ผลตอบสนองของข้าวโพดต่อปุ๋ยไนโตรเจนในดินเปรี้ยว ชุดบางปะกงที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

The Effect of Nitrogen Fertilizer to Corn Grown in the Treated Bangpakong Soil.

โดย

นางสาว จันทพร วรยิ่งยง

นางสาว ลิลิป คอยแก่น

ป/ผ.
จ248ผ
2536

T099721

สาขาหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน.เดือน.ปี.....

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ.2536

14378

เรื่อง

ผลตอบสนองของข้าวโพดต่อปุ๋ยไนโตรเจนในดินเปรี้ยว ชุดบางปะกงที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว

The Effect of Nitrogen Fertilizer to Corn Grown in the Treated Bangpakong Soil.

โดย

นางสาว จันทพร วรยิ่งยง
นางสาว ลิลิป คอยแก่น

.....

(ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช) อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชารับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

ปก.
จ248ล
2535

วันที่ 18 เดือน พฤ. พ.ศ. 36

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ดร.เทียนชัย สุวรรณเวช อาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำปรึกษา และแนะนำจนปัญหาพิเศษเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาให้คำแนะนำในการทดลองนี้

ขอบคุณคุณนุจรี บุญแปลง และคุณสำราญ ช้างน้อย ที่ได้ให้ความเอื้อเฟื้อ และอำนวยความสะดวก เครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์ และคำแนะนำในการวิเคราะห์ รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ได้ช่วยเหลือในการทดลอง

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องสมุด และเจ้าหน้าที่ห้องเครื่องมือทำการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในเรื่องต่าง ๆ รวมทั้งคุณ อรุณ กำเหนิดนนท์ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในการพิมพ์

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณผู้ที่ให้ความอุปการะแก่ข้าพเจ้า ทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ รวมทั้งพ่อ แม่ ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมา

นส.จันทพร วรยิ่งยง

นส.ลิลิป คอยแก่น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญตาราง	i
สารบัญภาพ	ii
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
ผลการทดลองและวิจารณ์	16
สรุป	37
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก	43

บทคัดย่อ

การทดลองนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตราต่าง ๆ กันที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เมื่อปลูกในดินชุดบางปะกง ที่ปรับปรุงด้วยปูนและอินทรียวัตถุ โดยปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์1ในกระถางทดลอง วางแผนการทดลองแบบRandomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วยการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 7 อัตรา คือ 0,5,10,15,20,25 และ 30 กก.ต่อไร่ ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยโพตัสเท่ากันในอัตรา 15 กก.P_2O_5 และ K_2O/ไร่ เท่ากันในทุกตำรับการทดลอง ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดออกดอกตัวผู้ ชั่งน้ำหนักต้นพืช แล้วเก็บตัวอย่างพืชและตัวอย่างดินไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

จากการวิเคราะห์ตัวเลขผลการทดลองปรากฏว่า น้ำหนักแห้งของข้าวโพดจากตำรับการทดลองต่างๆมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดเพิ่มขึ้นหรือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือมากกว่าที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยแต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่อัตรา10กก./ไร่ขึ้นไปไม่ทำให้น้ำหนักของต้นข้าวโพดสูงขึ้นจนกระทั่งมีความแตกต่างกัน เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดจากตำรับการทดลองต่างๆมีความแตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงขึ้นจนถึงอัตรา 15 กก.ไนโตรเจนต่อไร่ จากนั้นเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดมีแนวโน้มที่จะลดต่ำลง เนื่องจากผลของ dilution effect ส่วนปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดจากตำรับการทดลองต่างๆ ก็มีความคล้ายคลึงกันกับเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดแต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆกันไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะมีข้อจำกัดบางอย่างเกี่ยวกับการดึงดูดไนโตรเจนเกิดขึ้นในดิน สำหรับเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดที่ได้จากตำรับการทดลองต่างๆ ถึงแม้จะมีความแตกต่างกันแต่เนื่องจากข้อมูลตัวเลขมีความแปรปรวนสูง จึงไม่สามารถอธิบายแนวโน้มของผลจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นพืชได้ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันเฉพาะตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนกับตำรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยเท่านั้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันในตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกัน ส่วนปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในดินหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้วนั้นไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างตำรับการทดลอง เพราะว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นอาจช่วยในการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดให้สูงขึ้น มีผลทำให้ต้นพืชดึงดูดธาตุไนโตรเจนที่ใส่ลงไป

ในดินเป็นปริมาณมากขึ้นตามลำดับหรือปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินอาจเกิดการชะล้างสูญหายไปในลักษณะเดียวกัน

สำหรับฟอสฟอรัสที่เหลือตกค้างในดินของแต่ละตำรับการทดลองนั้น ถึงแม้จะมีความแตกต่างกัน แต่เนื่องจากมีความแปรปรวนอยู่มาก จึงไม่อาจจะแสดงผลกระทบกระเทือนของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่ในดิน หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดได้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	น้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยของข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	17
2.	เปอร์เซนต์ไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	20
3.	ปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	23
4.	เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	26
5.	ปริมาณฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	29
6.	ปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยในดินจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	32
7.	ปริมาณฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยในดิน จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	35

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	18
2.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ไนโตรเจนของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	21
3.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณไนโตรเจน ของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	24
4.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	27
5.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัส ของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	30
6.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในดิน กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	33
7.	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในดิน กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ	36

คำนำ

ปัจจัยที่สำคัญเบื้องต้นในการเพาะปลูกก็คือ ดิน ประโยชน์ของดินต่อพืชได้แก่ ดินเป็นที่เก็บน้ำและอาหารสำหรับต้นพืชใช้ เป็นสิ่งที่รากพืชยึดให้ลำต้นตั้งตรงได้ อีกทั้งยังเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ (สวัสดิ์,2516)

แต่ดินทุกชนิดไม่ได้ปลูกพืชได้ดีเสมอไป บางชนิดปลูกพืชขึ้นได้ไม่เจริญงอกงาม ดินเหล่านี้จัดว่าเป็นดินที่มีปัญหาต่อการทำการเกษตร ผลผลิตที่ได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ดินมีปัญหาชนิดหนึ่งที่ให้ผลผลิตพืชที่ปลูกต่ำมากหากไม่ได้รับการแก้ไขได้แก่ ดินเปรี้ยวหรือดินกรดจัด(Acid Sulfate Soils) ซึ่งดินกรดจัดที่พบในประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.6 ล้านเฮกตาร์ (Van Breeman,1976)และกระจัดกระจายอยู่ทั่วไปตามชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะบริเวณลุ่มแม่น้ำจันทบุรี และตามชายฝั่งด้านตะวันตกของภาคใต้ รวมพื้นที่ประมาณ 1.5 ล้านเฮกตาร์ (Pons and Kevie, 1969) ดินกรดจากบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางเหล่านี้ ครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด คือ สระบุรี ปทุมธานี นครนายก อยุธยา ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และ ชลบุรี แบ่งเป็นทั้งหมด 20 ชุดดินที่สำคัญได้แก่ ชุดดินบางปะกง บางน้ำเปรี้ยว รังสิต องครักษ์ เป็นต้น

ปัญหาโดยทั่วไปที่เกิดขึ้นจากดินกรด คือ ดินกรดจัดมักมีสมบัติทางกายภาพไม่ดี และมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ระบายน้ำและอากาศยากทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชหลายชนิดลดลง เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม และ แมกนีเซียม แต่กลับทำให้ธาตุอาหารบางชนิด ละลายตัวมากขึ้นจนเป็นพิษต่อพืชได้เช่น เหล็ก อลูมิเนี่ยม และ แมงกานีส ดังนั้นดินกรดจัดจึงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทั้ง ๆ ที่อาจมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่มาก การทำงานของจุลินทรีย์หยุดชะงัก รากพืชถูกจำกัดการเจริญเติบโตและการทำงาน โดยปกติแล้วดินกรดจัดเหมาะสมกับการทำนา แต่ผลผลิตที่ได้ก็ต่ำมาก เกษตรกรจึงมีรายได้ต่ำ เพื่อเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร จึงน่าจะมีการปลูกพืชหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยวข้าว และยังเป็นการอนุรักษ์ดินด้วย

ข้าวโพดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่น่าจะเหมาะสมกับการปลูกหลังฤดูกาลเก็บเกี่ยว เนื่องจากเป็นพืชที่ขึ้นได้ง่ายและไม่ต้องการการดูแลรักษาประณีตมากนัก ระยะเวลาเก็บเกี่ยวไม่นาน แต่ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุง แก้ไขความเป็นกรดและสภาพที่ไม่เหมาะสมของดินเสียก่อน

เมื่อปลูกพืช ก็ควรจะมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้น ซึ่งปุ๋ยที่ให้ควรอยู่ในอัตราเหมาะสม ที่จะให้ผลผลิตสูงสุด และทำให้ได้ผลกำไรมากที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกรดที่มีการปรับปรุงแล้ว เนื่องมาจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่ข้าวโพดต้องการในปริมาณมาก

คาดหวังว่าจะได้มีการศึกษาเพื่อหาทางปรับปรุงแก้ไขปัญหาดินกรดจัด เพื่อให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาผลจากการปรับปรุงดินชุดบางปะกง ด้วยปูนและอินทรียวัตถุแล้ว จะมีศักยภาพในการให้ผลผลิตของข้าวโพดได้เพียงใด

2. เพื่อศึกษาหาอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเมื่อปลูกในดินเปรี้ยวชุดนี้

3. เพื่อศึกษาการดูดใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ปลูกในดินชุดบาง-ปะกงที่ทำการปรับปรุงด้วยปูนและอินทรียวัตถุ

ตรวจเอกสาร

ในการปลูกพืชปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช มีหลายอย่างเข้าร่วมกันกระทำ ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ แบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ ปัจจัยทางพันธุกรรม พันธุกรรมเป็นหน่วยขนาดเล็กมากที่สำคัญที่สุดของจุดชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งหลาย เป็นหน่วยที่สืบช่วงจากพ่อแม่ไปสู่ลูก ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆที่ปรากฏออกมาให้เห็นของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยนี้ในปัจจุบันนักวิชาการได้ศึกษาคิดค้นเพื่อควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมที่สำคัญได้พันธุ์ลูกผสมที่รวมลักษณะดีๆ ทางพันธุกรรมเอาไว้ทำให้ลดผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตจากปัจจัยนี้ไปได้ และอีกปัจจัยหนึ่งคือ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สภาพลมฟ้าอากาศ แสง น้ำ ธาตุอาหาร ศัตรูพืช และดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ เป็นที่สำหรับหยั่งรากลึกให้ลำต้นตั้งตรงอยู่ได้ดินเปรียบเสมือนเป็นที่อยู่อาศัยของพืช เกือบทุกสิ่งที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมักจะอยู่ในดิน

ดังนั้นถ้าดินมีคุณสมบัติบางประการผิดไปจากปกติ จะส่งผลกระทบไปที่ปริมาณผลผลิตของพืชที่ปลูกจะลดลง ดินที่มีสมบัติผิดไปจนเป็นปัญหาในการปลูกพืชเรียกว่า ดินที่มีปัญหาต่อการเกษตรกรรม ดินเหล่านี้ทำให้ผลผลิตพืชน้อยกว่าดินปกติอย่างเห็นได้ชัด หรือไม่สามารถปลูกพืชได้เลย ซึ่งในประเทศไทยมีอยู่หลายประเภท ที่สำคัญได้แก่ ดินกรดจัด(สุรพล, 2531)

