.1 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) จะมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 3) โดยเด่นชัดที่การใส่ปุ๋ยแบบกลบ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) จะมีความสูงของข้าวโพดมากกว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในรูปปุ๋ยยูเรีย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 45)

5.2 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่า ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) จะมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

(ตารางที่ 4) โดยเด่นชัดที่การใส่ปุ๋ยแบบกลบ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูป ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีความสูงเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในทุกรูปแบบการใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 46)

6. ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพด

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินสมอทอดให้มวลน้ำหนักแห้งของต้นและใบ 1,367 กิโลกรัมต่อไร่ เมล็ด 862 กิโลกรัมต่อไร่ และซัง 169 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบข้าวโพดประกอบด้วย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.85 0.04 และ 0.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบอยู่ในเมล็ดมีความเข้มข้นที่สูงกว่าในส่วนของต้นและใบ โดยเมล็ด ประกอบด้วยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 1.72 0.04 และ 0.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนซังข้าวโพดมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เฉลี่ย 0.37 0.03 และ 0.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 47)

จากการทดลองพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ย โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบกลบสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 48 และ 49) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยแบบกลบ ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มสูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยแบบหว่าน (ตารางที่ 48 และ 49)

นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดยังขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย มีความเข้มข้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ตามลำดับ (ตารางที่ 48 และ 49) ส่วนความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในต้นและใบ และเมล็ด แม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) (ตารางที่ 48 และ 49)

7. การให้ผลผลิตข้าวโพด

จากตารางที่ 51 แสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1,242 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะให้

ผลผลิตสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (801 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย (930 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

8. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากข้อมูลตารางที่ 52 พบว่า ปฏิกริยาดินเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปฏิกริยาดินจะลดลงต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ใส่ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก อนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) ในปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ไปทำให้ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินลดลง เพราะแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่ได้จากปุ๋ยเคมีเข้าไปแทนที่แคลเซียมไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่กับอนุภาคคอลลอยด์จึงมีผลทำให้ปฏิกริยาดินลดต่ำลง

จากข้อมูลตารางที่ 53 ไม่พบว่ามีปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเปลี่ยนแปลง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกัน

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด (ตารางที่ 54) พบว่าไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบและแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในทุกุรูปทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (ตารางที่ 55) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (ตารางที่ 56) พบว่า การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบและแบบหว่าน ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกัน

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

1. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินที่มีปฏิกริยาเป็นต่าง ชุดดินตาคลี พบว่าการใส่ไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย มีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20.5% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 14.3% ของไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.2% ของไนโตรเจนทั้งหมด

ชุดดินสมอทอด พบว่าการใส่ไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรีย มีอัตราการระเหิดสูงสุด เฉลี่ย 20.8% ของไนโตรเจนทั้งหมดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในปุ๋ย รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตมีอัตราการระเหิด เฉลี่ย 12.3% ของไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) มีอัตราการระเหิดต่ำสุด เฉลี่ย 7.3% ของไนโตรเจนทั้งหมด

2.การใส่ปุ๋ยแบบกลบ ทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่านปุ๋ยทุกกรรมวิธี อัตราการสูญเสียแอมโมเนียจะสูงสุด เมื่อระยะเวลา 7 วัน ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเริ่มคงที่เมื่อระยะเวลา 14 วัน โดยทั่วไปการสูญเสียแอมโมเนียเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และอัตราการเกิดสูงสุดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแล้วประมาณ 7-10 วัน

3.ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดขึ้นอยู่กับวิธีการใส่ปุ๋ยและชนิดของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ โดยพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในต้น-ใบ และเมล็ด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในรูปปุ๋ยยูเรียมีความเข้มข้นต่ำที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และ ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ตามลำดับ

4.การให้ผลผลิตข้าวโพด ในชุดดินตาคลี พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด (เฉลี่ย 2 ปี เท่ากับ 1,308 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียแบบหว่าน ให้ผลผลิตต่ำที่สุด (เฉลี่ย 2 ปี เท่ากับ 806 กิโลกรัมต่อไร่)

