



วิทยานิพนธ์

ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพด
หวานในชุดดินปากช่อง

**EFFECTS OF CHITOSAN ON NUTRIENT UPTAKE FO
SWEET CORN APPLIED WITH CHEMICAL FERTILIZER
ON PAK CHONG SOIL SERIES**

นายณรงค์เดช ฮองกุล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. ๒๕๔๕



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดิน
ปากช่อง

Effects of Chitosan on Nutrient Uptake of Sweet Corn Applied with Chemical Fertilizer
on Pak Chong Soil Series

نامผู้วิจัย นายณรงค์เดช สองกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ค.)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์, Dr.agr.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์อิสรา สุขสถาน, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉกหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง

Effects of Chitosan on Nutrient Uptake of Sweet Corn Applied with Chemical Fertilizer on
Pak Chong Soil Series

โดย

นายณรงค์เดช สONGกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-2214-7

ณรงค์เดช ทองกุล 2549: ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของ
ข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขา
ปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา ประธานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์สุเทพ ทองแพ,
วท.ค. 121 หน้า
ISBN 974-16-2214-7

การทดลองเพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีของข้าวโพด
หวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง ทำการปลูกทดลองในเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ.2549 โดยใช้แผนการ
ทดลองแบบ 3×4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 อัตราปุ๋ยเคมี
สูตร 16-16-8 มี 3 ระดับคือ 0, 1.5, 3.0 กรัมต่อกระถางปัจจัยที่ 2 อัตราไคโตซาน(95 % DAC) มี 4
ระดับ คือ 0, 0.5, 2.0, 4.0 กรัมต่อกระถาง(ใช้ดินกระถางละ 10 กิโลกรัม) ผลการศึกษาพบว่า การ
ใส่ปุ๋ย เคมีเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม
การเจริญเติบโต น้ำหนักรากแห้งและผลผลิตฝักสดรวมเปลือกของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นอย่างมี
นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถางให้น้ำหนักผลผลิต
ฝักสดรวมเปลือกเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 54.7 จากค่ารับควบคุม การใส่ไคโตซานเพียงอย่าง
เดียว ทำให้การเจริญเติบโต น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก และการดูดใช้ธาตุ
ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่
ไคโตซานเพียงอย่างเดียวอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเพิ่มขึ้นสูง
สุดคิดเป็นร้อยละ 58.3 จากค่ารับควบคุม แต่การใส่ไคโตซานจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโต
น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก และการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชเมื่อใส่
ร่วมกับปุ๋ยเคมี

Narongdech Hongkul 2006: Effects of Chitosan on Nutrient Uptake of Sweet Corn Applied with Chemical Fertilizer on Pak Chong Soil Series. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Suthep Thongpae, Ph.D. 121 pages.
ISBN 974-16-2214-7

The study on the effects of chitosan on nutrient uptake of sweet corn applied with chemical fertilizer on Pak Chong soil series was carried on pot experiment using 10 kilograms of soil per pot in green house during October 2005 – January 2006 at Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. The experimental design was 3×4 factorial in CRD with 3 replications. The first factor was chemical fertilizer grade 16-16-8 at the rate 0, 1.5 and 3.0 gram per pot. The second factor was chitosan (95 % DAC) at the rate 0, 0.5, 2.0 and 4.0 gram per pot. The results showed that the application of chemical fertilizer gave the significantly increment of growth rate, root dry weight, yield and the uptake of nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium. The application of chemical fertilizer rate at 3.0 gram per pot gave greater yield over control 54.7 %. The application of chitosan resulted significantly increment of growth rate, root dry weight, yield and nutrient uptake of sweet corn. The application of chitosan only at the rate 2.0 gram per pot gave greater yield over control 58.3 %. However, the application of chitosan did not show the effects on growth rate, root dry weight, yield and nutrient uptake of sweet corn when applied together with chemical fertilizer.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุเทพ ทองแพ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก และรองศาสตราจารย์ ดร.อิสรา สุขสถาน กรรมการที่ปรึกษาวิชารองที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัย ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์แบบ ขอกราบขอบพระคุณกรรมการผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยรองศาสตราจารย์ ดร.เลขา มาโนช ที่กรุณาให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบคุณ ดร. โสธดา กนก ที่ให้คำแนะนำและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาปรัชญาวิทยาทุกท่านที่ได้ให้การช่วยเหลือในการเรียนการสอน และการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และคุณอนุกุล สองกุล (พี่ชาย) ที่ได้อบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ สนับสนุนการศึกษาของข้าพเจ้าในทุกด้าน ขอขอบคุณ พี่ น้องสโมสรมนิตบัณฑิต ปรัชญาวิทยาทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่บิดามารดา ครู อาจารย์ ที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้าได้มีความรู้ความสามารถจนถึงปัจจุบัน

ณรงค์เดช สองกุล

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	—
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
ความสำคัญและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน	3
การดูดใช้ธาตุอาหารของรากและการเจริญเติบโตของพืช	8
ความรู้เกี่ยวกับไคโตซาน	10
ข้าวโพดหวานลูกผสมไฮ-บริดส์ 3	17
ลักษณะทั่วไปของชุดดินปากช่อง	19
อุปกรณ์และวิธีการ	21
อุปกรณ์	21
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	28
ผลการทดลอง	28
วิจารณ์ผลการทดลอง	104
สรุป	108
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	110
ภาคผนวก	117
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทย	7
2	มูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทย	8
3	ความสำคัญของกลไก massflow, diffusion และ root interception ของ ข้าวโพด ที่ปลูกในดินอันดับ Alfisols	9
4	ผลทดสอบเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม	18
5	ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมไฮ-บริดจ์ 3	19
6	สมบัติบางประการของดินชุดปากช่อง	28
7	สมบัติบางประการของไคโตซาน	29
8	ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	31
9	ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 30 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	34
10	ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 45 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	37
11	ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	40
12	น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	43
13	น้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	46
14	น้ำหนักตอซังแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	49
15	น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและ ไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	55
17	ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	58
18	ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	61
19	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	64
20	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	67
21	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	70
22	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	73
23	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	76
24	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	79
25	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	82
26	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	85
27	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	91
29	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	94
30	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	97
31	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	100
32	สภาพการนำไฟฟ้า (dS m^{-1}) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	102
ตารางผนวกที่		
1	ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	118

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างของเซลล์โลส ไคตินและไคโตซาน	11
2 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	32
3 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 30 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	35
4 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 45 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	38
5 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	41
6 น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	44
7 น้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	47
8 น้ำหนักตอซังแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	50
9 น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	53
10 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	56
11 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	59
12 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	62
13 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	68
15	ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ	71
16	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	74
17	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	77
18	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	80
19	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	83
20	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	86
21	ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	89
22	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	92
23	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	95
24	ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	98
25	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน	101

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- | | | |
|----|--|-----|
| 26 | สภาพการนำไฟฟ้า (dS m^{-1}) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโคซานในอัตราต่าง ๆ กัน | 103 |
|----|--|-----|

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวาน ในชุดดินปากช่อง

Effects of Chitosan on Nutrient Uptake of Sweet Corn Applied with Chemical Fertilizer on Pak Chong Soil Series

คำนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช จากสถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ในปี พ.ศ. 2538 มีปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีรวมทั้งสิ้น 3.16 ล้านเมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 15,812 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2547 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูงขึ้นเป็น 3.88 ล้านเมตริกตัน คิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 33,245 ล้านบาท (รวบรวมจากสถิติการค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศ พ.ศ. 2538-2547) และคาดว่าจะมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีทั้งปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเพื่อใช้ในการเกษตรของไทย ซึ่งการตอบสนองต่อธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยเคมีแตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อความเป็นประโยชน์และความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช อาทิ ชนิดดิน สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี ชีวเคมีของดิน รูปของธาตุอาหาร อัตราเวลา วิธีการใส่ปุ๋ย และความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่น ขนาดของราก ความหนาบาง การแตกแขนง รวมทั้งการพัฒนาของรากขนอ่อน (มุกดา, 2544) มีรายงานการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 18 กก./ไร่ ปรากฏว่าข้าวโพดดูดธาตุไนโตรเจนไปใช้ได้เพียง 25-38 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยทั้งหมดที่ใช้ (สรสิทธิ์ และคณะ, 2510) พืชดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสได้เพียง 10-20 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยที่ใช้ (ธีระยุทธ, 2527) Chibu *et al.* (1999) พบว่าไคโตซานมีผลต่อความยาว ความหนาแน่นของรากขนอ่อน และ lateral root ที่เพิ่มขึ้น จากรายงานดังกล่าวการใช้ไคโตซานน่าจะเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารพืชได้ จึงทำการศึกษาเพื่อทดสอบผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้โคโตซานต่อการดูแลรักษาอาหารจากปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินชุดปากช่อง
2. เพื่อเป็นความรู้พื้นฐานและแนวทางในการศึกษาโคโตซานและการดูแลรักษาอาหารพืชต่อไป

การตรวจเอกสาร

ความสำคัญและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน

1. ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่มีความสำคัญและมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมากหน้าที่และอิทธิพลของไนโตรเจนที่มีต่อพืชอาจแบ่งได้เป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ 1) เป็นส่วนประกอบสำคัญในโปรตีน 2) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในเอนไซม์ต่าง ๆ 3) เป็นสารประกอบในนิวคลีอิก 4) สารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (adenosine triphosphate , ATP) โคเอนไซม์ (co-enzymes) เช่น NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) 5) สารประกอบไนโตรเจนที่พืชสะสมไว้ (reserves) หรือทำหน้าที่ป้องกัน (protective compound) เช่น นิโคติน (nicotine) จากใบยาสูบ (ยงยุทธ, 2546; มุกดา, 2544) ความต้องการไนโตรเจนของข้าวโพดจะเริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอกและมีความต้องการสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6-8 หลังจากงอก โดยความต้องการไนโตรเจนจะยังคงสูงขึ้นจนถึงระยะข้าวโพดแก่ (ราเชนทร์, 2539) สำหรับปริมาณของไนโตรเจนในข้าวโพดจะผันแปรไปตามปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนที่ให้แก่ข้าวโพด ลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวโพด อัตราปลูก สภาพดินฟ้าอากาศ ระยะการเจริญเติบโต และส่วนต่างๆ ของข้าวโพดจะมีปริมาณไนโตรเจนแตกต่างกันออกไป เมื่อต้นข้าวโพดแก่ ไนโตรเจนประมาณ 2 ใน 3 ที่อยู่ในดิน (ส่วนเหนือดิน) จะเคลื่อนย้ายไปสะสมในเมล็ด คงเหลือไว้ที่ต้นเพียง 1 ใน 3 (Curtis and Clark, 1950) สรสิทธิ์ และคณะ (2511) รายงานว่าเมื่อข้าวโพดมีอายุที่เก็บเกี่ยวได้นั้น ระดับไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดสามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ เมล็ด > ใบ > ชัง และกาบใบ > ต้นและก้านดอกตัวผู้ ดำริ และคณะ (2519) ได้ทำการทดลองในปี 2516 พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 36 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อเทียบกับใส่ 0, 9, 18, 27 และ 45 กิโลกรัมต่อไร่ ปีต่อมา (2517) ได้ทำการทดลองยืนยันอีกว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 36 กิโลกรัมต่อไร่ ได้ผลผลิตข้าวโพด 764 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนอัตรา 0 และ 48 กิโลกรัมต่อไร่ให้ผลผลิต 307 และ 749 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

1.1 การสูญเสียไนโตรเจนในดิน

ไนโตรเจนในดินมีทางสูญเสียไปจากดินได้หลายทาง คือ

1.1.1 พืชและจุลินทรีย์ในดินนำไปใช้ ไนโตรเจนจะกลับคืนสู่ดินเมื่อพืชและจุลินทรีย์ตายลง แต่ถ้านำผลผลิตออกจากพื้นที่ก็หมายถึงการสูญเสียไนโตรเจน

1.1.2 การสูญเสียโดยขบวนการชะละลาย (leaching) น้ำไหลบ่าหน้าดิน (runoff) น้ำฝนหรือน้ำชลประทานจะชะละลายไนโตรเจนไปสะสมในดินล่าง ถ้าไม่ลึกมากนักพืชสามารถดูดน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่ถ้าถูกชะละลายลงไปลึกกว่ารากหยั่งถึง ไนโตรเจนส่วนนั้นจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้ อีก Nelson and MacGergor (1973) กล่าวว่า ข้าวโพดสามารถดูดใช้ได้เพียง 50 % ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ทั้งหมด และพืชจะดูดใช้ในโตรเจนได้น้อยลงเมื่อมีการสูญเสียไนโตรเจนที่ 100 ถึง 200 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งเขาทำการศึกษาเป็นเวลาระยะเวลาประมาณ 10 ปี ใน Minnesota นอกจากนี้ Moe et al. (1968) ทำการศึกษาการสูญเสียไนโตรเจนโดยน้ำไหลบ่าหน้าดินในเนื้อดินประเภท silt loam ของประเทศอินเดีย มีความลาดชัน 13 % มีปริมาณน้ำฝน 12.5 มิลลิเมตร พบว่ามีการสูญเสียแอมโมเนียม 5 % ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้และยูเรียประมาณ 2 ถึง 2.5 % ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้

1.1.3 การสูญเสียโดยการกร่อนดิน (erosion) เป็นการสูญเสียไนโตรเจนที่ดูดซับกับอินทรีย์สาร อินทรีย์สารและคอลลอยด์ดิน Beasley (1980) ประมาณการสูญเสียดินในสหรัฐอเมริกาได้ 2.7 ล้านล้านเมกกะกรัม จากฟาร์มและป่าไม้ และได้ทำการวิเคราะห์พบว่า มีไนโตรเจน 0.1 % ของธาตุอาหารทั้งหมดที่สูญเสียโดยการกร่อนดิน

1.1.4 การสูญเสียในรูปแก๊สโดยขบวนการ Denitrification เป็นขบวนการรีดิวส์ไนเตรตและสูญเสียไนโตรเจนในรูปแก๊สไนโตรเจน (N_2) ซึ่งเป็นผลจากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวก anaerobic และ facultative ในสภาพดินที่มีการถ่ายเทอากาศไม่ดี มีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ Prasad and Power (1997) รายงานว่ามีการสูญเสียไนโตรเจนโดยขบวนการนี้ประมาณ 3 ถึง 62 % ของไนโตรเจนทั้งหมด โดยเฉพาะในดินที่มีการขังน้ำ

1.1.5 การสูญเสียในรูปแก๊สแอมโมเนีย (Ammonia Volatilization) Prasad and Power (1997) รายงานว่าสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียในช่วง 0-50 % ของไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ 1) ค่า pH ของดิน 2) ระดับน้ำใต้ดิน 3) ค่า CEC ของดิน 4) อุณหภูมิดิน 5) พืชและการเจริญเติบโตของพืช และจะสูญเสียไนโตรเจนในรูปนี้เป็นอย่างมากในการใช้ปุ๋ยยูเรียขณะที่หน้าดินเปียกหรือมีน้ำขัง

2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกตรึงหรือเปลี่ยนรูปได้ง่าย กลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่อพืชลดลง หน้าที่และอิทธิพลของฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช 1) เป็นองค์ประกอบในสารประกอบฟอสเฟต เช่น อะดีโนซีนไตรฟอสเฟต (ATP) 2) เป็นองค์ประกอบสำคัญในกรดนิวคลีอิก เช่น RNA และ DNA 3) เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของฟอสโฟลิพิด (Phospholipids) 4) เกี่ยวข้องกับการสะสมแป้งในหัวพืช ใน พ.ศ. 2520

ประดิษฐ์ และคณะ ได้ทำการทดลองในดินเหนียวสีแดง พบว่าข้าวโพดตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต โดยเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 18 กิโลกรัมต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตของเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้น 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับค่าควบคุม สรสิทธิ์ และคณะ (2511) พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟต นอกจากจะมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดและต่อช่วงแห้งของข้าวโพดอย่างเด่นชัด ยังมีผลต่อการออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมียของข้าวโพดด้วย

2.1 การตรึงฟอสฟอรัสในดิน

Tisdale and Nelson (1975) รายงานว่า อัตราฟอสฟอรัสที่ทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของดินมากกว่าอิทธิพลอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยฟอสเฟตเมื่อใส่ลงไป ในดินจะถูกตรึงไว้ 80-90 % มีเพียง 10-20 % เท่านั้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ Millar *et al.* (1965) รายงานว่าความสามารถของดินในการตรึงฟอสฟอรัสจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ด้วยกัน และที่สำคัญคือ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณของเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม และอินทรีย์วัตถุในดิน เขายังพบอีกว่าสารประกอบของฟอสฟอรัสในรูปของแคลเซียมและแมกนีเซียมฟอสเฟตสามารถละลายน้ำเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากกว่าสารประกอบของฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของเหล็กและอะลูมิเนียมฟอสเฟต การตรึงฟอสฟอรัสของดินอาจแบ่งได้ 3 ปฏิกริยา (มูกดา, 2544) คือ

2.1.1 ปฏิกริยาการดูดซับอยู่ตามผิว (adsorption reaction) ของคอลลอยด์ ด้วย Van der Waals' forces ทำให้ไอออนฟอสเฟตรวมอัดตัวอยู่รอบ ๆ พื้นผิวของคอลลอยด์

2.1.2 การดูดซับด้วยพันธะทางเคมี (chemical adsorption) ไอออนฟอสเฟตจับกับสารคอลลอยด์ด้วยพันธะทางเคมีเพราะสารคอลลอยด์เหล่านี้มี hydroxyl และ silicate group ซึ่งอาจจะหลุดออกไปเหลือตำแหน่งที่จะต้องทำให้สมดุลด้วยไอออนลบ ไอออนฟอสเฟตก็จะเข้ามาอยู่ในตำแหน่งนี้ได้

2.1.3 ปฏิกริยาการแตกตัวแล้วทำปฏิกิริยา (double decomposition) ในดินที่มีสารประกอบต่าง ๆ เช่น เหล็กออกไซด์ เหล็กไฮดรอกไซด์ อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต สารประกอบเหล่านี้จะละลายและแตกตัวให้ไอออนบวกต่าง ๆ เช่น ไอออนของเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เมื่อไอออนฟอสเฟตกับไอออนบวกเหล่านี้พบกัน จะทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยากยิ่งขึ้น เช่น เกิดเป็นเหล็กฟอสเฟต แคลเซียมฟอสเฟต

นอกจากนี้การสูญเสียฟอสฟอรัสไปจากดินยังมีการถูกชะละลายทางผิวน้ำดิน การกร่อนดิน การระเหยในรูปแก๊สฟอสฟีน (PH_3) และการสูญเสียจากการติดไปกับผลผลิตเมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตออกจากพื้นที่เพาะปลูก Miller and Krusekopf (1932) ทำการเปรียบเทียบการสูญเสีย

ธาตุอาหารจากการเกิดการกร่อนดินและปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืช ในเนื้อดินประเภท Silt loam ได้ข้อมูลดังนี้ ในโตรเจน 55 % , ฟอสฟอรัส 90 % , โพแทสเซียม 605 % , แคลเซียม 550 % , แมกนีเซียม 290 % , ซัลเฟอร์ 85 %

3. โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเมื่อเข้าไปในพืชแล้วไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกับไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม และแมกนีเซียม แต่อยู่ในรูปเกลืออินทรีย์หรือนินทรีย์ซึ่งละลายน้ำได้ โพแทสเซียมจำเป็นต่อกิจกรรมหรือกระบวนการสร้างส่วนต่าง ๆ ดังนี้ 1) กระบวนการสร้างการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล 2) กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ 3) โครงสร้างของเอนไซม์ 4) ด้านทานโรค 5) คุณภาพของผลผลิต ความต้องการโพแทสเซียมของข้าวโพดจะเริ่มตั้งแต่วัยเริ่มงอก โดยจะมีความต้องการสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6-8 หลังจากงอกและหยุดต้องการ เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 70-75 วัน (ราเชนทร์, 2539) ปริมาณโพแทสเซียมเมื่อข้าวโพดแก่สามารถจัดลำดับในส่วนต่าง ๆ จากมากไปหาน้อยได้ ดังนี้ ต้น > กาบใบ > ใบ > ชังและกาบฝัก > เมล็ด (สรสิทธิ์ และคณะ, 2511; Curtis and Clark, 1950) และยุพดี (2510) พบว่าจากผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมในเมล็ดข้าวโพดจะอยู่ระหว่าง 0.243-0.286 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในตอซึ่งอยู่ระหว่าง 0.723-1.125 เปอร์เซ็นต์

3.1 การสูญเสียโพแทสเซียมในดิน

3.1.1 พืชดูดดึงไปใช้ (crop removal) ในปริมาณที่สูงพอ ๆ กับไนโตรเจนและประมาณ 3-4 เท่าของฟอสฟอรัส (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) มีโพแทสเซียมในฟางข้าว 70-80 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมที่ถูกนำออกไปจากการเก็บเกี่ยวและ 50-80 เปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมในข้าวอยู่ในตอซัง (ปีพมา, 2543)

3.1.2 ถูกชะละลาย (leaching) ลงสู่ดินชั้นล่างโดยเฉพาะในดินทรายจะถูกชะละลายมากในปริมาณสูง

3.1.3 การกร่อนของผิวหน้าดิน น้ำไหลบ่าหน้าดินจะชะเอาอนุภาคของดินออกไป ทำให้โพแทสเซียมสูญหายไปด้วย

3.1.4 การตรึงโพแทสเซียม (Potassium fixation) โพแทสเซียมจะถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยาก ซึ่งเรียกว่าถูกตรึง (fixed) การตรึงส่วนใหญ่เกิดโดยแร่ดินเหนียว การที่โพแทสเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้เปลี่ยนเป็นรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ยาก แต่มีผลดีในแง่ที่เป็นการอนุรักษ์โพแทสเซียมไว้แทนที่จะสูญเสียไปโดยการชะละลายหากอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โพแทสเซ-

เชิยมที่ถูกตรึงนี้จะกลายเป็นโพแทสเซียมที่พืชใช้ประโยชน์ได้หากโพแทสเซียมในรูปที่พืชใช้ได้ลดลงโดยพืชถูกนำไปใช้หรือถูกน้ำชะละลายไป

3.1.5 พืชดูดใช้มากเกินไปเกินความต้องการ (luxury consumption) โดยมีได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น มีคำแนะนำว่าการใส่ปุ๋ยที่ละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งจะให้ผลดีกว่าการใส่ครั้งละมาก ๆ แต่ใส่น้อยครั้ง

การใส่ปุ๋ยเคมีเป็นอีกวิธีทางหนึ่งที่จะเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตพืช เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ทดแทนธาตุอาหารพืชที่สูญเสียหรือลดความเป็นประโยชน์ลงด้วยขบวนการต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ประเทศไทยมีสถิติการนำเข้าปุ๋ยเคมีในทศวรรษที่ผ่านมาดังตารางที่ 1 และ 2 และมีแนวโน้มว่าจะมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีทั้งปริมาณและมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 ปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทย

ปริมาณ : เมตริกตัน						
ปี	ปุ๋ย	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ปุ๋ยNP+NPK	อื่น ๆ
2538	3,160,986	1,104,231	6,507	198,491	8,195	1,843,562
2539	3,439,999	1,170,058	556	218,270	16,795	2,034,320
2540	2,990,950	1,243,139	5,059	247,093	11,074	1,484,585
2541	2,873,514	1,497,264	3,936	247,324	42,192	1,082,798
2542	3,561,593	1,912,865	38,544	297,050	5,903	1,307,231
2543	8,328,469	6,753,388	33,086	361,202	773,640	407,153
2544	3,449,687	1,762,839	33,016	338,541	932,243	383,048
2545	3,669,353	1,910,222	51,007	327,195	1,041,367	339,562
2546	4,717,587	1,976,782	47,060	380,368	1,870,155	443,222
2547	3,882,963	1,902,918	11,800	494,830	899,480	573,935

ที่มา: รวบรวมจากสถิติการค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางที่ 2 มูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีของประเทศไทย

