



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้เถ้าจากส่วเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด

Utilization of Slop Ash as Source of Potassium Fertilizer for Rice and Corn

นามผู้วิจัย นางสาวพิมพ์ลลิตี สุภเสถียรไชย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์จรงค์ จันทน์เจริญสุข, D.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์เอ็จ สโรบล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้เถ้ากากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด

Utilization of Slop Ash as Source of Potassium Fertilizer for Rice and Corn

โดย

นางสาวพิมลศิริ สุขเสถียรไชย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2552

พิมลลสิริ สุขเสถียรไชย 2552: การใช้เถ้ากากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด ปรินญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จรัสกร จันทร์เจริญสุข, D.Agr. 91 หน้า

ศึกษาการใช้เถ้ากากส่าซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสุราเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและ
ข้าวโพด การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ ศึกษาผลการใส่เถ้ากากส่าต่อ
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และชุดดินปากช่อง ส่วนที่ 2 เป็นการ
ทดลองในเรือนทดลอง แบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ ศึกษาประสิทธิภาพของเถ้ากากส่าในการใช้เป็นปุ๋ย
โพแทสเซียมสำหรับข้าว วางแผนการทดลองแบบ 3×3 Factorial in Completely Randomized Design ทำ 3 ซ้ำ
ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินร้อยเอ็ด ชุดดินกำแพงแสน และชุดดินพิมาย ปัจจัยที่ 2
คือ ปุ๋ยโพแทสเซียม ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ และใส่ปุ๋ย
โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากส่า รวมดำเนินการทดลองทั้งหมด 9 ดำเนินการทดลอง และศึกษาประสิทธิภาพของเถ้า
กากส่าในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพด วางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in Completely
Randomized Design ทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งของโพแทสเซียม ได้แก่ ปุ๋ย
โพแทสเซียมคลอไรด์ และเถ้ากากส่า ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราของโพแทสเซียม ได้แก่ 0, 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O
ต่อดิน 1 กิโลกรัม รวมดำเนินการทดลองทั้งหมด 6 ดำเนินการทดลอง

ผลการทดลองพบว่า การใส่เถ้ากากส่าในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องจะช่วยเพิ่ม
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าวอย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่
เป็นประโยชน์ในดินของเถ้ากากส่าใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ การทดลองในเรือนทดลองพบว่า การ
ใช้เถ้ากากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย และสำหรับข้าวโพดใน
ชุดดินปากช่องมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต และการดูดใช้ธาตุอาหารโพแทสเซียมของข้าวและข้าวโพดอย่าง
เด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวและข้าวโพดของ
เถ้ากากส่าใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่าสูงกว่าที่ได้รับ
การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลผลิตฝักของข้าวโพดที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่าและที่ได้รับการใส่ปุ๋ย
โพแทสเซียมคลอไรด์ใกล้เคียงกัน การใส่เถ้ากากส่าให้แก่ข้าวและข้าวโพดในดินดังกล่าวไม่ทำให้ค่าพีเอชและ
ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลง เถ้ากากส่าสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและ
ข้าวโพดได้ ซึ่งจะเป็นการใช้ระบบดินและพืช กำจัดวัสดุเหลือทิ้งอย่างมีประสิทธิภาพ

Pimolsiri Supasatienchai 2009: Utilization of Slop Ash as Source of Potassium Fertilizer for Rice and Corn. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jongruk Chanchareonsook, D.Agr. 91 pages.

Utilization of slop ash, a waste material from distillery factory, as a source of potassium for rice and corn was studied. The investigation was divided into two parts. The first part was carried out in the laboratory to study the effect of slop ash on available potassium content in Roi-et, Kamphaeng Saen, Phimai and Pak Chong soil series. The second part was conducted in greenhouse and consisted of two experiments. The first experiment aimed at using slop ash as source of potassium for rice. A 3×3 Factorial in CRD was used with 3 replications. The two factors were soil series (Roi-et, Kamphaeng Saen and Phimai soil series), and potassium application from different sources including (no potassium, potassium chloride and slop ash). The second experiment was intended to use slop ash as source of potassium in Pak Chong soil series for corn. A 2×3 Factorial in CRD was employed with 3 replications. The two factors were potassium from two sources including potassium chloride and slop ash, and three rates of application at 0, 75 and 150 mg $K_2O\ kg^{-1}$ soil were investigated.

The results showed that application of slop ash increased available potassium content in Roi-et, Kamphaeng Saen, Phimai and Pak Chong soil series. The effectiveness of slop ash in increasing available potassium content in the soil was similar to that of potassium chloride fertilizer. Application of slop ash significantly increased growth, yield and total potassium uptake of rice and corn as compared with no potassium fertilizer application. The effectiveness of slop ash in increasing growth and total potassium uptake of rice and corn was similar to that of potassium chloride fertilizer. The efficiency of slop ash in increasing grain yield of rice was superior to that of potassium chloride fertilizer, whereas for corn, slop ash had similar efficiency as that of potassium chloride fertilizer. Utilization of slop ash as source of potassium for rice and corn did not change soil pH and EC. Because application of slop ash as potassium fertilizer significantly increased growth, yield and total potassium uptake of rice and corn, it is indicative that waste material can be utilized by soil-plant system.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ จันทน์เจริญสุข อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร.เอ็จ สโรบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องในการเขียนวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณกระวี ณ ป้อมเพ็ชร บริษัทสุราษฎร์ธานี จำกัด ที่อำนวยความสะดวกในการนำเอกสารมาทดลอง ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณ คุณรัตนชาติ ช่วยบุคคา และ คุณชัยภัทร คงแก้ว และคุณสามารถ คคพิมพ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งช่วยดูแลการปลูกพืชในเรือนทดลอง

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ จันทน์เจริญสุข ที่มีส่วนร่วมและให้การสนับสนุนจนได้รับทุนดังกล่าว

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อเอกศิษฐ์ คุณแม่กุลทรัพย์ สุกเสถียรไชย และคุณเกรียงไกร มหาวัน รวมทั้งญาติพี่น้อง ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษาและเป็นกำลังใจให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา ขอขอบคุณสำหรับพี่ๆ เพื่อนๆ ในภาควิชาปฐพีวิทยาที่ช่วยงานในเรือนทดลองจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วง ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ครู อาจารย์ที่ได้อบรมและให้กำลังใจข้าพเจ้ามาตลอดในทุกเรื่อง

พิมลสิริ สุกเสถียรไชย

มีนาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	23
ผล	23
วิจารณ์	61
สรุปและข้อเสนอแนะ	65
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	67
ภาคผนวก	75
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	91

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติบางประการของชุดดินที่นำมาศึกษา	24
2	สมบัติบางประการของเถ้ากากส่าที่นำมาศึกษา	25
3	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูก ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะแตกกอ	30
4	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูก ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะก้านิดช่อดอก	31
5	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูก ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะออกดอก	32
6	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูก ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะเก็บเกี่ยว	33
7	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะแตกกอ	37
8	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะก้านิดช่อดอก	38
9	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะออกดอก	39
10	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถาง ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะเก็บเกี่ยว	40
11	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	44
12	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักตอซังของข้าวที่ ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	45
13	ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณการดูดใช้ โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และ พิมาย	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน	49
15	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน	50
16	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน	52
17	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน	53
18	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนักแห้งของฝักของข้าวโพด	57
19	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพด	58
20	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพด	59
ตารางผนวกที่		
1	ปริมาณโพแทสเซียม (mg K kg^{-1}) ที่ปลดปล่อยออกมาจากชุดดินร่อยเอ็ด กำแพงแสน และพินายที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมจากแหล่งต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาต่างๆของการบ่มดินในสภาพขังน้ำต่าง ๆ กัน	76
2	ปริมาณโพแทสเซียม (mg K kg^{-1}) ที่ปลดปล่อยออกมาจากชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมจากแหล่ง และอัตราต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาบ่มดินต่าง ๆ กัน	77
3	ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร่อยเอ็ด กำแพงแสน และพินาย	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
4 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	79
5 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในตอซังของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	79
6 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCI) ต่อปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในฝักของข้าวโพด	80
7 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCI) ต่อปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพด	80
8 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	81
9 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ต่อปริมาณโพแทสเซียมในตอซังของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย	82
10 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCI) ต่อปริมาณโพแทสเซียมในฝักของข้าวโพด	83
11 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCI) ต่อปริมาณโพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพด	84
12 แสดงปริมาณเถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใส่ในแต่ละดำรับการทดลองในข้าว	85
13 แสดงปริมาณเถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใส่ในแต่ละดำรับการทดลองในข้าวโพด	85
14 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	86
15 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นระดับที่กล่าวหาเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป	89
16 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit	90

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงถ้ำกากส่าที่นำมาศึกษาทดลองซึ่งได้มาจาก ขั้นตอนการผลิตสุราโดยใช้ ปลายข้าวเหนียวและกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ	9
2 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด, กำแพงแสน และพิมายที่ ได้รับการใส่ถ้ำกากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (ที่ระยะเวลาการบ่มดินในสภาพขังน้ำที่ 4 สัปดาห์)	26
3 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายที่ ได้รับการใส่ถ้ำกากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ระยะเวลา บ่มดินต่าง ๆ	26
4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่ถ้ำกากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (ที่ระยะบ่มดิน 4 สัปดาห์)	27
5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่ถ้ำกากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ระยะเวลาบ่มดินต่าง ๆ	27
6 ผลการใส่ถ้ำกากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุด ดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะต่าง ๆของการเจริญเติบโต	34
7 ผลการใส่ถ้ำกากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนกอของข้าวที่ปลูกใน ชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะต่าง ๆของการเจริญเติบโต	41
8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวกับปริมาณ โพแทสเซียมในดินที่ปลดปล่อยออกมาจากการบ่มดินในสภาพขังน้ำ (4 สัปดาห์)	43
9 pH และ EC ของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย โพแทสเซียม ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และใส่ถ้ำกากส่าหลังการเก็บเกี่ยวข้าว	47
10 ผลการใส่ถ้ำกากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงข้าวโพด (เซนติเมตร) ที่ระยะต่าง ๆของการเจริญเติบโต	51
11 ผลการใส่ถ้ำกากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อเส้นรอบวงของข้าวโพด (เซนติเมตร) ที่ระยะต่าง ๆของการเจริญเติบโต	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวกับปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ปลดปล่อยออกมาจากการบ่มดินในสภาพขังน้ำ (4 สัปดาห์)	56
13	pH และ EC ของชุดดินปากช่องที่ได้รับใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และใส่ถ้ำกากสำหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด	60

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

K	=	Potassium
N	=	Nitrogen
P	=	Phosphorus
EC	=	Electrical conductivity
Re	=	Roi-et soil series
Pm	=	Phimai soil series
Ks	=	Kamphaeng Saen soil series
Pc	=	Pak Chong soil series
CRD	=	Completely Randomized Design
DMRT	=	Duncan's new multiple's range test
CV	=	Coefficient of variation

การใช้เถ้ากากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด

Utilization of Slop Ash as Source of Potassium Fertilizer for Rice and Corn

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) และข้าวโพด (*Zea mays* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ทำรายได้ในการส่งออกสูงเป็นอันดับต้นๆ ให้แก่ประเทศ ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรทั้งประเทศ พื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทยประมาณ 67 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวรวมประมาณ 30 ล้านตัน (รวมนาปีและนาปรัง) ในปี 2550 ประเทศไทยส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลกประมาณ 9.56 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550; กรมการค้าต่างประเทศ, 2551) สำหรับข้าวโพดพื้นที่ปลูกทั้งประเทศประมาณ 6 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวโพดรวมประมาณ 4 ล้านตัน ข้าวโพดที่ผลิตได้นอกจากจะใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศแล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศทำรายได้ให้ประเทศคิดเป็นมูลค่าปีละประมาณ 20,000 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2547; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

มีรายงานการขาดโพแทสเซียมของข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินหลายพื้นที่ของประเทศ (สรสิทธิ์, 2535; หรรษา และคณะ, 2540; ประสาร และคณะ, 2541; สุรเชษฐ์, 2550; Kawaguchi and Kyuma, 1969) ในการเพิ่มผลผลิตจำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารหรือใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้แก่ข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าว และเนื่องจากในสภาวะปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพง การนำวัสดุเหลือทิ้ง (waste materials) ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูงมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพดทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี จึงเป็นสิ่งที่น่าศึกษาทดลอง จึงได้ทำการศึกษาการใช้เถ้ากากส่า (slop ash) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสุราซึ่งมีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด ผลการศึกษาน่าจะทำให้ทราบแนวทางการใช้ประโยชน์วัสดุเหลือทิ้งอินทรีย์ดังกล่าว ในการเพิ่มธาตุอาหารโพแทสเซียมในดินและเพิ่มผลผลิตของข้าวและข้าวโพด รวมทั้งยังเป็นการใช้ระบบดิน-พืชกำจัดวัสดุเหลือทิ้งเพื่อลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของถ้ำอากาศต่ำ ในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพด
2. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและทราบแนวทางในการใช้ประโยชน์ถ้ำอากาศต่ำซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินและผลผลิตของข้าวและข้าวโพด
3. เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานและทราบแนวทางในการใช้ระบบดินและพืชกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง

การตรวจเอกสาร

1. ธาตุอาหารโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดหนึ่ง (an essential element) พืชดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณที่มากใกล้เคียงกับธาตุอาหารไนโตรเจน (Havlin *et al.*, 2005)

1.1 โพแทสเซียมในดิน

โดยทั่วไปโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (total soil K content) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 – 2.5 เปอร์เซ็นต์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Havlin *et al.*, 2005) โพแทสเซียมในดินสามารถแบ่งออกเป็น 3 รูป (ชัยฤกษ์, 2536; Brady and Weil, 2008) คือ 1) non-exchangeable K ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในหินแร่ที่ไม่สามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่น ๆ ได้ 2) exchangeable K ได้แก่ โพแทสเซียมในสภาพของไอออนบวกที่ดูดยึดอยู่ที่ผิวของสารคอลลอยด์ดินและสามารถแลกเปลี่ยนกับประจุบวกอื่น ๆ ที่อยู่ในสารละลายดิน และ 3) water soluble K (soil solution K) ได้แก่ โพแทสเซียมที่อยู่ในสารละลายดิน โพแทสเซียมทั้ง 3 รูปจะอยู่ในสภาพที่สมดุลกัน เมื่อพิจารณาโพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินที่เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ต่อพืชสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) relatively unavailable K เป็นส่วนของโพแทสเซียมที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ feldspars และ micas ซึ่งแร่พวกนี้ต้องผุพังสลายตัวเสียก่อนจึงจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชได้ 2) slowly available K เป็นส่วนของโพแทสเซียมที่ถูกตรึงอยู่ในระหว่างหลีบของอนุภาคดินเหนียวซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง แต่เป็นแหล่งขดเซยโพแทสเซียมออกมาอย่างช้า ๆ ให้แก่ส่วนที่อยู่ในสภาพของไอออนในสารละลายดินเมื่อถูกพืชหรือจุลินทรีย์ดูดไปใช้ และ 3) readily available K เป็นส่วนของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กับโพแทสเซียมในสารละลายดินซึ่งพืชใช้ประโยชน์ได้ทันที (Rehm and Schmitt, 2002)

ดินเขตร้อนที่มีการผุพังสูง (Oxisols, Ultisols) และดินเนื้อหยาบมักพบว่าขาดโพแทสเซียม (Dobermann *et al.*, 1998) ในดินนาของประเทศไทย Kawaguchi and Kyuma (1969)

รายงานว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ปานกลาง ยกเว้นดินนาบริเวณที่ราบสูงโคราช ซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก

1.2 ความสำคัญและบทบาทของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช เมื่อพืชได้รับโพแทสเซียมไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตและผลผลิตจะลดลง รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชคือ K^+ ปริมาณโพแทสเซียมในพืชโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.5-6.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง โพแทสเซียมเมื่อเข้าไปอยู่ในพืชแล้วไม่ได้เปลี่ยนเป็นสารประกอบอินทรีย์เหมือนกับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม แต่จะอยู่ในรูปอนินทรีย์หรือเกลืออินทรีย์ซึ่งละลายน้ำได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Havlin *et al.*, 2005) ดังนั้นหน้าที่ของโพแทสเซียมภายในพืชจึงเกี่ยวข้องกับการทำงานของกระบวนการทางด้านสรีรวิทยา (physiological functions) ต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน การกระตุ้นเอนไซม์ โพแทสเซียมมีบทบาทต่อการขยายขนาดเซลล์ การปิดและเปิดปากใบ การขนส่งน้ำ, น้ำตาล และธาตุอาหาร การเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของพืช โพแทสเซียมช่วยเพิ่มคุณภาพของผลผลิตพืช (ยงยุทธ, 2546; Potash and Phosphate Institute [PPI], 1998b; Mengel, 2006)