ดินเปรี้ยว

ดินเปรี้ยวหรือดินกรดจัด คือ ดินที่อาจจะมี หรือเคยมี หรือกำลังมีกรดกำมะถันอยู่ในชั้นหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากขบวนการกำเนิดของดินชนิดนี้ มีจุดประของสีเหลืองฟางข้าว ซึ่งเป็นสารประกอบพวก Basic Ferric Sulphate เรียกว่า Jarosite อยู่ในดินชั้นล่างรวมไปถึง Potential Acid Sulphate Soils คือ ดินที่มีกำเนิดมาจากตะกอนของน้ำทะเล ซึ่งมีแร่ pyrite สูง ปัจจุบันยังอยู่ในสภาพ reduction เช่น น้ำขังจะมีสมบัติเป็นกลาง แต่ถ้ามีการระบายน้ำจะเกิดการ oxidation เกิดกรดกำมะถันขึ้น มีความเป็นกรดจัด เช่น ดินชุดบางปะกง ดินมีสภาพเป็นกรดจัดจนเป็นอุปสรรคต่อการปลูกพืช (เมธี,2525)

การเกิดดินเปรี้ยวจัด

เมธี (2525) ได้อธิบายขั้นตอนของการเกิดดินเปรี้ยวเป็น 2 ขบวนการใหญ่ ๆ คือ

Geogenetic processes ขบวนการนี้ ได้แก่การเกิด และสะสมแร่ไพไรท์ในดิน ซึ่งจะต้องมีองค์ประกอบที่จำเป็น 4 ประการ คือ

1. บริเวณนั้นต้องอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน
2. มีอินทรียวัตถุอย่างเพียงพอ
3. ต้องมีแหล่งให้ซัลเฟตตลอดเวลา
4. ต้องมีปริมาณเหล็กอย่างเพียงพอ

ในสภาพที่ขาดอากาศเกลือซัลเฟตในน้ำทะเลจะถูกลดออกซิเจนโดยเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดเปลี่ยนไปเป็นซัลไฟด์($S^{=}$)และทำปฏิกิริยากับสารประกอบของเหล็กกลายเป็น FeS ซึ่งในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นไดซัลไฟด์ (FeS_2) หรือแร่ไพไรท์

Pedological process เมื่อมีการระบายน้ำออกไปจากบริเวณที่เคยเป็นป่าชายเลน แร่ไพไรท์ก็จะถูกเติมออกซิเจนกลายเป็นเฟอริคซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3$) และกรดกำมะถัน เฟอริคซัลเฟตจะทำปฏิกิริยาต่อไปเกิดเป็นสารประกอบเหล็กและกรดกำมะถันเพิ่มขึ้นอีก เมื่อบางส่วนของกรดถูกชะล้าง และทำปฏิกิริยากับปูนแล้วจะเหลือบางส่วนอยู่ในดิน ซึ่งกรดส่วนนี้ทำให้ดินเปรี้ยว ส่วนสารประกอบเหล็กอื่น ๆ ที่สำคัญที่สุดตัวหนึ่งได้แก่ จาโรไซท์

ลักษณะของดินเปรี้ยว

ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวถึงเหนียวจัด สีเทา หรือสีเทาเข้มถึงดำ ลึกประมาณ 20-40 เซนติเมตร อาจจะมีจุดประของสารประกอบของเหล็กสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลแดงโดยเฉพาะบริเวณรากพืช ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวมีพื้นเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลปนเทาจนถึงสีเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล สีแดงหรือสีเหลืองคล้ายฟางข้าว ระดับความลึกที่พบจุดประสีเหลืองฟางข้าวนี้ ใช้เป็นข้อกำหนดอย่างหนึ่งในการแบ่งแยกชุดดินเปรี้ยว (เมธี,2525)

ผลของดินเปรี้ยวที่มีต่อธาตุอาหารพืช

เมธี (2525) รายงานว่า แม้ว่าดินกรดซัลเฟตทั่วไปจะมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) อยู่เป็นปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของพืช แต่เมื่อน้ำขังขบวนการ ammonification ของดินจะเกิดขึ้นน้อยมาก ระดับความเป็นกรด หรือ pH ของดินไม่มีผลโดยตรงต่อความเป็นประโยชน์ต่อพืชของธาตุไนโตรเจน แต่มีความเกี่ยวพันในทางอ้อม กล่าวคือ pH ของดินจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ภายในดิน โดยเฉพาะจุลินทรีย์พวกแบคทีเรีย ซึ่งจะทำงานได้ดีในดินที่มีปฏิกิริยาของดินที่เป็นกลาง เมื่อดินเป็นกรดจุลินทรีย์ทำงานได้ช้าลงเป็นลำดับ ซึ่งจุลินทรีย์พวก ammonifier ก็เป็นกลุ่มหนึ่งที่การทำงานต้องหยุดชะงักหรือช้าลง ในขณะที่พวก fungi ทำงานได้ดีกว่าในสภาพที่เป็นกรด เมื่อดินเป็นด่าง fungi ยังทำงานได้ดีเหมือนกันแต่สู้แบคทีเรียไม่ได้ กิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเป็นสมบัติที่ควบคุมระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ในดิน เมื่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินไปได้ดี ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็มีมากขึ้นด้วย ดินกรดซัลเฟตที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสและมีความเป็นกรดสูงจะยิ่งทำให้เกิดขบวนการ ammonification ช้าลงอีก แต่ถ้ามีการเติมปูนหรือฟอสเฟตลงไปในดินกรดจัดดังกล่าว การปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาให้เป็นประโยชน์ก็จะเพิ่มมากขึ้น (สรสิทธิ์, 2525)

สำหรับฟอสฟอรัสนั้นในสภาพดินกรดจัด เนื่องจากดินกรดจัดมีสมบัติในการตรึงฟอสฟอรัสได้สูง จึงมีผลทำให้ฟอสฟอรัสในดิน ไม่สามารถเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในช่วงฤดูปลูกได้ในปริมาณมาก เหล็กและอลูมินั่มจะมีบทบาทสำคัญในการตรึงฟอสฟอรัส ยืนยันจากผลงานของ Swenson และคณะ (1949) กล่าวว่าในช่วง pH ของดินต่ำสารประกอบฟอสเฟตส่วนใหญ่จะจับตัวกับเหล็กและอลูมินั่มที่ละลายออกมามาก แล้วตกตะกอนในรูปของ $Fe(H_2O)(OH)_2-H_2PO_4$ หรือ $Al(H_2O)_3(OH)_2-H_2PO_4$ มากกว่า $Fe(PO_4)$ หรือ $Al(PO)_4$ และมีผู้พบว่า เหล็กและอลูมินั่มเมื่อทำปฏิกิริยาตกตะกอนร่วมกับฟอสฟอรัสแล้วจะละลายได้น้อยที่สุด ปฏิกิริยานี้จะเกิดขึ้นสมบูรณ์ภายใน 5-9วัน หลังจากใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ซึ่งทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณของ Fe_2O_3 และ active Fe ในดินด้วยกล่าวคือ ถ้ามีปริมาณ active Fe มาก การตรึงจะเกิดขึ้นมากด้วย

ข้าวโพด (*Zea mays L.*)

ข้าวโพดเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี ไม่ต้องดูแลรักษาอย่างประณีต ต้องการน้ำมากเป็นบางช่วง คือ ช่วงที่เริ่มออกดอกเกสรตัวผู้ มีรายงานว่าดินที่เหมาะในการปลูกข้าวโพดควรเป็นดินที่ซึมซับน้ำได้ดี มีการสูญเสียดินจากการไหลบ่า (runoff) น้อย สามารถอุ้มน้ำได้ดี แต่ไม่ถึงกับขังและแฉะ หลังจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำ สามารถยอมรับให้มีอากาศผ่านเข้าออกได้ สำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และรากข้าวโพด มีหน้าดินลึก ธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ ไม่เป็นกรดจัดหรือด่างจัด ความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 6.5-8 ดินควรปราศจากสิ่งมีพิษ โรคและแมลงจากดิน ควรปราศจากตอไม้ หิน ร่องน้ำ และดินดาน ซึ่งจะทำให้การใช้เครื่องมือต่าง ๆ ไม่สะดวก โดยทั่วไปดินทรายจะเหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพด แต่ดินชนิดอื่นก็สามารถใช้ปลูกข้าวโพดได้ ถ้ามีการจัดการดินที่เหมาะสม

กรมพัฒนาที่ดิน(2533)รายงานว่าเมื่อจะนำพื้นที่ดินเปรี้ยวมาใช้ในการปลูกข้าวโพดจะมีปัญหาอุปสรรค ในเรื่องของข้อจำกัดเกี่ยวกับสภาพของเนื้อดินไม่เหมาะสม เนื่องจากข้าวโพดชอบดินระบายน้ำดี แต่ดินเปรี้ยวมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีน้ำท่วมขังในฤดูฝน และเมื่อนอกฤดูฝนก็กลับขาดแคลนน้ำในพื้นที่นอกเขตชลประทาน และข้อจำกัดเกี่ยวกับ pH ของดินจะมีผลต่อระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

ข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 เป็นพันธุ์ข้าวโพดที่ดีเด่นมาก ที่กรมวิชาการแนะนำ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 1 ประมาณ 10 % โดยเฉพาะเมื่อปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (กรกฎาคม-สิงหาคม) จะให้ผลผลิตสูงกว่า พันธุ์สุวรรณ 1 ประมาณ 21 % ใบสีเขียวเข้ม ทรงใบตั้งเมื่อฝักแห้งใบยังมีสีเขียวสดอยู่ จัดเป็นลักษณะที่ต้านทานโรคโคนเน่าได้ดี มีความต้านทานต่อโรคราน้ำค้างได้ดี มีระบบรากและลำต้นแข็งแรง (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2532)

สมบัติของธาตุอาหารต่อพืช

การสะสมไนโตรเจนและการเพิ่มน้ำหนักแห้งของพืช เปลี่ยนไปตามระยะการเจริญเติบโตของพืช และชนิดของพืช โดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชเริ่มงอกออกจากเมล็ดจะมีการเพิ่มน้ำหนักแห้งอย่างช้า ๆ และพืชยังไม่จำเป็นต้องใช้ธาตุไนโตรเจนจากนอกเมล็ดเพราะมีติดมากับเมล็ดจำนวนหนึ่ง เมื่อแร่ธาตุอาหารในเมล็ดหมด พืชก็มีรากแข็งแรงพอจะดูดกินอาหารแร่ธาตุจากดินมาใช้ แต่เนื่องจากขนาดยังเล็กจึงใช้น้อยมากเมื่อพืชเจริญเติบโตยิ่งขึ้นไปอีกจะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งจะทวีอย่างรวดเร็ว และธาตุไนโตรเจนที่สะสมในพืชก็จะทวีตามไปด้วย เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วทั้งน้ำหนักแห้งและอาหารแร่ธาตุจะไม่เพิ่มต่อไปอีก (ถวิล,2524)

