วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ ของดินบางประการ

A STUDY ON THE UTILIZATION OF CHEMICAL FERTILIZER, MANURE AND ZEOLITE TO THE YIELD OF SWEET CORN (Zea mays var. saccharata), CHANGES OF PRIMARY NUTRIENT ELEMENTS AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

นายสุรชัย ธนูศร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตร
และสิ่งแวดล้อม
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2546

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม)

สาขาวิชา **การจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม** ภาควิชา **ทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม**

เรื่อง การศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ

A STUDY ON THE UTILIZATION OF CHEMICAL FERTILIZER, MANURE AND ZEOLITE TO THE YIELD OF SWEET CORN (Zea mays var. saccharata), CHANGES OF PRIMARY NUTRIENT ELEMENTS AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

นามผู้วิจัย นายสุรชัย ธนูศร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา .....

(รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี)

วันที่ 17 เดือน ตุลา พ.ศ. 2546

กรรมการที่ปรึกษา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ศรีเกี่ยวฝั้น)

วันที่ 17 เดือน ตุลา พ.ศ. 2546

กรรมการที่ปรึกษา .....

(อาจารย์ศุภธิดา อ่ำทอง)

วันที่ 17 เดือน ตุลา พ.ศ. 2546

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี)

วันที่ 17 เดือน ตุลา พ.ศ. 2546

โครงการบัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เพ็ชรประดับ)

รองประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติหน้าที่แทน

ประธานกรรมการโครงการบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 6 เดือน พ.ย. พ.ศ. 46

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ ของดินบางประการ

โดย

นายสุรชัย ธนูศร

ตุลาคม 2546

ประธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี

ภาควิชา / คณะ: ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร

ผลของการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลักและสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ อัตราปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่ใช้ ได้แก่ 1:0, 1:1 และ 3:1 อัตราปุ๋ยคอก ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยคอก และใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in CRD ประกอบด้วย 6 วิธีการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลองในฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2545 ณ บ้านแม่แฝกใหม่ ต.แม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ ผลการทดลองจากการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ต่อน้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือก พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงสุดคือ 239.33 กรัม/ฝัก ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่าคือ 237.60 กรัม/ฝัก ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แนวโน้มวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงกว่า

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือก พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:1 มีค่าสูงสุด คือ 239.78 กรัม/ฝัก รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์กอัตราส่วน 3:1 มีค่าเท่ากับ 237.92 กรัม/ฝัก และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0 มีค่าต่ำสุด คือ 237.70 กรัม/ฝัก ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันต่อน้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกพบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:1 มีค่าสูงสุด คือ 239.98 กรัม/ฝัก และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 3:1 มีค่าต่ำสุด คือ 236.55 กรัม/ฝัก ซึ่งการใส่

หรือไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ส่วนการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ เมื่อเปรียบเทียบดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ไนโตรเจนก่อนการทดลอง 0.06 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 0.08 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมก่อนการทดลอง 130.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง 94.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อินทรียวัตถุก่อนการทดลอง 1.34 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 1.53 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างก่อนการทดลอง 5.70 หลังการทดลอง 6.25 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกก่อนการทดลอง 8.58 เซนติโมลต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง 9.66 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ค่าความหนาแน่นรวมก่อนการทดลอง 1.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังการทดลอง 1.66 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนของดินก่อนการทดลอง 30.06 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลอง 34.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับฟอสฟอรัส และค่าความหนาแน่นอนุภาคของดินก่อนและหลังการทดลอง พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ABSTRACT

A STUDY ON THE UTILIZATION OF CHEMICAL FERTILIZER, MANURE AND ZEOLITE TO THE YIELD OF SWEET CORN (Zea mays var. saccharata), CHANGES OF PRIMARY NUTRIENT ELEMENTS AND SOME PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

BY

SURACHAI THANUSORN

OCTOBER 2003

Chairman: Associate Professor Banpote Tantiseri

Department: Soils Resources and Environmental Faculty: Agricultural Production

This research was conducted to study on the utilization of chemical fertilizer, manure and zeolite to the yield of sweet corn (Zea mays var. saccharata), changes of primary nutrient elements and some physical properties of soil. In this study, treatments involving different ratios of chemical fertilizer to zeolite consisted of 1:0, 1:1 and 3:1 with manure at 0 and 1,000 kg/rai rates, using the 2x3 Factorial in CRD with 6 Treatments combinations in 4 replications. The study was conducted during the summer season, from March to June, 2002 in Ban Mae Faek-mai, Sansai district, Chiang Mai province. Results of the study on manure application at 1,00 kg/rai and no manure to fresh ear weight before husk peeling of sweet corn showed for corns applied with manure an average of 239.33 g/ear. On the other hand, sweet corn that was not applied with manure had lower fresh ear weight of 237.60 g/ear and which no significant difference although the trend in the utilization of manure at 1,000 kg/rai gave higher fresh ear weight.

As for the use of chemical fertilizer in different proportion with zeolite, to fresh ear weight before husk peeling of sweet corn, results showed that at 1:1 ratio of

chemical fertilizer to zeolite, fresh ear weight was lower at 237.70 g/ear, with no significant difference.

As for the utilization and non-utilization of manure together with chemical fertilizer in different proportions with zeolite, to fresh ear weight before husk peeling of sweet corn, it was found that the use of manure at 1,000 kg/rai with chemical fertilizer at 1:1 ratio with zeolite resulted in maximum of 239.98 g/ear. This was in contrast to 236.55 g/ear of corn plants that were not applied with manure together with chemical fertilizer at 3:1 ratio with zeolite. This suggested that the utilization or non-utilization of manure had no significant difference on the interaction resulting from use of chemical fertilizer in different proportions with zeolite.

Comparison of soils before and after the experiment showed statistical differences on primary nutrients and some physical properties of soil. Before the trial, Nitrogen was 0.06%, Potassium was 130.02 mg/kg, organic matter at 1.34%, pH at 5.70, cation exchange capacity at 8.58 cmol/kg, bulk density at 1.74 g/cm^3 and soil porosity at 30.06%. After the trial, Nitrogen was changed to 0.07%, Potassium was 94.47 mg/kg, organic matter at 1.53%, pH at 6.25, cation exchange capacity at 9.66 cmol/kg, bulk density at 1.66 g/cm^3 and soil porosity at 34.25%. On the other hand, Phosphorus and particle density did not show any changes after the trial.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือและความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์บรรพต ตันติเสรี ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาในการทำวิจัย ชี้นำแนวทางวิธีคิด การแก้ไขปัญหา ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ศรีเกี่ยวฝั้น และ อาจารย์ศุภธิดา อ่ำทอง กรรมการที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาในงานวิจัย คอยติดตามการทำงาน ให้กำลังใจและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ประวิตร พุทธานนท์ ตัวแทนกรรมการบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้วิทยานิพนธ์สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนวิจัย

ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม รุ่นที่ 1 ที่คอยช่วยเหลือในการทำงานวิจัยในครั้งนี้มาเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณน้อง ๆ นักศึกษาอีกหลายท่านที่มิอาจกล่าวนามได้ทั้งหมด

ขอขอบพระคุณ คุณพี่นิยม กระเสาร์ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง และขอขอบพระคุณ คุณพ่ออินสอน คุณแม่สุมาลี มอนแสง ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่ทำการทดลอง คอยให้คำแนะนำด้านการดูแลรักษาพืชในแปลงทดลอง ตลอดจนคอยให้กำลังใจตลอดมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสารเคมีในห้องปฏิบัติการ ในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงได้

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นผู้มีพระคุณหาที่เปรียบมิได้ ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบพระคุณพี่สาวพี่ชาย และญาติพี่น้องทุกท่าน ซึ่งคอยสนับสนุน อีกทั้งเป็นกำลังใจในการศึกษาจนสำเร็จ

สุรชัย ธนูศร

ตุลาคม 2546

สารบัญเรื่อง

สารบัญเรื่อง (ต่อ)

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญตาราง (ต่อ)

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ (ต่อ)

บทนำ

ปัจจุบันการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ของเกษตรกรจะประสบปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตต่อไร่ต่ำและคุณภาพของผลผลิตลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากปัญหาต่าง ๆ เช่น ความแปรปรวนของอากาศ การระบาดของโรคและแมลง กรมพัฒนาที่ดิน (2543) รายงานว่า ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ข้าวโพดหวาน อาจจะมีปัญหาในการผสมเกสรทำให้การติดเมล็ดไม่ดี สมเกียรติ (2543) พบว่า โรคและแมลงศัตรูพืชเป็นปัจจัยหนึ่งที่รบกวน หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช โรคที่เกิดขึ้นกับพืชมีมากมายหลายประเภท แต่ละโรคมีสาเหตุแตกต่างกัน โรคแมลงเหล่านี้มีผลทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชต่ำลง

การเสื่อมคุณภาพของดินก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตน้อยลงและให้ผลผลิตต่ำสืบเนื่องมาจากคุณสมบัติของดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงไปและมีแนวโน้มเลวลงเรื่อย ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นกับดิน เช่น ความเป็นกรดของดินเพิ่มมากขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินมีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ได้น้อย เป็นต้น

จากปัญหาเรื่องการเสื่อมคุณภาพของดิน หน่วยงานทั้งทางภาครัฐและหน่วยงานภาคเอกชนได้พยายาม หาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อที่จะปรับปรุงดินให้มีสภาพที่เป็นประโยชน์ต่อการผลิตพืชให้ดียิ่งขึ้น หน่วยงานของรัฐได้ส่งเสริมแนะนำให้เกษตรกรมีการปรับปรุงดิน เช่น การใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมี การใช้เศษสิ่งเหลือใช้จากการเกษตรใส่คลุมพื้นที่ดิน สำหรับหน่วยงานเอกชนหลายแห่งได้มีการพัฒนาสารปรับปรุงดินและสารเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยออกวางจำหน่ายในท้องตลาดรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เกษตรกรได้เลือกซื้อนำไปใช้ ซึ่งจะส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิต และคุณภาพดียิ่งขึ้น ประเสริฐ (2543) รายงานว่า ปุ๋ยอินทรีย์มีคุณสมบัติช่วยปรับปรุงทางกายภาพของดินให้โปร่งร่วนซุย ทำให้น้ำระบาย หรือการดูดซับน้ำได้มาก นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นการทำให้แร่ธาตุที่พืชดูดดึงเอาไปใช้จากดินเดิมใส่กลับคืนลงไปในไร่นา เป็นการชะลอการสูญเสียปุ๋ยของดินให้น้อยลง และช้าลง

จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้ เพื่อศึกษาสารปรับปรุงดินซีโอไลท์ (Zeolite) ตราเอ็น เค (NK) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก (มูลโค) โดยทำการทดลองกับข้าวโพดหวานพันธุ์ เอ ที เอส –2 (ATS - 2) ซึ่งน่าจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านเคมี และฟิสิกส์ของดิน ผลจากการศึกษาในเรื่องนี้หวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการผลิตสารปรับปรุงดินประเภทนี้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่จะนำเอาไปใช้ในการปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของพืชชนิดต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีและฟิสิกส์ของดินบางประการจากการใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก
2. เพื่อศึกษาการตอบสนองของพืชหลังจากการใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก
3. เพื่อศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากวิธีการปรับปรุงดิน

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวาน พันธุ์ เอ ที เอส –2 (ATS -2) การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินบางประการโดยการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารปรับปรุงดินซีโอไลท์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินของเกษตรกรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพตามหลักวิธีการที่เหมาะสม และเป็นประโยชน์ต่อสภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรเอง
2. ผลของการทดลองสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

การตรวจเอกสาร

ซีโอไลท์ (Zeolite)

ลักษณะทั่วไปของซีโอไลท์

ซีโอไลต์ (Zeolite) เป็นกลุ่มแร่อลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนใต้ท้องทะเล หรือการที่ลาวาหรือหินภูเขาไฟไหลลงไปทับถมในท้องทะเล ทะเลสาบหรือลงสู่ระบบน้ำใต้ดินที่มีความเป็นด่างสูงและมีความอบอุ่น แล้วลาวานั้นจะเปลี่ยนเป็นกลุ่มแร่ซีโอไลท์ซึ่งต้องใช้เวลานานหลาย ๆ ปี โครงสร้างของแร่ซีโอไลท์จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ เค้าโครงของกลุ่มแร่อลูมิโนสิลิเกต เค้าโครงของโมเลกุลของน้ำ และเค้าโครงของช่องว่างภายในที่มีประจุโลหะซึ่งอาจเป็น โซเดียม (Sodium) โปแตสเซียม (Potassium) แมกนีเซียม (Magnesium) แคลเซียม (Calcium) หรือเหล็ก (Iron) เป็นต้น (ปลายปีก, 2541) ซีโอไลท์เป็นแร่ที่ผ่านการตกผลึกจากหินภูเขาไฟที่เย็นตัวแล้วที่เรียกว่า หินไรโอไลท์ (Riolite) ลักษณะเป็นหินธรรมชาติที่มีเนื้อละเอียด และมีสีขาวประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ มากมาย เช่น ซิลิกา (Silica) โซเดียมออกไซด์ (Sodium oxide) แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium oxide) แคลเซียมออกไซด์ (Calcium oxide) โปแตสเซียมออกไซด์ (Potassium oxide) เหล็กออกไซด์ (Iron oxide) และอลูมินา (Alumina) (หนึ่งฤทัย, 2539) ซีโอไลท์เป็นกลุ่มแร่ธรรมชาติในกลุ่มไฮเดรทอลูมิโนซิลิเกต ($Al_2O_3SiO_3$) ได้แก่ คลินอปติโลไลท์ (Clinoptilolite) ซาบาร์ไซด์ (Chabazite) โมเดนไนท์ (Modenite) ฟิลลิปไซด์ (Phillipsite) ฯลฯ กลุ่มแร่นี้จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบซิลิเกตมีอลูมิโนซิลิเกตเป็นองค์ประกอบ เมื่อนำกลุ่มแร่ชนิดนี้มาผ่านความร้อนอุณหภูมิสูงจะเกิดการพองตัวของโมเลกุลเป็นช่องว่างในโครงสร้าง (ปิยะพงศ์ และ ภานุวัฒน์, 2541) ซีโอไลท์ มีทั้งชนิดที่เกิดตามธรรมชาติและสังเคราะห์ (ทิพย์วรรณ และ สมหมาย, 2541; กรรณิการ์, 2543) ซีโอไลท์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติลักษณะเป็นอลูมิโนซิลิเกต (Aluminosilicate) ที่มีพื้นที่ผิวสูง และมีแคทไอออน (Cation) ที่แลกเปลี่ยนได้สูง (Sullivan *et al.*, 1998)

สมบัติทางด้านกายภาพของซีโอไลท์

สมบัติทางกายภาพของซีโอไลท์มีช่องว่างภายในจำนวนมาก จึงทำให้มีพื้นที่ผิวสูงมาก มีค่าอยู่ระหว่าง 750-880 ตารางเมตร/กรัม ความหนาแน่นรวม (Bulk density) มีค่าเฉลี่ย 2.0-2.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (นงลักษณ์, 2541) ซีโอไลท์มีช่องว่างภายในมากทำให้มีพื้นที่ผิวมาก คือ ในน้ำหนัก 1 กรัมมีพื้นที่ผิว 750-880 ตารางเมตร ซีโอไลท์จึงเป็นแร่ที่มี

ลักษณะโปร่งเมื่อใส่ลงไปในดินจะช่วยลดความแน่นทึบของดินได้ (นักปฐพี, 2542) ซีโอไลท์ต่างชนิดกันจะมีโครงสร้าง และคุณสมบัติต่างกัน เช่น Chabazite $(AlO_2)_4(SiO_2)_8.13H_2O$ มีความหนาแน่น 2.05-2.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ปากโพรงมีขนาด 3.1x4.2 Angstrom (กรรณิการ์, 2543) ซีโอไลท์เป็นผลึกแร่ที่นำไปใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ใช้โมเลกุลของแร่เป็นตัวกรอง และใช้เป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออนต่าง ๆ กระบวนการผลิตแร่ซีโอไลท์ที่ได้มาตรฐานค่าเฉลี่ยขนาดของอนุภาคประมาณ 5 นาโนเมตร (Knez *et al.*, 2000) การสังเคราะห์ซีโอไลท์เกิดขึ้นอย่างแพร่หลายโดยควบคุมให้มีขนาดของอนุภาค 15-80 นาโนเมตร (Yushan, 1999) จากการสังเคราะห์ซีโอไลท์ จะได้ผลึกคอลลอยด์ที่สม่ำเสมอค่าเฉลี่ยขนาดของอนุภาคน้อยกว่า 150 นาโนเมตร และบางชนิดขนาดอนุภาคน้อยกว่า 50 นาโนเมตร (Schoeman,1994)

สมบัติทางด้านเคมีของซีโอไลท์

หนึ่งฤทัย (2539) กล่าวว่า ซีโอไลท์ (Zeolite) เป็นแร่ที่ผ่านการตกผลึกจากหินภูเขาไฟที่เย็นตัวแล้วที่เรียกว่าหินไรโอไลท์ ลักษณะเป็นหินธรรมชาติที่มีเนื้อละเอียดและมีสีขาวประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ มากมาย เช่น ซิลิกา โซเดียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ โปแตสเซียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และอลูมินา ปลายปีก (2541) รายงานว่า สำหรับโครงสร้าง ของแร่ซีโอไลท์จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ เค้าโครงของกลุ่มแร่อลูมิโนสิลิเกต เค้าโครงของโมเลกุลของน้ำและเค้าโครงของช่องว่างภายในที่มีประจุโลหะซึ่งอาจเป็น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม หรือเหล็ก เป็นต้น คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของซีโอไลท์ คือ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ค่านี้ยิ่งสูงการดูดซับธาตุอาหารพืชยิ่งดี ทำให้ถูกชะล้างได้น้อยลงพืชใช้ได้มากขึ้น ในแร่ซีโอไลท์ที่พบตามธรรมชาติมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงถึง 100-300 เซนติโมล/กิโลกรัม ถ้าเป็นซีโอไลท์สังเคราะห์จะยิ่งมีค่าสูงขึ้นไปอีก คืออาจสูงถึง 600 เซนติโมล/กิโลกรัม (นักปฐพี, 2542)

การใช้ประโยชน์จากซีโอไลท์

การปลูกพืชสวนกับการใช้ซีโอไลท์ ธรรมชาติได้เพิ่มขึ้นกันอย่างมากและมีการศึกษากันมากมายซึ่งมีรายงานความก้าวหน้าสามารถรับประกันได้ จากการทดลองซีโอไลท์ ใช้เป็นวัสดุที่เป็นประโยชน์ได้ เช่น เพิ่มผลผลิตพืช คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange) การดูดซึม (Absorb) และคุณสมบัติไฮเดรชัน (Hydration) ซีโอไลท์ เป็นแร่ที่สามารถนำมาปรับปรุงดินเพื่อชลอการปลดปล่อย (Release) ปุ๋ยให้ช้าลง คุณสมบัติอื่นของซีโอไลท์คลินอฟติโลไลท์ (Zeolite clinoptilolite) ตัวอย่าง เช่น มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกระหว่าง 100-

300 เซนติโมล/กิโลกรัม และเพิ่ม หรือเลือกจับกับ K^+ และ NH_4^+ การดูดยึด NH_4^+ ในโครงสร้างของแร่ อาจป้องกันการออกซิเดชันของ NH_4^+ เพื่อเป็น NO_3^- ได้ โดยกระบวนการ Nitrifying ของแบคทีเรีย ลดการถูกรีดิวซ์และการสูญหายของปุ๋ยแอมโมเนียมได้ จากรายงานของเจ้าหน้าที่ที่ทำการทดลองในประเทศญี่ปุ่นพบว่า การเพิ่มซีโอไลทในดินทรายหยาบทำให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Barbarick and Pirela, 1984)

ซีโอไลท์คลินอฟติโลไลท์ คือ แร่ที่เป็นอนุภาคขนาดทราย ความสามารถในการดูดยึดแลกเปลี่ยนประจุบวกมีมากถึง 120 เซนติโมล/กิโลกรัม การเติบโตของหญ้า *Cynodon dactylon* ดีมาก ในดินทรายที่ปรับปรุงด้วย 10% ของซีโอไลท์ ลดการชะล้าง NH_4^+-N และ NO_3^--N ได้ การดูดยึดน้ำในดินทรายเพิ่มขึ้นกับปริมาณการใส่ซีโอไลท์ที่เพิ่มขึ้น ซีโอไลท์ที่นำมาปรับปรุงดินทรายเมื่อเปรียบเทียบกันกับดินทรายชนิดเดียวกันที่ไม่ได้ปรับปรุงพบว่า ซีโอไลท์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของไนโตรเจน และผลผลิตของชีวมวลได้ การเพิ่มปริมาณซีโอไลท์ช่วยลดการสูญเสียไนเตรทที่ถูกชะล้างในดินจากการใช้ปุ๋ยยูเรีย ปริมาณ NH_4^+-N ที่ถูกชะล้างสามารถพบได้น้อยลงในดินทรายจากการใช้ซีโอไลท์ (Pepper *et al.*, 1982)

การศึกษาความสามารถในการดูดซับปุ๋ยโดยคลุกสารปรับปรุงดินกับปุ๋ยเคมีในอัตราส่วน 1:4 (อัตราที่ผู้ขายแนะนำ) และอัตราส่วน 1:1 แล้วใส่ลงในดิน ชะด้วยน้ำจำนวนเทียบเท่าฝน 80 มิลลิเมตร พบว่า อัตราส่วน 1:1 จะช่วยลดการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจน และโพแทสเซียมลงได้ (นักปฐพี, 2542) ซีโอไลท์สามารถช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารในปุ๋ยจากการชะล้างได้ดีจึงสามารถนำไปผสมกับปุ๋ยหรือนำไปเป็นสารเคลือบเม็ดปุ๋ย หรืออาจจะโรยปุ๋ยไปก่อนแล้วโรยทับด้วยซีโอไลท์ โดยสัดส่วนของปุ๋ยเคมี:ซีโอไลท์ อย่างต่ำควรจะเป็น 1:1 ขึ้นไป (นงลักษณ์ และ พวงเล็ก, 2539) ซีโอไลท์ชนิดบริสุทธิ์ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในพืชต่าง ๆ ให้ใช้ซีโอไลท์คลุกผสมกับปุ๋ยสูตรต่าง ๆ ตามระยะที่ต้องการปกติในอัตราตั้งแต่ 1:3 ขึ้นไปจนถึง 1:5 แล้วแต่ชนิดของพืช หรือให้ใช้ซีโอไลท์หว่านลงในทรงพุ่ม หรือแปลงปลูกพืชโดยตรง ในอัตราตั้งแต่ 20 กิโลกรัม / ไร่ ขึ้นไปจนถึง 40 กิโลกรัม / ไร่ (ปิยะพงศ์ และ ภานุวัฒน์, 2541)