โพแทสเซียมเป็นธาตุที่สำคัญในโครงสร้างของเอนไซม์ต่าง ๆ มากกว่า 30 ชนิดในข้าว ธาตุโพแทสเซียมทำให้ขบวนการต่าง ๆ ในต้นข้าวสมบูรณ์ขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ต้นข้าวแข็งแรงไม่ล้มง่าย ต้านทานต่อโรคและแมลงดีขึ้น (เอกสงวน, 2544) ข้าวมีความต้องการโพแทสเซียมตั้งแต่ช่วงแรกของการเจริญเติบโตจนถึงเก็บเกี่ยว เนื่องจากโพแทสเซียมมีผลต่อการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล ข้าวจึงมีความต้องการมากในช่วงเริ่มสร้างรวงเป็นต้นไปจนถึงเก็บเกี่ยว (พิสิฐ, 2544; Yoshida, 1981) สำหรับความต้องการโพแทสเซียมของข้าวโพดจะเริ่มตั้งแต่ระยะเริ่มงอก โดยจะมีความต้องการสูงสุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6-8 หลังจากงอก (ราเชนทร์, 2539)

เมื่อพืชขาดโพแทสเซียม การสังเคราะห์ซูโครสจะลดลง ส่งผลให้กระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชลดลงด้วย (Hartt, 1969, 1970) Singh *et al.* (1998) รายงานว่าโพแทสเซียมมีผลในการลดอัตราการหายใจและการระเหยน้ำทางใบของอ้อย โพแทสเซียมช่วยทำให้การเจริญเติบโต ปริมาณซูโครส คุณภาพและผลผลิตของอ้อยเพิ่มขึ้น Peaslee and Moss (1968) พบว่า โพแทสเซียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งได้แก่การปิดเปิดของปากใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไหลซึมผ่านเข้าไปในใบ

พืช โพแทสเซียมมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ nitrate reductase และ glutamine synthetase เพิ่มขึ้น (Vyas *et al.*, 2001) โพแทสเซียมมีบทบาทในการเร่งการออกไหมของข้าวโพด ทำให้ไหมออกเร็วขึ้น และเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด (PPI, 1998a)

1.3 อาการขาดโพแทสเซียมของพืช

เมื่อพืชขาดโพแทสเซียม ขอบใบจะมีสีเขียว (chlorosis) แล้วกลายเป็นสีน้ำตาลและแห้งไปในที่สุด อาการเริ่มจากปลายใบสู่โคนใบ ระหว่างเส้นใบอาจจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (mobile) ในพืช ลักษณะอาการขาดจึงเกิดขึ้นที่ใบแก่ก่อนใบอ่อน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) Dunn and Stevens (2005) รายงานว่า เมื่อข้าวขาดโพแทสเซียม ปลายใบจะเหลือง ผลผลิตเมล็ด (grain yields) ลดลง, หักล้มง่าย (lodging) และการต้านทานโรคลดลง Williams and Smith (2001) พบว่า โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการต้านทานโรคของข้าว เมื่อระดับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจะลดอัตราการเกิดโรคโคนเน่า (stem rot) และลดความรุนแรงของโรค aggregate sheath spot นอกจากนี้โพแทสเซียมยังเพิ่มความสูง, เพิ่มผลผลิตและลดอาการพืชหักล้มง่าย (lodging) ของข้าวด้วย ข้าวโพดที่ขาดโพแทสเซียมจะแสดงอาการ chlorosis เนื้อเยื่อพืชจะเหลืองการสร้างคลอโรฟิลล์จะลดลง หรือแสดงอาการ necrosis (การตายของเนื้อเยื่อพืช) ที่ขอบใบล่างของใบที่แก่ (Bly *et al.*, 2002)

2. งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมกับข้าว

สรสิทธิ์ (2535) รายงานว่า ดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และบริเวณอื่น ๆ ของประเทศไทยที่เป็นดินร่วนและดินทรายจะมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ ข้าวตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยประมาณ 47 mg kg^{-1}

हरรยา และคณะ (2540) ศึกษาการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่มีผลต่อผลผลิตข้าวและปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ดข้าวที่จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ข้าวพันธุ์ กข. 23 เมื่อเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมเป็น 16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติจากกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 4 และ 8 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทั้งที่ใส่อย่างเดียวและที่ใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์

พรรณพิมล (2541) ศึกษาผลของโพแทสเซียมต่อคุณภาพและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวดอกมะลิ 105 พบว่า การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลทำให้จำนวนรวงต่อกระถาง จำนวนเมล็ดดีต่อรวงเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของปุ๋ยโพแทสเซียม และยังทำให้ความหอม ความขาวของข้าวเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อความนุ่ม ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าว

Ismunadji and Suprpto (1990) ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อการเกิดโรคโคนเน่า (Stem rot infection) และผลผลิตของข้าว โดยทุกคำรับการทดลองใส่ยูเรียอัตรา 120 กิโลกรัม N ต่อเฮกตาร์ และทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 60 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อเฮกตาร์ โดยอัตราของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใส่คืออัตรา 0, 30, 60, 90 และ 120 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาพบว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ที่อัตรา 120 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ มีผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคโคนเน่า (Stem rot infection) ลดลง 67.4 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิตเมล็ด (grain yield) เพิ่มขึ้น 1,944 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เมื่อเทียบกับโพแทสเซียมที่อัตรา 0 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์

Yiying and Hong (1992) ศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพข้าวโดยอัตราปุ๋ยที่ใส่คือ 0, 75, 150 และ 225 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาพบว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ที่อัตรา 225 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ข้าวมีโปรตีนเพิ่มขึ้น 0.95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับโพแทสเซียมที่อัตรา 0 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์

Tiwari *et al.* (1998) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในเตรตและโพแทสเซียมคลอไรด์ที่อัตรา 40, 80 และ 120 กิโลกรัม K_2O ต่อเฮกตาร์ ต่อการสังเคราะห์แสงของข้าว ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออัตราของปุ๋ยโพแทสเซียมในเตรตและโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นข้าวจะมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น

Shivay *et al.* (2002) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของข้าวบาร์เลย์ ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีผลทำให้ข้าวบาร์เลย์มีความสูง (plant height) การแตกกอ (tillers per plants) พื้นที่ผิวใบ (leaf area per plant) และปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบทรงเพิ่มขึ้น

3. งานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมกับข้าวโพด

สมบุญ (2539) เก็บวัสดุเหลือใช้คือ slop ash (43% K_2O) จากโรงงานสุรา filter cake (6% P_2O_5) จากโรงงานน้ำตาล และ activated sludge cake (5% N) จากโรงงานผงชูรส นำมาทำเป็นปุ๋ยโดยเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีในสภาพอัดเม็ดและบดผงโดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบพบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดจากการใช้วัสดุเหลือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในสภาพอัดเม็ดมีแนวโน้ม>ปุ๋ยเคมีร่วมกับวัสดุเหลือใช้บดผง>ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว>วัสดุเหลือใช้บดผง>ไม่ใช้ปุ๋ยเลย

ประสาร และคณะ (2541) ได้ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมของข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 5 ที่ปลูกในชุดดินปากช่องที่มีการให้น้ำชลประทาน ผลการทดลองพบว่าข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ขณะที่ประดิษฐ์ (2542) ศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทราย คือในชุดดินโคราช และชุดดินวาริน ซึ่งเป็นดินที่มีโพแทสเซียมต่ำ พบว่า ข้าวโพดมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 5 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ในทั้ง 2 ชุดดิน

ปวีณา (2549) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อผลผลิตและความหวานของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2 จากการทดลองพบว่าการใส่ไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวจะทำให้ข้าวโพดมีความหวานต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับในตำรับที่มีการใส่โพแทสเซียมร่วมด้วย และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 20 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ทำให้ข้าวโพดมีความหวาน 15.63 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงกว่าทุกตำรับ และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 45 กิโลกรัม N ต่อไร่ และใส่โพแทสเซียม 10 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ จะช่วยเพิ่มผลผลิตและความหวานของข้าวโพดหวานในชุดดินปากช่องได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าในอัตราอื่น

Liebhardt and Murdock (1965) ศึกษาผลของโพแทสเซียมต่อสัณฐานวิทยาและการล้มของข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า โพแทสเซียมมีผลทำให้ข้าวโพดเกิดการล้ม (lodging) ลดลง และทำให้เนื้อเยื่อพารენไคมาของรากและลำต้นสมบูรณ์ขึ้น

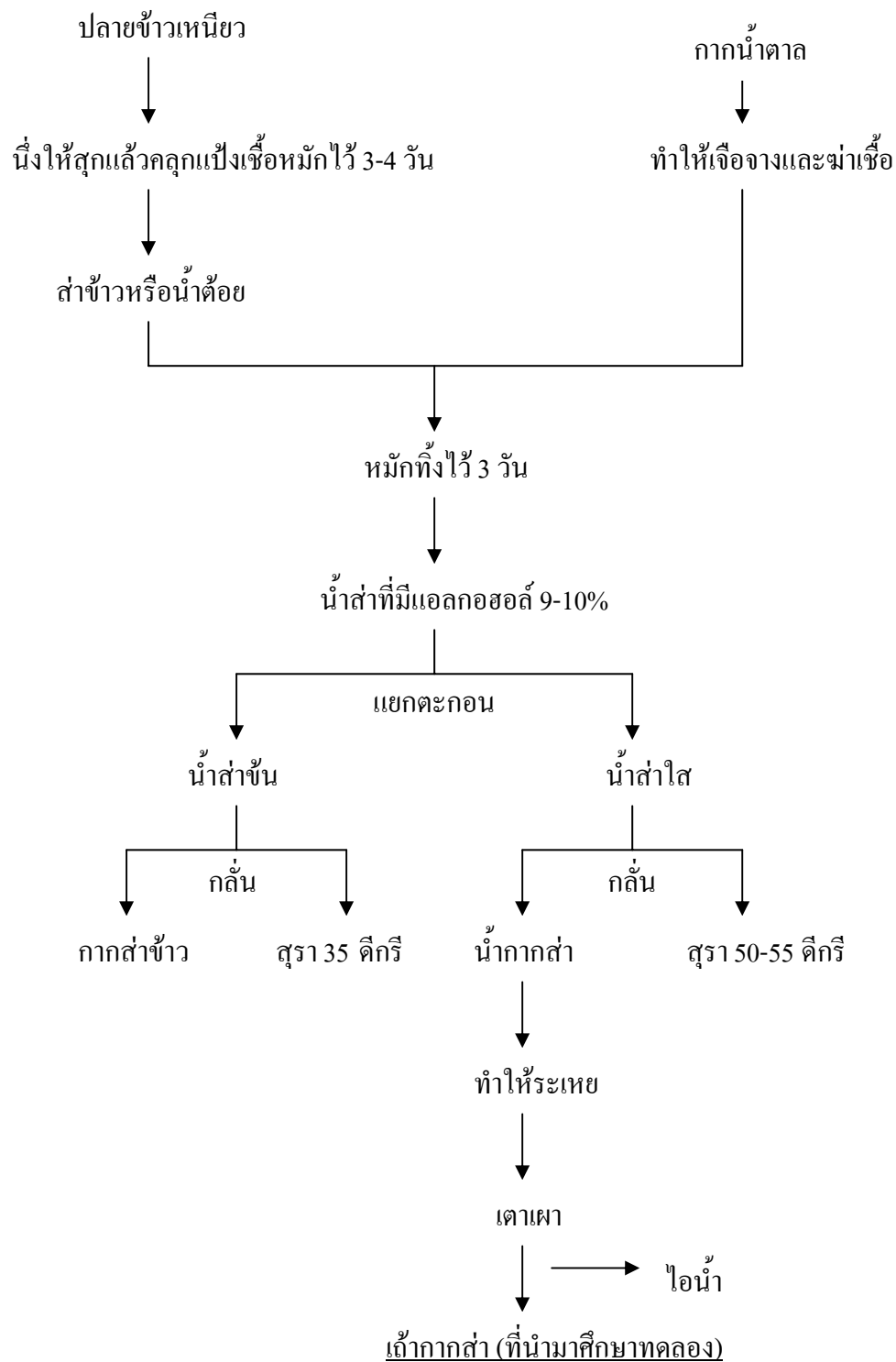
Peaslee and Moss (1966) พบว่า เมื่อใส่โพแทสเซียมให้กับข้าวโพดที่ขาดโพแทสเซียมจะมีผลทำให้ อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 2.5 เท่า ภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้เพราะโพแทสเซียมช่วยทำให้การเปิดของปากใบเพิ่มขึ้น

Arnold *et al.* (1974) รายงานว่าเมื่อเพิ่มธาตุอาหารโพแทสเซียมให้กับข้าวโพด จะทำให้อาการพืชหักล้มง่ายของข้าวโพดลดลง ลำต้นของข้าวโพดแข็งแรงมากขึ้น

Meesook *et al.* (1998) ได้ทดลองใช้เถาสำเหล้าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียม พบว่า การใช้เถาสำเหล้าคุณภาพสูง จะทำให้ผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินวารินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตราเดียวกัน การใช้เถาสำเหล้าคุณภาพสูงร่วมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่า เมื่ออัตราการใช้เถาสำเหล้าสูงขึ้น น้ำหนักรากของข้าวโพดจะสูงขึ้น

4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเถากากสำ

เถากากสำ (slop ash) เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสุราที่ได้จากการนำน้ำกากสำ (distillery slop) มาระเหยแล้วเผาในเตาเผา โดยขั้นตอนการผลิตสุราของโรงงานสุรา ซึ่งใช้วัตถุดิบ 2 ชนิด มีดังนี้ (ภาพที่ 1) วัตถุดิบชนิดแรก คือ กากน้ำตาลเตรียมให้เจือจางโดยผสมกับน้ำสะอาด และฆ่าเชื้อให้บริสุทธิ์ ผสมกับเชื้อยีสต์และเชื้อหมักเพื่อร่อนนำไปผสมกับสำข้าวหรือน้ำด้อย วัตถุดิบชนิดที่สอง คือ ปลายข้าวเหนียว เตรียมโดยการนำข้าวเหนียวไปนึ่งให้สุก คลุกกับแป้งเชื้อหมัก ประมาณ 3-4 วัน จะได้สำข้าวหรือน้ำด้อย เมื่อเตรียมวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดพร้อมแล้ว นำมาผสมกัน แล้วทิ้งไว้ 3 วัน จะได้น้ำสำที่มีแอลกอฮอล์ร้อยละ 9-10 แยกตะกอนน้ำสำออกจะได้น้ำสำสองชนิด คือ น้ำสำข้น และน้ำสำใส น้ำสำข้นเมื่อนำไปกลั่นจะได้สุรา 35 ดีกรี ส่วนน้ำสำใสใช้ผลิตสุราปรุงพิเศษ ผ่านการกลั่นถึง 3 ชั้น จนได้สุราปรุงพิเศษ 50-55 ดีกรี ในขั้นตอนการกลั่นขั้นแรกจะแยกน้ำกากสำออกมา และเมื่อนำน้ำกากสำมาทำให้ระเหยน้ำออกแล้วนำไปเข้าเตาเผาจะได้เถากากสำที่มีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูง (โรงงานสุราบางยี่ขัน 2, 2542) ขั้นตอนการได้มาของเถากากสำที่ใช้ในการศึกษาทดลองแสดงอยู่ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงเอ้ากากส่ำที่นำมาศึกษาทดลองซึ่งได้มาจากระดับขั้นตอนการผลิตสุราโดยใช้ปลายข้าวเหนียวและกากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ

ที่มา: โรงงานสุราบางยี่ขัน 2 (2542)

5. ลักษณะทั่วไปของดินที่นำมาศึกษา

จากรายงานของสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2548ก, 2548ข) ได้อธิบายรายละเอียดของดินในการทดลองไว้ดังนี้

5.1 ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series: Re)

ชุดดินร้อยเอ็ด จัดอยู่ใน fine-loamy, mixed, isohyperthermic Aeric Kandiaquults การกระจายตัวของชุดดินร้อยเอ็ดเป็นพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยประมาณ 25,314,649 ไร่ เกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเคลี่ยผิวแผ่นดิน สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีพื้นเป็นสีน้ำตาล ปนเทาหรือสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนทรายอาจพบชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว ซึ่งมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อนหรือเทาปนชมพู พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือน้ำตาลปนแดงตลอด ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5)

5.2 ชุดดินพิมาย (Phimai series: Pm)

ชุดดินพิมาย จัดอยู่ใน very fine, smectitic, isohyperthermic Ustic Endoaquerts การกระจายตัวของชุดดินพิมายเป็นพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยประมาณ 1,891,868 ไร่ เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนที่ราบน้ำท่วมถึง สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำเร็ว ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอด สีพื้นเป็นสีเทาเข้มหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้ม ส่วนดินล่างมีสีเทาหรือสีเทาอ่อน พบจุดประสีน้ำตาลแก่ สีน้ำตาลปนเหลือง น้ำตาลปนแดงหรือแดงปนเหลืองตลอดหน้าตัดดิน ฤดูแล้งหน้าดินจะแตกกระแหงกว้างและลึกพบรอยไถลชัดเจนและอาจพบก้อนเหล็กหรือแมงกานีสสะสมปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (pH 5.5-7.0) ตลอด

5.3 ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks)

ชุดดินกำแพงแสน จัดอยู่ใน fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustals การกระจายตัวของชุดดินกำแพงแสนเป็นพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยประมาณ 3,538,116 ไร่ เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนเนินตะกอนรูปพัด สันดินริมน้ำ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย เป็นดินลึก การระบายน้ำดี ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงช้า ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย แปรหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือน้ำตาลเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นด่างอ่อน (pH 8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแปรหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแปรหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแปร สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม พบเกลือแร่ไมกาตลอดหน้าตัดของดินและมวลสารพวกปูนสะสมปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0)

