

การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนดินกำแพงแสน

Efficiency of Some Selected Organic Wastes as Nitrogen Source for Sweet Corn Grown on Kamphaeng Saen Soil

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา¹
Supamard Panichsakpatana

ABSTRACT

Four kinds of organic waste material (OWM) and inorganic fertilizer (IF) namely castor meal (CM), activated sludge cake (AS) from whisky factory, rice straw compost (RSC), effluent from biogas production (EFB) of liquid swine wastes, and ammonium sulfate were tested as nitrogen source for sweet corn planted in Kamphaeng Saen soil series. The amount of application was equivalent to 15 kg N/rai (93.75 kg N/ha). The field trials were conducted consecutively 3 times in the dry seasons. The results at the first crop showed that except the RSC, the corn yield in the sole OWM treated plots was more or less as high as that in the IF plot. With continual application of the OWMs, the tendency of the corn yield was expected to show the result at the decreasing order: AS $\geq$ EFB $\geq$ IF $\geq$ CM > RSC > check (Ch). There were not significantly different in yield between the combination treatments of 1/2OWM + 1/2IF and the sole OWM treatments except in the RSC case. The corn yield in the RSC treated plot could be increased effectively as high as that in the IF if the RSC was used in combination with the IF as 1/2RSC + 1/2IF. In terms of plant nutrients, the contents of total N in grain and straw could be ranked in the following order: IF = EFB = AS = CM > RSC > Ch. In terms of tasseling and silking, application of the OWMs, either by itself or combined with IF, enhanced tasseling and silking dates to become 1-3 days earlier than usual. With three consecutive applications of the organic wastes, there was no change in the soil properties in terms of pH, Eh, and Na content. However, continual application of RSC or EFB, either single or combined with IF, tended to increase K and Mg in the soil whereas the AS slightly increased soil P and soil Ca. For the EFB case, it could be used effectively not only as the N source for the sweet corn, but also it could substitute irrigation water as much as 28,000 l/rai/wk (175,000 l/ha/wk) or 196,000 l/rai/crop (1,225,000 l/ha/crop).

Key words: waste management, biogas production, effluent, organic fertilizer, corn

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Soil Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand.

บทคัดย่อ

การทดลองใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้จากแหล่งต่าง ๆ 4 ชนิดคือ กากละหุ่ง (CM) กากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge cake, AS) จากโรงงานสุราบางยี่ขัน2 ปุ๋ยหมักฟางข้าว (RSC) และน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ (EFB) จากมูลสุกรเป็นปุ๋ยในโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนในอัตราเทียบเท่าปุ๋ยเคมี (IF) 15 กก./ในโตรเจน/ไร่ ทั้งใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำการทดลองภาคสนามติดต่อกัน 3 ครั้งในฤดูแล้ง พบว่าเมื่อใส่เดี่ยววัสดุเหลือใช้ทุกชนิดยกเว้นปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถให้ผลผลิตข้าวโพดหวานได้ทัดเทียมกับปุ๋ยเคมีตั้งแต่การปลูกครั้งแรกเป็นต้นไป โดยเมื่อใช้ติดต่อกันมากครั้ง มีแนวโน้มของการให้ผลผลิตดังนี้ $AS \geq EFB \geq IF \geq CM > RSC > \text{ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน (Ch)}$ การใส่วัสดุเหลือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตราให้ผลผลิตข้าวโพดหวานแตกต่างจากการใส่เดี่ยวไม่เด่นชัด ยกเว้นปุ๋ยหมักฟางข้าวที่การใส่ร่วมให้ผลผลิตสูงขึ้นมากทัดเทียมกับปุ๋ยเคมี ปริมาณในโตรเจนทั้งหมดในต่อครั้งที่ระยะเก็บเกี่ยวและในเมล็ดในตำรับต่าง ๆ สามารถเรียงลำดับได้ดังนี้ $IF = EFB = AS = CM > RSC > Ch$ โดยที่ตำรับปุ๋ยหมักฟางข้าวเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถให้ปริมาณในโตรเจนทั้งหมดได้สูงสุด ขณะที่ไม่พบความแตกต่างของการใส่ร่วมจากการใส่เดี่ยวในตำรับอื่น การใส่วัสดุเหลือใช้ไม่ว่าจะโดยการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีหรือใส่เดี่ยวทำให้ข้าวโพดหวานออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมียเร็วขึ้น 1-3 วัน การใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้ติดต่อกันไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH การนำไฟฟ้า และปริมาณโซเดียมของดิน การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว หรือน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพติดต่อกันมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้น ขณะที่กากตะกอนน้ำเสียมีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส

และแคลเซียมในดินเพิ่มขึ้น สำหรับน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพซึ่งนอกจากจะใช้เป็นปุ๋ยในโตรเจนได้ดีแล้วยังสามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ 28,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ หรือ 196,000 ลิตร/ไร่/การปลูก อีกด้วย

