



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Utilization of by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Mixing with Fly ash on Growth and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)

นามผู้วิจัย นางสาวชนสมณฑ์ กุลการณย์เลิศ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์สุภชัย อำคา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต
และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Utilization of by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Mixing with Fly ash
on Growth and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)

โดย

นางสาวชนกชนันท์ กุลการิณย์เลิศ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรและเทคโนโลยการจัดการทางดิน)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.กมลวรรณ ฤกษ์เลิศ 2555: การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. 87 หน้า

การศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอย (1:1 โดยน้ำหนัก) ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ปรากฏผลดังนี้ คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและชัง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดต่ำที่สุด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งการใส่ปุ๋ยเคมี (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง

Thanasamont Kulkaranlert 2012: Utilization of by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Mixing with Fly ash on Growth and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)
Master of Science (Soil Science and Management Technology),
Major Field: Soil Science and Management Technology, Department of Soil Science.
Thesis Advisor: Assistant Professor Chaisit Thongjoo, Ph.D. 87 pages.

The aim of this study was to investigate the effects of by-product of monosodium glutamate (ami-ami) mixing with fly ash (1:1 by weight) on the growth and yield components of maize (*Zea mays* L.). Experimental design was randomized complete block. The study revealed that the application of ami-ami mixing with fly ash of 600 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 600 kg/rai of ami-ami mixing with fly ash effected on the highest of plant height, leaf collar height and leaf greenness (SPAD reading) of maize at all growth stages nearly the same as the application of chemical fertilizers equivalent to 1,200 kg/rai of ami-ami mixing with fly ash and ami-ami mixing with fly ash of 1,200 kg/rai, respectively. While the control treatment produced the lowest plant heights, leaf collar height and leaf greenness (SPAD reading) of maize at all growth stages. Regarding yield and yield components of maize, it was found that the application of ami-ami mixing with fly ash of 600 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 600 kg/rai of ami-ami mixing with fly ash effected on the highest numbers of full ear, ear weight, ear without husk weight, husk and cob weight, grain weight and 1,000 grain weight of maize nearly the same as the application of chemical fertilizers equivalent to 1,200 kg/rai of ami-ami mixing with fly ash and of ami-ami mixing with fly ash of 300 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 300 kg/rai of ami-ami mixing with fly ash, respectively. While the control treatment gave the lowest numbers of ear per plant, numbers of full ear, ear weight, ear without husk weight, grain weight and 1,000 grain weight of maize.

All treatments applying chemical fertilizers or ami-ami mixing with fly ash both with single use or combination with chemical fertilizers as well as the control treatment effected on chemical properties of soil: a) soil pH was slightly acid to alkaline; b) level of electrical conductivity (EC_e) of soil was low; c) level of organic matter and exchangeable K were low to moderate; d) level of available P was moderately high to very high; and e) level of exchangeable Ca and Mg were high.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ช่วยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเรียนรู้ การทำวิทยานิพนธ์ และอื่นๆ อีกมากมาย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย อ่ำคา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้ง อาจารย์ ดร. ฝอยฝ้า ชูดีดำรง ประธานการสอบ และอาจารย์ ดร.วิสุทธิ์ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ โครงการพัฒนาวิชาการระหว่าง บริษัท เพชรสยาม พี อี โพน จำกัด และสถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเงินทุนวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ น้องๆ บัณฑิตวิทยาลัย ของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน ทุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อไพโรจน์ และคุณแม่ปราณี ที่ไ้เพราะ พร้อมด้วย คุณพรประสิทธิ์ บุญคุ้ม ที่สนับสนุนและส่งเสริมการศึกษาของข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา รวมถึงนายณัฐวัตร สุนทรวาที ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วย

ธนสมณท์ กุลการันย์เลิศ

เมษายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	37
สรุปผลการทดลอง	78
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	80
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และปริมาณเศษเหลือของพืชบางชนิดในปีการเพาะปลูก 2553	9
2 จำนวนสัตว์ และปริมาณมูลสัตว์บางชนิด ในปีการเพาะปลูก 2551	9
3 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดในประเทศไทย	10
4 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง	25
5 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุเหลือใช้ที่ทำการทดลอง	26
6 รายละเอียดของการทดลองที่ 1	29
7 รายละเอียดการใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (การทดลองที่ 2)	32
8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH, 3:50) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน	38
9 ค่าการนำไฟฟ้า (EC, 1:10) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน	39
10 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 28 วัน	40
11 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)	42
12 ความสูงกอใบสุดท้ายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ค่าความเขียวของใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)	44
14	จำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)	46
15	น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและชัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)	49
16	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและชัง และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)	51
17	น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)	53
18	ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)	55
19	ความสูงกอใบสุดท้ายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)	57
20	ค่าความเขียวของใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)	58
21	จำนวนฝักต่อต้น และจำนวนฝักสมบูรณ์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)	60
22	น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและชัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)	63
23	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและชัง และ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)	64
24	น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)	65

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
25	เปรียบเทียบน้ำหนักผักทั้งเปลือก น้ำหนักผักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝนและปลายฤดู	
26	ฝน)	67
27	เปรียบเทียบน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดู	
27	ฝนและปลายฤดูฝน)	68
28	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC _e) และปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี	71
29	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี	73
30	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี	75
	ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Na) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี	77

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 กระบวนการผลิตผงชูรส

13



การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Utilization of by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Mixing with Fly ash on Growth and Yield Components of Maize (*Zea mays* L.)

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2550 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 5.96 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 3.66 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 632 กก./ไร่ และคิดเป็นมูลค่าของผลผลิตประมาณ 25,080 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) ซึ่งความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นภายหลังมีการขยายกิจการเกี่ยวกับปศุสัตว์นับตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ อีกทั้งปริมาณผลผลิตมีไม่แน่นอน เนื่องจากการผลิตขึ้นกับสภาพของดินฟ้าอากาศ ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อความเสียหายจากความแห้งแล้งเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังต้องแข่งขันกับพืชเศรษฐกิจอื่นที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าในระยะ 4-5 ปีที่ผ่านมา ซึ่งประเทศไทยจำเป็นต้องนำเข้าผลผลิตข้าวโพดเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ทั้งที่ในอดีตประเทศไทยเคยเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่อันดับต้นๆ ของโลก อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีศักยภาพด้านการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อการส่งออกที่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงและการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การเลือกฤดูกาลปลูกที่เหมาะสม การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรที่มีคุณค่าทางธาตุอาหารสูง และปราศจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al.*, 2005) โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งหากมีการปลูกพืชต่อเนื่องกันหลายปี อาจมีผลให้ดินขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชอย่างถาวรได้ (Azmal *et al.*, 1996; Berendse, 1990)

โรงงานอุตสาหกรรม โดยมากมักมีวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย เปลือกไม้จากโรงงานอุตสาหกรรมเชื้อกระดาษ กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) จากโรงงานผลิตผงชูรส และขี้เถ้าลอย (fly ash) จากการเผาถ่านหิน

ลิกไนต์ โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ (recycle) ก่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และ อากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) จากโรงงานผลิตผงชูรส และขี้เถ้าลอยจากการเผาถ่านหินลิกไนต์มาทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือเพิ่มมูลค่าของ วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของวัสดุเหลือใช้ อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจ เกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเมนต์อัตราต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ
2. เพื่อศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเมนต์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเมนต์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของดิน ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเป็นพืชในวงศ์ (family) Gramineae เผ่า (tribe) Maydeae พืชในเผ่านี้มีลักษณะสำคัญ คือ มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกันแต่อยู่ภายในต้นเดียวกัน ข้าวโพดจัดอยู่ในสกุล (genus) *Zea* และชนิด (species) *mays* มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. (ไสว, 2534) ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่, 2542) เป็นดังนี้

ราก ข้าวโพดมีระบบรากฝอย (fibrous root system) ซึ่งเจริญมาจาก 2 ส่วน คือ รากที่เจริญมาจากคัพภะเรียกว่า primary root เป็นรากที่พัฒนามาจากแรดิเคิล และมีรากแขนงแตกออกมาเรียกว่า secondary root นอกจากนี้ ยังมีรากที่เกิดขึ้นที่ scutellar node เรียกว่า seminal root รากทั้งหมดนี้มีการเจริญเติบโตในระยะเวลาสั้นๆ ขณะที่ข้าวโพดเป็นต้นกล้า และจะตายไปเมื่อต้นข้าวโพดโตขึ้น รากส่วนที่สอง คือ รากที่เจริญมาจากลำต้น เรียกว่า adventitious root โดยมีจุดกำเนิดรากที่ข้อส่วนล่างของลำต้น ข้อแรกที่เกิดรากชนิดนี้ คือ coleoptilar node โดยรากเหล่านี้จะเจริญเติบโตตลอดชีวิตของข้าวโพด ซึ่งสามารถเจริญแผ่กระจายรอบลำต้น โดยมีรัศมีประมาณ 1 เมตร และยังลึกลงไปในดินได้ในช่วง 2.1-2.4 เมตร

ลำต้น (culm หรือ stalk) ประกอบด้วยข้อและปล้อง บริเวณข้อมีเนื้อเยื่อเจริญ จุดกำเนิดรากตา และรอยกาบใบ ปกติลำต้นมีความสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 7.5 เมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นในช่วง 2.5-5.0 เซนติเมตร

ใบ ประกอบด้วยกาบใบ และแผ่นใบ กาบใบจะหุ้มลำต้น ส่วนแผ่นใบจะแผ่กางออก มีเส้นกลางใบเรียกว่า mid rib ข้าวโพดที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ทนต่ออัตราการปลูกสูง มักมีลักษณะใบตั้ง แผ่นใบด้านบนมีขนเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการรับแสง ส่วนแผ่นใบด้านล่างจะเรียบ และมีปากใบจำนวนมาก

ดอก ข้าวโพดมีช่อดอกตัวผู้เรียกว่า tassel และช่อดอกตัวเมียเรียกว่า ear อยู่บนต้นเดียวกัน แต่แยกตำแหน่งกัน (monoecious plant) โดยช่อดอกตัวผู้ที่อยู่ส่วนยอดของลำต้นเป็นแบบ panicle มีแกนกลางช่อดอกเรียกว่า rachis ที่ rachis มีกิ่งแขนงชั้นแรกเกิดอยู่ และบนกิ่งแขนงนี้เป็นที่เกิดของกิ่งแขนงชั้นที่สอง ส่วนกลุ่มดอกย่อย (spikelet) เกิดเป็นคู่ คือ ชนิดที่มีก้าน (pedicelled spikelet)

และไม่มีก้าน (sessile spikelet) แต่ละกลุ่มดอกประกอบด้วย 2 ดอกย่อย โดยดอกย่อยที่อยู่ส่วนบนมีการเจริญเติบโตดีกว่าดอกย่อยที่อยู่ส่วนล่าง แต่ละดอกย่อยประกอบด้วยกลีบดอกที่เรียกว่า lemma และ palea มีเกสรตัวผู้ 3 อัน เชื้อรองรังไข่ (lodicule) 2 อัน และเกสรตัวเมียที่ไม่ทำหน้าที่ (rudimentary pistill) อีก 1 อัน โดยทั่วไปดอกตัวผู้จะโปรยละอองเกสรอยู่นาน 5-8 วัน ส่วนช่อดอกตัวเมียหรือฝัก เกิดจากตาที่มุมใบข้อที่ 6 นับจากใบธงลงมา มีช่อดอกแบบ spike การพัฒนาของช่อดอกเริ่มขึ้นเมื่อข้าวโพดมีอายุ 40-45 วันหลังออก ก้านฝักหรือก้านช่อดอก (shank) ถูกหุ้มด้วยกาบใบหรือเปลือกหุ้มฝัก (husk) โดยกลุ่มดอกตัวเมียเกิดเป็นคู่เรียงกันเป็นแถวยาวบนแกนกลางช่อดอกหรือซัง (cob) ดังนั้น ฝักข้าวโพดจึงมีจำนวนแถวของเมล็ดเป็นแถวคู่ กลุ่มดอกที่มีก้านสั้นถูกห่อหุ้มด้วยกลีบ (glume) สั้นๆ 2 กลีบภายใน แต่ละกลุ่มมีดอกย่อย 2 ดอก ซึ่งดอกย่อยดอกบนเท่านั้นที่เจริญ แต่ละดอกย่อยประกอบด้วย lemma และ palea รวมเรียกว่า chaff ซึ่งมีเกสรตัวเมีย 1 อัน เชื้อรองรังไข่ 2 อัน และเกสรตัวผู้ที่เป็นหมัน (rudimentary stamen) 3 อัน ก้านเกสรตัวเมียยาว 10-30 เซนติเมตร เรียกว่าไหม (silk) ไหมแต่ละเส้นจะมีขนที่สามารถรับละอองเกสรตัวผู้ได้ตลอดความยาว เส้นไหมบริเวณโคนฝักจะเกิดขึ้นก่อนตามด้วยส่วนกลางฝัก แต่เส้นไหมบริเวณกลางฝักจะยึดตัวโผล่พ้นกาบหุ้มฝักก่อน จึงได้รับการผสมก่อน ทำให้เมล็ดบริเวณกลางฝักมีความสมบูรณ์และขนาดใหญ่กว่าบริเวณโคน และปลายฝัก ไหมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและแห้งเหี่ยวเมื่อดอกได้รับการผสม โดยข้าวโพด 1 ฝัก จะมีไหม 400-1,000 เส้น ทำให้เกิดเมล็ด 400-1,000 เมล็ด

ผลและเมล็ด ผลเป็นแบบ caryopsis ที่มีเปลือกหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆใส ไม่มีสี เยื่อหุ้มผลและเยื่อหุ้มเมล็ดรวมเรียกว่า hull ข้าวโพดจะสะสมแป้งไว้ในส่วนของเอนโดสเปิร์ม ซึ่งการสะสมแป้งจะสิ้นสุดเมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยจะปรากฏแผ่นเยื่อสีดำ หรือน้ำตาลดำ (black layer) ที่บริเวณโคนของเมล็ด

ข้าวโพดเป็นพืชที่ถูกจำแนกไว้ในกลุ่มที่มีกระบวนการสังเคราะห์แสงแบบ C_4 จึงทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดสูง โดยมีจุดคอมเพนเซชันของคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงจนถึงสภาพที่มีแสงแดดเต็มที่ โดยจะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดสูงถึง 60 มก. CO_2 /ดม. 2 /ชม. (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

2. ระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่ (2542) ได้จำแนกการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็น 5 ระยะดังนี้ คือ

2.1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) เริ่มตั้งแต่ coleoptile โผล่พ้นผิวดินจนถึงระยะออกดอกตัวผู้ รวมระยะเวลาประมาณ 45-55 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิ

2.2 ระยะออกดอก (flowering stage) คือ ระยะตั้งแต่ดอกตัวผู้บานจนถึงระยะไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝัก โดยรวมการผสมเกสรด้วย ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 5-15 วัน

2.3 ระยะสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) คือ ระยะที่มีการสะสมแป้งในเมล็ด เริ่มตั้งแต่ระยะน้ำนม (early milk และ late milk stage) และระยะแป้งอ่อน (dough stage) จนถึงระยะที่เมล็ดสิ้นสุดการพัฒนา รวมเวลาทั้งสิ้นประมาณ 35-45 วัน

2.4 ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) เป็นระยะที่มีชั้นเนื้อเยื่อสีดำ (black layer) ปรากฏที่ส่วนโคนของเมล็ด ระยะนี้ถือว่าการสะสมน้ำหนักรั้งสิ้นสุดลง และให้น้ำหนักแห้งสูงสุด

2.5 ระยะสุกแก่และเก็บเกี่ยว (harvesting maturity) คือ ระยะที่ต้น ใบ และกาบหุ้มฝักแห้ง โดยความชื้นในเมล็ดจะเริ่มลดลงตามสภาพอุณหภูมิและความชื้นในบรรยากาศ

3. อิทธิพลของธาตุอาหารต่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดจะให้ผลผลิตสูงเมื่อได้รับธาตุอาหารอย่างเพียงพอและสมดุล โดยของยุทธและคณะ (2551) ได้อธิบายความต้องการธาตุหลักต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดไว้ดังนี้

ไนโตรเจน (N) มีบทบาทสำคัญตั้งแต่การเจริญเติบโตของข้าวโพดระยะแรกจนถึงการสร้างเมล็ด โดยระยะที่ข้าวโพดต้องการธาตุไนโตรเจนมากที่สุด คือ ระยะที่ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พืชทางเคมี พบว่า ในช่วงอายุ 18-30 วัน และ 39-65 วันหลังปลูก

ข้าวโพดมีการดูดใช้ในโตรเจนสูงถึง 7 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังนั้น ถ้าในช่วงอายุการเจริญเติบโตดังกล่าว มีปริมาณธาตุไนโตรเจนในดินไม่เพียงพอ จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวโพดได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

ฟอสฟอรัส (P) ข้าวโพดเป็นพืชที่ตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสตลอดฤดูปลูก โดยมีความต้องการในระยะเริ่มแรกมากกว่าในระยะอื่นๆ ส่วนในระยะที่ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย ธาตุฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความสมบูรณ์ให้กับส่วนต้นและเมล็ด นอกจากนี้ยังพบว่าการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสจากดินของรากข้าวโพดจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งรากเจริญเติบโตเต็มที่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีปัญหาด้านการขาดแคลนในดินไร้วัวไป โดยเฉพาะดินที่มีสภาพเป็นกรด สำหรับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ควรใส่เพื่อยกระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากเดิมสู่ระดับที่ข้าวโพดต้องการ พบว่า ระดับวิกฤตของฟอสฟอรัสในดินออกซิโซล จากผลการวิเคราะห์ดินด้วยวิธีของ Mehlich 1, Bray 1 และ Bray 2 คือ 6, 9 และ 10 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัสต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ขงยุทธ และคณะ, 2551)

โพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของลำต้น รวมทั้งการสร้างเมล็ด ซึ่งในสภาพดินที่ปลูกข้าวโพดในประเทศไทยส่วนใหญ่มักไม่ค่อยมีปัญหาการขาดแคลนธาตุโพแทสเซียม โดยธาตุดังกล่าวนอกจากจะมีบทบาทในการสร้างเมล็ดแล้ว ส่วนที่เหลือมักถูกสะสมอยู่ในลำต้นเป็นส่วนใหญ่ และจะถูกไถกลบลงดินตามเดิม (กรมวิชาการเกษตร, 2548) อย่างไรก็ตาม พื้นที่ที่มีการปลูกข้าวโพดอย่างต่อเนื่องจะมีธาตุโพแทสเซียมอยู่ในเกณฑ์ต่ำ สำหรับระดับวิกฤตของธาตุโพแทสเซียมในดินอัลซีโซลซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนและดินอัลติโซลซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายจะมีระดับวิกฤตของธาตุโพแทสเซียมประมาณ 55 และ 45 มิลลิกรัมโพแทสเซียมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

สำหรับธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม พบว่า ข้าวโพดต้องการในปริมาณที่ไม่มากนัก เพราะในดินส่วนใหญ่มีธาตุอาหารดังกล่าวในปริมาณที่เพียงพอ ยกเว้น ในดินที่มีสภาพไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้ข้าวโพดขาดธาตุอาหารกลุ่มดังกล่าวได้ (คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่, 2542)

4. ที่มาและปริมาณของวัสดุเหลือใช้ในประเทศไทย

วัสดุเหลือใช้ในประเทศไทยสามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (agricultural wastes) ซึ่งประกอบด้วยเศษซากพืชจากไร่นา และสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ชนิดต่างๆ และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม (industrial wastes) ซึ่งประกอบด้วยเศษพืชซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือเศษพืชที่เหลือภายหลังกระบวนการผลิต เช่น กากตะกอนอ้อย กากตะกอนหมักกรอง กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย อีวีเอ็มส เป็นต้น จากการประมาณและการสำรวจ พบว่า ปริมาณของวัสดุเหลือใช้แต่ละประเภทมีดังนี้

4.1 ปริมาณเศษพืชจากไร่นา

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) รายงานว่า ในปีเพาะปลูก 2553 มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและนาปรังทั้งหมดประมาณ 72.26 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 31.22 ล้านตัน/ปี มีปริมาณเศษพืชเหลือทั้งหมดประมาณ 54 ล้านตัน/ปี อ้อยมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 6.58 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 70.89 ล้านตัน/ปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 2.84 ล้านตัน/ปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 7.11 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 4.28 ล้านตัน/ปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 1.49 ล้านตัน/ปี มันสำปะหลังมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 7.56 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 20.15 ล้านตัน/ปี มีเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 8.06 ล้านตัน/ปี และปาล์มน้ำมันมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 3.64 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ 9.03 ล้านตัน/ปี มีปริมาณเศษเหลือทั้งหมดประมาณ 4.15 ล้านตัน/ปี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งปริมาณเศษพืชนับล้านตันเหล่านี้ มีส่วนน้อยเท่านั้นที่จะถูกนำกลับไปใช้ประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมัก เลี้ยงสัตว์ หรือนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยมากยังคงถูกปล่อยทิ้งไว้หรือไม่ก็ถูกเผาทิ้งในไร่นา (Ongprasert, 1991)

4.2 ปริมาณสิ่งขับถ่ายจากสัตว์

จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551) ประมาณการว่ามีสิ่งขับถ่ายของกระบือ โค สุกร และสัตว์ปีก ในปีการเพาะปลูก 2551 รวมกันเป็นจำนวนมากกว่า 65 ล้านตัน/ปี ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 พื้นที่เพาะปลูก ผลผลิต และปริมาณเศษเหลือของพืชบางชนิด ในปีการเพาะปลูก 2553

ชนิดพืช	พื้นที่เพาะปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน/ปี)	ปริมาณเศษพืช (ตัน/ปี) ^{1/}
ข้าวนาปีและนาปรัง	72,260,000	31,220,000	54,000,000
อ้อย	6,580,000	70,890,000	2,840,000
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	7,110,000	4,280,000	1,490,000
มันสำปะหลัง	7,560,000	20,150,000	8,060,000
ปาล์มน้ำมัน	3,640,000	9,030,000	4,150,000
		รวม	70,540,000

หมายเหตุ ^{1/} คำนวณจากผลผลิตของพืชแต่ละชนิดโดยใช้สัดส่วนของผลผลิตต่ออัตร

ที่มา: คัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)

ตารางที่ 2 จำนวนสัตว์ และปริมาณมูลสัตว์บางชนิด ในปีการเพาะปลูก 2551

ชนิดสัตว์	จำนวน (ตัว)	ปริมาณมูลสัตว์ (ตัน/ปี) ^{1/}
กระบือ	1,699,469	10,198,574
โค	7,193,892	43,163,727
สุกร	7,845,346	11,767,964
สัตว์ปีก	235,565,010	588,913
	รวม	65,719,178

หมายเหตุ ^{1/} คำนวณจากจำนวนตัวสัตว์โดยใช้ค่าประมาณมูลสัตว์ที่ขับถ่ายออกมาต่อตัวต่อปี

ที่มา: คัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2551)

4.3 ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันการขยายตัวทางภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมแปรรูปทางการเกษตรมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการสำรวจของ Pintukanok *et al.* (1988) พบว่า ปริมาณวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวจะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันตามชนิดของโรงงานอุตสาหกรรม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละชนิดในประเทศไทย

ชนิดโรงงานอุตสาหกรรม	วัสดุเหลือใช้		
	จำนวนโรงงาน	ประเภท	ปริมาณ (ตัน/ปี)
สุรา	34	activated sludge	1,300
เบียร์	2	activated sludge	10,800
น้ำอัดลม	8	activated sludge	782
ผงชูรส	3	glutamic mother liquid	35,000
		humus	13,000
		activated sludge	1,000
น้ำตาล	46	bagasse	6,505,866
		filter cake	604,658
เชื้อกระดาศ	44	activated sludge	16,200
น้ำมันละหุ่ง	1	กากเมล็ดละหุ่ง	197,100
น้ำมันมะพร้าว	76	กากมะพร้าว	9,855
รวม			7,395,561

ที่มา: ดัดแปลงจากสุริยา (2531)

5. สมบัติทางประการของวัสดุเหลือใช้ที่ทำการศึกษา

วัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดมีสมบัติและองค์ประกอบที่แตกต่างกันตามประเภท และขั้นตอนการผลิตของแต่ละโรงงาน ดังนั้น สิ่งสำคัญในการพิจารณานำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตร คือ สมบัติทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของคุณค่าทางธาตุอาหารพืช และปริมาณโลหะหนัก (heavy metals) ที่มีอยู่ในวัสดุเหลือใช้ชนิดนั้นๆ ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ได้เลือกวัสดุเหลือใช้ 2 ชนิดมาทำการศึกษา โดยจะกล่าวแยกดังนี้

5.1 กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) จากโรงงานผลิตผงชูรส

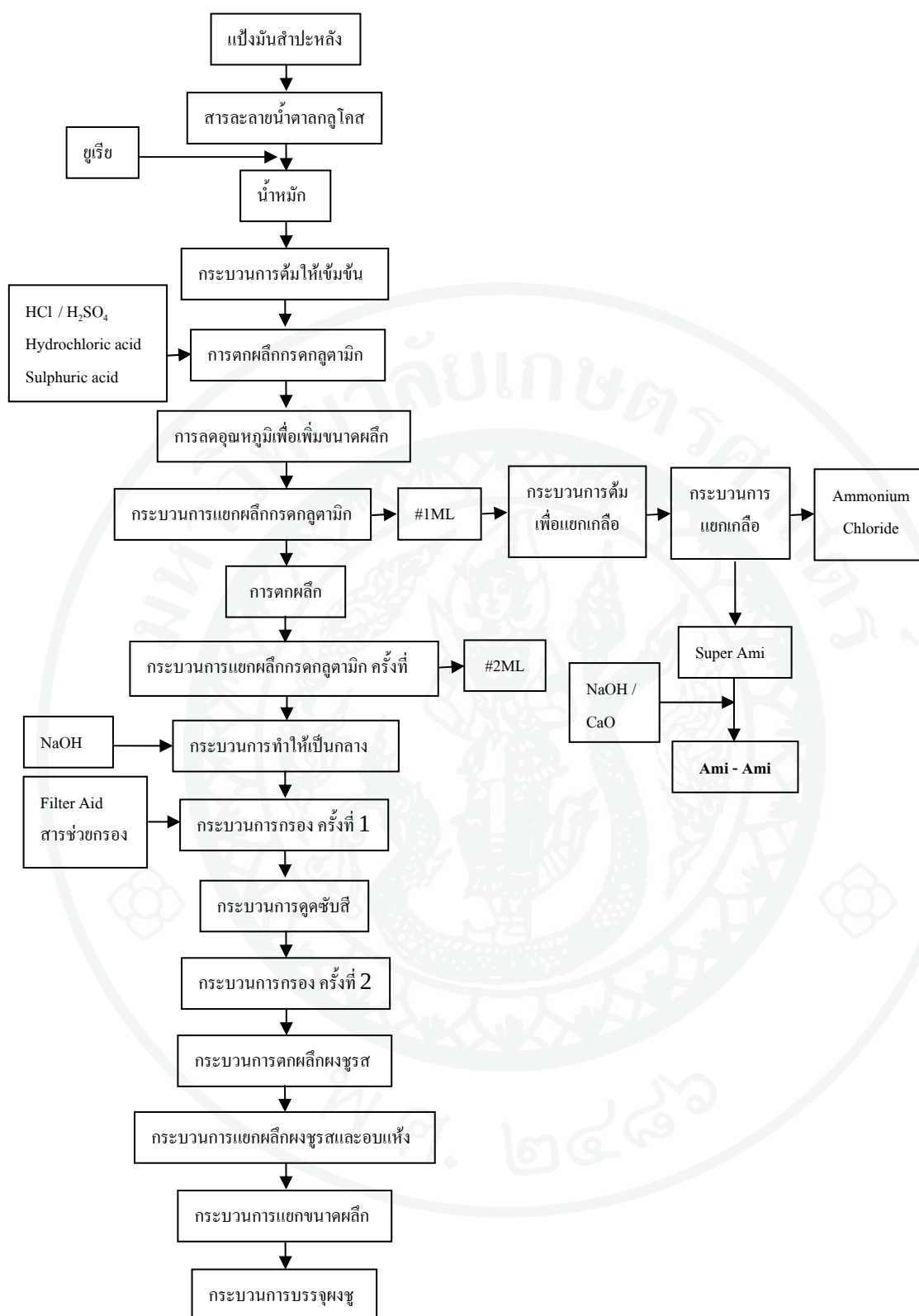
วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส ได้แก่ GML (glutamic mother liquor) ฮิวมัส (humus) และกากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge) จากข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่า โรงงานผงชูรสมีวัสดุเหลือใช้ไม่น้อยกว่า 50,000 ตัน/ปี โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวหากมีการจัดการที่ดีและเหมาะสมก็สามารถนำมาปรับปรุงบำรุงดินได้ เนื่องจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีปริมาณธาตุอาหาร สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน บางชนิดมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะนำมาใช้ปรับปรุงดินได้โดยตรง แต่บางชนิดต้องปรับสภาพบางประการให้เหมาะสมเสียก่อนจึงจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น การปรับ pH ให้เหมาะสม หรือการทำให้แห้ง เป็นต้น (ธงชัย, 2550) โดยมุกดา (2547) รายงานว่า GML เป็นของเหลวสีน้ำตาล มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (pH 4) มีค่าอัตราส่วนของ C/N = 4 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) 0.62 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) 2.02 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคลอไรด์ 8.41 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโซเดียม 2.13 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นของแข็งอินทรีย์ 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เป็นของแข็งอนินทรีย์ 17 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะ 1.23 (ที่ 32.5 องศาเซลเซียส) ต่อเมื่อนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มจะมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาล มีน้ำหนักเบา และหากได้รับการปรับ pH ให้เท่ากับ 6 ก็จะสามารถนำกากน้ำตาลผงชูรส หรืออามิ-อามิ

จากการศึกษาของสุภาพร และคณะ (2540) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) มีปริมาณไนโตรเจนสูงถึง 5.27 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส 0.37 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโพแทสเซียม 1.01 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง 6.2 และค่าการนำไฟฟ้า 98 dS/m นอกจากนี้ยังพบธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม 4.27 และ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบคลอรีนและโซเดียม การผลิตผงชูรสจะใช้แป้งมันสำปะหลังในกระบวนการผลิต มีการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ในบางขั้นตอนของการ

ผลิต ซึ่งอาจเป็นข้อจำกัดหากมีการนำกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) มาใช้ทางการเกษตร นั่นคือ อาจมีปริมาณโซเดียมตกค้างในดินได้ หากมีการใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน สำหรับกระบวนการผลิตผงชูรส ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1

5.2 จี๊ถั่วลลวย (fly ash)

จี๊ถั่วลลวย เป็นเถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหินลิกไนต์ โดยเถ้าจะถูกแยกออกจากลมร้อนที่พัดออกไปสู่ปล่องควัน และถูกจับไว้ที่เครื่องตกตะกอนโดยใช้ไฟฟ้า (electrostatic precipitator) แล้วถูกรวบรวมไว้ในที่เก็บจี๊ถั่ว (ash hopper) ปริมาณของจี๊ถั่วลลวยที่เหลือจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์มีประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักถ่านหินที่เผา จี๊ถั่วลลวยที่ออกจากเตาใหม่ๆ จะมีสีเทาอมแดง เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะมีสีเทาเข้มขึ้น สีของเถ้าถ่านหินจะขึ้นอยู่กับปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และปริมาณของคาร์บอนที่มีอยู่ในเถ้าถ่านหิน จากการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของจี๊ถั่วลลวย พบว่า รูปร่างของจี๊ถั่วลลวยมีลักษณะค่อนข้างกลมหรือกลม มีขนาดตั้งแต่ 0.03 ถึง 0.42 มิลลิเมตร ค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.23 ถึง 2.48 (วิจิตอัจนรา และคณะ, 2536) ส่วนปริมาณธาตุอาหารของจี๊ถั่วลลวย พบว่า มีธาตุแคลเซียม (Ca) มากที่สุดประมาณร้อยละ 15.6 รองลงมา ได้แก่ ซิลิคอน (Si) และอลูมิเนียม (Al) ประมาณร้อยละ 10.5 และ 6.13 ตามลำดับ และสารประกอบที่ทำให้เกิดสภาพต่างของจี๊ถั่วลลวย ได้แก่ CaO , K_2O และ MgO (สุวิชา, 2546)



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตผงชูรส

ที่มา: บริษัท आयिโนะโมะไตะ จำกัด (ม.ป.ป.)

6. ผลของวัสดุเหลือใช้ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

การนำวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ย มีรายงานการทดลองที่ยืนยันความเป็นประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว ดังต่อไปนี้

ถนัด (2533) ทดลองการใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆ ได้แก่ กากตะหุง กากตะกอนน้ำเสีย กากตะกอนอ้อย ฮิวมัส และปุ๋ยมูลไก่ เพื่อเป็นปุ๋ยสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง พบว่า อินทรีย์วัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดที่นำมาทดลองรวมทั้งปุ๋ยเคมีช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดได้แตกต่างกันดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยเคมี > กากตะหุง > ปุ๋ยมูลไก่ > ฮิวมัส > กากตะกอนน้ำเสีย > กากตะกอนอ้อย ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่อินทรีย์วัสดุเหลือใช้อย่างต่อเนื่องในระยะยาวมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณธาตุอาหารต่างๆ สะสมอยู่ในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการไม่ใส่ปุ๋ย

อำนาจ (2538) ศึกษาผลของน้ำทิ้งจากโรงงาน เอ็น เอ็ม บี ไทย จำกัด สำหรับการปลูกข้าว พบว่า น้ำทิ้งจากโรงงานมีผลให้ต้นข้าวมีความสูง จำนวนรวงต่อต้น และมวลชีวภาพสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าวโดยใช้น้ำจากแม่น้ำป่าสัก แม่น้ำเจ้าพระยา และน้ำบาดาล ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้น้ำทิ้งจากโรงงานที่มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นร่วมด้วยจะมีผลให้ผลผลิตของข้าวดีที่สุด เพราะน้ำทิ้งจากโรงงานมีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูง

อรรรรณ และคณะ (2549) ทดลองใช้ถ้ำลอยลิกไนต์เพื่อปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในพื้นที่ดินเปรี้ยวจัด พบว่า การใช้ถ้ำลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้เมล็ดข้าวกล้องมีขนาดความยาวของเมล็ดชั้น 1 (ค่ามาตรฐานความยาวเมล็ดชั้น 1 มากกว่า 7.0 มม.) ส่วนคุณภาพทางเคมีเชิงพาณิชย์ พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งปริมาณอะมิโลส ค่าคงตัวแป้งสุก และค่าการสลายตัวในต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยส่งผลให้ข้าวมีความเหนียวนุ่มมากขึ้นเมื่อหุงสุก และมีแนวโน้มในการใช้เวลาในการหุงต้มที่น้อยลง นอกจากนี้ การใส่ถ้ำลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 16-20-0 อัตรา 20 กก./ไร่ และ 46-0-0 อัตรา 10 กก./ไร่ มีผลทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกมากที่สุด (690.71 กก./ไร่)

ศศิธร และคณะ (2552) ศึกษาวัสดุเพาะกล้าจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตกล้าพืช โดยนำวัสดุเหลือใช้ 5 ชนิด ได้แก่ กากตะกอนเชื้อกระดาษ (AS) ขุยมะพร้าว (CD) ถ่านแกลบ (RCC) ขี้ถ้ำลอย (FA) และกากตะกอนอ้อย (FC) มาผสมเป็นวัสดุเพาะ

กล้าสูตรต่างๆ เพื่อใช้เป็นวัสดุเพาะกล้าสำหรับดาวเรือง โหระพา และมะเขือเทศ พบว่า วัสดุเพาะกล้าสูตรที่ 3 (AS : CD : RCC : FA : FC เท่ากับ 40 : 30 : 5 : 5 : 20 % โดยปริมาตร) สูตรที่ 4 (AS : CD : RCC : FC เท่ากับ 50 : 30 : 10 : 10 % โดยปริมาตร) สูตรที่ 7 (AS : CD : RCC : FC เท่ากับ 60 : 20 : 10 : 10 % โดยปริมาตร) สูตรที่ 8 (AS : CD : FA : FC เท่ากับ 60 : 20 : 5 : 15 % โดยปริมาตร) สูตรที่ 10 (AS : CD : RCC : FC เท่ากับ 70 : 20 : 5 : 5 % โดยปริมาตร) และสูตรที่ 11 (AS : CD : FA : FC เท่ากับ 70 : 20 : 5 : 5 % โดยปริมาตร) มีผลให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าแต่ละชนิดในภาพรวมที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก เช่น ความสูง จำนวนใบต่อต้น ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักแห้งส่วนต้น และน้ำหนักแห้งส่วนราก ตลอดจนเปอร์เซ็นต์การรอดตายของต้นกล้าใกล้เคียงกัน และดีกว่าวัสดุเพาะกล้าพีทมอส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ธนุชัย (2550) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ที่ปลูกในชุดดินไทรงามเป็นเวลา 2 ปี พบว่า การปลูกปีที่ 2 การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ร่วมกับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 150 ลิตร/ไร่ ให้ผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 600 ลิตร/ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ธนัตศรี และคณะ (2552) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด

ปาจริย์ และคณะ (2552) ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 5:1 โดยน้ำหนัก) ต่อองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P

และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และน้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการควบคุม (control) มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และน้ำหนักต่อลำของอ้อยน้อยที่สุด การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอยอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ หรือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอยอัตรา 1 และ 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 1 และ 2 ตัน/ไร่ มีผลต่อผลผลิตของอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าควบคุม (control) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนการควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำที่สุด

จันจิรา และคณะ (2552) ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษผสมขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 5:1 โดยน้ำหนักแห้ง) ต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน จำนวน 3 ถูปลูก ปรากฏผลโดยภาพรวมดังนี้ คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น และเปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์สูงสุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่การควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่ำที่สุด

กานต์ และคณะ (2552) ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหาร

หลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด

จุฑามาศ และคณะ (2553) ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษผสมจีเฝ้าลอย (อัตราส่วน 5:1 โดยน้ำหนัก) ต่อองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยต่อปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้ คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมจีเฝ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและจีเฝ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ผลผลิต จำนวนลำ ความยาวลำ และน้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและจีเฝ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมจีเฝ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิต จำนวนลำ ความยาวลำ น้ำหนักต่อลำ และน้ำหนักเศษเหลือของอ้อยต่ำที่สุด นอกจากนี้ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษผสมจีเฝ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและจีเฝ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและจีเฝ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลต่ำที่สุด

เขวาลักษณ์ และคณะ (2554) ศึกษาผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยที่อายุ 8 เดือนหลังปลูกมากที่สุด นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และน้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด อีกทั้งการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ ยังมีผลให้ผลผลิตอ้อยสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา

800 ลิตร/ไร่ นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 400 ลิตร/ไร่ มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 800 ลิตร/ไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 800 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ ผลผลิตอ้อยสด ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด

ชัยสิทธิ์ และคณะ (2555) ศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวนาดำพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 250 ลิตร/ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 500 ลิตร/ไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) อัตรา 500 ลิตร/ไร่ ขณะที่ดำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยและกากน้ำตาลผงชูรส) ให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวต่ำที่สุด

7. ผลของวัสดุเหลือใช้ต่อสมบัติของดิน

การใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดินนอกจากจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชแล้ว วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และทางฟิสิกส์ของดินอีกด้วย ดังรายงานการศึกษาต่อไปนี้

จามิกร (2537) ทดลองใช้กากละหุ่ง กากตะกอนน้ำเสีย ปุ๋ยหมักฟางข้าว และน้ำทิ้งจากการผลิตก๊าซชีวภาพ กับข้าวโพดหวาน ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี พบว่า การใช้วัสดุเหลือใช้และปุ๋ยเคมีไม่มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า ค่า pH ของดิน ปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียมในดินแตกต่างกัน การใช้กากตะกอนน้ำเสียแบบใส่เดียวมีผลให้ปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย การใส่ปุ๋ยหมักฟางข้าวทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

ชัยสิทธิ์ (2538) ศึกษาการใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับ กวางตุ้ง และข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้ทั้งที่ใส่ เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินเพียงเล็กน้อย เช่น ค่า pH ของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดง แต่มีแนวโน้มให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น เช่น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และปริมาณของเม็ดดินที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตรเพิ่มมากขึ้น

ชัย และคณะ (2543) รายงานว่าจีเถ้าลอยมีลักษณะเป็นสารปอซโซลาน (Pozzolan) สังกะเรทซ์ เมื่ออยู่ในสภาพแห้งจะมีลักษณะเป็นผงฝุ่น ไม่มีสมบัติเชื่อมเกาะกันระหว่างอนุภาค ต่อเมื่อสัมผัสกับน้ำหรือความชื้นภายใต้สภาพอุณหภูมิปกติ จะสามารถทำปฏิกิริยากับปูนแคลเซียม ไฮดรอกไซด์ เกิดเป็นสารใหม่ที่มีสมบัติในการเชื่อมประสาน โดยจีเถ้าลอยอนุภาคหยาบจะมีพื้นที่ ผิวจำเพาะน้อยและทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic) ได้ช้ากว่าจีเถ้าลอยอนุภาคละเอียด นอกจากนี้ จีเถ้าลอยอนุภาคหยาบจะมีโอกาสอุดช่องว่างเม็ดดิน (pore space) ได้น้อยกว่า จึงมีส่วน ในการส่งเสริมให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น

สันติ และคณะ (2543) รายงานการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการใช้วัสดุ เหลือใช้จากโรงงานผงชูรสเป็นปุ๋ยสำหรับข้าวโพดฝักอ่อนและถั่วเหลืองรับประทานฝักสดเป็นเวลา 3 ปี พบว่า ทุกคำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยและวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส มีผลให้ค่า pH ค่าการ นำไฟฟ้า (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ ดินก่อนปลูก อย่างไรก็ตาม ค่า EC_e ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยและวัสดุเหลือใช้ทั้ง 3 ชนิด ไม่ส่งผล กระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนและถั่วเหลืองแต่อย่างใด

ดิสสพันธุ์ และคณะ (2544) รายงานการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการใช้ วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรสเป็นปุ๋ยสำหรับข้าวโพด-ข้าวฟ่างเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินในคำรับทดลองที่มีการใช้วัสดุเหลือใช้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในดินชุดลพบุรี และลดลง ในชุดวังไฮ เมื่อเปรียบเทียบกับคำรับทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยหรือคำรับควบคุม (control)

ธนุชัย (2550) รายงานการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการใช้กากน้ำตาลผงชู รส (อามิ-อามิ) เป็นปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลังเป็นเวลา 2 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ทุกอัตรา มีผลให้ไนโตรเจนและ ฟอสฟอรัสในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ค่า pH ของดินลดลง ขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณ

โพแทสเซียม และปริมาณแมกนีเซียมในดินมีค่าไม่ต่างกันในทุกกรรมวิธีการใส่ปุ๋ย โดยมีค่าลดลงภายหลังสิ้นสุดการปลูกมันสำปะหลังในปีที่ 2

ธนัตศรี (2552) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำที่สุด ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH ของดินสูงที่สุด การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ตามลำดับ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ส่วนการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าความจุสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ค่าความจุสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด

ปาจริย์ (2552) ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่วนการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับ

ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าความจุสนาม และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ค่าความจุสนาม และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด

เรวัตร และคณะ (2552) ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนโรงงานผลิตผงชูรส (GML) และกากตะกอนหมักกรองจากโรงงานผลิตน้ำตาลทราย (FPC) โดยทดลองหมักปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 5 ดำรับทดลอง คือ GML เพียงอย่างเดียว GML ผสม FPC สัดส่วน 3:1, 1:1 และ 1:3 โดยปริมาตร และ FPC เพียงอย่างเดียว พบว่า ปุ๋ยอินทรีย์ทั้ง 5 สูตร มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า อัตราการบดในไนโตรเจน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกสัปดาห์ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการหมักปุ๋ยอินทรีย์ของทุกดำรับทดลอง คือ สัปดาห์ที่ 4 ของการหมัก

กานต์ (2553) การศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH ของดินสูงที่สุด การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ตามลำดับ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกาก

ตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ส่วนการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้ค่าจุดเหี่ยวถาวรของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ค่าจุดเหี่ยวถาวรต่ำที่สุด ส่วนการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่ค่าควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด

จุฑามาศ (2553) ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 5:1 โดยน้ำหนักแห้ง ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอ (ปีที่ 1) ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่วนการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 1 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 1 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ค่าควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุความชื้น ที่เป็นประโยชน์ของดินต่ำที่สุด

จันจิรา (2553) ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 5:1 โดยน้ำหนักแห้ง ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดิน กำแพงแสน พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือ การใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงด่างเล็กน้อย และมีค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ขณะที่ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ส่วนการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 2 ตัน/ไร่ มีผลให้ค่าความหนาแน่นรวม ความจุสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ดีที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากตะกอนเยื่อกระดาษและขี้เถ้าลอยอัตรา 4 ตัน/ไร่ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ค่าความจุสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด

เขาวลัษณ์ และคณะ (2554) ศึกษาผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินภายหลังการปลูกอ้อยเป็นเวลา 1 ปี สามารถสรุปผลการทดลองโดยภาพรวมได้ดังนี้ คือ ค่า pH ของดินอยู่ในระดับกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง

ชัยสิทธิ์ และคณะ (2555) ศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวนาดำพันธุ์พิษณุโลก 2 พบว่า การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่

Chang *et al.* (1977 และ 1989) รายงานว่า เถ้าลอยลิกไนต์ เมื่อเติมหรือผสมคลุกเคล้าในดินทรายหรือดินเหนียว จะมีส่วนในการปรับสภาพเนื้อดิน (soil texture) ส่งผลให้โครงสร้างของดินดีขึ้นได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ความหมาย
pH (1:1)	7.25	เป็นกลาง
EC _e (dS/m)	0.51	ไม่เค็ม
Organic Matter (%) ^{1/}	0.85	ต่ำ
Available P (mg/kg) ^{2/}	23.60	ค่อนข้างสูง
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	46.31	ต่ำ
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	1,444.67	สูง
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	1,068.50	สูง
Exchangeable Na (mg/kg)	38.34	-
Sand (%) ^{4/}	72.85	-
Silt (%) ^{4/}	17.04	-
Clay (%) ^{4/}	10.12	-
Texture ^{4/}	sandy loam	ร่วนปนทราย

หมายเหตุ ^{1/} = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

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

^{3/} = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

^{4/} = ณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

2. วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ได้แก่ ขี้เถ้าลอย (fly ash) และวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส ได้แก่ กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ซึ่งค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุเหลือใช้ที่ทำการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้	
	กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ)	ขี้เถ้าลอย (fly ash)
pH (3:50)	4.03	10.59
EC (1:10, dS/m)	32.93	4.35
Organic matter (%)	17.56	4.11
Total N (%)	4.63	0.07
Total P ₂ O ₅ (%)	0.74	0.66
Total K ₂ O (%)	4.27	0.85
Total Ca (%)	0.02	5.52
Total Mg (%)	0.13	0.85
Total Fe (%)	0.018	2.314
Total Mn (%)	0.002	0.044
Total Cu (%)	nd	0.008
Total Zn (%)	0.001	0.022
Total S (%)	5.994	2.868
Total Na (%)	2.297	0.555

หมายเหตุ nd = not detected

3. กระบะพลาสติก และกระป๋องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร
4. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ใช้พันธุ์แปซิฟิก 999
5. ปุ๋ยเคมี (inorganic fertilizer, IF) ที่ใช้ในการทดลอง
 - 5.1 ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N)
 - 5.2 ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅)
 - 5.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O)
6. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ เทปวัดระยะ ไม้ปักหลัก เครื่องมือไถพรวน (รถแทรกเตอร์) คราด และจอบ
7. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถุงตาข่ายสำหรับเก็บตัวอย่าง ไม้เมตรสำหรับวัดความสูง เครื่องชั่งน้ำหนักพืชในสนาม
8. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ พลั่วตักดินหรือชุดดิน (spades) เพื่อเก็บตัวอย่างดิน (core sampling) ถุงเก็บตัวอย่างดิน (sample bags) และพลั่วตักดินขนาดเล็ก (minispades)
9. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพของดิน
 - 9.1 pH meter (420A model)
 - 9.2 Electrical conductivity meter (4010 model)
 - 9.3 Micro-Kjeldahl distillation apparatus (Gerhard: VAP20 model)
 - 9.4 Digestion apparatus (Gerhard: Ger 704000 model)
 - 9.5 Atomic absorption spectrophotometer (SpectrAA 229FS)
 - 9.6 เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง
 - 9.7 ตู้อบ (WTB Binder: EED 240 model)
10. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

การศึกษาประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย ในห้องปฏิบัติการ

ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยจำนวน 6 อัตราส่วน แต่ละอัตราส่วน ประกอบด้วย 5 ซ้ำ ซึ่งรายละเอียดของการผสมเป็นไปตามอัตราส่วนดังนี้

อัตราส่วนที่ 1 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 1000 : 0
โดยน้ำหนัก (ami-ami_{1000} ; fly ash₀)

อัตราส่วนที่ 2 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 0 : 1000
โดยน้ำหนัก (ami-ami_0 ; fly ash₁₀₀₀)

อัตราส่วนที่ 3 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 250 : 1000
โดยน้ำหนัก (ami-ami_{250} ; fly ash₁₀₀₀ หรือ ami-ami_1 ; fly ash₄)

อัตราส่วนที่ 4 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 500 : 1000
โดยน้ำหนัก (ami-ami_{500} ; fly ash₁₀₀₀ หรือ ami-ami_1 ; fly ash₂)

อัตราส่วนที่ 5 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 750 : 1000
โดยน้ำหนัก (ami-ami_{750} ; fly ash₁₀₀₀ หรือ ami-ami_3 ; fly ash₄)

อัตราส่วนที่ 6 ผสมกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอย เท่ากับ 1000 : 1000
โดยน้ำหนัก (ami-ami_{1000} ; fly ash₁₀₀₀ หรือ ami-ami_1 ; fly ash₁)

1. การเตรียมวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย

นำกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยมาผสมในกระบะพลาสติกโดยมีอัตราส่วนของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 0, 0 : 1000, 250 : 1000, 500 : 1000, 750 : 1000 และ 1000 : 1000 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ตารางที่ 6) จากนั้น ทำการหมักวัสดุผสมดังกล่าวเป็นระยะเวลา 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน ตามลำดับ

ตารางที่ 6 รายละเอียดของการทดลองที่ 1

วัสดุผสม	ปริมาณโดยน้ำหนัก	
	กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ^{1/}	ขี้เถ้าลอย ^{2/}
อัตราส่วนที่ 1 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₀	1,000	0
อัตราส่วนที่ 2 = ami-ami ₀ : fly ash ₁₀₀₀	0	1,000
อัตราส่วนที่ 3 = ami-ami ₂₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	250	1,000
อัตราส่วนที่ 4 = ami-ami ₅₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	500	1,000
อัตราส่วนที่ 5 = ami-ami ₇₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	750	1,000
อัตราส่วนที่ 6 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	1,000	1,000

หมายเหตุ ami-ami = กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ)

^{1/} = ปริมาณโดยน้ำหนัก (มิลลิลิตร)

fly ash = ขี้เถ้าลอย

^{2/} = ปริมาณโดยน้ำหนัก (กรัม)

2. การเก็บข้อมูล

ภายหลังสิ้นสุดการหมักวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยในแต่ละตำรับทดลองที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน ทำการสุ่มตัวอย่างวัสดุผสมในแต่ละตำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินเบื้องต้น โดยสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH, 3:50) และค่าการนำไฟฟ้า (EC, 1:10) ของวัสดุผสม จากนั้น นำวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยในแต่ละตำรับการทดลองที่ระยะการหมัก 28 วัน มาทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH, 3:50) ค่าการนำไฟฟ้า (EC, 1:10) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ปริมาณ

โพแทสเซียมทั้งหมด ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) และปริมาณโซเดียมทั้งหมด

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ 7 ดำรับทดลอง โดยมีดำรับทดลองดังนี้

ดำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (control)

ดำรับทดลองที่ 2 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย อัตรา 600 กก./ไร่ (ami-ami+fly ash)₆₀₀

ดำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่
[IF_{(ami-ami + fly ash)600}]

ดำรับทดลองที่ 4 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)300}]

ดำรับทดลองที่ 5 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย อัตรา 1,200 กก./ไร่ (ami-ami+fly ash)₁₂₀₀

ตำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่

$$[IF_{(ami-ami + fly ash)1200}]$$

ตำรับทดลองที่ 7 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600} + IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$

2. ขนาดของแปลงทดลอง

พื้นที่ปลูกทั้งหมด 756 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4 เมตร และยาว 9 เมตร โดยมีระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 50 เซนติเมตร และมีขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 3 x 8 เมตร

3. การปลูก

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์และปรับพื้นที่ปลูกให้เป็นร่อง ซึ่งมีสันร่องสูงประมาณ 20 เซนติเมตร โดยในแต่ละแปลงย่อยมีจำนวนร่อง 5 แถว ห่างกันแถวละ 0.75 เมตร จากนั้นทำการปลูกข้าวโพดโดยการหยอดเมล็ดด้วยเครื่องกระทุ้ง (Jab seeder) ที่ข้างร่อง ซึ่งแต่ละหลุมห่างกัน 25 เซนติเมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 2-3 เมล็ด เมื่อข้าวโพดอายุได้ 15 วัน จึงถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม

4. การใส่ปุ๋ยเคมี

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครั้งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่ระยะ 20 และ 40 วันหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่อัตรา 5.76, 6.18 และ 6.06 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 4 ใส่อัตรา 2.88, 3.09 และ 3.03 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ 6 ใส่อัตรา 11.52, 12.36 และ 12.12 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 7

5. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย

ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (พิจารณาอัตราส่วนที่เหมาะสมจากผลการทดลองที่ 1) โดยใส่เพียงครั้งเดียวตามดำรับทดลองภายหลังการถอนแยกกล้าข้าวโพด จากนั้น ใช้อบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน โดยดำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและขี้เถ้าลอยในอัตรา 600 และ 1,200 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและขี้เถ้าลอยอัตรา 300 และ 600 กก./ไร่ ตามลำดับ รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดการใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (การทดลองที่ 2)

ดำรับทดลอง	วัสดุผสม (กรัม/แปลง ย่อย)	21-0-0 (กรัม/แปลง ย่อย)	0-46-0 (กรัม/แปลง ย่อย)	0-0-60 (กรัม/แปลง ย่อย)
T ₁ = Control	-	-	-	-
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	12,656	-	-	-
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	-	579	284	213
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	6,328	290	142	107
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	25,312	-	-	-
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	-	1158	568	426
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	12,656	579	284	213

6. การเก็บข้อมูล

6.1 การเก็บข้อมูลของดิน

6.1.1 การศึกษาสมบัติของดินในแปลงทดลองก่อนปลูก

6.1.1.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำดินที่เก็บจากแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร ไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้น บดให้ละเอียดและผสมคลุกเคล้าดินให้มีความสม่ำเสมอ นำดินส่วนหนึ่งมา ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ในห้องปฏิบัติการต่อไป

6.1.1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

6.1.1.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (ทศนีย์ และจรงักษ์, 2542)

6.1.1.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated extract) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (ทศนีย์ และจรงักษ์, 2542)

6.1.1.2.3 Organic matter โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

6.1.1.2.4 Available P โดยวิธี Bray II (0.1 N HCl+ 0.03N NH₄F) แล้วนำไปวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (ทศนีย์ และจรงักษ์, 2542)

6.1.1.2.5 Exchangeable K, Ca, Mg และ Na สกัดดินด้วยสารละลาย 1N. $\text{NH}_4 \text{CH}_3\text{COO}$ pH 7 แล้วนำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

6.1.1.3 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก จากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer (ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2551)

6.1.2 การศึกษาสมบัติของดินในแปลงทดลองหลังการเก็บเกี่ยว

ทำการวัดและวิเคราะห์ สมบัติทางเคมี ตามที่ได้อธิบายไว้ในข้อ 6.1.1

6.2 การเก็บข้อมูลของวัสดุเหลือใช้สำหรับการทดลอง

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิดก่อนการทดลอง และวัสดุผสม ระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตราที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 ดังต่อไปนี้

6.2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้ pH meter อัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้และ/หรือวัสดุผสมต่อน้ำ เท่ากับ 3:50

6.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) โดยวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากวัสดุเหลือใช้และ/หรือวัสดุผสม โดยใช้อัตราส่วนระหว่างวัสดุเหลือใช้และ/หรือวัสดุผสมต่อน้ำ เท่ากับ 1:10 วัดด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

6.2.3 ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ โซเดียมทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างด้วยสารละลาย digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{Se mixture}$) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนโดยการกลั่นด้วยอุปกรณ์ (N-determination apparatus) ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธีการเทียบสี (colorimetric method) และวัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

6.3 ข้อมูลพืช

6.3.1 การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

6.3.1.1 ความสูงต้นที่อายุ 1 และ 2 เดือน โดยวัดจากพื้นดินถึงปลายใบที่ยาวที่สุด ซึ่งสุ่มวัดจาก 10 ต้นแล้วหาค่าเฉลี่ย

6.3.1.2 ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar) ที่อายุ 1 และ 2 เดือน โดยวัดจากพื้นดินถึงคอของใบสุดท้าย ซึ่งสุ่มวัดจาก 10 ต้นแล้วหาค่าเฉลี่ย

6.3.1.3 ค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) ที่อายุ 1 และ 2 เดือน โดยวัดด้วยเครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ตำแหน่งใบที่ 3-4 จากปลายยอด (จันจิรา และคณะ, 2552) ซึ่งสุ่มวัดจาก 10 ต้นๆ ละ 6 จุด แล้วหาค่าเฉลี่ย

6.3.2 ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

6.3.2.1 น้ำหนักฝักทั้งเปลือก

6.3.2.2 น้ำหนักฝักปอกเปลือก

6.3.2.3 จำนวนฝักสมบูรณ์ ได้แก่ ฝักที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์ และมีเมล็ดเต็มฝัก

6.3.2.4 น้ำหนักเมล็ด (ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์)

6.3.2.5 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์)

6.3.2.6 น้ำหนักเปลือกและน้ำหนักขัง

6.3.2.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก} = \frac{\text{น้ำหนักฝักปอกเปลือก}}{\text{น้ำหนักฝักทั้งเปลือก}} \times 100$$

6.3.2.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและน้ำหนักซัง ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและน้ำหนักซัง} = \frac{\text{น้ำหนักเปลือกและน้ำหนักซัง}}{\text{น้ำหนักฝักทั้งเปลือก}} \times 100$$

6.3.2.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด ซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ด}}{\text{น้ำหนักฝักทั้งเปลือก}} \times 100$$

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test)

8. สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดลองและวิจัยของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

9. ระยะเวลาทำการทดลอง

ดำเนินการทดลองในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2555

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยในห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ปรากฏผลดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุผสม

การศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน (ตารางที่ 8) พบว่า วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 0 โดยน้ำหนัก [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₀] มีผลให้ค่า pH ต่ำที่สุดในทุกระยะการหมัก (pH ในช่วง 3.89-4.17) โดยค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดรุนแรงมาก (pH ในช่วง 3.50-4.40) ส่วนวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย เท่ากับ 0 : 1000 โดยน้ำหนัก [ami-ami₀: fly ash₁₀₀₀] มีผลให้ค่า pH สูงที่สุดในทุกระยะการหมัก (pH ในช่วง 10.49-10.69) โดยค่า pH อยู่ในระดับเป็นด่างจัดมาก (pH > 9.00) นอกจากนี้ วัสดุผสมที่มีกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นส่วนผสมมากขึ้น มีผลให้ค่า pH ของวัสดุผสมลดลงในทุกระยะการหมัก ([ami-ami₂₅₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₅₀₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₇₅₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀]) ทั้งนี้เป็นเพราะกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) มีคุณสมบัติเป็นกรดรุนแรงมาก (Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) นั่นเอง (ตารางที่ 5) อีกทั้งมีข้อสังเกตว่าค่า pH ของวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตามระยะการหมัก

2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของวัสดุผสม

การศึกษาค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน (ตารางที่ 9) พบว่า วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 0 โดยน้ำหนัก [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₀] มีผลให้ค่า EC มากที่สุดในทุกระยะการหมัก (EC ในช่วง 28.36-31.49 dS/m) โดยมีค่า EC หรือค่าความเค็มในระดับเค็มมากที่สุด (EC > 16 dS/m) ส่วนวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้า

ลดย เทากับ 0 : 1000 โดยน้ำหนัก [ami-ami₀: fly ash₁₀₀₀] มีผลให้ค่า EC ต่ำที่สุดในทุกระยะการหมัก (EC ในช่วง 3.78-4.17 dS/m) โดยมีค่า EC หรือค่าความเค็มในระดับไม่เค็มถึงระดับเค็มปานกลาง (EC ในช่วง 2-8 dS/m) นอกจากนี้ วัสดุผสมที่มีกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นส่วนผสมมากขึ้น มีผลให้ค่า EC ของวัสดุผสมเพิ่มขึ้นในทุกระยะการหมัก ([ami-ami₂₅₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₅₀₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₇₅₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀]) ทั้งนี้เป็นเพราะกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) มีค่า EC หรือค่าความเค็มในระดับเค็มมากที่สุด (Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) นั่นเอง (ตารางที่ 5) อีกทั้งมีข้อสังเกตว่า ค่า EC ของวัสดุผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยตามระยะการหมัก เช่นเดียวกับค่า pH ของวัสดุผสม

ตารางที่ 8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH, 3:50) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน

วัสดุผสม	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH, 3:50)				
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อัตราส่วนที่ 1 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₀	3.89	4.01	4.05	4.13	4.17
อัตราส่วนที่ 2 = ami-ami ₀ : fly ash ₁₀₀₀	10.49	10.56	10.61	10.65	10.69
อัตราส่วนที่ 3 = ami-ami ₂₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	8.58	8.29	8.25	8.31	8.34
อัตราส่วนที่ 4 = ami-ami ₅₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	8.26	8.25	8.21	8.25	8.26
อัตราส่วนที่ 5 = ami-ami ₇₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	8.08	8.11	8.13	8.19	8.16
อัตราส่วนที่ 6 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	7.82	7.76	7.95	7.98	8.00

ตารางที่ 9 ค่าการนำไฟฟ้า (EC, 1:10) ของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และ จีเถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 1, 7, 14, 21 และ 28 วัน

วัสดุผสม	ค่าการนำไฟฟ้า (EC, dS/m)				
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
อัตราส่วนที่ 1 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₀	28.36	30.25	31.22	31.54	31.49
อัตราส่วนที่ 2 = ami-ami ₀ : fly ash ₁₀₀₀	3.78	3.89	3.95	4.10	4.17
อัตราส่วนที่ 3 = ami-ami ₂₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	5.29	5.05	4.13	4.78	4.80
อัตราส่วนที่ 4 = ami-ami ₅₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	7.15	6.89	5.95	6.64	6.50
อัตราส่วนที่ 5 = ami-ami ₇₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	8.10	8.67	7.57	8.35	8.15
อัตราส่วนที่ 6 = ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	9.40	9.62	9.34	9.43	10.22

3. สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และ จีเถ้าลอย ที่ระยะการหมัก 28 วัน

การศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและจีเถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 28 วัน (ตารางที่ 10) พบว่า วัสดุผสมที่มีกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นส่วนผสมมากขึ้น มีแนวโน้มให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ของวัสดุผสมลดลงเล็กน้อย ([ami-ami₂₅₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₅₀₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₇₅₀: fly ash₁₀₀₀] > [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀]) โดยวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 1000 โดยน้ำหนัก [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀] มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผสมอัตราอื่นๆ ในทางตรงข้ามกลับพบว่าวัสดุผสมที่มีกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นส่วนผสมมากขึ้น มีแนวโน้มให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมของวัสดุผสมเพิ่มขึ้น ([ami-ami₂₅₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₅₀₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₇₅₀: fly ash₁₀₀₀] < [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀]) โดยวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 1000 โดยน้ำหนัก [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀] มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และโซเดียมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุผสมอัตราอื่นๆ

จากผลการศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมข้างต้น (ตารางที่ 8, 9 และ 10) จึงพิจารณาเลือกวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย เท่ากับ 1000 : 1000 โดยน้ำหนัก [ami-ami₁₀₀₀: fly ash₁₀₀₀ หรือ ami-ami₁: fly ash₁] ที่ระยะการหมัก 28 วัน เพื่อทดสอบผลของวัสดุผสมดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (การทดลองที่ 2) ทั้งนี้เพราะวัสดุผสมดังกล่าวมีสมบัติทางเคมีโดยภาพรวมค่อนข้างดีที่สุด เช่น มีค่า pH และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ต่ำที่สุด ขณะที่มีความอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมสูงที่สุด อย่างไรก็ตาม วัสดุผสมดังกล่าวมีข้อจำกัดด้านสมบัติทางเคมีที่ควรระวังเป็นพิเศษหากนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณโซเดียมทั้งหมดที่สูงกว่าวัสดุผสมอัตราอื่นๆ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 สมบัติทางเคมีบางประการของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตราต่างๆ ที่ระยะการหมัก 28 วัน

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้			
	ami-ami ₂₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	ami-ami ₅₀₀ : fly ash ₁₀₀₀	ami-ami ₇₅₀ : fly ash ₁₀₀₀	ami-ami ₁₀₀₀ : fly ash ₁₀₀₀
pH (3:50)	8.42	8.36	8.14	7.93
EC (1:10, dS/m)	5.06	6.95	8.40	10.84
Organic matter (%)	1.58	1.74	3.44	6.49
Total N (%)	0.14	0.24	0.53	0.96
Total P ₂ O ₅ (%)	0.91	0.93	0.96	1.03
Total K ₂ O (%)	0.75	0.94	0.89	1.01
Total Ca (%)	0.97	1.24	1.22	1.46
Total Mg (%)	0.93	0.87	0.80	0.77
C/N ratio	6.50 : 1	4.17 : 1	3.75 : 1	3.91 : 1
Total Na (%)	0.830	1.211	1.476	1.915

การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน พ.ศ. 2554 (ต้นฤดูฝน) ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ต้นฤดูฝน)

1.1 ความสูงต้น

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 11) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้ความสูงต้นของข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ ตามลำดับ ขณะที่ได้รับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นของข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

1.2 ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar)

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ การใส่วัสดุผสม

ระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)300}] ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 11 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)

ดำรับทดลอง	ความสูงต้น (ซม.)	
	1 เดือน	2 เดือน
T ₁ = Control	65.30 ^d	140.33 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	87.33 ^c	155.67 ^c
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	88.70 ^c	163.67 ^{bc}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	90.17 ^{bc}	171.50 ^{ab}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	101.50 ^{ab}	177.17 ^{ab}
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	106.03 ^a	178.57 ^{ab}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	111.47 ^a	183.83 ^a
F-test	**	**
CV (%)	7.91	4.83

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 12 ความสูงคอบีสุดท้ายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)

คำรับทดลอง	ความสูงคอบีสุดท้าย (ซม.)	
	1 เดือน	2 เดือน
$T_1 = \text{Control}$	47.65 ^b	102.00 ^d
$T_2 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600}$	54.57 ^a	118.17 ^c
$T_3 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}$	55.26 ^a	123.83 ^{bc}
$T_4 = (\text{ami-ami+fly ash})_{300} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})300}$	56.56 ^a	134.07 ^{ab}
$T_5 = (\text{ami-ami+fly ash})_{1200}$	57.14 ^a	134.43 ^{ab}
$T_6 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}$	57.56 ^a	138.80 ^{ab}
$T_7 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})600}$	58.56 ^a	145.10 ^a
F-test	*	**
CV (%)	8.04	6.67

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

1.3 ค่าความเขียวของใบ

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับ ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 13) กล่าวคือ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก พบว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})600}]$ มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[\text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}]$ ส่วนที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่าทุกคำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่

ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เดี่ยวลยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงกอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เดี่ยวลยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันจิรา และคณะ (2552)

ตารางที่ 13 ค่าความเขียวของใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ค่าความเขียวของใบ (SPAD reading)	
	1 เดือน	2 เดือน
T ₁ = Control	34.56 ^c	32.93 ^b
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	36.74 ^{de}	48.75 ^a
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	37.88 ^d	48.95 ^a
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	38.56 ^{cd}	48.97 ^a
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	41.21 ^{bc}	52.30 ^a
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	43.52 ^{ab}	53.21 ^a
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	44.63 ^a	53.37 ^a
F-test	**	**
CV (%)	4.26	10.59

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2. ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ต้นฤดูฝน)

2.1 จำนวนฝักต่อต้น

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดใกล้เคียงกัน (1.00-1.05 ฝัก/ต้น) และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดต่ำที่สุดเพียง 0.88 ฝัก/ต้น

2.2 จำนวนฝักสมบูรณ์

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600} + IF_{(ami-ami + fry ash)600}]$ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{300} + IF_{(ami-ami + fry ash)300}]$ มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดมากที่สุด (100.00 %) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดต่ำที่สุด (89.32 %)

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว มีแนวโน้มให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดต่ำกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลย ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ

ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการใส่กากน้ำตาลผงหุส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียวน่าจะมีข้อจำกัดด้านสมบัติทางเคมี โดยเฉพาะค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณโซเดียมทั้งหมดที่ค่อนข้างสูง (ตารางที่ 10) ซึ่งอาจมีผลทำให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดต่ำลงได้

ตารางที่ 14 จำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	จำนวนฝักต่อต้น	จำนวนฝักสมบูรณ์ (%)
T ₁ = Control	0.88 ^b	89.32 ^c
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	1.00 ^a	94.54 ^b
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	1.03 ^a	98.36 ^a
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	1.02 ^a	100.00 ^a
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	1.00 ^a	95.55 ^b
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	1.02 ^a	100.00 ^a
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	1.05 ^a	100.00 ^a
F-test	*	**
CV (%)	7.48	7.05

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2.3 น้ำหนักฝักทั้งเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,102.79 กก./ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด (1,144.00 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$

2.4 น้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (1,794.44 กก./ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด (976.67 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$

2.5 น้ำหนักเปลือกและซัง

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๊ดาลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดมากที่สุด (570.03 กก./ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดน้อยที่สุด (319.28 กก./ไร่)

2.6 น้ำหนักเมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๊ดาลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,532.76 กก./ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด (824.72 กก./ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวนในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้น้ำหนักฟักทั้งเปลือก น้ำหนักฟักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดโดยภาพรวมสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวนในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันจิรา และคณะ (2552) และเขาวลัษณ์ และคณะ (2554)

ตารางที่ 15 น้ำหนักฟักทั้งเปลือก น้ำหนักฟักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	น้ำหนักฟัก ทั้งเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนักฟัก ปอกเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนัก เปลือกและ ซัง(กก./ไร่)	น้ำหนัก เมล็ด (กก./ไร่)
T ₁ = Control	1,144.00 ^d	976.67 ^d	319.28 ^d	824.72 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	1,309.35 ^d	1,132.59 ^d	374.54 ^{cd}	934.81 ^d
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	1,521.48 ^c	1,356.80 ^c	371.76 ^{cd}	1,149.72 ^c
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	1,610.67 ^{bc}	1,408.37 ^{bc}	367.51 ^{cd}	1,243.16 ^{bc}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	1,549.37 ^c	1,332.87 ^c	388.53 ^c	1,160.84 ^{bc}
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	1,769.43 ^b	1,568.36 ^b	481.84 ^b	1,287.59 ^b
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	2,102.79 ^a	1,794.44 ^a	570.03 ^a	1,532.76 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	12.06	14.04	14.56	11.90

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุยเคมี และการใส่ปุยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 85.34-89.18 เปอร์เซ็นต์

2.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซัง

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุยเคมี และการใส่ปุยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$ มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดมากที่สุด (28.61 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม (control) การใส่ปุยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ ตามลำดับ ขณะที่การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดน้อยที่สุด (22.82 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$

2.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เฝ้าลออย่างเดี่ยว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 71.39-77.18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและชัง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	% น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก	% น้ำหนัก เปลือกและชัง	% น้ำหนัก เมล็ด
T ₁ = Control	85.37	27.91 ^{ab}	72.09
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	86.50	28.61 ^a	71.39
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	89.18	24.43 ^{bc}	75.57
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	87.44	22.82 ^c	77.18
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	86.03	25.08 ^{abc}	74.92
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	88.64	27.23 ^{ab}	72.77
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	85.34	27.11 ^{ab}	72.89
F-test	ns	*	ns
CV (%)	11.80	14.54	8.04

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสคมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยการไ้ใช้ DMRT.

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.10 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๊ดาลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับ ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาล ผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุ ผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (372.43 กรัม) ไม่ แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่าง กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหาร หลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly ash)300}]$ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่าง กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$ ตามลำดับ ขณะที่ ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด (317.32 กรัม) ไม่ แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๊ดาลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600}]$

ตารางที่ 17 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
$T_1 = \text{Control}$	317.32 ^b
$T_2 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600}$	323.84 ^b
$T_3 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}$	359.67 ^a
$T_4 = (\text{ami-ami+fly ash})_{300} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})300}$	359.93 ^a
$T_5 = (\text{ami-ami+fly ash})_{1200}$	367.52 ^a
$T_6 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}$	368.81 ^a
$T_7 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})600}$	372.43 ^a
F-test	**
CV (%)	5.40

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 1 : 1 โดยน้ำหนัก) ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2555 (ปลายฤดูฝน) ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ปลายฤดูฝน)

1.1 ความสูงต้น

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) กล่าวคือ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้ความสูงต้นของข้าวโพดมากที่สุด (93.37 ซม.) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 189.40-210.00 ซม. และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ตารางที่ 18 ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)

คำรับทดลอง	ความสูงต้น (ซม.)	
	1 เดือน	2 เดือน
T ₁ = Control	62.03 ^c	144.07 ^b
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	72.57 ^{bc}	189.40 ^a
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	75.13 ^b	197.07 ^a
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	79.60 ^b	197.77 ^a
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	81.10 ^b	205.33 ^a
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	81.73 ^b	207.33 ^a
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	93.37 ^a	210.00 ^a
F-test	**	**
CV (%)	9.52	12.22

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

1.2 ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar)

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19) กล่าวคือ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)600}] มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดมากที่สุด (48.73 ซม.) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)1200}] การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่

ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$ ตามลำดับ

ส่วนที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดมากที่สุด (149.30 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

1.3 ค่าความเขียวของใบ

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 20) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$

ash)₁₂₀₀] ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่สูงขึ้น (ดำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดสูงกว่าดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (ดำรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันจิรา และคณะ (2552)

ตารางที่ 19 ความสูงคอใบสุดท้ายของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)

ดำรับทดลอง	ความสูงคอใบสุดท้าย (ซม.)	
	1 เดือน	2 เดือน
T ₁ = Control	35.00 ^c	109.83 ^c
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	40.30 ^b	129.43 ^b
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	40.63 ^b	139.57 ^{ab}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	40.90 ^b	140.37 ^{ab}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	41.90 ^b	143.30 ^a
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	43.27 ^b	147.37 ^a
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	48.73 ^a	149.30 ^a
F-test	**	**
CV (%)	9.50	10.23

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 20 ค่าความเขียวของใบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่อายุ 1 เดือน และ 2 เดือน (ปลายฤดูฝน)

คำรับทดลอง	ค่าความเขียวของใบ (SPAD reading)	
	1 เดือน	2 เดือน
T ₁ = Control	33.50 ^c	38.11 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	36.51 ^{bc}	44.78 ^c
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	37.56 ^b	48.08 ^{bc}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	37.87 ^b	49.05 ^{ab}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	38.81 ^{ab}	49.84 ^{ab}
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	39.85 ^{ab}	51.34 ^{ab}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	41.45 ^a	52.17 ^a
F-test	**	**
CV (%)	9.48	8.84

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ปลายฤดูฝน)

2.2 จำนวนฝักต่อต้น

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดใกล้เคียงกัน (1.00-1.04 ฝัก/ต้น) และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดต่ำที่สุดเพียง 0.84 ฝัก/ต้น

2.2 จำนวนฝักสมบูรณ์

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดใกล้เคียงกัน (96.42-100.00 เปอร์เซ็นต์) และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้จำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดต่ำที่สุดเพียง 87.53 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 21 จำนวนฟีกต่อต้น และจำนวนฟีกสมบูรณ์ ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	จำนวนฟีกต่อต้น	จำนวนฟีกสมบูรณ์ (%)
T ₁ = Control	0.84 ^b	87.53 ^b
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	1.00 ^a	96.42 ^a
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	1.00 ^a	96.56 ^a
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	1.02 ^a	99.52 ^a
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	1.01 ^a	98.75 ^a
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	1.02 ^a	100.00 ^a
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	1.04 ^a	100.00 ^a
F-test	*	**
CV (%)	8.54	12.25

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2.3 น้ำหนักฟีกทั้งเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฟีกทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 22) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)600}] มีผลให้น้ำหนักฟีกทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,530.20 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)1200}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+

$IF_{(ami-ami + fly ash)300}$] ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฟักทั้งเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด (918.00 กก./ไร่)

2.4 น้ำหนักฟักเปลือกเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฟักเปลือกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 22) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักฟักเปลือกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (1,902.60 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly ash)300}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฟักเปลือกเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด (661.60 กก./ไร่)

2.5 น้ำหนักเปลือกและซัง

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 22) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดมากที่สุด (627.60 กก./ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly ash)1200}]$ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly ash)300}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ)

และจีเฝ้าลอออัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดน้อยที่สุด (256.40 กก./ไร่)

2.6 น้ำหนักเมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลอออย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 22) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,595.20 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลอออัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุดเพียง 555.30 กก./ไร่

อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลอออย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่สูงขึ้น (ดำรับทดลองที่ 5-7) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดโดยภาพรวมสูงกว่าดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลอออย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (ดำรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจันจิรา และคณะ (2552) และเขวลักษณ์ และคณะ (2554)

ตารางที่ 22 น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและชัง และน้ำหนักเมล็ด
ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	น้ำหนักฝัก ทั้งเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนัก เปลือกและ ชัง (กก./ไร่)	น้ำหนัก เมล็ด (กก./ไร่)
T ₁ = Control	918.00 ^d	661.60 ^d	256.40 ^d	555.30 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	1,643.30 ^c	1,236.80 ^c	406.50 ^c	1,041.30 ^c
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	1,996.10 ^{bc}	1,496.00 ^{bc}	500.10 ^b	1,262.30 ^{bc}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)300}	2,202.90 ^{ab}	1,663.20 ^{ab}	539.70 ^b	1,405.30 ^{ab}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	2,065.50 ^b	1,547.00 ^b	518.50 ^b	1,297.70 ^{bc}
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	2,310.60 ^{ab}	1,770.80 ^{ab}	539.80 ^b	1,494.60 ^{ab}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)600}	2,530.20 ^a	1,902.60 ^a	627.60 ^a	1,595.20 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	16.26	14.00	9.53	15.40

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.7 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับ
ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะ
เก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนัก
ฝักปอกเปลือกของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 72.04-76.64 เปอร์เซ็นต์

2.8 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและชัง

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับ
ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและชังของข้าวโพดที่ระยะ

เก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 23.36-27.93 เปอร์เซ็นต์

2.9 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองมีผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 60.49-64.68 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักฝักเปลือก เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและซัง และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	% น้ำหนักฝัก เปลือก	% น้ำหนัก เปลือกและซัง	% น้ำหนัก เมล็ด
T ₁ = Control	72.04	27.93	60.49
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	75.26	24.74	63.37
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	74.95	25.05	63.24
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	75.50	24.50	63.79
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	74.90	25.10	62.83
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	76.64	23.36	64.68
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	75.20	24.80	63.05
F-test	ns	ns	ns
CV (%)	7.18	8.40	7.00

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.10 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเฝ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 24) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fly ash)600}] มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (375.10 กรัม) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเฝ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)1200}] ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด (293.87 กรัม) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเฝ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀]

ตารางที่ 24 น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ปลายฤดูฝน)

ดำรับทดลอง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
T ₁ = Control	293.87 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	301.70 ^d
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	333.27 ^c
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)300}	347.10 ^{bc}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	337.80 ^c
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	367.50 ^{ab}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)600}	375.10 ^a
F-test	**
CV (%)	7.18

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. เปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในดินถุฝนและปลายถุฝน

เมื่อเปรียบเทียบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่ปลูกในดินถุฝนและปลายถุฝน (ตารางที่ 25) พบว่า การปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักฝักทั้งเปลือกมากกว่า การปลูกข้าวโพดในดินถุฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกค่ารับทดลอง ยกเว้นค่ารับควบคุม การปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักฝักเปลือกเปลือกมากกว่าการปลูกข้าวโพดในดินถุฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)300}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] การปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักเปลือกและซังมากกว่าการปลูกข้าวโพดในดินถุฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)600}] การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)300}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] และการปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดมากกว่าการปลูกข้าวโพดในดินถุฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₃₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)300}] การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)1200}] ขณะที่การปลูกข้าวโพดในดินถุฝน มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักฝักเปลือกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดมากกว่าการปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับควบคุม นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่ปลูกในดินถุฝนและปลายถุฝน พบว่า การปลูกข้าวโพดในดินถุฝน ไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกข้าวโพดในปลายถุฝน (ตารางที่ 26)

อย่างไรก็ตาม ผลการเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 ที่ปลูกในต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ให้ผลตรงข้ามกับรายงานวิจัยของธีระพงษ์ (2554) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าช่วงการปลูกต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน พ.ศ. 2554) ของการทดลองนี้มีปริมาณฝนตกมากในช่วงเดือนมิถุนายน จึงมีผลให้ข้าวโพดชะงักการเจริญเติบโต โดยข้าวโพดแสดงอาการใบเหลืองทั่วทั้งแปลง จึงส่งผลให้ผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนโดยภาพรวมต่ำกว่าผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน

ตารางที่ 25 เปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999 (ต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	น้ำหนักฝัก ทั้งเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนักฝัก ปอกเปลือก (กก./ไร่)	น้ำหนัก เปลือก และซัง (กก./ไร่)	น้ำหนัก เมล็ด (กก./ไร่)
T ₁ = Control	ns	*	*	**
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	*	ns	ns	ns
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	**	ns	**	ns
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	**	*	**	**
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	**	*	*	*
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	*	ns	ns	**
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	*	ns	ns	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 26 เปรียบเทียบน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999
(ต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	น้ำหนัก 1,000 เมล็ด (กรัม)
$T_1 = \text{Control}$	ns
$T_2 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600}$	ns
$T_3 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}$	ns
$T_4 = (\text{ami-ami+fly ash})_{300} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})300}$	ns
$T_5 = (\text{ami-ami+fly ash})_{1200}$	ns
$T_6 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}$	ns
$T_7 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})600}$	ns

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยใช้ DMRT.

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการใช้วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาล ผงชูรส (อามิ- อามิ) และขี้เถ้าลอย สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับ
ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 27) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสม
ระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[\text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}]$ มีผลให้
ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH 6.64) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสม
ระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[\text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}]$ และการใส่
วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี
เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600
กก./ไร่ $[(\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fry ash})600}]$ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ย
แอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ซึ่งในสภาพดินไร่ที่มีการถ่ายเทอากาศดีจะส่งผลให้แอมโมเนียม

ไฮดรอกไซด์ไอออน (NH_4^+) ที่เกิดจากการแปรสภาพของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ถูกออกซิไดซ์กระทั่งก่อให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) จึงมีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดได้ (ขงยุทธ และคณะ, 2551) โดยสอดคล้องกับผลงานวิจัยของชัยสิทธิ์ (2538) ธนัตศรี (2552) และปาจริย์ (2552) อย่างไรก็ตาม ทุกคำรับทดลองมีผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย คือ อยู่ในช่วง pH 6.64-7.42 โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย ทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และคำรับควบคุม (control) มีแนวโน้มให้ค่า pH ของดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยแต่เพียงอย่างเดียว

4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 27) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (2.34 dS/m) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fly ash)600}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀] ตามลำดับ ส่วนคำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินต่ำที่สุด (0.86 dS/m) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอย่างเดียว มีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) มีค่า EC หรือค่าความเค็มในระดับเค็มมากที่สุด (Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) (ตารางที่ 5) จึงอาจส่งผลให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มขึ้นได้ (Thongjoo *et al.*, 2006; ธนัตศรี, 2552) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำเกณฑ์การประเมินจากณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกคำรับทดลองมีผลให้ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-4 dS/m) หรือไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดี่ยว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 27) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากที่สุด (1.69 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋ถั่วลยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)600}]$ ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด (0.88 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋ถั่วลยอย่างเดี่ยว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับปานกลาง (1.5-2.5 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ (0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 27 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	pH (1:1)	EC_e (dS/m)	Organic matter (%)
T_1 = Control	7.12 ^{ab}	0.86 ^d	0.88 ^f
T_2 = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	7.32 ^a	1.75 ^b	1.44 ^b
T_3 = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	6.75 ^c	1.21 ^c	1.02 ^c
T_4 = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	6.84 ^{bc}	1.32 ^c	1.21 ^d
T_5 = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	7.42 ^a	2.34 ^a	1.69 ^a
T_6 = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	6.64 ^c	1.34 ^c	1.13 ^d
T_7 = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	6.78 ^c	1.86 ^b	1.32 ^c
F-test	**	**	**
CV (%)	12.40	12.95	9.14

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ภายหลังการใช้วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ- อามิ) และขี้เถ้าลอย สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

5.1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 28) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)600}] มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด (67.56 mg/kg) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่

ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด (24.56 mg/kg) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (15-25 mg/kg) ถึงสูงมาก (> 45 mg/kg)