5.4 ชุดดินปากช่อง (Pak Chong series: Pc)

ชุดดินปากช่อง จัดอยู่ใน very fine, kaolinitic, isohyperthermic Rhodic Kandustox การกระจายตัวของชุดดินปากช่องเป็นพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยประมาณ 5,793,437 ไร่ เกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ และ/หรือ เศษหินเชิงเขาของหินดินดานที่แทรกกับหินปูนในสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์ สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-8 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำดี ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทรายแปร สีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีแดง อาจพบก้อนเหล็กและแมงกานีสสะสมในดินล่าง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดจัด (pH 4.5-5.5)

6. ลักษณะทั่วไปของข้าวและข้าวโพดที่นำมาศึกษา

6.1 ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2

ข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 ได้จากการผสมพันธุ์ระหว่าง ข้าวเจ้าพันธุ์หอมพม่า (Hawm Pamah) GS.No 3780 จากธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวแห่งชาติ ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี (เป็นข้าวหอมพันธุ์พื้นเมือง เก็บมาจากจังหวัดกาญจนบุรี) กับสายพันธุ์ IR11418-19-2-3 จากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ในปี พ.ศ. 2530 ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท ปลุกข้าวพันธุ์ผสมชั่วที่ 1 ถึงชั่วที่ 5 ปี พ.ศ. 2531-2535 ปลุกศึกษาพันธุ์ขึ้นต้นและขึ้นสูง ปี พ.ศ. 2536-2537 ปลุกเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานี ระหว่าง สถานี และในนารายณ์ ปี พ.ศ. 2538-2545 จนได้สายพันธุ์ CNT87040-284-1-4 กรมวิชาการเกษตร ได้พิจารณาให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 14 มิถุนายน 2547 ใช้ชื่อว่าพันธุ์ชัยนาท 2 (CNT2) เป็นข้าวเจ้าไม่วาต่อช่วงแสง

ลักษณะเด่นเป็นข้าวอายุสั้นประมาณ 103-105 วัน ต้นเตี้ย สูง (วัดถึงปลายรวง) ประมาณ 95 เซนติเมตร (ในฤดูนาปี) และ 83 เซนติเมตร (ในฤดูนาปรัง) มีลักษณะทรงกอเบะ ใบสีเขียวเข้ม ลักษณะใบตรงเป็นแนวนอน รวงแน่นปานกลาง ระแงะถี่ คอรวงยาว ต้นแข็ง ไม่ล้ม ใบค่อนข้างแก่เร็ว น้ำหนักข้าวเปลือกเฉลี่ย 10.57 กิโลกรัมต่อถัง เปลือกเมล็ดสีฟาง ขนาดข้าวเปลือกยาว 10.59 มิลลิเมตร กว้าง 2.46 มิลลิเมตร หยา 2.11 มิลลิเมตร ขนาดข้าวกล้องยาว 7.72 มิลลิเมตร กว้าง 2.12 มิลลิเมตร หยา 1.76 มิลลิเมตร มีระยะพักตัว ประมาณ 5 สัปดาห์ คุณภาพการหุงต้ม เป็นข้าวร่วน มีกลิ่นหอม เป็นทางเลือกของผู้บริโภคที่ชอบข้าวร่วนประเภทข้าวเสาไห้ แต่มีกลิ่นหอมค่อนข้างต้านทานถึงต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลดีกว่าพันธุ์ปทุมธานี 1 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 657 กิโลกรัมต่อไร่ (ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม) ใกล้เคียงกับพันธุ์ปทุมธานี 1 (634 กิโลกรัมต่อไร่) (ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท, 2551)

6.2 ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เป็นลูกผสมเดี่ยว ได้จากการนำสายพันธุ์แท้เกษตรศาสตร์ 47 (Ki 47 หรือ KS 6(S) C3-S8-554-2-1-2-1) ผสมกับสายพันธุ์แท้ Kei 0102 (3013-S8-57-1) จากผลการทดสอบพันธุ์ในแหล่งปลูกข้าวโพดต่าง ๆ ในช่วง 4 ปี (พ.ศ. 2543-2546) พบว่า พันธุ์สุวรรณ 4452 ให้ผลผลิตเฉลี่ย 1,151 - 1,430 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์สุวรรณ 3851 (21.7 เปอร์เซ็นต์) ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ CP-DK 888 (27.4 เปอร์เซ็นต์) ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์นครสวรรค์ 72 (23.8

เปอร์เซ็นต์) และพันธุ์สุวรรณ 1 พันธุ์นี้มีแนวโน้มสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวถึงดี พันธุ์สุวรรณ 4452 มีลักษณะทางเกษตรส่วนใหญ่ดีกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ

ลักษณะเด่นมีอายุวันสลัดละอองเกสร 50 เปอร์เซ็นต์ 54 วัน วันออกไหม 50 เปอร์เซ็นต์ 54 วัน ความสูงต้น 217 เซนติเมตร ความสูงฝัก 130 เซนติเมตร ด้านทานโรคราน้ำค้าง และโรคราสนิม มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด 81.9 เปอร์เซ็นต์ อายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดแห้ง 110-120 วัน แต่ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 เหมาะสมดีในการทำข้าวโพดหมัก นอกจากนี้พันธุ์ สุวรรณ 4452 ยังมีเมล็ดสีส้มเหลืองหัวแข็ง ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติได้เผยแพร่พันธุ์สุวรรณ 4452สู่เกษตรกร ภาครัฐ และเอกชน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 (โชคชัย และคณะ, 2546)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์พืชทดลอง

1.1 เมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 2

1.2 เมล็ดข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452

2. ดินที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ดินที่ใช้สำหรับปลูกข้าว

2.1.1 ชุดดินร่อยเอ็ด เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลง
เกษตรกร จ.นครราชสีมา

2.1.2 ชุดดินกำแพงแสน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลง
เกษตรกร จ.นครปฐม

2.1.3 ชุดดินพิมาย เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากแปลง
เกษตรกร จ.นครราชสีมา

2.2 ดินที่ใช้สำหรับปลูกข้าวโพด

2.2.1 ชุดดินปากช่อง เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากศูนย์วิจัย
ข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ จ.นครราชสีมา

3. ปุ๋ยเคมี

3.1 ยูเรีย (urea: 46%N)

3.2 ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (triple superphosphate: 46%P₂O₅)

3.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride: 60%K₂O)

4. เถ้ากากส่า (slop ash) จากโรงงานสุรา จ.ปทุมธานี

5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกข้าวและข้าวโพด

5.1 กระจกพลาสติกสำหรับปลูกข้าวและข้าวโพด

5.2 พลั่วมือ

5.3 สายยางและบัวรดน้ำ

6. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูลและเก็บเกี่ยว

6.1 ไม้บรรทัด

6.2 เชือก

6.3 ถังกระดาษ

6.4 มีด กรรไกร

7. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

7.1 Atomic absorption spectrophotometer

7.2 Spectrophotometer

7.3 X-Ray Fluorescence Spectrometer

7.4 Micro Kjeldahl distillation apparatus

7.5 pH meter

7.6 Electric conductometer

7.7 Digestion apparatus

7.8 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

7.9 เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง และ 4 ตำแหน่ง

7.10 ตะแกรงร่อนดิน

7.11 เครื่องบดตัวอย่างพืช

7.12 สารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

7.13 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดิน พืชและในการปลูกพืชทดสอบในเรือนทดลอง

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินชุดดินร้อยเอ็ด ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินพิมาย และชุดดินปากช่อง ที่เก็บมาแต่ละชุดดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม เก็บเศษซากพืชออก ข่อยดินให้ละเอียดแล้วผสมคลุกเคล้ากันแล้วแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่งสำหรับการวิเคราะห์และศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการ โดยจะย่อยดินให้ละเอียดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร และส่วนที่สองใช้สำหรับการปลูกพืชทดสอบในโรงเรือนทดลอง

2. การศึกษาและการทดลองในห้องปฏิบัติการทดลอง

2.1 การศึกษาสมบัติของดินที่ใช้ในการทดลองก่อนปลูกข้าวและข้าวโพด

2.1.1 วัดค่าทางเคมีไฟฟ้าของดิน

1) วัดค่า pH โดยใช้เครื่องวัด pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (Foth *et al.*, 1996)

2) วัดค่าสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) วัดโดยอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 (Richards, 1945)

2.1.2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (ทศนีย์ และจรงค์, 2551; Walkey and Black, 1934)

2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณ โดยวิธี colorimetric (ทศนีย์ และจรงค์, 2551; Bray and Kurtz, 1945)

3) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K Ca Mg) โดยสกัดด้วย 1 M NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ด้วย Atomic absorption spectrophotometer (จรัญ, 2550; Brown and Warnke, 1988)

4) ปริมาณจุลธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (available Zn Mn Fe Cu) โดยสกัดด้วย 0.005 M DTPA pH 7.3 และ วิเคราะห์ด้วย Atomic absorption spectrophotometer (จรัญ, 2550; Lindsay and Norvell, 1978)

2.1.3 วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

เนื้อดินวิเคราะห์โดยวิธี Pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 2006)

2.2 การศึกษาสมบัติของเถ้ากากส่าที่ใช้ในการทดลอง

2.2.1 วัดค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter

2.2.2 วัดค่าสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC)

2.2.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total potassium) ย่อยสลายโดย $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ mixture และวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรัญ, 2551)

2.2.4 ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และซิลิคอนทั้งหมด โดยวิธี X-Ray Fluorescence Analysis (XRF) และวัดด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometer (Jenkins, 1999)

2.3 การศึกษาอิทธิพลของเถ้ากากส่าต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร่อยเอ็ด กำแพงแสน และพินายในสภาพขังน้ำ

นำตัวอย่างดินชุดดินร่อยเอ็ด กำแพงแสน พินาย ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม มาผสมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และเถ้ากากส่า ในอัตรา 0 และ 150 มิลลิกรัม

K₂O ต่อดิน 1 กิโลกรัม แล้วทำการบ่มดินในสภาพน้ำขังเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 4 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดแล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) โดยสกัดดินด้วย 1 M NH₄OAc pH 7 แล้ววิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

2.4 การศึกษาอิทธิพลของเถ้ากากสาคู่ต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่อง

นำตัวอย่างดินชุดดินปากช่อง ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม มาผสมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และเถ้ากากสา ในอัตรา 0, 75 และ 150 มิลลิกรัม K₂O ต่อดิน 1 กิโลกรัม แล้วทำการบ่มดินที่ระดับความชื้นที่ความจุความชื้นสนามเป็นเวลา 0, 1, 2 และ 4 สัปดาห์ เมื่อครบกำหนดแล้วทำการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K) โดยสกัดดินด้วย 1 M NH₄OAc pH 7 แล้ววิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3. การปลูกพืชในเรือนทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

3.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาประสิทธิภาพของเถ้ากากสาในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าว

3.1.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3 × 3 Factorial in Completely Randomized Design การทดลองทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือ ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินร่อยเอ็ด (Re) ชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินพิมาย (Pm) ปัจจัยที่ 2 คือ ปุ๋ยโพแทสเซียม ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (control) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสา (slop ash) รวมดำเนินการทดลองทั้งหมด 9 ดำเนินการทดลอง (treatment combination)

3.1.2 การเตรียมกล้าข้าว

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 2 แฉ่น้ำทิ้งไว้ 1 คืน นำมาหุ้มด้วยผ้าขาวบาง ต่อจากนั้นทิ้งไว้ 3 วัน เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอกนำไปหว่านในกระบะเพาะกล้าขนาด 50×70 เซนติเมตร รักษาระดับน้ำให้อยู่ในระดับที่ 1-2 เซนติเมตร จนกล้าข้าวอายุได้ 21 วัน จึงนำไปปักดำในกระถางทดลอง

3.1.3 การปลูกข้าว

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้กระถางละ 5 กิโลกรัมมาผสมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และถั่วกากสา อัตรา 0 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามคำรับการทดลอง และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 200 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม และปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต อัตรา 150 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม ในทุกคำรับการทดลองทำการบ่มดินในสภาพขังน้ำเป็นเวลา 1 สัปดาห์แล้วนำกล้าข้าวอายุ 21 วันมาปักดำ จำนวน 3 ต้นต่อกระถาง เมื่อข้าวอายุได้ 14 วัน ถอนให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง ดูแลระดับน้ำในกระถางให้สูงจากผิวดิน 10-15 เซนติเมตร ตลอดระยะเวลาปลูก

3.1.4 การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ดินและพืชหลังการเก็บเกี่ยว

1) วัดความสูงและจำนวนก่อดอกต่อกระถางที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโตของข้าว คือที่ระยะแตกกอ (Ti) ระยะกำเนิดช่อดอก (PI) ระยะออกดอก (F) และระยะเก็บเกี่ยว (H)

2) เก็บเกี่ยวข้าวเมื่อข้าวแก่ อายุประมาณ 120 วัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วัดน้ำหนักผลผลิตเมล็ด ตอซัง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างเมล็ดและตอซังของข้าวที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร โดยย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2551)

4) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว โดยเก็บแต่ละกระถาง ใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง บดตัวอย่างดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่บดแล้วมาวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) และค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยว

3.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple's Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRI

3.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาประสิทธิภาพของเถ้ากากสำในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพด

3.2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2×3 Factorial in Completely Randomized Design การทดลองทำ 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ดังนี้ ปัจจัยที่ 1 คือ แหล่งโพแทสเซียม ได้แก่ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และเถ้ากากสำ ปัจจัยที่ 2 คือ อัตราโพแทสเซียม ได้แก่ 0, 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม รวมดำเนินการทดลองทั้งหมด 6 ดำเนินการทดลอง (treatment combination)

3.2.2 การปลูกข้าวโพด

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้กระถางละ 8 กิโลกรัมมาผสมกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และเถ้ากากสำ อัตรา 0, 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม ตามดำเนินการทดลอง และทุกดำเนินการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย อัตรา 200 มิลลิกรัม N ต่อดิน 1 กิโลกรัม และปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 150 มิลลิกรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม แล้วบ่มดินภายใต้ความชื้นสภาพความจุความชื้นสนามทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ ทำการปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 4452 จำนวน 4 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อข้าวโพดอายุ 14 วัน ถอนให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง ดูแลรดน้ำและกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโตของข้าวโพด

3.2.3 การเก็บข้อมูล การเก็บตัวอย่างพืช และการวิเคราะห์ดินและพืชหลังการเก็บเกี่ยว

- 1) วัดการเจริญเติบโตเมื่ออายุ 30 และ 60 วันหลังปลูก โดยวัดความสูงต้นและเส้นรอบวงต้น
- 2) เก็บเกี่ยวข้าวโพดเมื่อข้าวโพดแก่อายุ 65 วันหลังปลูก นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส วัดน้ำหนักแห้งของฝัก และตอซัง
- 3) การวิเคราะห์พืช บดตัวอย่างฝักและตอซังของข้าวโพดที่อบแห้งแล้ว นำมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร โดยย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์ , 2551)
- 4) เก็บตัวอย่างดินหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด โดยเก็บแต่ละกระถางใส่ถุงพลาสติก นำดินมาผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง บดตัวอย่างดินผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร นำดินที่บดแล้วมาวิเคราะห์ค่าพีเอช (pH) และค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินหลังการเก็บเกี่ยว

3.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่นๆ ไว้สำหรับการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple's Range Test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติของ IRRI

4. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการและเรือนทดลองภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพมหานคร

5. ระยะเวลาในการทดลอง

เดือน มีนาคม 2551 ถึงเดือน มกราคม 2552

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1.1 สมบัติของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องที่นำมาศึกษา

สมบัติของดินที่นำมาศึกษาแสดงอยู่ในตารางที่ 1 พบว่าชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ชุดดินร้อยเอ็ดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาของดินที่นำมาศึกษาเป็นกรดปานกลางถึงกลาง (pH 5.7-7.2) (Land Classification Division and Project Staff, 1973) สภาพการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในระดับต่ำ (EC 0.03-0.13 dS m⁻¹) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (8-34 g kg⁻¹) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูง (6-29 mg P kg⁻¹) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ดอยู่ในระดับต่ำมากเท่ากับ 16 mg K kg⁻¹ ส่วนในชุดดินกำแพงแสน ชุดดินปากช่อง และชุดดินพิมายอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 47, 48 และ 75 mg K kg⁻¹ ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ทุกชุดดินอยู่ในระดับสูง (672-4684 mg Ca kg⁻¹ และ 76-401 mg Mg kg⁻¹) ปริมาณสังกะสี แมงกานีส เหล็ก และทองแดงที่เป็นประโยชน์ในดินที่นำมาศึกษามีพิสัยเท่ากับ 0.48-1.95 mg Zn kg⁻¹, 26-58 mg Mn kg⁻¹, 3-49 mg Fe kg⁻¹ และ 0.49-1.12 mg Cu kg⁻¹ ตามลำดับ

1.2 สมบัติบางประการของเถ้ากากสำที่นำมาศึกษา

สมบัติบางประการของเถ้ากากสำที่นำมาศึกษาแสดงอยู่ในตารางที่ 2 เถ้ากากสำมีปฏิกริยาเป็นด่างจัดมาก pH เท่ากับ 12.6 สภาพการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 156 dS m⁻¹ มีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงมาก เท่ากับ 258,894 mg kg⁻¹ มีปริมาณซิลิกอน แมกนีเซียม และแคลเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.79, 1.70 และ 6.73 % ตามลำดับ