มูลค่า : 1,000 บาท

ปี	ปุ๋ย	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม	ปุ๋ยNP+NPK	อื่น ๆ
2538	15,812,074	4,600,872	36,666	737,011	54,196	10,383,329
2539	18,242,196	5,486,946	4,416	841,205	104,400	11,805,229
2540	16,933,863	5,796,736	30,698	1,124,567	83,661	9,898,201
2541	17,851,881	6,891,005	30,869	1,494,963	282,475	9,152,569
2542	17,189,930	7,115,927	130,553	1,667,794	39,935	8,235,721
2543	18,229,967	8,052,305	148,901	1,530,700	5,524,202	2,973,859
2544	21,551,134	8,931,701	184,811	2,171,777	7,171,502	3,091,343
2545	22,112,210	9,567,554	256,198	2,042,615	762,922	2,616,221
2546	26,403,008	12,331,096	266,311	2,310,069	7,746,638	3,748,894
2547	33,244,505	15,689,300	111,084	3,521,482	7,830,550	6,092,089

ที่มา: รวบรวมจากสถิติการค้าเกษตรกรรมไทยกับต่างประเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

การดูแลรักษาอาหารของรากและการเจริญเติบโตของพืช

ในระยะงอกของเมล็ด พืชจะใช้อาหารจากส่วนที่สะสมในเมล็ด แต่หลังจากนั้นรากพืชจะทำหน้าที่ดูดใช้ธาตุอาหารจากดิน ในพืชไร่การพัฒนาของรากมีความสำคัญมาก รากของข้าวโพดมีประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด และส่งเสริมการเจริญของส่วนเหนือดินประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อรากดูดใช้ธาตุอาหารจากดินแล้วจะส่งไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสะสมในรูปแบบของน้ำหนักแห้ง การที่พืชได้รับธาตุอาหารอย่างเหมาะสมจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 1.9 เท่า (Foth and Ellis, 1996) อัตราการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืชขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดินและความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช รากพืชจะมีความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นกับความยาวราก พื้นที่ผิวของราก ชนิดของราก อายุของราก อายุพืช และชนิดพืช

1. การดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช

กลไกการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืชประกอบด้วย 1) การไหลแบบกลุ่มก้อนของไอออนตามกระแสน้ำ (mass flow) 2) การแพร่ (diffusion) 3) การเจริญของรากเข้าหาธาตุอาหารพืช (root interception) (มูกดา, 2544) ความสัมพันธ์ของกลไกการดูดใช้ธาตุอาหารพืชดังกล่าวของข้าวโพดแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสำคัญของกลไก mass flow, diffusion และ root interception ของข้าวโพดที่ปลูกในดินอันดับ Alfisols

Nutrient	Amount absorbed		Interception	Mass flow	Diffusion
	kg/ha	pounds/acre	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Nitrogen	190	170	2	150	38
Phosphorus	40	36	1	2	37
Potassium	195	174	4	35	156
Calcium	40	36	60	150	0
Magnesium	45	40	15	100	0
Sulfur	22	20	1	65	0

ที่มา: Foth and Ellis, (1996)

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของราก

การเจริญของรากพืชแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชและสภาพแวดล้อม ซึ่งปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สำคัญมีดังนี้ คือ

2.1 การไถพรวนและความหนาแน่นรวมของดิน การไถพรวนโดยใช้เครื่องจักรที่มีน้ำหนักมาก ในขณะที่ดินมีความชื้นไม่เหมาะสมจะทำให้ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น ช่องว่างดินและการซาบซึมน้ำลดลง ส่งผลให้การพัฒนาของรากช้าลง ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวรากลดลง อย่างไรก็ตามการทดลองของ Barber (1971) พบว่าการไถพรวนทำให้รากข้าวโพดเจริญงอกได้ดีมากกว่าการไม่ไถพรวน

2.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ธาตุไนโตรเจนในดิน มีผลทำให้ความยาวและน้ำหนักของรากเพิ่มขึ้น แต่ส่งผลให้ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางรากลดลง (Anderson, 1987) ในขณะที่ Barber and Macky (1986) พบว่าปริมาณรากและรากขนอ่อนไม่ตอบสนองต่อไนโตรเจน

2.3 ความชื้นในดิน พืชเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความชื้นที่เป็นประโยชน์เพียงพอในเขตรากพืช (root zone) รากข้าวโพดเจริญได้น้อยในดินที่มีความชื้นต่ำ แต่การตอบสนองของรากในพื้นที่ที่มีการชลประทานจะต่ำกว่าพื้นที่ไม่มีการชลประทาน (Salam and Wahhid, 1993)

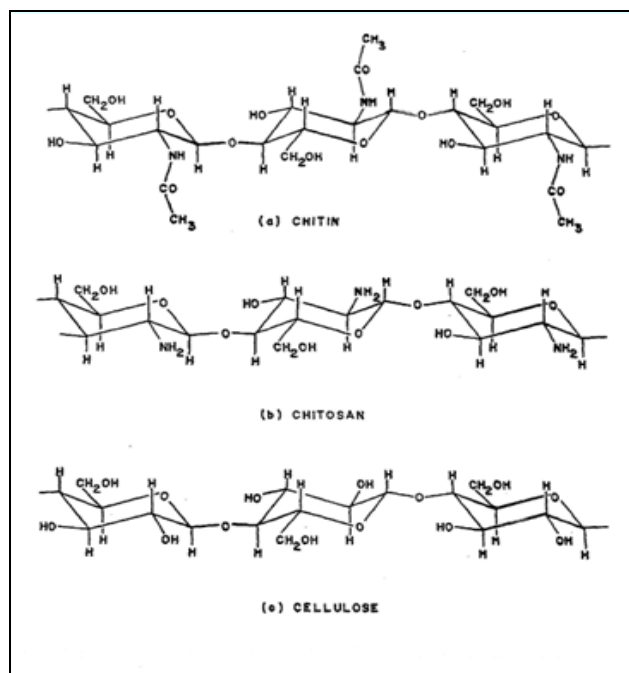
2.4 อินทรีย์วัตถุ การไถกลบตอซังและ/หรือพืชตระกูลถั่วร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้รากพืชเจริญได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (Salam and Wahhid, 1993)

2.5 ออกซิเจน การขาดออกซิเจนทำให้การเจริญของรากหยุดลง น้ำหนักแห้งของรากลดลงเมื่อมีออกซิเจนในปริมาณต่ำ Purvis and Williamson (1972) รายงานว่าน้ำหนักของรากข้าวโพดลดลงจากค่าควบคุม เมื่อขาดออกซิเจนเพียง 4 วัน

ความรู้เกี่ยวกับไคโตซาน

1. ความรู้เบื้องต้น

ไคตินได้รับการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ.1811 โดย Braconnot ในราว ค.ศ.1823 พอลิเมอร์ชนิดนี้ถูกเรียกว่า ไคติน โดย Odier คำว่าไคติน (Chitin) มาจากคำว่า “Chiton” ในภาษากรีก ซึ่งมีความหมายว่า เกราะหุ้ม ไคตินเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพ ที่มีมากในโลกเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (Cellulose) พอลิเมอร์ทั้งสองทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกันและสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิต (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ม.ป.ป) ไคตินและไคโตซานเป็นสารโคพอลิเมอร์ธรรมชาติระหว่างสองโมโนเมอร์ของ anhydro-N-acetyl-D-glucosamine และ anhydro-D-glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่าจะแสดงลักษณะสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่าจะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน ซึ่งลักษณะโคพอลิเมอร์นี้จะมีผลต่อเนื่องไปยังสมบัติการละลายของไคตินและไคโตซาน (ปิยะบุตร, 2544)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของเซลลูโลส ไคตินและไคโตซาน

ที่มา: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ม.ป.ป.

2. ไคตินและการเตรียมไคติน

ไคติน (Chitin) คือ โมเลกุลพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่อะซิโตมิโด (-NHCOOH_3) มาประกอบเรียกว่า polyacetyl amino glucose หรือ poly- β -(1-4)-2-acetamino-2-deoxy- β -D หรือ poly(2-acetamino-2-deoxy-d-glucose) หรือ poly (anhydro-N-acetyl-D-glucosamine) หรือ poly (N-acetyl glucosamine) สูตรโมเลกุล $[\text{C}_8\text{H}_{13}\text{O}_5\text{N}]_n$ น้ำหนักโมเลกุล $[203.19]_n$ ไคติน (Chitin) เป็น สารพอลิเมอร์ธรรมชาติ ฟูแมลงทุกชนิด และยังพบในหอยเปลือกแข็ง (mollusca) หอยมุก (gastropoda) หมึก (cephalopoda) และสารไคตินยังพบในผนังเซลล์ของพวกเห็ดรา (fungi) ยีสต์ (yeast) รวมถึงจุลินทรีย์ (microorganism natural polymer) ประเภทคาร์โบไฮเดรตโครงสร้างกลุ่มโฮโมโพลิแซคคาไรด์ (homopolysaccharide) มีลักษณะเป็นเส้นใย (fiber) ของโมเลกุลโครงสร้างเปลือกสัตว์ (exoskeleton) โดยทั่วไปพบไคตินได้ในสัตว์ที่มีปล้องมีข้อ (arthropoda) เช่น กุ้ง อื่นๆ อีกหลายชนิด ไคตินที่ได้แต่ละแหล่งมีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างกันโดยสามารถแบ่งตามลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยได้ 3 รูปแบบ คือแบบอัลฟา (α -form) เป็นการการจัดเรียงของสายโซ่โมเลกุลที่สวนทางกันได้แก่ ไคตินจากเปลือกกุ้ง กระดองปู เปลือกแข็งของแมลง และผนังเซลล์ของเห็ดรา การจัดเรียงตัวแบบที่สองเป็นแบบเบต้า (β -form) มีลักษณะการจัดเรียงตัวในทิศทางเดียวกัน ได้แก่

ไคตินจากแกนหมึก สดทำเป็นการจัดเรียงตัวแบบเกมมา (Y- from) เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเรียงสลับกันระหว่างสองแบบข้างต้น ได้แกไคตินจากรังไหมดิบ (ภาวดี, 2544)

โดยปกติแล้วการผลิตไคตินที่เป็นเชิงพาณิชย์นั้นจะผลิตจากเปลือกกุ้งและเปลือกปู ซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตและโปรตีนเป็นหลัก การเตรียมเริ่มจากการทำความสะอาดเปลือกกุ้งและเปลือกปู นำไปแช่ในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เจือจาง ที่อุณหภูมิห้องเพื่อทำการกำจัดแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เปลือกกุ้ง ปู ที่ได้รับการกำจัดแคลเซียมคาร์บอเนตแล้วจะถูกบดหรือทำให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ และให้ความร้อนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1-2 mol/l ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อทำลายโปรตีนและลิพิดที่ติดมา

3. ไคโตซานและการเตรียมไคโตซาน

ไคโตซาน (Chitosan) คือ โพลีเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีหมู่เอมีน ($-\text{NH}_2$) มาประกอบ เรียกว่า poly amino glucose หรือ poly (2-amino-2-deoxy-D-glucose) หรือ poly (anhydro-D-glucosamine) หรือ poly (D-glucosamine) สูตรโมเลกุล $[\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_4\text{N}]_n$ น้ำหนักโมเลกุล $[162.17]n$ ไคโตซาน (Chitosan) เป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยากำจัดหมู่อะซีทิล (deacetylation) ของไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น (ปิยะบุตร, 2544)

ไคโตซานเตรียมโดยการ deacetylating α -Chitin ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นประมาณ 40-50 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิในช่วง 100-106 องศาเซลเซียส (Horton *et al.*, 1965) โดยผลของการทำ deacetylate นี้จะทำให้ระดับการ deacetylation (%DAC) สูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าหากต้องการให้ระดับการ deacetylation (%DAC) นั้นสมบูรณ์มากขึ้นก็ต้องทำปฏิกิริยาซ้ำ ๆ ในเบสหลาย ๆ รอบก็จะทำให้ (%DAC) เข้าใกล้ 100 เปอร์เซ็นต์

4. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไคติน-ไคโตซาน

ไคตินและไคโตซานเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ทั้งนี้เนื่องจากไคตินและไคโตซานมีสมบัติที่สำคัญหลายประการ จึงประยุกต์ใช้ไคตินและไคโตซานได้อย่างกว้างขวางสมบัติทางกายภาพและเคมีของไคตินและไคโตซานมีดังนี้

4.1 การละลาย (Solubility) ไคตินไม่ละลายในน้ำ กรดเจือจาง ต่างทั้งเจือจางและเข้มข้น แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอินทรีย์อื่น ๆ แต่สามารถละลายได้ในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) เข้มข้น กรดซัลฟูริก (กรดกำมะถัน) เข้มข้น กรดฟอสฟอริก (78-79%) กรดฟอร์มิก (anhydrous formic acid) และ DMAc-LiCl (N, N-Dimethylacetamide-Lithium chloride) ความยากในการละลายของไคตินในตัวทำละลายต่างๆเป็นผลมาจากสายโซ่มอเลกุลที่อยู่กันอย่างหนาแน่นมีพันธะเกิดขึ้นทั้งภายในและระหว่างโมเลกุล เนื่องจากหมู่ฟังก์ชันที่ต่างกัน (หมู่ไฮดรอกซิลและหมู่อะซิเตมิโด)

ไคโตซานไม่ละลายในน้ำ ต่างและตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มี pH น้อยกว่า 6 กรดอะซิติกและกรดฟอร์มิกเป็นกรดที่นิยมใช้ในการละลายไคโตซาน กรดอินทรีย์บางชนิด เช่น กรดไนตริก กรดไฮโดรคลอริก กรดเปอร์คลอริก และกรรฟอสฟอริก สามารถละลายไคโตซานได้เช่นกันแต่ภายใต้การคนที่อุณหภูมิสูงปานกลาง อย่างไรก็ตามในบางครั้งอาจมีตะกอนขาวคล้ายเจลเกิดขึ้น

สารละลายไคโตซานมีความเหนียวใสมิพพฤติกรรมแบบนอนนิวโตเนียน (non-newtonian) ในสารละลาย หมู่อะมิโนของไคโตซานจะแตกตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัว (pK_a) ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประจุของพอลิเมอร์โดย pK_a ของไคโตซานมีค่าอยู่ในช่วง 6.2 ถึง 6.8

4.2 Degree of deacetylation เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคตินไคโตซาน เนื่องจากไคตินและไคโตซานเป็นโคพอลิเมอร์ระหว่างสองโมโนเมอร์ของ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของ โมโนเมอร์แรกมากกว่า คือมีค่า degree of deacetylation ต่ำ จะแสดงสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่า คือมีค่า degree of deacetylation สูง จะแสดงสมบัติเด่นของไคโตซาน โดยปกติ degree of deacetylation ของไคซาน อยู่ระหว่าง 70-90 เปอร์เซ็นต์

4.3 ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น degree of deacetylation น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้และการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายพอลิเมอร์จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อสารละลายมีค่า pH ลดลง ในขณะที่ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) จะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น

4.4 Coagulating ability ไคโตซานเป็นตัวสร้างตะกอนและตัวตกตะกอน (flocculant and coagulating agent) ที่ดี เนื่องจากการมีหมู่อะมิโนจำนวนมากที่สามารถแตกตัวเป็นประจุบวก และจับกับสารที่มีประจุลบได้ เช่น โปรตีน ลิพิด และพอลิเมอร์อื่น จากการวิจัยประสิทธิภาพของไคโตซานในการแยกโปรตีนออกจาก cheese whey พบว่าความสามารถในการจับโปรตีนเป็นสัดส่วนผกผันกับน้ำหนักโมเลกุลของไคโตซาน นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถจับกับโลหะหนักได้ โดยในโตรเจนในหมู่อะมิโนของไคโตซานจะทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอนทำให้ไอออนของโลหะสามารถสร้างพันธะเชิงซ้อน (coordinate) กับหมู่อะมิโนได้นอกจากนี้ยังพบว่าหมู่อะมิโนในไคโตซานมีประสิทธิภาพในการจับกับไอออนของโลหะได้ดีกว่าหมู่อะซิดในไคติน ดังนั้นไคโตซานที่มี degree of deacetylation สูงจะมีอัตราการดูดซับหรือความสามารถในการจับกับไอออนของโลหะสูง ความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะของไคโตซานยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น ความเป็นผลึก และความสามารถในการดึงดูดน้ำของไคโตซาน

4.5 การเสื่อมสลาย (Degradation) ไคตินและไคโตซานก็เหมือนกับพอลิเมอร์หรือพอลิแซ็กคาไรด์อื่นทั่วไป คือเมื่อเกิดการเสื่อมสลายจะให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือโอลิโกแซ็กคาไรด์ (oligosaccharide) และเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดเรียกว่า โมโนเมอร์ (monomer) หรือ โมโนแซ็กคาไรด์ (monosaccharide)

โอลิโกเมอร์/โอลิโกแซ็กคาไรด์ของไคตินและไคโตซาน คือ N-acetyl-chitooligosaccharide และ chitooligosaccharides ตามลำดับ ส่วน โมโนเมอร์/โมโนแซ็กคาไรด์ของไคตินและไคโตซานคือ N-acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine ตามลำดับ

การเสื่อมสลายโดยเอนไซม์ (Enzymic degradation) การเสื่อมสลายโดยใช้เอนไซม์มีข้อดีกว่าการใช้สารเคมีคือ มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่าการใช้สารเคมี เอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายไคตินและไคโตซาน ได้แก่

Chitinase สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคตินแบบสุ่ม (random) ตรงตำแหน่งพันธะ (-1, 4-linkage) ได้เป็น N-acetyl-chitooligosaccharide)

Chitosanase สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแบบสุ่ม (random) ตรงตำแหน่งพันธะ (-1, 4-linkage) ได้เป็น chitooligosaccharide)

Lysozyme เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่คล้ายกับ Chitinase N-acetylglucosaminidase และ N-acetylhexosaminidase ทำหน้าที่ย่อยสลาย N-acetylchitooligo saccharides เป็น N-acetylglucosamine โดยเริ่มจากปลายสายโซ่โมเลกุล (non-reducing end)

4.6 การเสื่อมสลายโดยความร้อน (Thermal degradation) ความร้อนมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน จากการวิจัยพบว่า ความร้อนจากเตาอบซึ่งเป็นความร้อนแบบแห้ง (dry heat) ที่อุณหภูมิน้อยกว่าหรือเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สายโซ่โกลูโคสมีความยืดหยุ่นมากขึ้น Glass transition temperature (T_g) ลดลง ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้นส่วนความร้อนแบบแห้งที่อุณหภูมิสูง มีผลทำให้ไคโตซานเกิดสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและระยะเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส ความสามารถในการละลายของไคโตซานจะลดลงที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เวลานานกว่าหรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง ไคโตซานจะไม่ละลายในกรดอะซิติก (0.2 M) / โซเดียมอะซิเตด (0.1M)

สำหรับการอบแห้งแบบใช้ไอร้อน (saturated steam) ไคโตซานจะไม่สามารถละลายหลังจากการอบที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง และหลังการอบที่อุณหภูมิมากกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง การอบที่อุณหภูมिन้อยกว่าหรือเท่ากับ 120 องศาเซลเซียส ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน

4.7 ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา ไคโตซานประกอบด้วย 3 หมู่ฟังก์ชันที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา คือ หมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 (C-2) หมู่อัลกอฮอล์ ($-CH_2OH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 (C-6) และหมู่ secondary alcohol ($-CHOH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 (C-3) การปรับปรุงโครงสร้างทางเคมี (chemical modification) ของทั้งสามหมู่ฟังก์ชันนี้สามารถก่อให้เกิดวัสดุต่างๆในการใช้งานที่แตกต่างกันมากมาย

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเกษตร

ในการเกษตรมีการศึกษาประยุกต์ใช้ไคโตซานเพื่อประโยชน์หลายประการ ทั้งในแง่การเจริญเติบโตของพืช การป้องกันและลดการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ไคโตซานในการเกษตรมีดังนี้

5.1 ไคโตซานส่งเสริมการเจริญของพืชและรากพืช มีผลต่อความยาว ความหนาแน่นของขนราก และ lateral root ที่เพิ่มขึ้น (Hirano, 1988; Tsugita *et al.*, 1993; Harada *et al.*, 1995; Chibu *et al.*, 1999 and Ohta *et al.*, 1999) Ohta *et al.*, 1999 แนะนำว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยไคโตซานอาจเป็นเพราะอิทธิพลของไนโตรเจนที่มีในไคโตซานประมาณ 8.7 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามอาจเป็นเพราะสาเหตุอื่นก็ได้ (Suzuki and Shinshi, 1998)

5.2 Boonkerd *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาผลของไคตินต่อการสร้างปมและการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในถั่วเหลือง พบว่าไนโตรเจนในไคตินจะค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ในช่วงที่พืชต้องการ ยิ่งไปกว่านั้นไคตินยังช่วงกระตุ้นการสร้างปมที่รากถั่วของถั่วเหลือง ส่งผลให้ไรโซเบียมสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้มากขึ้น

5.3 Hirano *et al.* (1996) รายงานว่าไคตินที่เคลือบเมล็ดไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลือง แต่ไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ 21% ของค่าควบคุมในแปลงทดลอง นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าไคตินไม่สามารถทำหน้าที่ทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้เป็นฮอร์โมนพืชได้ มีเพียงบทบาทในการส่งเสริมการป้องกันการเข้าทำลายของโรค จึงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิต

5.4 Ohta *et al.* (2000) ศึกษาอิทธิพลของไคโตซานและไนโตรเจนจากปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญของเมล็ด *Eustoma grandiflora* (Raf.) โดยศึกษาที่ระดับความเข้มข้นของไคโตซาน 1.0 เปอร์เซ็นต์ เท่า ๆ กันกับความเข้มข้นของไนโตรเจนในปุ๋ย พบว่าไคโตซานส่งเสริมการงอกของเมล็ด แต่ควรระวังความเข้มข้นของไคโตซานที่ใช้

5.5 ไคโตซานมีผลต่อการปรับสภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช ทดสอบกับเมล็ดพันธุ์ 30 ชนิด โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายของไคโตซานและน้ำต่างๆ กัน ได้แก่ 0 : 1000 (สภาพควบคุม), 0.5 : 1000, 1 : 1000 และ 1 : 2000 ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพในการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชในอัตราส่วน 1 : 1000 แสดงผลการงอกของเมล็ดพันธุ์ทั้ง 30 ชนิด สูงกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ ขณะเดียวกันระยะเวลาในการงอกก็ลดลงเมื่อเทียบกับสภาพควบคุม (ปิยะบุตร, 2545)

5.6 Pastucha (2001) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของไคโตซาน 2 ประเภทต่อการยับยั้งเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคในถั่วเหลือง ประเภทแรกละลายไคโตซานในกรดอะซิติกที่เข้มข้น 0.1% และ 0.05 % ประเภทที่ 2 เป็นสารประกอบไคโตซานจาก micro-crystalline gel (marked as chito- san I) ที่สองระดับความเข้มข้นเช่นเดียวกัน ผลการทดลองพบว่า ไคโตซานในกรดอะซิติกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุได้ดีกว่า จึงเหมาะในการป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อราในถั่วเหลือง

5.7 การศึกษาประสิทธิภาพของไคโตซานและสารสกัดจากพืชต่อการเจริญของ *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นเชื้อสาเหตุของโรค anthracnoses ในใบและคุณภาพของผลมะละกอ โดย Bautista-Banos *et al.* (2003) สามารถสรุปได้ว่าไคโตซานที่ 2.0 และ 3.0 เปอร์เซ็นต์

ยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อดังกล่าวได้ ขณะที่สารสกัดจากพืชเพียงอย่างเดียวไม่สามารถยับยั้งได้ที่ระดับโคโตซาน 2.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารสกัดจากพืชมีผลดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตาม โคโตซานไม่สามารถลดความเสียหายได้เมื่อเชื้อเข้าสู่ผลมะละกอแล้ว

5.8 จากการศึกษาของ Pieta *et al.* (2001) ที่ทำการทดลองใน grey brown podzolic soil พบว่าโคโตซานส่งผลให้เชื้อในสกุล *Trichoderma* เจริญเติบโตได้ดี สามารถแข่งขันกับ *Fusarium oxysporum* ซึ่งจะพบได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ต้น runner beans ที่ให้โคโตซานมีความแข็งแรงเมื่อเทียบกับดำรับควบคุม

5.9 จากการทดสอบกับถั่วเหลืองโดย No *et al.* (2003) พบว่าโคโตซานมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักทั้งหมด 13 % และระดับของวิตามินซี 10 % หลังจากให้โคโตซาน นาน 8 ชั่วโมง นอกจากนี้ต้นถั่วเหลืองยังมีความแข็งแรงขึ้นด้วย โคโตซานที่ละลายในกรดอะซิติกให้ผลดีกว่าที่ละลายในกรดแลกติก