Hanway(1962)ติดตามน้ำหนักแห้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซี่ยมที่สะสมในข้าวโพดตลอดฤดูการปลูก เริ่มจากเพาะเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยว ปริมาณสะสมที่แสดงเป็นเปอร์เซนต์ของค่าทั้งหมดตลอดฤดูปลูก ในช่วงที่เป็นต้นกล้า มีน้ำหนักแห้งเพียง 5 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ข้าวโพดสะสม ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และโปแตสเซี่ยมประมาณ 10,15 และ18 เปอร์เซนต์ของธาตุอาหารเหล่านี้ที่สะสมตลอดฤดูปลูกตามลำดับ และเมื่อข้าวโพดออกไหมจะมีน้ำหนักประมาณ 40 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งทั้งหมด ข้าวโพดดูดกินฟอสฟอรัส ไนโตรเจน และ โปแตสเซี่ยมเข้าไปประมาณ 50 ,65 ,75 เปอร์เซนต์ของธาตุอาหารเหล่านี้ ที่สะสมตลอดฤดูปลูกตามลำดับ การสะสมน้ำหนักแห้งและการดูดกินฟอสฟอรัสในข้าวโพดเป็นลักษณะที่คล้ายคลึงกันตลอดอายุขัยของพืช แต่การดูดกินไนโตรเจนและโพแทสเซี่ยมจะสะสมเร็วและเป็นปริมาณที่มากเกินกว่าครึ่งหนึ่งก่อนข้าวโพดจะออกไหม

ถวิล(2524) กล่าวว่า ถ้าดินและปุ๋ยให้แร่ธาตุอาหารแก่พืช และพืชสามารถดูดกินได้ตลอดเวลา โดยที่ดินและปุ๋ยไม่ใช่ตัวจำกัดขอบเขตความสามารถที่พืชจะดูดกินได้ และพืชมีความสามารถที่จะเลือกดูดกินได้ตามความต้องการ เพื่อสร้างการเจริญเติบโตของมัน ส่วนในกรณีที่พืชยังเล็ก ความต้องการน้อย ดินไม่ใช่ตัวควบคุม หรือกรณีที่ดินมีแร่ธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ เกินพอต่อความต้องการของพืช อัตราการเข้ามาในพืชของอาหารแร่ธาตุต่ออัตราการสร้างการเจริญเติบโต จะเป็นสัดส่วนที่ควบคุมโดยสรีระวิทยาของพืช ความเข้มข้นของธาตุอาหารแร่ธาตุ มักจะไม่เพิ่มตามปริมาณอาหารแร่ธาตุที่อยู่ภายนอกพืช และจะมีความเข้มข้นที่คงที่ค่าหนึ่ง

ถ้าหากสภาพการณ์ผิดไป คือ อัตราการเจริญเติบโตของพืชรวดเร็วมาก จนอัตราที่ดูดกินอาหารแร่ธาตุเข้ามาไม่ทัน ซึ่งเป็นกรณีที่อาหารแร่ธาตุในดินไม่เพียงพอแต่พืชสามารถสร้างน้ำหนักเพิ่มได้ ความเข้มข้นของธาตุอาหารแร่ธาตุในพืชจะลดลงในลักษณะเช่นนี้ความเข้มข้นของอาหารแร่ธาตุจะบ่งบอกถึงการขาดแคลนแร่ธาตุอาหารของพืชจากดิน หรือ จากแหล่งที่อยู่นอกพืช ดังนั้นจึงน่าจะมีช่วงของความเข้มข้นของอาหารแร่ธาตุในพืช ที่แสดงถึงการตอบสนองต่อการเพิ่มอาหารแร่ธาตุให้แก่พืช คือเป็นช่วงที่พืชขาดแคลน (ถวิล,2524)

ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพด จะผันแปรไปตามปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุ-อาหารไนโตรเจนที่ให้แก่พืช ลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวโพด อัตราปลูก สภาพดินฟ้าอากาศ ระยะการเจริญเติบโตส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดจะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันไป ธาตุไนโตรเจนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดและเพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่เมล็ด ใบต้องการไนโตรเจนมาก ก่อนระยะออกดอกตัวผู้ (Miller, 1938 ; Curtis และ Clank,1950 ;Hera และ Suteu) การเพิ่มอัตราปุ๋ยให้สูงขึ้น จะทำให้ผลผลิตข้าวโพดสูงตามไปด้วยในทุกวิธีการใส่ปุ๋ย และทุกชนิดของดิน(Stevenson และ Baldwin,1969)

มงคลและคณะ (2526) ศึกษาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและอิทธิพลของปูนขาวที่มีต่อข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นดิน pH 3.7-3.9 พบว่า การใส่ปูนขาวมีผลทำให้ pH ดินสูงขึ้น แต่ไม่ช่วยให้ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก.ต่อไร่ มีผลทำให้ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้นกว่าไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น ไม่ทำให้ผลผลิตของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้น

Clark และ Shive (1934) กล่าวว่า พืชสามารถดูดไนโตรเจนไปใช้ได้ทั้งในรูปอนุมูลแอมโมเนียม (NH_4^+) และอนุมูลไนเตรท (NO_3^-) แต่เมื่อระดับ pH เปลี่ยนแปลงไปจะทำให้พืชดูดในรูปหนึ่งมากกว่าอีกรูปหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อ pH ของสารละลายต่ำกว่า 6 พืชดูดอนุมูลไนเตรทมากกว่าอนุมูลแอมโมเนียม และถ้า pH มากกว่า 6 พืชจะดูดแอมโมเนียมมากกว่าอนุมูลไนเตรท

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลอง

การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) การทดลองจำนวน 4 ซ้ำ (Replication) Treatment ประกอบด้วยอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่แตกต่างกัน 7 อัตรา (treatment) ดังต่อไปนี้

Treatment ที่ 1	ใส่ปุ๋ยอัตรา	0	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 2	ใส่ปุ๋ยอัตรา	5	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 3	ใส่ปุ๋ยอัตรา	10	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 4	ใส่ปุ๋ยอัตรา	15	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 5	ใส่ปุ๋ยอัตรา	20	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 6	ใส่ปุ๋ยอัตรา	25	กิโลกรัม N/ไร่
Treatment ที่ 7	ใส่ปุ๋ยอัตรา	30	กิโลกรัม N/ไร่

อุปกรณ์

1. ดินชุดบางปะกง
2. ปุ๋ยไนโตรเจน (Urea)
3. ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Triple superphosphate)
4. ปุ๋ยโพแทสเซียม (Potassium chloride)
5. ปูนแคลเซี่ยมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
6. กระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว
7. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด (นครสวรรค์ 1)
8. ปุ๋ยคอก (มูลโค)
9. สารฆ่าแมลงโมโนโครโตรฟอส(5จี)

การเตรียมดิน

การทดลองนี้เป็นการปลูกพืชในกระถาง ตั้งไว้ในกลางแจ้งเป็นแถว โดยให้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 75เซนติเมตร และระยะภายในแถวห่างกัน 50 เซนติเมตร และทำการสุ่ม Treatment ในแต่ละซ้ำ โดยใช้ตัวอย่างดินชุดบางปะกง ซึ่งหาค่าความต้องการปูนแล้ว มาคลุกเคล้ากันให้ทั่ว ชั่งดินแห้ง 8 กิโลกรัมใส่ในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว จากนั้นชั่งปูน ($CaCO_3$) ในอัตรา 156 กิโลกรัมต่อไร่ เพื่อที่จะปรับให้ pH สูงขึ้น ใส่ปุ๋ยคอก(มูลโค)ลงในดิน 5 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนักแห้งคลุกเคล้าดินให้ทั่ว เมื่อใส่ครบทุกกระถางแล้วบ่มดินไว้ประมาณ 10-15 วัน ระหว่างนี้รดน้ำให้ดินมีความชุ่มชื้นพอควรเพื่อให้ปูนสลายตัวและทำปฏิกิริยากับดินได้ดี และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

การปลูกข้าวโพดและการดูแลรักษา

หลังจากทำการบ่มดินเป็นเวลา 10-15 วัน ทำการปลูกข้าวโพดนครสวรรค์ 1 โดยปลูกกระถางละ 5 เมล็ด ปลูกเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2535 การดูแลรักษารดน้ำทุกวันวันละ 1 ครั้ง หลังจากปลูกประมาณ 4 วัน ข้าวโพดเริ่มงอกวันที่ 21 พฤศจิกายน 2535 เมื่อข้าวโพดงอกจนหมดทุก ๆ กระถางให้ถอนออกจนเหลือ 2 ต้นต่อ 1 กระถาง หลังจากงอกได้เป็นเวลา 7-8 วันให้ถอนเหลือ 1 ต้น และใส่ปุ๋ยให้แก่ข้าวโพด โดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชเพียงครั้งเดียว ในอัตรา 15 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งใส่ 2 ครั้งครั้งละเท่า ๆ กันตามอัตราที่ได้กำหนดไว้ ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกพร้อมทั้งปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชวันที่ 29 พฤศจิกายน 2535 และใส่สารฆ่าแมลงโมโนโครโตฟอส(5จี) เพื่อป้องกันการการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชต่อต้นข้าวโพด หลังจากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งแรกประมาณ 2 อาทิตย์ทำการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 พร้อมทั้งใส่สารฆ่าแมลงอีกครั้งหนึ่ง วันที่ 14 ธันวาคม 2535

การเก็บเกี่ยวเพื่อนำมาวิเคราะห์ เก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดออกดอกตัวผู้ ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อ วันที่ 18 มกราคม 2536 โดยเก็บส่วนของข้าวโพดที่อยู่บนดินทั้งหมดรวมกัน

การเก็บตัวอย่างดินและพืชเพื่อนำมาวิเคราะห์

ตัวอย่างดิน ทำการเก็บตัวอย่างดินรวมก่อนปลูก โดยนำดินแต่ละกระถางมาทำการอบให้แห้งแล้วนำไปบด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นจึงคลุกเคล้าดินที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วให้เข้ากันอย่างทั่วถึง บรรจุเก็บไว้ในภาชนะพลาสติกเพื่อที่จะนำไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวโพดแล้ว ต้องทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละกระถางเพื่อนำมาวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง โดยจะเก็บตัวอย่างดินมาจากแต่ละกระถาง แยกดินแต่ละกระถางไม่ให้ปะปนกัน จากนั้นนำตัวอย่างดินจากแต่ละกระถางไปอบให้แห้ง นำมาบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร บรรจุในภาชนะพลาสติก โดยเขียนกำกับหมายเลขของดินแต่ละกระถางไว้ นำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

ตัวอย่างพืช การเก็บเกี่ยวข้าวโพดนครสวรรค์ 1 เพื่อนำมาวิเคราะห์ เก็บเฉพาะส่วนที่อยู่บนดินรวมกัน คือ ต้น ใบ ดอก โดยเก็บตัวอย่างข้าวโพดในแต่ละกระถางแยกกัน เมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จนำไปชั่งหาน้ำหนักสดทันที จากนั้นนำตัวอย่างข้าวโพดอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 วันจนน้ำหนักคงที่ นำมาชั่งน้ำหนักแห้ง จดบันทึกข้อมูลไว้ จากนั้นนำตัวอย่างข้าวโพดที่แห้งบดให้ละเอียด บรรจุลงในภาชนะพลาสติกที่สะอาดและแห้ง แยกตัวอย่างข้าวโพดที่เก็บมาจากแต่ละกระถางไว้เขียนหมายเลขกำกับไว้ไม่ให้ปะปนกัน

การวิเคราะห์ดิน

ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อที่จะวิเคราะห์หาค่า pH,ปริมาณอินทรียวัตถุ,ค่า C.E.C, ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์,ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และค่าความต้องการปูนของดิน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การวัดค่า pH

ทำการวัดแบบ electrometric โดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:2 คนให้เข้ากัน และคนเป็นครั้งคราวระหว่างที่ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่า pH ด้วย pH meter