คุณสมบัติของแร่ซีโอไลท์ที่มีความพรุนสูง และมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงจึงมีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางสำหรับเป็นตัวดูดซับ ตัวกรอง ตัวเติมหรือเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นโรงงานผลิตเครื่องทำความเย็น อุตสาหกรรมการกลั่นน้ำมัน การผลิตกระดาษ ยาสีฟัน ผสมกับปูนซีเมนต์ เป็นต้น (ปลายปีก, 2541) ซีโอไลท์แท้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก จึงทำให้ซีโอไลท์สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชโลหะหนัก ตลอดจนสารกัมมันตรังสี นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติดูดยึดโมเลกุลของก๊าซ สารอินทรีย์

และสารอนินทรีย์หลายชนิด สามารถดูดความชื้นและอุ้มน้ำเอาไว้ และปลดปล่อยออกมาให้พืชนำไปใช้ยามแห้งแล้งได้ (นงลักษณ์ และ พวงเล็ก, 2539; ปิยะพงษ์ และ ภานุวัฒน์, 2541)

ปกติแล้วปุ๋ยเคมีที่เราใช้กันทุกวันนี้ ธาตุอาหารจากปุ๋ยส่วนหนึ่งจะสูญหายไปด้วยสาเหตุต่าง ๆ กัน บางส่วนจุลินทรีย์ดินใช้ จึงแปรสภาพจากสารอนินทรีย์เป็นสารอินทรีย์ บางส่วนละลายไปกับน้ำที่ไหลผ่านดิน บางส่วนก็ระเหยไปในอากาศ ธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ควรจะเป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นย่อมลดปริมาณลงไป ซีโอไลท์ที่ว่านี้จึงได้นำมาใช้เพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมี หนึ่งฤทัย (2539) พบว่าดินที่เติมซีโอไลท์ ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมจะคงเหลืออยู่ในดินเป็นปริมาณมากโดยเฉพาะโพแทสเซียม เพราะนอกจากจะได้จากปุ๋ยเคมีแล้วอีกส่วนหนึ่งได้จากส่วนประกอบของซีโอไลท์ที่มีโพแทสเซียมอยู่ประมาณ 3% จะเห็นว่าสารซีโอไลท์ช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารจากการชะล้างได้ดี (นงลักษณ์ และ พวงเล็ก, 2539) ซีโอไลท์เป็นชื่อของกลุ่มแร่อะลูมิโนซิลิเกตที่เป็นด่าง มีลักษณะโครงสร้างเป็นผลึกประกอบด้วยซิลิกา อลูมิเนียม และออกซิเจนเป็นหลักซึ่งมีขนาดพอเหมาะแก่การดูดซับธาตุ หรือโมเลกุลของสารต่าง ๆ ไว้ภายใน จึงสามารถดูดน้ำกลับไปได้เหมือนเดิม คุณสมบัตินี้ยังสามารถดูดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ เข้าแทนที่น้ำที่ระเหยออกไปได้อีกด้วย เป็นตัวดูดสารพิษหรือก๊าซพิษ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ ไนตรัสออกไซด์ เป็นต้น (นักปฐพี, 2542)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของซีโอไลท์ก็คือ มีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ค่านี้ยิ่งสูงการดูดซับธาตุอาหารพืชยิ่งดี ทำให้ถูกชะล้างได้น้อยลงพืชใช้ได้มากขึ้น ในแร่ซีโอไลท์ที่พบตามธรรมชาติมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงถึง 100-300 เซนติโมล/กิโลกรัม ถ้าเป็นซีโอไลท์สังเคราะห์จะยิ่งมีค่าสูงขึ้นไปอีก คืออาจสูงถึง 600 เซนติโมล/กิโลกรัม (นักปฐพี, 2542) คุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุไฟฟ้าบวกของซีโอไลท์ที่มีคุณภาพจะวัดได้มากถึง 150-185 เซนติโมล/กิโลกรัม (ปิยะพงศ์ และ ภานุวัฒน์, 2541) ผลการทดลองเลี้ยงไก่กระทงด้วยการเสริมซีโอไลท์ธรรมชาติ พบว่า ช่วยเพิ่มน้ำหนัก ประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น ลดอัตราการตาย ลดความเครียดจากอากาศร้อนจัดได้ผล ได้กำไรดีขึ้น และสามารถลดแอมโมเนียลงได้มากจนกลิ่นเหม็นในฟาร์มลดลง (พงศธร, 2535) การใช้ซีโอไลท์คลุกผสมกับดินร่วนทรายในอัตราส่วน 1:1 (ดิน 10 กรัม : ซีโอไลท์ 10 กรัม) และปุ๋ยเคมี (11 มิลลิกรัม N 11 มิลลิกรัม P และ 26 มิลลิกรัม K) พบว่าการใส่ซีโอไลท์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ N และ K ถูกชะล้างน้อยกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ด้วยเหตุนี้การใส่ซีโอไลท์จึงทำให้ N และ K เหลืออยู่ในดินเป็นจำนวนมาก ทั้งในวิธีการที่ใส่ซีโอไลท์เพียงอย่างเดียว และวิธีการที่ใส่ซีโอไลท์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ (นงลักษณ์, 2541)

ธาตุอาหารพืช (Plant Nutrient Elements)

ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากหรือมหธาตุ

(Macronutrient Elements)

ธาตุหลักเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณที่ค่อนข้างมาก คือประมาณ 2-20 กิโลกรัม หรือมากกว่าต่อไร่ (บรรพต, 2527) ธาตุที่พืชต้องการปริมาณมากและสะสมในเนื้อเยื่อพืชในความเข้มข้นสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คือ ไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน โดยทั่ว ๆ ไปดินมักจะมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม ไม่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะในดินมีอยู่น้อย หรืออาจจะมีอยู่มากแต่อยู่ในรูปที่พืชใช้ไม่ได้ หรืออยู่ในสภาพที่ไม่สมดุลย์กันจึงทำให้พืชได้รับธาตุเหล่านี้ไม่เพียงพอ ส่วนแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน มักจะเพียงพอ (Deulin, 1968; Laetsch, 1979; Glass, 1989; Benton, 1998; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541) ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากและจำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (ดุสิต, 2535; Julien, 2000)

ธาตุอาหารรอง

(Secondary Essential Elements)

ธาตุอาหารรองนั้นเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลัก (บรรพต, 2527) ธาตุอาหารรองเป็นธาตุที่พืชใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง ซึ่งได้แก่ Ca, Mg และ S โดยทั่วไปแล้วมักจะอยู่ในดินในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพืช (ถนอม, 2528) ธาตุอาหารรองได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ (ดุสิต, 2535) ธาตุอาหารรอง คือ Ca, Mg, และ S การที่จัด Ca, Mg, และ S เป็นธาตุอาหารรอง ก็เพราะว่าดินส่วนใหญ่จะไม่ค่อยขาดธาตุเหล่านี้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

จุลธาตุอาหาร

(Trace Elements **หรือ** Micronutrient Elements **หรือ** Minor Elements)

ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้นมีอยู่ด้วยกัน 16 ธาตุ แต่มีอยู่เพียง 7 ธาตุเท่านั้นที่พืชต้องการในปริมาณที่น้อยมาก ซึ่งเรียกธาตุเหล่านี้ว่า Trace elements หรือ Minor elements ซึ่งได้แก่ธาตุเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B)

โมลิบดินั่ม (Mo) และคลอรีน (Cl) (Deulint, 1968; บรรพต, 2527; Jones, 1998; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541;) ธาตุอาหารที่พืชต้องการสำหรับการเจริญเติบโตในปริมาณที่น้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ คือ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินั่ม และคลอรีน (ถนอม, 2528; ดุสิต, 2535) ธาตุอาหารจุลธาตุหรือจุลธาตุอาหารหรือธาตุอาหารเสริมมี 8 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โมลิบดีนัม โบรอน คลอรีน นิกเกิล แม้ว่าพืชต้องการใช้ธาตุเหล่านี้ในปริมาณน้อยแต่ทุกธาตุก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืช หากขาดธาตุใดธาตุหนึ่งพืชไม่อาจเจริญเติบโตตามปกติได้ (ยงยุทธ, 2543)

ปุ๋ยเคมี (Chemical Fertilizers)

ปุ๋ยเคมี คือสารประกอบทางเคมีที่มีธาตุอาหารพืชประกอบอยู่อย่างน้อยหนึ่งธาตุ ซึ่งเราทราบปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน ข้อดีของปุ๋ยเคมีประการหนึ่งคือ ละลายน้ำดีและเมื่อละลายน้ำแล้วธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ทันที ข้อเสียคือถ้าใส่มากเกินอาจเป็นพิษต่อพืช หรือหากใส่ไม่ถูกต้องจะสูญเสียปุ๋ยโดยเปล่าประโยชน์ ทำให้ค่าใช้จ่ายแพงขึ้น ปุ๋ยเคมีบางครั้งเรียกว่า ปุ๋ยอนินทรีย์ (Inorganic fertilizers) ได้จากการสังเคราะห์หรือทำเหมืองเพื่อวัตถุประสงค์ให้ได้ธาตุอาหารปุ๋ยในเปอร์เซ็นต์สูง (วรพจน์, 2529) ปุ๋ยเคมี หมายถึงปุ๋ยที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารอนินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งปุ๋ยที่มีธาตุปุ๋ยเพียงธาตุเดียว (ปุ๋ยเดี่ยว) ปุ๋ยผสม (มีธาตุ 2 หรือ 3 ธาตุ) ส่วนมากเป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารแร่ธาตุเป็นปริมาณมาก (ดุสิต, 2535) ปุ๋ยเคมี (ปุ๋ยอนินทรีย์) หมายถึงปุ๋ยที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นอนินทรีย์สังเคราะห์ และตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ปี พ.ศ. 2518 ยังรวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยวปุ๋ยเชิงผสม และปุ๋ยเชิงประกอบ ตลอดจนปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปุ๋ยเคมีผสมอยู่ด้วย แต่ไม่รวมถึงปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์หรือยิปซัม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

สมบัติของปุ๋ยเคมี

สมบัติของปุ๋ยเคมีเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ได้เร็วหรือช้าของธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีไม่ใช่ประเด็นสำคัญที่จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสมบัติหรือคุณภาพที่ดีของปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เพราะคุณภาพของปุ๋ยเคมีนั้น ส่วนมากมักจะพิจารณาสมบัติทางด้านกายภาพเป็นอันดับแรก รองลงมาคือสมบัติทางเคมีบางประการ เช่น ความเป็นกรดเป็นด่างของปุ๋ย ดัชนีความเค็มของปุ๋ย ฯลฯ สาเหตุที่สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยเคมีมีความสำคัญอย่างมากต่อการบ่งบอกถึงระดับคุณภาพของปุ๋ยเคมีก็เพราะว่า สมบัติดังกล่าวมีผลกระทบทั้งโดยทางตรง และทางอ้อมต่อประสิทธิภาพ

การผลิต การบรรจุ การเก็บรักษา การขนส่ง และการใช้ในไร่นา สมบัติทางกายภาพของปุ๋ยเคมีที่สำคัญได้แก่ ความหนาแน่นรวมของปุ๋ย ความถ่วงจำเพาะ การแยกตัวของเม็ดปุ๋ย ขนาดเม็ดปุ๋ยและความแกร่งของเม็ดปุ๋ย ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยเคมี และการจับตัวกันเป็นก้อนแข็งของปุ๋ยเคมี (ปิยะ, 2538) ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดนั้นมีคุณสมบัติต่างกันออกไป การพิจารณาว่าปุ๋ยชนิดใดมีสมบัติเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ และเหตุการณ์เป็นเรื่องที่สำคัญในการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพ นอกจากนั้น การที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติบางอย่างของปุ๋ยจะช่วยในการรู้จักเกี่ยวกับการรักษาปุ๋ยเหล่านี้ไว้อย่างมีประสิทธิภาพ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

ปุ๋ยเคมีและความสำคัญต่อการผลิตพืช

1. ความสำคัญต่อการผลิตพืช

ปุ๋ยเคมีคือสารอนินทรีย์ หรืออินทรีย์สังเคราะห์ (Organic synthetic) ที่อาจอยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลว และเมื่อมีการใช้กับพืชไม่ว่าจะเป็นโดยทางดิน ทางใบทางน้ำชลประทาน หรือโดยวิธีการอื่นใด มีผลทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยแล้วเจริญเติบโตได้ดีขึ้น การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นวิธีการที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง การปลูกพืชไร่บางชนิด เช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี อาจได้ผลผลิตเพียง 100-200 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดในพื้นที่เดียวกันโดยมีการใส่ปุ๋ยเคมีและมีการปฏิบัติบำรุงรักษาพืชเหมือน ๆ กัน อาจได้ผลผลิตเมล็ดเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 8 เท่าตัว (ปิยะ, 2538) พืชที่ปลูกในดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ด้วยธาตุอาหารมักจะแคระแกร็น และให้ผลผลิตต่ำ การใส่ปุ๋ยจะช่วยยกระดับธาตุอาหารที่ขาดแคลนให้มีปริมาณเพียงพอกับความต้องการของพืช อย่างไรก็ตาม ปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินเดียวกัน และกับพืชชนิดเดียวกัน อาจให้ผลแตกต่างกันได้เป็นอย่างมาก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการให้ปุ๋ยแก่พืชว่าจะตรงกับระยะเวลาที่พืชมีความต้องการธาตุอาหารนั้น ๆ มากที่สุดหรือไม่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

2. ความสำคัญต่อสุขภาพพืช

นอกเหนือจากคุณค่าของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชโดยตรงและอย่างเด่นชัด ได้แก่วัชพืช โรคและแมลงศัตรูพืช จากการรายงานผลการวิจัยต่าง ๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีโดยวิธีการที่เหมาะสมมีผลทำให้พืชที่ปลูกมีความต้านทานต่อการเกิดหรือการทำลายของศัตรูพืช (ปิยะ, 2538) การที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีและมีผลผลิตสูงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายอย่าง ปุ๋ยหรือระดับธาตุอาหารพืชในดินเป็นเพียงปัจจัยหนึ่งเท่านั้น กสิกรส่วนใหญ่เมื่อเห็นพืชไม่งาม ก็มักเข้าใจว่าดินขาดปุ๋ยแต่เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปแล้วต้องผิดหวัง เพราะว่าปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่ได้

ทำให้พืชงอกงามขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้นก่อนที่จะใช้ปุ๋ย จะต้องพิจารณาอย่างถ่องแท้เสียก่อนว่าการที่พืชไม่เจริญงอกงามและมีผลผลิตต่ำนั้น มีสาเหตุสำคัญเนื่องจากดินขาดปุ๋ยหรือขาดธาตุอาหารพืชเป็นอันดับแรก ส่วนปัจจัยอย่างอื่น เช่น โรค แมลง สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ฯลฯ มิได้เป็นอุปสรรคที่สำคัญ เมื่อพิจารณาแล้วแน่ใจว่าเป็นเรื่องของการขาดธาตุอาหารจริง ๆ การใส่ปุ๋ยเคมีจึงจะเกิดประสิทธิผลต่อการเพิ่มผลผลิตพืชแน่นอน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541)

3. ความสำคัญต่อคุณภาพการผลิต

การใช้ปุ๋ยเคมีนั้น เพื่อให้ธาตุอาหารพืชชนิดที่ขาดในดิน หรือเพื่อให้พืชได้รับธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ ในสัดส่วนที่เหมาะสม นอกเหนือจากจะเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชแล้วยังมีส่วนช่วยควบคุมหรือปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตด้วย คุณภาพของผลผลิตพืชในที่นี้หมายถึงคุณภาพทั้งทางภายนอก และภายในที่เห็นด้วยตา และจากการดมกลิ่น สัมผัส และบริโภค คุณภาพภายในผลิตผลพืชที่สำคัญได้แก่ รสชาติของผลผลิต คุณค่าทางโภชนาการ เช่น ปริมาณโปรตีนในพืชอาหารสัตว์ ในเมล็ดธัญพืช ชนิด และปริมาณวิตามินต่าง ๆ ในพืชอาหารและผลไม้ (ปิยะ, 2538)

ปุ๋ยคอก (Organic manure) และการใช้ประโยชน์

ปุ๋ยคอก หมายถึงปุ๋ยที่ได้จากการขับถ่ายของสัตว์เลี้ยงเช่น มูลไก่ มูลหมู มูลวัว-ควาย ฯลฯ เป็นต้น เมื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยให้ธาตุอาหารพืชต่ำกว่าปุ๋ยอินทรีย์ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (วรพจน์, 2529; ปิยะ, 2538) ปุ๋ยคอก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง เช่น โค กระบือ สุกร ไก่ เป็ด และห่าน (แววตา และ คณะ, 2531) ปุ๋ยคอก หมายถึงปุ๋ยที่ได้จากมูลสัตว์ต่าง ๆ เช่น เป็ด ไก่ หมู วัว ควาย ม้า และค้างคาว รวมทั้งมูลของมนุษย์ด้วย (วัลลภ, 2540)

การนำเอาวัสดุเหลือทิ้งที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ปุ๋ยคอก มาใช้เป็นปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืชในดิน และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้น ในขณะนี้ได้รับการสนใจที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรมากขึ้น (แววตา และ คณะ, 2531) ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในบรรดาชาวสวนผัก ไม้ผล และไม้ดอกไม้ประดับ เนื่องจากปุ๋ยคอกจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน นอกจากนี้ปุ๋ยคอกยังช่วยปรับปรุงดินให้โปร่งและร่วนซุย ทำให้การเตรียมดินง่าย การตั้งตัวของต้นพืชเร็ว และอัตราการรอดของพืชสูง (วัลลภ, 2540) ปัจจุบัน

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการสั่งนำปุ๋ยวิทยาศาสตร์เข้ามาใช้ในการเพิ่มผลผลิตในการเพาะปลูกของเกษตรกรในแต่ละปีมีมูลค่ามหาศาล ในขณะเดียวกันปุ๋ยวิทยาศาสตร์ก็ก่อให้เกิดปัญหาแก่เกษตรกรในด้านภาวะราคาที่สูงของปุ๋ย การนำมูลไก่มาอัดเม็ดนอกจากจะช่วยแบ่งเบาภาระด้านมลภาวะแล้วยังก่อให้เกิดผลดีติดตามมา เช่น ช่วยลดปัญหาการขาดดุลการค้าจากการนำเข้าปุ๋ยวิทยาศาสตร์ของภาครัฐ ช่วยในด้านต้นทุนการผลิตของเกษตรกร และช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เกษตรกรสามารถใช้ผืนดินอย่างมีประโยชน์และยั่งยืน (ธวัชชัย, 2543) การใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารตลอด เกิดการเปลี่ยนแร่ธาตุจากอินทรียสารไปเป็นอนินทรียสาร ทำให้ได้ผลผลิตมากระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก (Fulhage, 2000)

ข้าวโพด (Corn; Zea mays L.)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด

ข้าวโพดจัดอยู่ในวงศ์ Family Poaceae (Rubatzky and Yamaguchi, 1997) วงศ์ย่อย (Sub-family) ของข้าวโพดคือ Panicoideae และข้าวโพดอยู่ในเผ่า (Tribe) Maydeae ซึ่งพืชในเผ่านี้มีลักษณะที่สำคัญคือ มีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน แต่อยู่ภายในต้นเดียวกัน และข้าวโพดอยู่ในสกุล Zea และชนิด (Species) mays ชื่อวิทยาศาสตร์คือ Zea mays L. ระบบราก (Root system) เป็นแบบรากฝอย ลำต้น (Stem) มีลักษณะแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง ความสูง 60 เซนติเมตร จนถึงกว่า 6 เมตร ใบ (Leaves) ของข้าวโพดมีลักษณะคล้ายใบของพืชตระกูลหญ้า อื่น ๆ ดอก (Inflorescence) ข้าวโพดมีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียอยู่บนลำต้นเดียวกัน แต่อยู่คนละตำแหน่ง (ทรงเชาว์, 2531) ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Family) Poaceae เผ่า (Tribe) Maydeae ข้าวโพดมีระบบรากแบบ Fibrous root system ความสูงของลำต้นตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 7.5 เมตร ใบประกอบด้วยกาบใบ แผ่นใบ เยื่อกันน้ำ และหูใบ ดอกข้าวโพดมีช่อตัวผู้ และตัวเมียอยู่บนลำต้นเดียวกันแต่อยู่คนละแห่ง (ไสว, 2534) ข้าวโพดเป็นพืชตระกูลหญ้า (Family Poaceae) จัดอยู่ใน Tribe maydeae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Zea mays L. ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุกที่มีช่อดอกตัวผู้ และช่อดอกตัวเมียแยกอยู่คนละส่วนบนต้นเดียวกัน (Monoecious annual) ใบของข้าวโพดประกอบด้วย กาบใบ (Leaf sheath) ที่หุ้มลำต้น และมีแผ่นใบ (Leaf blade) ที่กางสลับบนส่วนของลำต้น ตัวแผ่นใบจะทำมุมกับลำต้นด้วยการยึดของเส้นกลางใบ (Mid rib) เพื่อให้ใบได้รับแสงสำหรับใช้ในกระบวนการปรุงอาหาร พันธุ์ข้าวโพดที่ได้รับการปรังปรุงให้มีความทนทานต่ออัตราปลูกสูง มักจะมีลักษณะทรงใบตั้ง (Erect leaf) แผ่นใบด้านบนได้พัฒนาให้มีขนเพื่อการเพิ่มพื้นที่ในการดูดรับแสง ส่วนด้านใต้ใบจะเรียบและมีจำนวนปากใบ

(Stomata) จำนวนมาก ความห่างระหว่างแผ่นใบแต่ละใบจะขึ้นอยู่กับความยาวของปล้อง (Internode) ต้นข้าวโพดส่วนใหญ่จะมีลำต้นตั้งตรง (ราเชนทร์, 2539)

ข้าวโพดหวาน (Sweet Corn; Zea mays var. saccharata)