5.10 ผลการศึกษาของ โกสินทร์ และ คมสัน (2545) สรุปได้ว่าปุ๋ยเคมีเคลือบโคโตซาน และปุ๋ยเคมีที่เคลือบด้วยโคโตซานผสมสารเชื่อมโยงมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนช้ากว่าปุ๋ยเคมีธรรมดา แต่อัตราการปลดปล่อยนั้นช้าลงไม่มากนัก และพบว่าจำนวนชั้นเคลือบที่ไม่มีผลต่อการปลดปล่อยแต่การเคลือบจำนวนน้อยชั้นจะส่งผลต่อความแข็งแรงของเม็ดปุ๋ย

5.11 ฟิรพงศ์ (2545) รายงานว่าอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยเคมีที่เคลือบด้วยโคโตซานลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้เพิ่มขึ้น จำนวนชั้นที่เคลือบปุ๋ยเพิ่มขึ้นส่งผลให้อัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารลดลง

ข้าวโพดหวานลูกผสมไฮ-บริดจ์ 3

ในปี พ.ศ. 2543 ข้าวโพดหวานลูกผสมพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 ก็ถูกพัฒนาขึ้น จากข้อมูลงานวิจัยเบื้องต้นพบว่าพันธุ์ข้าวโพดหวานไฮ-บริดจ์ 3 สามารถให้ผลผลิตทั้งเปลือกสูงถึง 3,029 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตปอกเปลือก 2,148 กิโลกรัมต่อไร่ ขนาดฝักมีขนาดใหญ่ กว้าง 5.0-6.0 เซนติเมตร และยาว 19-21 เซนติเมตร การติดเมล็ดเต็มถึงปลาย เมล็ดเหลืองครีม คุณภาพฝักสดดีเยี่ยมมีความหวานมาก เปลือกหุ้มเมล็ดบางไม่ติดฟัน เมล็ดลึกลงทำให้มีเนื้อนุ่ม นอกจากนี้ระบบรากและลำต้นยังแข็งแรงไม่หักล้มง่าย ในปี พ.ศ. 2545 ได้ส่งพันธุ์ข้าวโพดหวานไฮ-บริดจ์ 3 เข้าทดสอบคุณสมบัติ

ทั้งผลผลิตและคุณภาพฝักสดร่วมกับหน่วยงานราชการหลายหน่วยงานเช่น ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ศูนย์วิจัยพืชไร่สงขลาและศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ซึ่งผลการทดสอบก็ยืนยันสมบัติที่ดีของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมไฮ-บริดส์ 3

จากตารางที่ 4 (ผลการทดสอบพันธุ์ข้าวโพดหวานจากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ) แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดหวานไฮ-บริดส์ 3 สามารถให้ผลผลิตทั้งเปลือก 3,059 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตปอกเปลือก 2,073 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรียบเทียบซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวโพดหวานที่ปลูกกันมากในเขตอำเภอปากช่องให้ผลผลิตทั้งเปลือกเพียง 2,395 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตปอกเปลือก 1,569 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้พันธุ์ข้าวโพดหวานไฮ-บริดส์ 3 ยังมีขนาดฝักที่ใหญ่กว่าและมีค่าความหวาน (บริกซ์) มากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเปรียบเทียบพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสม

พันธุ์	ผลผลิตทั้งเปลือก(กก./ไร่)	ผลผลิตปอกเปลือก(กก./ไร่)	ความยาวฝัก(ซม.)	ความกว้างฝัก(ซม.)	ความหวาน(บริกซ์)
ไฮ-บริดส์ 3	3,059	2,073	20.8	5.1	14.0
พันธุ์เปรียบเทียบ	2,395	1,569	19.8	4.4	13.2

ที่มา: แปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ จำกัด (2548 ก)

ตารางที่ 5 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมไฮ-บริดส์ 3

ลักษณะประจำพันธุ์	พันธุ์ลูกผสมไฮ-บริดส์ 3
ผลผลิตฝักทั้งหมด (กก./ไร่)	3,719
ผลผลิตปอกเปลือก (กก./ไร่)	2,553
เปอร์เซ็นต์เนื้อ	มากกว่า 35
วันออกไหม (วัน)	48-50
ความสูงต้น (ซม.)	195
ความสูงฝัก (ซม.)	100
อายุเก็บเกี่ยวหลังออกไหม (วัน)	17-20
อายุเก็บเกี่ยวหลังวันปลูก (วัน)	65-70
สีไหม	ขาว
คุณภาพการชิม	ดีมาก
ความหนาเปลือกหุ้มเมล็ด	บาง
สีเมล็ด	เหลือง
จำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก	16-18
ความยาวฝัก (ซม.)	20-22
ความกว้างฝัก (ซม.)	5.5-6
ความแข็งแรงของรากและลำต้น	ดีมาก
ชนิดยีนควบคุมความหวาน	Sh2

ที่มา: แปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด (2548 ข)

ลักษณะทั่วไปของชุดดินปากช่อง

ดินชุดปากช่อง (Pc : Pak Chong series) เป็นดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นพวกสลายตัวอยู่กับที่ (residuum) หรือพวกที่เคลื่อนที่ตามแรงโน้มถ่วง (colluvium) ของหินเชลล์ (shale) ผสมหินปูน พบอยู่บนสภาพพื้นที่แบบลูกคลื่นลอนลาด ดินมีลักษณะการระบายน้ำดี ในดินบนจะมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวเป็นทรายแป้ง มีสีเข้มของน้ำตาลปนแดง โดยดินบนมี hue 5 YR ถึง 2.5 YR value 3 ถึง 4 และ chroma 3 ถึง 4 ส่วนในดินล่างจะเป็นดินเหนียวมีสีแดงหรือแดง

เข้ม โดยมี hue 2.5 YR ถึง 10 R value 3 ถึง 5 และ chroma 4 ถึง 8 เป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างในดินชั้นบน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 6.0-8.0 ส่วนดินชั้นล่างเป็นกรดแก่มากถึงกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง 4.5-5.5 ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง จัดอยู่ในวงศ์ Rhodic Kandistox, very fine, kaolinitic, isohyperthermic (กรมพัฒนาที่ดิน, 2541; กิติ และคณะ 2546)

จากสมบัติของดินชุดปากช่องดังกล่าว จะพบว่าเป็นดินเหนียวที่มีค่าสีส้ม (hue) อยู่ในช่วงสีเหลือง-แดง (YR) ถึง สีแดง (R) ซึ่งเป็นอิทธิพลของเหล็กออกไซด์ ที่มีอยู่ในปริมาณมาก จากรายงานของ Millar *et al.* (1965) ที่กล่าวว่า ความเป็นประโยชน์และความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสของดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย และที่สำคัญคือ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณของเหล็ก และอะลูมิเนียม ดังนั้นการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชที่ปลูกในชุดดินปากช่องนี้จึงอาจไม่มีประสิทธิภาพมากนัก เนื่องจากเหล็กในดินสามารถตรึงฟอสฟอรัสได้ ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อยลง และโพแทสเซียมอาจถูกตรึงโดยแร่ดินเหนียว ทำให้พืชดูดใช้ได้ น้อย ถึงแม้ว่าดินนี้จะมีโพแทสเซียมสูงก็ตาม สำหรับไนโตรเจนเป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณสูงและสามารถสูญเสียความเป็นประโยชน์ได้ง่าย จึงควรใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มเติมเพื่อการเจริญเติบโตของพืชและเพื่อรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่อย่างไรก็ตาม ประดิษฐ์ (2542) ได้ทำการทดลองปลูกข้าวโพดบนดินชุดปากช่อง พบว่าข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนมากกว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม จากข้อมูลและรายงานข้างต้นจึงทำการศึกษาเพื่อทดสอบผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่องนี้

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และการทดลอง
ปลูกพืชในเรือนทดลอง

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1.1 Spectrophotometer

1.2 Atomic absorption spectrophotometer

1.3 pH meter

1.4 Electrical conductivity meter

1.5 Micro Kjeldahl distillation apparatus

1.6 Digestion apparatus

1.7 Fume hood

1.8 เครื่องซังทศนิยม 3 และ 4 ตำแหน่ง

1.9 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

1.10 เครื่องบดตัวอย่างดิน และตะแกรงร่อนดิน ขนาด 2 มิลลิเมตร

1.11 เครื่องบดตัวอย่างพืช

1.12 อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์สมบัติของตัวอย่างดิน และตัวอย่างพืช

2. อุปกรณ์การทดลองปลูกพืชในเรือนทดลอง

2.1 ดินและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในปลูกพืช

2.1.1 ดินชุดปากช่องเก็บช่วงความลึก 0-15 เซนติเมตร จากอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

2.1.2 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานไฮ-บริดจ์ 3

2.1.3 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8

2.1.4 ไคโตซาน (Deacetylation 95 %)

2.1.5 สารเคมีที่ใช้ป้องกันกำจัดแมลง

2.1.6 อุปกรณ์ในการเตรียมดินปลูก

ก. เทปวัดระยะ

ข. กระสอบใส่ดิน

ค. จอบ

ง. พลั่ว

จ. ปากกาชนิดที่ลบไม่ออก

ฉ. กระถางพลาสติก สำหรับปลูกข้าวโพดหวานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25

เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร พร้อมจานรอง

ช. เครื่องชั่งดิน

2.2 อุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างพืช

2.2.1 มีดสำหรับเก็บเกี่ยวตัวอย่างพืช

2.2.2 เครื่องชั่งน้ำหนักพืช

2.2.3 ถุงกระดาษ และถุงผ้าสำหรับเก็บตัวอย่างพืช

2.2.4 เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวโพด

2.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นอื่นๆ

วิธีการ

1. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของดินชุดปากช่อง

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของตัวอย่างดินก่อนปลูก เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เลือกวัสดุที่ไม่ใช่ดินออก นำไปบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บไว้ในภาชนะที่แห้งและสะอาด นำไปวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) สภาพการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity, EC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรด (NH_4^+ -N and NO_3^- -N) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca, Mg) และตัวอย่างดินหลังปลูก ทำการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกันกับดินก่อนปลูก วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง และการนำไฟฟ้าของดิน

1.1.1 ปฏิกริยาของดินวัดโดยใช้เครื่อง pH meter (Electrometric method) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Soil Conservation Service, 1984)

1.1.2 การนำไฟฟ้าของดิน (EC) โดยเตรียมในอัตราส่วนของดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5 วัดโดยใช้ Electrical conductivity meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.1.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยวิธี Micro – Kjeldahl method (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.1.4 ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรด โดยวิธีสกัดดินด้วย 2N KCl และวิเคราะห์ปริมาณโดยการกลั่นด้วย MgO และ Devarda alloy (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542 ; จงรักษ์, 2544)

1.1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดดินโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี molybdenum blue (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.1.6 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ทำการสกัดด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช

วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในส่วนของเมล็ด และคอก้างข้าวโพด การเตรียมตัวอย่างพืช โดยการนำตัวอย่างพืชที่เก็บมาจากการทดลองในกระถาง สับตัวอย่างพืชให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ซึ่งน้ำหนักสด แล้วนำมาอบด้วยตู้อบ ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างพืชแห้ง (มีน้ำหนักคงที่) นำมาบดด้วยเครื่องบดพืช จนละเอียดขนาดที่ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นอบตัวอย่างพืชที่บดแล้วอีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำไปไว้ใน dessicator จนเย็น นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารดังนี้

1.2.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Micro – Kjeldahl method (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Vanado – molybdate yellow color (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.2.3 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด (Total K, Ca, Mg) ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไคโตซาน

วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในไคโตซาน นำไคโตซานมาอบให้แห้ง (มีน้ำหนักคงที่) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เก็บใน dessicator จนเย็น นำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารตามวิธีการวิเคราะห์พืชดังนี้

1.3.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Micro – Kjeldahl method (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se}$ mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Vanado – molybdate yellow color (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

1.3.3 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{--Na}_2\text{SO}_4\text{--Se mixture}$) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ Atomic absorption spectrophotometer (ทักษิณีย์ และ จงรักษ์, 2542)

2. การทดลองปลูกพืชในกระถาง

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3×4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยได้แก่
ปัจจัยที่ 1 ศักยภาพปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 มี 3 ระดับ คือ 0, 0.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง
ปัจจัยที่ 2 ศักยภาพไคโตซาน มี 4 ระดับ คือ 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถางโดยมีดำรับการทดลองดังนี้

- ดำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยและไม่ใส่ไคโตซาน
- ดำรับการทดลองที่ 2 ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ไคโตซานที่ 0.5 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 3 ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ไคโตซานที่ 2.0 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 4 ไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ไคโตซานที่ 4.0 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางแต่ไม่ใส่ไคโตซาน
- ดำรับการทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 0.5 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 2.0 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ย 1.5 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 4.0 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 9 ใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกระถางแต่ไม่ใส่ไคโตซาน
- ดำรับการทดลองที่ 10 ใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 0.5 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 11 ใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 2.0 กรัมต่อกระถาง
- ดำรับการทดลองที่ 12 ใส่ปุ๋ย 3.0 กรัมต่อกระถางและใส่ไคโตซาน 4.0 กรัมต่อกระถาง

2.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

การเตรียมตัวอย่างดิน โดยนำตัวอย่างดินชุดปากช่องเก็บความลึก 0-15 เซนติเมตร จากอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เลือกก้อนหินและเศษซากพืชขนาดใหญ่ออกผสมเนื้อดินให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอ

2.3 การปลูกพืชทดลอง

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ บรรจุกระถาง ๆ ละ 10 กิโลกรัม ใส่ไคโตซานและปุ๋ยเคมี ตามคำรับการทดลองที่กำหนดไว้ ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถางที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร รดน้ำให้ดินชื้นในปริมาณที่เท่ากันทุกกระถางเมื่อข้าวโพดมีอายุได้ประมาณ 15 วัน ทำการถอนให้เหลือกระถางละ 1 ต้น โดยเลือกต้นที่สมบูรณ์ที่สุดไว้ ดูแลป้องกันกำจัดวัชพืชและแมลงศัตรูพืชจนถึงวันเก็บเกี่ยว

2.4 การป้องกันกำจัดศัตรูพืช

เมื่อมีเพลี้ยไฟระบาดฉีดพ่นด้วยคาร์โบซัลเฟน (พอสซ์) สำหรับโรคราสนิม ใช้ไดฟีโนโคนาโซล 5 ซีซี. ต่อน้ำ 20 ลิตร ส่วนการกำจัดวัชพืช ใช้วิธีกำจัดด้วยมือเมื่อมีวัชพืชขึ้นรบกวนจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.5 การบันทึกข้อมูล

2.5.1 ความสูงของต้น วัดจากพื้นดินถึงข้อของใบธง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร โดยวัดเมื่อข้าวโพดอายุ 15, 30, 45 และ 60 วัน

2.5.2 ผลผลิตฝักทั้งเปลือก ชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งหมดในแต่ละการทดลองเป็นกรัม

2.5.3 ชั่งหาน้ำหนักตอซังแห้งทั้งหมด

2.5.4 ชั่งหาน้ำหนักเมล็ดแห้งทั้งหมด

2.5.5 ชั่งหาน้ำหนักรากแห้งทั้งหมด

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดลองปลูกพืชในเรือนทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan multiple range test) โดยใช้โปรแกรมทางสถิติของ IRRRI

4. สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย-
เกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองนี้เริ่มต้นในเดือนกันยายน พ.ศ.2548 และสิ้นสุดในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2549

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1. การวิเคราะห์ดินก่อนปลูกและไคโตซาน

1.1 สมบัติของดินชุดปากช่อง

สมบัติบางประการของชุดดินปากช่องที่นำมาศึกษา แสดงในตารางที่ 6 ชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (Clay) ค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.47 สภาพการนำไฟฟ้า 0.08 dS m^{-1} ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.23 % ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 34.0 mg kg^{-1} ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 31.2 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 157.5 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 204.3 และ 25.0 mg kg^{-1} ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สมบัติบางประการของดินชุดปากช่อง

ค่าที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
Texture	Clay
Sand (%)	24.8
Silt (%)	16.1
Clay (%)	59.1
pH	6.47
EC (dS m^{-1})	0.08
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.23
ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ (mg kg^{-1})	34.0
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg kg^{-1})	31.2
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg kg^{-1})	157.7
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg kg^{-1})	204.3
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (mg kg^{-1})	25.0

1.2 สมบัติของไคโตซาน

ไคโตซานที่นำมาศึกษามีเปอร์เซ็นต์ deacetylation เท่ากับ 95 สมบัติบางประการของไคโตซานแสดงในตารางที่ 7 ไคโตซานมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 7.45 % ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 177.7 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 45.6 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1,259.2 และ 87.2 mg kg^{-1} ตามลำดับ

ตารางที่ 7 สมบัติบางประการของไคโตซาน

ค่าที่วิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์
ไนโตรเจนทั้งหมด (%)	7.45
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (mg kg^{-1})	177.7
โพแทสเซียมทั้งหมด (mg kg^{-1})	45.6
แคลเซียมทั้งหมด (mg kg^{-1})	1,259.2
แมกนีเซียมทั้งหมด (mg kg^{-1})	87.2

2. การทดลองในกระถาง : ศึกษาผลของไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากการใช้ปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่อง

2.1 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

2.1.1 ความสูงของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน

ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 8 และภาพที่ 2 พบว่าความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานดำรับที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 0 , 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0 , 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานมีแนวโน้มเพิ่มตามอัตราการใช้ไคโตซานที่เพิ่มขึ้น และการใส่ไคโตซานยังไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 8 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	9.2	11.9	12.0	11.0
Ch1	11.4	12.1	11.6	11.7
Ch2	11.8	11.5	11.8	11.7
Ch3	11.2	11.8	12.3	11.8
เฉลี่ย	10.9 b	11.8 a	11.9 a	

F-test

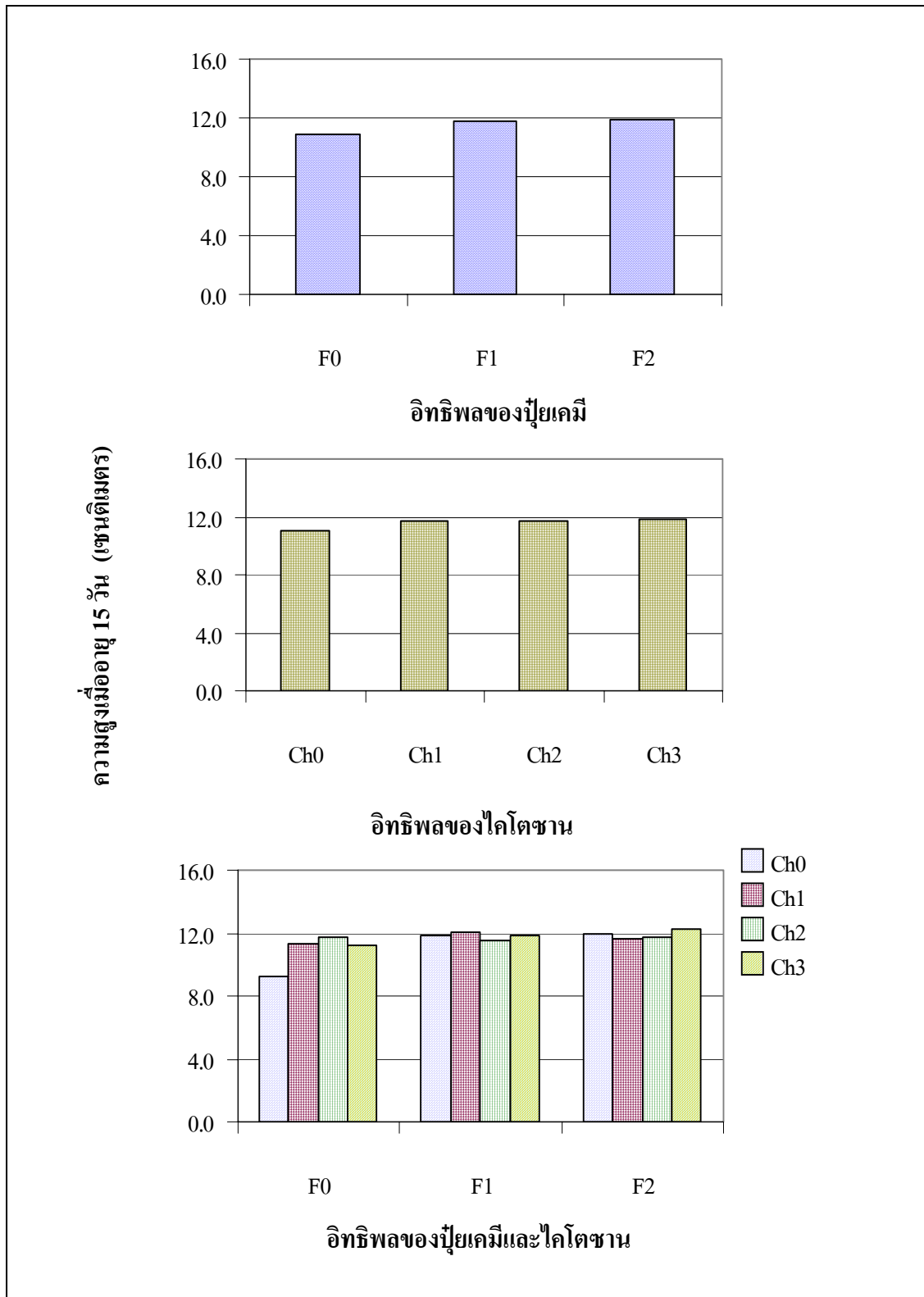
F	*
Ch	ns
Ch*F	ns
CV (%)	8.70

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 2 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.1.2 ความสูงของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 30 วัน

ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 9 และภาพที่ 3 พบว่าความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานดำรับที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมี แต่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถางให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวาน แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานสูงที่สุด แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 9 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 30 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	24.3 c	38.5 a	42.0 a	34.9 b
Ch1	33.2 b	36.3 a	37.0 a	35.5 b
Ch2	42.0 a	40.0 a	37.5 a	39.8 a
Ch3	34.0 b	40.0 a	42.5 a	38.8 ab
เฉลี่ย	33.4 b	38.7 a	39.8 a	

F-test

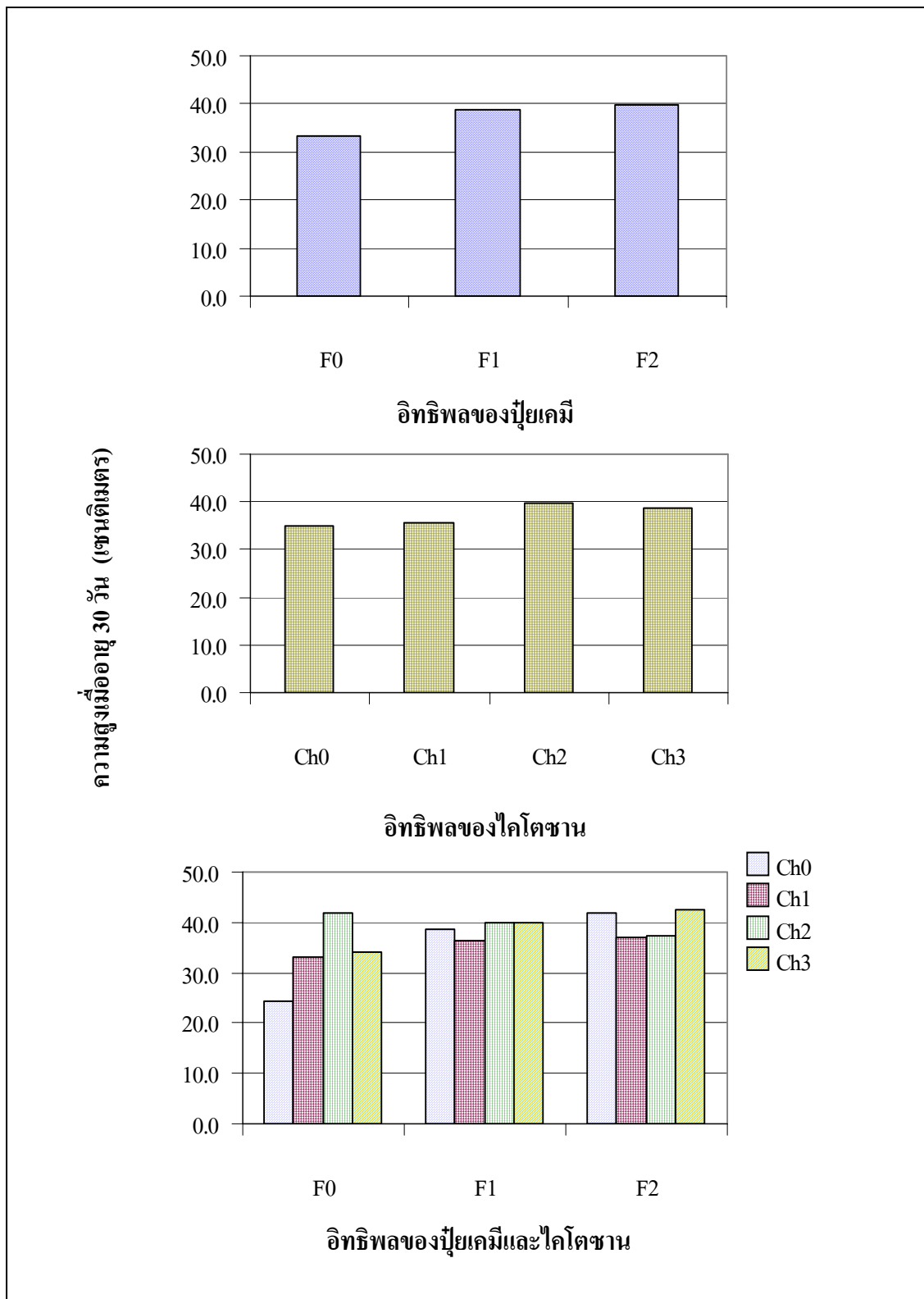
F	**
Ch	*
Ch*F	**
CV (%)	10.90

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 3 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 30 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.1.3 ความสูงของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 45 วัน

ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 4 พบว่าความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0 , 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมีในทุกดำรับการทดลอง

การใส่ไคโตซานอัตรา 0 , 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ พบเพียงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ไคโตซานอัตราที่สูงขึ้น โดยที่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานสูงที่สุด และการใส่ไคโตซานยังไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 10 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 45 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซาน ในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	87.0	134.0	142.7	121.2
Ch1	104.3	131.0	152.5	129.3
Ch2	148.3	144.0	143.0	145.1
Ch3	113.0	158.0	151.3	140.8
เฉลี่ย	113.2 c	141.8 b	147.4 a	

F-test

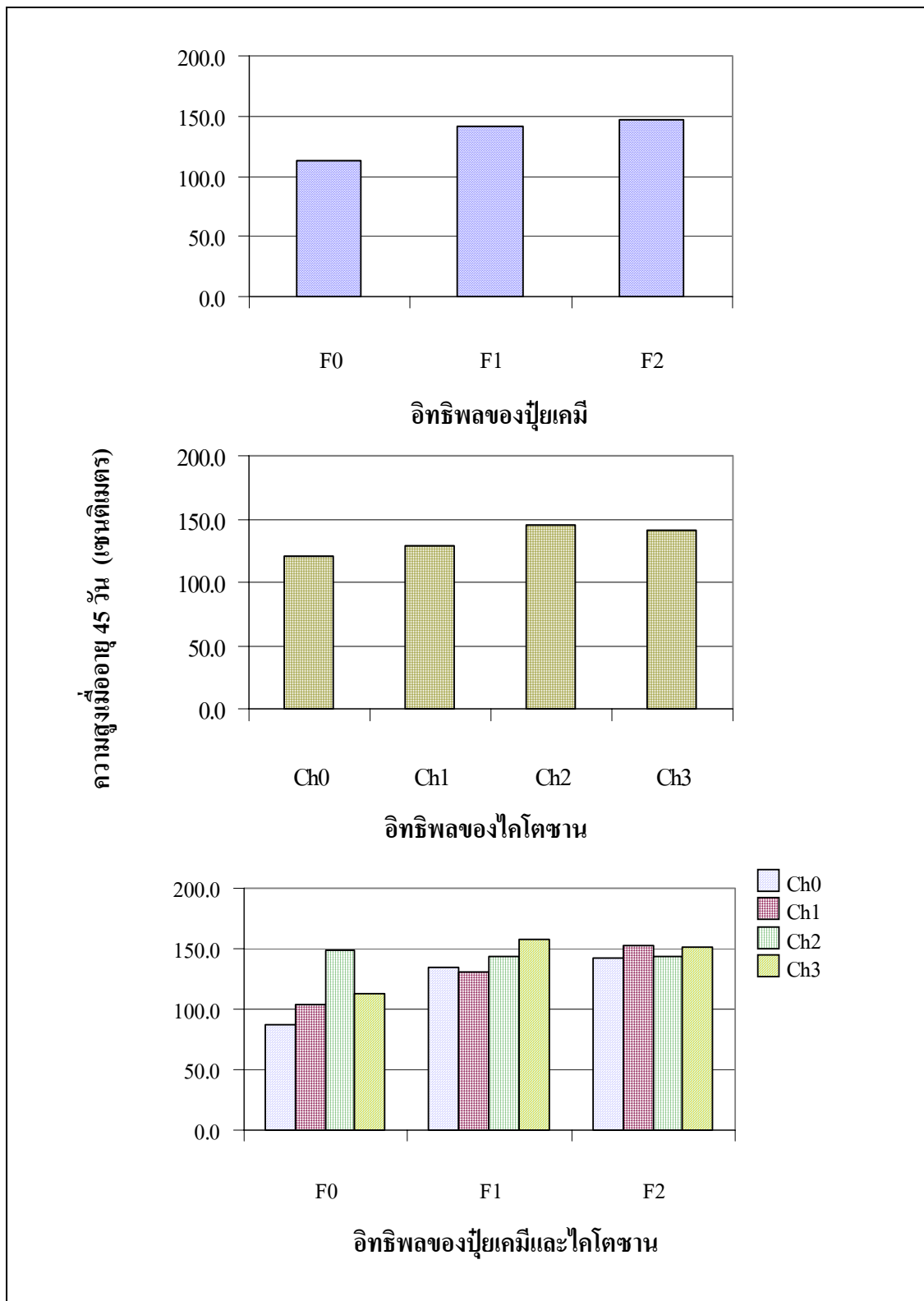
F	**
Ch	ns
Ch*F	ns
CV (%)	14.80

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 4 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 45 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.1.4 ความสูงของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน

ความสูงของต้นข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 11 และภาพที่ 5 ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน ให้ผลสอดคล้องกับเมื่ออายุ 15, 30, และ 45 วัน พบว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมีในทุกตำรับการทดลอง

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถางไม่ทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ พบเพียงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยของความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ไคโตซานอัตราที่สูงขึ้น และการใส่ไคโตซานยังไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 11 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซาน ในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	142.7	164.0	167.0	157.9
Ch1	149.3	172.7	179.3	167.1
Ch2	166.7	175.0	167.5	169.7
Ch3	160.0	172.0	178.7	170.2
เฉลี่ย	154.7 b	170.9 a	173.1 a	

F-test

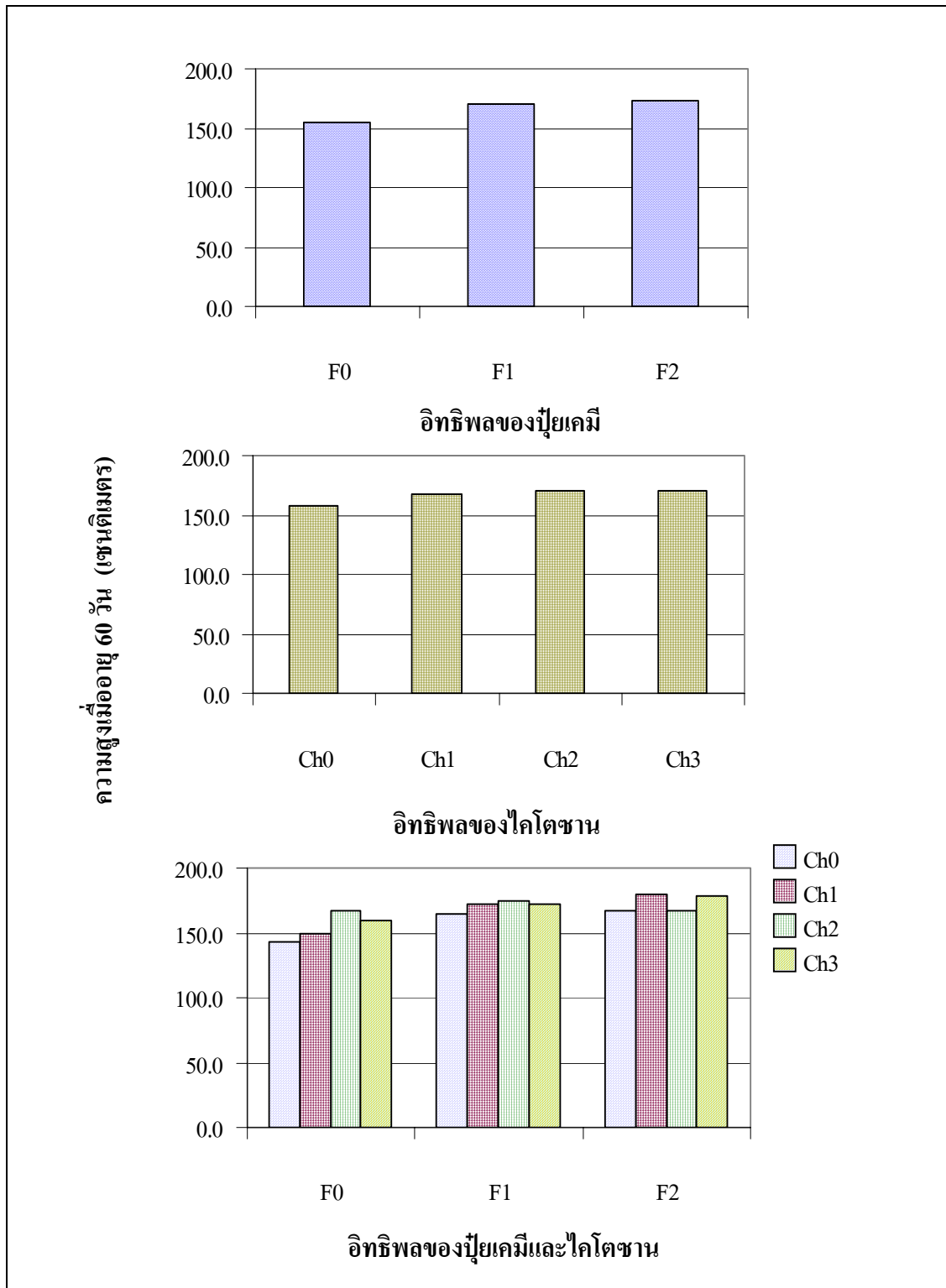
F	**
Ch	ns
Ch*F	<1
CV (%)	9.70

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 5 ความสูง (เซนติเมตร) ของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 60 วัน ที่ใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.2 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักตอซังแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

2.2.1 น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 12 และภาพที่ 6 พบว่า น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยต่ำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยยังเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมี

ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ต่ำรับที่ไม่ใส่ไคโตซานเลย ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนต่ำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่พบแนวโน้มของน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นตามอัตราไคโตซานที่เพิ่มขึ้น โดยที่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยสูงสุด แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 12 น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	120.3	197.8	186.1	168.1 b
Ch1	174.9	204.3	243.3	207.5 a
Ch2	190.1	194.9	267.8	217.6 a
Ch3	169.7	220.4	254.8	215.0 a
เฉลี่ย	163.7 c	204.3 b	238.0 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F ns

CV (%) 12.5

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

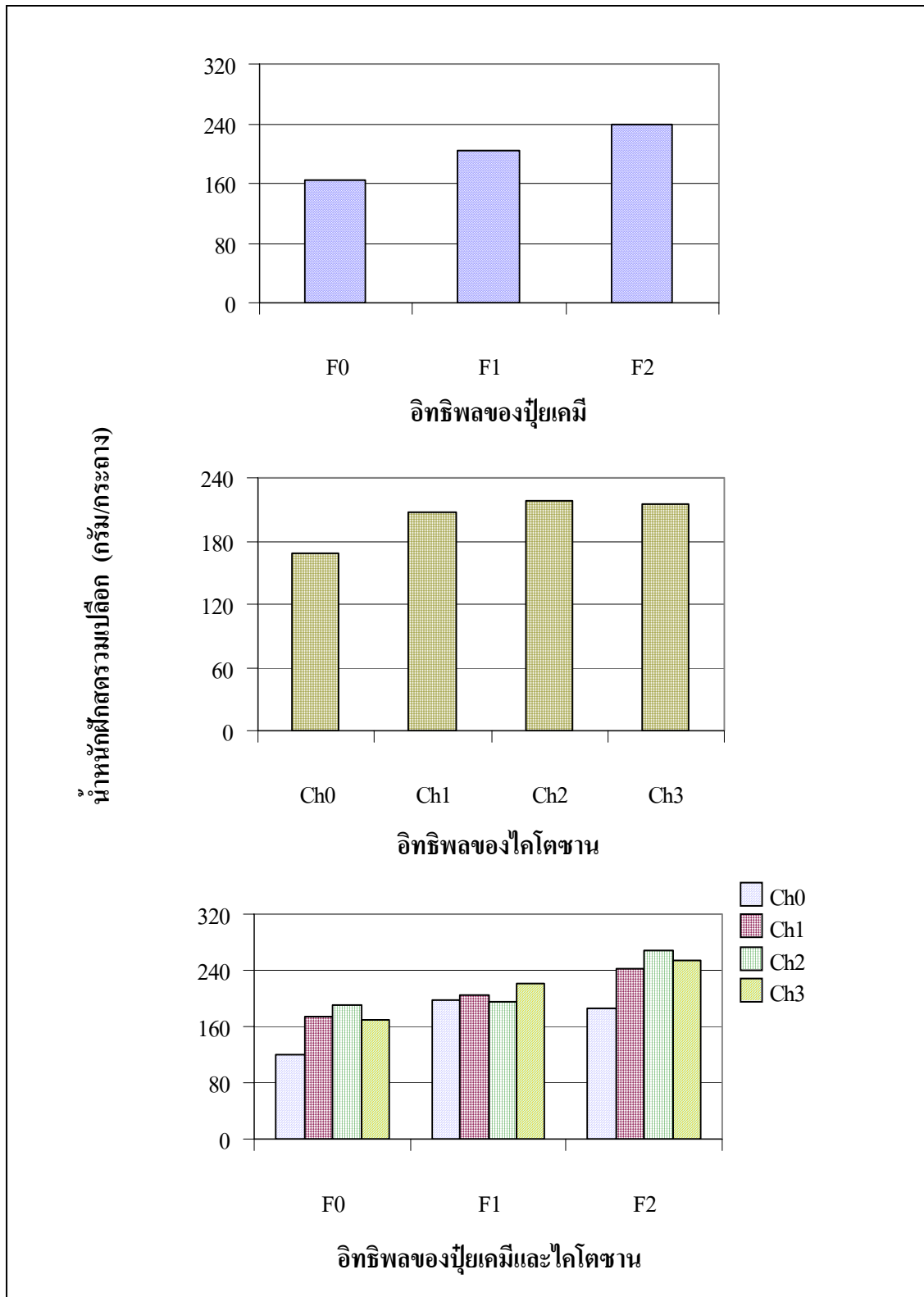
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.2.2 น้ำหนักรากแห้งของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 13 และภาพที่ 7 พบว่าน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 , 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงสุด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ตำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยสูงสุด ตำรับที่ไม่ใส่ไคโตซานเลยให้น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนตำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 และ 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 13 น้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	10.27 c	15.91 a	16.67 a	14.28 b
Ch1	13.93 b	14.65 a	17.30 a	15.29 ab
Ch2	14.09 b	14.83 a	16.99 a	15.30 ab
Ch3	17.82 a	14.81 a	19.61 a	17.41 a
เฉลี่ย	14.03 b	15.05 b	17.64 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F **

CV (%) 10.9

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

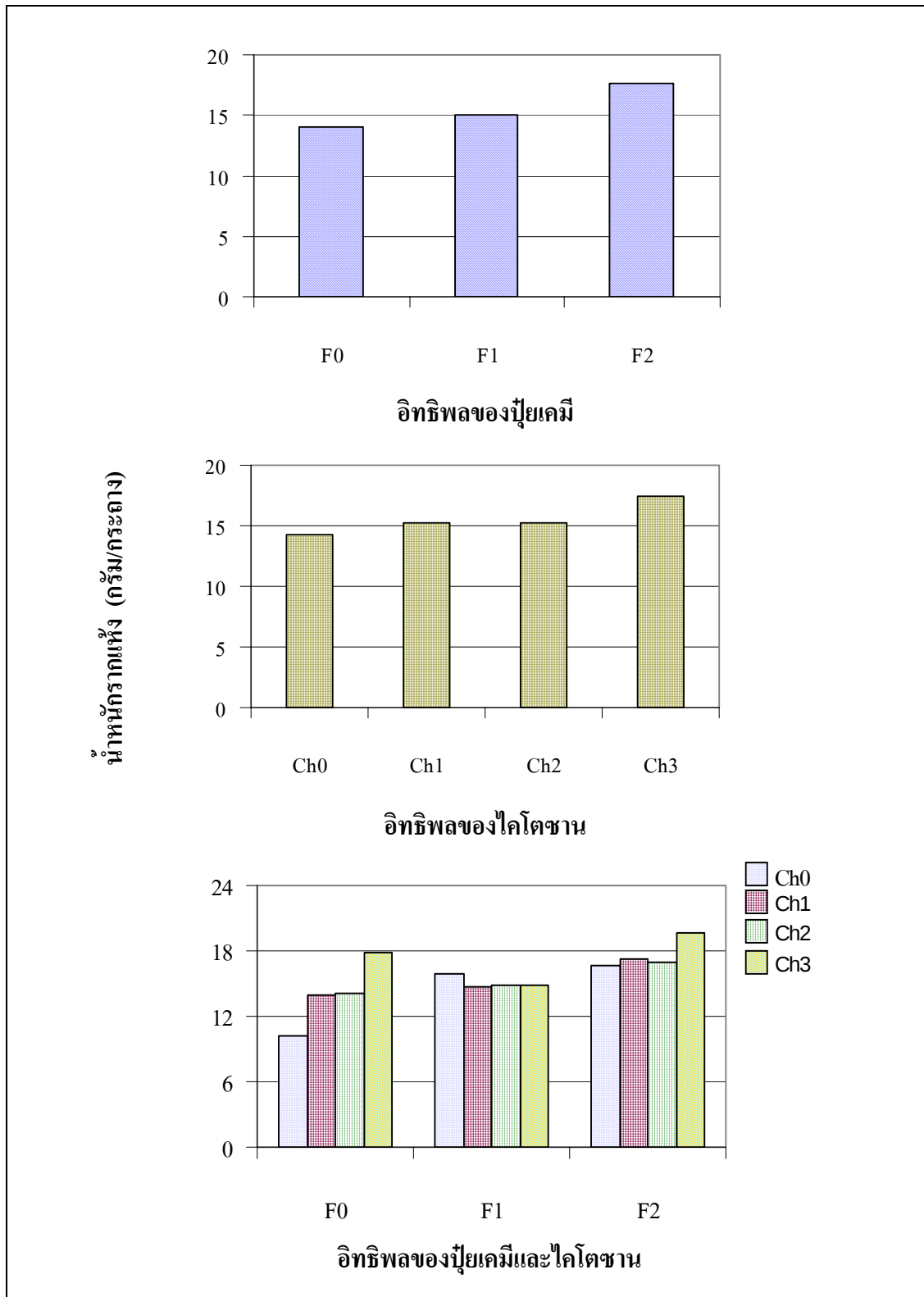
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 7 น้ำหนักรากแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.2.3 น้ำหนักต่อซังแห้งของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 14 และภาพที่ 8 พบว่าน้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยของตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 , 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยสูงสุด

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่ใส่โคโคซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยสูงสุด ตำรับที่ไม่ใส่โคโคซานเลยให้น้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยต่ำสุด และการใส่โคโคซานยังไม่มีผลต่อน้ำหนักต่อซังแห้งเฉลี่ยของต้นข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 14 น้ำหนักต่อชั่งแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซาน ในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	59.52	81.65	87.90	76.36
Ch1	66.48	80.43	96.16	81.02
Ch2	81.14	77.44	76.13	78.24
Ch3	68.62	80.88	100.57	83.36
เฉลี่ย	68.94 b	80.10 ab	90.19 a	

F-test

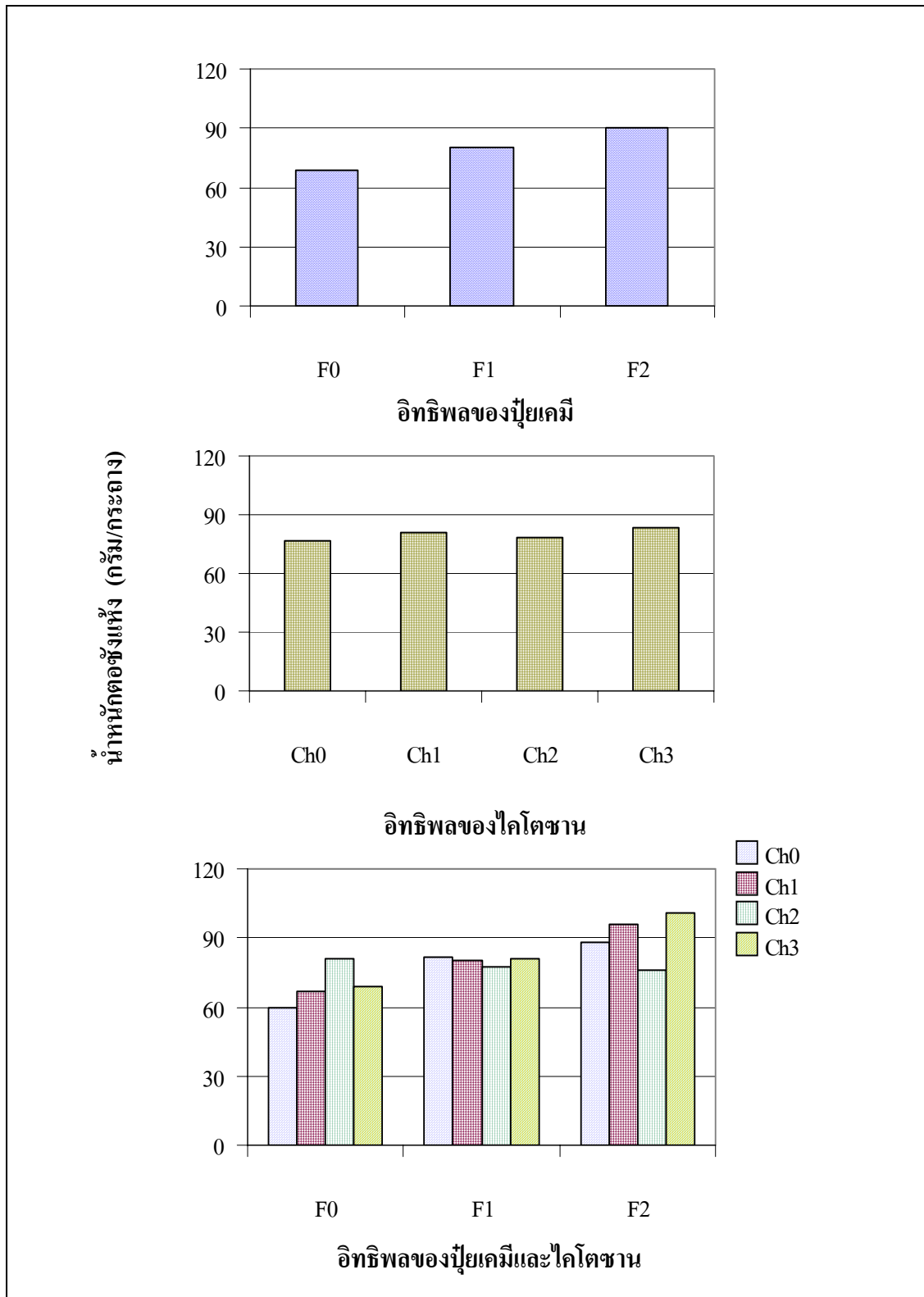
F	**
Ch	<1
Ch*F	ns
CV (%)	16.0

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 8 น้ำหนักต่อซังแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโคซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.2.4 น้ำหนักเมล็ดแห้งของข้าวโพดหวาน

น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 15 และภาพที่ 9 พบว่าน้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยของตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 , 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยสูงสุด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ตำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยสูงสุด ตำรับที่ไม่ใส่ไคโตซานเลยให้น้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยต่ำสุด และการใส่ไคโตซานยังไม่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดแห้งเฉลี่ยของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 15 น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	14.59	21.12	23.79	19.83
Ch1	17.07	21.27	27.10	21.81
Ch2	22.42	21.59	27.42	23.81
Ch3	17.52	26.39	33.63	25.85
เฉลี่ย	17.90 c	22.59 b	27.98 a	