การหาค่าความต้องการปูนของดิน

ทำการหาโดยวิธีการของ Vietch โดยใส่ปูน (0.05 N $Ca(OH)_2$) ในปริมาตรต่าง ๆ กันลงในตัวอย่างดินที่มีน้ำหนักเท่า ๆกันหลาย ๆ ตัวอย่าง บ่มดินไว้เป็นเวลา 4-7 วัน ระหว่างที่บ่มดินคนดินวันละ 2 ครั้ง เพื่อเร่งปฏิกิริยาให้เกิดสมบูรณ์ วัดค่า pH ของดินที่บ่มไว้ด้วย pH meter จากนั้นนำผลที่ได้มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ $Ca(OH)_2$ ที่ใช้กับค่า pH ที่วัดได้ ทำการคำนวนหาค่าความต้องการปูนของดิน โดยคำนวณออกมาเป็น กิโลกรัม $CaCO_3$ ต่อไร่

การหาปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter)

ใช้วิธีของ Walkley and Black (1934) โดยใช้ดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด0.5 มิลลิเมตรเติมส่วนผสมร้อนระหว่าง 1 N $K_2Cr_2O_7$ กับกรด H_2SO_4 เข้มข้น ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากันจนเย็น ทำการไตเตรท soil suspension ด้วย 0.5 N $FeSO_4$ โดยใช้ O-phenolphthalein เป็นindicatorไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นแดง ทำ blank (ไม่ใส่ตัวอย่างดิน) โดยวิธีเดียวกัน เพื่อเป็นตัว Standardize $K_2Cr_2O_7$ และเป็นตัวเปรียบเทียบปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่ถูก reduced โดยดินตัวอย่าง

การหาค่า Cation Exchange Capacity (C.E.C)

ทำการไล่ที่ Cation ในดิน โดยค่อย ๆชะด้วย NH_4OAc เป็นเวลา 4-20 ชั่วโมง leachate ที่ได้นำไปวิเคราะห์หา Exchageable cation แต่ในการทดลองนี้ไม่ได้วิเคราะห์ leachate ที่ได้จึงทิ้งไป ต่อมาชะดินด้วย ethyl alcohol เพื่อล้าง NH_4OAc ที่เหลือออกจนหมด เท leachate ที่ได้ทิ้งไป ชะดินอีกครั้งด้วย acidified NaCl 10% เพื่อไล่ที่ NH_4^+ ที่ถูกดูดซับออกมา นำ leachate ที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณ NH_4^+โดยการกลั่นแล้วไตเตรทด้วย H_2SO_4 จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นม่วงแดง บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ แล้วนำไปคำนวณหาค่า C.E.C ต่อไป

การหาค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

เนื่องจากดินที่ใช้เป็นดินนา วิธีการสกัดฟอสฟอรัสในดินด้วย Bray II เป็นวิธีที่ใช้ได้ดี สกัดฟอสฟอรัสในดินด้วยสารละลาย Bray II แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง จากนั้นทำการ develop สี aliquot 1 ml.ด้วยวิธี molybdenum blue โดยเติม reagent B (molybdate-ascorbic acid) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่าเปอร์เซนต์ transmittance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ wavelength 882 mμ แล้วอ่านค่าความเข้มข้นฟอสฟอรัสในสารละลายจากstandard curve

วิธีทำ standard curve จะทำการ develop สี Stock solution 5 ppm. เข้มข้น 0,0.2,0.4,0.6,0.8 และ 1 ppm. ด้วยวิธีเดียวกับตัวอย่างดิน นำค่าเปอร์-เซนต์ transmittance ที่ได้ไปเขียนกราฟ

การหาค่า Total Nitrogen

ใช้วิธี Kjeldahl โดยการ digest ดินด้วยกรด H_2SO_4 เข้มข้นและ catalyst mixture บนเตาสำหรับ digest ระยะแรก ๆ ใช้ไฟอ่อน แล้วค่อย ๆ ปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นถึงประมาณ 300-350 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใสแล้ว digest ต่ออีกประมาณ 1 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น กรองด้วยกระดาษกรอง นำ aliquot ที่ได้ไปกลั่นกับ NaOH เข้มข้น ทำการจับ NH_3 ที่ถูกปลดปล่อยออกมาด้วย H_3BO_3 หลังจากนั้นทำการไตเตรทสารละลายที่ได้กับกรด H_2SO_4 โดยใช้ methyl-red เป็น indicator ไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง ทำblankเช่นเดียวกัน บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ในการไตเตรท เพื่อนำไปคำนวณหาเปอร์เซนต์ไนโตรเจน

<u>วิธีวิเคราะห์พืช</u>

ก่อนวิเคราะห์พืชต้องทำการ digest พืชเสียก่อนโดยวิธี sulphuric-peroxide เติมสารละลาย H_2SO_4-H_2O_2-Li_2SO_4-Se ลงในตัวอย่างพืชที่ชั่งไว้ digest บนเตาสำหรับ digest โดยใช้ความร้อนต่ำ ๆ ก่อน จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นจนถึง 350 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปกรอง aliquot ที่ได้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารได้หลายตัว รวมทั้ง N P และ K และจะต้อง digest blank ลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างพืช แล้วนำ aliquot ที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อไป

การหาค่าไนโตรเจนในพืช

โดยนำ aliquot ที่ได้จากการ digest มาทำการกลั่นกับด่างแก่ NaOH และใช้ H_3BO_3 เป็นตัวจับ NH_3 เช่นเดียวกับการวิเคราะห์หา N ในดิน แล้วทำการไตเตรทด้วยกรด H_2SO_4 จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้ นำไปคำนวณขั้นต่อไป

การหาค่าฟอสฟอรัสในพืช

ใช้วิธีการ develop สี ใช้ aliquot 5 มิลลิลิตร แล้วเติม HNO_3 และ molybdate vanadate solution ลงไป ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าและตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสี วัดค่าเปอร์เซนต์ transmittance ที่ wavelength 420 mμ

ใช้ stock solution 25 ppm.P เตรียม standard phosphorus เข้มข้น 0, 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5 และ 15 ppm. ทำการ develop สีเหมือนตัวอย่าง วัดค่าเปอร์เซนต์ transmittance นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟ

<u>สถานที่ทำการทดลอง</u>

พื้นที่ทำแปลงเกษตรกรรมคณะเทคโนโลยีการเกษตร และห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<u>ระยะเวลาที่ทำการทดลอง</u>

เริ่มทำการทดลองตั้งแต่เดือน กันยายน 2535 สิ้นสุดในเดือน มีนาคม 2536

ผลการทดลองและวิจารณ์

น้ำหนักแห้งของข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขในทางสถิติ ปรากฏว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ทำให้น้ำหนักแห้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากการเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งเฉลี่ยซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และรูปที่ 1 พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 30 กก./ไร่ มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดสูงกว่าตำรับอื่น ๆ คือ 57.2 กรัม/กระถาง รองลงมาได้แก่ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25, 10, 15, 20 และ 5 กก./ไร่ ซึ่งให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ย 56.16, 54.64, 52.94, 51.59 และ48.25 กรัม ต่อกระถางตามลำดับ ตำรับที่ให้น้ำหนักแห้งต่ำสุดคือ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 กก./ไร่ ได้น้ำหนักแห้ง 39.99 กรัม/กระถาง

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา10,25,30 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักแห้งต้นข้าวโพดสูงกว่าที่ไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใส่ปุ๋ยในอัตราดังกล่าวไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดมีความแตกต่างระหว่างกันและกัน

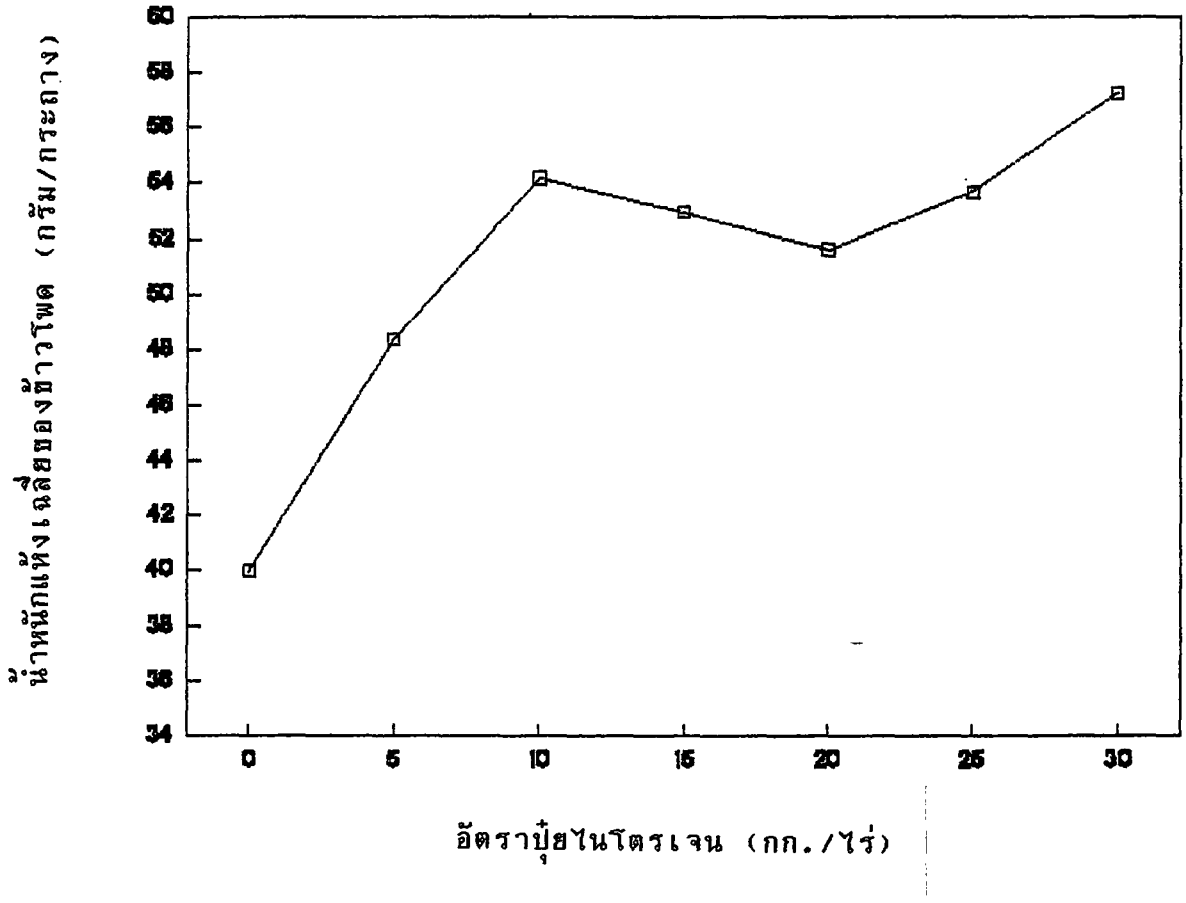
อย่างไรก็ตาม ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 กก./ไร่ ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน5,15 และ 20 กก./ไร่ ก็ไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย อย่างไรก็ดี การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดสูงกว่าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดสูงขึ้น แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราตั้งแต่ 10 กก./ไร่ขึ้นไปแล้ว น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดมีค่าใกล้เคียงกัน (ดูตารางที่ 1) ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นไปอีก ก็ไม่ได้ทำให้ต้นข้าวโพดเจริญเติบโตขึ้นตามส่วน ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่า 10 กก./ไร่ จึงทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ทั้งนี้อาจจะมีปัจจัยหรือข้อจำกัดอื่นๆที่เกี่ยวข้องอยู่กับสภาพของดิน ส่งผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดก็ได้