ข้าวโพดหวาน (Sweet corn) เป็นข้าวโพดที่ปลูกเพื่อรับประทานฝักสด โดยเฉพาะการเก็บนั้นจะเลือกเก็บในระยะที่ฝักมีน้ำตาลมากที่สุด ไม่อ่อนหรือแก่เกินไป เมื่อได้รับอากาศร้อนน้ำตาลที่อยู่ในเมล็ดจะเปลี่ยนเป็นแป้งโดยง่าย (ทรงเชาว์, 2531) Sweet corn (Zea mays saccharata) ข้าวโพดหวานเป็นข้าวโพดที่มีลักษณะแปรปรวนมากกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ลักษณะที่สำคัญของข้าวโพดหวานคือเมื่อแก่เมล็ดจะเหี่ยวย่น (Wrinkle) ข้าวโพดชนิดนี้เมื่อมีอายุประมาณ 20 วัน หลังจากออกดอกเมล็ดจะมีรสหวานกว่าข้าวโพดชนิดอื่น เพราะมี Recessive gene ควบคุมอยู่ ซึ่งทำให้น้ำตาลเปลี่ยนไปเป็นแป้งช้า ๆ (ไสว, 2534) ข้าวโพดหวานนั้นเดิมอยู่ใน Zae mays saccharata เพราะในเมล็ดมีน้ำตาลมาก เกิดขึ้นเพราะยีน Su (sugary) บนโครโมโซมคู่ที่ 4 อยู่ในสภาพด้อยทั้งคู่ แต่ตอนหลัง ๆ นักพันธุ์ศาสตร์ได้ค้นพบยีนที่มีผลต่อการสะสมแป้ง และน้ำตาลในเมล็ดข้าวโพดหวานอีกหลายยีน (ทวีศักดิ์, 2540)

สภาพที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวโพดหวาน

ปกติแล้วข้าวโพดหวานเป็นพืชที่ปลูกได้ตั้งแต่เขตหนาว เช่น ประเทศแคนาดา จนถึงเขตร้อน เช่น ประเทศไทย ข้าวโพดหวานจะไม่เจริญเติบโตถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 10 °C หรือสูงกว่า 45 °C ดังนั้น อุณหภูมิในประเทศไทยจึงเหมาะแก่การปลูกข้าวโพดหวานตลอดปี อาจจะมียกเว้นบ้างตามบริเวณที่ราบสูงในฤดูหนาว แต่ก็เป็นเพียงช่วงสั้น ๆ เท่านั้น ในเรื่องของดินนั้น ข้าวโพดหวานชอบดินร่วนและมีการระบายน้ำดี น้ำไม่ท่วมขัง ปฏิกิริยาของดิน (Soil pH) อยู่ในช่วง 5.5-6.5 สำหรับดินในประเทศไทยนั้นแทบจะกล่าวได้ว่าปลูกข้าวโพดหวานได้แทบทุกพื้นที่ (ทวีศักดิ์, 2540) ข้าวโพดหวานขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิด ค่าความเป็นกรดเป็นด่างควรอยู่ประมาณ 5.5-6.8 ในดินควรมีความชื้นสูง อุณหภูมิที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 15.5-24 องศาเซลเซียส (พฤษภะ, 2542)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยคอกที่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพดหวานในฤดูฝน สิ่งทดลอง คือ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 60 กิโลกรัมต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยคอก อัตรา 300 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ให้ผลผลิตสูงสุด รองลงมาได้แก่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยคอก ใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ย ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ธานินทร์, 2530) การทดลองอิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์ Top Sweet จากการทดลองปรากฏว่าการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 30 กก./ไร่ จะให้ผลผลิตคิดเป็นน้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งสูงสุดคือ 2,479.42 (1,733.10) กก./ไร่ ส่วนที่ใช้ปุ๋ยในอัตรา 40, 20 และ 10 กก./ไร่ จะให้น้ำหนัก 2,458.14 (1,665.31) 2,368.18 (1,625.49) และ 2,318.91 (1,616.67) กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนแปลงที่ไม่ใช้ปุ๋ยจะให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 1,824 (1,022.04) กก./ไร่ (สุกัญญา, 2531) จากการทดลองใส่ฟอสเฟตใน 3 พื้นที่ โดยใส่เป็นแถบ แบบหว่าน และใส่เป็นหลุม ข้าวโพดตอบสนองต่อการเจริญเติบโต คือ ความสูง ระยะเวลาในการออกไหม การใส่ฟอสเฟตแบบแถบ และหลุม ทำให้พืชสูงขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโต และผลผลิตรวมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Okalebo *et al.*, 1994)

จากการศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน ผลการทดลองพบว่าในด้านความสูงเมื่ออายุต่าง ๆ ของทุกระยะปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิต พบว่าทุกระยะปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยระยะปลูก 75x75 เซนติเมตร ให้น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.875 กิโลกรัมต่อ 10 ต้น น้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือกพบว่า ทุกระยะปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวพบว่า ระยะปลูก 25 x 75 เซนติเมตร มีจำนวนต้นที่เก็บเกี่ยวสูงสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อารีย์วรรณ, 2536)

การทดลองอิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน จากการทดลองปรากฏว่าการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 20 กก./ไร่ จะให้ผลผลิตเป็นน้ำหนักทั้งก่อน และหลังการตัดแต่งสูงสุด คือ 2,419.47 และ 1,412.45 กก./ไร่ ส่วนที่ใช้ปุ๋ยอัตรา 30, 40 และ 10 กก./ไร่ จะให้น้ำหนัก 2,373.35 (1,297.95), 2,289.20 (1,245.00) และ 2,117.57 (1,214.85) กก./ไร่ ส่วนแปลงที่ไม่ใช้ปุ๋ยจะให้ผลผลิตต่ำสุดคือ 2,093.27 (1,179.22)

กก./ไร่ ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วนิดา, 2527)

ผลของซีโอไลท์ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดิน และที่ถูกชะล้าง ธาตุอาหารที่ถูกชะล้างจะพบว่าดินที่เติมซีโอไลท์ ปริมาณธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมจะถูกชะล้างน้อยกว่าดินที่ไม่เติมซีโอไลท์ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะคุณสมบัติของซีโอไลท์ ที่สามารถดูดซับธาตุต่าง ๆ ได้ดีนั่นเอง (นงลักษณ์ และ พวงเล็ก, 2539)

ผลของซีโอไลท์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยปลูกข้าวโพดในกระถางที่ระบายน้ำได้ในดินร่วนทราย ใช้ดิน 5 กิโลกรัมต่อซีโอไลท์ / ปุ๋ยอินทรีย์ 50 กรัม ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ และเพิ่มกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราไปด้วยให้น้ำจนเกินจุดอิ่มตัวของดินแล้วระบายออกไป 1 ครั้ง เมื่อพืชอายุ 15 วัน นอกจากนั้น (กรรมวิธีอื่น) ให้ระบายน้ำระดับปกติ ผลปรากฏว่าการใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งอัตราร่วมกับสารซีโอไลท์ และปุ๋ยอินทรีย์ ให้ผลผลิตสูงสุด (นงลักษณ์, 2541)

จากการทดลองความสามารถของคลินอฟติโลไลท์ทำให้แอมโมเนียมไอออนมีค่าคงที่ได้ในระยะยาวนานขึ้น หากทำการเขย่าตัวอย่างทดลองจะเพิ่มความสามารถในการเร่งดูดซับแอมโมเนียมมากขึ้น (Pirela and Barbarick, 1984) การใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟตในดินกรดจัดที่มีปัญหาความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะมีไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่พืชใช้ประโยชน์ได้ไม่เพียงพอ ตลอดจนโพแทสเซียม และแคลเซียมอยู่ในระดับที่เกือบถึงจุดวิกฤต การใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟตทำให้ประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารของหินฟอสเฟตดีขึ้น แคลเซียมในหินฟอสเฟตสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ นอกจากทั้งสองธาตุนี้แล้วการใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟตยังทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น (นงลักษณ์, 2541)

รายงานของซีโอไลท์คลินอฟติโลไลท์ (Zeolite clinoptilolite) ที่ใช้แก้ไขอินทรียวัตถุ ในดินในทุ่งหญ้า พบว่าประสิทธิภาพอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น การดูดยึดน้ำ ปริมาณธาตุอาหาร และการกักยาฆ่าแมลงเอาไว้ได้เมื่อใช้ซีโอไลท์เป็นสารปรับปรุงดิน ลักษณะของซีโอไลท์ (Zeolite) จากการค้นคว้าศึกษาวิจัยที่มหาวิทยาลัยวอชิงตัน (Washington State University) ซึ่งการทดลองคลินอฟติโลไลท์ (Clinoptilolite) ในการปรับปรุงทุ่งหญ้าสีเขียว และการค้นคว้าวิจัยปริญญาเอกโดยดอกเตอร์ Huang Arthur ที่มหาวิทยาลัยคอร์แนล (Cornell University) ทั้งสองท่านสรุปเหมือนกันว่า คลินอฟติโลไลท์ (Clinoptilolite) เพิ่มปริมาณน้ำและปริมาณไนโตรเจนในทุ่งหญ้า เมื่อใช้คลินอฟติโลไลท์ (Clinoptilolite) เป็นสารปรับปรุงดิน (Martin, 1993)

จากการทดลองใส่ไนโตรเจน 4 ระดับคือ (0, 98, 196 และ 293 kg NH_4^+-N/ha และวัสดุปลูกสองชนิด ได้แก่ดินทราย-CZ (Zeolite clinoptilolite) และ ดินทรายอย่างเดียว ทรีตเมนต์ที่ประกอบด้วย CZ จะมีการชะล้างไนเตรทต่ำลง และความสามารถในการดูดน้ำเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า ค่า CEC เพิ่มขึ้น 200 ส่วน และจากการทดลองยังพบว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มซีโอไลท์ (Zeolite) ลงไปในดินทราย (Huang and Petrovic, 1994)

จากการทดลองจะเห็นว่าในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุมากมีความสามารถในการดูดยึดความชื้นดีกว่าดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อย ในดินที่มีอินทรียวัตถุมากความอุดมสมบูรณ์ของดินก็สูง จึงรักษาระดับความชื้นไว้ได้นานกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุน้อย แหล่งที่มีปริมาณของอินทรียวัตถุอยู่มากจะเป็นตัวช่วยยกระดับความจุความชื้นสนาม และจุดเหี่ยวเฉาให้สูงขึ้น และทำให้ปริมาณการให้น้ำลดลง (ศิริวัฒน์, 2536) ผลของปุ๋ยคอกที่ใส่ปูนเพิ่มลงไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด และความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มสูงสุดในดินที่ได้รับปุ๋ยคอกอย่างเดียว หรือปุ๋ยคอกร่วมกับปูน ซึ่งทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Lungu *et al.*, 1993)

Evanylo (1996) กล่าวว่า จากการทดลองใส่ปุ๋ยคอกมูลโค กากฝ้าย ปุ๋ยคอกชนิดอื่น ร่วมกับปุ๋ยเคมี (33.5-0-0 N, 0-46-0 P, 0-0-60 K) จากการปรับปรุงดินด้วยอินทรียสาร มีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดเป็นด่าง และคาร์บอน สูงขึ้น แต่ไม่มีผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของดินในปีแรก Cihacek (1997) รายงานว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพทางฟิสิกส์ของดิน (ดินที่เคยทำการเพาะปลูกมาแล้ว) เริ่มแรกที่สังเกตเห็นได้ในฤดูใบไม้ร่วงปี 1996 คือ จากค่าสังเกตจะเห็นได้ว่าปุ๋ยคอกที่ใส่ลงไปในแปลงทดลองนั้นสรุปแล้วดีมาก โดยค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก Arriaga and Lowery (2001) พบว่า การปรับปรุงคุณสมบัติของดินจากการใส่ปุ๋ยคอกระยะยาวต่อดินที่ถูกกัดกร่อน ช่วยให้เพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวโพดได้

Whalen *et al.*, (2002) กล่าวว่า ผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินกรดสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการปรับความเป็นกรดเป็นด่าง ให้ใกล้เป็นกลาง อย่างไรก็ตามดินกรดโดยทั่วไปจะทำปฏิกิริยากับปูนทำให้ความเป็นกรดลดลง การใช้ปุ๋ยคอกมูลสัตว์ในการปรับปรุงดินสามารถพิสูจน์ให้เห็นว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น Parham *et al.*, (2002) รายงานว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างในดิน จากวิธีการทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอกมูลโค (269 kg N/ha ใส่ทุก ๆ 4 ปี) เกือบจะเหมือนกันหมด จากระดับความลึกของดิน 0-30 เซนติเมตร ยกเว้นทรีตเมนต์ที่ใส่ปูนร่วมกับการใส่ปุ๋ยคอกมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ในทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยเคมี (67 kg N, 14.6 kg P, 28 kg K

ใส่ทุกปี) มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกันกับทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยคอกอย่างเดียว Miller *et al.*, (2002) พบว่า ปริมาณอนุภาคดินทรายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ระดับความลึกของดิน (0-10, 10-20 เซนติเมตร) กับอัตราการใส่ปุ๋ยคอกเพิ่มขึ้น และอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้น 60 และ 120 Mg/ha (Megagram; ton/hectare) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มคอลโทรล (Control) ภายใต้ระบบชลประทาน ซึ่งมีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นในทางลบอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างการเพิ่มอัตราปุ๋ยคอกกับค่าความหนาแน่นรวมที่ลดลงมากในฤดูกาลที่ระดับความลึกของดิน (0-5, 10-15 เซนติเมตร)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง

1.1 แปลงทดลองขนาด กว้าง x ยาว 1 x 5 เมตร จำนวน 24 แปลง

1.2 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์ เอ ที เอส-2 (ATS-2)

1.3 ปุ๋ยเคมีสูตร 30-0-0 และ 18-6-6

1.4 ปุ๋ยคอก (มูลโค)

1.5 สารซีโอไลท์ (Zeolite) ตราเอ็น เค (NK)

1.6 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน เช่น ถุงพลาสติก Soil sampler

1.7 ถุงพลาสติก

1.8 อุปกรณ์เตรียมดินและทำแปลงทดลอง

1.9 สายเทป

1.10 ตลับเมตร

1.11 เครื่องชั่งน้ำหนัก ขนาด 1,000 กรัม

2. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

2.1 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ธาตุ N, P, K, OM และ CEC ในตัวอย่างดินและในใบข้าวโพดหวาน

2.2 อุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช

2.2.1 pH meter ใช้วัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

2.2.2 Distillate Nitrogen (Kjedahl) ใช้กลั่นไนโตรเจน

2.2.3 Spectrophotometer ใช้วัดค่าดูดกลืนแสงของฟอสฟอรัส

2.2.4 Atomic absorption spectroscopy ใช้วัดค่าดูดซึมโพแทสเซียม

2.2.5 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2.2.6 เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.2.7 ตู้อบตัวอย่างดินและพืช (Oven)

วิธีการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ทดลอง ปรากฏว่า พื้นที่ทดลองทางกายภาพมีความสม่ำเสมอกัน และได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางด้านเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนทำการทดลอง (ชุดดินหางดง) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนปะจุบวก ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ฉะนั้นจึงได้วางแผนการทดลองครั้งนี้แบบ Factorial experiment in Completely Randomized Design (CRD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ (Replications) มี 2 ปัจจัยประกอบด้วย

Factor A : เป็นอัตราของปุ๋ยคอก (มูลโค) ใช้สัญลักษณ์ a ซึ่งมี 2 อัตรา คือ

a1 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก

a2 = ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

Factor B : เป็นอัตราส่วนของปุ๋ยเคมีกับซีโอไลท์ ใช้สัญลักษณ์ b มี 3 อัตรา คือ

b1 = อัตราส่วน (1:0) คือ ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 30-0-0 : Zeolite (30 : 0 ; 1:0) กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ (0.094:0) 0.094 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งแรก ปุ๋ยเคมี สูตร 18-6-6 : Zeolite (50 : 0 ; 1:0) กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ (0.16:0) 0.16 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งที่สอง

b2 = อัตราส่วน (1:1) คือ ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 30-0-0 : Zeolite (25 : 25 ; 1:1) กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ (0.078:0.078) 0.078 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งแรก ปุ๋ยเคมี สูตร 18-6-6 : Zeolite (40 : 40 ; 1:1) กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ (0.13:0.13) 0.13 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งที่สอง

b3 = อัตราส่วน (3:1) คือ ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 30-0-0 : Zeolite (20 : 6.67 ; 3:1) กิโลกรัมต่อไร่ (0.063:0.063) 0.063 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งแรก ปุ๋ยเคมี สูตร 18-6-6 : Zeolite (30 : 10 ; 1:3) กิโลกรัมต่อไร่ เท่ากับ (0.094:0.094) 0.094 กิโลกรัมต่อแปลง ใส่ครั้งที่สอง

การรวมตัวของระดับปัจจัย (Treatment combination) ประกอบด้วย

1. a1b1 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)
2. a1b2 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)
3. a1b3 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)
4. a2b1 = ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)
5. a2b2 = ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)
6. a2b3 = ใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)

การทดลองมี 6 Treatments combinations

การทดลอง

ขั้นตอนในการปฏิบัติในแปลงทดลอง ขั้นตอนการเตรียมดิน หลังจากไถพรวนและทำแปลง (1x5 เมตร) ทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนทดลองจากแปลงทดลองทั้งหมด โดยแยกตัวอย่างดินตามวิธีการทดลอง หลังจากนั้นทำการใส่ปุ๋ยคอกตามอัตราที่กำหนดไว้สำหรับแปลงทดลองที่ใส่ปุ๋ยคอก (มูลโค) อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะใส่เพียงครั้งเดียวใส่ในขั้นตอนการเตรียมดินทั้งหมด ก่อนทำการปลูกข้าวโพดหวาน

การปลูกข้าวโพดหวาน ระยะปลูก 30 x 75 เซนติเมตร แถวยาว 5 เมตร กว้าง 1 เมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 2 เมล็ด หลังจากเมล็ดงอกแล้วทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น ต่อหลุม การใส่ปุ๋ยจะใส่ 2 ครั้งคือ ครั้งแรกเมื่อข้าวโพดหวานอายุ 17 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีที่ผสมกับซีโอไลท์ตามอัตราส่วนต่าง ๆ ที่เตรียมเอาไว้ คือ 1:0, 1:1 และ 3:1 ใส่ปุ๋ยครั้งที่สองเมื่อต้นข้าวโพดหวานอายุได้ 30 วัน พร้อมทั้งพูนโคนต้นเพื่อเป็นการกำจัดวัชพืช และช่วยพยุงลำต้นข้าวโพด ทำการวัดความสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 และ 40 วัน เก็บตัวอย่างใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาธาตุอาหารหลัก

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเก็บบันทึกข้อมูล

ในการศึกษาทดลองครั้งนี้ ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่

1.1 การบันทึกข้อมูลทั่วไป

1.1.1 วันปลูก

1.1.2 วันที่เมล็ดงอก

1.1.3 วันที่ใส่ปุ๋ย

1.1.4 วันที่ฉีดพ่นสารเคมี

1.1.5 วันออกดอกเกสรตัวผู้ 50%

1.1.6 วันออกดอกเกสรตัวเมีย 50%

1.1.7 การให้น้ำ

1.1.8 วันที่เก็บผลผลิต

1.2 ข้อมูลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ ก่อนและหลังการทดลอง (เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร) ได้แก่

1.2.1 ความพรุนของดิน

1.2.2 ความหนาแน่นรวม

1.2.3 ความหนาแน่นอนุภาค

1.3 ข้อมูลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ก่อนและหลังการทดลอง (เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร) ได้แก่

1.3.1 Total-N

1.3.2 Available-P

1.3.3 Exchangeable-K

1.3.4 pH

1.3.5 CEC

1.3.6 OM

1.4 ข้าวโพดหวาน

1.4.1 ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต

1.4.1.1 ความสูงของลำต้น บันทึกข้อมูลแปลงละ 5 ต้น ซึ่งเป็นต้นที่ใช้วัดการเจริญเติบโตที่อายุ 30 วัน และ 40 วัน โดยวัดจากจุดที่ได้ทำเครื่องหมายเตรียมเอาไว้แล้ว ขึ้นไปจนถึงจุดยอดสุดของต้นข้าวโพดหวาน (จุดนี้วัดจากบริเวณลำต้นที่ชิดผิวดินขึ้นมา 10 เซนติเมตร)

1.4.1.2 เส้นรอบวงของลำต้น บันทึกข้อมูลแปลงละ 5 ต้น เป็นต้นที่ใช้สำหรับวัดเส้นรอบวง โดยใช้จุดวัดเดียวกันกับจุดที่ใช้วัดขนาดความสูงของลำต้น วัดที่อายุ 30 วัน และ 40 วัน

1.4.1.3 จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมด

1.4.2 ข้อมูลด้านผลผลิต

1.4.2.1 น้ำหนักฝักสดเฉลี่ยก่อนปอกเปลือก ทำการบันทึกข้อมูลจำนวนแปลงละ 10 ฝัก

1.4.2.2 น้ำหนักฝักสดเฉลี่ยหลังปอกเปลือก ทำการบันทึกข้อมูลจำนวนแปลงละ 10 ฝัก

1.4.3 ข้อมูลด้านธาตุอาหาร

1.4.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) ในใบข้าวโพดหวาน บันทึกข้อมูลจากแปลงละ 10 ต้น (1 ต้น/ใบ) โดยเก็บจากใบที่ 5 นับจากใบที่อยู่ยอดสุดลงมา ที่อายุ 45 วัน

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ศิริชัย วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่ การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ความสูง ขนาดเส้นรอบวง จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตข้าวโพดหวาน (น้ำหนักฝักสดก่อน และหลังปอกเปลือก) และ ธาตุอาหาร ไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบข้าวโพดหวาน

ส่วนข้อมูลของดินที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปแกรมสำเร็จรูป Statistical Package for the Social Sciences วิเคราะห์เปรียบเทียบ กรณีกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มไม่เป็นอิสระจากกันหรือมีความสัมพันธ์กัน เป็นการทดสอบการเปลี่ยนแปลงก่อนและหลัง ใช้สถิติวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (Average mean) โดยใช้ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งได้แก่ สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความหนาแน่น รวมความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน

สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1. พื้นที่ของ นายอินสอน มอนแสง 116 หมู่ 1 ต.แม่แฝกใหม่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

2. อาคารปฏิบัติการดินและปุ๋ยชั้นสูง ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่

ระยะเวลาทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลอง เดือนมีนาคม 2545

สิ้นสุดการทดลอง เดือนกันยายน 2545

รวมระยะเวลาการศึกษา 7 เดือน

ผลการทดลอง

1. การศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน จากการใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี:ซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน

จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยคอกที่อัตราต่างกันคือ ไม่ใส่ปุ๋ยคอก และใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก/ไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี:ซีโอไลท์ที่อัตราส่วนคือ 1:0, 1:1 และ 3:1 เพื่อดูผลตอบสนองของข้าวโพดหวานด้านการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวาน โดยทำการทดลองแบบแฟกทอเรียลสุ่มตลอด (2x3 Factorial Experiment in Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 6 สิ่งทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ การบันทึกข้อมูลคือ ความสูงของลำต้นที่อายุ 30 และ 40 วัน บันทึกขนาดเส้นรอบวงของลำต้นที่อายุ 30 และ 40 วัน บันทึกจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย และจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ และบันทึกน้ำหนักผักสดข้าวโพดหวานก่อนและหลังปอกเปลือก ได้ผลดังนี้