ชุดดินสมอทอด พบว่า กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) แบบกลบ ทำให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด (เฉลี่ย 2 ปี เท่ากับ 1,218 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปปุ๋ยยูเรียแบบหว่าน ให้ผลผลิตต่ำที่สุด (เฉลี่ย 2 ปี เท่ากับ 802 กิโลกรัมต่อไร่)

5.ปฏิกิริยาดิน (pH) หลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่า เปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างกันเมื่อใส่ปุ๋ยแบบกลบ และแบบหว่าน แต่การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตปฏิกิริยาดินจะลดลง ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0)

6.การใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในดินต่างทั้งสองชุดดินดังกล่าว หากใส่ในรูปของปุ๋ยยูเรียทำให้ไนโตรเจนสูญหายไปจากปุ๋ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) ซึ่งพบว่าการสูญหายของไนโตรเจนน้อยมาก ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีประสิทธิภาพในชุดดินดังกล่าวจึงควรแนะนำให้ใช้ปุ๋ยเชิงประกอบ (16-20-0) หรือ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

7.วิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินต่างชุดดินตาคลีและชุดดินสมอทอด พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบทำให้อัตราการระเหิดของไนโตรเจนต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหว่าน ซึ่งการกลบปุ๋ยจะช่วยลดการสูญหายของไนโตรเจนโดยการระเหิดได้ ดังนั้นวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ได้ประสิทธิภาพในชุดดินดังกล่าวจึงแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบกลบ

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

1. ได้ข้อมูลการสูญหายของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ โดยการระเหิดจากดินของดินกลุ่มต่างๆ เพื่อใช้ในการประเมินการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีความเฉพาะเจาะจงตามลักษณะดิน โดยเฉพาะในกลุ่มชุดดินต่าง
2. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปขยายผลหรือปรับใช้กับชุดดินอื่น หรือในระดับไร่-นา ซึ่งจะ เป็นประโยชน์กับนักวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานอื่นๆ นำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยด้านดินและปุ๋ย และสามารถให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่เกษตรกรได้อย่างถูกต้อง

11. คำขอบคุณ : -

12. เอกสารอ้างอิง :

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548ก. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 547 หน้า.

ประดิษฐ์ บุญอำพล. 2542. ศึกษาการใช้ปุ๋ยข้าวโพด. น.36-54. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่ และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี ชลวุฒิ ละเอียต สมฤทัย ต้นเจริญ เข้มพร เพชรภรณ์ ศิริขวัญ ภู่นา สาธิต อารีรักษ์ และอนันต์ ทองภู. 2553. การจัดการสมดุลธาตุอาหารพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินสมอทอด. ผลการ

ปฏิบัติการประจำปีงบประมาณ 2553 เล่มที่ 1. สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Burger, M and L.E. Jack son. 2003. Microbial immobilization of ammonium and nitrate in relation to ammonification and nitrification rates in organic and conventional cropping system. *Soil & Biochemistry*. 35:29-36

Dong, Wenxu, Hu, Chunshang, Yuming, Junfang and Cui. 2009. Ammonia Volatilization from Urea Incorporation with wheat and Maize Straw on a Loamy Soil in China. UC Davis, The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI, International Plant Nutrition Colloquium. 33:5, 336-339.

DU PREEZ C.C. and R.DU T.BURGER Ammonia losses from ammonium-containing and – forming fertilizer after surface application at different rates on alkaline soils *Fertilizer Research* 15:17-78 (1988)

Fillery, L.R.P., J.R. Simpson, and S.K. De Datta. 1984. Influence of field environment and fertilizer management on ammonia loss from floods rice. *Soil Sci, Am. J*, 48:914-920.

Koenig, R., M. Palmer, D. Miner, B. Miller and J. Harrison. 2005. Chemical amendments and process controls to reduce ammonia volatilization during in-house composting in high-rise, caged layer facilities. *Compost Sci. Util.* 13: 141-149

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. *Soil Interpretation Handbook for Thailand*. Dept.of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok.

Olson, R.A., T.J. Army, J.J. Hanway, and V.J. Kilmer. 1976. *Fertilizer technology and use*. SSSA. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 611p.

Richard, L.A. 1945. *Diagnostic and Improvement of Saline Alkaline Soils*. U.S. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Arg. Hbk. 60.