ตารางที่ 1 น้ำหนักแห้งโดยเฉลี่ยของต้นข้าวโพดจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด (กรัมต่อกระถาง)
0	39.99 b
5	48.25 ab
10	54.64 a
15	52.94 ab
20	51.59 ab
25	53.65 a
30	57.20 a

LSD (5%) = 13.003 กรัมต่อกระถาง

99721



รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพด

จากการวิเคราะห์เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดในทางสถิติ ปรากฏว่า ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากปริมาณไนโตรเจนที่แสดงไว้ในตารางที่ 2 และรูปที่ 2 พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 15 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดสูงกว่าตำรับอื่น ๆ คือ 1.26 % ต่ำสุดคือ อัตรา 30 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพด 0.90 % รองลงมาได้แก่ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10,0,5, 25 และ 20 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดตามลำดับ ดังนี้ 1.14, 1.08, 1.06, 0.95 และ 0.91 %

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดระหว่างตำรับการทดลองพบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ย 15 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 และ30 กก./ไร่ แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0, 5, 10 และ25 กก./ไร่ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันส่วนตำรับการทดลองอื่น ๆ ไม่ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน

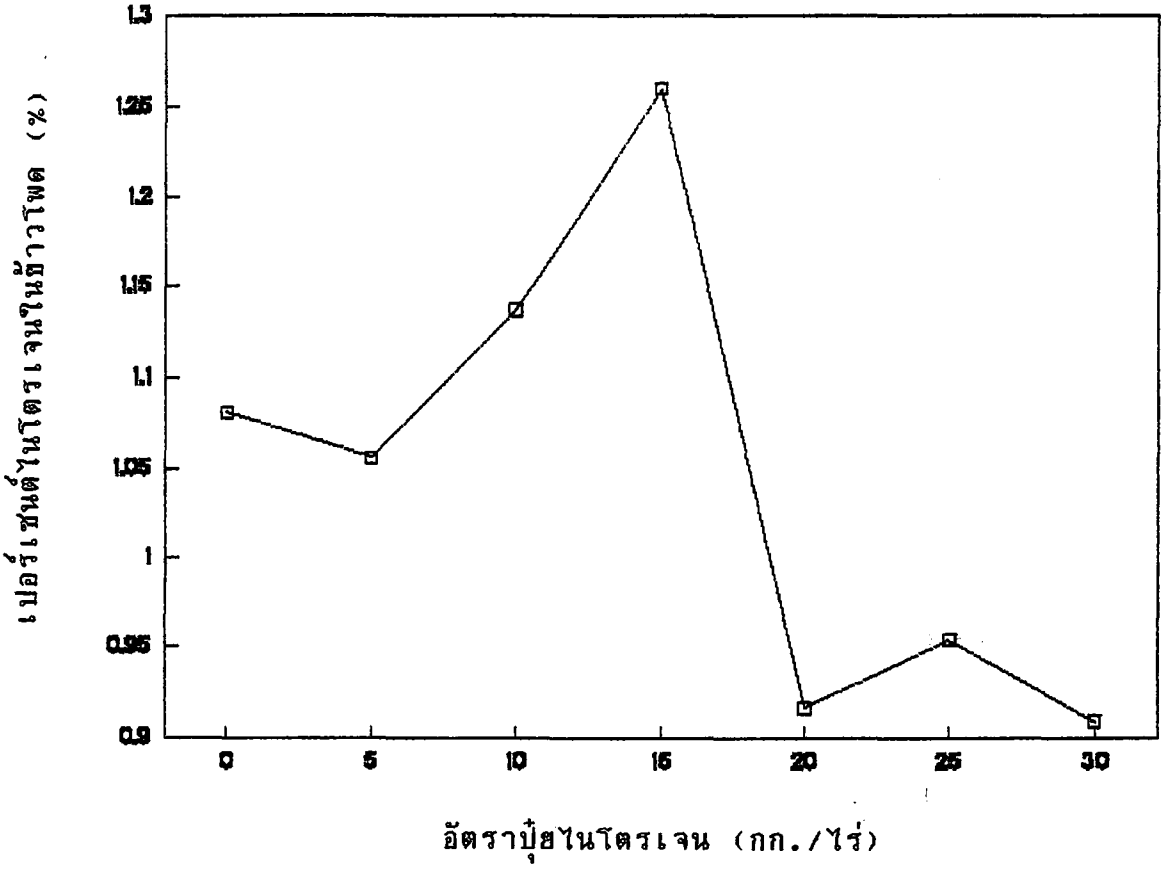
จากข้อมูลตัวเลขแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้นทำให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้นและสามารถดึงดูดไนโตรเจนจากดินเข้าไปเป็นปริมาณที่สูงขึ้น จึงทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดสูงขึ้นด้วย แต่เมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ ต้นข้าวโพดจะเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น จนถึงระดับหนึ่งที่ต้นข้าวโพดมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว แต่อัตราการดึงดูดไนโตรเจนเข้าไปในต้นพืช มีอัตราเพิ่มขึ้นน้อยกว่าอัตราการเจริญเติบโต จึงทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในข้าวโพดลดลงซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "Dilution effect" ซึ่งจะเห็นได้จากตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กก./ไร่ขึ้นไป จะมีเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดลดลง

ตารางที่ 2 เปอร์เซนต์ไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของต้นข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	เปอร์เซนต์ไนโตรเจน (%)
0	1.08092 ab
5	1.05587 ab
10	1.13698 ab
15	1.26010 a
20	0.91650 b
25	0.95402 ab
30	0.90912 b

LSD (5%) = 0.3248 %

14378



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ไนโตรเจนของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

[illegible]

ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดในทางสถิติ ปรากฏว่าปุ๋ยไนโตร-เจนในอัตราต่าง ๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากปริมาณไนโตรเจนที่แสดงไว้ในตารางที่ 3 และรูปที่ 3 ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 15 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงกว่าตำรับอื่น ๆ คือ0.657 กรัม/กระถาง ต่ำสุดคือไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย มีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพด 0.424 กรัม/กระถาง รองลงมาได้แก่ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในต้นข้าวโพด 0.613, 0.528, 0.527, 0.517 และ 0.468 กรัม/กระถาง ตามลำดับ

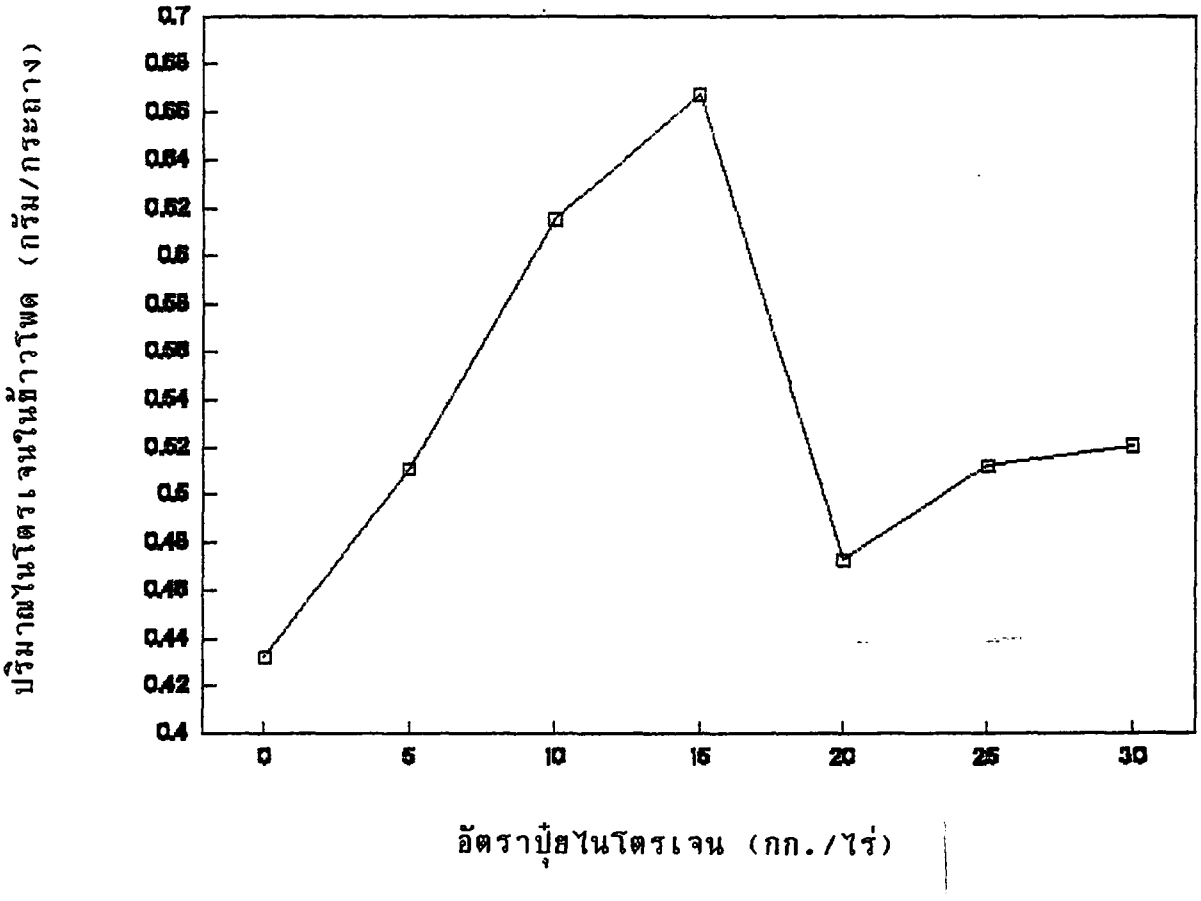
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลองของปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าว-โพด พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 และ 15 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0และ20 กก. ต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5,25 และ 30 กก./ไร่ และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ก็ไม่มีความแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 15 กก./ไร่ นอกจากนี้ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0,5,10,25,30 กก./ไร่ ไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน

จากข้อมูลตัวเลขแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตดีขึ้นและสามารถดึงดูดไนโตรเจนจากดินเข้าไปเป็นปริมาณที่สูงขึ้นด้วย เมื่อเปรียบเทียบกับการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจจะมีปัญหาบางอย่างที่จำกัดการดึงดูดไนโตรเจนจากดินของต้นข้าวโพดมาเกี่ยวข้องซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้ประโยชน์จากปุ๋ยที่ใส่ลงไปให้แก่ต้นพืช

ตารางที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยของต้นข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	ปริมาณไนโตรเจน (กรัมต่อกระถาง)
0	0.42440 b
5	0.52828 ab
10	0.61345 a
15	0.65728 a
20	0.46797 b
25	0.52655 ab
30	0.51748 ab

LSD (5%) = 0.17 กรัมต่อกระถาง



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนของข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในข้าวโพด