1.1 ความสูงของลำต้นที่อายุ 30 วัน พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดคือ 57.65 เซนติเมตร โดยวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าคือ 55.52 เซนติเมตร (ตารางที่ 1 ภาพที่ 1) จากการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน จากการวิเคราะห์ พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นสูงสุดคือ 57.48 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 56.96 และ 55.32 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ทั้งสามอัตราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 1 ภาพที่ 1 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 58.72 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับ 57.52 ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 56.72, 56.40, 56.25 และ 53.92 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยา

สัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ความสูงของลำต้นที่อายุ 40 วัน พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 119.18 เซนติเมตร ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่ารองลงมาคือ 117.31 เซนติเมตร (ตารางที่ 2 ภาพที่ 2) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 119.70 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 117.86 และ 117.16 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ทั้งสามอัตรา ไม่ทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 2 ภาพที่ 2 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 119.75 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และ วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 119.65, 119.58, 118.20, 117.52 และ 114.77 เซนติเมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อความสูงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 30 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	56.25	53.92	56.40	55.52[b]
ใส่ปุ๋ยคอก	58.72	56.72	57.52	57.65[a]
เฉลี่ย	57.48	55.32	56.96	
C.V.(%)				4.08
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				*
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

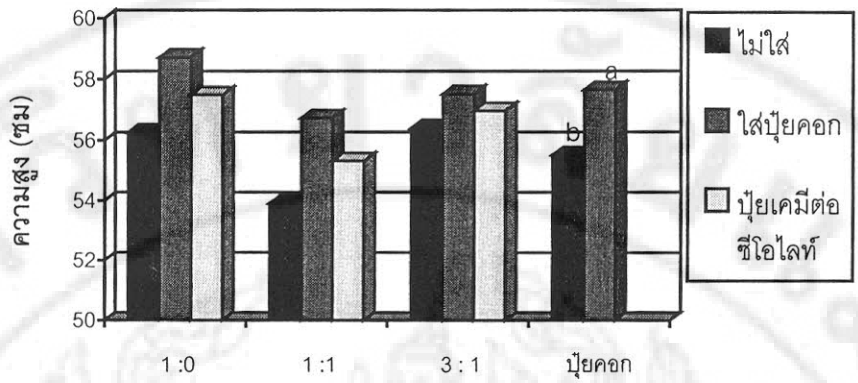
<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอน หรือแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

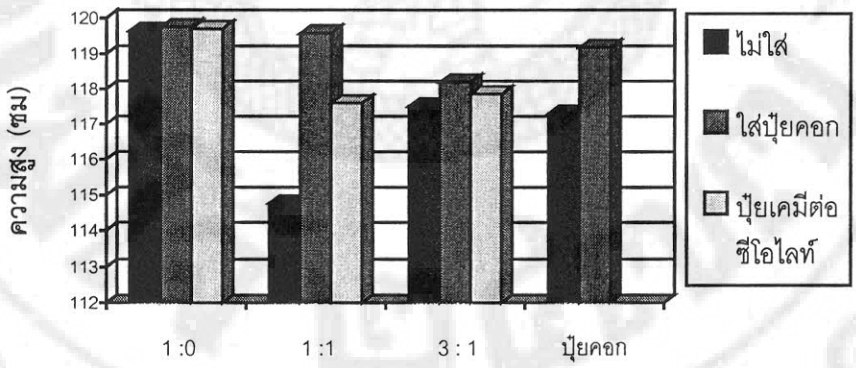
ตารางที่ 2 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อความสูงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	119.65	114.77	117.52	117.31
ใส่ปุ๋ยคอก	119.75	119.58	118.20	119.18
เฉลี่ย	119.70	117.16	117.86	
C.V.(%)				5.35
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 1 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อความสูงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 30 วัน



ภาพที่ 2 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อความสูงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 วัน

1.3 ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นข้าวโพดหวาน ที่อายุ 30 วัน พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าสูงสุดคือ 12.70 เซนติเมตร ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าเท่ากับ 12.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 3 ภาพที่ 3) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 12.72 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 12.60 และ 12.48 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ทั้งสามอัตรา ไม่ทำให้ขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกัน ทางสถิติ

จากตารางที่ 3 ภาพที่ 3 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานสูงสุดคือ 12.85 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 คือ 12.69 ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.58, 12.55, 12.50 และ 12.45 เซนติเมตร ตามลำดับ และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.4 ขนาดเส้นรอบวงของลำต้น ที่อายุ 40 วัน วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานสูงสุด คือ 14.65 เซนติเมตร ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีค่าต่ำกว่า เท่ากับ 14.61 เซนติเมตร (ตารางที่ 4 ภาพที่ 4) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ ไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 14.68 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 14.63 และ 14.60 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ทั้งสามอัตรา ไม่ทำให้ขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 5 ภาพที่ 5 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานสูงที่สุดคือ 14.68

เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 กับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากันคือ 14.67 เซนติเมตร ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับ 14.61, 14.59 และ 14.58 เซนติเมตร ตามลำดับ และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 3 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 30 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	12.58	12.42	12.50	12.50
ใส่ปุ๋ยคอก	12.85	12.55	12.69	12.70
เฉลี่ย	12.72	12.48	12.60	
C.V.(%)				2.18
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.5 จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด โดยวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดของข้าวโพดหวานต่ำสุดคือ 45.67 วัน ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่า เท่ากับ 45.75 วัน (ตารางที่ 5 ภาพที่ 5) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน โดยวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 กับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 45.62 วัน ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าสูงกว่าคือ 45.88 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน ไม่ทำให้จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 5 ภาพที่ 5 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากันกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 โดยมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดของต้นข้าวโพดหวานต่ำสุดคือ 45.50 วัน รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อ ซีโอไลท์ 3:1 กับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 ซึ่งมีค่าเท่ากันคือ 45.75 วัน ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าสูงสุดคือ 46.00 วัน และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.6 จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด โดยวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดของข้าวโพดหวานต่ำสุดคือ 46.83 วัน ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่า เท่ากับ 47.00 วัน (ตารางที่ 6 ภาพที่ 6) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าต่ำสุดคือ 46.75 วัน รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเท่ากับ 46.88 วัน ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าสูงสุดคือ 47.12 วัน จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน ไม่ทำให้จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 7 ภาพที่ 7 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากันกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าต่ำที่สุดคือ 46.75 วัน รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเท่ากับ 47.00 วัน ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 47.50 วัน และพบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	14.67	14.59	14.58	14.61
ใส่ปุ๋ยคอก	14.68	14.67	14.61	14.65
เฉลี่ย	14.68	14.63	14.60	
C.V.(%)				1.82
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 5 แสดงผลของการ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	46.00	45.75	45.50	45.75
ใส่ปุ๋ยคอก	45.75	45.50	45.75	45.67
เฉลี่ย	45.88	45.62	45.62	
C.V.(%)				1.65
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก

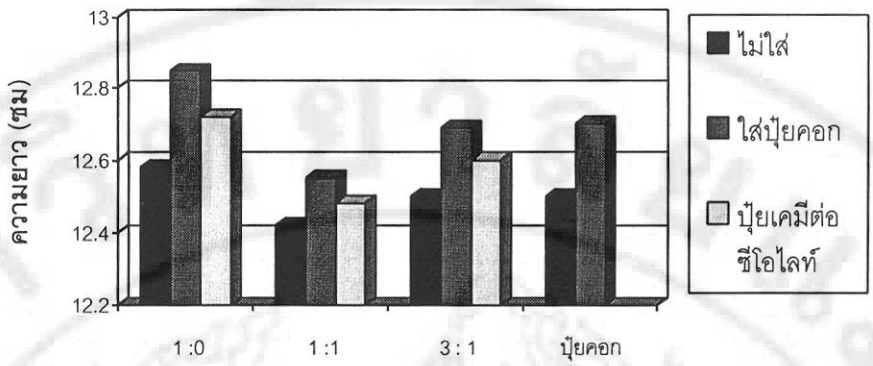
	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	46.75	47.50	46.75	47.00
ใส่ปุ๋ยคอก	47.00	46.75	46.75	46.83
เฉลี่ย	46.88	47.12	46.75	
C.V.(%)				1.59
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

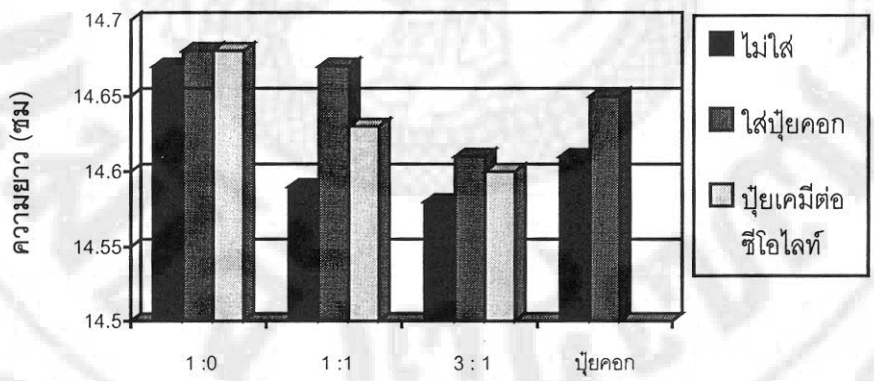
ตารางที่ 7 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก)

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	236.68	239.58	236.55	237.60
ใส่ปุ๋ยคอก	238.72	239.98	239.30	239.33
เฉลี่ย	237.70	239.78	237.92	
C.V.(%)				8.93
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 3 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 30 วัน



ภาพที่ 4 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวานเฉลี่ย (เซนติเมตร) ที่อายุ 40 วัน

1.7 น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือก วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงสุดคือ 239.33 กรัม/ฝัก ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่าคือ 237.60 กรัม/ฝัก (ตารางที่ 7 ภาพที่7) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แนวโน้มวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงกว่า

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าสูงสุดคือ 239.78 กรัม/ฝัก รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับ 237.92 กรัม/ฝัก ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าต่ำสุดคือ 237.70 กรัม/ฝัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกันไม่ทำให้น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 7 ภาพที่ 7 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกสูงที่สุดคือ 239.98 กรัม/ฝัก วิธีการที่มีค่ารองลงมาได้แก่ วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 239.58 กรัม/ฝัก สำหรับวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเฉลี่ย 239.30, 238.72, 236.68 และ 236.55 กรัม/ฝัก ตามลำดับ และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.8 น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานปอกเปลือก วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงสุดคือ 154.86 กรัม/ฝัก ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่า เท่ากับ 152.34 กรัม/ฝัก (ตารางที่ 8 ภาพที่ 8) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่แนวโน้มว่าวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดสูงกว่า

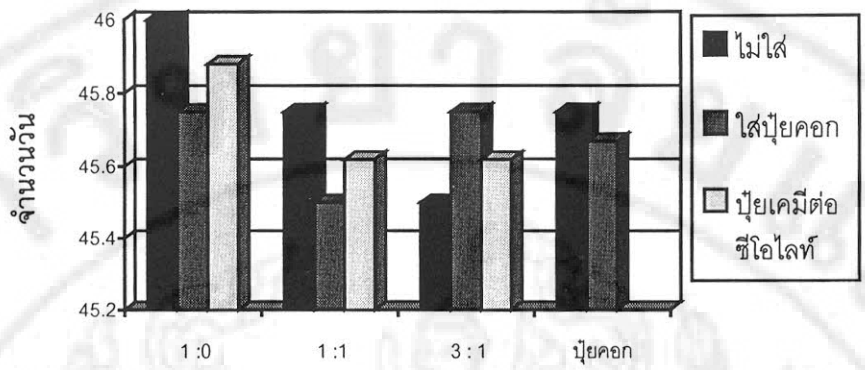
สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าสูงสุดคือ 155.21 กรัม/ฝัก รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับ 153.52 กรัม ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าต่ำสุดคือ 152.08 กรัม/ฝัก จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน ไม่ทำให้น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานปอกเปลือกแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 8 ภาพที่ 8 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานปอกเปลือกสูงที่สุดคือ 156.92 กรัม/ฝัก วิธีการที่มีค่ารองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับ 153.92 กรัม/ฝัก ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ย 153.75, 153.50, 153.12 และ 150.40 กรัม/ฝัก ตามลำดับ และพบว่าการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

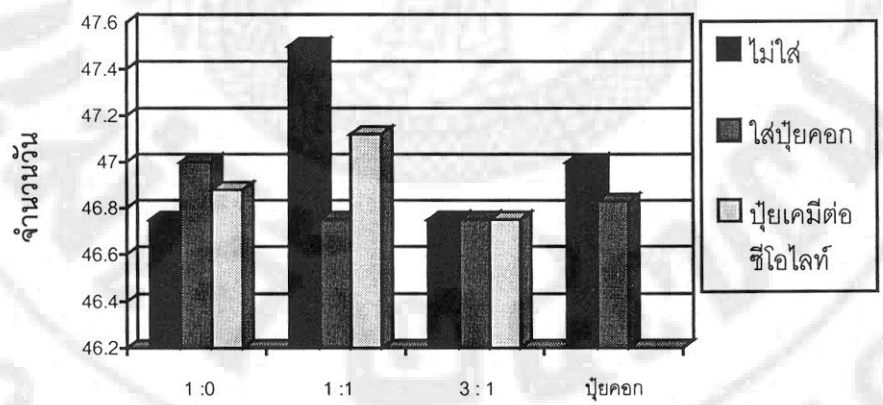
ตารางที่ 8 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดหวานปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก)

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	150.40	153.50	153.12	152.34
ใส่ปุ๋ยคอก	153.75	156.92	153.92	154.86
เฉลี่ย	152.08	155.21	153.52	
C.V.(%)				6.39
LSD .05	(ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)			ns
	(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)			ns
	(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)			ns

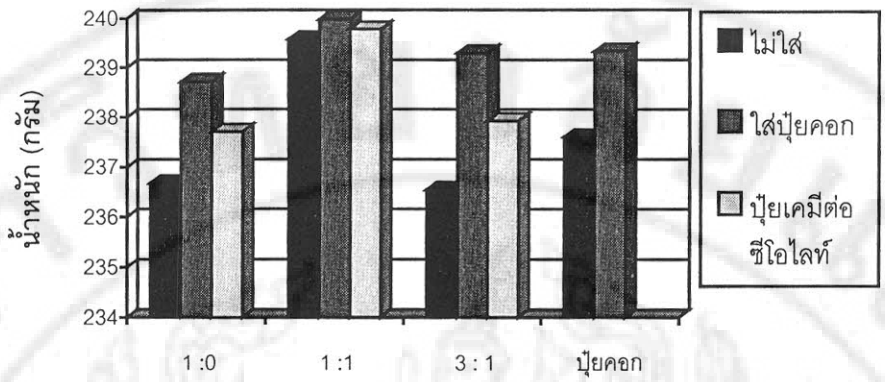
<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



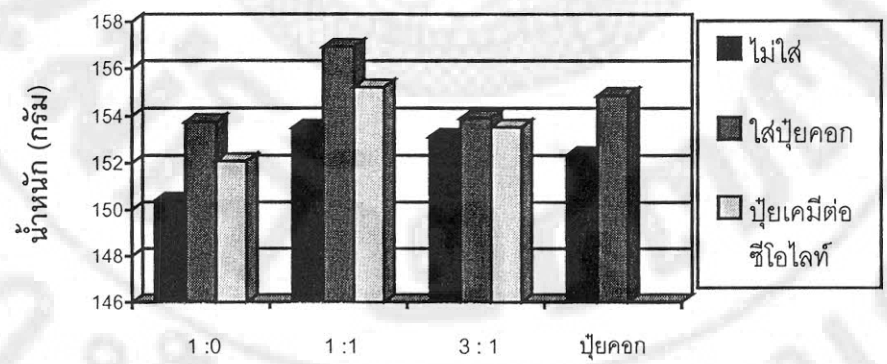
ภาพที่ 5 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก



ภาพที่ 6 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก



ภาพที่ 7 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก)



ภาพที่ 8 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพดหวานปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม/ฝัก)

2. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน จากการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน

จากการศึกษาทดลอง โดยการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน โดยปลูกในแปลงทดลองขนาด 1x5 เมตร ต่อแปลง และได้นำเอาใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน มาวิเคราะห์หาธาตุอาหารหลัก (N P K) การวิเคราะห์ทางเคมีเป็นการวิเคราะห์หาปริมาณ (Total-N, Total-P และ Total-K) ในใบข้าวโพดหวาน ซึ่งได้ผลดังนี้

2.1 ไนโตรเจน โดยวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าคือ 4.39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่า เท่ากับ 3.03 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9 ภาพที่ 9) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าสูงสุดคือ 3.74 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 3.73 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าต่ำสุดคือ 3.66 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสิถิติพบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกันไม่ทำให้ค่าของไนโตรเจนแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 9 ภาพที่ 9 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 4.44 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 4.42 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเฉลี่ย 4.30, 3.05, 3.04 และ 3.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ฟอสฟอรัส วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าคือ 0.392 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่า เท่ากับ 0.372 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10 ภาพที่ 10) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 กับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 0.385 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธี

การใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าต่ำสุดคือ 0.375 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน ไม่ทำให้ค่าของไนโตรเจนแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 10 ภาพที่ 10 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 กับวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการ ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือ 0.400 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเท่ากับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 คือ 0.375 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.370 เปอร์เซ็นต์ และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกไม่มีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3 โพแทสเซียม วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ให้ค่าเฉลี่ยสูงกว่าคือ 5.66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีค่าต่ำกว่า เท่ากับ 5.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 11) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 5.48 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.44 เปอร์เซ็นต์ ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าต่ำสุดคือ 5.32 เปอร์เซ็นต์ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราต่างกัน ไม่ทำให้ค่าของโพแทสเซียมแตกต่างกันทางสถิติ

จากตารางที่ 11 ภาพที่ 11 ปรากฏว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าโพแทสเซียมสูงสุดคือ 5.82 และ 5.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการอื่น ส่วนวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 วิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าเฉลี่ย 5.38, 5.27 และ 5.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.11 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 แต่แตกต่างกันกับวิธีการอื่น และพบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันที่ใช้ในการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 9 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณไนโตรเจน เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	3.05	3.04	3.01	3.03[b]
ใส่ปุ๋ยคอก	4.44	4.42	4.30	4.39[a]
เฉลี่ย	3.74	3.73	3.66	
C.V.(%)				2.57
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				*
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอน หรือแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 10 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณฟอสฟอรัส เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน

	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	0.370	0.370	0.375	0.372
ใส่ปุ๋ยคอก	0.400	0.400	0.375	0.392
เฉลี่ย	0.385	0.385	0.375	
C.V.(%)				6.88
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				ns
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns

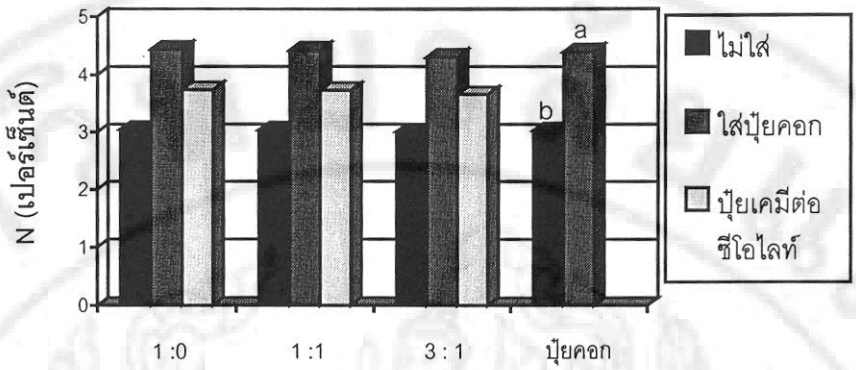
<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณโพแทสเซียม เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน

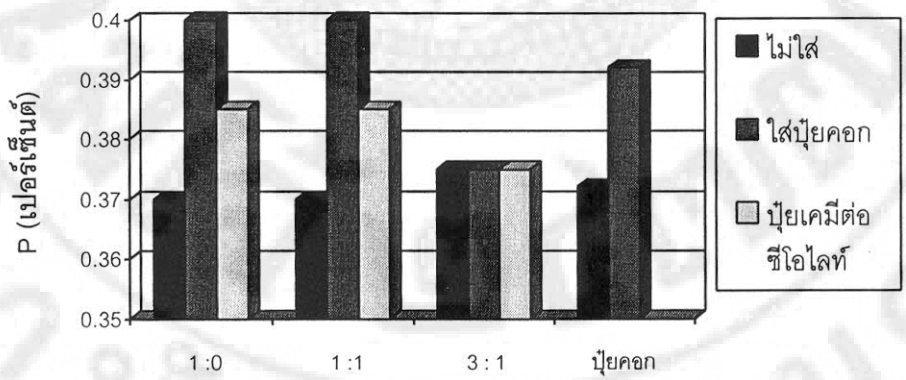
	อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม)			
	1:0	1:1	3:1	เฉลี่ย
ไม่ใส่	5.27[bc]	5.11[c]	5.14[bc]	5.17[b]
ใส่ปุ๋ยคอก	5.38[b]	5.78[a]	5.82[a]	5.66[a]
เฉลี่ย	5.32	5.44	5.48	
C.V.(%)				3.02
LSD .05 (ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก)				*
(ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				ns
(ปฏิกิริยาสัมพันธ์ : ใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์)				*

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายความว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

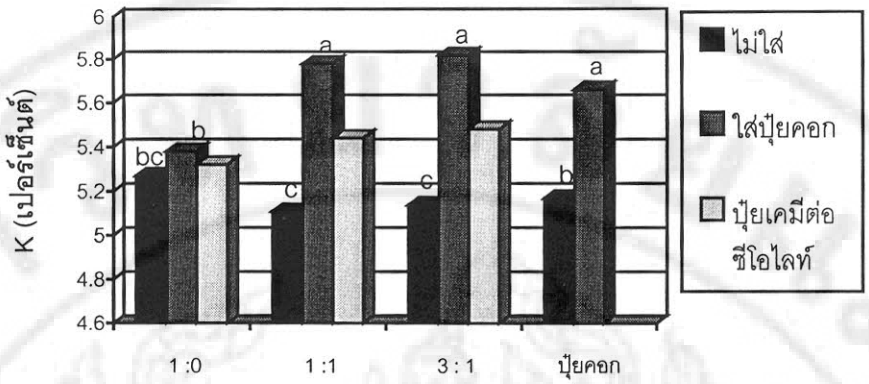
ค่าเฉลี่ยในแนวนอน หรือแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน



ภาพที่ 10 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน



ภาพที่ 11 แสดงผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ต่อปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน

3. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารหลัก สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินบางประการ ก่อนและหลังการทดลอง

การหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งข้อสมมติฐานเพื่อการทดสอบไว้ดังนี้สมมติฐานว่า ธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ของดินบางประการหลังการทดลองดีขึ้นกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ กับไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ในอัตราส่วนที่ต่างกัน คือ 1:0, 1:1 และ 3:1 โดยทดลองกับข้าวโพดหวานพันธุ์ เอ ที เอส – 2 (ATS - 2) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบ ธาตุอาหารหลัก สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินบางประการ ช่วงก่อนและหลังการทดลอง

เคมีและฟิสิกส์ของดิน	ดินก่อนการทดลอง	ดินหลังการทดลอง	จำนวน (N)	t-value	ระดับความแตกต่างทางสถิติ
ไนโตรเจน (%) เฉลี่ย	0.06	0.08	24	3.64	*
ฟอสฟอรัส (mg/kg) เฉลี่ย	732.58	726.38	24	-1.79	ns
โพแทสเซียม (mg/kg) เฉลี่ย	130.02	94.46	24	-5.09	*
อินทรียวัตถุ (%) เฉลี่ย	1.34	1.53	24	2.64	*
ความเป็นกรดด่าง เฉลี่ย	5.70	6.25	24	24.6	*
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg) เฉลี่ย	8.58	9.66	24	2.28	*
ความหนาแน่นรวม (g/cm^3) เฉลี่ย	1.74	1.66	24	-4.02	*
ความหนาแน่นอนุภาค (g/cm^3) เฉลี่ย	2.48	2.49	24	1.93	ns
ความพรุนของดิน (%) เฉลี่ย	30.06	34.25	24	4.36	*

<u>หมายเหตุ</u> : ns หมายถึง non – significance

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากตารางที่ 12 การวิเคราะห์เคมีและฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน พบว่า

ไนโตรเจน ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินก่อนการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.08% และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 0.06% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 12)

ฟอสฟอรัส ในดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินหลังการทดลอง คือ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 726.38 mg/kg และในดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 732.58 mg/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 13)

โพแทสเซียม ในดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินหลังการทดลอง คือ โพแทสเซียมหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 94.47 mg/kg และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 130.02 mg/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 14)

อินทรียวัตถุ ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินก่อนการทดลอง คือ เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.53% และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.34% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 15)

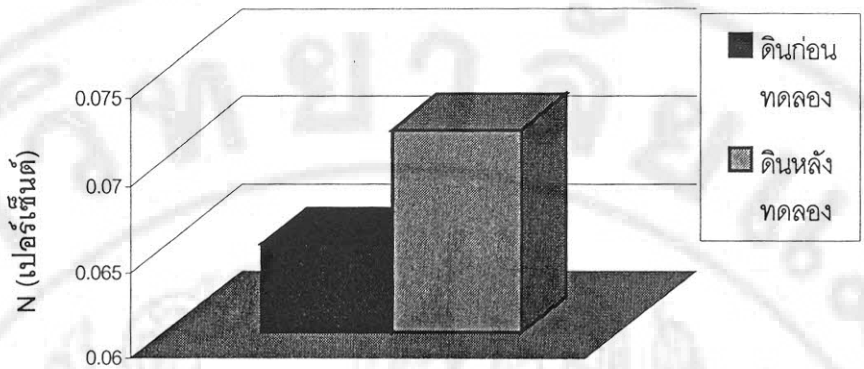
ความเป็นกรดด่าง ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินก่อนการทดลอง คือ ดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 6.25 และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 5.70 ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 16)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินหลังการทดลอง คือ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 9.66 cmol/kg และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 8.58 cmol/kg ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 17)

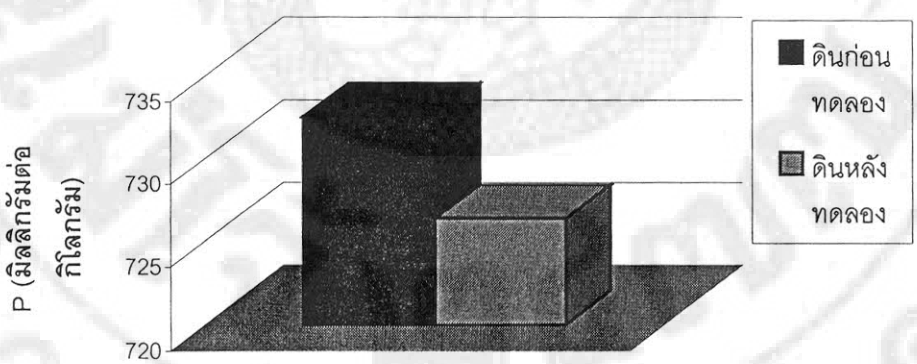
ความหนาแน่นรวม ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าดินก่อนการทดลอง คือ ความหนาแน่นรวม หลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.66 (g/cm^3) และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 1.74 (g/cm^3) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 18)

ความหนาแน่นอนุภาค ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าดินก่อนการทดลอง คือ ความหนาแน่นอนุภาค ก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 2.48 (g/cm^3) และดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 2.49 (g/cm^3) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 19)

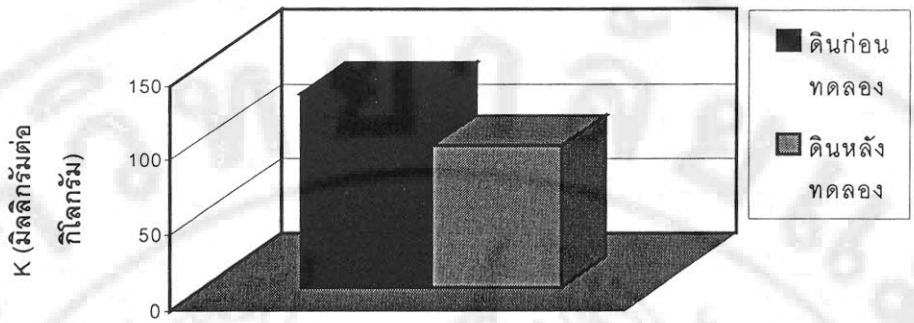
ความพรุนของดิน พบว่า ในดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในดินก่อนการทดลอง คือ ดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ย 34.25% และดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ย 30.06% ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12 ภาพที่ 20)



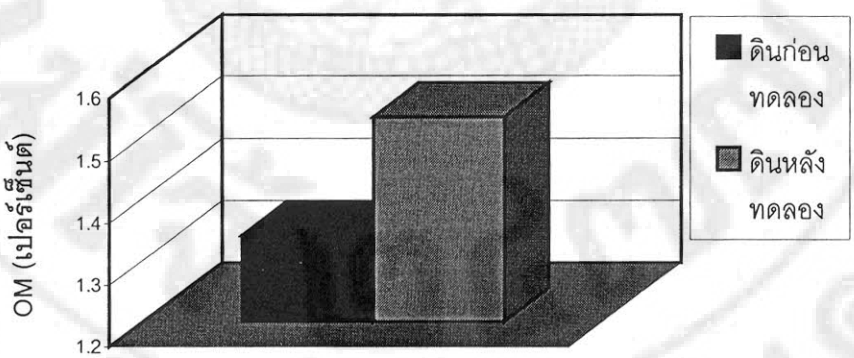
ภาพที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



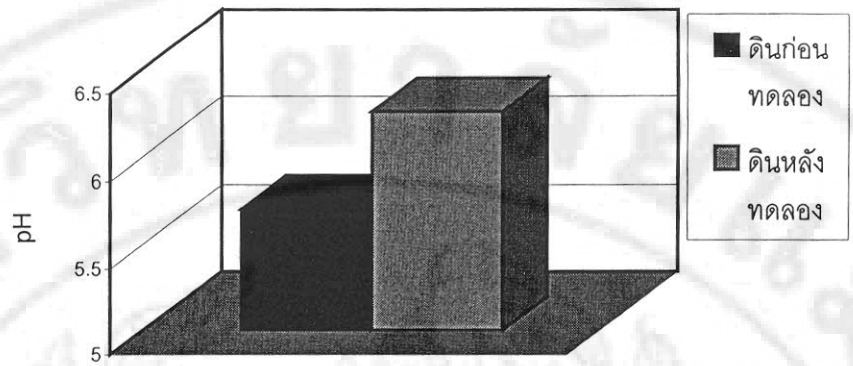
ภาพที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (mg/kg) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



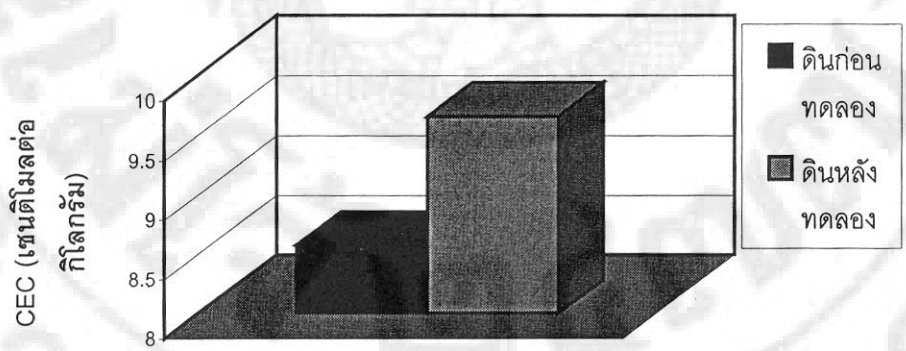
ภาพที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (mg/kg) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



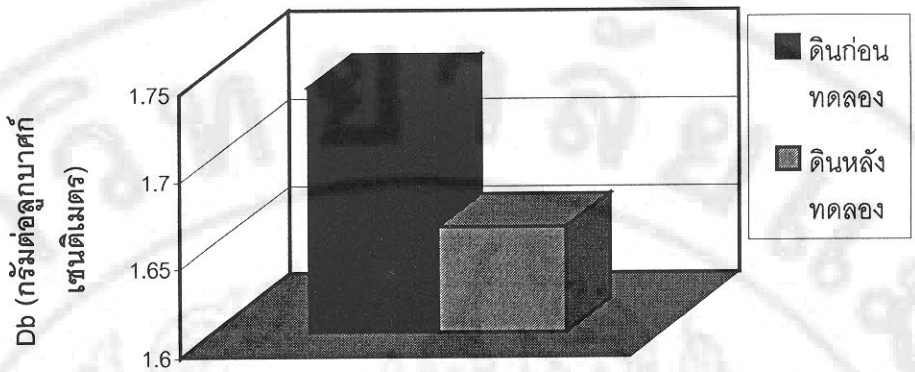
ภาพที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย (%) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



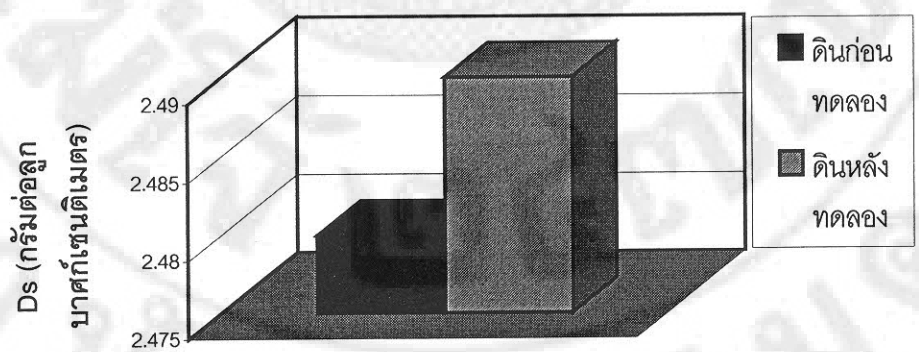
ภาพที่ 16 เปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



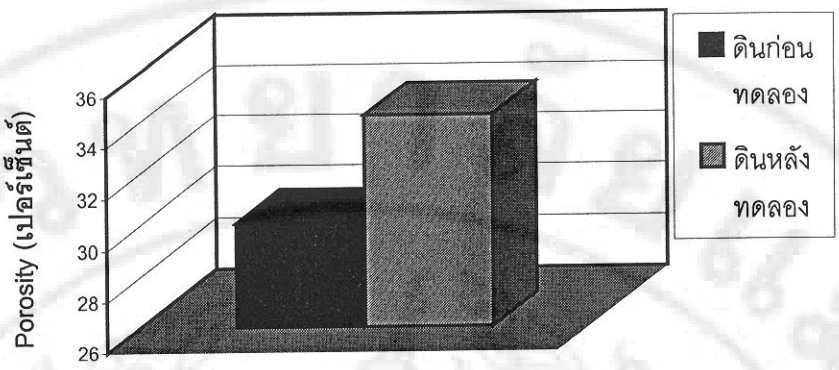
ภาพที่ 17 เปรียบเทียบค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย (cmol/kg) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



ภาพที่ 18 เปรียบค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย (g/cm^3)) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



ภาพที่ 19 เปรียบค่าความหนาแน่นอนุภาคเฉลี่ย (g/cm^3)) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบความพรุนของดินเฉลี่ย (%) ในดินก่อนการทดลองและหลังการทดลอง

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวาน พบว่า จากตารางที่ 1 แสดงความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน กับอัตราการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก จะเห็นได้ว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าความสูงเฉลี่ยมากกว่า ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติ กับวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1

ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 40 วัน พบว่า จากตารางที่ 2 อัตราการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก จะเห็นได้ว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าความสูงเฉลี่ยมากกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการได้รับธาตุอาหารบางส่วนจากปุ๋ยคอก และซีโอไลท์ของต้นข้าวโพดก็ได้ เกษม (2536) กล่าวว่า การใช้ ปุ๋ยคอกมีผลต่อการปรับปรุงดินทั้งในด้านคุณสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวะวิทยาของดิน และในด้านการเพิ่มผลผลิต แต่โดยที่มีธาตุอาหารหลักต่อหน่วยน้ำหนักน้อย ดังนั้นการใส่ ปุ๋ยคอกเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจะต้องใช้ปุ๋ยคอกไม่น้อยกว่า 800-1,000 กก./ไร่ ทวีศักดิ์ (2540) รายงานว่า นอกจากจะใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว การปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยคอก จะช่วยให้กายภาพของดิน และเคมีของดินดีขึ้น ดินจะมีความ อุดมสมบูรณ์ ความร่วน และความสามารถในการอุ้มน้ำดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือจัดหาปุ๋ยคอกใส่ในอัตรา 1 ตันต่อไร่ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) พบว่า ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (Vegetative stage) เริ่มตั้งแต่ Coleoptile โผล่พ้นผิวดินจนถึงระยะออกดอกตัวผู้ รวมเวลา 45-55 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรม และสภาพแวดล้อมของการ เจริญเติบโตโดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิ

ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน จากตารางที่ 3 พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าความสูงเฉลี่ยมากกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อ ซีโอไลท์

1:1 พบว่า ผลของการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ทำให้ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นต้น ข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน แตกต่างกันทางสถิติ

ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 40 วัน จากตารางที่ 4 พบว่า การใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ทำให้ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ แต่วิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีค่าความสูงเฉลี่ยมากกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 และ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดหวาน ซึ่งจะแตกต่างกันไประยะของการเจริญเติบโต คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2523) กล่าวว่า เมื่อข้าวโพดที่แผ่ใบ 8-9 ใบ ที่ระยะนี้จะมีการยืดตัวทางลำต้นอย่างรวดเร็วเป็นระยะที่ความสูงของพืชเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทวีศักดิ์ (2540) พบว่า เมื่อช่อดอกตัวผู้เริ่มโผล่พ้นจากใบธง (ใบสุดท้ายของต้นข้าวโพด) ฝักก็เริ่มจะโผล่จากด้านข้างของลำต้น ในช่วงนี้ต้นข้าวโพดจะโตช้าลง เพราะต้นข้าวโพดพร้อมที่จะผสมเกสร และสร้างเมล็ด

จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด จากตารางที่ 5 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีผลทำให้จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ต่ำกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 กับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 ซึ่งมีค่าเท่ากันมีจำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ต่ำสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0

จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด จากตารางที่ 6 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีผลทำให้จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าเฉลี่ยจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมียต่ำกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมียต่ำสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 ธนพันธุ์ (2537) รายงานว่า หลังจากข้าวโพดงอกโผล่พ้นจากดิน 45 วัน ตอนนี้เกสรตัวเมียเริ่มเบ่งบานออกมามีเส้นไหมตรงส่วนยอดของฝัก ส่วนดอกตัวผู้ก็บานเต็มที่

ผลผลิตของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือก จากตารางที่ 7 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อ

ซีโอไลท์ 1:1 มีค่าผลผลิตของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกสูงสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0

ผลผลิตของข้าวโพดหวานหลังปอกเปลือก จากตารางที่ 8 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าผลผลิตของข้าวโพดหวานหลังปอกเปลือกสูงสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 ผลของซีโอไลท์ต่อการเจริญเติบโตของพืช Fulhage (2000) กล่าวว่า การใส่ปุ๋ยคอกจะทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารตลอด เกิดการเปลี่ยนแร่ธาตุจากอินทรียสารไปเป็นอนินทรียสาร ทำให้ได้ผลผลิตมากระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก Arriaga and Lowery (2001) รายงานว่าการปรับปรุงคุณสมบัติของดินจากการใส่ปุ๋ยคอกระยะยาว ต่อดินที่ถูกกัดกร่อน ช่วยให้เพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวโพดได้

2. ธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน

จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยคอก และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกัน ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน ที่อายุ 45 วัน คือ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน จากตารางที่ 9 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะธาตุอาหารส่วนหนึ่งยังได้มาจากการใส่ปุ๋ยคอกให้แก่พืช อำนวย (2539) กล่าวว่า ในมูลสัตว์จะมีแร่ธาตุอยู่เป็นจำนวนมาก และสามารถนำมาใช้ให้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวะวิทยาของดินได้

เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส จากตารางที่ 10 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในใบข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่าไม่ใส่ปุ๋ยคอก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใสปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ จะเป็นการช่วยเสริมธาตุอาหารให้แก่พืชได้ สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 กับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากัน และมีเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในใบข้าวโพดหวานสูงสุด รองลงมา และไม่แตกต่างกันทางสถิติคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1

นงลักษณ์ (2541) รายงานว่า การใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟต ทำให้ประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารของหินฟอสเฟตดีขึ้น ผลของการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ หินฟอสเฟตเมื่อใส่ร่วมกับซีโอไลท์ทำให้แคลเซียม และฟอสฟอรัสละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น

เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวาน จากตารางภาคผนวกที่ 14 พบว่า วิธีการใส่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยคอกมีค่าสูงกว่า ไม่ใส่ปุ๋ยคอก อาจกล่าวได้ว่าการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ จะทำให้พืชดูดใช้ธาตุโพแทสเซียมได้มากกว่า เพราะว่าทั้งปุ๋ยเคมีซีโอไลท์ และปุ๋ยคอกต่างก็มีธาตุโปแทสเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยไม่มากก็น้อย ปิยะพงศ์ และ ภานุวัฒน์ (2541) กล่าวว่า ซีโอไลท์มีส่วนประกอบของแร่หลายชนิด และมีโพแทสเซียม 2.75% เกษม (2536) รายงานว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอกชนิดต่าง ๆ มูลวัวมี K_2O เท่ากับ 0.80-2.21% สำหรับโพแทสเซียมในปุ๋ยคอกที่ใช้ในการทดลองวิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.16% ไนโตรเจน 1.76% และฟอสฟอรัส 0.52% ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยคอกนั้นจะทำให้พืชได้รับธาตุอาหารอีกทางหนึ่ง สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 และอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 มีค่าต่ำสุด ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างอัตราปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วนต่างกันพบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 มีค่าสูงสุดคือ 5.82% รองลงมาได้แก่ วิธีการใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าเท่ากับ 5.78% และวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1 มีค่าต่ำที่สุดคือ 5.11% ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติ

3. สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนทดลองและหลังการทดลอง

ไนโตรเจนในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดองมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่าดินก่อนการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของปุ๋ยคอกหรือซีโอไลท์ที่ใส่ลงไป ซึ่งสอดคล้องกับ Huang and Petrovic (1994) รายงานว่า จากการทดลองกับดินทราย พบว่า ประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเพิ่มซีโอไลท์ลงไปในดิน นงลักษณ์ (2541) รายงานว่า การใส่ซีโอไลท์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ N ถูกชะล้างน้อยกว่าการ

ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว คือ การชะล้าง N ลดลงประมาณ 25 เท่า ด้วยเหตุนี้การใส่ซีโอไลท์จึงทำให้ N เหลืออยู่ในดินจำนวนมาก

ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 ไม่มีผลทำให้ ปริมาณฟอสฟอรัสในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัส (mg/kg) สูงกว่าดินหลังการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช หรืออาจมาจากกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินก็ได้ สมชาย (2535) กล่าวว่า อิออน Al, Fe, Mn, Ca โดย $H_2PO^-_4$ และ HPO^-_2 ที่ละลายน้ำได้ดีจะทำปฏิกิริยากับอิออนเหล่านี้ที่อยู่ในสารละลายดิน หรือที่ดูดยึดไว้กับผิวอนุภาคดินทำให้กลายเป็นสารฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ ส่วนแร่ดินเหนียวสามารถทำปฏิกิริยากับ $H_2PO^-_4$ และ HPO^-_2 ให้กลายเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ไพบูลย์ (2530) พบว่าว่า การดูดยึด และการดูดตรึงฟอสเฟตโดยคอลลอยด์ดินเป็นไปทั้งแบบ Non-specific Adsorption (การดูดซับโดยประจุลบ หรือแอนไอออนจะถูกดูดซับโดยคอลลอยด์ ณ ตำแหน่งที่มีประจุบวกด้วยปริมาณที่สมมูลที่เท่ากัน) และการดูดซับแบบ Specific Adsorption ดังนั้นการดูดยึดของฟอสเฟตอาจถือว่าเป็นทั้งขบวนการดูดซับ และขบวนการดูดซึม) ฟอสเฟตที่ถูกดูดยึดโดยขบวนการดังกล่าวนี้เรียกว่า Sorbed-P ซึ่งปริมาณฟอสเฟตนี้จะสามารถละลายได้ในน้ำที่เป็นกรดอย่างเจือจาง และถือว่าอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (Available-P) เมื่อระยะเวลานานขึ้น Sorbed-P มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ยาก เช่น ฟอสฟอรัสอาจเข้าไปแทนที่ซิลิก้อนในโครงสร้างเตทตระฮีดรอนของแร่

ปริมาณโพแทสเซียมในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมสูงกว่าดินหลังการทดลอง ปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลองลดลงค่อนข้างมาก อาจเป็นไปได้ว่าธาตุโพแทสเซียมส่วนหนึ่งพืชดูดเอาไปใช้ในการเจริญเติบโต จากการวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวาน พบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ อัตราส่วน 1:1 และ 3:1 มีเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมสูงกว่าวิธีการที่ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0 ทั้งนี้อาจมาจากการดูดซับโพแทสเซียมโดยซีโอไลท์เอาไว้ และจะปลดปล่อย ธาตุอาหารช้า ๆ ให้แก่พืชดูดนำไปใช้ จึงน่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โพแทสเซียมในดินหลังการทดลองลดลง หรือการถูกชะล้างได้ค่อนข้างง่าย หรือการถูกตรึงไว้ในโครงสร้างของอนุภาคดิน และอาจมาจากปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งผลที่ได้ขัดแย้งกับ นงลักษณ์ (2541) กล่าวว่า การใช้ซีโอไลท์

ร่วมกับหินฟอสเฟต ในดินกรดจัดที่มีปัญหาความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่พืชใช้ประโยชน์ได้ไม่เพียงพอ ตลอดจนโพแทสเซียม และแคลเซียมอยู่ในระดับที่เกือบถึงจุดวิกฤต การใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟตทำให้ประสิทธิภาพการปลดปล่อยธาตุอาหารของหินฟอสเฟตดีขึ้น แคลเซียมในหินฟอสเฟตสามารถละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ นอกจากทั้งสองธาตุนี้แล้วการใช้ซีโอไลท์ร่วมกับหินฟอสเฟตยังทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น สมชาย (2535) รายงานว่า เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ลงในดินทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ส่วนหนึ่งของมันจะเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบของแร่ดินเหนียวเข้าไปถูกตรึงในหลืบของอนุภาคแร่ดินเหนียวโพแทสเซียมส่วนนี้จึงไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช พืชไม่สามารถดูดกินได้โดยขบวนการแลกเปลี่ยนอิออนตามปกติ การที่อิออนที่แลกเปลี่ยนได้ของโพแทสเซียมถูกตรึงอยู่ในหลืบของแร่ดินเหนียวเหมือนกับเป็นองค์ประกอบของแร่ดินเหนียวนี้เรียกว่า (Potassium fixation)

เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุสูงกว่าดินก่อนการทดลอง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยคอกให้แก่ดิน หรืออาจเป็นการสะลายตัวของอินทรียวัตถุที่อยู่เดิมตามธรรมชาติ Anderson and Domasch (1980) กล่าวว่า อินทรียวัตถุในดินหมายถึงสารอินทรีย์ในดินที่ได้มาจากซากพืช-สัตว์ และจุลินทรีย์ที่กำลังเน่าสลาย และเน่าสลายแล้ว เซลล์หรือเนื้อเยื่อของจุลินทรีย์ที่ยังมีชีวิตอยู่ก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของอินทรียวัตถุในดินเช่นกัน ซึ่งมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 0.27 ถึง 4.8% โดยน้ำหนักในดินชั้นบน ดินชั้นบนของพื้นที่การเกษตรทั่วไปมี อินทรียวัตถุ ระหว่าง 1-5% โดยน้ำหนักเท่านั้น บทบาทของอินทรียวัตถุต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือเป็นแหล่งธาตุอาหารจำเป็นทุกธาตุ เนื่องจากอินทรียวัตถุทั้งหมดมีต้นกำเนิดมาจากพืช ซึ่งพืชจะเติบโตได้ดีต้องดูดธาตุอาหารจำเป็นต่าง ๆ มาสะสมอยู่ในต้นอย่างครบถ้วน ดังนั้นเมื่อพืชตายไปซากพืชก็ย่อมมีธาตุอาหารที่พืชรุ่นต่อไปต้องการอย่างครบถ้วนเช่นกัน Parham *et al.*, (2002) รายงานว่าจากผลระยะยาวของการใช้ปุ๋ยคอกต่อระดับฟอสฟอรัสในดิน คาร์บอนจาก มวลจุลินทรีย์ ดีไฮโดรจีเนส (Dehydrogenase) และปฏิกิริยาฟอสฟอรัส ปริมาณไนโตรเจน และอินทรีย์วัตถุในดินที่เพิ่มขึ้นเป็นที่น่าพอใจ ถึงแม้ผลการศึกษาจะไม่ชัดเจนจากทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยคอกเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่ใส่ปุ๋ยเคมีในดิน

ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรดด่างในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้ ความเป็นกรดด่างในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดด่างสูงกว่าดินก่อนการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Evanylo (1996) กล่าวว่า จากการทดลองใส่ปุ๋ยคอกมูลโค กากฝ้าย ปุ๋ยคอกชนิดอื่น ร่วมกับปุ๋ยเคมี (33.5-0-0 N, 0-46-0 P, 0-0-60 K) พบว่า การปรับปรุงดินด้วยอินทรียสารมี แนวโน้มทำให้ความเป็นกรดด่าง และคาร์บอน สูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดด่างในดิน อาจมาจากประจุลบของอินทรียสารจะจับกับประจุบวกของธาตุอาหารในดิน ดังนั้นดินที่ใส่ อินทรียวัตถุน่าจะช่วยลดการชะล้างธาตุอาหารประจุบวกลงได้ค่าความเป็นกรดด่างเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ผลการทดลองไม่มีผลต่อค่าความหนานแน่นรวมของดินในปีแรก

ผลการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน จากตารางที่ 17 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้ ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยของค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงกว่าดินก่อนการทดลอง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลาย ๆ อย่าง สมชาย (2535) พบว่า ความจุในการแลกเปลี่ยนอิออนบวกของดินชนิดหนึ่ง ๆ จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณ และชนิดของแร่ดินเหนียว และขุ๋ยอินทรีย์ในดินนั้น ๆ นอกจากนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ และชนิดของคอลลอยด์แล้ว ของดินยังขึ้นอยู่กับระดับความเป็นกรดของดินอีกด้วย ปริมาณประจุไฟฟ้าลบของคอลลอยด์ดินทุกชนิด ยกเว้นแร่ดินเหนียวซิลิเกตประเภท 2:1 ผันแปรตามระดับความเป็นกรด เมื่อ pH ของดินสูงขึ้น คอลลอยด์พวกนี้มีประจุลบมากขึ้นทำให้ดินมี CEC มากขึ้นตามไปด้วย

ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้ความหนาแน่นรวมในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดลอง มีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินก่อนการทดลอง สอดคล้องกับ Bowen (1981) กล่าวว่า โดยทั่วไปดินเนื้อละเอียดมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินเนื้อหยาบ ทั้งนี้เพราะดินเนื้อละเอียดมีความพรุนหรือปริมาตรช่องว่างรวมทั้งหมดมากกว่าดินเนื้อหยาบ โดยทั่วไปแล้วดินเนื้อละเอียดมีความหนาแน่นรวมระหว่าง 1.0-1.3 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนดินเนื้อหยาบมีค่าระหว่าง 1.2-1.7 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร Cihacek (1997) รายงานว่า การเปลี่ยน

แปลงสภาพทางฟิสิกส์ของดิน (ดินที่เคยทำการเพาะปลูกมาแล้ว) เริ่มแรกที่สังเกตได้ในฤดูใบไม้ร่วงปี 1996 คือ จากค่าสังเกต จะเห็นได้ว่า ปุ๋ยคอกที่ใส่ลงไปในแปลงทดลองนั้นสรุปว่าดีมาก โดยค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยคอก

ค่าความหนาแน่นอนุภาคในดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 ไม่มีผลทำให้ความหนาแน่นอนุภาคในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินก่อนการทดลองมีค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินหลังการทดลอง สมชาย (2535) กล่าวว่า ความหนาแน่นอนุภาคของดินโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของาวนที่เป็นของแข็งในดิน แร่ที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของแร่ ได้แก่ ควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ และแร่ดินเหนียว มีความหนาแน่นอนุภาคระหว่าง 2.60-2.75 กรัม/มล. ความหนาแน่นอนุภาคของดินแร่ชนิดหนึ่ง ๆ อาจจะมากกว่า 2.70 กรัม/มล. ก็ได้ ถ้าหากดินนั้นประกอบด้วยแร่ที่มีความหนาแน่นสูง ในทางตรงกันข้ามแร่ที่มีอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบมาก เช่น ดินชั้นบน หรือชั้นผิวของดินในป่าธรรมชาติ อาจมีความหนาแน่นอนุภาคเพียง 2.4 กรัม/มล. ก็ได้

เปอร์เซ็นต์ความพรุนของดิน จากตารางที่ 12 พบว่า จากวิธีการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความพรุนในดินก่อนทดลอง และหลังการทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินหลังการทดลองมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความพรุนสูงกว่าดินก่อนการทดลอง ทวีศักดิ์ (2540) รายงานว่า การปรับปรุงบำรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ปุ๋ยพืชสด และปุ๋ยคอก จะช่วยให้กายภาพของดิน และเคมีของดินดีขึ้น คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า ในเชิงปฏิบัติความพรุนช่องบรรจุอากาศจะลดลงเมื่อดินนั้นได้รับน้ำจากฝนหรือชลประทาน และเมื่อดินสูญเสียน้ำไปจะด้วยการระบายน้ำลงสู่ส่วนลึก หรือการระเหยน้ำจากผิวดินสู่บรรยากาศ ความพรุนช่องว่างบรรจุอากาศจะเพิ่มขึ้น งานทดลองที่ทำกับพืชไร่ชี้ว่าความพรุนช่องอากาศ ตั้งแต่ 0.10 หรือ 10% ขึ้นไปจะมีความจุอากาศ และการระบายอากาศที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช พฤษภะ (2542) พบว่า ปุ๋ยคอกนอกจากจะให้ธาตุอาหารตามธรรมชาติแก่พืชทั่ว ๆ ไปแล้ว ผลประโยชน์อีกหลายประการของปุ๋ยคอกก็คือ ช่วยปรับปรุงคุณภาพของดิน ทำให้ดินร่วนซุย ต้นกล้าเติบโตเร็ว เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน มีแนวโน้มดีขึ้นกว่าดินก่อนการทดลอง เมื่อประเมินค่าโดยรวม ถือว่าผลของการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่

ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตรา 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีกับฟิสิกส์ของดินได้ดีในระดับหนึ่ง จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ทำให้ต้นข้าวโพดหวานดูดใช้ธาตุอาหารได้ดีกว่าวิธีการที่ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อย่างเดียว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากพืชได้รับธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยคอกได้อีกทางหนึ่ง แม้ว่าผลของการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตรา 1:0, 1:1 และ 3:1 จะไม่มีผลทำให้การเจริบเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างกันก็ตาม แต่คาดว่าในระยะยาวแล้ว น่าจะมีผลต่อการตอบสนองของพืชได้

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ สรุปได้ดังนี้

1. การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวาน

พบว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีผลทำให้ ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้ความสูงของลำต้นที่อายุ 40 วัน ขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 30 วัน ขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 40 วัน จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือก และน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก แตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนอัตราปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:0, 1:1 และ 3:1 ไม่มีผลทำให้ ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 40 วัน ขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 30 วัน ขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 40 วัน จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมด น้ำหนักฝักสดก่อนปอกเปลือก และน้ำหนักฝักสดหลังปอกเปลือก แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยเคมีต่อ ซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:0 ทำให้ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 30 วัน ความสูงของลำต้นข้าวโพดหวานที่อายุ 40 วัน ขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 30 วัน และขนาดเส้นรอบวงที่อายุ 40 วัน มีค่ามากที่สุด

สำหรับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:1 มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักฝักสดก่อนและหลังปอกเปลือกสูงสุด และจำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดต่ำสุด ซึ่งมีค่าเท่ากันกับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 3:1 ส่วนอัตราปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 3:1 มีแนวโน้มทำให้จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดต่ำสุด เมื่อพิจารณาถึงราคาปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก สารซีโอไลท์ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานแล้ว วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1 (ปุ๋ยสูตร 30-0-0; 20 กิโลกรัม ต่อ ซีโอไลท์ 6.67 กิโลกรัม, ปุ๋ยสูตร 18-6-6; 30 กิโลกรัม ต่อ ซีโอไลท์ 10 กิโลกรัม จากการใส่ปุ๋ยทั้งสองครั้ง) มีความ

เหมาะสมที่สุด เพราะให้ผลตอบแทนสูงสุด อย่างไรก็ตามผลการทดลองครั้งนี้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจในทางเศรษฐกิจ

2. **ธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน**

ปริมาณธาตุอาหารหลักในใบข้าวโพดหวาน การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก มีผลทำให้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน แตกต่างกันทางสถิติ

อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:0, 1:1 และ 3:1 ไม่มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน แตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณา พบว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:0 และ 1:1 มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน และเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสสูงกว่า อัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) ที่อัตราส่วน 3:1

สำหรับการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ กับไม่ใส่ปุ๋ยคอกมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (กิโลกรัม) 1:0, 1:1 และ 3:1 ต่อเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาจากการนำปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และสารซีโอไลท์มาใช้ร่วมกันพบว่า ต้นข้าวโพดหวานสามารถดูดใช้ธาตุอาหารหลักได้ดีกว่าวิธีการที่ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ และวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

3. **สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนทดลองและหลังการทดลอง**

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังการทดลอง ซึ่งได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ความหนาแน่นรวม ความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน ได้ผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ กับไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ความเป็นกรดเป็นด่าง เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ในดินหลังการทดลองเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ สำหรับโพแทสเซียมในดินหลังการทดลองมีค่าลดลงจากดินก่อนการทดลอง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัส พบว่า ในดินหลังการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสลดลงจากดินก่อนการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1 มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมในดินหลังการทดลองลดลงจากดินก่อนการทดลอง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความพรุนของดินหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นจากดินก่อนการทดลอง ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับค่าความหนาแน่นอนุภาคในดินก่อนการทดลองมีค่าต่ำกว่าในดินหลังการทดลอง แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มทุนจากการทดลอง พบว่า วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตรา 3:1 ให้ผลกำไรสูงสุด แสดงว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ไม่มีผลช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์กับผลผลิตข้าวโพดหวานได้ และผลผลิตทั้ง 6 วิธีการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มทุน การใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตรา 3:1 มีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าวิธีการอื่น ทำให้มีผลกำไรสูงกว่า ดังนั้นวิธีการทดลองนี้มีความเหมาะสมที่สุดในทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามการทดลองครั้งนี้ได้ปลูกข้าวโพดหวานเพียงครั้งเดียวเท่านั้น ถ้าจะให้เห็นผลที่ชัดเจน หากมีการทดลองครั้งใหม่ควรทำการปลูกข้าวโพดหวานอย่างน้อย 2 ครั้งติดต่อกัน น่าจะทำให้เห็นถึงความแตกต่างกันได้ดียิ่งขึ้น

จากผลของการทดลอง สมควรที่จะนำปุ๋ยคอกมาใช่ร่วมกับปุ๋ยเคมีและซีโอไลท์ ถ้าหากไม่ใช้ซีโอไลท์ การใส่ปุ๋ยคอกกับปุ๋ยเคมีจะทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีลดลง เนื่องจากไม่มีซีโอไลท์มาจับกับปุ๋ยเคมี ทำให้ปุ๋ยถูกชะล้าง หรือระเหยได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะวิธีการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำสุด ธาตุอาหารที่ใส่ลงไปจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ส่วนปุ๋ยคอกที่ใส่ลงไปในดินจะมีการสลายตัวเร็ว ทั้งนี้มาจากดินในประเทศไทยเป็นดินเขตร้อนปฏิกิริยาการสลายตัวเกิดขึ้นได้ดี และปุ๋ยคอกที่ใส่ส่วนใหญ่จะประสงค์ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินมากกว่าสมบัติทางเคมีของดิน ควรหาอัตราการใส่ปุ๋ยคอกที่เหมาะสมแก่สภาพดิน Roy (2001) กล่าวว่าผลของการจัดการธาตุอาหารโดยใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีกับมันฝรั่ง จากการปลูกพืชติดต่อกัน 5 ครั้งพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (150%N) ร่วมกับปุ๋ยคอก 30 ตันต่อเฮกตาร์ สามารถเพิ่มไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในดินสูงสุดคือ 3,063 และ 647 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และยังพบว่า การปลูกพืชติดต่อกัน 5 ครั้ง เกิดการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่อง

ทำให้โพแทสเซียมในรูป HNO_3^--K มีมากกว่าวิธีการอื่น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,142 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของดิน

สำหรับการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวาน ผลของการใส่ปุ๋ยคอกร่วมการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ พืชอาจไม่ตอบสนองโดยตรง แต่อาจจะเห็นได้ในระยะยาว และควรมีการทดลองในดินเนื้อหยาบ เนื่องจากในดินเนื้อละเอียดมีธาตุอาหารที่ตกค้างจากการปลูกพืชก่อนหน้านี้มากกว่าดินเนื้อหยาบ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซีโอไลท์พืชอาจจะไม่ตอบสนอง เพราะพืชได้รับธาตุอาหารที่ตกค้างในดินไปด้วย และในดินเนื้อละเอียดมีธาตุต่าง ๆ โดยรวมมากกว่าดินเนื้อหยาบ ซึ่งดินเนื้อหยาบธาตุอาหารพวกแคทไอออนถูกชะล้างไปจากพื้นที่ได้ง่ายกว่า ถ้าหากมีการทดลองในดินเนื้อหยาบการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์น่าจะทำให้ธาตุอาหารที่ใส่ลงไปถูกชะล้างได้น้อยเพราะจะจับกับซีโอไลท์ จึงทำให้ธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาช้า ๆ พืชสามารถดูดนำไปใช้ได้นานอาจจะเห็นผลการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยเคมีกับซีโอไลท์ได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับสารซีโอไลท์ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ ทำให้ทราบถึงความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก และสารซีโอไลท์ที่นำมาใช้ร่วมกันมีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของต้นข้าวโพดหวาน จากการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในใบข้าวโพดหวานมีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ มีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารดังกล่าวมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์อัตราส่วนต่าง ๆ แต่เพียงอย่างเดียว ยังพบว่าสมบัติทางเคมีของดิน อินทรียวัตถุ ความเป็นกรดเป็นด่าง และค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ ค่าความหนาแน่นรวม ค่าความหนาแน่นอนุภาค และความพรุนของดิน มีแนวโน้มไปในทางบวก อย่างไรก็ตามอัตราส่วนปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ หรือจะเป็นอัตราการใส่ปุ๋ยคอก ที่ใช้ในการทดลองนั้นอาจจะยังไม่เหมาะสมก็ได้ คือ อัตราส่วนต่อปุ๋ยเคมีควรมีมากกว่านี้เพื่อจะให้เห็นถึงความแตกต่าง หรืออาจกำหนดอัตราซีโอไลท์เอาไว้ โดยใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ ร่วมกับซีโอไลท์ 1 อัตรา หรือใส่ปุ๋ยเคมี 1 อัตรา ร่วมกับซีโอไลท์อัตราต่าง ๆ ซึ่งอาจจะทำให้เห็นถึง ผลของความแตกต่าง จากการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับซีโอไลท์ได้ดียิ่งขึ้น ส่วนปุ๋ยคอกน่าจะใส่อัตราที่มากกว่านี้ เพราะในดินเขตร้อนการสลายตัวของอินทรียวัตถุค่อนข้างเร็วทำให้เป็นประโยชน์ต่อดินและพืชน้อย ดังนั้นควรมีการทดลองศึกษาเพิ่มเติมในด้านอัตราส่วน หรือหาปริมาณที่ใช้ให้เหมาะสม เพื่อประสิทธิภาพในการใช้ และความคุ้มทุน ปิยะพงศ์ และ ภานุวัฒน์ (2541) กล่าวว่า ซีโอไลท์สามารถคลุกผสมกับปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ในอัตราส่วนตั้งแต่ 1:3 ขึ้นไปจนถึง 1:5 แล้วแต่ชนิดของพืช หรือใช้ซีโอไลท์หว่านลงในทรงพุ่ม หรือแปลงปลูกพืชโดยตรงในอัตราตั้งแต่ 20 กิโลกรัมต่อไร่ ขึ้นไปจนถึง 40 กิโลกรัมต่อไร่ การนำซีโอไลท์ไปใช้ร่วมกับปุ๋ยในพืชต่าง ๆ เห็นผลค่อนข้างชัดเจนพอสมควร โดยเฉพาะเรื่องความแข็งแรงทนทานต่อโรคแมลง ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนเรื่องการใช้ปุ๋ยได้ถึง 3 เท่าตัวของการใช้ปกติ ลดการใช้สารเคมีในนาข้าวได้

การทดลองครั้งนี้ พบว่า การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวานไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการทดลอง ส่วนหนึ่งอาจมาจากแผนการทดลองที่ใช้ เนื่องจากแผนการทดลองที่ใช้ครั้งนี้เป็นแบบแฟกทอเรียล (Factorial) สุ่มสมบูรณ์ ถึงแม้ว่าจะมีการวิเคราะห์สภาพพื้นที่โดยทั่วไป สมบัติทางด้านฟิสิกส์ และเคมีของดินว่าไม่มีความแตกต่างกันแล้วก็ตาม แต่ก็ไม่อาจสามารถลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่นลงได้ เช่น อุณหภูมิ โรคและแมลง ปริมาณน้ำฝน ทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนสูง และอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้ทดลองในครั้งนี้ พบว่า มี

ปริมาณไนโตรเจนน้อยเกินไป ในบางวิธีการทดลอง น่าจะมีผลทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารของพืชไม่เต็มที่ ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต ทำให้ผลการทดลองไม่มีความแตกต่างกันระหว่างวิธีการทดลอง เมื่อเทียบกับการเกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวาน (Good Agricultural Practice; GAP) กรมวิชาการเกษตร (2543) รายงานว่า พื้นที่ที่สม่ำเสมอ ความลาดเอียงไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีน้ำท่วมขัง ระดับหน้าดินลึก 25-30 เซนติเมตร ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5-6.8 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต 24-35 องศาเซลเซียส ถ้าดินมีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 สำหรับดินร่วน หรือร่วนเหนียวปนทราย และสูตร 15-15-15 สำหรับดินร่วนปนทราย อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นหลุม เมื่อข้าวโพดหวานอายุได้ 20 วัน ให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 21-0-0 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยข้างต้น หรือข้างแถวแล้วพรวนดินกลบ ดังนั้นถ้ามีการทดลองครั้งต่อไป ควรนำข้อมูลจาก (GAP) มาเทียบก่อนทดลอง จะทำให้พืชตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีที่ใส่ได้อย่างเต็มที่ และควรวางแผนการทดลองที่สามารถลดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทดลองให้ได้มากที่สุด เช่น แผนการทดลองที่มีการสุ่มในบล็อก (Block)

สำหรับสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวโพดหวานเพื่อทำการทดลอง สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการปลูกข้าวโพดหวาน เช่น อุณหภูมิ และแสงในแต่ละวัน ปริมาณฝน เป็นต้น กรมพัฒนาที่ดิน (2543) พบว่า ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ข้าวโพดหวานอาจจะมีปัญหาในการผสมเกสร ทำให้การติดเมล็ดไม่ดี ทวีศักดิ์ (2540) รายงานว่า ผลผลิตข้าวโพดหวานนั้นจะต่ำเมื่อปลูกในเดือนมีนาคม และเมษายน เป็นผลมาจากอากาศร้อนจัด และเดือนสิงหาคม และกันยายน ซึ่งเป็นเพราะฝนตกชุก และข้าวโพดหวานเสียหายบางส่วน การปลูกในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์นั้น จะให้ผลผลิตสูงมาก ฉะนั้นถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการปลูกในช่วงที่มีอากาศร้อน หรือมีฝนชุก อย่างไรก็ตามก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศของแต่ละปีเป็นสำคัญ

แมลงศัตรูพืชพื้นที่ทำการทดลองควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่เคยมีโรคระบาดเกี่ยวกับข้าวโพดหวาน หรือโรคอื่นที่เกิดกับพืชชนิดอื่น แต่สามารถส่งผลต่อการปลูกข้าวโพดหวานได้ เช่น โรคหนอนที่กัดกินต้นมันเทศ หนอนชนิดนี้สามารถอาศัยอยู่ในดินหรือตามกอหญ้าได้ เมื่อเราปลูกข้าวโพดหนอนชนิดนี้ก็จะมากัดกินต้นอ่อนของข้าวโพดโดยเฉพาะช่วงที่กำลังงอกจนถึงต้นข้าวโพดอายุ 3 สัปดาห์ ซึ่งต้องคอยระวัง ดังนั้นการสอบถามประวัติการปลูกพืชในพื้นที่ก่อนการทดลองควรให้ความสำคัญอย่างยิ่ง ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรควบคุมโดยใช้ยาปราบศัตรูพืชป้องกันเอาเอาไว้ขณะที่ต้นกล้างอกได้ 3-6 วัน จนถึงระยะที่สามารถทนต่อการกัดกินของหนอนได้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาที่ดิน. 2541. **การจัดการดินกับพืชเศรษฐกิจ สำหรับเกษตรกร**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 58 น.