Sanchez, P.A. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. John Wiley & Sons, New York. 618 p.

Shamsuddin Rosliza, Osumanu Haruna Ahmed and Nik Muhamad Ab. Majid. 2009. Controlling Ammonia Volatilization by Mixing Urea with Humic Acid, Fulvic acid, Triple Superphosphate and Muriate of Potash. American Journal of Environmental Sciences 5 (5): 605-609, 2009.

13. ภาคผนวก

ตารางที่ 3 ลักษณะบางประการของหน้าตัดดินชุดดินตาคลีในพื้นที่ทดลอง

Profile depth (cm)	Munsell Soil color	Mottle color	Texture	Structure	Hardness (mm)	BD (g/cm ³)
0-30	10YR3/2	-	Clay loam	Weak, fine, subangular blocky and few, moderate, medium, subangular blocky	13	1.74
30-50	10YR5/2	-	Clay loam	Weak, fine, subangular blocky and few, moderate, medium, subangular blocky	16	1.64
50-60	10YR4/2	-	Clay loam	Weak, fine and medium subangular blocky	15	1.39
60-90	10YR3/2	-	Clay	Stickenside, hard, medium to coarse angular blocky	25	1.41
90-110	10YR3/1	-	Clay loam	Weak, fine and medium subangular blocky	15	1.06
110+	10YR4/1	-	Clay	Stickenside, hard, medium to coarse angular blocky	20	1.42

ตารางที่ 4 สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง (ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร) ปี 2554

สมบัติของดิน	ซ้่า 1 ^{1/}	ซ้่า 2 ^{1/}	ซ้่า 2 ^{1/}	ค่าเฉลี่ย
--------------	----------------------	----------------------	----------------------	-----------

pH (1:1)	7.9	7.9	8.0	7.9
อินทรีย์วัตถุ (ก./กก.)	18.1	19.0	19.1	18.7
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./กก.)	1,705	1,674	1,601	1,660
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	12	13	14	13
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	249	251	245	248

หมายเหตุ ^{1/} เป็นค่าเฉลี่ยจาก 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย)

ตารางที่ 5 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	48	48	48b
46-0-0	59	51	55a
21-0-0	59	51	55a
16-20-0	60	54	57a
เฉลี่ย	57a	51b	54
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		11.8	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	124	123	124c
46-0-0	144	137	141b
21-0-0	145	138	142b
16-20-0	155	145	150a
เฉลี่ย	142a	135b	139
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		3.9	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินตาคลี (ค่าเฉลี่ยจากทุกกรรมวิธี)

ส่วนของพืช	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
ต้น+ใบ	1,356	0.77	0.04	0.76	11.5	1.0	6.5
เมล็ด	850	1.64	0.04	0.28	14.2	4.1	5.6
ซัง	172	0.39	0.03	0.39	0.82	0.1	0.1
รวม	2,378				26.5	5.2	12.2

ตารางที่ 8 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในต้นและใบข้าวโพด (ปีที่1)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1457a	0.84a	0.07	0.72	11.7a	0.68	4.7
หว่าน	1149b	0.67b	0.06	0.78	7.4b	0.71	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	20.1	13.8	17.3	14.7	11.9	20.4	22.1
เปรียบเทียบ	953b	0.62c	0.06	0.77	7.1c	0.69	4.7
46-0-0	1085b	0.67bc	0.06	0.74	7.0c	0.70	4.4
21-0-0	1154b	0.8ab	0.08	0.76	9.1b	0.78	4.6
16-20-0	1610a	0.85a	0.07	0.77	13.4a	0.80	5.5
F-test	*	*	ns	ns	**	ns	ns
CV.(%)	11.6	14.7	12.6	7.5	5.0	24.1	12.8

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 9 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวโพด (ปีที่1)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1588a	1.02a	0.07	0.77	15.8a	0.72	6.3
หว่าน	1052b	0.78b	0.06	0.75	7.6b	0.74	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	12.2	6.4	16.2	21.0	11.7	5.9	17.2
เปรียบเทียบ	939b	0.53d	0.05	0.77	5.2c	0.72	5.5
46-0-0	990b	0.78c	0.06	0.75	12.5b	0.70	5.4
21-0-0	1045b	0.92ab	0.08	0.78	13.1b	0.75	5.6
16-20-0	1704a	1.00a	0.08	0.80	16.7a	0.80	5.9
F-test	*	**	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	13.9	7.8	12.6	15.2	15.0	6.4	16.6