คำนำ

ปัจจุบัน การนำวัสดุเศษเหลือกลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้ทวีความจำเป็นมากยิ่งขึ้นทุกทีเนื่องจากปัญหาในการกำจัดที่นับวันจะต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมากขึ้น วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมหลายชนิดมีศักยภาพในรูปปุ๋ยที่สูงมาก เช่น กากกรองขานอ้อย (filter cake) จากโรงงานน้ำตาลสามารถใช้เป็นปุ๋ยนาในสภาพดินเป็นกรดจัดได้ดี ให้ฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวและต่อซังได้สูง (Panichsakpatana, *et al.*, 1985) แต่เมื่อใช้ในชุดดินกำแพงแสนในสภาพไร่กลับให้ผลผลิตได้ต่ำ (กุลวดี, 2533) ขณะที่กากละหุ่งและกากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge cake) ให้ผลผลิตได้ดีพอควรทั้งในดินสภาพนาทั่วไป (Panichsakpatana *et al.*, 1985) และในสภาพไร่เมื่อใช้เป็นปุ๋ยข้าวโพดในชุดดินปากช่อง (ถนัด, 2533) สำหรับปุ๋ยหมักฟางข้าวสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในดินนาได้ดี ทำให้สามารถลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่งโดยยังคงปริมาณผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินลำปางเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ปุ๋ยหมักฟางข้าวยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ทำให้รากข้าวเจริญเติบโตและสมบูรณ์มากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี (Panichsakpatana *et al.*, 1991) สำหรับมูลสุกร ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการกำจัดและการนำไปใช้ ก่อให้เกิดปัญหาด้านกลิ่นและน้ำเสียขึ้นในจังหวัดที่มีฟาร์มสุกรขนาดใหญ่และในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกันมาก มีงานทดลองที่แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ยได้โดยตรง (กุลวดี, 2533)

และบางกรณีพบว่าเมื่อใช้เป็นปุ๋ยคอกระยะยาวในข้าวโพดสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่าปุ๋ยเคมีถึง 14% และยังทำให้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Sutton *et al.*, 1982) เมื่อนำมูลสุกรไปผลิตแก๊สชีวภาพ น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สสามารถใช้เป็นปุ๋ยแก่หญ้ากินนีที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนได้เป็นอย่างดี โดยสามารถให้ผลผลิตได้ทัดเทียมปุ๋ยเคมีในโตรเจนอัตรา 25 กก./ในโตรเจน/ไร่ และยังสามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ตลอดฤดูปลูก (สุภมาส, 2538) งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวข้างต้นใช้แทนปุ๋ยเคมีในโตรเจนในสภาพดินกำแพงแสนที่ใช้ปลูกข้าวโพดหวาน ตลอดจนผลกระทบของอินทรีย์วัตถุดังกล่าวต่อสมบัติบางประการของดินและความเป็นไปได้ในการใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพทดแทนน้ำชลประทาน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

ทำการทดลองภาคสนามในชุดดินกำแพงแสน (Table 1) โดยใช้พื้นที่ทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา วิทยาเขตกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ Thai Super Sweet Composit DMR 3 ครั้ง ในฤดูแล้ง โดยข้าวโพดในแปลงเดิมได้รับตำรับทดลองเดิมทุกครั้ง ประกอบด้วยตำรับทดลอง 10 ตำรับคือ

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน (Ch)
- 2) ตำรับวัสดุเหลือใช้ใส่เดี่ยวอัตรา 15 กก./ในโตรเจน/ไร่ 4 ตำรับคือ กากละหุ่ง (CM), กากตะกอนน้ำเสีย (activated sludge cake, AS) จากโรงงานสุราบางยี่ขัน 2, ปุ๋ยหมักฟางข้าว (RSC), และน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ (EFB) ซึ่งสมบัติทางเคมี

บางประการของวัสดุเหลือใช้ได้แสดงไว้ใน Table 2

3) ปุ๋ยเคมี (IF) ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตรา 15 กก./ในโตรเจน/ไร่ โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ในอัตราเท่า ๆ กัน ที่ระยะก่อนปลูก และที่ระยะข้าวโพดอายุ 30 วัน

4) ตำรับวัสดุเหลือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตรา รวม 4 ตำรับคือ 1/2CM+1/2IF, 1/2AS+1/2IF, 1/2RSC+1/2IF, และ 1/2EFB+1/2IF โดยทำการใส่วัสดุเหลือใช้ในระยะก่อนปลูกพร้อมกับปุ๋ยรองพื้น และใส่ปุ๋ยเคมีในระยะข้าวโพดอายุ 30 วัน ยกเว้นการใส่ EFB

สำหรับการใส่ EFB ในข้อ 2) และ 4) นั้นได้ทำการใส่ ในปริมาณ 400 ลิตร/แปลง/สัปดาห์ จนกว่าจะได้ปริมาณในโตรเจนตามต้องการ ซึ่งตำรับใส่เดี่ยวได้เริ่มใส่ EFB หลังจากปลูกข้าวโพดได้ 3 สัปดาห์ โดยใส่ทั้งสิ้นรวม 7 สัปดาห์ และในช่วงเวลาดังกล่าวไม่ได้มีการให้น้ำชลประทานแก่ข้าวโพดสำหรับตำรับใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีได้ใส่ทั้งสิ้นจำนวน 3 สัปดาห์ โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับตำรับใส่เดี่ยว