ตารางที่ 1 สมบัติบางประการของชุดดินที่นำมาศึกษา

สมบัติและองค์ประกอบ	ชุดดิน			
	ร้อยเอ็ด	กำแพงแสน	พิจิตร	ปากช่อง
Soil texture ^{1/}	Sandy loam	Clay loam	Clay loam	Clay
pH ^{2/}	5.7	7.2	7.0	6.8
EC (dS m ⁻¹) ^{3/}	0.03	0.05	0.05	0.13
Organic matter (g kg ⁻¹) ^{4/}	8	19	11	34
Available phosphorus (mg kg ⁻¹) ^{5/}	10	29	6	7
Available potassium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	16	47	75	48
Available calcium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	672	1756	2230	4684
Available magnesium (mg kg ⁻¹) ^{6/}	76	307	239	401
Available zinc (mg kg ⁻¹) ^{7/}	0.48	0.76	0.61	1.95
Available manganese (mg kg ⁻¹) ^{7/}	58	26	39	26
Available iron (mg kg ⁻¹) ^{7/}	49	11	15	3.43
Available copper (mg kg ⁻¹) ^{7/}	0.49	1.12	1.05	0.85

หมายเหตุ ^{1/} Pipette method

^{2/} pH meter (Soil:H₂O; 1:1)

^{3/} Electric conductometer 1:5 H₂O

^{4/} Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

^{5/} Bray 2 method (Bray and Kurtz, 1945)

^{6/} Extracted with 1 M NH₄OAc pH 7.0 (Brown and Warnke, 1988)

^{7/} Extracted with 0.005 M DTPA pH 7.3 (Lindsay and Norvell, 1978)

ตารางที่ 2 สมบัติบางประการของเถ้ากากส่านำมาศึกษา

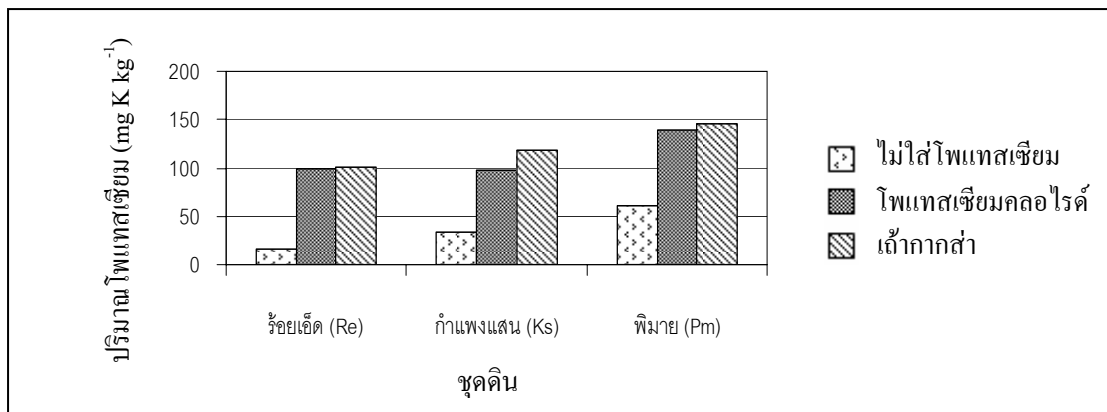
สมบัติและองค์ประกอบ	เถ้ากากส่า
pH	12.6
EC (dS m ⁻¹)	156
Total K (mg kg ⁻¹)	258,894
Total Si (%)	0.79
Total Mg (%)	1.70
Total Ca (%)	6.73

1.3 ผลการใส่เถ้ากากส่าต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายในสภาพขังน้ำ

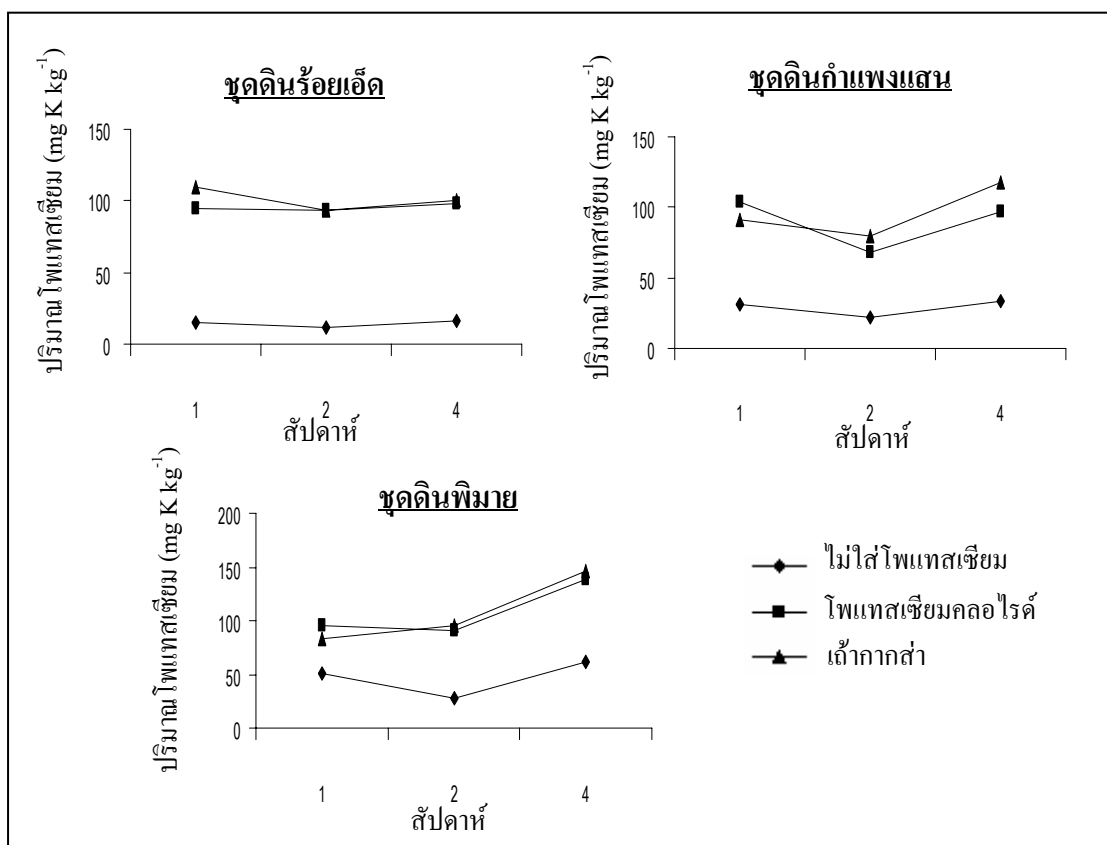
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลาการบ่มดินในสภาพขังน้ำที่ 1 2 และ 4 สัปดาห์ แสดงอยู่ในภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3 พบว่าทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ให้ผลสอดคล้องกัน การใส่เถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินดังกล่าวอย่างเด่นชัด ปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมของดินที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่าค่อนข้างใกล้เคียงกับที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ในทุกระยะเวลาการบ่มดิน

1.4 ผลการใส่เถ้ากากส่าต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่อง

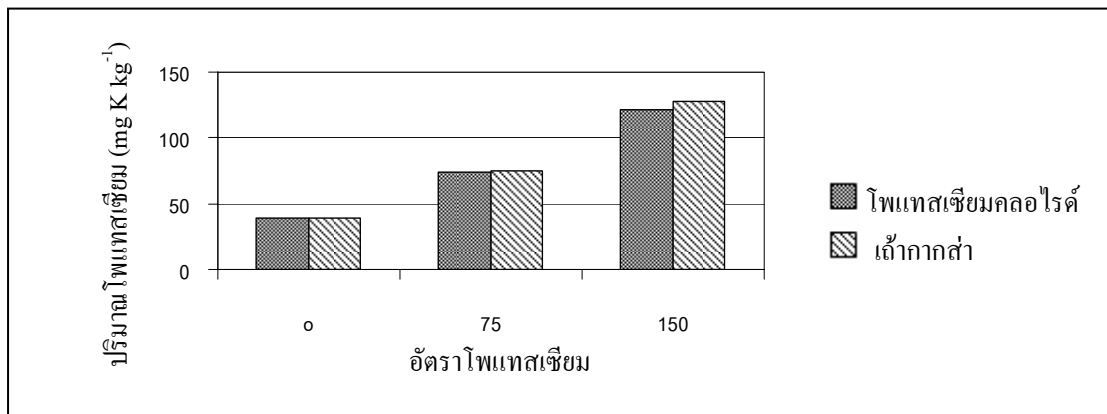
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่อง ที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระยะเวลาการบ่มดิน 1 2 และ 4 สัปดาห์ แสดงอยู่ในภาพที่ 4 และ ภาพที่ 5 พบว่า การใส่เถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์จะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่อง เมื่ออัตราการใส่เถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูงขึ้น ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้น ดินปากช่องที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่าและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราที่เท่ากันจะปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในปริมาณที่ค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกอัตราทั้งในช่วงเวลาการบ่มดิน 1 2 และ 4 สัปดาห์



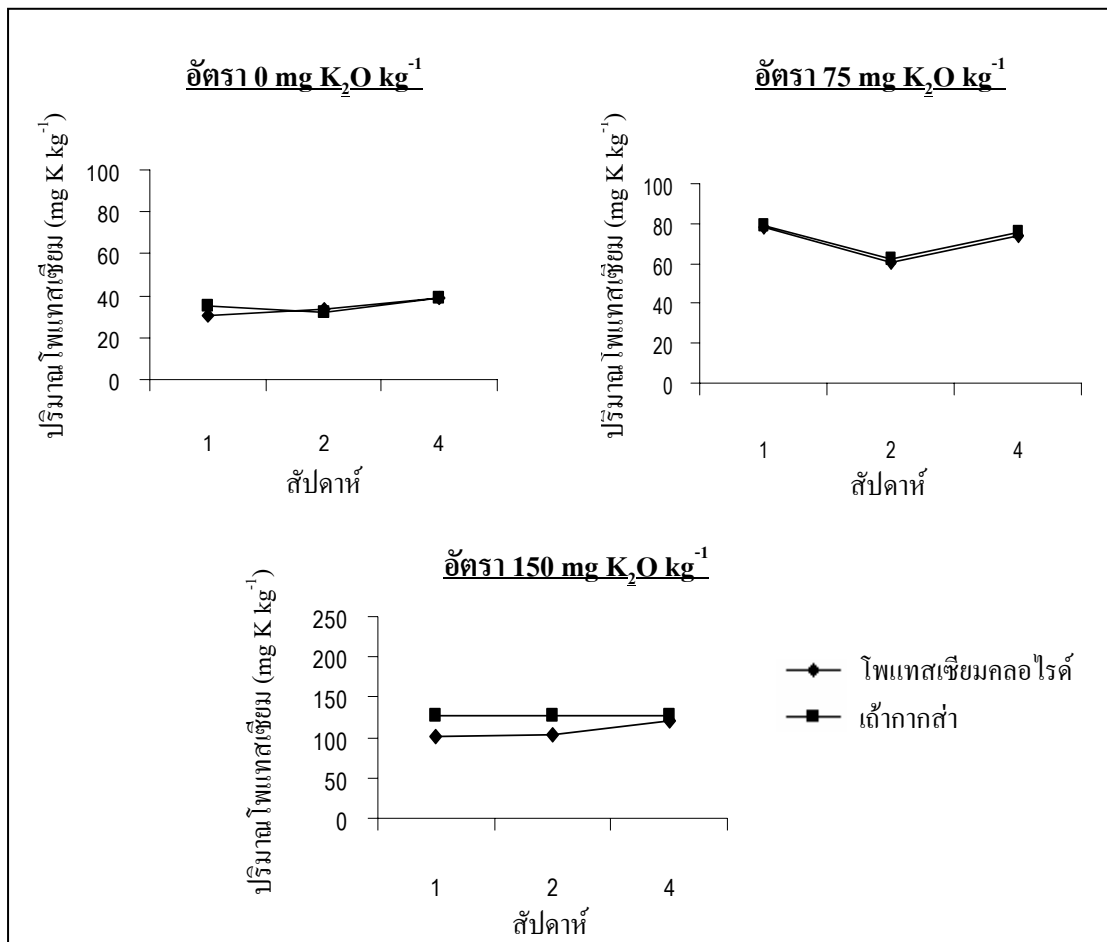
ภาพที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (ที่ระยะเวลาการบ่มดินในสภาพขังน้ำที่ 4 สัปดาห์)



ภาพที่ 3 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายที่ได้รับการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ระยะเวลายบ่มดินต่าง ๆ



ภาพที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่เถ้าจากสำ (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) (ที่ระยะบ่มดิน 4 สัปดาห์)



ภาพที่ 5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่เถ้าจากสำ (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ระยะเวลาบ่มดินต่าง ๆ

2. การศึกษาในเรือนทดลองศึกษาประสิทธิภาพของถ้ำกากสำในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียม สำหรับข้าว

2.1 ผลการใส่ถ้ำกากสำต่อการเจริญเติบโตของข้าว

2.1.1 ความสูงของข้าว

ความสูงของข้าวในระยะแตกกอแสดงอยู่ในตารางที่ 3 และ ภาพที่ 6 พบว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (Ko) และที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งในรูปแบบถ้ำกากสำ (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) มีความสูงไม่แตกต่างกัน ข้าวที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินกำแพงแสนมีความสูงใกล้เคียงกันและสูงกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดอย่างเด่นชัดทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำและในรูปแบบโพแทสเซียมคลอไรด์

ที่ระยะก้านิดช่อดอก พบว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์มีความสูงมากกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4 และ ภาพที่ 6) ความสูงของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินกำแพงแสนมีความสูงไม่แตกต่างกันและมีความสูงมากกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำและในรูปแบบโพแทสเซียมคลอไรด์

ที่ระยะออกดอก พบว่าในชุดดินร้อยเอ็ดและชุดดินพินายข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์มีความสูงไม่แตกต่างกันและมีความสูงมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5 และ ภาพที่ 6) ส่วนในชุดดินกำแพงแสนพบว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสูงต่ำสุด ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำมีความสูงมากกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบโพแทสเซียมคลอไรด์ และเมื่อพิจารณาความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดินต่าง ๆ พบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดมีความสูงน้อยกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินกำแพงแสนทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปแบบถ้ำกากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์ ข้าวที่

ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินกำแพงแสนมีความสูงไม่แตกต่างกันยกเว้นเมื่อได้รับการใส่
โพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำ ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนจะมีความสูงมากกว่าในชุดดินพินาย

ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งในรูปถ้ำกากสำ
และโพแทสเซียมคลอไรด์มีความสูงมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญ
ยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 6 และ ภาพที่ 6) โดยข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีความสูงเฉลี่ย 168
เซนติเมตร ขณะที่ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและในรูปโพแทสเซียมคลอ
ไรด์ มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 185 และ 184 เซนติเมตรตามลำดับ ข้าวที่ปลูกในชุดดินพินายและ
กำแพงแสนมีความสูงไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทาง
สถิติทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและในรูป
โพแทสเซียมคลอไรด์

ตารางที่ 3 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะแตกกอ

ชุดดิน	ความสูงของข้าวระยะแตกกอ (เซนติเมตร)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	64	71	71	69b
กำแพงแสน	82	80	82	81a
พิมาย	75	81	78	78a
เฉลี่ย	74	78	77	76
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)	ns			
F-test (ชุดดิน)	**			
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)	ns			
CV. (%)	6.0			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 4 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะกำเนิดช่อดอก

ชุดดิน	ความสูงของข้าวระยะกำเนิดช่อดอก (เซนติเมตร)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	97	107	110	104b
กำแพงแสน	101	110	116	109a
พิมาย	101	111	115	109a
เฉลี่ย	100c	109b	113a	107
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		ns		
CV. (%)		2.7		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 5 ผลการใส่ปุ๋ยกากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะออกดอก

ชุดดิน	ความสูงของข้าวระยะออกดอก (เซนติเมตร)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	110bB	134bA	136cA	127b
กำแพงแสน	132aC	147aB	152aA	144a
พิมาย	135aB	147aA	149bA	143a
เฉลี่ย	126C	142B	146A	138
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		**		
CV. (%)		1.5		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เก้ากากส่า

ตารางที่ 6 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะเก็บเกี่ยว

ชุดดิน	ความสูงของข้าวระยะเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	155	176	176	169b
กำแพงแสน	176	190	191	185a
พิมาย	174	186	188	183a
เฉลี่ย	168b	184a	185a	179
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		ns		
CV. (%)		2.7		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