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 10 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในซังข้าวโพด (ปีที่1)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	222	0.39	0.03	0.52	0.8	0.09	1.1
หว่าน	217	0.37	0.05	0.50	0.9	0.08	1.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	17.1	6.9	12.3	14.7	5.8	14.2	6.4
เปรียบเทียบ	217	0.35	0.03	0.49	0.8	0.08	1.0
46-0-0	231	0.39	0.04	0.48	0.8	0.08	1.1
21-0-0	220	0.40	0.04	0.52	0.9	0.09	1.2
16-20-0	224	0.40	0.05	0.52	0.8	0.11	1.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	8.5	9.7	14.8	20.3	12.2	17.1	15.2

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 11 ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกใน
ชุดดินตาคลี (ปีที่1)

กรรมวิธี	ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 % (กก./ไร่)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	812	809	811b
46-0-0	1,056	816	936ab
21-0-0	1,115	904	1010a
16-20-0	1,290	1,011	1,151a
เฉลี่ย	1068a	885b	977
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		10.6	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 12 ปฏิกริยาดิน (pH) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	ปฏิกริยาดิน (pH)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	8.0	8.0	8.0b
46-0-0	8.0	7.9	8.0b
21-0-0	7.2	7.3	7.3a
16-20-0	7.9	7.9	7.9b
เฉลี่ย	7.8	7.8	7.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดขบวนการใส่)		ns	
CV.(%)		11.8	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 13 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	อินทรีย์วัตถุ (ก./ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	22.2	22.0	22.1
46-0-0	22.1	22.2	22.2
21-0-0	22.2	22.3	22.3
16-20-0	22.1	22.0	22.1
เฉลี่ย	22.2	22.1	22.2
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		13.7	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

เปรียบเทียบ	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก. N/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
Control	1,272	1,112	1,192b
46-0-0	1,395	1,369	1,382a
21-0-0	1,402	1,389	1,396a
16-20-0	1,470	1,395	1,433a
เฉลี่ย	1,385	1,316	1,351
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		16.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก. P/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	7.8	8.1	8.0
46-0-0	9.0	9.0	9.0
21-0-0	9.2	9.0	9.1
16-20-0	8.4	8.8	8.6
เฉลี่ย	8.6	8.7	8.7
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		23.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 16 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก. K/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	ฉลี่ย
เปรียบเทียบ	195	189	192
46-0-0	202	197	200
21-0-0	189	200	195
16-20-0	200	204	202
ฉลี่ย	197	198	198
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		5.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 17 สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง (ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร) ปีที่ 2

สมบัติของดิน	ซ้ำ 1 ^{1/}	ซ้ำ 2 ^{1/}	ซ้ำ 3 ^{1/}	ค่าเฉลี่ย
pH (1:1)	7.9	7.9	8.0	8.0
อินทรีย์วัตถุ (ก./กก.)	18.2	17.7	17.5	17.8
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./กก.)	1,711	1,574	1,684	1,656
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	22	30	37	30
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	189	211	207	202

หมายเหตุ ^{1/} เป็นค่าเฉลี่ยจาก 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย)

ตารางที่ 18 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	46	44	45b
46-0-0	58	51	55a
21-0-0	60	52	56a
16-20-0	62	54	58a
เฉลี่ย	57a	50b	54
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		10.5	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 19 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	124	123	124b
46-0-0	144	137	141a
21-0-0	145	138	142a
16-20-0	155	140	148a
เฉลี่ย	142a	135b	139
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		9.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 20 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกในชุดดินตาคลี (ค่าเฉลี่ยจากทุกกรรมวิธี) ปีที่2

ส่วนของพืช	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
ต้น+ใบ	1,528	0.85	0.04	0.71	12.2	1.3	5.9
เมล็ด	915	1.72	0.04	0.27	9.5	3.85	3.2
ซัง	180	0.39	0.03	0.42	2.8	0.15	0.28
รวม	2,617				24.5	5.3	9.38