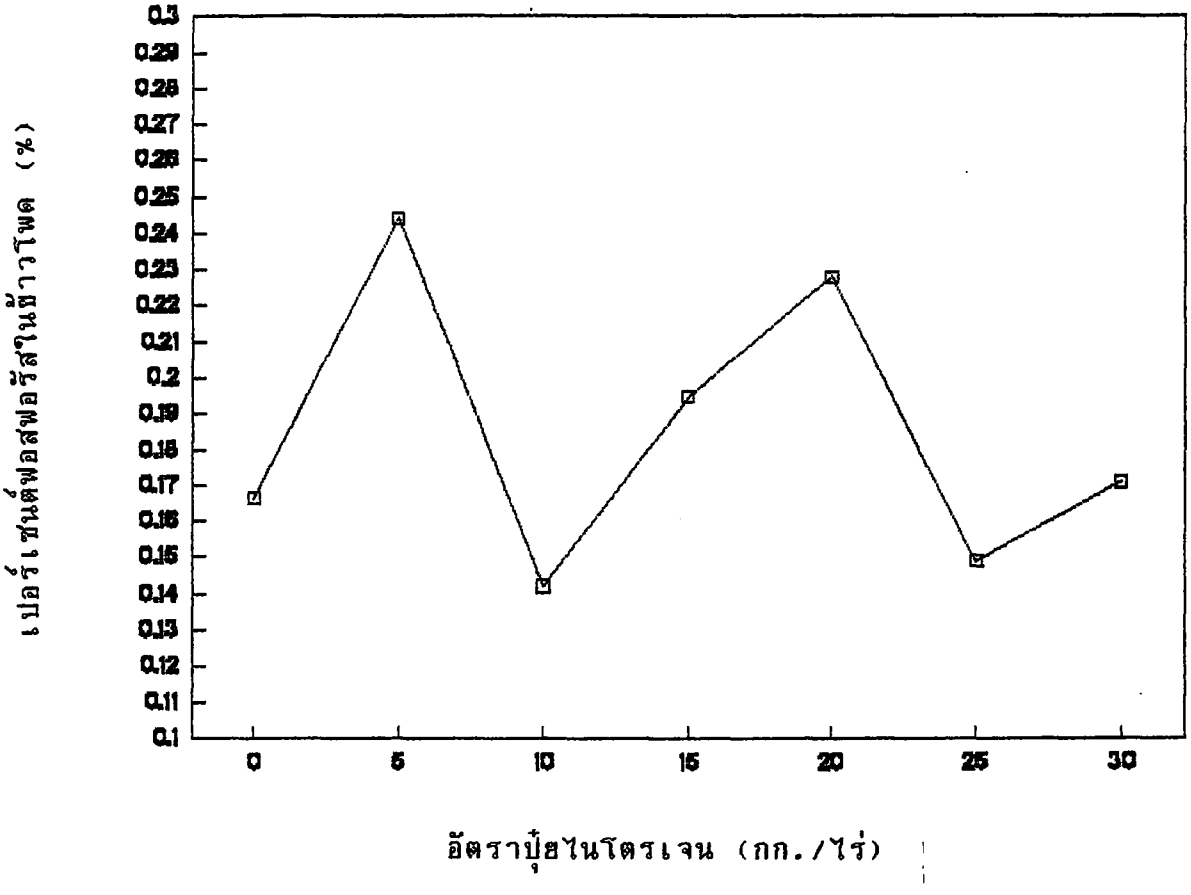
จากการวิเคราะห์เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดในทางสถิติ ปรากฏว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่าง ๆ ทำให้เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากปริมาณฟอสฟอรัสที่แสดงไว้ในตารางที่ 4 และรูปที่ 4 พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสของข้าวโพดสูงกว่าตำรบอื่นๆ คือ 0.244 % ต่ำสุดคือ อัตราปุ๋ยไนโตรเจน 10 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในต้นข้าวโพด 0.142 % รองลงมาได้แก่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20,15,30,0 และ25 กก./ไร่ ตามลำดับ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในต้นข้าวโพด 0.228,0.195,0.171,0.167 และ 0.149 % ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของข้าวโพดแตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา10 และ25 กก./ไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา0,5,15,20 และ30 กก./ไร่ มีเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของข้าวโพดไม่แตกต่างกัน ส่วนตำรับการทดลองอื่น ๆที่เหลือ ไม่ทำให้เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน ส่วนตำรับการทดลองใส่ปุ๋ย10 และ25 กก./ไร่ มีความแตกต่างกันเกี่ยวกับเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพด เมื่อพิจารณาจากข้อมูลตัวเลขแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงขึ้นมีผลต่อการดึงดูดฟอสฟอรัสไปใช้ในข้าวโพดไม่มากเท่าใดนัก แต่อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ข้าวโพดดึงดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้ดีเป็นอัตราปุ๋ยที่ 5 และ 20 กก./ไร่ เห็นได้จากการมีเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดสูง (ดูตารางที่ 4) ส่วนตำรับการทดลองอื่น ๆนั้น ข้าวโพดมีความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพด ในระหว่างตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่างๆกันมีความแปรปรวนมากพอสมควร จึงยังไม่สามารถสรุปผลแน่นอนและชัดเจนได้

ตารางที่ 4 เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยของต้นข้าวโพด จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	ปริมาณฟอสฟอรัส (%)
0	0.1666 ab
5	0.2443 a
10	0.1422 b
15	0.1948 ab
20	0.2282 ab
25	0.1489 b
30	0.1712 ab

LSD (5%) = 0.087 %



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสของต้นข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพด

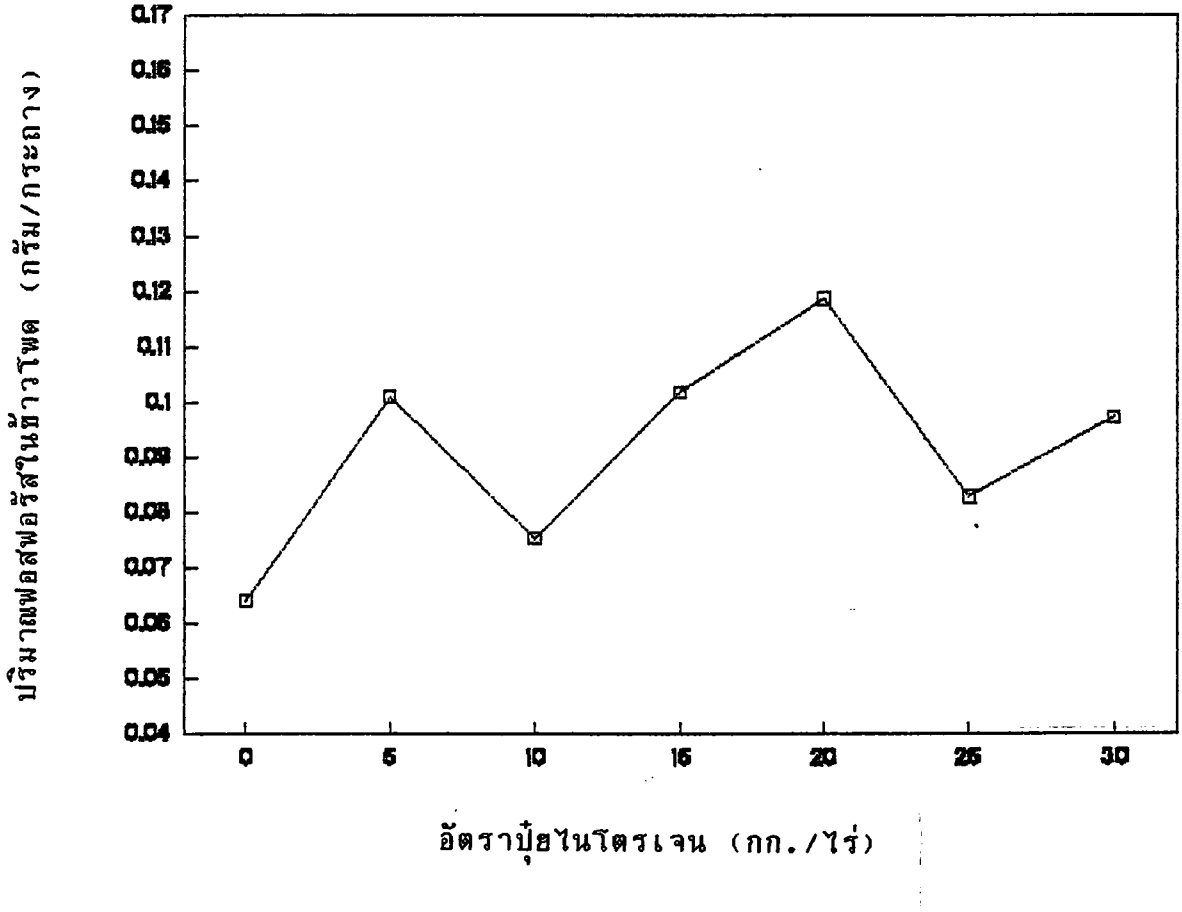
จากการวิเคราะห์ข้อมูลตัวเลขในทางสถิติ ปรากฏว่าปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆ ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการเปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในข้าวโพดซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 5 และรูปที่ 5 พบว่า ตำรับการการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ยในข้าวโพดสูงกว่าตำรับอื่น ๆ คือ 0.119 กรัม/กระถาง รองลงมาได้แก่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 15, 5, 30, 25 และ 10 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในต้นข้าวโพด 0.102, 0.101, 0.097, 0.803 และ0.075 กรัม/กระถางตามลำดับ ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลยมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุด คือ 0.064 กรัม/กระถาง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดระหว่างตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดสูงกว่าตำรับการทดลองทีไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญแต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างกัน ตำรับการทดลองอื่นๆ ส่วนตำรับการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่อัตรา5, 10, 15, 20, 25และ 30 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ก็มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อพิจารณาจากข้อมูลตัวเลขจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราใดๆก็มีปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดใกล้เคียงกัน แต่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนเนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพดมีความแปรปรวนมากจึงทำให้ปริมาณความต้องการฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดในแต่ละตำรับการทดลอง มีปริมาณไม่แตกต่างกัน

ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดสูงขึ้นมากกว่าที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตาเพิ่มขึ้นไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสของต้นข้าวโพดโดยเฉลี่ย จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	ปริมาณฟอสฟอรัส (กรัมต่อกระถาง)
0	0.06405 b
5	0.10100 ab
10	0.07548 ab
15	0.10195 ab
20	0.11875 a
25	0.08300 ab
30	0.09727 ab

LSD (5%) = 0.045 กรัมต่อกระถาง



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสของข้าวโพด กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในดิน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในดิน ปรากฏว่า อัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่างๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จากปริมาณไนโตรเจนในดินที่แสดงไว้ในตารางที่ 6 และรูปที่ 6 พบว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 10 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยวสูงกว่าอัตราอื่นๆ คือ 333.9 ppm. ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนต่ำสุดคือ 265.76 ppm. รองลงมาได้แก่ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา30, 25, 5, 15 และ0 กก./ไร่ มีปริมาณไนโตรเจนในดิน 329.04,321.57, 302.01,290.89 และ269.89 ppm. ตามลำดับ