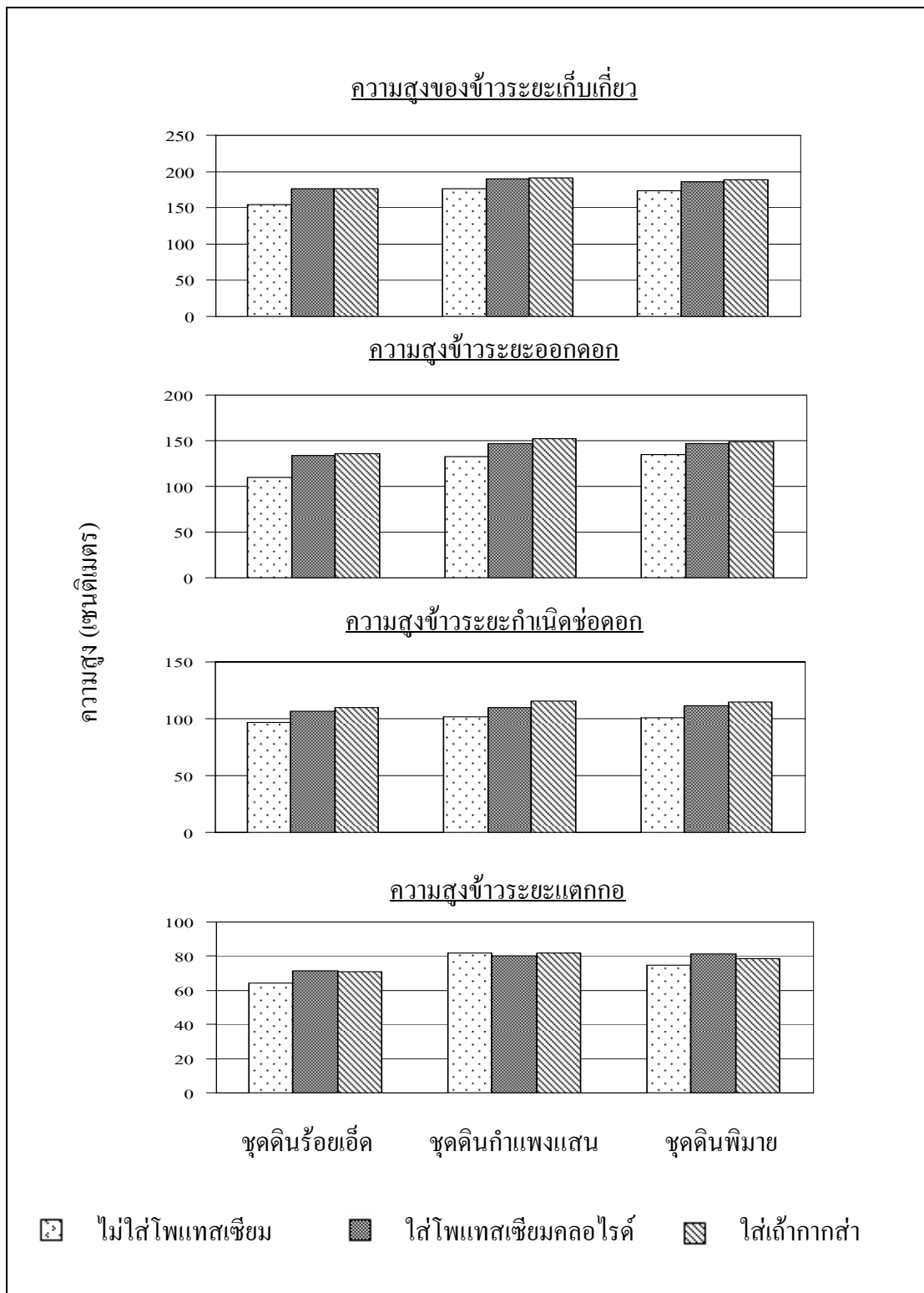
ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ



ภาพที่ 6 ผลการใส่เถ้ากากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

2.1.2 การแตกกอของข้าว

การแตกกอของข้าวในระยะแตกกอ พบว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์มีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกันกับข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 7 และ ภาพที่ 7) ผลการทดลองสอดคล้องกันทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย พบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายมีจำนวนหน่อแตกต่างกันอย่างเด่นชัด โดยข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดมีจำนวนหน่อต่ำสุด ขณะที่ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายมีจำนวนหน่อใกล้เคียงกัน ทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์

ที่ระยะกำเนิดช่อดอก พบว่าทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายให้ผลสอดคล้องกัน ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำมีจำนวนหน่อสูงกว่าข้าวที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมคลอไรด์และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 7) ข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์มีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกัน พบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายมีจำนวนหน่อแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายมีจำนวนหน่อสูงที่สุด เฉลี่ย 44 หน่อต่อกระถาง ขณะที่ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและร้อยเอ็ดมีจำนวนหน่อเฉลี่ย 33 และ 28 หน่อต่อกระถาง ตามลำดับ

ที่ระยะออกดอก พบว่าในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 9 และ ภาพที่ 7) ส่วนในชุดดินร้อยเอ็ดข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์มีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลยอย่างเด่นชัด พบว่า เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลย และมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดมีจำนวนหน่อน้อยกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายและกำแพงแสน ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายมีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกันและเมื่อมีการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำ พบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายมีจำนวนหน่อมากกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดและชุดดินกำแพงแสน

ที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่าในชุดดินร้อยเอ็ดข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์มีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกันและมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 10 และ ภาพที่ 7) ในชุดดินกำแพงแสนและพิมายข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำ ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกัน พบว่า เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายมีจำนวนหน่อมากที่สุด รองลงมาคือข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดมีจำนวนหน่อต่ำสุด เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่า ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและร้อยเอ็ดมีจำนวนหน่อไม่แตกต่างกันและน้อยกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมาย

ตารางที่ 7 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถางของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะแตกกอ

ชุดดิน	จำนวนหน่อต่อกระถางของข้าว ระยะแตกกอ			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	5	5	5	5b
กำแพงแสน	9	7	8	8a
พิมาย	7	9	9	8a
เฉลี่ย	7	7	7	7
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)	ns			
F-test (ชุดดิน)	**			
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)	ns			
CV. (%)	20.7			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 8 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถางของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะกำเนิดช่อดอก

ชุดดิน	จำนวนหน่อต่อกระถาง ระยะกำเนิดช่อดอก			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	22	32	30	28c
กำแพงแสน	30	32	38	33b
พิมาย	43	42	47	44a
เฉลี่ย	32b	35b	39a	35
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)			**	
F-test (ชุดดิน)			**	
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)			ns	
CV. (%)			9.8	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 9 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถางของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะออกดอก

ชุดดิน	จำนวนหน่อต่อกระถาง ระยะออกดอก			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	22bB	30bA	30bA	28c
กำแพงแสน	37aA	35aA	34bA	35b
พิมาย	40aA	37aA	39aA	39a
เฉลี่ย	33	34	34	34
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)	ns			
F-test (ชุดดิน)	**			
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)	**			
CV. (%)	8.1			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 10 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนหน่อต่อกระถางของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะเก็บเกี่ยว

ชุดดิน	จำนวนหน่อต่อกระถาง ระยะเก็บเกี่ยว			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	21cB	27bAB	28bA	25c
กำแพงแสน	32bA	30bA	30bA	31b
พิมาย	37aA	35aA	36aA	36a
เฉลี่ย	30	31	31	31
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)	ns			
F-test (ชุดดิน)	**			
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)	*			
CV. (%)	7.7			

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

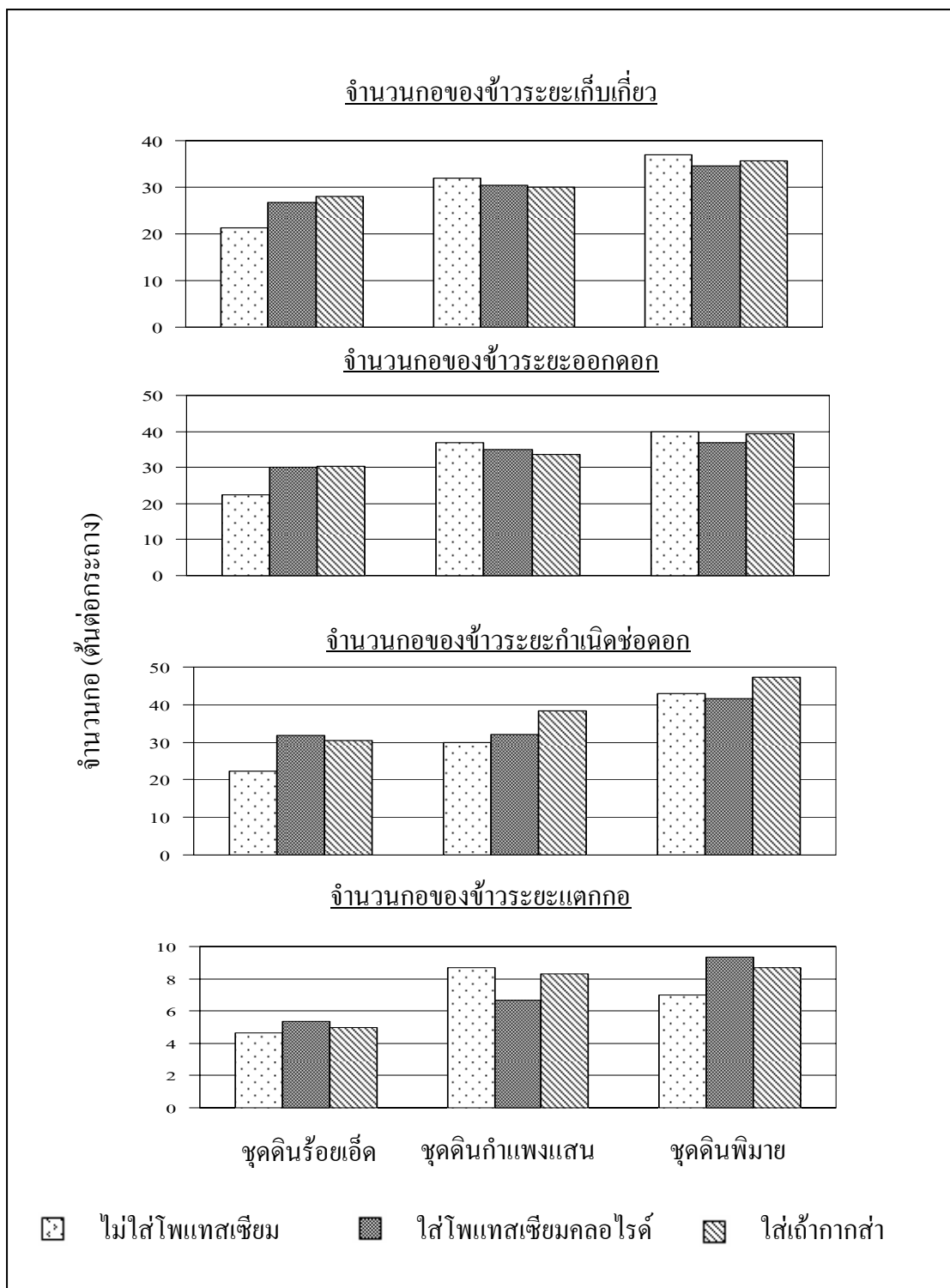
ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ



ภาพที่ 7 ผลการใส่ปุ๋ยและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนกอของข้าวที่ปลูกในชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

2.2 ผลการใส่เถาากำต่อผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าว

2.2.1 ผลผลิตเมล็ด

ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดของข้าวแสดงอยู่ในตารางที่ 11 พบว่า ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 11) ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงกว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกันทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย พบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดสูงที่สุด รองลงมาคือในชุดดินกำแพงแสนและร้อยเอ็ดตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำและโพแทสเซียมคลอไรด์

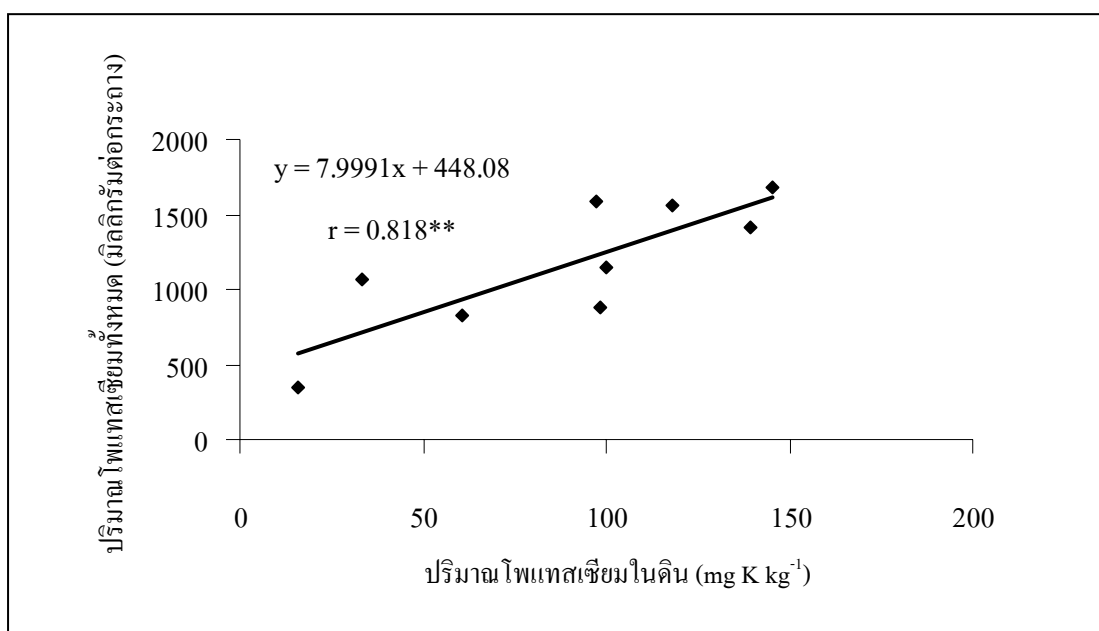
2.2.2 น้ำหนักแห้งต่อชั่ง

น้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวแสดงอยู่ในตารางที่ 12 พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกันทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสนและพิมาย ข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์มีน้ำหนักแห้งต่อชั่งใกล้เคียงกันและสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งต่อชั่งของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำ โพแทสเซียมคลอไรด์ และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเฉลี่ยเท่ากับ 146, 143 และ 124 กรัมต่อกระถางตามลำดับ (ตารางที่ 12) ข้าวที่ปลูกในชุดดินพิมายและกำแพงแสนมีน้ำหนักแห้งต่อชั่งไม่แตกต่างกันเฉลี่ยเท่ากับ 156 และ 145 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ และสูงกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ดอย่างเด่นชัด

2.3 ผลการใส่เถาากำต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าว

ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าว แสดงอยู่ในตารางที่ 13 พบว่าข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถาากำและในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ผลการทดลองสอดคล้องกันทั้งในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนและพิมายมีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดไม่แตกต่างกัน และสูงกว่าข้าวที่ปลูกในชุดดิน

ร้อยเอ็ดทั้งเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำและโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมของข้าวอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.818 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.669 (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวกับปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ปลดปล่อยออกมาจากการบ่มดินในสภาพขังน้ำ (4 สัปดาห์)

ตารางที่ 11 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ผลผลิตเมล็ด (กรัมต่อกระถาง)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	56	76	91	74c
กำแพงแสน	92	97	100	96b
พิมาย	93	106	115	104a
เฉลี่ย	80c	93b	102a	92
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		ns		
CV. (%)		8.2		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 12 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักต่อชั่งของข้าวที่ปลูกใน
ชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	น้ำหนักต่อชั่ง (กรัมต่อกระถาง)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	88	124	124	112b
กำแพงแสน	142	154	139	145a
พิมาย	142	151	174	156a
เฉลี่ย	124b	143a	146a	138
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		ns		
CV. (%)		9.6		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

ตารางที่ 13 ผลการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	344	876	1153	791b
กำแพงแสน	1070	1580	1564	1405a
พิมาย	827	1414	1676	1306a
เฉลี่ย	747b	1290a	1464a	1167
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)			**	
F-test (ชุดดิน)			**	
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)			ns	
CV. (%)			20.6	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

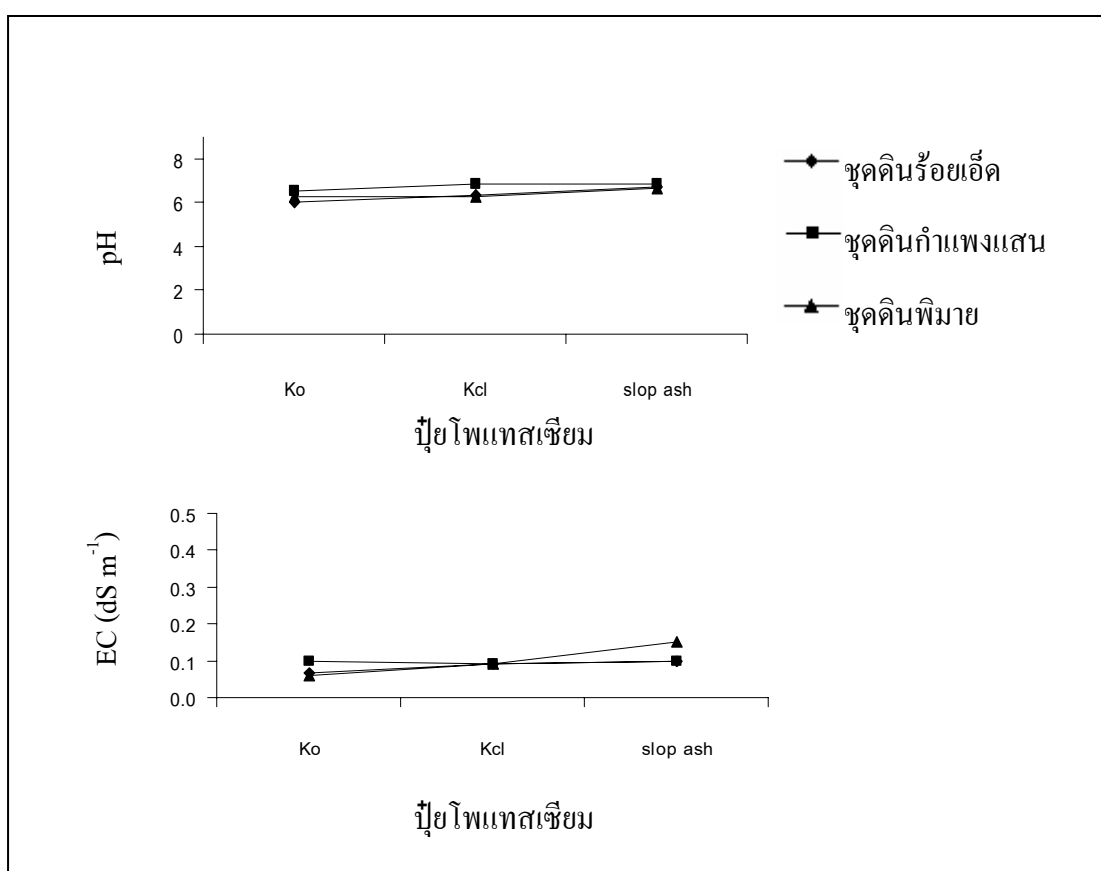
Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากสำ

2.4 ผลการใส่เถ้าจากส่วต่อสมบัติของดินที่มีการปลูกข้าว

จากการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว พบว่าทั้งชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายให้ผลสอดคล้อง ดินปลูกข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปเถ้าจากส่ว ในรูป โพแทสเซียมคลอไรด์ และที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีค่าพีเอช (pH) ของดินและสภาพการ นำไฟฟ้า (EC) ของดินค่อนข้างใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 pH และ EC ของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์และใส่เถ้าจากส่วหลังการเก็บเกี่ยวข้าว

3. การศึกษาในเรือนทดลองศึกษาประสิทธิภาพของถ้ำกากสำในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียม สำหรับข้าวโพด

3.1 ผลการใส่ถ้ำกากสำต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

3.1.1 ความสูงของข้าวโพด

เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมจะมีความสูงมากกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14 และ ภาพที่ 10) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในอัตรา 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีความสูงใกล้เคียงกัน ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกันทั้งเมื่อใส่โพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปถ้ำกากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มีความสูงใกล้เคียงกันในทุกอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับเมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน (ตารางที่ 15 และ ภาพที่ 10)

3.1.2 เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพด

เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมที่อัตรา 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัมทั้งในรูปถ้ำกากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์และข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมมีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 16 และ ภาพที่ 11) ข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปถ้ำกากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มีเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกอัตราการใส่โพแทสเซียม

เมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับเมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน (ตารางที่ 17 และ ภาพที่ 11)

ตารางที่ 14 ผลการใส่เถ้าจากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน (เซนติเมตร)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	31	35	33b
75	40	40	40a
150	38	37	38a
เฉลี่ย	36	37	37
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)		ns	
F-test (อัตราโพแทสเซียม)		**	
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)		ns	
CV. (%)		7.5	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

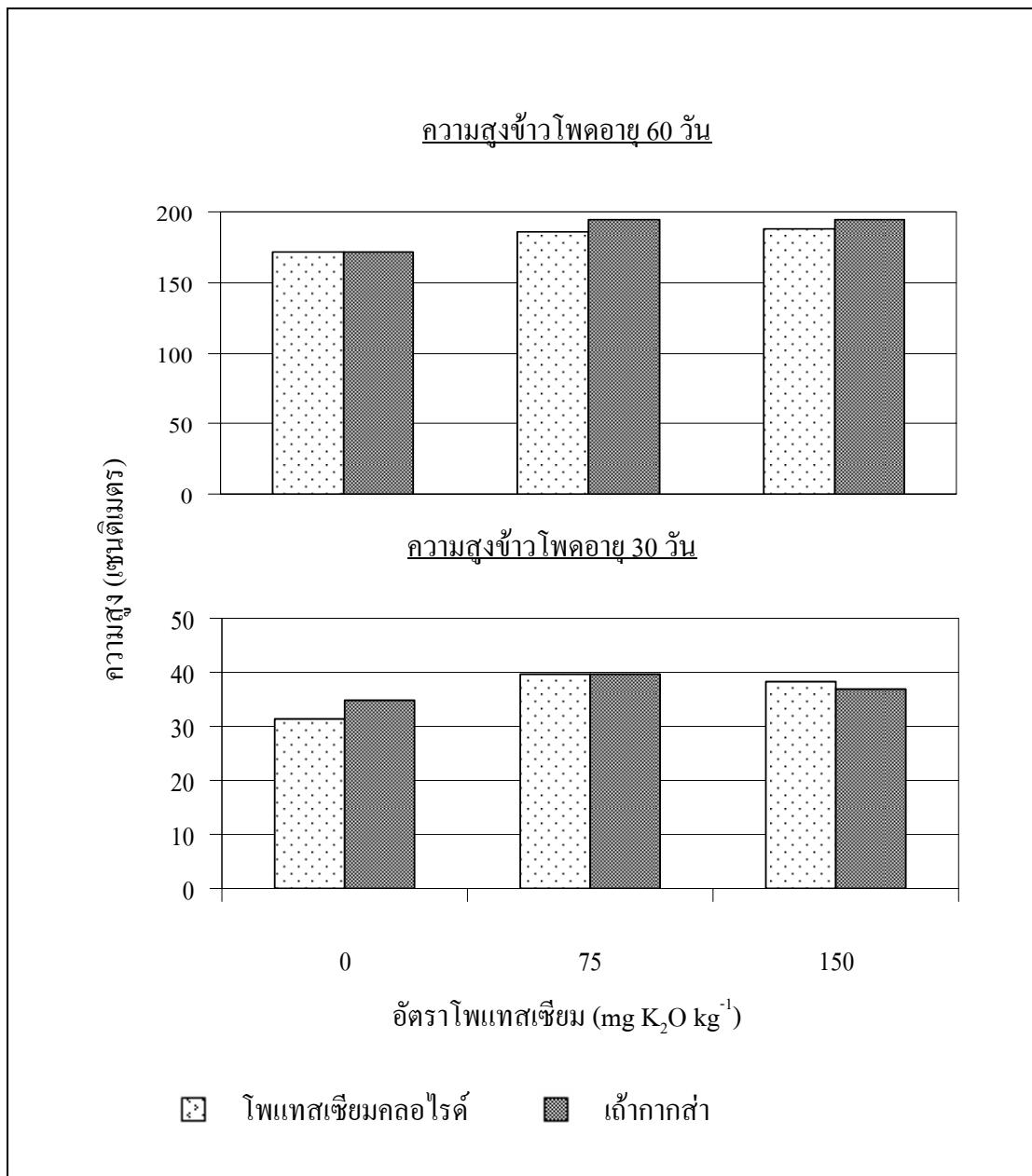
ตารางที่ 15 ผลการใส่เถ้าจากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน (เซนติเมตร)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	171	172	172b
75	186	195	190a
150	188	194	191a
เฉลี่ย	182	187	184
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)		ns	
F-test (อัตราโพแทสเซียม)		**	
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)		ns	
CV. (%)		5.1	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 10 ผลการใส่มูลไก่และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความสูงข้าวโพด (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 16 ผลการใส่เถ้าจากเถ้า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อเส้นรอบวง
ลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน

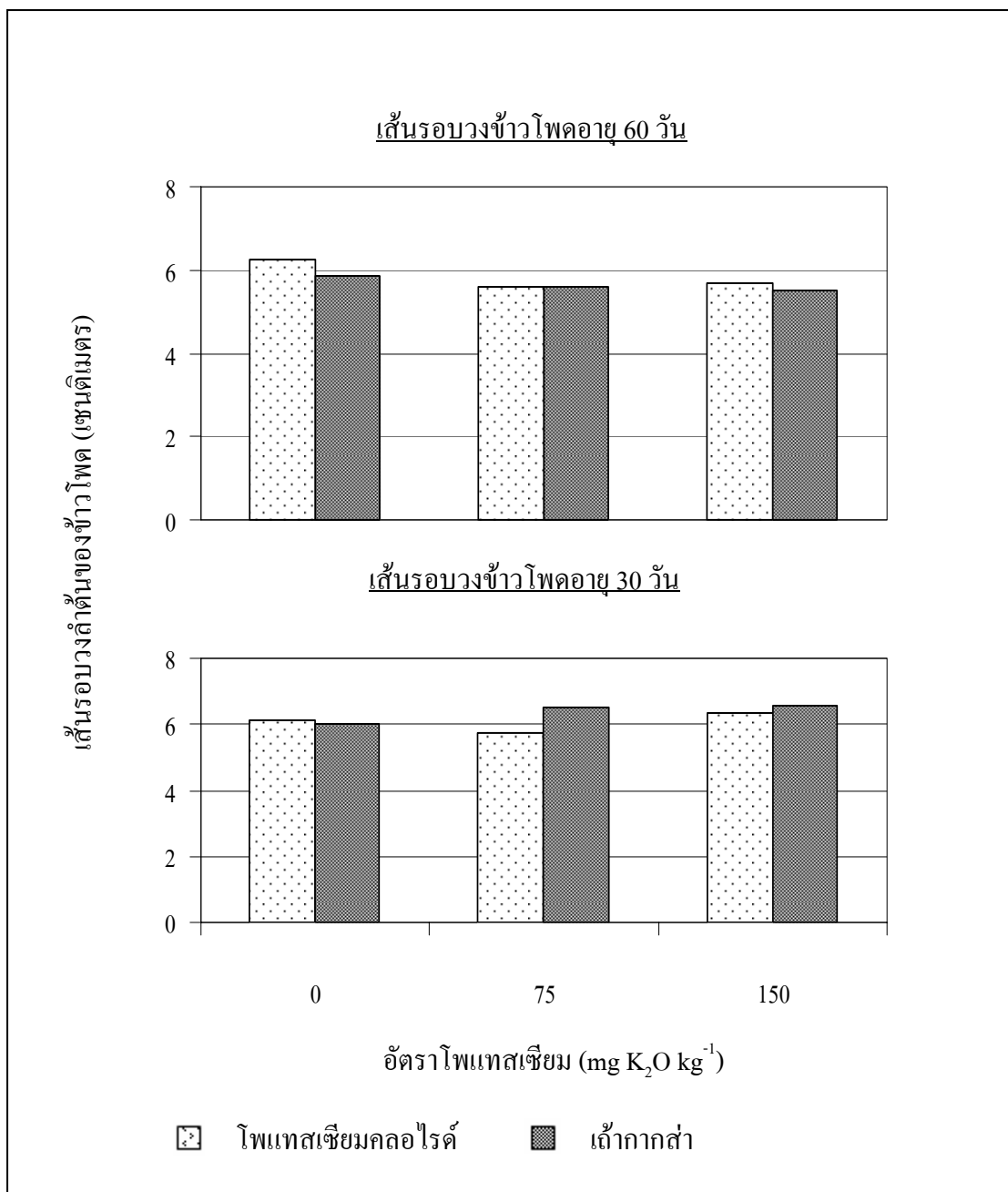
อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 30 วัน (เซนติเมตร)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	6	6	6
75	6	7	6
150	6	7	6
เฉลี่ย	6	7	6
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)	ns		
F-test (อัตราโพแทสเซียม)	ns		
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)	ns		
CV. (%)	4.8		

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 17 ผลการใส่เถ้าจากเถ้า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อเส้นรอบวง
ลำต้นของข้าวโพดที่อายุ 60 วัน

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดอายุ 60 วัน (เซนติเมตร)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	6	6	6
75	6	6	6
150	6	6	6
เฉลี่ย	6	6	6
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)	ns		
F-test (อัตราโพแทสเซียม)	ns		
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)	ns		
CV. (%)	10.1		

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 11 ผลการใส่แอมโมเนียมไนเตรดและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อเส้นรอบวงของข้าวโพด (เซนติเมตร) ที่ระยะต่างๆของการเจริญเติบโต

3.2 ผลการใส่เถ้ากากสาคั่วต่อผลผลิตของข้าวโพด

3.2.1 ผลผลิตฝักของข้าวโพด

ผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่องแสดงอยู่ในตารางที่ 18 พบว่าผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมที่อัตรา 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักฝักแห้งใกล้เคียงกัน ผลการทดลองสอดคล้องกันเมื่อใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสาคั่วและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลผลิตน้ำหนักฝักแห้งของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในทุกอัตราการใส่โพแทสเซียม

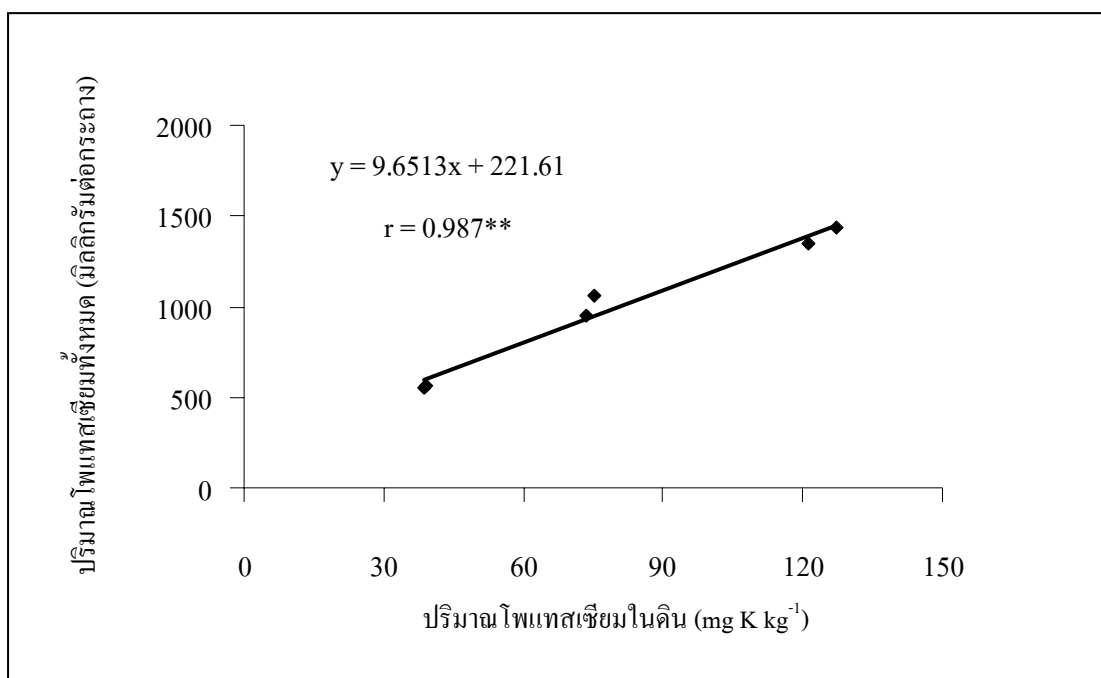
3.2.2 น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพด

น้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 19) ข้าวโพดที่อัตรา 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดใกล้เคียงกันทั้งที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสาคั่วและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าน้ำหนักแห้งตอซังของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในทุกอัตราการใส่โพแทสเซียม

3.3 ผลการใส่เถ้ากากสาคั่วต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพด

ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพด แสดงอยู่ในตารางที่ 20 พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมมีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียม เมื่ออัตราการใส่โพแทสเซียมสูงขึ้นปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพดจะสูงขึ้น โดยข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในอัตรา 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดสูงสุด ผลการทดลองสอดคล้องกันทั้งในข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสาคั่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในทุกอัตราการใส่ปุ๋ย พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้โพแทสเซียมของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.987 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (r^2) เท่ากับ 0.975 (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพดกับปริมาณโพแทสเซียมในดินที่ปลดปล่อยออกมาจากการบ่มดิน (4 สัปดาห์)

ตารางที่ 18 ผลการใส่เถ้าจากสำ (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนัก
แห้งของฝักของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	น้ำหนักแห้งของฝัก (กรัมต่อกระถาง)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	46	49	48b
75	64	67	66a
150	75	65	70a
เฉลี่ย	62	61	61
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)		ns	
F-test (อัตราโพแทสเซียม)		**	
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)		ns	
CV. (%)		9.9	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 19 ผลการใส่เถ้าจากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนัก
แห้งต่อชั่งของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	น้ำหนักแห้งต่อชั่ง (กรัมต่อกระถาง)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	76	68	72b
75	84	88	86a
150	87	89	88a
เฉลี่ย	82	82	82
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)		ns	
F-test (อัตราโพแทสเซียม)		**	
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)		ns	
CV. (%)		4.9	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 20 ผลการใส่เถ้าจากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณการ
 คุ้ใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ปริมาณการคุ้ใช้โพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	556	566	561c
75	948	1060	1004b
150	1345	1441	1393a
เฉลี่ย	950	1022	986
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)	ns		
F-test (อัตราโพแทสเซียม)	**		
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)	ns		
CV. (%)	9.7		