ตารางที่ 21 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในต้นและใบข้าวโพด (ปีที่2)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1588a	1.02a	0.07	0.77	15.8a	0.72	6.3
หว่าน	1052b	0.78b	0.06	0.75	7.6b	0.74	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	12.2	6.4	16.2	21.0	11.7	5.9	17.2
เปรียบเทียบ	939b	0.53d	0.05	0.77	5.2c	0.72	5.5
46-0-0	990b	0.78c	0.06	0.75	12.5b	0.70	5.4
21-0-0	1045b	0.92ab	0.08	0.78	13.1b	0.75	5.6
16-20-0	1704a	1.00a	0.08	0.80	16.7a	0.80	5.9
F-test	*	**	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	13.9	7.8	12.6	15.2	15.0	6.4	16.6

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 22 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวโพด (ปีที่2)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	838	1.79a	0.37	0.65	14.9a	4.0	5.5
หว่าน	813	1.3b	0.40	0.63	7.1b	3.8	5.5
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	8.9	10.3	9.1	15.5	18.4	16.2	7.9
เปรียบเทียบ	505b	1.32c	0.49	0.61	3.2c	4.9	5.6
46-0-0	522b	1.73b	0.51	0.62	3.4c	4.7	6.0
21-0-0	535b	1.79ab	0.53	0.64	7.2b	5.2	6.2
16-20-0	844a	1.84a	0.53	0.67	17.9a	5.2	6.3
F-test	*	**	ns	ns	**	ns	ns
CV.(%)	12.2	5.4	11.7	4.2	7.6	16.4	18.1

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 23 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในชังข้าวโพด (ปีที่2)

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	228	0.38	0.03	0.52	0.9	0.11	1.2
หว่าน	216	0.37	0.05	0.49	0.9	0.08	1.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	10.7	9.9	15.2	4.7	6.4	5.5	17.6
เปรียบเทียบ	220	0.35	0.03	0.49	0.8	0.08	1.2
46-0-0	228	0.37	0.04	0.49	0.8	0.09	1.1
21-0-0	230	0.38	0.04	0.52	0.9	0.09	1.2
16-20-0	231	0.40	0.04	0.53	0.8	0.10	1.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	6.4	10.4	12.6	21.0	16.5	9.1	20.1

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 24 ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ปลูกใน
ชุดดินตาคลี (ปีที่ 2)

กรรมวิธี	ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 % (กก./ไร่)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	824	802	813b
46-0-0	1,059	818	939ab
21-0-0	1,135	902	1,019a
16-20-0	1,325	1,104	1,215a
เฉลี่ย	1,086a	907b	997
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		11.8	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 25 ปฏิกริยาดิน (pH) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปีที่2

กรรมวิธี	ปฏิกริยาดิน (pH)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	7.9	7.9	7.9b
46-0-0	7.9	8.0	8.0b
21-0-0	7.2	7.4	7.3a
16-20-0	7.9	8.0	8.0b
เฉลี่ย	7.7	7.8	7.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		17.2	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 26 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปีที่2

กรรมวิธี	อินทรีย์วัตถุ (ก./ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	19.8	20.1	20.0
46-0-0	19.9	19.9	19.9
21-0-0	20.2	20.0	20.1
16-20-0	20.1	20.0	20.1
เฉลี่ย	20.0	20.0	20.0
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		9.1	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 27 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปีที่2

กรรมวิธี	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก. N/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	1,194	1,134	1,164b
46-0-0	1,328	1,401	1,365a
21-0-0	1,463	1,450	1,457a
16-20-0	1,559	1,523	1,541a
เฉลี่ย	1,386	1,377	1,382
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		13.5	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 28 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปีที่ 2

กรรมวิธี	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก. P/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	10.2	10.0	10.1
46-0-0	9.8	9.9	9.9
21-0-0	9.7	9.7	9.7
16-20-0	10.0	9.8	9.9
เฉลี่ย	9.9	9.9	9.9
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		12.7	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 29 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปีที่2

กรรมวิธี	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก. K/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	200	187	194
46-0-0	212	210	211
21-0-0	198	198	198
16-20-0	191	185	188
เฉลี่ย	200	195	198
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		15.9	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 30 ลักษณะบางประการของหน้าตัดดินชุดดินสมอทอดในพื้นที่ทดลอง