_____. 2544. มาตรการวิธีทางพืช. **มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. กรุงเทพฯ: กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 69 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2543. **เกษตรดีที่เหมาะสม สำหรับข้าวโพดหวาน**. กรุงเทพ ฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 26 น.

กรรณิการ์ โตประเสริฐพงศ์. 2543. ซีโอไลท์ในผงซักฟอกและน้ำยาซักผ้า. **เพื่อการบริการคุณภาพ**. 34 (6) : 140-141.

กองสำรวจดิน. 2522. **รายงานการสำรวจความเหมาะสมของดิน ฉบับที่ 204 รายงานการสำรวจดิน จังหวัดเชียงใหม่**. กองสำรวจดิน เขตสำรวจดินที่ 8 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 76 น.

เกษม จันทรุจิรากร. 2536. การใช้ปุ๋ยคอกปรับปรุงบำรุงดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **ชาวเกษตร**. 137 (12): 19-20.

คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2523. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 673 น.

_____. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2536. **การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น

ดุสิต มานะจุติ. 2535. **ปฐพีวิทยาทั่วไป**. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 350 น.

ถนอม คลอดเพ็ง. 2528. **ปฐพีศาสตร์พื้นฐาน**. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 257 น.

ทิพย์วรรณ ปริพัฒนานนท์ และ สมหมาย เชี่ยวศรีสัจจะ. 2541. ซีโอไลท์ลดแอมโมเนียในบ่อกุ้งจริงหรือ. **สัตว์น้ำ**. 106 (9): 95-96.

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. 2531. **พืชไร่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย**. เชียงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 281 น.

ทวีศักดิ์ ภู่หลำ. 2540. **ข้าวโพดหวาน การปรับปรุงพันธุ์การปลูกเพื่อการค้า**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์. 188 น.

ธนพันธุ์ เมธาพิทักษ์. 2537. **ปลูกพืชเศรษฐกิจ**. ม.ป.ท.: สำนักพิมพ์ หอสมุดกลาง 09. 199 น.

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์. 2543. มูลไก่อัดเม็ด : เทคโนโลยีพึ่งตนเอง. **สัตว์เศรษฐกิจ**. 398 (18) : 54.

ธานินทร์ ชัชวัชวิมล. 2530. **การศึกษาเปรียบเทียบปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยคอกที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาพืชไร่ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

นงลักษณ์ วิบูลสุข. 2541. การใช้ซีโอไลท์เป็นสารปรับปรุงดิน. **ดินและปุ๋ย**. 3 (20): 20, 108-109, 110-111,140.

นงลักษณ์ วิบูลสุข และ พวงเล็ก โมรากุล. 2539. ซีโอไลท์ สารเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ย. **เคมีชาวสวน**. 6 (3): 90-92.

นักปฐพี. 2542. ว่าด้วยเรื่อง สารปรับปรุงดินที่สามารถดูดซับปุ๋ยเคมี จริงหรือไม่. **เคหเกษตร**. 1 (23): 197.

บรรพต ตันติเสรี. 2527. **ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น**. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้ เชียงใหม่. 382 น.

ประเสริฐ สองเมือง. 2543. **การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว**. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 84 น.

ปลายปีก. 2541. ซีโอไลท์และแร่เพื่อการปรับปรุงดินทางการเกษตร. **เคหเกษตร**. 1 (22): 151.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2538. **หลักการและวิธีการใช้ปุ๋ยเคมี**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 300 น.

ปิยะพงศ์ กนิฐะสุนทร และ ภานุวัฒน์ ตันติพัฒนาเสรี. 2541. ซีโอไลท์. **ข่าวสารเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**. 3 (43): 67-69, 76.

พงศธร อุ่นจิตต์วรรธนะ. 2535. การใช้ซีโอไลท์ปรับปรุงน้ำเสียและของเสียจากฟาร์ม. **สุกรสาส์น**. 72 (18): 49-51.

พฤษภะ ณ อยุธยา. 2542. **การผลิตพันธุ์ข้าวโพดหวาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ บริษัท เลิฟแอนด์ลิพเพรส จำกัด. 94 น.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงค์. 2530. **เคมีดิน**. เชียงใหม่ฯ: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 190 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. **ธาตุอาหารพืช**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 424 น.

ราเชนท์ ถิรพร. 2539. **ข้าวโพด : การผลิตการใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 274 น.

วนิดา กระจ่างยศ. 2527. **การทดลองอิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาพืชผัก สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

วรพจน์ รัมพณีนิล. 2529. **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ย**. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ดบุคส์. 139, 140, 216 น.

วัลลภ พรหมทอง. 2540. ใช้ปุ๋ยคอก-ปุ๋ยพืชสด ลดต้นทุนในการผลิตพืช. **เทคโนโลยีชาวบ้าน**. 170 (9): 36.

แววตา วาสนานุกุล อภิรดี โกมลศิริ และ ปรัชญา ธัญญาดี. 2531. ปุ๋ยคอก ปุ๋ยอุจจาระ และปุ๋ยมูลค้างคาว. **เกษตรก้าวหน้า**. 2 (3): 35.

ศิริวัฒน์ เรืองผิว. 2536. **การศึกษาอิทธิพลของอินทรียวัตถุ ปุ๋ยคอก ที่มีต่อจุดเหี่ยวถาวรและจุดความจุความชื้นสนามของดินชุดสันทราย**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาพืชผัก สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

สุกัญญา ผิวงาม. 2531. **อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดหวาน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาพืชผัก สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

สมเกียรติ สุวรรณคีรี. 2543. **โรคและแมลงศัตรูพืช การวินิจฉัยโรคพืช และเทคนิคการถ่ายภาพจุลินทรีย์จากกล้องจุลทรรศน์**. เชียงใหม่ฯ: ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 9 น.

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2535. **ปฐพีศาสตร์ประยุกต์**. เชียงใหม่ฯ: ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 444 น.

สุวรรณ พันธุ์ศรี. 2543. ข้าวโพดหวานการเพาะปลูกอย่างถูกวิธี. **เทคโนโลยีชาวบ้าน**. 224 (12): 84.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. ข้าวโพด. **พืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 882 น.

หนึ่งฤทัย. 2539. ซีโอไลท์สารผสมเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ย. **เคมีชาวสวน**. 11 (2): 66-67.

อารีย์วรรณ เหลืองทอง. 2536. **ศึกษาระยะปลูกที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์ซุปเปอร์สวีท**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาพืชไร่ สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

อำนวย กวมทรัพย์. 2539. ระบบการนำเอามูลสัตว์กลับมาใช้ในประเทศญี่ปุ่น. **สัตวบาล**. 36 (6): 35.

Anderson, J.P.E. and K.H. Domasch. 1980. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soil. **Soil Sci.**, 130: 211-216.

Arriaga, F.J. and B. Lowery. 2001. **Effects of Erosion and Manure Applications on Corn Production**. The 10th National Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. 28 p.

Barbarick, K.A. and H.J. Pirela. 1984. Agronomic and horticultural use of zeolite : a review editors pond. pp. 93-103. In wilson, G and F. A. Mumpton. **Use of Natural Zeolite in Agriculture and Aquaculture**. Boulder: Westview Press.

Bowen, H.D. 1981. Alleviating mechanical impedance. pp. 21-60 In G.F. Arkin and H.H. Taylor, eds. **Modifying the Root Environment to Reduce Crop Stress**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineer.

Cihacek, J. L. 1997. **Restoring Productivity of Eroded Soil with Manure Application**. [Online]. Available http://www.ag.ndsu.nodak.edu/dickinso/research/1997/restore.html (28 February 2003).

Deulin, M. R. 1968. **Plant Physiology**. East Wareham: University of Massachusetts. 600 p.

Evanylo, G. 1996. Effects of organic and chemical inputs on soil quality. **Crop and Soil Environmental News**. December 1996. [Online]. Available http://www.ext.vt.edu/ news /periodicals/1996-12/Dec1203.html (11 May 2003)

Fulhage, D. C. 2000. **Land Application Considerations for Animal Manure**. [Online]. Available http://muextention.missouri.edu/xplor/envgual/egg0202 (13 February 2001).

Glass, A.D.M. 1989. **Plant Nutrition : An Introduction to Current Concepts**. Vancouver: The University of British Columbia. 234 p.

Huang, Z.T. and A.M. Petrovic. 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf green. **Journal of Environmental Quality**. 23 (3): 1190-1194.

Jones, J. B. 1998. **Plant Nutrition Manual**. Boca Raton: CRC Press. 149 p.

Julien, D. 2000. **Silicon : More Than Nutrient**. [Online]. Available http://www.bmi. net/roseguy/ pnw/ silicon.html (13 February 2001).

Knez, S., J. Strazisar, J. Golob, and H. Andrej. 2000. **Agglomeration of Zeolite in the Fluidized Bed**. [Online]. Available http://acta.chem-soc.si/48-487.html (13 February 2003).

Laetsch, M. W. 1979. **Plants Basic Concepts in Botany**. Berkeley: University of California. 494 p.

Lungu, O.I., J. Temba., B. Chirwa, and C. Lungu. 1993. Effects of lime and farmyard manuure on soil acidity and maize growth on acid alfisols form zambia. **Trop. Agri.**, 70 (4) : 309.

Miller, J.J., N.J. Sweetland, and C. Chang. 2002. Soil physical properties of a chemozemic clay loam after 24 years of beef cattle manure application. **Can. of Soil Sci.**, 82 : 287-296.

Okalebo, J.R., M.E. Probert, and J.K. Lekasi. 1994. The effect of phosphate placement on maize in eastern kenya. **Trop. Agri.**, 71 (4): 33.

Parham, J.A., S.P. Deng., W.R. Raun, and G.V. Johnson. 2002. **Long-term Cattle Manure Application in Soil Effect on Soil Phosphorus Levels, Microbial Biomass c, and Dehydrogenase and Phosphate Activities**. Department of Plant and Soil Sci., Oklahoma State University. pp. 330-334.

Pepper, I.L., G.A. Furguson, and W.R. Kneebane. 1982. **Clinoptilolite Zeolite : a New Medium for Turfgrass Growth**. [Online]. Available http://pdacrsp.orst.edu/ pubs/workplns/wp_10/10ATR5.html (28 February 2003).

Pirela, H. J. and K. A. Barbarick. 1984. **Use of Clinoptilolite Zeolite for Ammonia-N Transfer and Retention in Integrated Aquaculture Systems and for Improving Pond Water Quality Before Discharge.** [Online]. Available http://pdacrsp.orst.edu/ pubs/workplns/wp_10/10ATR5.html (28 February 2003).

Rubatzky, E. V. and Y. Mas. 1997. **World Vegetables.** New York: Chapman and Hall. 843 p.

Schoeman, J. B. 1994. **Synthesis and Properties of Colloidal Zeolite.** [Online]. Available http://www2.lib.chal mers.se/cth/diss/doc/9394/Schoeman Brian.html (13 February 2003).

Sullivan E.J., J.W. Cary, and R.S. Bowman. 1998. **Surfactant-modifield Zeolite (SMZ)-a Versatile, Inexpensive Sorbent for Removing Contaminants from Water.** [Online]. Available http//:www.ees.nmt.edu/hydro/faculty/Bowman/Research/ zeopage/ zeorefers.html (10 February 2002).

The Aubama Coorperative Extension. 2003. **Conversion Tables.** [Online]. Available http://www. aces.edu/department./Grain/CT.htm (21 August 2003).

Whalen, K. J., C. Chang, and W. G. Clanyton. 2002. Cattle manure and lime amendment to improve crop production of acidic soil in northern alberta. **Can. of Soil Sci.**, 82 : 223-238.

Yushan, Y. 1999. **Polymer-zeolite Manocomposite High-temperature Proton-exchange-membrane for Fuel Cells.** [Online]. Available http//:eisg.sdsu.edu/Fullsums/00-31.html (21 January 2001).

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ภาพแผนผังการทดลอง

ภาพผนวกที่ 1 แผนผังการทดลอง

แผนผังการทดลอง N

a1b2 r1	a2b2 r2	a2b3 r2	a1b3 r4	a2b1 r2	a2b3 r3	a2b3 r4	a1b2 r2
a2b1 r1	a2b2 r3	a1b2 r3	a1b3 r3	a1b1 r2	a1b2 r4	a2b2 r4	a1b3 r2
a1b1 r1	a2b2 r1	a2b1 r4	a1b1 r4	a2b3 r1	a1b1 r3	a2b1 r3	a1b3 r1

<u>หมายเหตุ</u> : a1b1(T1), a1b2 (T2), a1b3 (T3), a2b1(T4), a2b2 (T5) และ a2b3 (T6)

R = จำนวนซ้ำ

ภาคผนวก ข
ตารางแสดงต้นทุนการผลิต

ตารางผนวกที่ 1 แสดงต้นทุนการผลิต (บาท) ต่อแปลง (1x5 เมตร)

วิธีการทดลอง	ค่าใช้จ่าย คิดอัตราหน่วยที่ใช้ บาท/ แปลง									รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)	ผลผลิต กก./ แปลง	รายได้ (ราคา กก. ละ 2.5 บาท)	กำไร (บาท)
	ค่าปุ๋ยเคมี	ค่าซีโอไลท์	ค่าปุ๋ยคอก	ค่าไถพื้นที่	ค่าแรงงานเก็บผลผลิต	ค่าเมล็ดพันธุ์	ค่าจ้างพ่นสารเคมี	ค่าสารป้องกันกำจัดวัชพืช	ค่าสารป้องกันกำจัดแมลง				
a1b1	1.65	0	0	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	6.52	6.52	16.30	8.86
a1b2	1.35	2.08	0	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	8.30	6.23	15.58	7.28
a1b3	1.02	0.52	0	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	6.41	6.15	15.38	8.97
a2b1	1.65	0	3	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	9.52	6.21	15.52	6.00
a2b2	1.35	2.08	3	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	11.30	6.24	15.60	4.30
a2b3	1.02	0.52	3	1.25	0.88	1.56	0.88	0.18	0.12	9.41	6.22	15.55	6.14

<u>หมายเหตุ</u> : a1b1 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0) a1b2 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)

a1b3 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1) a2b1 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)

a2b2 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1) a2b3 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)

ตารางผนวกที่ 2 แสดงต้นทุนการผลิต (บาท) ต่อไร่

วิธีการทดลอง	ค่าใช้จ่าย คิดอัตราหน่วยที่ใช้ บาท / ไร่									รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)	ผลผลิต กก./แปลง	รายได้ (ราคา กก. ละ 2.5 บาท)	กำไร (บาท)
	ค่าปุ๋ยเคมี	ค่าซีโอไลท์	ค่าปุ๋ยคอก	ค่าไถพื้นที่	ค่าแรงงานเก็บผลผลิต	ค่าเมล็ดพันธุ์	ค่าจ้างพ่นสารเคมี	ค่าสารป้องกันกำจัดวัชพืช	ค่าสารป้องกันกำจัดแมลง				
a1b1	528	0	0	400	280	500	282	57	38	2,085	1,968	4,920	2,835
a1b2	432	666	0	400	280	500	282	57	38	2,655	1,994	4,985	2,329
a1b3	326	170	0	400	280	500	282	57	38	2,053	1,968	4,968	2,867
a2b1	528	0	1,000	400	280	500	282	57	38	3,085	1,987	4,993	1,883
a2b2	432	666	1,000	400	280	500	282	57	38	3,655	1,997	4,975	1,337
a2b3	326	170	1,000	400	280	500	282	57	38	3,053	1,990	4,975	1,923

<u>หมายเหตุ</u> : a1b1 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0) a1b2 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)

a1b3 = ไม่ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1) a2b1 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)

a2b2 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1) a2b3 = ใส่ปุ๋ยคอก + ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงการวิเคราะห์เคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนการทดลอง

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนการทดลอง

วิธีการ	เคมีของดิน (เฉลี่ย)						ฟิสิกส์ของดิน (เฉลี่ย)		
	Total-N (%)	Available-P (mg/kg)	Exchangeable-K (mg/kg)	OM (%)	pH	CEC (cmol/kg soil)	Db (g/cm^3)	Ds (g/cm^3)	Porosity (%)
ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)	0.063	732.31	129.38	1.32	5.67	8.58	1.74	2.48	29.67
ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)	0.065	724.28	130.14	1.34	5.67	8.62	1.72	2.47	30.00
ใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)	0.065	724.64	131.15	1.36	5.70	8.55	1.77	2.49	28.67
ใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:0)	0.067	742.39	130.49	1.34	5.70	8.59	1.72	2.48	31.00
ใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (1:1)	0.067	738.49	129.54	1.35	5.67	8.55	1.74	2.49	31.33
ใส่ปุ๋ยคอก 1,000 กก./ไร่+ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ (3:1)	0.064	733.36	129.40	1.33	5.67	8.60	1.77	2.50	29.67

<u>หมายเหตุ</u> : ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางเคมีเฉลี่ยจาก จำนวน 3 ซ้ำ

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางฟิสิกส์เฉลี่ยจาก จำนวน 2 ซ้ำ

ภาคผนวก ง

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์เคมีของปุ๋ยคอก และซีโอไลท์

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ปุ๋ยคอก และซีโอไลท์

ชนิด	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)	pH	CEC (cmol/Kg)
ปุ๋ยคอก	1.76	0.52	1.16	-	-	7.6	-
ซีโอไลท์	-	0.032	0.011	0.041	0.027	8.87	26.83

<u>หมายเหตุ</u> : วิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยคอก และซีโอไลท์ จากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

(-) = ไม่ได้วิเคราะห์

ภาคผนวก จ

แสดงข้อมูลทางกายภาพ และฟิสิกส์บางประการของชุดดินหางดง

ตารางผนวกที่ 5 แสดงข้อมูลบางประการของชุดดินหางดง

เนื้อดิน (Texture)	ความลาดเอียงของพื้นที่ทดลอง (%)	สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ของดินก่อนการทดลอง								
		Total-N (%)	Available-P (mg/kg)	Exchangeable-K (mg/kg)	OM (%)	pH	CEC (cmol/kg)	Db (g/cm^3)	Ds (g/cm^3)	Porosity (%)
Clay loam	< 1.0	0.07	774.52	112.32	1.30	5.68	8.58	1.74	2.49	29.89

<u>หมายเหตุ</u> : ดินเป็นชุดดินหางดง ณ บ้านแม่แฝก ต. แม่แฝกใหม่ อ. สันทราย จ. เชียงใหม่

ผลการวิเคราะห์เคมีของดินมาจากค่าเฉลี่ย 18 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์ฟิสิกส์ของดินมาจากค่าเฉลี่ย 12 ตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์เนื้อดินจากห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

หน่วยวัด mg/kg, cmol/kg และ Mg/ha (The Aaubama Coorperative Extension, 2002)

ภาคผนวก ฉ

ตารางแสดงผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ 6 ความสูงของต้นข้าวโพดหวาน (เฉลี่ย) ที่อายุ 30 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	56.3	57.4	52.5	61.5	56.4	58.3
	58.8	56.0	58.9	56.0	55.7	57.2
	55.3	51.1	55.1	60.3	56.9	57.2
	54.6	51.2	59.1	57.1	57.9	57.4
รวม	225.0	215.7	225.6	234.9	226.9	230.1
เฉลี่ย	56.25	53.92	56.40	58.72	56.72	57.52

ตารางผนวกที่ 7 ความสูงของต้นข้าวโพดหวาน (เฉลี่ย) ที่อายุ 40 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	118.0	117.0	106.1	129.4	122.1	125.5
	121.7	116	126.2	114.0	112.4	119.5
	121.6	120.2	113.3	120.8	120.4	114.2
	117.3	105.9	124.5	114.8	123.4	113.6
รวม	478.6	459.1	470.1	479.0	478.3	472.8
เฉลี่ย	119.65	114.77	117.52	119.75	119.58	118.20

ตารางผนวกที่ 8 ขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวาน (เฉลี่ย) ที่อายุ 30 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	12.57	12.57	12.44	12.88	12.44	12.94
	12.50	12.50	12.82	12.57	12.25	12.44
	12.44	12.19	12.38	13.38	12.39	12.57
	12.82	12.44	12.38	12.57	13.13	12.82
รวม	50.33	49.70	50.02	51.40	50.21	50.77
เฉลี่ย	12.58	12.42	12.50	12.85	12.55	12.69