F-test

F **

Ch ns

Ch*F <1

CV (%) 20.2

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

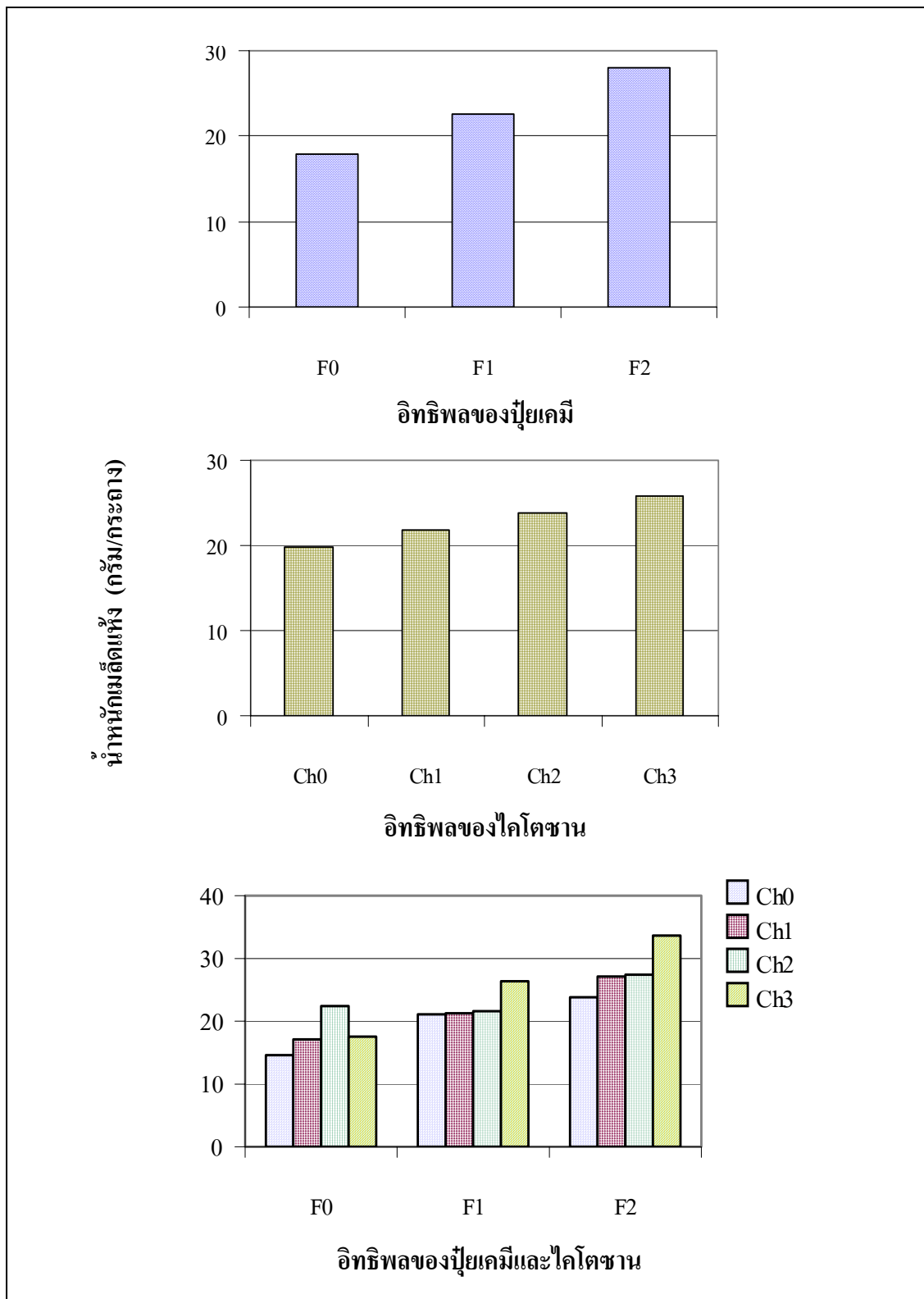
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 9 น้ำหนักเมล็ดแห้ง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโคโคซานต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

2.3.1 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 16 และภาพที่ 10 พบว่าปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังของข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดำรับที่ใส่โคโคซาน อัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังสูงสุด ดำรับที่ใส่โคโคซาน อัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติจากดำรับที่ใส่โคโคซานอัตรา 0.5 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง แต่การใส่โคโคซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซังของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 16 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราโคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.379	0.579	0.622	0.526 c
Ch1	0.556	0.599	0.798	0.651 b
Ch2	0.532	0.604	0.890	0.675 ab
Ch3	0.581	0.738	0.935	0.751 a
เฉลี่ย	0.512 c	0.630 b	0.811 a	

F-test

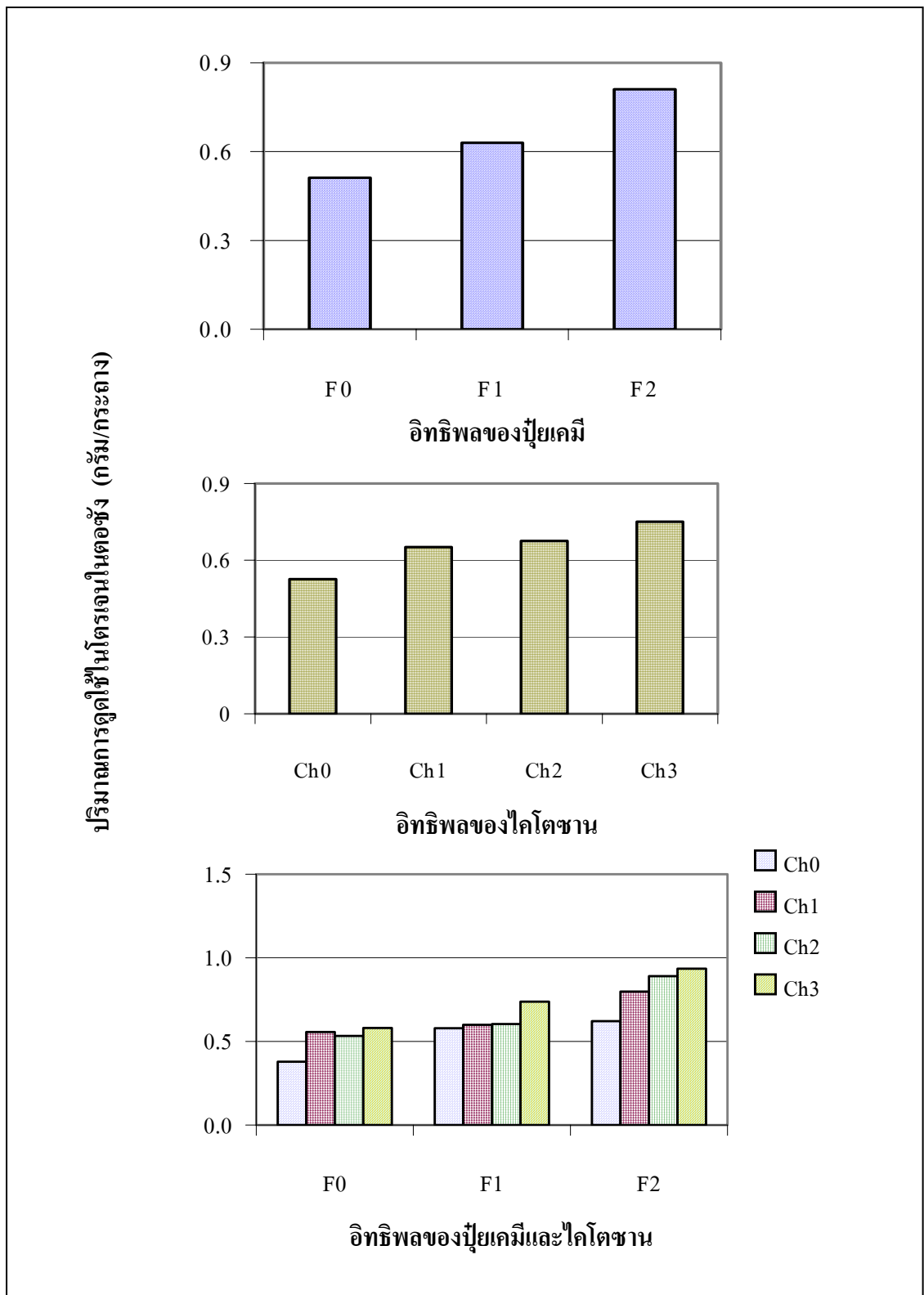
F	**
Ch	**
Ch*F	ns
CV (%)	13.6

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่โคโตซาน
 Ch1 : ใส่โคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่โคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 10 ปริมาณการใช้ไนโตรเจนในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.2 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 11 พบว่าปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดำรับที่ใส่ไคโตซาน อัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดสูงสุด ดำรับที่ไม่ใส่ไคโตซาน เลยให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนต่ำสุดและไม่แตกต่างกันจากดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวาน เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 17 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.288	0.428	0.523	0.413 b
Ch1	0.349	0.444	0.505	0.433 b
Ch2	0.427	0.543	0.526	0.498 ab
Ch3	0.457	0.550	0.632	0.546 a
เฉลี่ย	0.380 b	0.491 a	0.547 a	

F-test

F **

Ch *

Ch*F <1

CV (%) 18.6

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

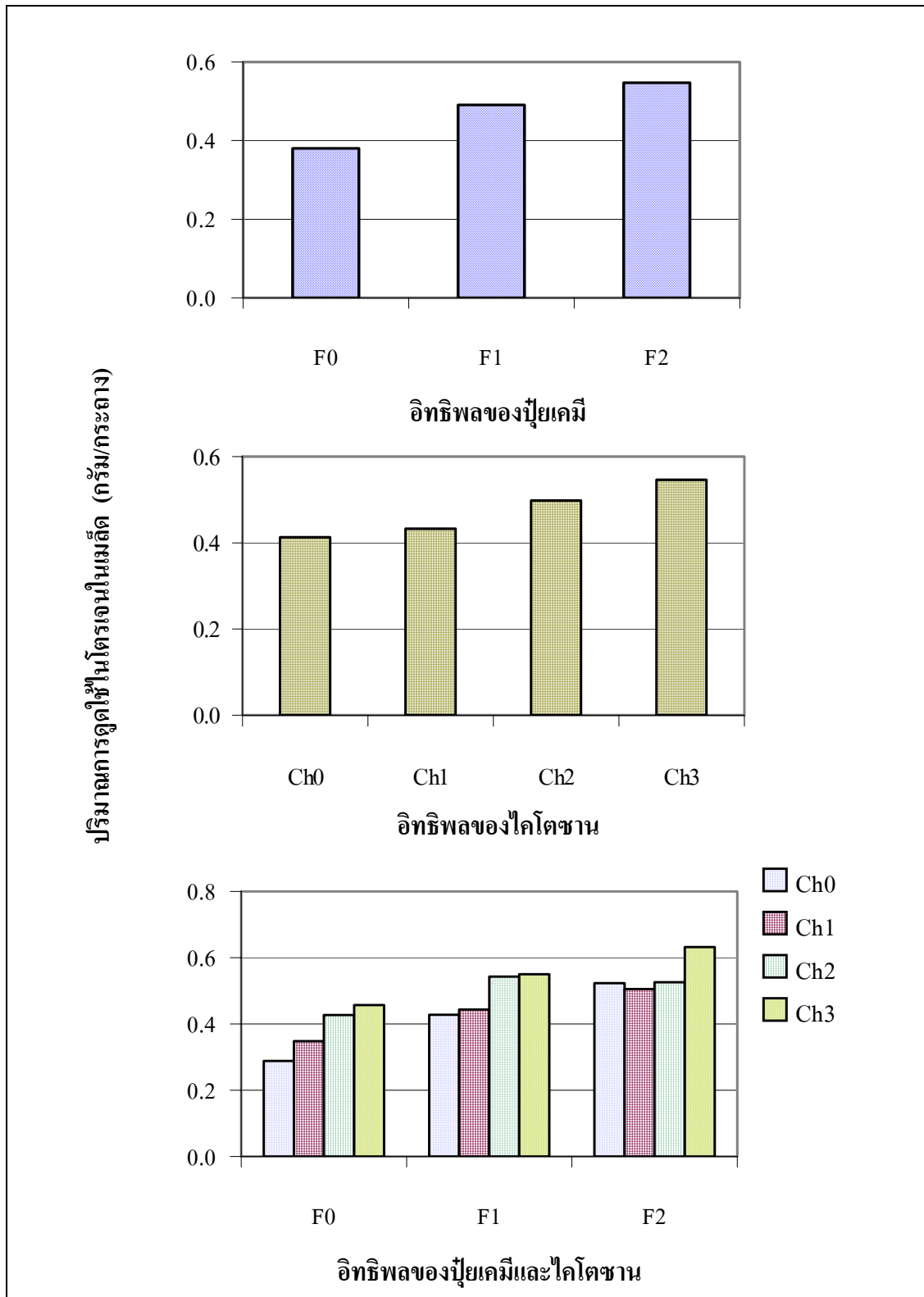
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 11 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.3 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 18 และ ภาพที่ 12 พบว่าปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมี

การใส่ไคโดซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดำรับที่ใส่ไคโดซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดสูงสุด ดำรับที่ไม่ใส่ไคโดซานเลยให้ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนต่ำสุด แต่การใส่ไคโดซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 18 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราโคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.667	1.007	1.084	0.919 c
Ch1	0.905	1.042	1.303	1.083 b
Ch2	0.959	1.147	1.416	1.174 ab
Ch3	1.037	1.216	1.567	1.273 a
เฉลี่ย	0.892 c	1.103 b	1.342 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F <1

CV (%) 14.30

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

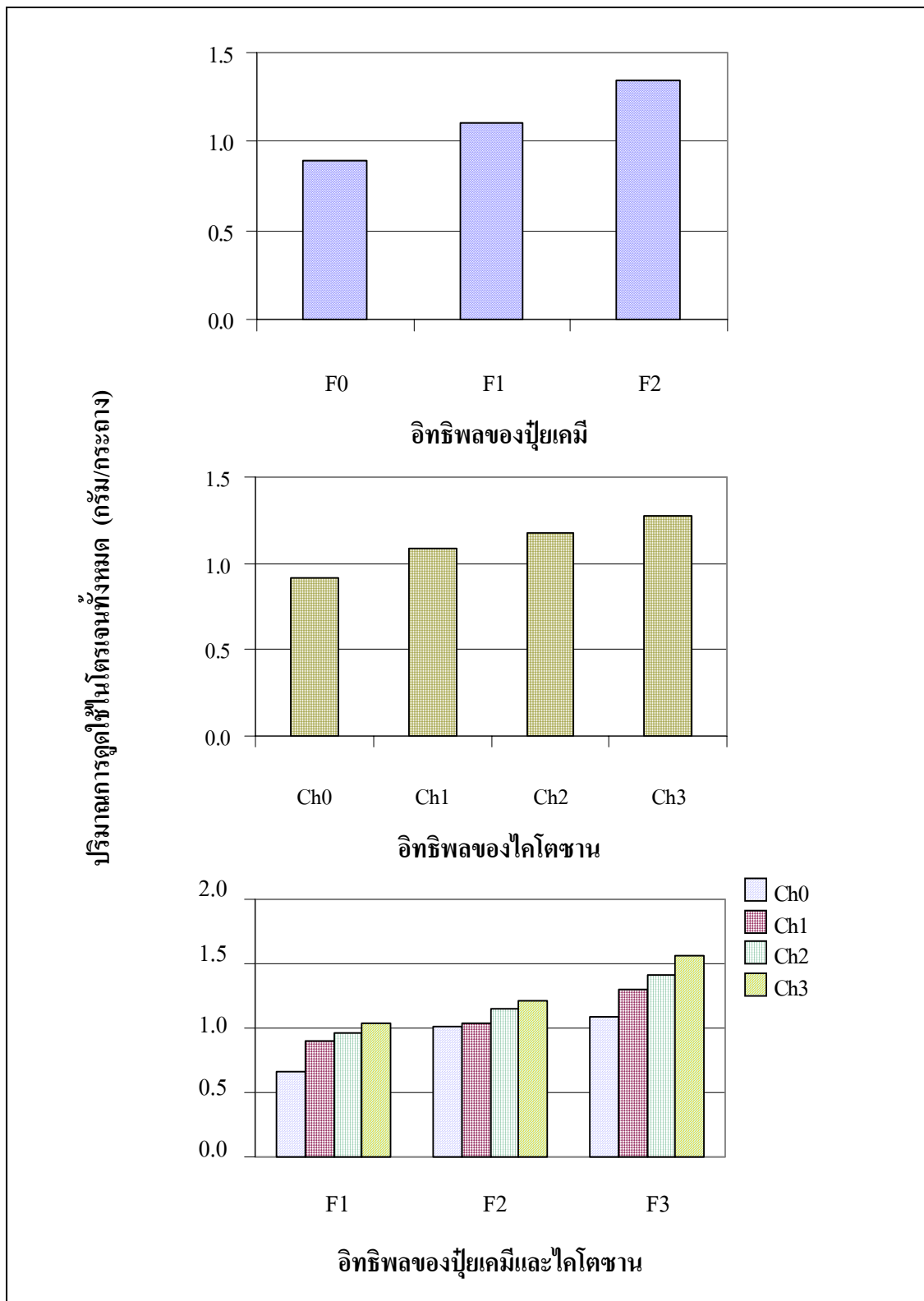
Ch0 : ไม่ใส่โคโตซาน

Ch1 : ใส่โคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่โคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 12 ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.4 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 19 และภาพที่ 13 พบว่าปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังของข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถางแต่อย่างใด

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ และการใส่โคโคซานยังไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซังของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 19 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในต่อช่วง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโคซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราโคโคซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.055	0.077	0.089	0.074
Ch1	0.082	0.084	0.088	0.085
Ch2	0.078	0.092	0.090	0.087
Ch3	0.086	0.077	0.097	0.087
เฉลี่ย	0.075 b	0.083 ab	0.091 a	

F-test

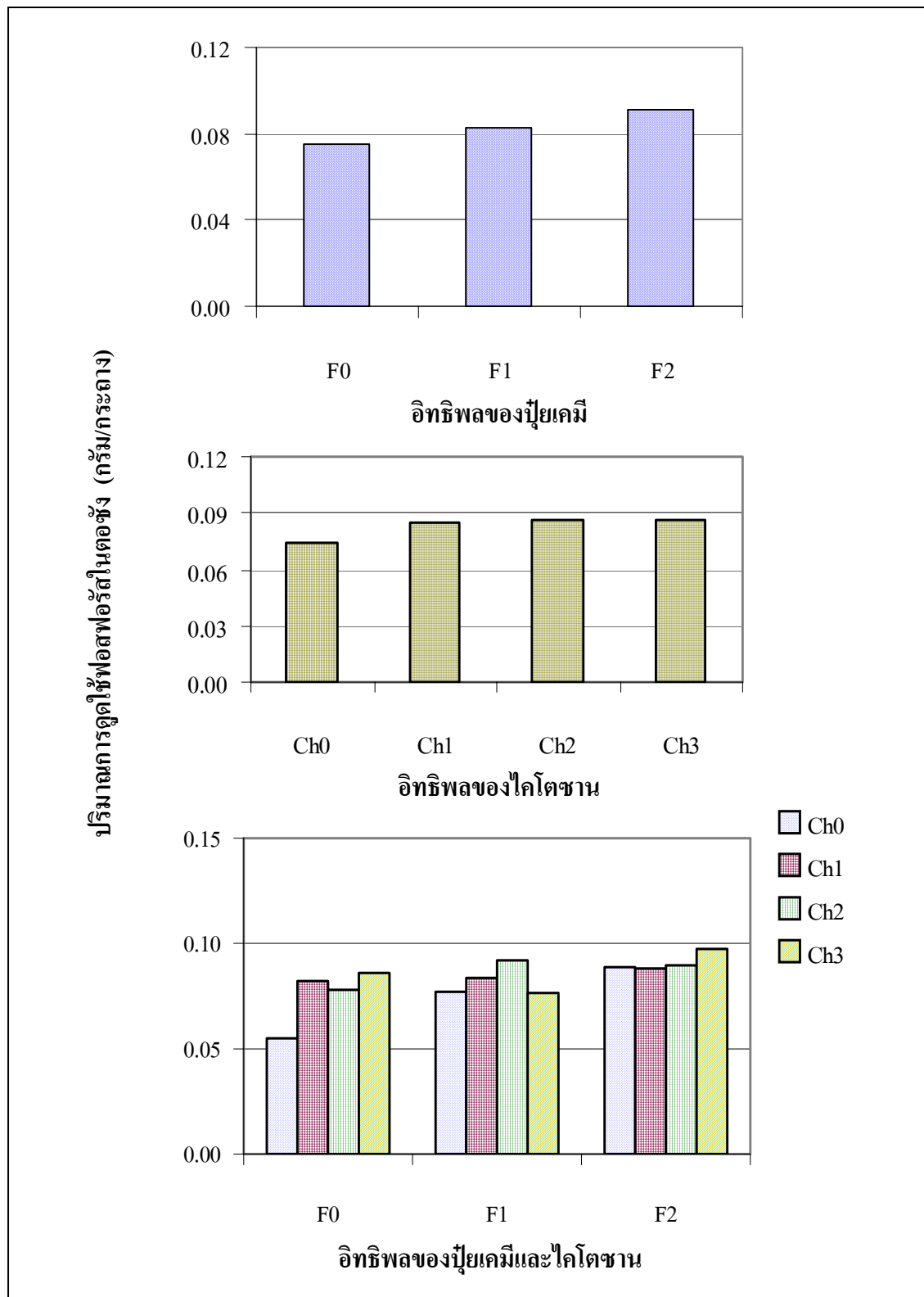
F	*
Ch	ns
Ch*F	ns
CV (%)	15.5

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่โคโคซาน
 Ch1 : ใส่โคโคซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่โคโคซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่โคโคซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 13 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.5 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 20 และภาพที่ 14 พบว่าปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวาน คำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 1.5 กรัมต่อกระถางให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดไม่แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี เลย

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่โคโคซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวานใกล้เคียงกับการใส่โคโคซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง การใส่โคโคซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับการใส่โคโคซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง และการใส่โคโคซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง ก็ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสใกล้เคียงกับการไม่ใส่โคโคซานเลย แต่การใส่โคโคซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 20 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราโคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.067	0.072	0.070	0.070 c
Ch1	0.067	0.074	0.085	0.075 bc
Ch2	0.078	0.087	0.102	0.089 ab
Ch3	0.078	0.087	0.120	0.095 a
เฉลี่ย	0.072 b	0.080 b	0.094 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F ns

CV (%) 17.2

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

Ch0 : ไม่ใส่โคโตซาน

Ch1 : ใส่โคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่โคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

2.3.6 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 21 และภาพที่ 15 พบว่าปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอัตราปุ๋ยเคมี

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดำรับที่ไม่ใส่ไคโตซานเลย ให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสต่ำสุด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ ดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง ในขณะที่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 21 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.106	0.154	0.170	0.143 b
Ch1	0.147	0.158	0.161	0.155 b
Ch2	0.156	0.179	0.192	0.176 a
Ch3	0.155	0.162	0.217	0.178 a
เฉลี่ย	0.141 c	0.163 b	0.185 a	