Profile	Munsell	Mottle	Texture	Structure	Hardness	BD
depth (cm)	Soil color	color			(mm)	(g/cm ³)
0-15	10YR3/2	-	Clay loam	Weak, fine, subangular blocky and few, moderate, medium, subangular blocky	13	1.81
15-30	10YR3/2	-	Clay loam	Weak, fine, subangular blocky and few, moderate, medium, subangular blocky	16	1.94
30-55	5YR4/4	-	Clay loam	Weak, fine and medium subangular blocky	15	1.72
55-90	10YR4/1	-	Clay	Stickenside, hard, medium to coarse angular blocky	25	1.84
90-110+	10YR4/1	-	Clay loam	Weak, fine and medium subangular blocky	15	1.83

ตารางที่ 31 สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง (ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร) ปีที่ 3

สมบัติของดิน	ซ้ำ 1 ^{1/}	ซ้ำ 2 ^{1/}	ซ้ำ 2 ^{1/}	ค่าเฉลี่ย
pH (1:1)	7.9	8.0	8.0	8.0
อินทรีย์วัตถุ (ก./กก.)	20.2	19.9	20.0	20.0
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./กก.)	1,785	1,676	1,550	1,670
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	15	12	15	14
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	311	307	302	307

หมายเหตุ ^{1/} เป็นค่าเฉลี่ยจาก 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย)

ตารางที่ 32 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	48	48	48b
46-0-0	59	51	55a
21-0-0	59	51	55a
16-20-0	60	54	57a
เฉลี่ย	57a	51b	54
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		19.2	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 33 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	124	123	124c
46-0-0	144	137	141b
21-0-0	145	138	142b
16-20-0	155	145	150a
เฉลี่ย	142a	135b	139
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		12.7	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 34 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 (ค่าเฉลี่ยจากทุกกรรมวิธี)

ส่วนของพืช	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
ต้น+ใบ	1,356	0.77	0.04	0.76	11.5	1.0	6.5
เมล็ด	850	1.64	0.04	0.28	14.2	4.1	5.6
ซัง	172	0.39	0.03	0.39	0.82	0.1	0.1
รวม	2,378				26.5	5.2	12.2

ตารางที่ 35 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในต้นและใบข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1457a	0.84a	0.07	0.72	11.7a	0.68	4.7
หว่าน	1149b	0.67b	0.06	0.78	7.4b	0.71	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	20.1	13.8	17.3	14.7	11.9	20.4	22.1
เปรียบเทียบ	953b	0.62c	0.06	0.77	7.1c	0.69	4.7
46-0-0	1085b	0.67bc	0.06	0.74	7.0c	0.70	4.4
21-0-0	1154b	0.8ab	0.08	0.76	9.1b	0.78	4.6
16-20-0	1610a	0.85a	0.07	0.77	13.4a	0.80	5.5
F-test	*	*	ns	ns	**	ns	ns
CV.(%)	11.6	14.7	12.6	7.5	5.0	24.1	12.8

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 36 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1588a	1.02a	0.07	0.77	15.8a	0.72	6.3
หว่าน	1052b	0.78b	0.06	0.75	7.6b	0.74	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	12.2	6.4	16.2	21.0	11.7	5.9	17.2
เปรียบเทียบ	939b	0.53d	0.05	0.77	5.2c	0.72	5.5
46-0-0	990b	0.78c	0.06	0.75	12.5b	0.70	5.4
21-0-0	1045b	0.92ab	0.08	0.78	13.1b	0.75	5.6
16-20-0	1704a	1.00a	0.08	0.80	16.7a	0.80	5.9
F-test	*	**	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	13.9	7.8	12.6	15.2	15.0	6.4	16.6

หมายเหตุ * หมายถึง * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 37 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในซังข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	220	0.39	0.03	0.52	0.8	0.09	1.1
หว่าน	215	0.37	0.05	0.50	0.9	0.08	1.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	14.5	8.9	7.3	14.1	15.2	7.7	6.4
เปรียบเทียบ	217	0.35	0.03	0.49	0.8	0.08	1.0
46-0-0	231	0.39	0.04	0.48	0.8	0.08	1.1
21-0-0	220	0.40	0.04	0.52	0.9	0.09	1.2
16-20-0	224	0.40	0.05	0.52	0.8	0.11	1.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	8.1	5.9	18.1	14.2	12.2	15.6	6.9