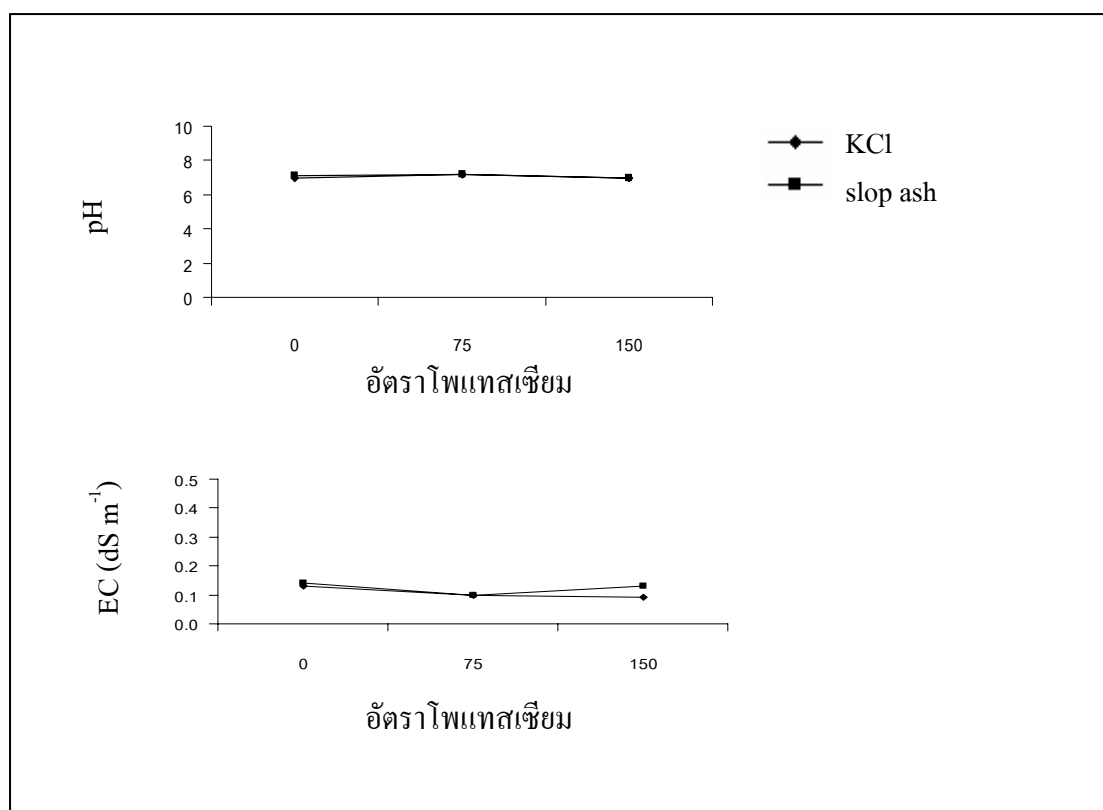
หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ในสคมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
 แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

3.4 ผลการใส่เถ้าจากส่วต่อสมบัติของดินที่มีการปลูกข้าวโพด

จากการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด พบว่าค่าพีเอช (pH) ของชุดดินปากช่องที่ปลูกข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้าจากส่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 75 และ 150 มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม และที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 13) ส่วนค่าสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินปากช่องหลังปลูกข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้าจากส่ว และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ใกล้เคียงกันกับที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมเลย (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 pH และ EC ของชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และใส่เถ้าจากส่วหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพด

วิจารณ์

1. สมบัติของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องและเถ้ากากสำที่นำมาศึกษา

ดินที่นำมาศึกษาพบว่าชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (ตารางที่ 1) ชุดดินร้อยเอ็ดเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินที่นำมาศึกษามีปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลางถึงกลาง (pH 5.7-7.2) สภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ดอยู่ในระดับต่ำมาก (16 mg K kg^{-1}) ส่วนในชุดดินกำแพงแสน ชุดดินปากช่อง และชุดดินพิมายอยู่ในระดับต่ำ ($47, 48$ และ 75 mg K kg^{-1} ตามลำดับ) (Land Classification Division and Project Staff, 1973) ผลการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ดินที่นำมาศึกษาทั้งชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่อง มีสมบัติที่แตกต่างกันและมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชซึ่งสอดคล้องกับรายงานของมณีรัตน์ (2551) และ นัทฐา (2548) ที่รายงานว่าชุดดินร้อยเอ็ดและพิมายมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และสอดคล้องกับการศึกษาของประสาร (2541) และ สุรเชษฐ์ (2550) ที่พบว่าชุดดินปากช่องและกำแพงแสนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด เมื่อมีการใส่โพแทสเซียมในดินดังกล่าว ข้าวโพดจะตอบสนองอย่างเด่นชัด

เถ้ากากสำที่นำมาศึกษามีปฏิกิริยาเป็นด่างจัด pH 12.6 สภาพการนำไฟฟ้าสูง มีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงมาก เท่ากับ $258,894 \text{ mg kg}^{-1}$ (ตารางที่ 2) เถ้ากากสำได้จากการนำน้ำกากสำซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูง (กานดา, 2545) ไประเหยแล้วนำไปเผา (ภาพที่ 1) จึงทำให้เถ้ากากสำที่มีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงมาก

2. ประสิทธิภาพของเถ้ากากสำในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่อง

การใส่เถ้ากากสำในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายในสภาพขังน้ำ (ดินนาขังน้ำ) และในชุดดินปากช่องในสภาพความจุความชื้นสนาม (ดินไร่) พบว่ามีผลในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินดังกล่าวอย่างเด่นชัด (ภาพที่ 2, 3, 4 และ 5) และเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์พบว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของ

เถาอากาศาใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่อง ที่ได้รับการใส่เถาอากาศาและที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมา ในปริมาณใกล้เคียงกันทุกระยะการบ่มดิน (1, 2 และ 4 สัปดาห์) ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าทั้ง ในสภาพดินนาขังน้ำและในสภาพดินไร่ การใส่เถาอากาศาจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์ในดิน โดยประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของเถาอากาศาไม่ แตกต่างกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อีกทั้งอัตราการปลดปล่อยโพแทสเซียมของเถาอากาศารวดเร็ว ใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

3. ประสิทธิภาพของเถาอากาศาในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าว

3.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดของ ข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถาอากาศา และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์กับที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียม

ผลการศึกษาพบว่าข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายที่ได้รับการใส่ โพแทสเซียมทั้งในรูปเถาอากาศาและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีการเจริญเติบโต ผลผลิตเมล็ด และ ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (ตารางที่ 3-13 และ ภาพที่ 6 และ 7)

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมายมีปริมาณ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ มณีรัตน์ (2551) นัทฐา (2548) และ สุรเชษฐ์ (2550) ที่รายงานว่าดินดังกล่าวมีปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งผลการวิเคราะห์ดินพบว่าชุดดิน ร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (ตารางที่ 1) เมื่อมีการใส่ โพแทสเซียมให้แก่ข้าวที่ปลูกในดินดังกล่าวทั้งในรูปเถาอากาศาและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 2 และ 3) ข้าวจึงดูดใช้โพแทสเซียม ได้ในปริมาณเพิ่มมากขึ้นสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียม ซึ่งส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมอย่างเด่นชัด (Yoshida, 1981; Halvin *et al*, 2005; Mengel, 2006)

3.2 ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวของเถ้ากากสำเปรียบเทียบกับปุ๋ย โพแทสเซียมคลอไรด์

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 11) พบว่าข้าวที่ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอย่างเด่นชัด โดยชุดดินร้อยเอ็ดซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด การตอบสนองจะสูงมาก ผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลย แสดงว่าการใส่เถ้ากากสำเป็นแหล่งของโพแทสเซียมสำหรับข้าวในดินดังกล่าวจะช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดข้าวได้อย่างเด่นชัดเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเป็นแหล่งของโพแทสเซียม พบว่าผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ได้รับการใส่เถ้ากากสำสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตเมล็ดของข้าวของเถ้ากากสำสูงกว่าปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ เถ้ากากสำอาจมีธาตุอาหารเสริมอื่นๆบางชนิดที่ส่งเสริมการติดเมล็ดของข้าวจึงส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวที่ได้รับการใส่เถ้ากากสำสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

4. ประสิทธิภาพของเถ้ากากสำในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพด

4.1 เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง ที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปเถ้ากากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ กับที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียม

ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่องที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมทั้งในรูปเถ้ากากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีการเจริญเติบโต ผลผลิตฝัก และปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าข้าวโพดที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมเลย (ตารางที่ 14-20 และ ภาพที่ 10 และ 11)

ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าชุดปากช่องมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของประสาร (2541) และ สุรเชษฐ์ (2550) ที่รายงานว่าดินปากช่องปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด อีกทั้งผลการวิเคราะห์ดิน (ตารางที่ 1) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินปากช่องอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อมีการใส่โพแทสเซียมให้แก่ข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าวทั้งในรูปเถ้ากากสำและปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินจะเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3 และ 4) ข้าวโพดดูดใช้โพแทสเซียมได้ใน

ปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตฝักสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียมอย่างเด่นชัด

4.2 ประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากข้าวโพดของเถ้ากากสำเปรียบเทียบกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 18) พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่องตอบสนองต่อการใส่โพแทสเซียมอย่างเด่นชัด ผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพดที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่โพแทสเซียม ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกันไม่ว่าจะใส่โพแทสเซียมในรูปแบบเถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการใช้เถ้ากากสำเป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่องจะช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินดังกล่าวได้อย่างเด่นชัด เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นแหล่งโพแทสเซียม พบว่าข้าวโพดที่ได้รับการใส่เถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์มีผลผลิตน้ำหนักรากใกล้เคียงกัน แสดงว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตน้ำหนักรากของข้าวโพดของเถ้ากากสำใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

5. ผลข้างเคียงของการใส่เถ้ากากสำต่อสมบัติบางประการของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่อง

ผลการวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวและข้าวโพดพบว่า ค่าพีเอชของดิน และค่าสภาพการนำไฟฟ้าของชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมในรูปแบบเถ้ากากสำ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ มีค่าใกล้เคียงกับที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเลย (ภาพที่ 9 และ 13) เถ้ากากสำมีปฏิกิริยาเป็นด่างรุนแรง และมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าสูงมาก แต่เนื่องจากอัตราการใส่เถ้ากากสำให้แก่ข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินดังกล่าวต่ำมาก เมื่อใช้เถ้ากากสำเป็นแหล่งของโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพดจึงไม่มีผลทำให้ค่าพีเอชของดินและค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลงลดลงหรือเพิ่มขึ้นจนเป็นอันตรายกับพืชที่ปลูก (Brady and Weil, 2008)

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการใช้ถ้ำกากสำเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ดินที่นำมาศึกษามีสมบัติที่แตกต่างกันชุดดินกำแพงแสนและชุดดินพิมายมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ชุดดินร้อยเอ็ดมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนชุดดินปากช่องมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกิริยาของดินที่นำมาศึกษาเป็นกรดปานกลางถึงกลาง (pH 5.7-7.2) สภาพการนำไฟฟ้ามีพิสัยอยู่ในช่วง 0.03-0.13 dSm⁻¹ ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูง ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในชุดดินร้อยเอ็ดอยู่ในระดับต่ำมาก 16 mg K kg⁻¹ ส่วนในชุดดินกำแพงแสน ชุดดินปากช่อง และชุดดินพิมายอยู่ในระดับต่ำเท่ากับ 47, 48 และ 75 mg K kg⁻¹ ตามลำดับ

2. ถ้ำกากสำมีปฏิกิริยาเป็นด่างจัด pH 12.6 สภาพการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 156 dS m⁻¹ มีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูงมาก 258,894 mg kg⁻¹ มีปริมาณซิลิกอน แมกนีเซียม และแคลเซียมทั้งหมด เท่ากับ 0.79, 1.70 และ 6.73 % ตามลำดับ

3. ถ้ำกากสำมีปริมาณโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูง เมื่อนำมาใช้ในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน พิมาย และปากช่องซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ พบว่าจะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินดังกล่าวได้อย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของถ้ำกากสำใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

4. เมื่อนำถ้ำกากสำมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย พบว่าจะมีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูแลรักษาอาหารโพแทสเซียมของข้าวได้อย่างเด่นชัด ประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต และการดูแลรักษาอาหารโพแทสเซียมของข้าวของถ้ำกากสำใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ผลผลิตเมล็ดของข้าวที่ได้รับการใส่ถ้ำกากสำสูงกว่าที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

5. เมื่อนำถ้ำกากสำมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่ามีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิตและการดูแลรักษาอาหารโพแทสเซียมของข้าวโพด

อย่างเด่นชัด โดยประสิทธิภาพในการเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดใช้โพแทสเซียมของ ข้าวโพดของถ้ำกากสำใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

6. การใส่ถ้ำกากสำเป็นแหล่งโพแทสเซียมให้กับข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย และเป็นแหล่งโพแทสเซียมให้กับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง ไม่มีผลข้างเคียงที่ทำให้พีเอช (pH) ของดิน และสภาพการนำไฟฟ้า (EC) ของดินดังกล่าวเปลี่ยนแปลงจนเป็นอันตรายกับพืช

7. ถ้ำกากสำซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานสุราสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวและข้าวโพดได้ ซึ่งจะเป็นการใช้ระบบดินและพืชกำจัดวัสดุเหลือทิ้ง

8. ควรศึกษาประสิทธิภาพของถ้ำกากสำในการใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับพืชชนิดอื่นๆ ต่อไป รวมทั้งการศึกษาในสภาพไร่เกี่ยวกับประสิทธิภาพและอัตราการใช้ที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละชนิดพืชและในดินชนิดต่างๆต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กรมการค้าต่างประเทศ. 2551. สถานการณ์ข้าวโลกเดือนเมษายน. สถานการณ์ข้าว.
แหล่งที่มา: <http://www.dft.moc.go.th/level3.asp?level2=11>, 7 มิถุนายน 2551.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการเรื่อง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลำดับที่ 11/2547.
พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ.
- กานดา ฉัตรไชยศิริ. 2545. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตเยื่อกระดาษและน้ำกากส่าเป็นปุ๋ย
โพแทสเซียมสำหรับข้าวที่ปลูกในดินสันทราย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา. 2551. พจนานุกรมปลูกพืชวิทยา. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปลูกพืชวิทยา. 2548. ปลูกพืชวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จรงค์ จันทน์เจริญสุข. 2550. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปลูกพืชวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปลูกพืชวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โชคชัย เอกทัศนาวรรณ, สรรเสริญ จำปาทอง, ชไมพร เอกทัศนาวรรณ, นพพงศ์ จุลจอหอ และนัศร
พงศ์ บาลลา. 2546. การวิจัยและพัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์สุวรรณ 4452.
ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ สถาบันอินทรีจันทร์สถิตย์เพื่อการค้นคว้าและ
พัฒนาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช.
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นัทฐา ทักษรัตน์ศรีณย์. 2548. ผลของการใส่ฟางข้าวและปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิต
และการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินสิงห์บุรี.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประดิษฐ์ บุญอำพล. 2542. การศึกษาการใช้ปุ๋ยข้าวโพด, น. 36-54. ใน รายงานการประชุมสัมมนา
ทางวิชาการเรื่อง การจัดการดินไร่ และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่.
กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร,
กรุงเทพฯ.

ประสาร พรหมสูงวงศ์, ประดิษฐ์ บุญอำพล, สันติ ชีราภรณ์ และมงคล พานิชกุล. 2541. การประเมิน
ระดับการตอบสนองของข้าวโพดต่อปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทส ที่ปลูกในดินชุดต่างๆ ในเขต
ปลูกข้าวโพด, น. 3-5. ใน บทความย่อผลงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยพืชไร่ ปี
พ.ศ. 2541. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรม
วิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ปวีณา ทองเหลือง. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและโพแทสเชื่อมต่อผลผลิตและ
ความหวานของข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรี 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย. 2541. ผลของโพแทสเทียม และกำมะถันต่อคุณภาพเมล็ด และ
องค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสิฐ พรหมนารท. 2544. ใช้ปุ๋ยเคมี เพิ่มผลผลิตข้าว. หนังสือพิมพ์กสิกร. ปีที่ 74 ฉบับที่ 5
กันยายน-ตุลาคม.

- มณีรัตน์ ม่วงศรี. 2551. ผลการใส่ฟางข้าวและแกลบร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมต่อผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ราชนนท์ ธีรพร. 2539. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โรงงานสุราบางยี่ขัน 2. 2542. บริษัท สุราทหารอากาศ จำกัด (มหาชน). ม.ป.ป. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์วิจัยข้าวชัยนาท. 2551. เอกสารคำแนะนำข้าวพันธุ์ชัยนาท 2. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, กรุงเทพฯ.
- สมบุญ ประภาพรรณพงศ์, จันทิรา อริยรัช และลัดดาวัลย์ มีสุข. 2539. อิทธิพลของการใช้ Activated Sludge Cake Filter Cake และ Slop Ash ในรูปของปุ๋ยอัดเม็ดต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดในชุดดินมาบบอน, น. 11-17. ใน การประชุมวิชาการประจำปี 2539. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2535. ปุ๋ยกับการพัฒนาการเกษตร. ที่ระลึกครบรอบ 60 ปี ศ.ดร. สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. ผลพยากรณ์รายสินค้า. ผลพยากรณ์. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/mis/Forecast/page3_th.htm, 1 กรกฎาคม 2551.
- สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548ก. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 54/03/48. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

_____. 2548ข. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. เอกสารวิชาการฉบับที่ 55/03/48. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สุรเชษฐ์ อร่ามรักษ์. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำยากัดเมล็ดคัสตามและแอมโมเนียมไบคาร์บอเนต-ดีทีพีเอในการประเมิน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

हररररर कृनररर, तरररर ररररररररर, रररररर ररररररररर ररररररररर रररररररर. 2540. การรररรโพतररรรอรरอรरร รรररรรอรरररที่มรผลต่อผลผลรรรและปรररร โพतररรรในมรลรรร จรरคณครรารรร, น. 224-241. ใน รररรรผลการ ค้นค่วารรจयरความอรคมสมบรณร์ของคनและปूररรและรररรรรรรร ปรरจาร์ 2531-2535. กลุ่มงานรरจयरความอรคมสมบรณร์ของคนและปूररรและรररรรรรรรรรร กองปรरรรรรร กรมรररการเรयर, กรุงเทพฯ.