F-test

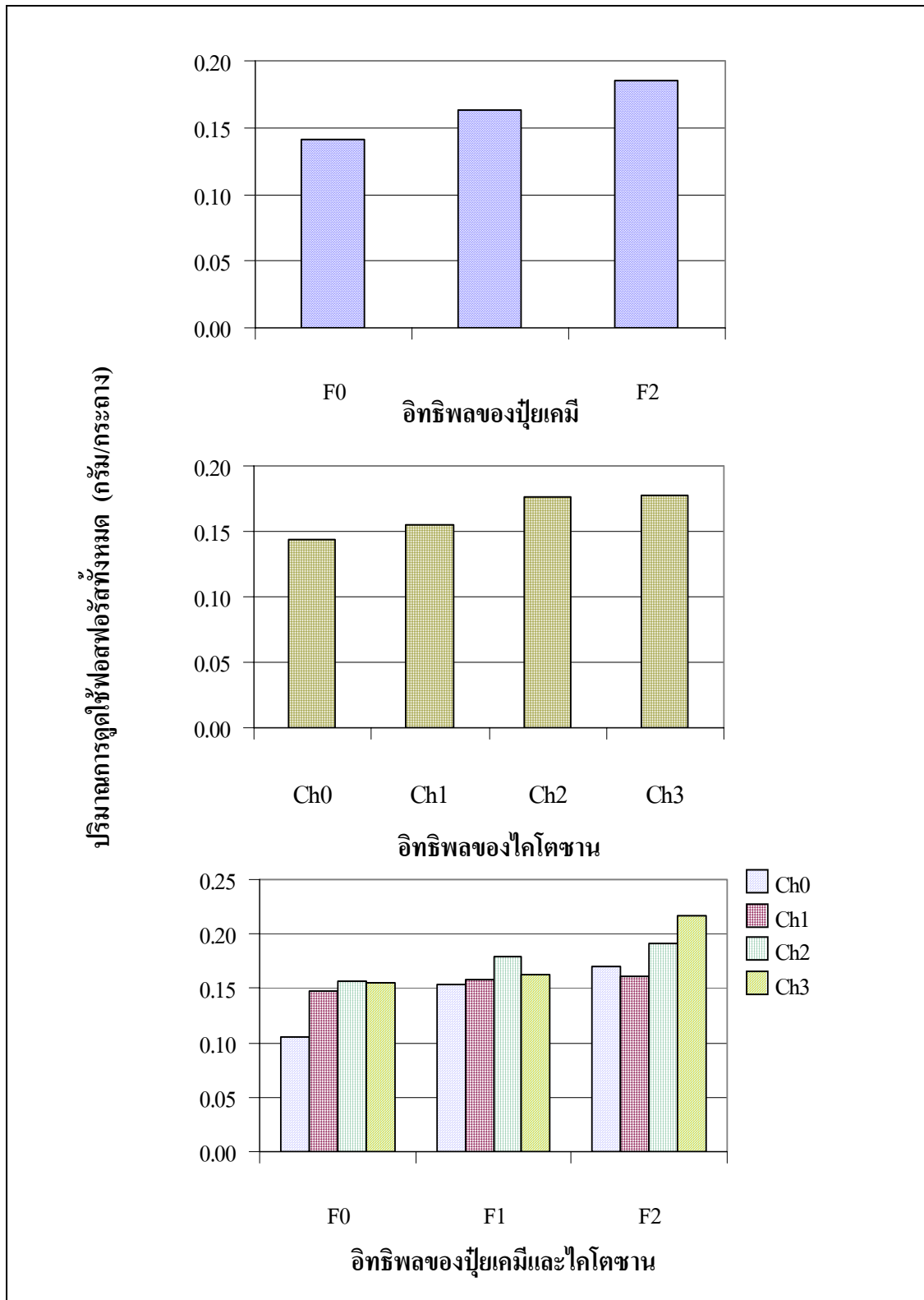
F	**
Ch	**
Ch*F	ns
CV (%)	12.30

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 15 ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.7 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 22 และภาพที่ 16 พบว่าปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถางแต่อย่างใด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวานสูงสุด การใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติจากการใส่ไคโตซาน 0.5 และ 2.0 กรัมต่อกระถาง ในขณะที่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนในเมล็ดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 22 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.250	0.371	0.396	0.339 b
Ch1	0.334	0.378	0.408	0.373 b
Ch2	0.442	0.455	0.421	0.439 a
Ch3	0.343	0.405	0.414	0.388 ab
เฉลี่ย	0.342b	0.402 a	0.410 a	

F-test

F *

Ch *

Ch*F ns

CV (%) 15.5

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

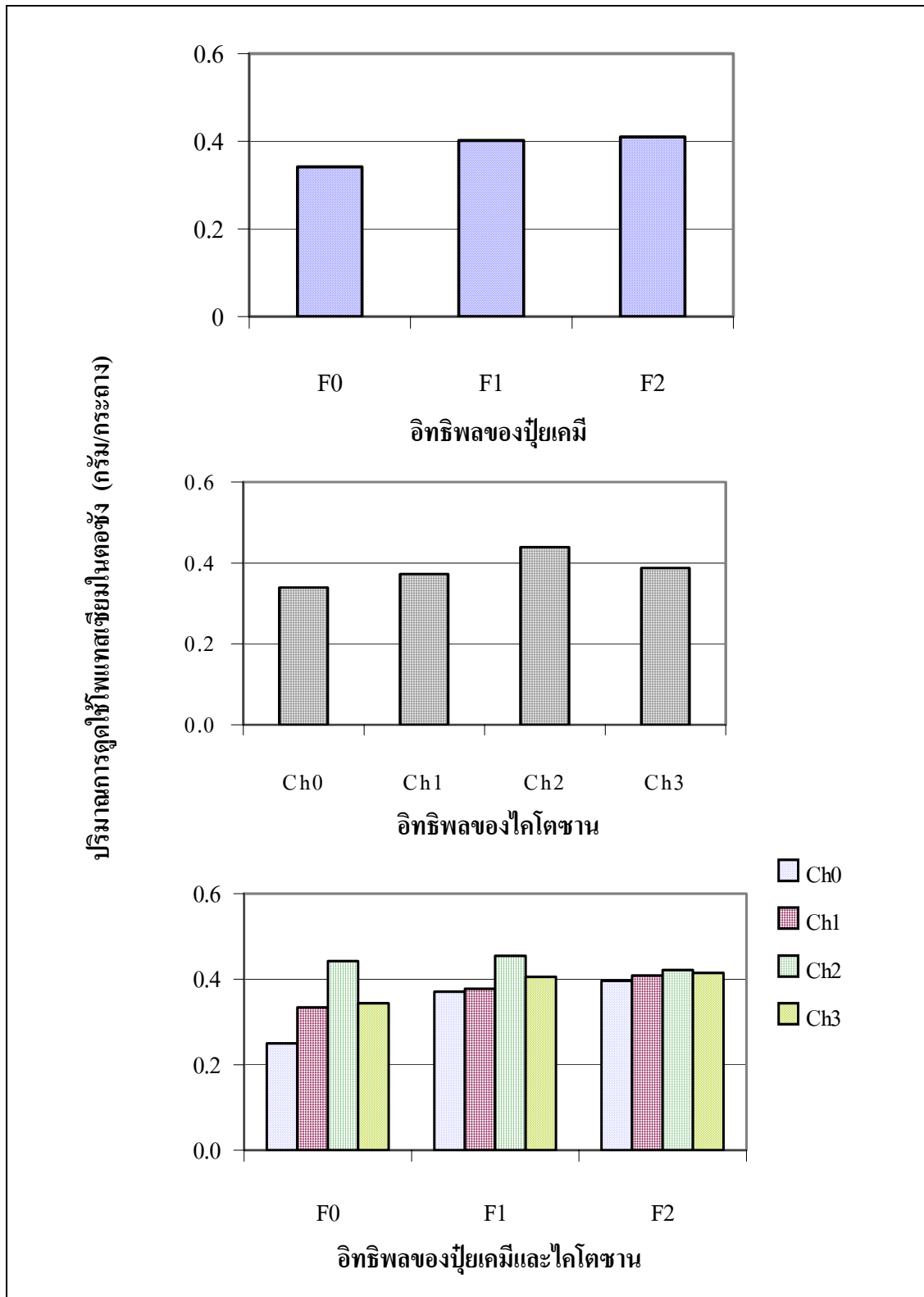
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 16 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.8 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 23 และภาพที่ 17 พบว่าปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 1.5 กรัมต่อกระถางแต่อย่างใด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานใกล้เคียงกับการใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง การใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมใกล้เคียงกับการใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง และการใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง ก็ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมใกล้เคียงกับการไม่ใส่ไคโตซานเลย ในขณะที่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 23 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.052	0.083	0.095	0.077 c
Ch1	0.066	0.084	0.105	0.085 bc
Ch2	0.087	0.125	0.106	0.106 ab
Ch3	0.077	0.141	0.153	0.124 a
เฉลี่ย	0.071b	0.108 a	0.115 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F <1

CV (%) 26.7

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

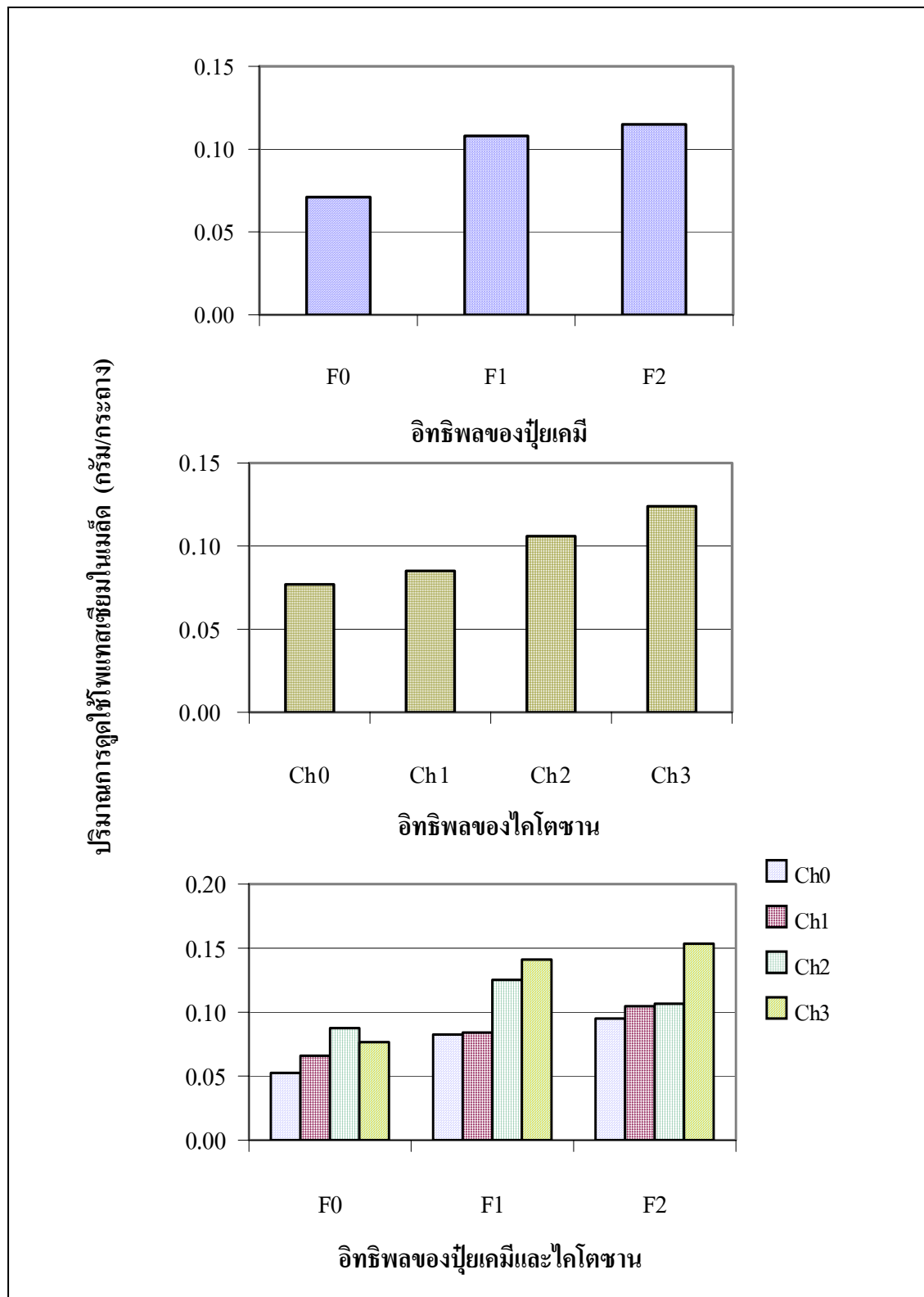
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 17 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.9 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 24 และภาพที่ 18 พบว่าปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกัน

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดสูงสุด แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 24 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.302	0.453	0.491	0.415 c
Ch1	0.400	0.462	0.512	0.458 bc
Ch2	0.530	0.580	0.527	0.546 a
Ch3	0.420	0.520	0.568	0.503 ab
เฉลี่ย	0.413 b	0.504 a	0.525 a	

F-test

F **

Ch **

Ch*F ns

CV (%) 12.20

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

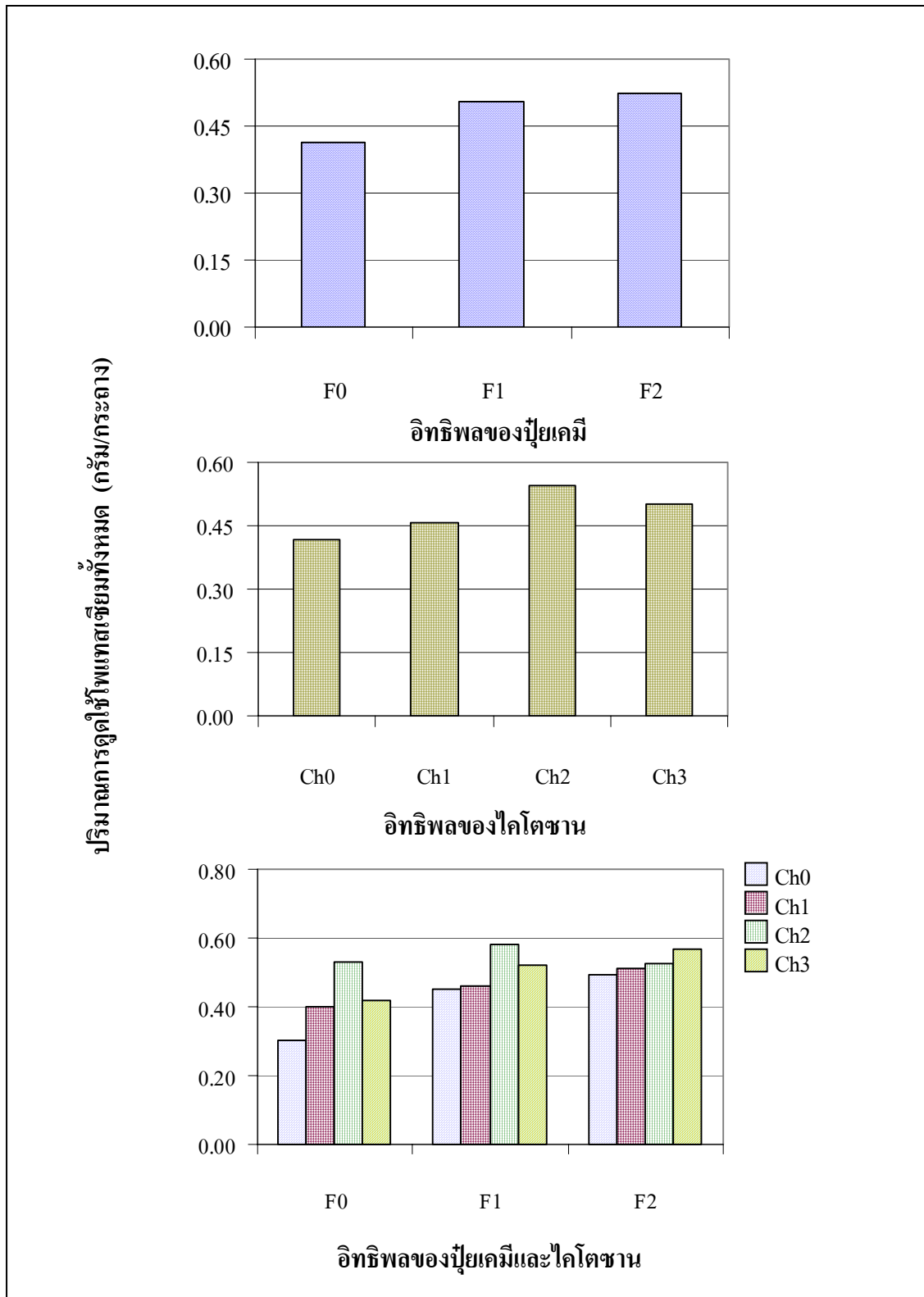
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 18 ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และโคโคซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.10 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 25 และภาพที่ 19 พบว่า ตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีผลให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่การใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานสูงสุด และการใส่ไคโตซานยังไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 25 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อช่วง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและโคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราโคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.197	0.218	0.242	0.219
Ch1	0.229	0.246	0.241	0.239
Ch2	0.278	0.269	0.219	0.255
Ch3	0.248	0.211	0.290	0.250
เฉลี่ย	0.238	0.236	0.248	

F-test

F <1

Ch ns

Ch*F ns

CV (%) 15.9

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

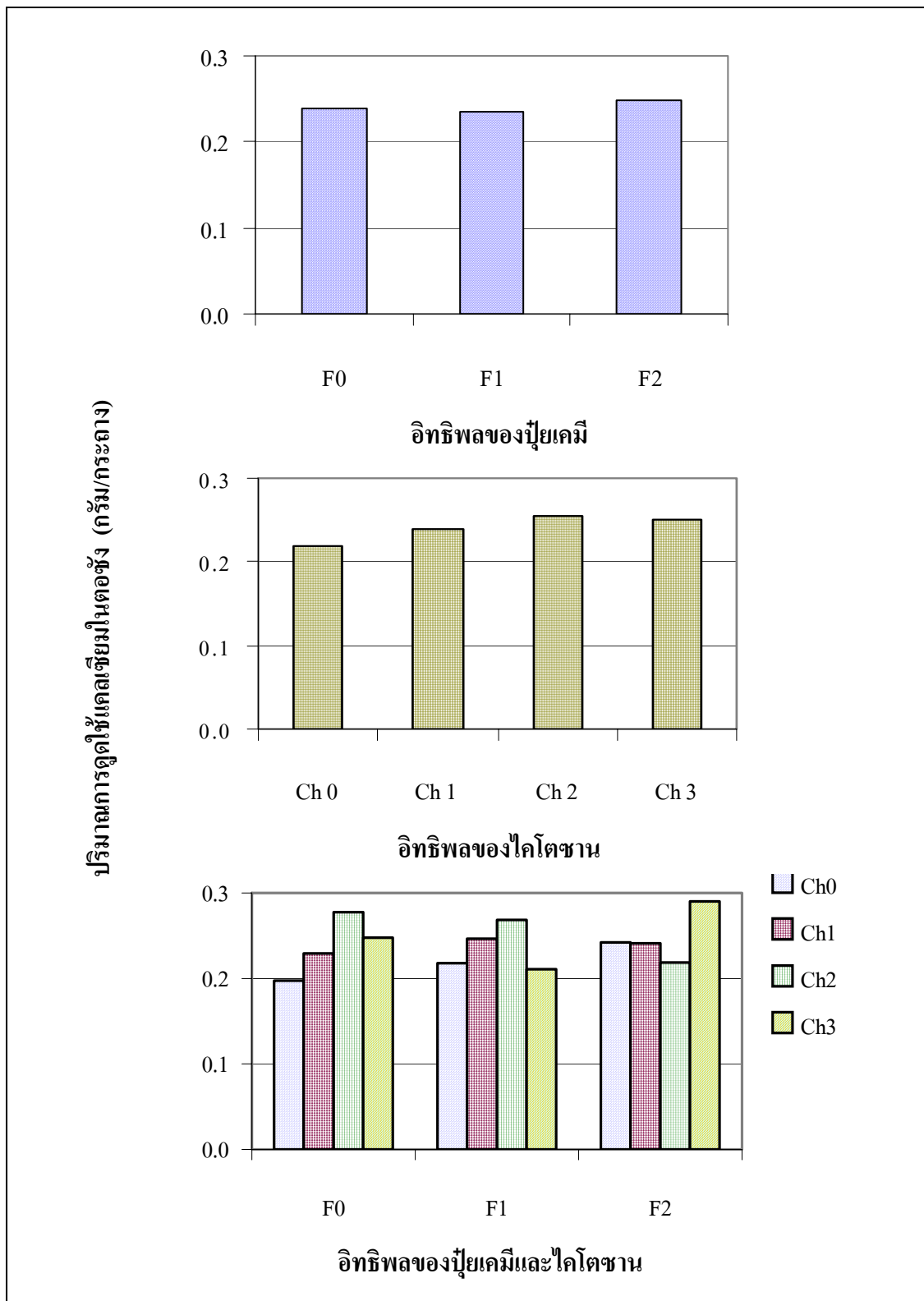
Ch0 : ไม่ใส่โคโตซาน

Ch1 : ใส่โคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่โคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่โคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

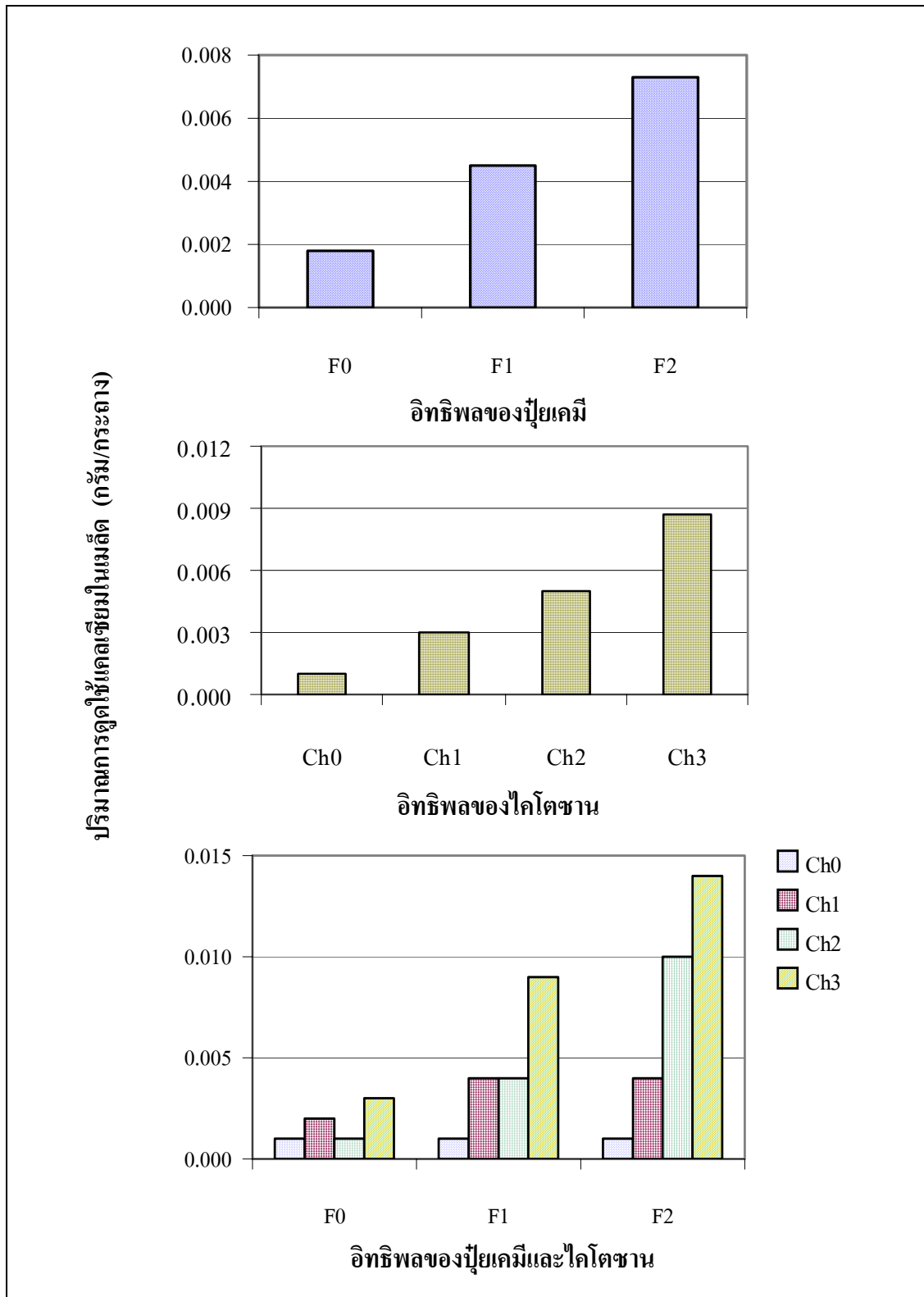


ภาพที่ 19 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในต่อซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.11 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 26 และภาพที่ 20 พบว่า ตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดสูงที่สุด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นตามอัตราการใช้ไคโตซานที่เพิ่มขึ้น แต่การใช้ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี



ภาพที่ 20 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.12 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 27 และภาพที่ 21 พบว่าปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานสูงสุด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีผลให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ ดำรับที่ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดสูงสุด และการใส่ไคโตซานยังไม่ส่งผลต่อปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 27 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.202	0.219	0.243	0.221
Ch1	0.234	0.250	0.245	0.243
Ch2	0.279	0.272	0.251	0.267
Ch3	0.251	0.220	0.304	0.258
เฉลี่ย	0.241	0.240	0.261	