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 38 ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3

กรรมวิธี	ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 % (กก./ไร่)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	812	809	811b
46-0-0	1,056	816	936ab
21-0-0	1,115	904	1010a
16-20-0	1,195	1,011	1,103a
เฉลี่ย	1,044a	885b	965
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		10.6	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 39 ปฏิกริยาดิน (pH) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	ปฏิกริยาดิน (pH)		
	กลบ		กลบ
เปรียบเทียบ	8.0	8.0	8.0b
46-0-0	8.0	7.9	8.0b
21-0-0	7.2	7.3	7.3a
16-20-0	7.9	7.9	7.9b
เฉลี่ย	7.8	7.8	7.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		16.1	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 40 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	อินทรีย์วัตถุ (ก./ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	22.2	22.0	22.1
46-0-0	22.1	22.2	22.2
21-0-0	22.2	22.3	22.3
16-20-0	22.1	22.0	22.1
เฉลี่ย	22.2	22.1	22.2
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		13.7	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 41 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

เปรียบเทียบ	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก. N/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	1,272	1,112	1,192b
46-0-0	1,395	1,369	1,382a
21-0-0	1,402	1,389	1,396a
16-20-0	1,470	1,395	1,433a
เฉลี่ย	1,385	1,316	1,351
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		16.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 42 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปี 2554

กรรมวิธี	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก. P/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	7.8	8.1	8.0
46-0-0	9.0	9.0	9.0
21-0-0	9.2	9.0	9.1
16-20-0	8.4	8.8	8.6
เฉลี่ย	8.6	8.7	8.7
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		23.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 43 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก. K/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	195	189	192
46-0-0	202	197	200
21-0-0	189	200	195
16-20-0	200	204	202
เฉลี่ย	197	198	198
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)	ns		
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)	ns		
F-test (ชนิดวิธีการใส่)	ns		
CV.(%)	5.4		

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 44 สมบัติของดินก่อนทำการทดลอง (ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร)

สมบัติของดิน	ซ้ำ 1 ^{1/}	ซ้ำ 2 ^{1/}	ซ้ำ 2 ^{1/}	ค่าเฉลี่ย
pH (1:1)	7.8	7.9	7.85	7.85
อินทรีย์วัตถุ (ก./กก.)	22.1	22.2	22.1	22.1
ไนโตรเจนทั้งหมด (มก./กก.)	1,272	1,290	1,312	1,291
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	13.5	13	14	13.50
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก./กก.)	195	205	189	196

หมายเหตุ ^{1/} เป็นค่าเฉลี่ยจาก 8 ตัวอย่าง (8 แปลงย่อย)

ตารางที่ 45 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	48	48	48c
46-0-0	59	51	55b
21-0-0	59	51	55b
16-20-0	60	54	57a
เฉลี่ย	57a	51b	54
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		9.9	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 46 ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	133	137	135b
46-0-0	189	186	188a
21-0-0	192	188	190a
16-20-0	197	188	193a
เฉลี่ย	177a	174b	176
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดxวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		18.7	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 47 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 3 (ค่าเฉลี่ยจากทุกกรรมวิธี)

ส่วนของพืช	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
ต้น+ใบ	1,367	0.85	0.04	0.71	12.2	1.3	5.9
เมล็ด	862	1.72	0.04	0.26	9.5	3.85	3.2
ซัง	169	0.37	0.03	0.41	2.8	0.15	0.28
รวม	2,398				24.5	5.3	9.38

ตารางที่ 48 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในต้นและใบข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	1592a	1.04a	0.07	0.77	15.5a	0.73	6.3
หว่าน	1034b	0.76b	0.06	0.76	7.2b	0.72	5.8
F-test	*	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	13.4	6.2	10.1	16.2	13.7	6.9	12.5
เปรียบเทียบ	937b	0.50d	0.04	0.77	5.0c	0.72	5.5
46-0-0	987b	0.77c	0.06	0.75	12.7b	0.71	5.4
21-0-0	1040b	0.94ab	0.08	0.78	13.1b	0.75	5.5
16-20-0	1710a	1.00a	0.08	0.80	16.9a	0.80	5.8
F-test	*	**	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	11.9	4.9	15.2	8.8	15.0	6.4	15.9