เอกรรรน รรรรร. 2544. เทคนอรลอรการผลิตรรรรร. พมรร์รที่ 1. สธารนรรจयर กรมรररการเรयर, กรุงเทพฯ.

Arnold, J.M., L.M. Josephson, W.L. Parks and H.C. Kincer. 1974. Influence of nitrogen, phosphorus, and potassium application on stalk quality characteristics and yield of corn. **Agron. J.** 66: 605-608.

Bly, A., R.H. Gelderman, J. Gerwing and T.S. Murrell. 2002. Symptoms associated with potassium deficiency in corn. **Better Crops** 86: 12-15.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. Practice-Hall, Inc., New Jersey, USA.

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

- Brown, J. R. and D. Warnke. 1988. Recommended cation tests and measures of cation exchange capacity, pp. 15-16. *In* W.C. Dahnke, ed. **Recommended Chemical Soil Test Procedures for North Central Region**. North Dakota Agric. Exp. Stn. Bull. 499.
- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black (ed.), **Methods of Soil Analysis**. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Dobermann, A., K.G. Cassman, C.P. Mamaril and J.E. Sheehy. 1998. Management of phosphorus, potassium, and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. **Field Crops Research** 56: 113-138.
- Dunn, D. and G. Stevens. 2005. Missouri rice potassium nutrition research progress. **Better Crops**. 89: 15-17.
- Epstien, E. 1965. Mineral metabolism. pp. 438-461. *In* J.Bonner and J.E. Vaner, eds. **Plant Biochemistry**, Academic Press, New York.
- Foth, H.D. and B.G. Ellis. 1996. **Soil Fertility**. 2nd ed. Crop and Soil Sciences, Michigan state University, East Lansing, Michigan.
- Hartt, C.E. 1969. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in attached bladed and entire plant of sugarcane. **Plant Physiol.** 44: 1461-1469.
- _____. 1970. Effect of potassium deficiency upon translocation of ^{14}C in detached blades of sugarcane. **Plant Physiol.** 45: 183-187.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.M. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7th ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.

Ismunadji, M. and Suprpto. 1990. Potash boosts rice production. **Better Crops International** December: 3-5.

Jenkins, R. 1999. **X-ray Fluorescence Spectrometry**. 2nd ed. Wiley, New York.

Kawaguchi, K. and K. Kyuma. 1969. Lowland and rice soil in Thailand. Report on research in southeast asia. **The Center for Southeast Asian Studies**. Kyoto University.

Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Sci.** 68: 15-24.

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

Liebhardt, W.C. and J.T. Murdock. 1965. Effect of potassium on morphology and lodging of corn. **Agron. J.** 57: 325-328.

Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 42: 421-428.

Meesook, L., Y. Soravisutra, N. Choovoravech, S. Prapapangpong, C. Arriyathaj, R. Deemark. 1998. Evaluation of the quality of fertilizer, N P K production process in small scale plant and slop ash as fertilizer raw material in Thailand, pp. 50-60. *In* **Agro-Chemical News in Brief**, Special Issue, December 1998.

Mengel, K. 2006. Potassium, pp. 91-120. *In* Barker, A. V. and D. J. Pilbeam, eds. **Handbook of Plant Nutrition**. Taylor & Francis Group. New York.

Peaslee, D.E. and D.N. Moss. 1966. Photosynthesis in K-and Mg-deficient maize (*Zea mays* L.) leaves. **Soil Sci.** 30: 220-223.

_____. 1968. Stomatal conductivities in K – deficient leaves of maize (*Zea mays* L.).
Crop Sci. 8: 427-430.

Potash and Phosphate Institute. 1998a. Effects of potassium on crop maturity, pp 9-11. *In*
 D.L. Armstrong, ed. **Better Crops with Plant Food** Vol. 82, No. 3. Potash and
 Phosphate Institute, Norcross.

_____. 1998b. Functions of potassium in plants, pp 4-5. *In* D.L. Armstrong, ed. **Better Crops
 with Plant Food** Vol. 82, No. 3. Potash and Phosphate Institute, Norcross.

Rehm, G. and M. Schmitt. 2002. **Potassium for Crop Production.** Soil Nutrient Management.
 แหล่งที่มา: <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6794.html>, 24
 มิถุนายน 2551.

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

Shivay, Y.S., C. J. Hong and D. Shouren. 2002. Effect of potassium on morphological and
 physiological parameters in barley (*Hordeum Vulgare* L.) genotypes.
Indian J. Plant Physiol. 7: 146-151.

Singh, S., T.N. Tiwari, R.P. Srivastava and G.P. Singh. 1998. Effect of potassium on stomatal
 behaviour, yield and juice quality of sugarcane under moisture stress condition.
Indian J. Plant Physiol. 3: 303-305.

Soil Survey Division Staff. 2006. **Keys to Soil Taxonomy.** 10th ed. Natural Resources
 Conservation Service. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

Tiwari, H.S., R.M. Agarwal and R.K. Bhatt. 1998. Photosynthesis, stomatal resistance and
 related characteristics as influenced by-potassium under normal water supply and water
 stress conditions in rice (*Oryza sativa* L.). **Indian J. Plant Physiol.** 3: 314-316.

- Vyas, S.P., B.K. Garg, S. Kathju and A.N. Lahiri. 2001. Influence of potassium on water relations, photosynthesis, nitrogen metabolism and yield of clusterbean under soil moisture stress. **Indian J. Plant Physiol.** 6: 30-37.
- Walkey A. and I.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-38.
- Williams, J. and S.G. Smith. 2001. Correcting potassium deficiency can reduce rice stem diseases. **Better Crops** 85: 7-9.
- Yiying, L. and L. Hong. 1992. Rice response to potassium application. **Better Crops International** December: 31-33.
- Yoshida, S. 1981. **Fundamentals of Rice Crop Science.** Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Philippines.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณโพแทสเซียม (mg K kg^{-1}) ที่ปลดปล่อยออกมาจากชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพินายที่ได้รับการใส่โพแทสเซียมจากแหล่งต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ของการบ่มดินในสภาพขังน้ำต่าง ๆ กัน

ชุดดิน	ระยะเวลาบ่มดิน (สัปดาห์)			
	0	1	2	4
<u>ไม่ใส่โพแทสเซียม</u>				
ร้อยเอ็ด	18.08	15.15	11.98	15.87
กำแพงแสน	31.20	31.49	22.08	33.44
พินาย	27.83	50.27	27.17	60.90
<u>โพแทสเซียมกลอไรด์</u>				
ร้อยเอ็ด	87.49	94.79	93.79	98.49
กำแพงแสน	88.01	103.87	67.82	97.48
พินาย	74.49	95.14	90.45	139.15
<u>เจ้ากาบสำ</u>				
ร้อยเอ็ด	131.82	109.61	93.86	100.10
กำแพงแสน	122.97	91.56	79.26	117.99
พินาย	172.36	83.33	95.32	145.50

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียม (mg K kg^{-1}) ที่ปลดปล่อยออกมาจากชุดดินปากช่องที่ได้รับ
การใส่โพแทสเซียมจากแหล่ง และอัตราต่าง ๆ ในช่วงระยะเวลาบ่มดินต่าง ๆ กัน

อัตราของโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ระยะเวลาบ่มดิน (สัปดาห์)			
	0	1	2	4
<u>โพแทสเซียมคลอไรด์</u>				
0	43.05	30.20	33.75	38.79
75	85.59	78.05	60.73	73.60
150	121.75	101.33	102.95	121.15
<u>เถ้าจากส่ว</u>				
0	44.16	35.02	32.42	39.11
75	92.26	78.99	61.87	75.27
150	148.15	126.20	127.92	127.34

ตารางผนวกที่ 3 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัมต่อกระถาง)			
	ชนิดปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	23	24	24	24
กำแพงแสน	24	24	24	24
พิมาย	24	24	24	24
เฉลี่ย	24	24	24	24

ตารางผนวกที่ 4 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณความเข้มข้น
โพแทสเซียมในเมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	0.37	0.33	0.31	0.34
กำแพงแสน	0.38	0.39	0.37	0.38
พิมาย	0.29	0.30	0.36	0.32
เฉลี่ย	0.35	0.34	0.35	0.35

ตารางผนวกที่ 5 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณความเข้มข้น
โพแทสเซียมในตอซังของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในตอซัง (เปอร์เซ็นต์)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	0.15	0.49	0.70	0.45
กำแพงแสน	0.51	0.78	0.85	0.71
พิมาย	0.40	0.73	0.72	0.62
เฉลี่ย	0.35	0.67	0.76	0.59

หมายเหตุ Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม
KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์
slop ash คือ เถ้ากากส่า

ตารางผนวกที่ 6 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณ
ความเข้มข้นโพแทสเซียมในฝักของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในฝัก (เปอร์เซ็นต์)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	0.58	0.66	0.62
75	0.59	0.59	0.59
150	0.66	0.72	0.69
เฉลี่ย	0.61	0.66	0.63

ตารางผนวกที่ 7 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณ
ความเข้มข้นโพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ปริมาณความเข้มข้นโพแทสเซียมในตอซัง (เปอร์เซ็นต์)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	0.39	0.36	0.38
75	0.67	0.75	0.71
150	0.98	1.10	1.04
เฉลี่ย	0.68	0.74	0.71

ตารางผนวกที่ 8 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณโพแทสเซียมใน
เมล็ดของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ด (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	208	257	283	249b
กำแพงแสน	351	373	369	365a
พิมาย	264	321	414	333a
เฉลี่ย	275b	317ab	355a	316
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)			*	
F-test (ชุดดิน)			**	
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)			ns	
CV. (%)			16.8	

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่

แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากส่า

ตารางผนวกที่ 9 ผลการใส่เถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อปริมาณโพแทสเซียมใน
ตอซังของข้าวที่ปลูกในชุดดินร้อยเอ็ด กำแพงแสน และพิมาย

ชุดดิน	ปริมาณโพแทสเซียมในตอซัง (มิลลิกรัมต่อกระถาง)			
	ปุ๋ยโพแทสเซียม			
	Ko	KCl	slop ash	เฉลี่ย
ร้อยเอ็ด	136	619	869	541b
กำแพงแสน	718	1207	1195	1040a
พิมาย	563	1093	1263	973a
เฉลี่ย	472b	973a	1109a	851
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม)		**		
F-test (ชุดดิน)		**		
F-test (ปุ๋ยโพแทสเซียม×ชุดดิน)		ns		
CV. (%)		28.2		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ในแถวเดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่
แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

Ko คือ ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม

KCl คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

slop ash คือ เถ้ากากส่า

ตารางผนวกที่ 10 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณ โพแทสเซียมในฝักของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ปริมาณโพแทสเซียมในฝัก (มิลลิกรัมต่อกระถาง)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	260	323	291c
75	385	398	391b
150	489	468	479a
เฉลี่ย	378	396	387
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)	ns		
F-test (อัตราโพแทสเซียม)	**		
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)	ns		
CV. (%)	12.9		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 11 ผลการใส่เถ้ากากส่า (slop ash) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ต่อปริมาณโพแทสเซียมในตอซังของข้าวโพด

อัตราโพแทสเซียม (มิลลิกรัม K ₂ O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	ปริมาณโพแทสเซียมในตอซัง (มิลลิกรัมต่อกระถาง)		
	แหล่งโพแทสเซียม		
	KCl	slop ash	เฉลี่ย
0	296	244	270c
75	563	662	613b
150	856	973	914a
เฉลี่ย	572	626	599
F-test (แหล่งโพแทสเซียม)	ns		
F-test (อัตราโพแทสเซียม)	**		
F-test (แหล่งโพแทสเซียม×อัตราโพแทสเซียม)	ns		
CV. (%)	11.3		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ในสดมภ์เดียวกัน ที่ตามด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กที่เหมือนกัน จะมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT

ตารางผนวกที่ 12 แสดงปริมาณเถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใส่ในแต่ละดำรับ
การทดลองในข้าว

ดำรับการ ทดลอง	ชุดดิน	เถ้ากากส่า	โพแทสเซียมคลอไรด์
		(กรัมต่อกระถางต่อดิน 5 กิโลกรัม)	
1	ร้อยเอ็ด	2.40	1.19
2	กำแพงแสน	2.40	1.19
3	พิมาย	2.40	1.19

ตารางผนวกที่ 13 แสดงปริมาณเถ้ากากส่า และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใส่ในแต่ละดำรับ
การทดลองในข้าวโพด

ดำรับการ ทดลอง	อัตราโพแทสเซียม	เถ้ากากส่า	โพแทสเซียมคลอไรด์
	(มิลลิกรัม K_2O ต่อดิน 1 กิโลกรัม)	(กรัมต่อกระถางต่อดิน 8 กิโลกรัม)	
1	0	0	0
2	75	1.923	0.955
3	150	3.846	1.910

ตารางผนวกที่ 14 ข้อจำกัดของสมบัติทางเคมีที่ใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน
(คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืช, 2551; Land Classification
Division and FAO Project Staff, 1973)

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

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
กรดรุนแรงมากที่สุด	Ultra acid < 3.5
กรดรุนแรงมาก	Extremely acid 3.5-4.5
กรดจัดมาก	Very strong acid 4.5-5.0
กรดจัด	Strongly acid 5.1-5.5
กรดปานกลาง	Moderately acid 5.6-6.0
กรดเล็กน้อย	Slightly acid 6.1-6.5
เป็นกลาง	Neutral 6.6-7.3
ด่างเล็กน้อย	Slightly alkaline 7.4-7.8
ด่างปานกลาง	Moderately alkaline 7.9-8.4
ด่างจัด	Strongly alkaline 8.5-9.0
ด่างจัดมาก	Very strongly alkaline > 9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbonic x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL) < 5
ต่ำ	(L) 5-10
ค่อนข้างต่ำ	(ML) 10-15
ปานกลาง	(M) 15-25
ค่อนข้างสูง	(MH) 25-35
สูง	(H) 35-45
สูงมาก	(VH) > 45

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)		พิสัย (range) (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก	(VL)	< 0.25
ต่ำ	(L)	0.50-0.75
ปานกลาง	(M)	0.75-1.25
สูง	(H)	1.25-1.75
สูงมาก	(VH)	> 2.25

4. 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

5. 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

ตารางผนวกที่ 14 (ต่อ)

6. ค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable base) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)			
	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

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)	5-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-20
สูง (H)	20-30
สูงมาก (VH)	> 30

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (Very low)

V = ต่ำ (Low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)

M = ปานกลาง (Moderate)

MH = ค่อนข้างสูง (Moderately high)

H = สูง (High)

VH = สูงมาก (Very high)

ตารางผนวกที่ 15 ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ซึ่งเป็นระดับที่คาดว่าจะเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป

ธาตุ	ความเข้มข้นกีดต่อน้ำหนักแห้ง	
	ไมโครโมลต่อกรัม	mg kg ⁻¹ หรือ %
		mg kg ⁻¹
Mo	0.001	0.1
Cu	0.01	6
Zn	0.3	20
Mn	1.0	50
Fe	2.0	100
B	2.0	20
Cl	3.0	100
		%
S	30	0.1
P	60	0.2
Mg	80	0.2
Ca	125	0.5
K	250	1.0
N	1,000	1.5
O	30,000	45
C	40,000	45
H	60,000	6

ที่มา: ยงยุทธ (2546); Epstein (1965)

ตารางผนวกที่ 16 แสดงการเปลี่ยน non SI unit เป็น SI unit

Quantity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	dS m^{-1}	$1 \text{ mS/cm} = \text{dS m}^{-1}$ $1 \mu\text{S/cm} = 0.001 \text{ dS m}^{-1}$
Cation exchange capacity	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
Anion exchange capacity	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
Exchange cation	$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$
$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$	g/kg^{-1}	$1\% = 10 \text{ mg kg}^{-1}$
	mg kg^{-1}	$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg kg}^{-1}$ $1 \text{ mg/100g} = 10 \text{ mg kg}^{-1}$
	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g kg}^{-1}$
	mg kg^{-1}	$1 \text{ ppt} = 1 \text{ ng kg}^{-1}$
Mass concentration	g L^{-1}	$1\% = 10 \text{ g L}^{-1}$
	mg L^{-1}	$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg L}^{-1}$
	$\mu\text{g L}^{-1}$	$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g L}^{-1}$
Density	Mg m^{-3}	$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ Mg m}^{-3}$
Specific surface	$\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$	$1 \text{ m}^2/\text{g} = 1000 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$
Pressure	kPa, Mpa	$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa}$
Radioactivity	Bq	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$
Rate, Yield	kg ha^{-1}	$1 \text{ kg/10a} = 10 \text{ kg ha}^{-1}$
	Mg ha^{-1}	$1 \text{ t/10a} = 10 \text{ Mg ha}^{-1}$

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวพิมลศิริ สุขเสถียรไชย
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 21 สิงหาคม 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์