F-test

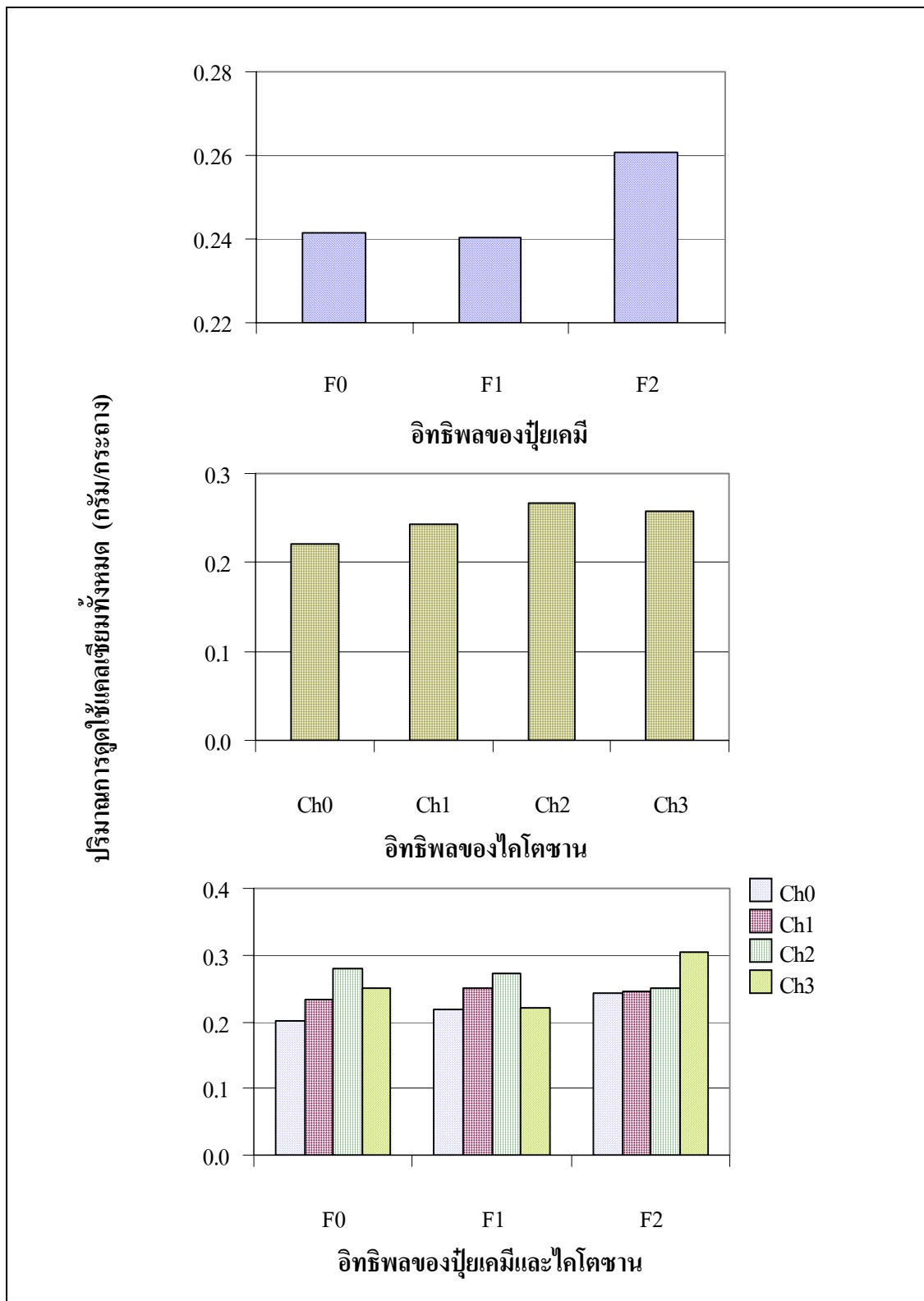
F	ns
Ch	ns
Ch*F	ns
CV (%)	15.80

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 21 ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.13 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 28 และภาพที่ 22 พบว่า คำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถางให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังไม่แตกต่างกันกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณแมกนีเซียมในต่อซังสูงที่สุด

การใส่ไคโดซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการใส่ไคโดซานยังไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในต่อซังของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 28 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.058	0.086	0.099	0.081
Ch1	0.084	0.092	0.107	0.094
Ch2	0.095	0.090	0.110	0.098
Ch3	0.086	0.089	0.114	0.096
เฉลี่ย	0.081 b	0.089 b	0.108 a	

F-test

F **

Ch ns

Ch*F <1

CV (%) 15.9

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

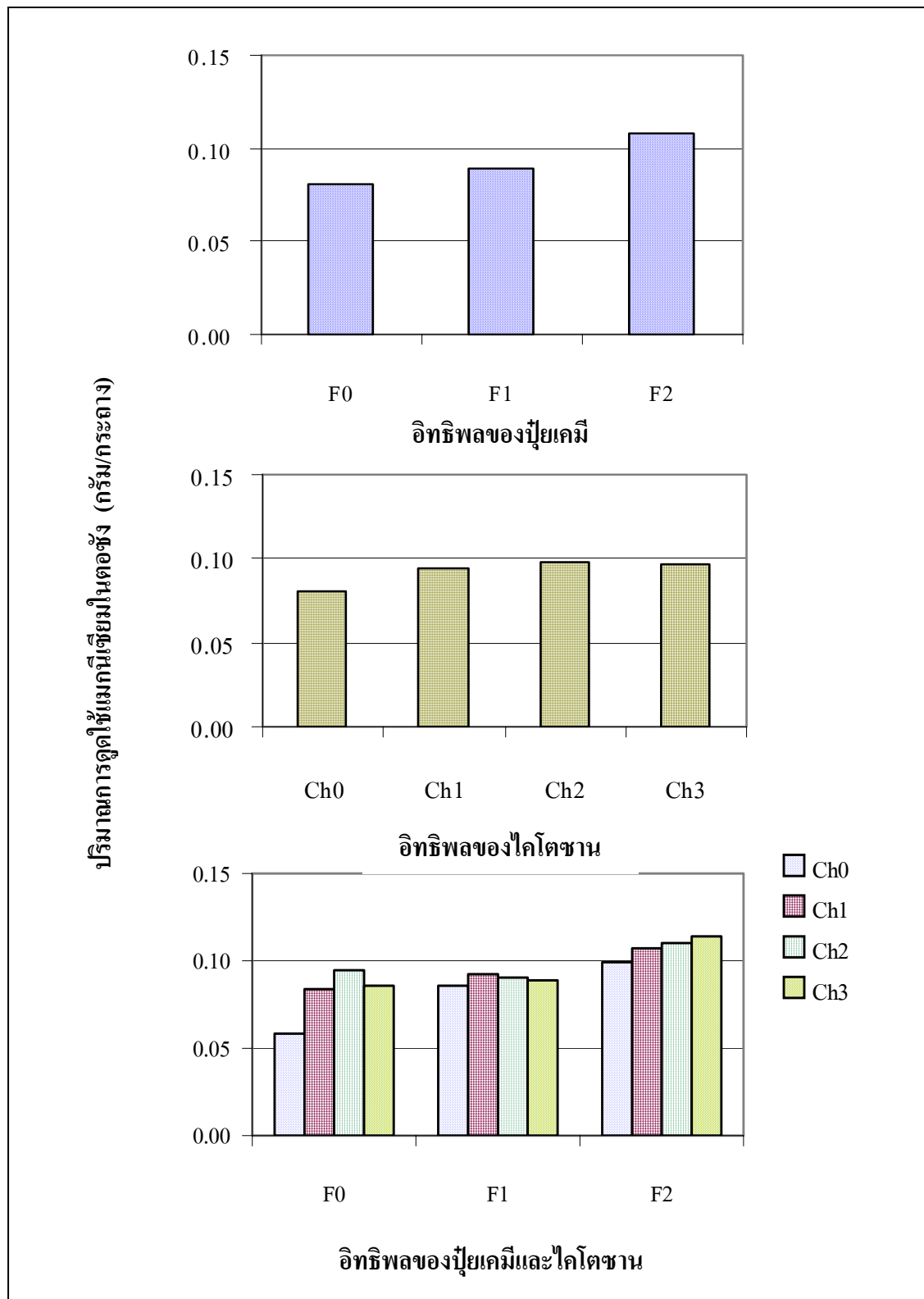
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 22 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในตอซัง (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.14 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 29 และภาพที่ 23 พบว่า คำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดไม่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราเลยให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดต่ำที่สุด

การใส่ไคโตซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 และ 0.5 กรัมต่อกระถางให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดไม่แตกต่างกันกับการไม่ใส่ไคโตซานเลย แต่การใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดสูงที่สุดและแตกต่างจากการใส่ไคโตซานในอัตราอื่น แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 29 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.010	0.014	0.016	0.013 b
Ch1	0.012	0.012	0.016	0.014 b
Ch2	0.015	0.017	0.017	0.016 ab
Ch3	0.012	0.018	0.021	0.017 a
เฉลี่ย	0.012 b	0.015 a	0.018 a	

F-test

F **

Ch *

Ch*F <1

CV (%) 21.7

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

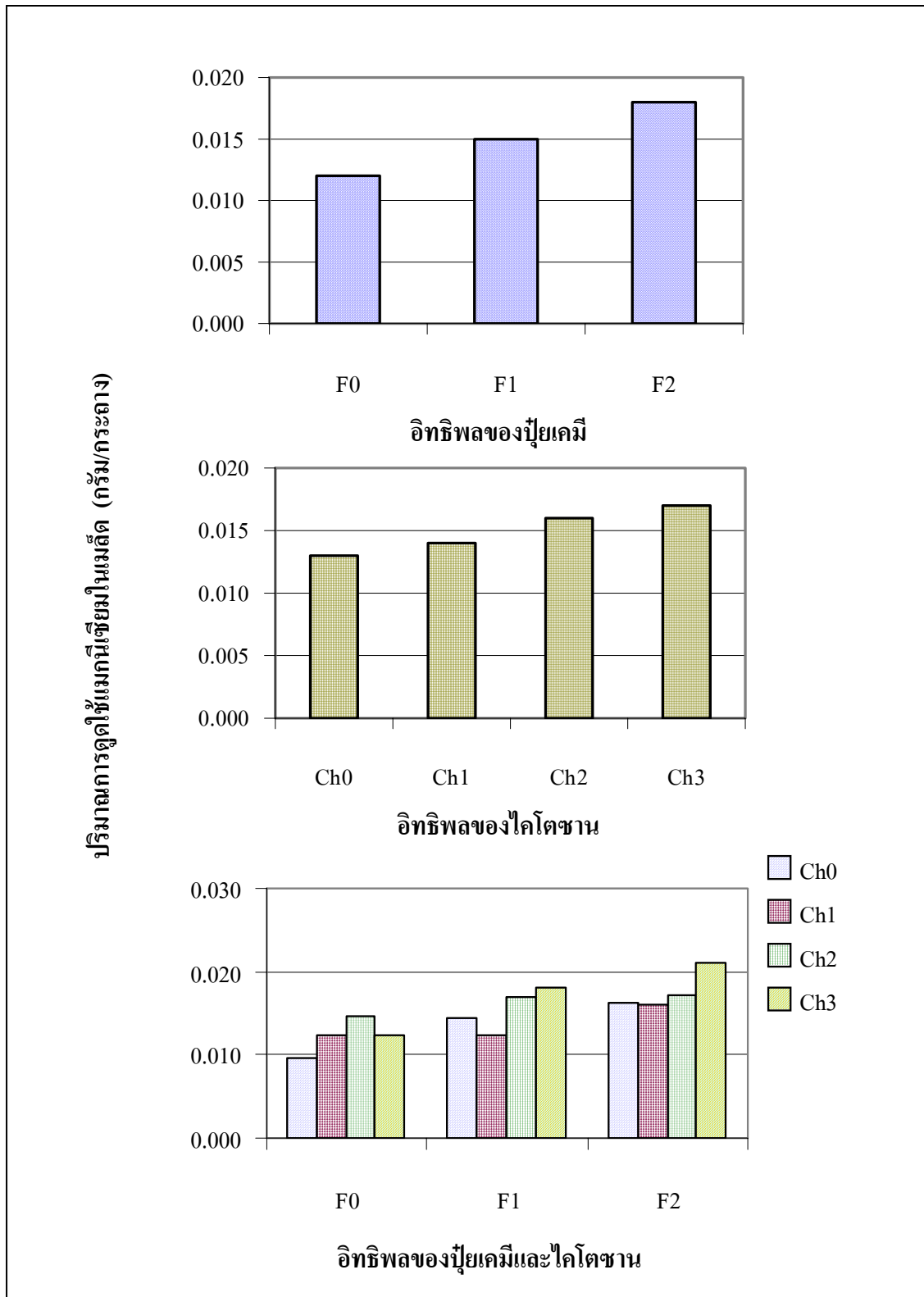
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 23 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเมล็ด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.3.15 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน

ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานแสดงในตารางที่ 30 และภาพที่ 24 พบว่าปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวาน ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดในข้าวโพดหวานสูงสุด และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกันกับการไม่ใส่โคโคซานเลย

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ดำรับที่ใส่โคโคซานอัตรา 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ให้ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากัน แต่การใส่โคโคซานไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมดของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

ตารางที่ 30 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.068	0.100	0.115	0.094 b
Ch1	0.096	0.105	0.123	0.108 ab
Ch2	0.109	0.105	0.127	0.114 a
Ch3	0.098	0.107	0.135	0.114 a
เฉลี่ย	0.093 b	0.104 b	0.125 a	

F-test

F **

Ch *

Ch*F <1

CV (%) 14.30

หมายเหตุ

F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี

F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง

F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

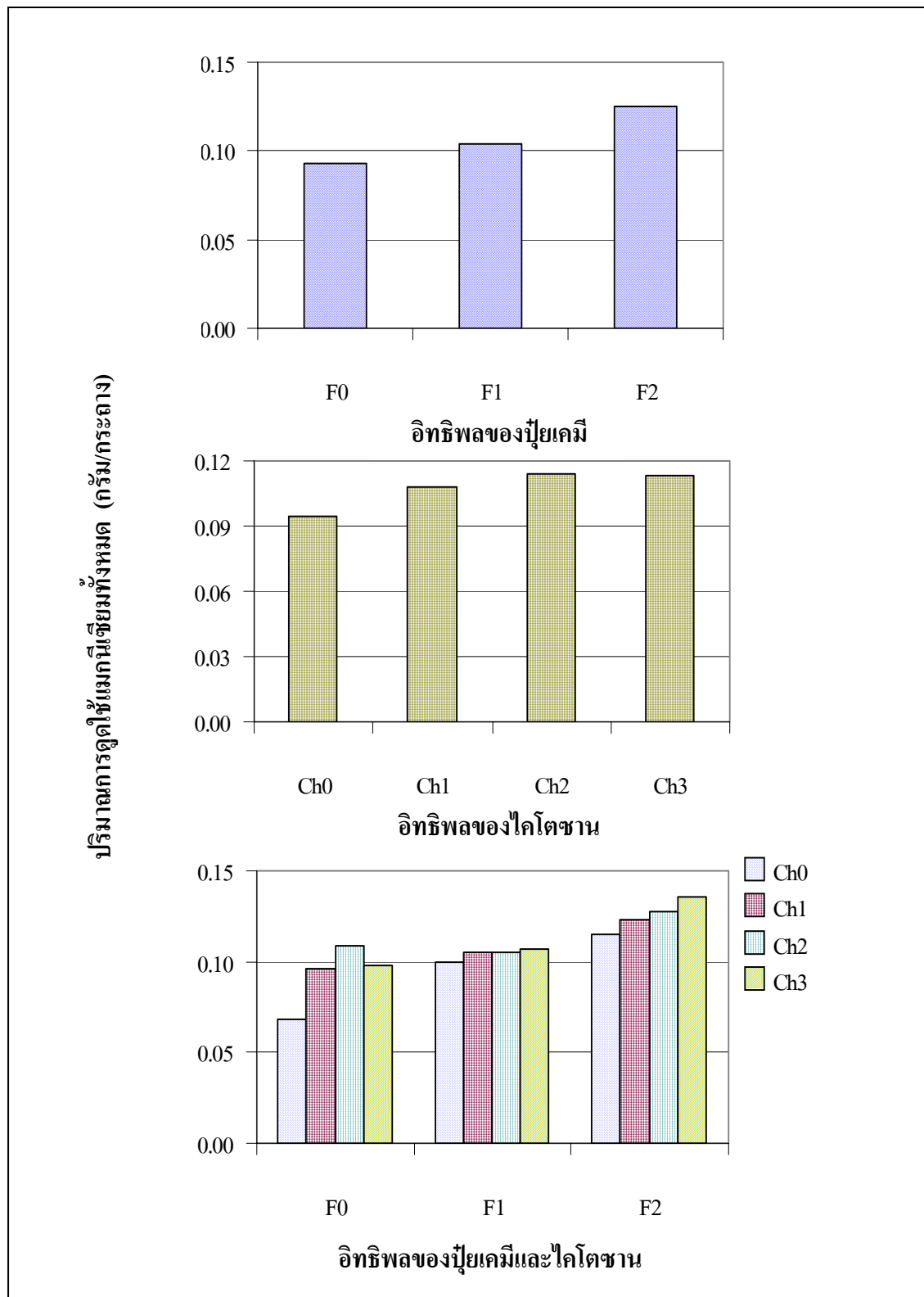
Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน

Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง

Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง

Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 24 ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมทั้งหมด (กรัม/กระถาง) ของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ปุ๋ยเคมี และไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

2.4 ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับโคโคซานต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินปากช่อง

2.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) แสดงในตารางที่ 31 และภาพที่ 25 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การใส่โคโคซานยังไม่มีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

2.4.2 สภาพการนำไฟฟ้า (EC)

สภาพการนำไฟฟ้า (EC) แสดงในตารางที่ 32 และภาพที่ 26 พบว่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

การใส่โคโคซานอัตรา 0, 0.5 , 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีผลให้สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การใส่โคโคซานยังไม่มีผลต่อสภาพการนำไฟฟ้าของดินเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ตารางที่ 31 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	7.22	7.37	7.34	7.31
Ch1	7.29	7.43	7.40	7.37
Ch2	7.39	7.31	7.30	7.33
Ch3	7.39	7.29	7.37	7.35
เฉลี่ย	7.32	7.35	7.36	

F-test

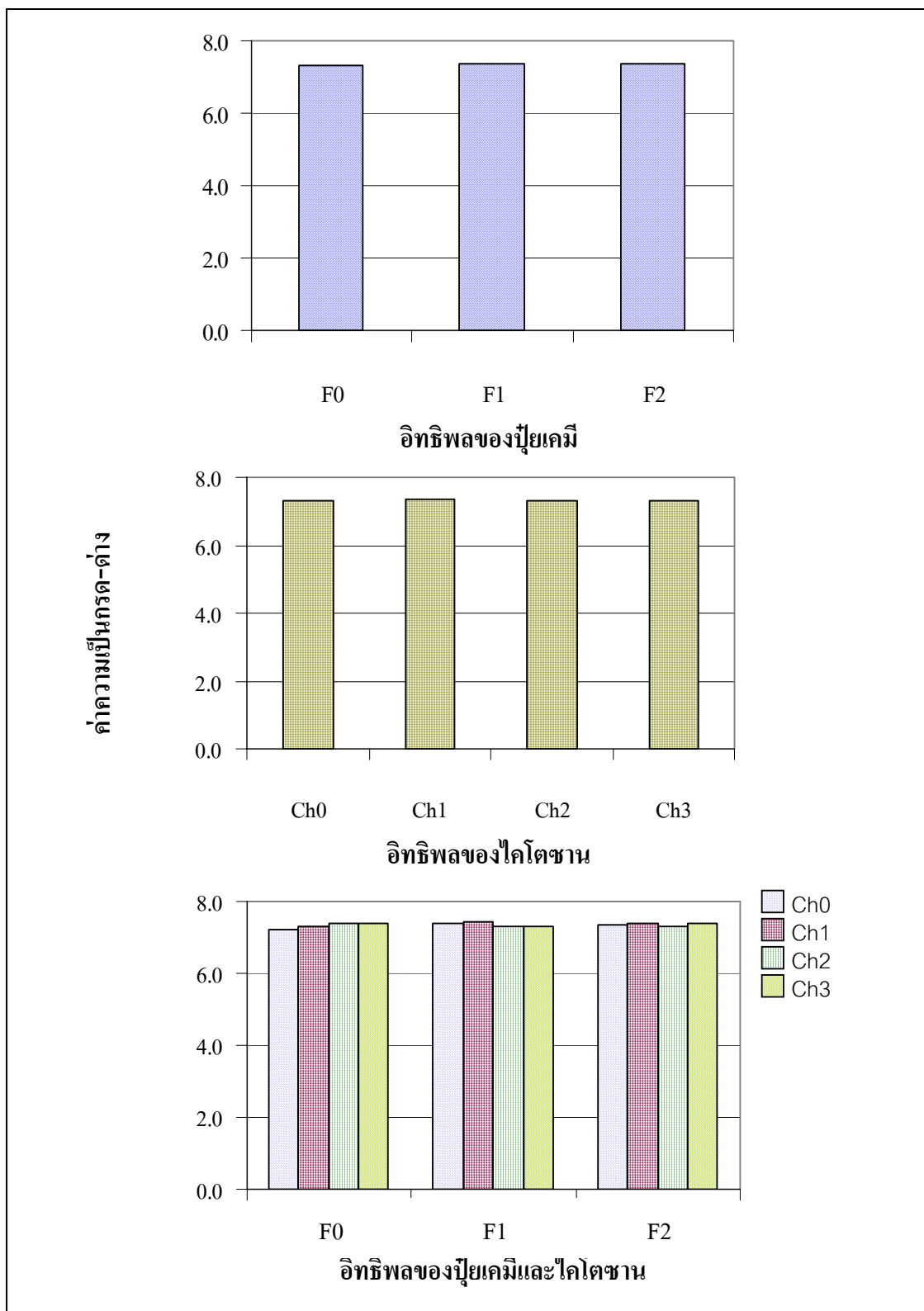
F	<1
Ch	<1
Ch*F	<1
CV (%)	2.20

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 25 ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 32 สภาพการนำไฟฟ้า (dS m^{-1}) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

อัตราไคโตซาน	อัตราปุ๋ยเคมี			เฉลี่ย
	F0	F1	F2	
Ch0	0.137	0.133	0.143	0.138
Ch1	0.113	0.183	0.143	0.147
Ch2	0.153	0.130	0.110	0.131
Ch3	0.130	0.113	0.117	0.120
เฉลี่ย	0.133	0.140	0.128	

F-test

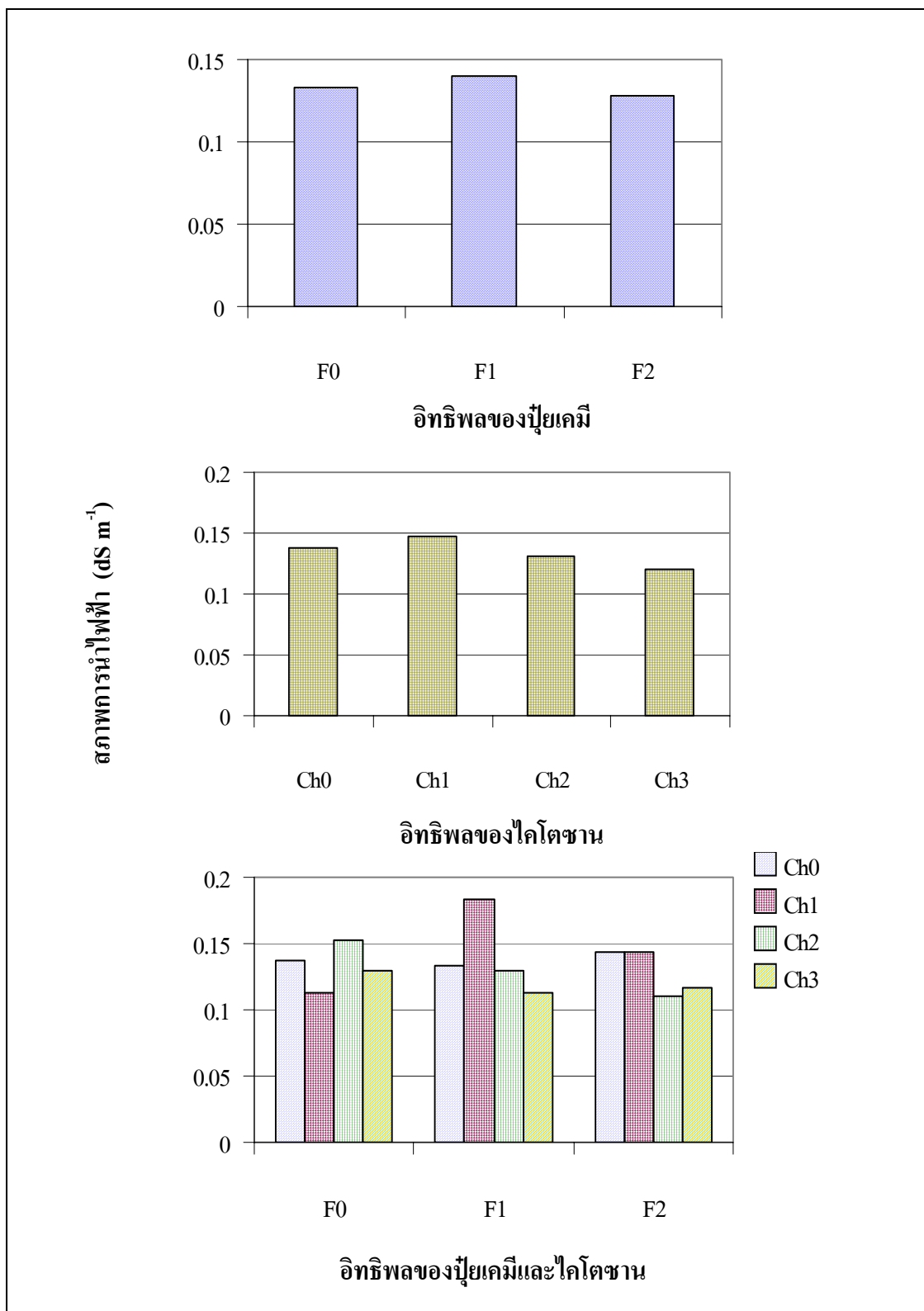
F	<1
Ch	ns
Ch*F	ns
CV (%)	25.10

หมายเหตุ

- F0 : ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี
 F1 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 1.5 กรัมต่อกระถาง
 F2 : ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง

- Ch0 : ไม่ใส่ไคโตซาน
 Ch1 : ใส่ไคโตซานอัตรา 0.5 กรัมต่อกระถาง
 Ch2 : ใส่ไคโตซานอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง
 Ch3 : ใส่ไคโตซานอัตรา 4.0 กรัมต่อกระถาง

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์หรือแถวเดียวกัน ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 26 สภาพการนำไฟฟ้า (dS m⁻¹) ของชุดดินปากช่อง เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานในอัตราต่าง ๆ กัน ที่มีผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง โดยใช้แผนการทดลองแบบ 3×4 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยที่ 1 อัตราปุ๋ยเคมี 3 ระดับ คือ 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง ปัจจัยที่ 2 อัตราไคโตซาน 4 ระดับ คือ 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ผลการทดลองดังกล่าวได้แสดงมาแล้วข้างต้นและสามารถอธิบายรายละเอียด โดยแบ่งเป็นส่วน ๆ ได้ดังนี้

สมบัติของชุดดินปากช่องที่นำมาศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ดินชุดปากช่องพบว่าชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (Clay) มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย pH เท่ากับ 6.47 สภาพการนำไฟฟ้า 0.08 dS m^{-1} ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมากเท่ากับ 0.23 % ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 34.0 mg kg^{-1} ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงเท่ากับ 31.2 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากเท่ากับ 157.5 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก โดยมีค่าเท่ากับ 204.3 และ 25.00 mg kg^{-1} หรือเท่ากับ 1.06 และ $0.25 \text{ cmol kg}^{-1}$ (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ตามลำดับ เนื่องจากชุดดินปากช่องที่นำมาศึกษาเป็นดินที่ใช้ทางการเกษตร มีการปรับปรุงบำรุงดิน มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องผลวิเคราะห์ธาตุอาหารทางเคมีที่ได้ จึงมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของชุดดินปากช่องตามรายงานลักษณะของชุดดินจัดตั้ง (กิติ และคณะ, 2546)

สมบัติของไคโตซาน

ผลการศึกษาสมบัติบางประการของไคโตซาน (เปอร์เซ็นต์ deacetylation เท่ากับ 95) พบว่า ไคโตซานมี ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 7.45 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ Ohta *et al.*, 1999 ที่กล่าวว่าไคโตซานมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 8.7 % ทั้งนี้ค่าวิเคราะห์ที่ได้แตกต่างกันนี้อาจเป็นเพราะวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตและกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ไคโตซานที่นำมาศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 177.7 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 45.6 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1,259.2 และ 87.2 mg kg^{-1} ตามลำดับ สาเหตุที่ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดในไคโตซานมีปริมาณน้อย เพราะธาตุเหล่านี้มิได้เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของไคโตซาน แต่อาจมีการเจือปนระหว่างกระบวนการผลิตเท่านั้น

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

จากผลการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานเมื่ออายุ 15 วัน พบว่า ปุ๋ยเคมี มีอิทธิพลให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่การใส่ไคโตซานและการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานไม่แสดงอิทธิพลให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะปุ๋ยเคมีสามารถละลายปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เร็วกว่าไคโตซานซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เสียก่อน (ภาวดี, 2544) เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 30 วัน อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และอิทธิพลของไคโตซานส่งผลให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานแตกต่างกันทางสถิติ สาเหตุที่ไคโตซานมีอิทธิพลต่อความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญของความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานนั้น อาจเป็นเพราะไคโตซานสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น และ/หรือ ไคโตซานมีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวโพดโดยตรง ซึ่งจากรายงานของ Khan *et al.* (2002) ที่กล่าวว่าไคโตซานมีผลให้กระบวนการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดและถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากไคโตซานมีผลให้ลิกลินและรงควัตถุต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจึงเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 45 วัน (ตารางที่ 9-10 และภาพที่ 3-4) ดำรับที่ไม่ได้รับปุ๋ยเคมีและไคโตซานเลยมีความสูงเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อใส่ไคโตซานอัตรา 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งให้เห็นว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ไคโตซานมีส่วนช่วยให้การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานดีขึ้น แต่ดินมีธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญของข้าวโพดหวานจึงทำให้ความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 60 วัน ซึ่งเป็นช่วงของ Reproductive stage ข้าวโพดเจริญเติบโตในอัตราที่ลดลง แต่เป็นช่วงที่ข้าวโพดต้องการธาตุอาหารในปริมาณที่มาก พบว่าอิทธิพลของไคโตซานเมื่อใช้เพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของข้าวโพดหวานเหมือนกับอิทธิพลของปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารสูงกว่าไคโตซานหลายเท่าตัว (จากผลศึกษาที่แสดงในตารางที่ 7) ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีจึงอาจหลงเหลือเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดได้มากกว่า

จากการศึกษาน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากข้าวโพด (ตารางที่ 13 และภาพที่ 7) พบว่า อิทธิพลของปุ๋ยเคมี อิทธิพลของไคโตซาน มีผลให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของรากข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น รากของข้าวโพดหวานจึงเจริญเติบโตดี ดำรับที่ใส่ไคโตซาน มีผลทำให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hirano (1988); Tsugita *et al.* (1993); Harada *et al.* (1995); Ohta *et al.* (1999) and

Chibu *et al.* (1999) โดย Ohta *et al.* (1999) แนะนำว่าการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและรากพืช โดยไคโตซานนั้นอาจเป็นเพราะอิทธิพลของไนโตรเจนที่มีใน ไคโตซาน แต่อย่างไรก็ตามอาจเป็นเพราะสาเหตุอื่นก็ได้ (Suzuki and Shinshi, 1998)

จากน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยของข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 12 และภาพที่ 6) พบว่าอิทธิพลของปุ๋ยเคมี อิทธิพลของไคโตซาน ส่งผลในน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทั้งนี้จะเป็นผลจากปุ๋ยเคมีและไคโตซานที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำต้นและรากข้าวโพด ทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารและกระบวนการสังเคราะห์แสงมีประสิทธิภาพมากขึ้น การสะสมและสร้างน้ำหนักผลผลิตฝักสดจึงมีมากขึ้นด้วย โดยพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 54.7 จากค่าควบคุม และการใส่ไคโตซานเพียงอย่างเดียวอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 58.3 จากค่าควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากดินที่นำมาทำการศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง การใส่ไคโตซานซึ่งเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว นั้น จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นได้ แต่การใส่ไคโตซานไม่มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเฉลี่ยของข้าวโพดหวานเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และมีเพียงอิทธิพลของปุ๋ยเคมีเท่านั้นที่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักต่อซังแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

จากการศึกษาปริมาณการดูดใช้ในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในตอซัง เมล็ดและธาตุอาหารทั้งหมดของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่าปุ๋ยเคมีและไคโตซานมีอิทธิพลทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ยกเว้นธาตุแคลเซียม ที่การดูดใช้ในตอซังและการดูดใช้แคลเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากดินที่นำมาทำการศึกษามีปริมาณแคลเซียมต่ำมาก อีกทั้งการทดลองไม่มีการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุแคลเซียม และค่าวิเคราะห์พืชที่ได้ แสดงให้เห็นว่ามีปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพด ด้วยสาเหตุนี้ปริมาณการดูดใช้แคลเซียมของข้าวโพดหวานจึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากข้อมูลปริมาณธาตุอาหารของชุดดินปากช่องที่นำมาทำการศึกษา ซึ่งมีปริมาณของฟอสฟอรัส โพแทสเซียมในระดับสูงและสูงมากตามลำดับ และอิทธิพลของปุ๋ยเคมีและไคโตซานที่ทำให้การดูดใช้ธาตุ

อาหารต่าง ๆ เพิ่มขึ้นนี้ แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารในดินที่มีอยู่ในระดับสูงนั้น ข้าวโพดหวานไม่สามารถดูดใช้ได้ทั้งหมด ความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชยังขึ้นอยู่กับการเจริญของระบบรากพืชด้วย (มุกดา, 2544) การใส่ปุ๋ยเคมีและไคโตซานส่งผลให้การเจริญของระบบรากข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานจึงมีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยเคมีและไคโตซานมีแนวโน้มในการส่งผลไปในแนวทางเดียวกัน แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณธาตุอาหารที่ข้าวโพดหวานดูดขึ้นมาใช้ได้

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของชุดดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดหวาน

จากผลการศึกษา (ตารางที่ 31-32 ภาพที่ 25- 26) พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินที่ได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 0, 1.5 และ 3.0 กรัมต่อกระถาง และไคโตซานอัตรา 0, 0.5, 2.0 และ 4.0 กรัมต่อกระถาง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในพิสัย 7.217-7.387 สภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย 0.113- 0.183 dS m⁻¹ สภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการศึกษาเพิ่มจากดินก่อนปลูกข้าวโพดหวานเล็กน้อย อาจเป็นเพราะผลตกค้างของปุ๋ยเคมีที่หลงเหลืออยู่ในดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดหวาน

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซานต่อการดูดใช้ธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีของข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินปากช่อง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ชุดดินปากช่องที่นำมาทำการศึกษาเป็นดินเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.47 สภาพการนำไฟฟ้า 0.08 dS m^{-1} มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมากเท่ากับ 0.23 % ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 34.00 mg kg^{-1} ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงเท่ากับ 31.2 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากเท่ากับ 157.5 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 204.3 และ 25.00 mg kg^{-1} หรือเท่ากับ 1.06 และ $0.25 \text{ cmol kg}^{-1}$ ตามลำดับ
2. ไคโตซานที่นำมาทำศึกษามีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 8.7 % ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 177.7 mg kg^{-1} ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 45.6 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1259.2 และ 87.2 mg kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าไคโตซานมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเทียบกับธาตุอาหารอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับพืช
3. การใส่ปุ๋ยเคมีหรือไคโตซานเพียงอย่างเดียว ส่งผลให้การเจริญเติบโต น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือก น้ำหนักตอซังแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในตอซัง ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในเมล็ดและการดูดใช้ธาตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการดูดใช้แคลเซียมในตอซัง แคลเซียมทั้งหมดและแมกนีเซียมในตอซังเท่านั้น ที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ สำหรับน้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกที่เพิ่มขึ้นนั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอัตรา 3.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 54.7 จากค่าควบคุม และการใส่ไคโตซานเพียงอย่างเดียวอัตรา 2.0 กรัมต่อกระถาง ให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 58.3 จากค่าควบคุม ทั้งนี้เนื่องจากดินที่นำมาทำศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง การใส่ไคโตซานซึ่งเป็นแหล่งของธาตุไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว นั้น จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวมเปลือกของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นได้

4. ไคโตซานไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโต น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักผลผลิตฝักสดรวม เปลือก น้ำหนักต่อซังแห้ง น้ำหนักเมล็ดแห้ง ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในต่อซัง เมล็ดและการดูดใช้ธาตุทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี

5. การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับไคโตซาน ไม่ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดหวานแตกต่างกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2541. รายงานการจัดการทรัพยากรดิน เพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนที่ดอน. กรุงเทพฯ.

กิติ กล้วยโรจน์ศิริ, อนุกุล สุจินัย และชนิษฐศรี สุนทรกุล. 2546. การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. ส่วนมาตรฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

โกสินทร์ วุฒิเจริญวงศ์ และคมสัน รุจิโรจน์สกุล. 2545. โครงการพัฒนาปุ๋ยควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารโดยใช้โคโคซานผสมสารเชื่อมโยงร่างแห. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2544. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ .

คำริ ถาวรมาศ, ประดิษฐ์ บุญอำพล, หรั่ง มีสวัสดิ์ และ เขียรชัย อารยางกูร. 2519. การศึกษาอิทธิพลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินกำแพงแสนสุพรรณบุรี. รายงานประจำปี 2519. กองพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ: การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ธีระยุทธ จิตต์จำนงค์. 2527. การศึกษาผลตอบสนองของข้าวโพดต่อการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราต่าง ๆ ในดินชุด ปากช่อง ตาคลี และลัดทีบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประดิษฐ์ บุญอำพล. 2542. การศึกษาการใช้ปุ๋ยกับข้าวโพด, น. 34-54 ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการเรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร วันที่ 23-25 กุมภาพันธ์ 2542 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์-ซิตี จอมเทียน พัทยา, ชลบุรี.
- _____, ชุมพล นาวิโรจน์, ธีรชัย อารยางกูร และไพบุลย์ เจริญปลั่ง. 2520. การศึกษาผลตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดสามพันธุ์. รายงานการวิจัยดินและปุ๋ย. กองพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. 2544. ไคติน-ไคโตซาน. เรื่องนำรู้ไคติน-ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.
- _____. 2545. การใช้ไคโตซานเพื่อเพิ่มอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์พืช. **Journal of Tecnology Thonburi**. 1 (1) : 70-74
- แปซิฟิก จำกัด. 2548 ก. รู้แล้วบอกต่อ. วงการข้าวโพดหวานตะลึง. แหล่งที่มา: http://www.pacthai.co.th/wow_sc.htm, 21 พฤศจิกายน 2548.
- _____. 2548 ข. ข้าวโพดหวานลูกผสม. ไฮ-บริกซ์3. แหล่งที่มา: <http://www.pacthai.co.th/h3.htm>, 21 พฤศจิกายน 2548
- ปัทมา วิทยากร. 2543. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิรพงศ์ หาญพิชาญชัย. 2545. การควบคุมการละลายของเม็ดปุ๋ยโดยการเคลือบไคโตซาน. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ .

ภาวดี เมธะคานนท์. 2544. ใครรู้บ้างว่า...แมลงก็เป็นแหล่งไคติน. สารความรู้ ชมรมไคติน-
ไคโตซาน 3 (7) : 2

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

ยุพดี อุ่นสมบัติ. 2510. การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเซียมอัตราต่างๆที่มีต่อการ
ดูดดึงฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ดและตอซังข้าวโพดพันธุ์แก้วเทมาลาที่ปลูกใน
บริเวณไร่วรรณจากกลกิจและไร่อกริณในบริเวณนิคมสร้างตนเอง พระพุทธบาท.
วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ

ราเชนทร์ ถิรพร. 2539. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน, สมเจตน์ จันทวัฒน์, ถวิล ครุฑกุล และ อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2510.
การศึกษาเกี่ยวกับผลตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตและประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตของ
ข้าวโพดเทมาลา. รายงานประจำปี. โครงการวิจัยศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างที่ 4 ภาควิชา
ปฐพีวิทยาคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

____, _____, ปิยะ ดวงพัตรา และ ขงยุทธ โอสดสภา. 2511. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง
การเจริญเติบโตกับการสะสมน้ำหนักรากและธาตุอาหารของข้าวโพดแก้วเทมาลา. รายงาน
ประจำปี 2511-2512. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ม.ป.ป. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับไคติน
ไคโตซาน. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

Anderson, E.L. 1987. Corn root growth and distribution as influenced by tillage and nitrogen
fertilization. **Agron. J.** 79 : 544-549

- Barber, S.A. 1971. Effect of tillage practice on corn (*Zea mays* L.) root distribution and morphology. **Agron.J.** 63 : 724-726
- _____ and A.D. Mackay. 1986. Root growth and phosphorus and potassium uptake by two corn genotypes in the field. **Fertilizer Res.** 10 : 217-230
- Bautista-Banos, S., M. Hernandez-Lopez, E. Bosquez-Molina and C.L. Wilson. 2003. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. **Crop Protection.** 22 : 1087-1092
- Beasley, R. P. 1980. **Erosion and sediment pollution control.** 6 th ed. The Iowa State University Press, Ames.
- Boonkerd N., S. Chandkrachang and W. F. Stevens. 1996. Effect of Chitin on Nodulation and N₂ Fixation in Rhizobia-Soybean Symbiosis. pp. 183-186 In Willem F. Stevens, Mukku Shrinivas Rao and Suwalee chandkrachang, eds. **The Proceedings of the Second Asia Pacific Symposium.** Bioprocess Technology Program, Asian Institute of technology Bangkok, Thailand.
- Chibu, H., H. Shibayama and S. Arima. 1999. Effects of chitosan application on the growth of radish seedlings. **Japanese Journal of Crop Science.** 68 : 199-205
- Curtis, O.F. and D.G. Clark. 1950. **An Introduction to Plant Physiology.** 1st ed. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Foth, H.D. and B.G. Ellis. 1996. **Second Edition Soil Fertility.** Department of Crop and Soil Sciences Michigan state University East Lansing, Michigan.
- Harada, J., S. Arima, H. Shibayama and R. Kabashima. 1995. Plant growth promotion effects of chitosan: effects of chitosan application on growth and seed yield of soybeans.- Mar. Highland Biosci. **Center Rep.** 2 : 15-19

- Hirano, S. 1988. The activation of plant cell and their self-defense function against pathogens in connection with chitosan. **Nippon Nogeikagaku Kaishi**. 62 : 293-295
- _____, H. Masahiko and O. Seiji. 1996. Cellular Responses of Cultured Soybean Calli and Seeds to Chitin and Chitosan. pp. 188-192 *In* Willem F. Stevens, Mukku Shrinivas Rao and Suwalee chandrkrachang, eds. **The Proceedings of the Second Asia Pacific Symposium**. Bioprocess Technology Program, Asian Institute of technology Bangkok, Thailand.
- Horton D. and DR. Lineback. 1965. **Methods Carbohydr chem**. 5 (7): 403-406. Cited GAF. Roberts. 1992. **Chitin Chemistry**. pp. 64-79. The Macmillan Press Ltd, London.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Dept. of Land Development, Min. of Agri. And Coop., Bangkok, p. 169.
- Millar, C.E., L.M. Turk and H.D. Forth. 1965. **Fundamental of Soil Sci. 4 th ed**. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Miller, M.F. and H.H. Krusekopf. 1932. **The influence of systems of cropping and methods of culture on surface runoff and soil erosion**. Res. Bull.177. Mo Agric. Exp. Sta., Columbia.
- Moe, P.G., J.V. Mannering, and C.B. Johnson. 1968. A comparison of nitrogen losses from urea and ammonium nitrate in surface runoff water. **Soil Sci**. 105 : 428-433.
- Nelson, W.W. and J.M. MacGergor. 1973. Twelve years of continuous corn fertilization with ammonium nitrate or urea nitrogen. **Soil Sci. Soc. Am. Proc**. 37 : 583-586
- No, H. K., K.S Lee, I.D Kim, S.D. Kim, M.J. Park and S.P Meyers. 2003. treatment affects yield, ascorbic acid content, and hardness of soybean sprouts. **Journal of Food Science**. 68 : 680-685

- Ohta, K., H. Atarashi, Y. Shimatani, S. Matsumoto, T. Asao and T. Hosoki. 2000. Effects of chitosan with or without nitrogen treatments on seedling growth in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. cv. Kairyoku Wakamurasaki. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**. 69 : 63-65
- _____, A. Taniguchi, N. Konishi and T. Hosoki. 1999. Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. **HortScience**. 34 : 233-234
- Pastucha, A. 2001. Effect of chitosan on fungi pathogenic towards soybean. **Horticultura**. 9 : 61-70
- Pieta, D., A. Pastucha, H. Struszczyk and W. Wokcik. 2001. The formation of microorganism communities in the soil under the effect of chitosan and runner bean (*Phaseolus coccineus* L.) cultivation. **Acta Agrobotanica**. 54 : 105-115
- Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. CRC Press, Boca Raton, FL: CRC Press LLC.
- Purvis, A.C. and R.E. Williamson. 1972. Effect of flooding and gaseous composition of the root environment on growth of corn. **Agron.J.** 64 : 674-678
- Salam M.A and P.A Wahhid. 1993. **Rooting Patterns of Tropical Crop**. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Soil Conservation Service. 1984. **Procedures for Collecting Soil Samples and Methods of Analysis for Soil Survey**. Soil Survey Investigation Report No.1.U.S. Dept.Agr., Washington,D.C.
- Suzuki, K. and H. Shinshi. 1998. Regulation of chitinase gene expression by elicitor and ethylene. **Chem. Reg. Plants**. 33 : 44-54

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soil Fertility and Fertilizers**. 3 rd., Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Tsugita, T., K. Takahashi, T. Muraoka and H. Fuki. 1993. The appication of chitin/chitosan for agriculture. pp. 21-22. Proc.Special Sess. **7th Symposium on Chitin and chitosan.**
Japanese Society for Chitin and Chitosan, Fukui

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ข้อกำหนดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน
(Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกริยาดิน (Soil reaction), pH (ดินต่อน้ำ=1:1)

ระดับ (rating)		พิสัย (range)
กรดจัดมาก	Extremely acid	<4.5
กรดจัด	Very strong acid	4.5-5.0
กรดแก่	Strongly acid	5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid	5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid	6.1-6.5
กลาง	Neutral	6.6-7.3
ด่างอ่อน	Mildly alkaline	7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline	7.9-8.4
ด่างแก่	Strongly alkaline	8.5-9.0
ด่างจัด	Extremely alkaline	>9.0

2. ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	<3
ต่ำ	(L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	6-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-25
สูง	(H)	25-45
สูงมาก	(VH)	>45

3. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) (Bray II)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	<3
ต่ำ	(L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ	(ML)	6-10
ปานกลาง	(M)	10-15
ค่อนข้างสูง	(MH)	15-25
สูง	(H)	25-45
สูงมาก	(VH)	>45

4. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) (NH₄OAc)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	<30
ต่ำ	(L)	30-60
ปานกลาง	(M)	60-90
สูง	(H)	90-120
สูงมาก	(VH)	>120

5. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) (NH₄OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (cmol _c kg ⁻¹)			
	Exch.Ca	Exch.Mg	Exch.K	Exch.Na
ต่ำมาก(VL)	<2	<0.3	<0.2	<0.1
ต่ำ(L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3
ปานกลาง(M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7
สูง(H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0
สูงมาก(VH)	>20	>8.0	>1.2	>2.0

หมายเหตุ

VL = ต่ำมาก (Very low)

V = ต่ำ (Low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)

ML = ปานกลาง (Moderately)

MH = ค่อนข้างสูง (Moderately high)

H = สูง (High)

VH = สูงมาก (Very high)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล

ณรงค์เดช ฮองกุล

วัน เดือน ปี ที่เกิด

8 ธันวาคม 2524

สถานที่เกิด

จังหวัดเพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จากสถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพ ฯ