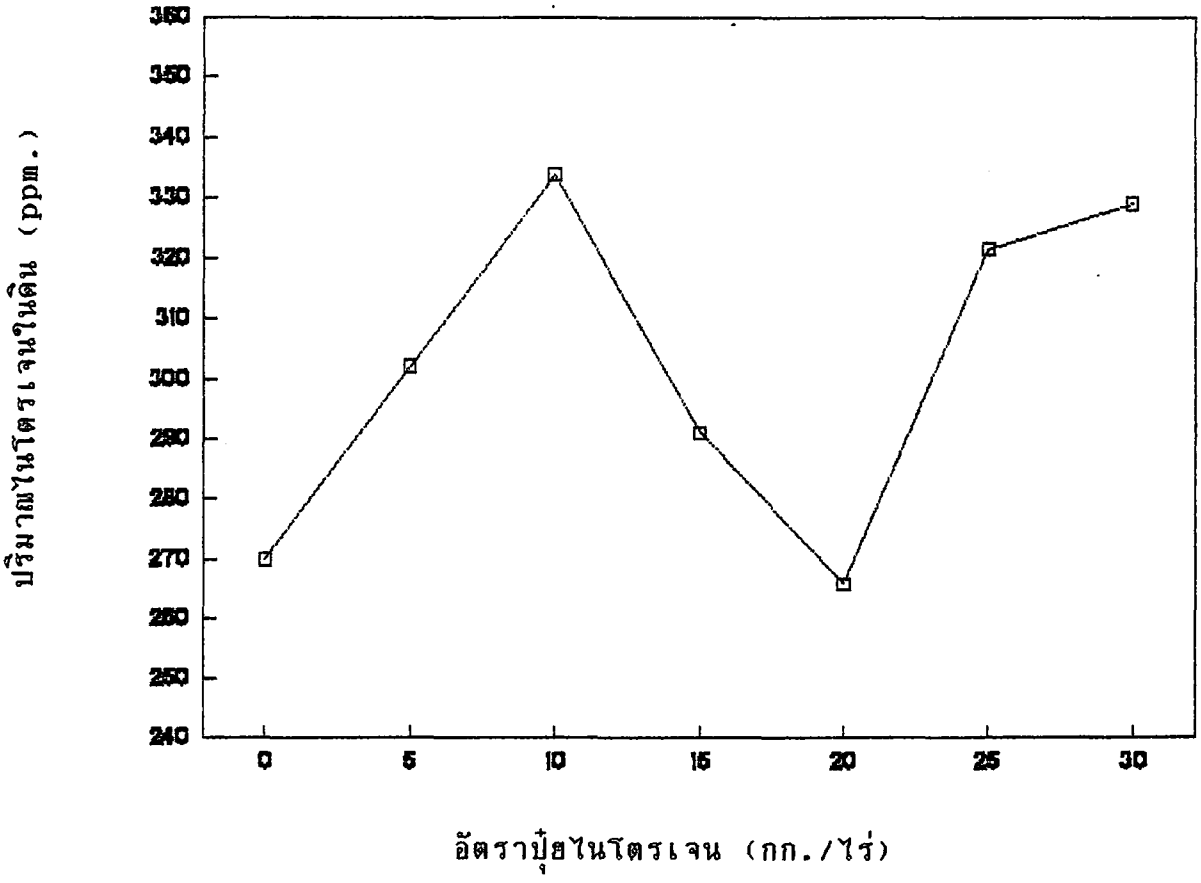
ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆกัน มีปริมาณไนโตรเจนในดินหลังการเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน

จากข้อมูลตัวเลขชี้ให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่สูงขึ้น ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโต และสามารถดึงดูดไนโตรเจนจากดินไปใช้ได้สูงขึ้น แต่ยังมีไนโตรเจนบางส่วนที่พืชไม่สามารถดึงดูดไปใช้ได้และยังตกค้างอยู่ในดิน ซึ่งควรจะมีปริมาณสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่สูงขึ้นแต่เมื่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินอัตราต่างๆกันแล้วไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างอยู่ในดินมีความแตกต่างกัน แสดงว่า ต้นข้าวโพดสามารถดึงดูดไนโตรเจนไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นแม้ว่าจะใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น หรืออาจเป็นไปได้ว่า ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินอาจมีการถูกชะล้างไปก่อนที่ต้นข้าวโพดจะดึงดูดไปใช้ได้หมด และการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูงขึ้นก็อาจถูกชะล้างสูญหายไปได้มากขึ้น ปริมาณที่ตกค้างอยู่ในดินจึงไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 6 ปริมาณไนโตรเจนโดยเฉลี่ยในดินหลังการเก็บเกี่ยวจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	ปริมาณไนโตรเจน (ppm.)
0	269.91
5	302.01
10	333.90
15	290.89
20	265.76
25	321.57
30	329.04

LSD (5%) = 26.93 ppm.



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในดิน
กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดิน

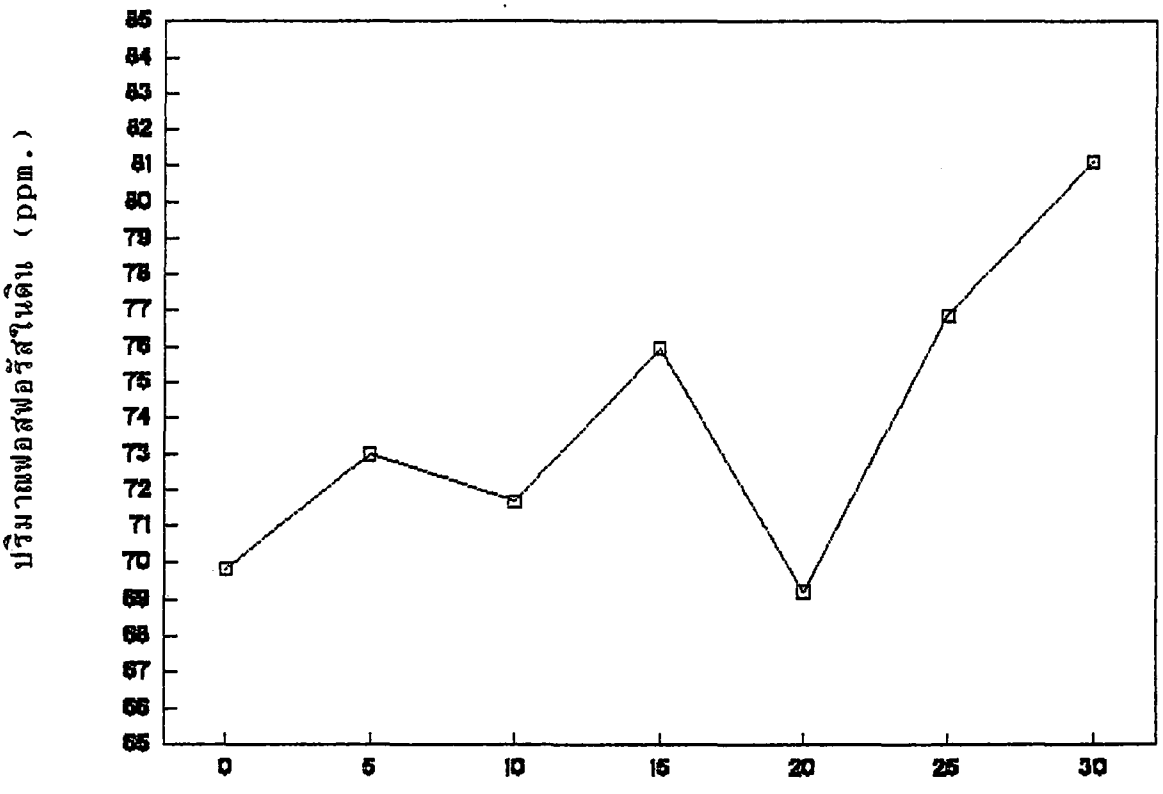
จากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดิน ปรากฏว่าปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากปริมาณฟอสฟอรัสในดินในตารางที่ 7 และรูปที่ 7 พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินสูงกว่าอัตราอื่น ๆ คือ 81.094 ppm. ตำรับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำสุดคือ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20 กก./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกันมากกับไนโตรเจน 0 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเท่ากับ 69.22ppm. และ 69.85ppm.ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25, 15, 5 และ 10 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดิน 76.88, 75.59, 73.03, 71.72 ppm. ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลอง พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 และ 20 กก./ไร่ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 30 กก./ไร่แต่ไม่มีความแตกต่างกับ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5, 10, 15, 20และ25 กก./ไร่ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 5,10,15,25 และ 30 กก./ไร่ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินโดยเฉลี่ยมีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มที่จะแตกต่างกัน อย่างไรก็ดี ปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไปในดินในอัตราต่างๆกัน จึงปรากฏว่าต้นข้าวโพดดึงดูดฟอสฟอรัสในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ฟอสฟอรัสอาจจะถูกตรึงไว้ในดินในปริมาณใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลองก็ได้เนื่องจากสภาพบางอย่างของดินอาจจะยังไม่สู้เหมาะสมดีนัก

ตารางที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสโดยเฉลี่ยที่ตกค้างในดินหลังการเก็บเกี่ยว จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (กก.N/ไร่)	ปริมาณฟอสฟอรัส (ppm.)
0	69.848 b
5	73.033 ab
10	71.719 ab
15	75.969 ab
20	69.219 b
25	76.878 ab
30	81.098 a

LSD (5%) = 10.48 ppm.



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน กับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ

สรุป

จากการปลูกข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 1 ในกระถางโดยใช้ดินชุดบางปะกงที่ได้รับการใส่ปูนและอินทรียวัตถุในรูปของปุ๋ยคอกแล้ว ปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10,25 และ 30 กก./ไร่ ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญกับการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดเพิ่มขึ้นหรือมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย แต่เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตั้งแต่ 10 กก./ไร่ขึ้นไปไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดสูงขึ้นซึ่งอาจจะเป็นเพราะสภาพของดินยังไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆกัน ทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงขึ้นและเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงสุดได้จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 15 กก./ไร่ แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงขึ้นไปกว่านี้มีแนวโน้มที่จะทำให้เปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพดต่ำลงตามลำดับทั้งนี้เกิดจากปรากฏการณ์ dilution effect

สำหรับปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดที่ได้จากการทดลอง ปรากฏว่า ได้ผลคล้ายคลึงกันกับเปอร์เซนต์ไนโตรเจนในต้นข้าวโพด คือการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆทำให้ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดสูงกว่า หรือมีแนวโน้มสูงกว่าจากการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย แต่ปริมาณไนโตรเจนในต้นข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆ ซึ่งอาจมีข้อจำกัดบางอย่างเกี่ยวกับการคิงดูดไนโตรเจนเกิดขึ้นในดิน

เปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดที่ได้จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดที่ได้จากการทดลองมีความแปรปรวนสูง จึงไม่สามารถชี้ให้เห็นแนวโน้มอย่างใดๆได้

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดสูงขึ้นหรือมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นกว่าจากการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเท่านั้นเพราะว่าเปอร์เซนต์ฟอสฟอรัสในต้นข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันในระหว่างที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนด้วยกันเลย

จากผลการวิเคราะห์ดินหลังจากได้เก็บเกี่ยวข้าวโพดไปแล้ว ปรากฏว่า ปริมาณไนโตรเจนที่ตกค้างในดิน จากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่างๆกัน ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีส่วนทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตมากขึ้นและดึงดูดไนโตรเจนที่ใส่ลงไปในดินไปใช้ประโยชน์ในปริมาณที่สูงขึ้น จึงทำให้ไนโตรเจนที่เหลือตกค้างอยู่ในดินหลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันหรืออาจจะเป็นไปได้ว่า ไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินถูกชะล้างสูญหายไปในปริมาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดิน จึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เหลือตกค้างในดินอยู่ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน

ส่วนฟอสฟอรัสที่เหลือตกค้างอยู่ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆกันนั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการเก็บเกี่ยวที่วิเคราะห์ได้มีความแปรปรวนมากและปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ให้ข้าวโพดในแต่ละตำรับการทดลองก็มีปริมาณเท่ากัน นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจะส่งเสริมให้ต้นข้าวโพดเจริญเติบโตและดึงดูดธาตุอาหารจากดินเพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้ทำให้ฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินถูกดึงดูดนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้นเนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินไม่ได้ลดต่ำลงตามปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น อาจจะมีสาเหตุอย่างอื่นมาเกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2520. การใช้ปุ๋ยกับพืชไร่บางชนิด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 158 หน้า.