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 49 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	845	1.79a	0.37	0.65	14.9a	4.0	5.5
หว่าน	823	1.3b	0.40	0.63	7.1b	3.8	5.5
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
CV.(%)	7.7	11.7	7.7	12.5	5.9	10.2	9.1
เปรียบเทียบ	505c	1.32c	0.49	0.62	3.1c	4.8	5.8
46-0-0	528b	1.73b	0.51	0.62	3.4c	4.8	6.0
21-0-0	538b	1.79ab	0.53	0.63	7.2b	5.2	6.2
16-20-0	851a	1.84a	0.54	0.67	17.8a	5.2	6.3
F-test	*	**	ns	ns	**	ns	ns
CV.(%)	12.2	7.4	13.8	5.4	19.2	7.9	12.3

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 50 ความเข้มข้นและปริมาณธาตุอาหารในซังข้าวโพด

กรรมวิธี	น้ำหนักแห้ง (กก./ไร่)	ความเข้มข้นธาตุอาหาร (เปอร์เซ็นต์)			ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร (กก./ไร่)		
		N	P	K	N	P	K
กลบ	220	0.39	0.03	0.52	0.8	0.09	1.1
หว่าน	215	0.37	0.05	0.50	0.9	0.08	1.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	14.5	8.9	7.3	14.1	15.2	7.7	6.4
เปรียบเทียบ	217	0.35	0.03	0.49	0.8	0.08	1.0
46-0-0	231	0.39	0.04	0.48	0.8	0.08	1.1
21-0-0	220	0.40	0.04	0.52	0.9	0.09	1.2
16-20-0	224	0.40	0.05	0.52	0.8	0.11	1.2
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV.(%)	8.1	5.9	18.1	14.2	12.2	15.6	6.9

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 51 ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์นครสวรรค์ 3

กรรมวิธี	ผลผลิตที่ระดับความชื้น 15 % (กก./ไร่)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	807	795	801b
46-0-0	1,045	816	930ab
21-0-0	1,105	912	1,009b
16-20-0	1,242	1,005	1,124a
เฉลี่ย	1,049a	882b	966
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		*	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		11.2	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 52 ปฏิกริยาดิน (pH) ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	ปฏิกริยาดิน (pH)		
	กลบ		กลบ
เปรียบเทียบ	8.0	7.9	8.0b
46-0-0	8.0	8.0	8.0b
21-0-0	7.3	7.0	7.2a
16-20-0	7.9	7.9	7.9b
เฉลี่ย	7.8	7.7	7.8
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		16.1	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 53 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	อินทรีย์วัตถุ (ก./ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	18	17	18
46-0-0	19	20	20
21-0-0	21	18	20
16-20-0	21	19	21
เฉลี่ย	20	19	20
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		9.9	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 54 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

เปรียบเทียบ	ไนโตรเจนทั้งหมด (มก. N/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	1,105	1,125	1,115b
46-0-0	1,298	1,301	1,300a
21-0-0	1,305	1,324	1,315a
16-20-0	1,380	1,365	1,373a
เฉลี่ย	1,272	1,279	1,276
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		*	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		17.4	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 55 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด ปี 2554

กรรมวิธี	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก. P/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	13.2	12.9	13.1
46-0-0	13.6	13.4	13.5
21-0-0	13.8	13.4	13.6
16-20-0	14.0	13.7	13.9
เฉลี่ย	13.7	13.4	13.5
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		22.1	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 56 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

กรรมวิธี	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (มก. K/ดิน 1 กก.)		
	กลบ	หว่าน	เฉลี่ย
เปรียบเทียบ	194	188	191
46-0-0	194	193	194
21-0-0	196	196	196
16-20-0	203	197	200
เฉลี่ย	197	194	195
F-test (ชนิดของปุ๋ยไนโตรเจน)		ns	
F-test (วิธีการใส่ปุ๋ย)		ns	
F-test (ชนิดวิธีการใส่)		ns	
CV.(%)		15.6	

หมายเหตุ * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT