

ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2
Effects of Monosodium Glutamate by-Product (ami-ami) on Growth and Yield of Rice
cv. Phitsanulok 2

ชัยสิทธิ์ ทองจุ^{1,2} ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์¹ ธนศมณท์ กุลการ์ณย์เลิศ¹ ระวีวรรณ โชติพันธ์² อธิรุทธ คล้าสิน¹
และรุจิกร ศรีแมนม่วง³

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 4 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง ปรากฏผลดังนี้ คือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรส อัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{\text{ami-ami}250}$) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($\text{IF}_{\text{ami-ami}500}$) และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami_{500}) ขณะที่ตำรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยและกากน้ำตาลผงชูรส) ให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวต่ำที่สุด การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{\text{ami-ami}250}$) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami_{500}) และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ ($\text{ami-ami}_{125} + \text{IF}_{\text{ami-ami}125}$) นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami_{500}) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนที่สกัดได้ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami_{250}) และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{\text{ami-ami}250}$)

คำสำคัญ : ข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2, กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ), การเจริญเติบโตและผลผลิต

Abstract

The experiment was conducted to investigate effects of monosodium glutamate by-product (ami-ami) on growth and yield of rice cv. Phitsanulok 2. Experimental design was RCBD with 4 replications, and the application of ami-ami, chemical fertilizers and its combinations were 8 treatments. Applying ami-ami 250 liter/rai combined with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 250 liter/rai of ami-ami ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{\text{ami-ami}250}$) showed the highest plant height, tiller/plant, leaf greenness, total weight, straw weight, grain weight, good seed weight and 1,000 grain weight, with non-significant difference to the application of chemical fertilizers, i.e., equivalent to 500 liter/rai of ami-ami ($\text{IF}_{\text{ami-ami}500}$) and applying ami-ami 500 liter/rai (ami-ami_{500}). While the non-fertilizer application (control) had the lowest plant height, tiller/plant, leaf

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

²สถาบันค้นคว้าและพัฒนากระบวนการในเขตเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

³ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานผลิตปุ๋ยเยื่อแม่พิมพ์ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี 71130

greenness, total weight, straw weight, grain weight, good seed weight and 1,000 grain weight. Ami-ami 250 liter/rai combined with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 250 liter/rai of ami-ami ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{(\text{ami-ami}) 250}$) had the highest organic matter and exchangeable K in soil with non-significant difference to the application of ami-ami 500 liter/rai (ami-ami_{500}) and ami-ami 125 liter/rai combined with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 125 liter/rai of ami-ami ($\text{ami-ami}_{125} + \text{IF}_{(\text{ami-ami}) 125}$). Furthermore, ami-ami 500 liter/rai (ami-ami_{500}) showed the highest extractable Na in soil with non-significant difference to the application of ami-ami 250 liter/rai (ami-ami_{250}) and ami-ami 250 liter/rai combined with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 250 liter/rai of ami-ami ($\text{ami-ami}_{250} + \text{IF}_{(\text{ami-ami}) 250}$).

Keywords: rice cv. Phitsanulok 2, monosodium glutamate by-product (ami-ami), growth and yield

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมีการทำนาปลูกข้าวเป็นอาชีพหลัก และมีการส่งออกข้าวเป็นอันดับหนึ่งของโลก (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2549) นอกจากนี้ สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติได้ประเมินความต้องการข้าวของประชากรโลกเพิ่มเป็น 760 ล้านตันปี ใน ค.ศ. 2020 (IRRI, 1996) นั้นหมายความว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพในการส่งออกข้าวมากขึ้น ดังนั้น จึงควรเพิ่มผลผลิตข้าวต่อพื้นที่ให้มากขึ้น สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553) ได้รายงานสถิติการเพาะปลูกในปี พ.ศ. 2553/54 ว่าประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวรวม 73 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวมประมาณ 32 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 511 กก./ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ใช้ปลูกข้าวมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณธาตุอาหารต่ำ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมาก (ประมาณ 0.3 - 0.5 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตข้าวในประเทศไทยให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงและการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยการใช้วัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรที่มีคุณค่าทางธาตุอาหารสูง มาทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al.*, 2005) โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่มีการปลูกพืชต่อเนื่องกันหลายปี อาจส่งผลให้ดินขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชอย่างถาวรได้ (ชัยสิทธิ์ และ ปาจรีย์, 2552; ชัยสิทธิ์ และ ธนศิริ, 2553) โรงงานผลิตผงชูรสเป็นหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ซึ่งมีปริมาณไม่น้อยกว่า 50,000 ตันต่อปี (เยาวลักษณ์ และคณะ, 2554) โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย โดยมากมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดว่าการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว มาทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว รวมทั้งผลต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกใหม่สำหรับเกษตรกรในด้านการลดต้นทุนการผลิตข้าวให้ต่ำลงได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาดำพันธุ์พิษณุโลก 2 ในฤดูนาปี (ช่วงเดือนมิถุนายน-เดือนกันยายน พ.ศ. 2553) ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม โดยปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ย

แอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (20%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) ส่วนวัสดุเหลือใช้ในการทดลองครั้งนี้ คือ กากน้ำตาลผงชูรส จากบริษัท อายิโนะโมะไตะ (ประเทศไทย) จำกัด

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังเก็บเกี่ยว จากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งปริมาณโซเดียมที่สกัดได้จากดิน

นำเมล็ดข้าวแช่น้ำ 24 ชม. จากนั้น นำมาห่มด้วยผ้าที่มีความชื้นเป็นเวลาประมาณ 24-36 ชม. เมื่อเมล็ดข้าวเริ่มงอกโดยมีรากยาวประมาณ 1-2 มม. นำไปหว่านในแปลงตกกล้าที่ทำเทือกไว้ดีแล้ว ระหว่างนั้นเตรียมแปลงทดลองโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็น 32 แปลงย่อย ซึ่งมีขนาดของแปลงกว้าง 3 เมตร และยาว 5 เมตร แต่ละแปลงย่อยทำคันดินกันซึ่งมีขนาดกว้าง 25 ซม. และสูง 30 ซม. ระหว่างแถวมีร่องระบายน้ำขนาดกว้าง 50 ซม. เมื่อกกล้าข้าวมีอายุประมาณ 20-25 วัน ทำการปักดำในแต่ละแปลงย่อย โดยใช้กล้าข้าวปักดำ 2 ต้น/กอ วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จำนวน 8 ตำรับทดลอง ดังนี้ คือ

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) (control)
- 2) ใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀)
- 3) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (IF_{ami-ami250})
- 4) ใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 125 ลิตร/ไร่ (ami-ami₁₂₅+IF_{ami-ami125})
- 5) ใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami₅₀₀)
- 6) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (IF_{ami-ami500})
- 7) ใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀+IF_{ami-ami250})
- 8) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี (IF_{DOA})

การใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 20 และ 60 วันหลังปักดำ โดยตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ซูเปอร์ฟอสเฟต (20%P₂O₅) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) ในอัตรา 12.925, 4.350 และ 2.675 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตรา 6.463, 2.175 และ 1.338 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตรา 25.850, 8.700 และ 5.350 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับตำรับทดลองที่ 8 (IF_{DOA}) ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเพียงอย่างเดียว ในอัตรา 12 กก. N ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

การใส่กากน้ำตาลผงชูรส แบ่งใส่ 2 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 20 และ 60 วันหลังปักดำ โดยตำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดียวในอัตรา 250 และ 500 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่กากน้ำตาลผงชูรสเพียงครั้งอัตราของตำรับทดลองที่ 2 และ 5 คือ 125 และ 250 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 1 และ 2 เดือน โดยสุ่มเก็บตัวอย่าง 10 กอต่อแปลงย่อย ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียว (SPAD reading) ของใบ (วัดตำแหน่งใบที่ 4-6 จากปลายยอดทำการวัด 5 ใบต่อต้น) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ส่วน

ผลผลิตของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บตัวอย่าง 20 กอต่อแปลงย่อย ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ น้ำหนักรวงทั้งหมดต่อไร่ น้ำหนักฟางทั้งหมดต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดดีต่อไร่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด สำหรับค่าวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน และกากน้ำตาลผงชูรสก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Chemical and physical properties of soil and by-product of monosodium glutamate (ami-ami) before the experiment.

Properties	Soil	Properties	Ami-ami
pH (soil : water = 1:1)	7.24	pH (1 : 10)	4.49
EC _e (dS/m)	0.70	EC (1 : 10, dS/m)	91.00
Organic matter (%) ^{1/}	1.98	Organic matter (%)	28.41
Available P (mg/kg) ^{2/}	112.38	Total N (%)	5.17
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	182.30	Total P ₂ O ₅ (%)	1.74
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	2,756.17	Total K ₂ O (%)	1.07
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	229.10	Total Ca (%)	0.04
Extractable Na (mg/kg) ^{3/}	18.24	Total Mg (%)	0.01
Sand (%)	36.13	Total S (%)	3.07
Silt (%)	29.50	Total Fe (%)	0.01
Clay (%)	34.37	Total Mn (%)	0.002
Texture ^{4/}	clay loam	Total Cu (%)	0.0001
		Total Zn (%)	0.001
		Total Na (%)	2.30

Note : ^{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/} = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาดี พันธุ์พิษณุโลก 2 ในฤดูนาปี ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของข้าว

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียวของใบข้าวที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀ + IF_{ami-ami250}) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียวของใบข้าวมากที่สุด และไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($IF_{ami-ami500}$) การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{500}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี (IF_{DOA}) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงต่อกอ และค่าความเขียวของใบข้าวต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว

2.1 จำนวนรวงต่อกอ

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{500}$) มีผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าวมากที่สุด (12.27 รวง) และไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{250} + IF_{ami-ami250}$) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าวน้อยที่สุด (5.76 รวง)

Table 2 Plant heights, tiller per plant and leaf greenness (SPAD reading) of rice cv. Phitsanulok 2 at different growth stages.

Treatments	Plant heights (cm)		Tiller/plant		Leaf greenness (SPAD reading)	
	1 MAP	2 MAP	1 MAP	2 MAP	1 MAP	2 MAP
$T_1 = \text{non-fert. appl.}$ (control)	78.06 ^c	86.63 ^c	5.17 ^c	5.80 ^e	36.16 ^c	33.81 ^d
$T_2 = \text{ami-ami}_{250}$	84.94 ^b	94.54 ^b	6.57 ^b	8.71 ^d	40.05 ^b	41.57 ^c
$T_3 = IF_{ami-ami250}$	86.06 ^b	95.88 ^{ab}	6.61 ^b	9.94 ^c	40.06 ^b	41.92 ^c
$T_4 = \text{ami-ami}_{125} + IF_{ami-ami125}$	86.23 ^b	98.04 ^{ab}	7.23 ^{ab}	10.88 ^{bc}	40.97 ^{ab}	41.93 ^c
$T_5 = \text{ami-ami}_{500}$	88.65 ^{ab}	98.92 ^{ab}	8.26 ^a	12.21 ^a	41.42 ^{ab}	43.67 ^{ab}
$T_6 = IF_{ami-ami500}$	88.83 ^{ab}	99.08 ^{ab}	8.30 ^a	12.59 ^a	42.32 ^a	44.20 ^a
$T_7 = \text{ami-ami}_{250} + IF_{ami-ami250}$	90.94 ^a	101.00 ^a	8.50 ^a	13.01 ^a	42.92 ^a	44.39 ^a
$T_8 = IF_{DOA}$	88.47 ^{ab}	98.13 ^{ab}	8.12 ^a	11.82 ^{ab}	41.32 ^{ab}	42.53 ^{bc}
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.04	3.35	11.94	7.92	3.35	2.13

Note: Numbers in the same column followed by a common letter (s) are not significantly different at the 0.01 level by DMRT.

** = significantly different at the 0.01 level

MAP = month after planting

2.2 น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนักเมล็ดดี

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3 และ Table 4) กล่าวคือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{250} + IF_{ami-ami250}$) มีผลให้น้ำหนักรวมทั้งหมด

น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวมากที่สุด (2,618.69, 1,288.23, 1,330.46 และ 1,101.62 กก./ไร่ ตามลำดับ) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($IF_{ami-ami500}$) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักฟาง น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด และน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวน้อยที่สุด (1,257.79, 584.19, 673.61 และ 574.73 กก./ไร่ ตามลำดับ)

Table 3 Panicle per plant, total weight and straw weight of rice cv. Phitsanulok 2.

Treatments	Panicle/plant	Total weight (kg/rai)	Straw weight (kg/rai)
T ₁ = non-fert. appl. (control)	5.76 ^d	1,257.79 ^f	584.19 ^f
T ₂ = ami-ami ₂₅₀	9.35 ^{bc}	1,918.75 ^e	903.31 ^e
T ₃ = IF _{ami-ami250}	8.93 ^c	2,021.27 ^{de}	997.13 ^{cde}
T ₄ = ami-ami ₁₂₅ + IF _{ami-ami125}	10.07 ^b	2,204.47 ^{bcd}	1,105.67 ^{bc}
T ₅ = ami-ami ₅₀₀	12.27 ^a	2,241.94 ^{bc}	1,062.09 ^{bcd}
T ₆ = IF _{ami-ami500}	9.47 ^{bc}	2,359.00 ^b	1,141.48 ^b
T ₇ = ami-ami ₂₅₀ + IF _{ami-ami250}	12.03 ^a	2,618.69 ^a	1,288.23 ^a
T ₈ = IF _{DOA}	8.78 ^c	2,098.82 ^{cde}	982.07 ^{de}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	6.95	5.87	7.12

Note: Numbers in the same column followed by a common letter (s) are not significantly different at the 0.01 level by DMRT.

** = significantly different at the 0.01 level

2.3 น้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดี่ยวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยว มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{250} + IF_{ami-ami250}$) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวมากที่สุด (26.22 กรัม) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($IF_{ami-ami500}$) และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{500}$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวน้อยที่สุด (24.93 กรัม) ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($ami-ami_{250}$) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดี่ยวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยวในอัตราที่ลดลง (ดำรับทดลองที่ 2-4) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนแขนงตอกอ และค่าความเขียวของใบข้าว รวมทั้งน้ำหนักรวมทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวค่อนข้างต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอย่างเดี่ยวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดี่ยวในอัตราที่สูงกว่า (ดำรับทดลองที่ 5-7) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับงานวิจัยของเยาวลักษณ์ และคณะ (2554) ที่ทำการศึกษามูลการใช้กากน้ำตาลผงชูรสกับอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 4 Grain yield, good seed weight and 1,000 grain weight of rice cv. Phitsanulok 2.

Treatments	Grain yield (kg/rai)	Good seed weight (kg/rai)	1,000 grain weight (g)
T ₁ = non-fert. appl. (control)	673.61 ^f	574.73 ^d	24.93 ^c
T ₂ = ami-ami ₂₅₀	1,015.70 ^e	847.16 ^c	24.94 ^c
T ₃ = IF _{ami-ami250}	1,024.39 ^{de}	893.65 ^{bc}	25.15 ^{bc}
T ₄ = ami-ami ₁₂₅ + IF _{ami-ami125}	1,098.80 ^{cde}	906.81 ^{bc}	25.57 ^{abc}
T ₅ = ami-ami ₅₀₀	1,179.85 ^{bc}	959.33 ^b	25.95 ^{ab}
T ₆ = IF _{ami-ami500}	1,217.52 ^b	1,054.41 ^a	26.02 ^{ab}
T ₇ = ami-ami ₂₅₀ + IF _{ami-ami250}	1,330.46 ^a	1,101.62 ^a	26.22 ^a
T ₈ = IF _{DOA}	1,116.75 ^{cd}	962.83 ^b	25.76 ^{abc}
F-test	**	**	*
C.V. (%)	5.76	5.85	2.17

Note: Numbers in the same column followed by a common letter (s) are not significantly different at the 0.05 and 0.01 level by DMRT.

* = significantly different at the 0.05 level

** = significantly different at the 0.01 level

3. สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการใส่กากน้ำตาลผงขุรสำหรับการปลูกข้าว

การใส่กากน้ำตาลผงขุรอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินใกล้เคียงกัน (pH 6.53-6.77) และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ค่า pH สูงสุดที่ 6.77 (Table 5) นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงขุรอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-2 dS/m) หรือไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช แม้ว่าจะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติก็ตาม (Table 5) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่กากน้ำตาลผงขุรร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่าการใส่กากน้ำตาลผงขุรแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นไปได้ว่ากากน้ำตาลผงขุรที่ใส่ลงดิน อาจละลายปลดปล่อยไอออนต่างๆ ออกมาพร้อมกับไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี จึงมีผลทำให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มขึ้นได้ (Thongjoo *et al.*, 2006; ธนัตศรี, 2552) การใส่กากน้ำตาลผงขุรอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การใส่กากน้ำตาลผงขุรอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงขุรอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀ + IF_{ami-ami250}) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (2.41 % และ 231.75 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงขุรอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami₅₀₀) และการใส่กากน้ำตาลผงขุรอัตรา 125 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากน้ำตาลผงขุรอัตรา 125 ลิตร/ไร่ (ami-ami₁₂₅ + IF_{ami-ami125}) ตามลำดับ ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงขุรอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินใกล้เคียงกัน (127.15-136.04 mg/kg) และแตกต่างกับตำรับควบคุม (control) นอกจากนี้ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (ami-ami₅₀₀) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ของดินมากที่สุด (23.58 mg/kg) และไม่แตกต่างกับการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀) และการใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ (ami-ami₂₅₀+IF_{ami-ami250}) ตามลำดับ โดยปริมาณโซเดียมที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากสมบัติทางเคมีของกากน้ำตาลผงชูรสนั่นเอง (Table 1) ดังนั้น ข้อควรระวังในการนำกากน้ำตาลผงชูรสมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงควรคำนึงถึงปริมาณการสะสมของโซเดียมในดินระยะยาวด้วย อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากน้ำตาลผงชูรสมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกข้าว โดยตำรับทดลองที่แนะนำ คือ การใส่กากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากับกากน้ำตาลผงชูรสอัตรา 250 ลิตร/ไร่ แต่ระยะเวลาในการดำเนินการเพียง 1 ฤดูปลูก อาจไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนนัก ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาต่อไปอีก 2-3 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรสในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว รวมทั้งผลที่มีต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาว

Table 5 Chemical properties of soil after planting rice cv. Phitsanulok 2 for 4 months.

Treatments	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	Organic matter (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Extract. Na (mg/kg)
T ₁ = non-fert. appl. (control)	7.16 ^a	1.107 ^d	2.027 ^c	116.01 ^b	174.45 ^d	2,723.90	234.57	17.56 ^c
T ₂ = ami-ami ₂₅₀	6.70 ^b	1.450 ^c	2.150 ^{bc}	132.93 ^a	203.13 ^{bc}	2,849.17	244.37	22.54 ^{ab}
T ₃ = IF _{ami-ami250}	6.76 ^b	1.283 ^{cd}	2.127 ^{bc}	130.23 ^a	192.80 ^c	2,802.57	241.98	18.26 ^c
T ₄ = ami-ami ₁₂₅ +IF _{ami-ami125}	6.67 ^b	1.753 ^b	2.203 ^{bc}	133.24 ^a	222.66 ^a	2,861.76	248.05	20.12 ^{bc}
T ₅ = ami-ami ₅₀₀	6.53 ^b	1.777 ^b	2.280 ^{ab}	133.71 ^a	223.51 ^a	2,870.17	253.66	23.58 ^a
T ₆ = IF _{ami-ami500}	6.69 ^b	1.747 ^b	2.150 ^{bc}	133.21 ^a	218.92 ^{ab}	2,859.35	244.47	19.22 ^{bc}
T ₇ = ami-ami ₂₅₀ +IF _{ami-ami250}	6.65 ^b	2.077 ^a	2.410 ^a	136.04 ^a	231.75 ^a	2,879.15	254.36	21.06 ^{abc}
T ₈ = IF _{DOA}	6.77 ^b	1.263 ^d	2.080 ^{bc}	127.15 ^a	190.53 ^{cd}	2,780.79	241.12	18.33 ^c
F-test	**	**	*	**	**	ns	ns	**
C.V. (%)	2.00	6.39	5.08	4.03	4.65	2.65	3.22	9.18

Note: Numbers in the same column followed by a common letter (s) are not significantly different at the 0.05 and 0.01 level by DMRT.

ns = not significantly different at 0.05 probability

* = significantly different at the 0.05 level

** = significantly different at the 0.01 level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. ใน เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ และปาจารย์ แน่นหนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). วารสารดินและปุ๋ย. 31 (1) : 6-26.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ และธนัตศรี สอนจิตร์. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28 (1) : 99-109.
- ธนัตศรี สอนจิตร์. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และรัฐชา ชัยชนะ. 2554. การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงซูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยาสารกำแพงแสน. 9 (3) : in press.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/2549. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. สถิติการเกษตรแห่งประเทศไทยปี 2553. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/download_journal/fundamtion_2553.PDF. 12 สิงหาคม 2554.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- International Rice Research Institute (IRRI). 1996. Measurement of Methane Emissions from Rice Fields, Principles and Operation of GC Techniques. Soil and Water science Division and Training Center (SWSD), pp. 1-13.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 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.
- Thongjoo, C., S., Miyagawa, and N., Kawakubo. 2006. Soil productivity after decomposition of waste materials under different soil moisture and temperature. *Plant Prod. Sci.* 9(2): 106-114.
- Walkey, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้