กองพืชไร่. 2524. ข้าวโพด. เอกสารวิชาการเล่มที่ 4. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพ. 171 หน้า.

กำธร สุทธิสารากร. วิทยานิพนธ์เรื่องอัตราน้ำ ปุ๋ยไนโตรเจน และการคลุมดินที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษ DMR เบอร์ 1. 2530.

คณะอาจารย์แผนกวิชาปฐพีวิทยา.2510. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. แผนกวิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 426 หน้า.

คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์. กรมพัฒนาที่ดิน.กระทรวง-เกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพ. หน้า 32-35.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2515. การเปรียบเทียบผลตอบสนองและผลการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดที่คัดเลือกแล้ว 3 พันธุ์ที่มีต่อปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ .วิทยานิ-พนธ์สำหรับประกอบการทำปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์).

ดำริ ถาวรมาศ, ประดิษฐ์ บุลอำพล, หริ่ง มีสวัสดิ์ และเชียรชัย อารยางกูร. 2519. การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกำแพงแสน สุพรรณบุรี. รายงานประจำปี 2519. กองพืชไร่. กรมวิชาการ-เกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 86 หน้า.

ถวิล ครุฑกุล. 2504. การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดโดยการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการทำปริญญาตรีในคณะกสิกรรมและสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถวิล ครุฑกุล. 2524. ดินและปุ๋ยเพื่อการเาะปลูก.ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 87 หน้า.

ถวิล ครุฑกุล. 2524. หลักการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 302 หน้า.

มะลิวัลย์ กาญจนนิรัติศัย. 2512. ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพด 5 พันธุ์. วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการทำปริญญาโททางวิทยาศาสตร์ (สาขาเกษตรศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. ธาตุอาหารพืช. หนังสือประกอบคำบรรยาย. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 197 หน้า.

รายงานประจำปี 2517. การประเมินระดับปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจสำหรับข้าวโพด. กองพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. 4 หน้า.

รายงานประจำปี 2533. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.194 หน้า.

รายงานผลการทดลองค้นคว้าพืชต่าง ๆ ประจำปี.2499. กรมกสิกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 22-24 หน้า.

รายงานผลการทดลองค้นคว้าหาสูตรปุ๋ยแต่ละพืชประจำปี 2501. กองกสิกรรมเคมี. กรมกสิกรรม. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 102 หน้า.

รายงานผลการวิจัยดิน-ปุ๋ยพืชไร่. 2517. สาขาดินและปุ๋ย. กองพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร.

รายงานผลการวิจัยดิน-ปุ๋ยพืชไร่. 2531. เล่ม 1. การใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกต่อเนื่องกันในสภาพดินไร่ที่มีการชลประทาน จังหวัดราชบุรี. กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ย-พืชไร่. กองปฐพีวิทยา. กรมวิชาการเกษตร. 7 หน้า.

ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์. 2532. ข้าวโพดพันธุ์ NS 104. สถาบันวิจัยพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 9 หน้า.

สมเจนต์ จันทวัฒน์. 2526. การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่ม 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 654 หน้า.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2514.คำบรรยายวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 327 หน้า.

สรสิทธ์ วัชโรทยาน. สมเจตน์ จันทวัฒน์, ปิยะ ดวงพัตรา และยงยุทธ โอสถสภา. 2521. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตกับการสะสมน้ำหนักแห้งและอาหารธาตุของข้าวโพดกัวเตมาลา. รายงานประจำปี 2511-2512. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะ-เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 72-79 หน้า

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน, สมเจตน์ จันทวัฒน์, ถวิล ครุฑกุล และ ปิยะ ดวงพัตรา. 2507.การทดลองปุ๋ยข้าวโพดเพื่อศึกษาความสัมพันธ์กันระหว่างผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีกับผลผลิตของข้าวโพด.รายงานวิจัยประจำปี 2507-2508. แผนกปฐพีวิทยา.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 1 หน้า.(บทคัดย่อ)

สุทิน คล้ายมนต์. 2511. ผลตอบสนองทางการเจริญเติบโตและทางผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์กัวเตมาลาต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโปแตสเซียมอัตราต่างๆร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราเดียวที่ไร่ฝึกนิสิตสุวรรณวาจกกสิกิจ. วิทยานิพนธ์สำหรับประกอบการทำปริญญาตรีในคณะกสิกรรมและสัตวบาล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดร.ไสว พงษ์เก่า. พืชเศรษกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 478 หน้า.

Anderson, J.C. 1971. Crops of the Feature. Crops and Soil. 23:9-11.

Allison, F.E. 1966. The fate of nitrogen applied to soils. Advance in Agron. 18: 213-258.

Bennett, W.F. L.Dumenit and G.Stanford. 1953. N,P and K content of corn-leaf and as related to N. Fertilization and Yield. Soil Science Soc. Amer. Proc. 17: 252-258.

Berger, J. 1962. Maize Production and Manuring of Maize. Conzett and Huber, Zunch. 315 p.

Black, C.A. 1960. Soil-Plant relationships. John Wiley and sons, Inc., Soil Science Amer. Proc. 6: 8-15.

Black, C.A., D.D. Evans, T.L. White, L.F. Ensmigor and F.E. Clark. 1965. Method of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Amer. Soc. of Agron. inc., Medison Wisconsin. 543 p.

Buckman, H.O., N.C. Brady. 1959. The Acidity and Alkalinity. pp. 355-374. In H.O.Buckman and N.C. Brady(eds.) The Nature and Properties of Soils. 7th ed.,The Macmillan Company. New York.

Chandler, W.V. 1952. Source of nitrogen for corn. Source of nitrogen in crop production tech. Bull., No.9. 27: 48-53.

Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity , pp. 905-913. In C.A. Black(ed.). Method of Soil Aalysis Part 2. Amer. Soc. of Agron, Inc., Medison. Wisconsin.

Chandry, F.M., J.F. Lonergan. 1972. Zinc absorption by wheat seedlings II. Inhibition by Hydrogen ion and by micronutrient cations. Soil Science.Soc. Amer. Proc. 36: 327-331.

Clark, H.E., J.W. Shive. 1934. The influent of pH of culture solution on the rate of absorption of ammonium and nitrate nitrogen by the tomato plant. Soil Scince. 37: 203-225.

Clarkson, D.T. 1969. Ecological Aspect of mineral nutrient of plant, pp. 381-397. In I.H. Rorison(ed.) : British Ecological Society Symposium 9. Blackwell Science. Pub 1., Oxford.

Hanway, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility II. Uptake of N,P and K and their distribution in different parts during the growing season. Agronomic Journal. 54:217-222.

International Rice Research Institute. 1979. Annual Report 1979. International Rice Research Institute., Los Banos, Laguna, Phillipines. 538 p.

Teauscher, H., R.Adier. 1960. The soil and its Fertility. Rienhold Publishing Crop. New York. 446 p.

Walkley, A., I.A. Black. 1934. An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modificaton of chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.

ตารางภาคผนวกที่1 ค่าวิเคราะห์ดินรวมชุดบางปะกงจากภาคสนาม

pH	6.63
ไนโตรเจนในดิน	117.94 %
ฟอสฟอรัสในดิน	53.125 ppm.
อินทรียวัตถุ(OM.)	3.181 %
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก(C.E.C)	22.574 meq./100 g. soil
Lime Require	156 กก./ไร่
ความชื้น	38.35 %

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าวิเคราะห์ดินรวมก่อนปลูก และcontrol

ดินชุดบาง-ปะกง	pH	N ในดิน (%)	P ในดิน (ppm.)	Organic Matter (%)	C.E.C meq/100 g soil	Lime require (กก./ไร่	ความชื้น (%)
ดินรวมก่อนปลูก	6.63	117.94	53.125	3.181	22.574	156	38.35
control	7.93	193.25	56.87	3.589	21.745	–	–

ตารางภาคผนวกที่ 2 น้ำหนักแห้งของข้าวโพด (กรัม/กระถาง)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	42.56	32.76	45.86	38.77
5	44.48	57.08	47.09	44.89
10	70.69	46.21	46.28	53.37
15	46.80	53.68	55.20	56.08
20	42.49	49.56	51.88	62.41
25	38.94	58.60	54.49	62.59
30	65.83	45.47	64.02	53.64

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพด (%)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	0.7567	1.4641	1.1357	0.9672
5	0.9096	1.3182	1.1875	0.8082
10	0.9838	1.1579	1.1952	1.2110
15	1.1623	1.0227	1.6874	1.1680
20	1.1153	0.8166	0.8446	0.8895
25	1.2965	0.9557	0.8286	0.7353
30	0.7688	0.9468	1.0066	0.9143

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณไนโตรเจนในข้าวโพด (กรัม/กระถาง)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	0.3221	0.4796	0.5209	0.3750
5	0.4429	0.7525	0.5592	0.3585
10	0.6954	0.5351	0.5527	0.6706
15	0.5440	0.5490	0.8808	0.6553
20	0.4739	0.4047	0.4382	0.5551
25	0.6345	0.5600	0.4515	0.4602
30	0.5061	0.4305	0.6445	0.4888

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพด (%)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	0.0971	0.2748	0.1510	0.1433
5	0.1672	0.2924	0.2707	0.2468
10	0.1099	0.2154	0.1103	0.1330
15	0.2531	0.1335	0.2898	0.1027
20	0.2069	0.2108	0.2501	0.2449
25	0.1295	0.1809	0.1984	0.0871
30	0.0734	0.1539	0.2486	0.2088

ตารางภาคผนวกที่ 6 ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวโพด (กรัม/กระถาง)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	0.0413	0.0900	0.0693	0.0556
5	0.0744	0.1038	0.1163	0.1095
10	0.0777	0.0995	0.0511	0.0736
15	0.1185	0.0717	0.1600	0.0576
20	0.0879	0.1045	0.1298	0.1528
25	0.0634	0.1060	0.1081	0.0545
30	0.0483	0.0700	0.1592	0.1116

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณไนโตรเจนในดิน (ppm.)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	273.40	301.45	226.98	277.80
5	353.62	315.53	306.83	232.05
10	378.58	246.46	351.51	359.03
15	265.34	323.34	306.92	267.96
20	245.57	301.18	293.80	222.50
25	251.35	259.51	444.94	330.47
30	301.70	249.31	440.95	324.21

ตารางภาคผนวกที่ 8 ฟอสฟอรัสในดิน (ppm.)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	66.88	79.38	62.50	70.63
5	78.13	71.25	64.00	78.75
10	81.88	72.50	63.75	68.75
15	72.50	86.38	72.50	72.50
20	63.75	71.25	70.63	71.25
25	69.38	72.50	82.50	83.13
30	79.38	74.38	75.63	95.00

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (meq/100g.soils)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	21.287	22.290	22.358	20.799
5	22.764	21.206	21.883	23.238
10	24.458	20.867	23.713	23.916
15	21.477	21.409	22.019	22.290
20	21.477	23.306	21.206	22.561
25	21.206	21.816	22.425	22.290
30	22.967	23.171	23.103	24.322

ตารางภาคผนวกที่ 10 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)

อัตราปุ๋ย (กก.N/ไร่)	จำนวนซ้ำ			
	1	2	3	4
0	4.826	5.398	4.687	5.322
5	5.907	4.508	4.976	4.693
10	6.487	4.701	5.732	5.297
15	4.966	5.547	5.479	4.758
20	4.832	5.406	5.331	4.578
25	4.721	4.646	7.156	5.334
30	5.621	4.793	6.980	5.134