5.2 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 28) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากที่สุด (73.41 mg/kg) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด (43.56 mg/kg) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ (30-60 mg/kg) ถึงปานกลาง (60-90 mg/kg)

ตารางที่ 28 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

คำรับทดลอง	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
T ₁ = Control	24.56 ^d	43.56 ^e
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	43.31 ^c	53.26 ^{cd}
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	38.31 ^c	47.62 ^{de}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)300}	52.34 ^b	62.41 ^b
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	58.23 ^b	60.23 ^{bc}
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	42.32 ^c	52.31 ^{cd}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fly ash)600}	67.56 ^a	73.41 ^a
F-test	**	**
CV (%)	12.85	8.19

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจี๋เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 29) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (1,652.34 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fly ash)600}] ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจี๋เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)600}] มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด (1,423.55 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี

เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ ดำรับควบคุม (control) และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fry\ ash)300}]$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง ($> 400\text{ mg/kg}$)

5.4 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 29) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1200}]$ มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด ($1,286.47\text{ mg/kg}$) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{600}]$ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด ($1,078.45\text{ mg/kg}$) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)600}]$ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง ($>120\text{ mg/kg}$)

ตารางที่ 29 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
T ₁ = Control	1,493.56 ^b	1,078.45 ^c
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀	1,553.26 ^{ab}	1,225.46 ^{ab}
T ₃ = IF _{(ami-ami + fly ash)600}	1,423.55 ^b	1,100.47 ^{bc}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₃₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)300}	1,502.13 ^b	1,165.49 ^{abc}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₁₂₀₀	1,652.34 ^a	1,286.47 ^a
T ₆ = IF _{(ami-ami + fly ash)1200}	1,486.78 ^b	1,121.41 ^{bc}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₆₀₀ +IF _{(ami-ami + fry ash)600}	1,551.45 ^{ab}	1,186.58 ^{abc}
F-test	*	*
CV (%)	11.40	11.75

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.5 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) ผสมจีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 30) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) และจีเถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₂₀₀] มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุด (64.53 mg/kg) รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) และจีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀] ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) และจีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) และจีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₆₀₀+IF_{(ami-ami + fry ash)600}] ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด (37.14 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามี-อามี) และจีเถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)600}] การใส่

ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย อัตรา 1,200 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)1200}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{300}+IF_{(ami-ami + fly\ ash)300}]$ ตามลำดับ

จากสมบัติทางเคมีของดินบางประการและปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ภายหลังจากใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นระยะเวลา 1 ปี สามารถสรุปโดยภาพรวมได้ว่าสมบัติทางเคมีของดินบางประการดีขึ้น และปริมาณธาตุอาหารพืชในดินเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับสมบัติทางเคมีของดินและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินก่อนการทดลอง (ตารางที่ 4) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าค่ารับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงขึ้น (ค่ารับทดลองที่ 5 หรือ 7) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินโดยภาพรวมสูงกว่าค่ารับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่ำกว่า (ค่ารับทดลองที่ 2 หรือ 4) นั่นเป็นข้อจำกัดด้านสมบัติทางเคมี (ตารางที่ 10) ที่ควรระวังเป็นพิเศษหากนำวัสดุผสมดังกล่าวไปใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรในระยะยาว

ตารางที่ 30 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Na) ภายหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ติดต่อกันเป็นเวลา 1 ปี

คำรับทดลอง	Exch. Na (mg/kg)
$T_1 = \text{Control}$	37.14 ^c
$T_2 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600}$	54.21 ^b
$T_3 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}$	41.23 ^c
$T_4 = (\text{ami-ami+fly ash})_{300} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})300}$	43.51 ^c
$T_5 = (\text{ami-ami+fly ash})_{1200}$	64.53 ^a
$T_6 = \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})1200}$	41.23 ^c
$T_7 = (\text{ami-ami+fly ash})_{600} + \text{IF}_{(\text{ami-ami + fly ash})600}$	53.24 ^b
F-test	**
CV (%)	13.56

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถสรุปผลโดยภาพรวมได้ดังนี้

1. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น ความสูงกอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพด โดยภาพรวมมากที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ ตามลำดับ

2. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 600 กก./ไร่ มีผลให้เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 1,200 กก./ไร่ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยอัตรา 300 กก./ไร่ ตามลำดับ

3. ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงกอใบสุดท้าย ค่าความเขียวของใบ จำนวนฝักต่อต้น เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดต่ำที่สุด

4. ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งดำรับควบคุม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ค่า pH อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างเล็กน้อย ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ในดินอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลดยอัตรา 1,200 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลดยอัตรา 600 กก./ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลดยอัตรา 600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และจีเฝ้าลดยอัตรา 600 กก./ไร่ ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด

การศึกษากครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลดย (1:1 โดยน้ำหนัก) มาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม ควรทำการศึกษาต่อไปอีก 2-3 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมจีเฝ้าลดยในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งผลของวัสดุผสมดังกล่าวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาวต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้น้ำปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กานต์ การเวก. 2553. **การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กานต์ การเวก, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด, น. 29-38. ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่องระบบข้อมูลและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาพืชไร่. 2542. **พืชเศรษฐกิจ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จามีกร ศรีสุมล. 2537. **การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ กล่อมจิตร. 2553. **การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จุฑามาศ กล่อมจิตร, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 148-159. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

จันจิรา แสงสีเหลือง. 2553. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 19-28. ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ชัยสิทธิ์ ทองจู. 2538. การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับกวางตุ้งและข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนสมณต์ กุลการณย์เลิศ, ระวีวรรณ โชติพันธ์, ชีรยุทธ คล้าชื่น และรุจิกร ศรีแม่นม่วง. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30 (1): 99-107.

ชัย จารุพิทักษ์กุล, สุรเชษฐ์ จิงเกษมโชคชัย และวราภรณ์ คุณวานากิจ. 2543. คุณสมบัติพื้นฐานทางเคมีและทางกายภาพของถั่วลอถอย, น. 7-19. ใน เอกสารทางวิชาการ การสัมมนาเรื่องการใช้ถั่วลอถอยในงานคอนกรีต ครั้งที่ 5. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.

คิสตพันธุ์ ธรรมาภิรมย์, คิสตพันธุ์ ธรรมาภิรมย์ และ ชลวดี ละเอียด. 2544. การใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานผงชูรส 2 ปี ที่มีต่อผลผลิตข้าวโพด-ข้าวฟ่าง และสมบัติทางเคมีของดินไร่ 2 ชนิด. (อัดสำเนา).

ถนัด เกิดงาม. 2533. ผลของอินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดในแง่ปุ๋ยข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนัดศรี สอนจิตร. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนัดศรี สอนจิตร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโต และการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 39-40. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. วันที่ 23-24 เมษายน 2552 ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ธีระพงษ์ พรหมสวัสดิ์. 2554. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนูชัย กองแก้ว. 2550. การประยุกต์ใช้กากน้ำตาลผงชูรส (น้ำอามิ-อามิ) เป็นปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง. เกษตร 35 (4): 411-418.

บริษัท आयิโนะโมะโตะ จำกัด. ม.ป.ป. กระบวนการผลิตผงชูรส. (อัคราณา).

ปาจริย์ แน่นหนา. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปาจริย์ แน่นหนา, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 37-38. ใน การประชุมทางวิชาการดิน และปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. วันที่ 23-24 เมษายน 2552 ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2551. คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2547. ปุ๋ยอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 3. สายธุรกิจโรงพิมพ์ บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์นิโรจน์ และชวลิต สงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เรวัตร จินดาเจีย, สุนทร คุริยะประพันธ์, สายันต์ ดันพานิช และวิเชน ดวงสา. 2552. ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอนจากโรงงานผลิตผงชูรสและกากหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาลทราย. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

เขวลักษณ์ เนตรสิงห์, ชัยสิทธิ์ ทองจู และรัชชา ชัยชนะ. 2554. การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน. วิทยาสารกำแพงแสน 9 (3): 1-13.

วิจิตอัจฉรา สรรพกิจจำนง, ธนศักดิ์ ไร่กระโทก และบุญเลิศ พัดฉวี. 2536. คุณสมบัติพื้นฐานของ
ถั่วลยถิกไนต์. ใน เอกสารการสัมมนาทางวิชาการ เรื่องศักยภาพการนำถั่วลยถิกไนต์มา
ใช้ประโยชน์. วันที่ 27-28 เมษายน 2536. ณ ห้องประชุม 1 กฟผ. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่ง
ประเทศไทย.

ศศิธร หวองเจริญพานิช, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552.
การศึกษาวัสดุเพาะกล้าจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเพื่อการผลิตกล้า
พืช, น. 41-42. ใน การประชุมทางวิชาการดิน และปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยใน
ภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. วันที่ 23-24 เมษายน 2552 ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

สันติ ชีราภรณ์, ศิสสพันธุ์ ธรรมาภิรมย์, มงคล พานิชกุล และสุทัย วุฒรา. 2543. การใช้วัสดุเหลือ
ใช้จากโรงงานผงชูรสต่อเนื่อง 3 ปีที่มีผลต่อคุณสมบัติของดินและผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน-
ถั่วเหลืองรับประทานฝักสด, น. 35-38. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกอง
ปลูพืชวิทยา 2543. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร จันรุ่งเรือง, ทรวงสุตา ลิปิยมงคล และ ปรีชา โพธิ์ปาน. 2540. ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้
จากโรงงานผงชูรส (อมิ-อมิ) อัตราต่างๆ ต่อการผลิตปุ๋ยหมัก. (อัดสำเนา).

สุริยา ศาสนรักกิจ. 2531. การประเมินประสิทธิภาพของอินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางอย่างในการใช้
เป็นปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิชา อัสวเรืองชัย. 2546. การบำบัดนิคเกิลในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมโดยการดูดติดผิวซีเมนต์
ลอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไสว พงษ์เก่า. 2534. พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2548-2550. กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549-2551. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2551-2553. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อรรพรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, ทวี คุปต์กาญจนากุล และสุธีรา สุนทรารักษ์. 2549. การปรับปรุงคุณภาพและผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวตาแห้ง 17 ในพื้นที่ดินเปรี้ยวด้วยเถ้าลอยลิกไนต์. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 44: สาขาพืช, หน้า 256-263.

อำนาจ ศิลวัตร. 2538. การศึกษาผลของน้ำทิ้งจากโรงงาน บริษัท เอ็น เอ็ม บี ไทย จำกัด พระนครศรีอยุธยา เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยาหันตรา. พระนครศรีอยุธยา. 30 น.

Azmal, A.K.M., T. Marumoto, H. Shindo and M. Nishiyama. 1996. Mineralization and microbial biomass formation in upland soil amended with some tropical plant residues at different temperatures. **Soil Sci. Plant Nutr.** 42(3): 463-473.

Berendse, F. 1990. Organic matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heath land ecosystems. **Journal of Ecology** 78: 413-427.

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

Chang, A.C., L.J. Lund, A.L. Page and J.E. Warneke. 1977. Physical properties of fly ash-amended soils. **J. Env. Qua.** 6: 267-270.

Chang, A.C., L.J. Lund, A.L. Page, J.E. Warneke and C.O. Nelson. 1989. Municipal sludge and utility ashes in California and the effects on soils, pp. 125-139. In Bar-Yosef, B et al. (eds.) Inorganic contaminants in the vadose zone. **Ecological Studies**. Vol. 74. Springer-Verlag, Berlin.

Land Development Department and FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973.

Soil interpretation handbook for Thailand. Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Coop., Bangkok, 135 p.

Ongprasert, S. 1991. Utilization of waste material from soybean and peanut for soil improvement. pp. 180-186. *In* Dynamics and its control of soils in tropical monsoon regions. **Report of survey and research in Thailand.**

Pintukanok, A., M. Fukami and H. Wada. 1988. Organic waste materials in Thailand, pp. 72-99. *In* S.Vacharotayan, S. Panichsakpatana, C. Chanchareonsook and H.Wada (eds.). **Sustained soil fertility in a tropical region as affected by organic waste materials.** Kasetsart Univ. and Dep. Agr., Bangkok.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. P. 1022-1030. *In*: C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. **Amer. Soc. of Agron.**, Inc. Madison, Wisconsin.

Thongjoo, C., S. Miyagawa and N. Kawakubo. 2005. Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. **Plant Prod.Sci.** 8(4): 475-481.

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

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวธนสมณท์ กุลการัญย์เลิศ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการสารสนเทศคอมพิวเตอร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ก้าวหน้าทั่วไทยเพื่อการเกษตร จำกัด
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-