ตารางผนวกที่ 9 ขนาดเส้นรอบวงของต้นข้าวโพดหวาน (เฉลี่ย) ที่อายุ 40 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	15.02	14.83	14.77	14.95	14.58	14.51
	14.26	14.70	14.55	14.26	14.51	14.76
	14.58	14.20	14.32	15.02	14.58	14.47
	14.83	14.64	14.70	14.51	15.02	14.70
รวม	58.69	58.37	58.34	58.74	58.69	58.44
เฉลี่ย	14.67	14.59	14.58	14.68	14.67	14.61

ตารางผนวกที่ 10 จำนวนวันออกดอกเกสรตัวเมีย 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	46	46	46	45	46	45
	46	46	45	46	46	45
	47	45	45	47	45	46
	45	46	46	45	45	47
รวม	184	183	182	183	182	183
เฉลี่ย	46.00	45.75	45.50	45.75	45.50	45.75

ตารางผนวกที่ 11 จำนวนวันออกดอกเกสรตัวผู้โผล่ 50% ของจำนวนต้นทั้งหมดนับจากวันที่ข้าวโพดงอก จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	47	48	47	45	47	46
	47	47	46	48	47	47
	47	47	47	48	47	47
	46	48	47	47	46	47
รวม	187	190	187	188	187	187
เฉลี่ย	46.75	47.50	46.75	47.00	46.75	46.75

ตารางผนวกที่ 12 น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานก่อนปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม) จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	238.9	227.4	225.1	254.0	244.3	257.3
	228.5	260.7	236.4	230.3	236.5	255.0
	242.8	232.7	233.6	230.1	245.2	239.4
	236.5	237.5	251.1	240.5	233.9	205.5
รวม	946.7	958.3	946.2	954.9	959.9	957.2
เฉลี่ย	236.68	239.58	236.55	238.72	239.98	239.30

ตารางผนวกที่ 13 น้ำหนักฝักสดข้าวโพดหวานหลังปอกเปลือกเฉลี่ย (กรัม) จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	158.6	148.1	157.9	172.2	163.7	165.4
	139.0	161.8	150.1	146.7	148.0	159.5
	141.8	156.5	154.0	147.2	167.4	151.5
	162.2	147.6	150.5	148.9	148.6	139.3
รวม	601.6	614.0	612.5	615.0	627.7	615.7
เฉลี่ย	150.40	153.50	153.12	153.75	156.92	153.92

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	2.97	3.09	3.06	4.23	4.42	4.31
	2.88	3.08	2.98	4.53	4.38	4.31
	3.23	2.95	3.03	4.49	4.40	4.27
	3.13	3.05	2.98	4.53	4.50	4.29
รวม	12.21	12.17	12.05	17.78	17.70	17.18
เฉลี่ย	3.05	3.04	3.01	4.44	4.42	4.30

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (%) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	0.361	0.415	0.385	0.447	0.380	0.385
	0.373	0.318	0.384	0.401	0.418	0.394
	0.369	0.375	0.390	0.356	0.402	0.354
	0.382	0.382	0.352	0.391	0.405	0.351
รวม	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5
เฉลี่ย	0.370	0.370	0.375	0.400	0.400	0.375

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (%) ในใบข้าวโพดหวานที่อายุ 45 วัน จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	5.22	5.21	5.19	5.30	5.82	5.94
	5.22	5.07	5.31	5.51	5.79	5.66
	5.10	5.07	5.22	5.18	5.67	6.06
	5.54	5.10	4.86	5.55	5.87	5.63
รวม	21.08	20.45	20.58	21.54	23.15	23.29
เฉลี่ย	5.27	5.11	5.14	5.38	5.78	5.82

ตารางผนวกที่ 17 ปริมาณไนโตรเจนเฉลี่ย (%) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	0.051	0.070	0.051	0.086	0.098	0.098
	0.064	0.094	0.072	0.070	0.097	0.070
	0.081	0.070	0.074	0.064	0.089	0.076
	0.077	0.077	0.076	0.085	0.080	0.053
รวม	0.273	0.311	0.273	0.305	0.364	0.297
เฉลี่ย	0.068	0.078	0.068	0.078	0.091	0.074

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ย (mg/kg) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	724.16	726.32	716.03	916.96	695.80	775.44
	746.83	730.99	720.28	745.95	714.45	712.23
	762.15	728.07	735.53	611.88	710.65	696.08
	799.54	719.15	673.05	700.93	784.72	685.83
รวม	2932.68	2904.53	2844.89	2975.72	2905.62	2869.58
เฉลี่ย	733.17	726.1325	711.2225	743.93	726.405	717.395

ตารางผนวกที่ 19 ปริมาณโพแทสเซียมเฉลี่ย (mg/kg) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอก อัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	87.13	69.86	95.87	157.06	130.05	135.98
	78.19	77.71	78.58	97.64	105.20	118.72
	70.00	89.82	82.94	69.29	110.76	87.60
	76.68	70.10	74.41	103.15	104.52	95.87
รวม	312.00	307.49	331.80	427.14	450.53	438.17
เฉลี่ย	78.00	76.87	82.95	106.78	112.63	109.54

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณอินทรียวัตถุเฉลี่ย (%) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	1.02	1.40	1.02	1.72	1.95	1.95
	1.27	1.38	1.43	1.41	1.93	1.41
	1.62	1.41	1.48	1.57	1.78	1.52
	1.53	1.53	1.52	1.70	1.59	1.66
รวม	5.44	5.72	5.45	6.40	7.25	6.54
เฉลี่ย	1.36	1.43	1.36	1.60	1.81	1.64

ตารางผนวกที่ 21 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างเฉลี่ย ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	6.20	6.3	6.4	6.0	6.3	6.3
	6.2	6.1	6.3	6.4	6.4	6.3
	6.2	6.3	6.2	6.4	6.4	6.3
	6.1	6.4	6.4	6.2	6.2	6.3
รวม	24.7	25.1	25.3	25.0	25.3	25.2
เฉลี่ย	6.2	6.2	6.3	6.2	6.3	6.3

ตารางผนวกที่ 22 ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเฉลี่ย (cmol/kg) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	10.44	9.75	12.62	8.31	8.25	8.88
	12.50	10.69	8.88	8.44	8.88	8.69
	11.44	9.31	8.88	9.06	8.88	8.44
	11.38	10.69	10.88	9.38	8.69	8.38
รวม	45.76	40.44	41.26	35.19	34.70	34.39
เฉลี่ย	11.44	10.11	10.32	8.80	8.68	8.60

ตารางผนวกที่ 23 ค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ย (g/cm^3) ในดินหลังการ ทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	1.80	1.66	1.66	1.61	1.61	1.65
	1.68	1.70	1.66	1.72	1.62	1.60
	1.57	1.66	1.65	1.70	1.70	1.60
	1.88	1.66	1.67	1.51	1.66	1.70
รวม	6.93	6.68	6.64	6.54	6.59	6.55
เฉลี่ย	1.73	1.67	1.66	1.64	1.64	1.61

ตารางผนวกที่ 24 ค่าความหนาแน่นอนุภาคเฉลี่ย (g/cm^3) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	2.40	2.51	2.50	2.48	2.50	2.51
	2.52	2.48	2.52	2.50	2.50	2.49
	2.50	2.48	2.48	2.48	2.49	2.48
	2.49	2.50	2.48	2.48	2.48	2.48
รวม	9.91	9.97	9.98	9.94	9.97	9.96
เฉลี่ย	2.48	2.49	2.50	2.51	2.49	2.50

ตารางผนวกที่ 25 เปอร์เซ็นต์ความพรุนของดินเฉลี่ย (%) ในดินหลังการทดลอง จากการใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่ และไม่ใส่ปุ๋ยคอก ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ที่อัตราส่วน 1:0, 1:1 และ 3:1

	ไม่ใส่ปุ๋ยคอก			ใส่ปุ๋ยคอก (1,000 กก./ไร่)		
	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:0	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 1:1	ปุ๋ยเคมีต่อซีโอไลท์ 3:1
	25.00	32.00	33.50	37.00	35.50	41.00
	33.50	35.50	34.00	31.00	40.00	36.50
	37.00	37.50	33.50	32.00	32.00	36.00
	25.00	32.50	32.50	39.50	33.50	36.50
รวม	120.50	137.50	133.50	139.50	141.00	150.00
เฉลี่ย	30.12	34.37	33.38	34.88	35.25	37.50

ภาคผนวก ช

ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร ของสถานีอากาศแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

ตารางผนวกที่ 26 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทางการเกษตร ของสถานีอากาศแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนมีนาคม 2545 – มิถุนายน 2545

เดือนมีนาคม พ.ศ. 2545

วันที่	อุณหภูมิ (°ซ)			ฝน	ความชื้นสัมพัทธ์	แสงแดด	น้ำระเหย
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(มม.)	เฉลี่ย (%)	(ชม.)	(มม.)
1	35.0	16.1	25.6	0.0	60	9.4	3.8
2	36.3	15.5	25.9	0.0	59	9.3	4.3
3	34.8	14.8	24.8	0.0	60	9.7	4.4
4	35.1	14.2	24.7	0.0	61	9.6	5.1
5	35.5	14.6	25.1	0.0	61	9.6	4.5
6	36.0	15.8	25.9	0.0	62	9.1	4.2
7	33.9	22.0	28.0	0.0	66	7.9	5.2
8	30.6	21.8	26.2	0.0	66	6.7	4.4
9	31.7	19.0	25.4	0.0	69	6.8	4.1
10	33.8	17.5	25.7	0.0	66	9.0	4.1
11	34.9	17.9	26.4	0.0	65	9.1	4.0
12	36.1	19.0	27.6	0.0	62	8.7	4.5
13	37.4	17.5	27.5	0.0	60	6.9	5.2
14	37.0	17.2	27.1	0.0	60	9.6	4.9
15	37.5	17.3	27.4	0.0	63	8.8	5.1
16	36.9	18.1	27.5	0.0	64	8.7	3.7
17	36.9	17.9	27.4	0.0	62	9.0	4.5
18	36.5	18.6	27.6	0.0	67	7.3	4.9
19	34.4	19.4	26.9	0.0	70	7.8	4.2
20	35.7	20.5	28.1	0.0	68	7.1	4.1
21	37.3	19.4	28.4	0.0	62	8.6	4.8
22	36.7	18.7	27.7	0.0	64	6.7	4.5
23	26.9	22.7	24.8	1.1	87	0.0	0.9
24	33.5	17.3	25.4	0.0	66	9.3	4.1
25	35.8	17.2	26.5	0.0	62	9.1	5.1
26	37.4	16.6	27.0	0.0	60	9.1	4.6
27	36.6	17.5	27.1	0.0	61	7.8	4.3
28	36.6	18.8	27.7	0.0	64	7.8	3.5
29	38.0	19.9	29.0	0.0	65	8.3	4.8
30	37.8	20.2	29.0	0.0	62	8.7	5.4
31	37.5	19.9	28.7	0.0	63	8.7	5.3
เฉลี่ย	35.5	18.2	26.8	0.0	64	8.3	4.4

ตารางผนวกที่ 26 (ต่อ)

เดือนเมษายน พ.ศ. 2545

วันที่	อุณหภูมิ (°ซ)			ฝน	ความชื้นสัมพัทธ์	แสงแดด	น้ำระเหย
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(มม.)	เฉลี่ย	(ชม.)	(มม.)
1	34.7	20.5	29	0.0	เฉลี่ย	9.7	5.7
2	37.4	18.3	27.9	0.0	60	10.0	6.1
3	37.1	17.9	27.5	0.0	60	9.8	6.2
4	37.6	18.4	28.0	0.0	61	9.5	5.6
5	37.7	18.3	28.0	0.0	59	9.2	4.9
6	38.0	18.6	28.3	0.0	60	8.6	5.3
7	38.5	18.9	28.7	0.0	60	8.2	4.5
8	38.1	19.5	28.8	0.0	59	8.5	4.7
9	39	19.4	29.2	0.0	60	10.1	7.1
10	37.9	18.1	28.0	0.0	56	9.9	5.5
11	38.4	20.9	29.7	0.0	60	9.1	5.7
12	35.6	21.9	28.8	4.9	63	4.9	5.2
13	32.5	21.0	26.8	0.0	72	5.3	4.9
14	34.3	20.5	27.4	0.0	69	6.4	2.9
15	37.5	19.2	28.4	0.0	64	10.8	7.3
16	38.6	19.0	28.8	0.0	60	11.1	7.8
17	39.2	18.8	29.0	0.0	53	11.0	6.9
18	40.1	19.1	29.6	0.0	53	10.4	6.9
19	39.9	21.2	30.6	0.0	56	10.6	7.3
20	39.4	22.4	30.9	0.0	58	10.4	7.5
21	40.1	22.1	31.1	0.0	58	9.3	6.3
22	39.1	22.9	31.0	8.8	60	8.6	7.3
23	37.5	22.0	29.8	0.0	64	8.0	5.7
24	38.5	22.0	30.3	T	64	8.7	6.6
25	37.5	21.5	29.5	T	57	8.6	5.9
26	36.6	21.5	29.1	0.0	64	8.6	5.6
27	37.9	22.1	30.0	0.4	67	8.6	6.1
28	37.6	21.4	29.5	0.0	66	8.5	5.9
29	39.5	21.0	30.3	0.0	65	10.5	6.9
30	39.0	22.6	30.8	0.0	56	7.7	6.4
เฉลี่ย	37.9	20.4	29.1	0.5	59	9.0	6.0

ตารางผนวกที่ 26 (ต่อ)

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545

วันที่	อุณหภูมิ (°ซ)			ฝน	ความชื้นสัมพัทธ์	แสงแดด	น้ำระเหย
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(มม.)	เฉลี่ย	(ชม.)	(มม.)
1	38.9	22.0	30.5	0.0	65	8.7	6.7
2	33.9	24.1	31.5	0.0	59	8.6	6.8
3	37.6	22.0	29.8	0.0	67	7.5	6.3
4	37.7	21.4	29.6	6.1	65	10.6	7.5
5	33.2	21.0	27.1	20.0	70	7.7	6.8
6	34.6	20.6	27.6	0.8	70	7.1	5.0
7	37.4	21.2	29.3	0.0	65	9.6	5.4
8	37.6	23.4	30.5	0.0	63	10.9	7.4
9	37.8	24	30.9	0.0	61	10.6	7.4
10	37.5	22.9	30.2	6.8	66	9.1	6.0
11	34.7	23.7	29.2	10.2	70	7.2	5.3
12	26.6	23.9	25.3	34.3	93	0.0	5.0
13	31.1	22.2	26.7	24.9	79	0.6	2.6
14	31.2	21.7	26.5	0.0	75	1.5	3.1
15	31.6	22.9	27.3	13.2	77	0.8	4.2
16	30.2	22.9	26.6	41.7	82	1.2	2.6
17	29.5	22.4	26.0	39.0	81	0.3	7.7
18	27.1	23.4	25.3	12.0	88	0.0	2.5
19	27.1	22.3	24.7	4.2	89	0.0	0.9
20	32.7	22.9	27.8	0.0	74	6.6	3.6
21	33.6	23.2	28.4	0.0	73	5.5	4.6
22	35.0	23.2	29.1	0.0	73	10.8	5.1
23	35.4	23.9	29.7	0.5	70	7.4	4.4
24	34.5	22.9	28.7	0.4	72	7.8	4.9
25	34.2	23.2	28.7	8.3	72	6.8	4.9
26	33.2	22.8	28.0	T	76	6.8	3.1
27	33.6	23.0	28.3	T	72	8.3	5.0
28	34.0	22.4	28.2	4.7	71	8.4	6.2
29	32.3	23.7	28.0	17.7	75	3.4	2.2
30	32.3	24.2	28.3	0.0	77	2.8	3.3
31	34.0	23.4	29.1	0.0	71	10.1	5.1
เฉลี่ย	33.7	22.8	28.3	7.9	73	6.0	4.9

ตารางผนวกที่ 26 (ต่อ)

เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545

วันที่	อุณหภูมิ (°ซ)			ฝน	ความชื้นสัมพัทธ์	แสงแดด	น้ำระเหย
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	(มม.)	เฉลี่ย	(ชม.)	(มม.)
1	33.8	24.0	28.9	4.7	74	9.3	5.4
2	34.7	32.2	29.0	0.0	71	10.1	6.1
3	33.9	23.6	28.8	0.0	75	7.1	5.5
4	33.5	22.9	28.2	0.3	73	8.9	4.0
5	33.7	25.5	28.6	0.1	75	6.6	3.7
6	34.0	23.9	29.0	23.5	73	7.6	4.1
7	31.8	24.0	27.9	3.0	78	4.2	3.3
8	32.9	24.0	28.5	17.6	76	7.5	5.8
9	33.4	23.9	28.7	T	76	3.2	3.6
10	32.5	23.5	28.0	6.5	77	1.3	3.5
11	31.9	23.9	27.9	0.0	77	2.5	1.4
12	31.4	24.6	28	9.8	76	1.4	4.8
13	33.0	24.0	28.5	0.0	73	4.3	4.9
14	33.4	24.0	28.7	0.0	71	6.9	4.5
15	32.9	24.4	28.7	0.0	76	5.2	4.3
16	32.3	24.8	28.6	0.0	74	2.0	3.1
17	33.9	24.0	29.0	1.9	75	8.0	5.4
18	33.1	24.0	28.6	0.0	76	9.3	3.5
19	32.0	23.8	27.9	9.9	76	4.0	4.3
20	31.0	23.5	27.3	0.0	76	0.8	3.1
21	31.1	24.6	27.9	T	75	2.1	2.7
22	31.7	24.1	27.9	0.0	77	2.0	3.6
23	31.1	24.0	27.6	T	77	0.5	3.0
24	32.6	23.6	28.1	0.0	73	2.9	3.9
25	33.0	23.6	28.3	1.7	71	3.4	3.8
26	33.5	23.5	28.5	T	74	3.9	3.9
27	31.2	23.9	27.6	0.3	78	0.6	2.6
28	32.9	24.2	28.6	2.1	76	2.7	3.1
29	34.0	23.6	28.8	26.9	73	4.0	6.5
30	33.2	23.8	28.5	4.0	73	2.7	3.0
เฉลี่ย	32.8	23.9	28.3	3.7	75	4.5	4.0

<u>หมายเหตุ</u> : T = Trace ฝนเล็กน้อยวัดได้ต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร

ภาคผนวก ซ
ข้อมูลชุดดินหางดง

ชุดดินหางดง

ดินชุดหางดง (Hd : Hang Dong series) มีเนื้อที่ 416,051 ไร่ จัดอยู่เป็นกลุ่มดิน Low Humic Gley Soils พบทั่วไปบริเวณที่เป็นตะกอนลำพักน้ำค่อนข้างใหม่ หรือบริเวณที่เป็นส่วนปลายของตะกอนรูปพัดติดต่อกับบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง วัตถุต้นกำเนิดเป็นพวกตะกอนค่อนข้างใหม่ที่ลำน้ำพัดมาทับถมไว้ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบ ความลาดเอียงของพื้นที่อยู่ในระหว่าง 0–2% มักจะมีจอมปลวกอยู่เป็นหย่อม ๆ กระจายอยู่ทั่วพื้นที่เป็นดินลึก การระบายน้ำเลว ความสามารถให้น้ำผ่านได้ช้า มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูง ปกติน้ำจากลำน้ำไม่ใคร่ท่วมถึง

ดินบนหนาประมาณ 15 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง หรือดินร่วนปนดินเหนียว สีเทาหรือสีเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม ส่วนใหญ่เกิดอยู่ตามรอยรากข้าว ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดน้อย มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 – 6.5 ดินล่างลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตรลงไป เป็นดินเหนียว สีเทาหรือสีเทาอ่อน มีจุดประสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนเหลือง มีคราบดินเหนียวฉาบอยู่ตามผิวดิน 6.0 – 8.0 มักมีก้อนเหล็ก และแมงกานีสซึ่งมีทั้งก้อนแข็ง และยังอ่อนปะปนอยู่ ชั้นดินปนทรายหรือชั้นทรายอาจพบสลับอยู่บ้างในดินชั้นล่างส่วนลึกเกินกว่า 80 เซนติเมตรลงไป

จากผลการวิเคราะห์ดิน ปรากฏว่าดินชุดหางดง เป็นดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง คือมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกปานกลาง มีการอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลาง และมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ

ดินชุดหางดงเป็นดินที่เกิดอยู่ในที่ราบสะดวกต่อการที่จะทดและระบายน้ำได้ทั่วถึง ดินชั้นบนไม่เหนียวจัดเกินไปจนเป็นอุปสรรคในการไถพรวนและเตรียมดิน ดินชั้นล่างเป็นดินเหนียวสามารถเก็บขังน้ำได้เป็นอย่างดี มีความอุดมสมบูรณ์พอสมควร จึงเป็นดินที่เหมาะสมมากเพื่อใช้ประโยชน์ในการทำนาซึ่งโดยทั่วไปแล้ว จะให้ผลผลิตข้าวตั้งแต่ไร่ละ 60 ถังขึ้นไป นอกจากนั้น ยังใช้ปลูกพืชหลังฤดูทำนา เช่น หอม กระเทียม ถั่วเหลือง ยาสูบ และพืชพักสวนครัวต่าง ๆ ได้ผลดีอีกด้วย แต่ดินที่ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปลูกไม้ยืนต้นหรือพืชที่มีรากลึกอื่น ๆ เนื่องจากดินมีการระบายน้ำเลว ทำให้น้ำแช่ขังเป็นอันตรายต่อรากพืชได้ อย่างไรก็ตามควรมีการปรับปรุงดิน โดยการใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะการเพิ่มธาตุไนโตรเจนแก่ดิน (ที่มา: กองสำรวจดิน. 2522. รายงานการสำรวจความเหมาะสมของดิน ฉบับที่ 204 รายงานการสำรวจดิน จังหวัดเชียงใหม่. กองสำรวจดิน เขตสำรวจดินที่ 8 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายสุรชัย ธนูศร

วัน เดือน ปีเกิด : 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2513

ภูมิลำเนา : จังหวัดเชียงราย

ประวัติการศึกษา :

พ.ศ. 2536 - ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน อ.เมือง จังหวัดพิษณุโลก
มัธยมศึกษาตอนต้น (เทียบเท่า)

พ.ศ. 2538 - ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน อ.เมือง จังหวัดเชียงราย
มัธยมศึกษาตอนปลาย (เทียบเท่า)

พ.ศ. 2540 - วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงราย จังหวัดเชียงราย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (สัตวศาสตร์สาขาสัตว์เล็ก)

พ.ศ. 2542 - มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาโคนม-โคเนื้อ)