2. การปลูกและปุ๋ยรองพื้น

ปลูกข้าวโพดหวานในแปลงทดลองขนาด 4.5×5.0 ตรม. มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 3×3 ตรม. โดยปลูกเป็นแถวใช้ระยะปลูก 50×75 ซม. หยอดเมล็ดข้าวโพดหลุมละ 4-5 เมล็ด แล้วถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น ต่อหลุมเมื่อข้าวโพดอายุได้ 15 วัน โดยมีปุ๋ยทริบเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟตและโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราต่อไร่ 15 กก. P_2O_5 และ 15 กก. K_2O เป็นปุ๋ยรองพื้น

3. ข้อมูลดิน

หลังสิ้นสุดการทดลองทุกครั้ง ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยทำการหาค่า pH (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley-Black

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สกัดโดย 1N NH_4OAc pH7.0 สังกะสีและทองแดง สกัดโดย 0.1N HCl และวัดโดย atomic absorption spectrophotometer (Page, 1982; จงรักษ์, 2536)

4. ข้อมูลพืช

4.1 การเจริญเติบโตและผลผลิต ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตได้ทำการวัดความสูงของข้าวโพดที่ระยะ 30 วัน และ 45 วัน จำนวนวันที่ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย 50% ข้อมูลด้านผลผลิตได้ทำการหาน้ำหนักฝักสดทั้งหมด น้ำหนักฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักไม่สมบูรณ์ จำนวนฝักสมบูรณ์ และจำนวนฝักไม่สมบูรณ์

Table 1 Some chemical properties of Kamphaeng Saen soil.

Chemical properties	Kamphaeng Saen Soil
pH (1:1)	7.3
EC (1:5 mS/cm)	0.2
Organic matter (%)	1.1
Available P (Bray II, ppm)	55
Exchangeable K (ppm)	222
Exchangeable Ca (ppm)	1,568
Exchangeable Mg (ppm)	124
Exchangeable Na (ppm)	104
Exchangeable Cu (ppm)	1
Exchangeable Zn (ppm)	1
Texture	Loam

Table 2 Some chemical properties of organic waste materials.

Chemical properties	Organic waste materials ¹			
	CM	AS	RSC	EFB
pH	6.0	6.9	6.6	7.0
EC (mS/cm)	nd	nd	nd	1.6
Total N ^{2/}	5.24	2.24	1.10	55-95
Total P ^{2/}	0.87	0.34	0.10	21
Total K ^{2/}	1.38	0.19	0.50	50
Na ^{2/}	nd	nd	nd	60

Note nd = not determined

¹ CM = castor meal

AS = activated sludge cake

RSC = rice straw compost

EFB = effluent from biogas production

² (%) = for CM, AS and RSC; (ppm) for EFB

4.2 ปริมาณธาตุอาหาร ทำการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในตอซังและเมล็ดข้าวโพดโดยการย่อยสลายตัวอย่างพืชโดย digestion mixture (H_2SO_4 - Se - Na_2SO_4) และทำการกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Micro-Kjeldahl สำหรับการวัดปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ใช้วิธีดังกล่าวข้างต้น (Page, 1982; จงรักษ์, 2536)

ผลและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโต

วัสดุเหลือใช้มีผลต่อความสูงของข้าวโพดมากขึ้นเมื่อใส่ชานานครั้งขึ้น กล่าวคือ ในการใส่ครั้งแรก อินทรีย์วัสดุเหลือใช้ไม่มีผลต่อความสูงของพืชแต่อย่างใด แต่เมื่อมีการใส่ซ้ำในการปลูกครั้งที่สอง พบว่าอินทรีย์วัสดุเหลือใช้เริ่มแสดงผลต่อความสูงของข้าวโพดที่ระยะ 45 วัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยที่ตำรับใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีทุกตำรับไม่ว่าจะเป็น 1/2CM+1/2IF, 1/2AS+1/2IF, 1/2RSC+1/2IF, หรือ 1/2EFB+1/2IF ต่างให้ความสูงกว่าตำรับไม่ใส่ปุ๋ย (Ch) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตาม ในการปลูกครั้งที่สองนี้ การใส่วัสดุเหลือใช้เดี่ยวอาจยังมีผลสะสมไม่มากพอ จึงทำให้ตำรับใส่เดี่ยวหลายตำรับ เช่น กากละหุ่ง (CM) และกากตะกอนน้ำเสีย (AS) ให้ค่าความสูงของข้าวโพดแตกต่างจากตำรับไม่ใส่ปุ๋ยอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อมีการใส่วัสดุเหลือใช้เหล่านี้เป็นครั้งที่สามทำให้เริ่มมองเห็นผลตกค้างสะสมได้โดยเด่นชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากตะกอนน้ำเสียและกากละหุ่งเริ่มมีผลต่อความสูงของข้าวโพดตั้งแต่ระยะอายุ 30 วัน โดยที่ปุ๋ยหมักฟางและน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ ยังไม่มีผลต่อความสูงของข้าวโพดในระยะนี้ ที่เป็นเช่นนี้เพราะปุ๋ยหมักฟางข้าวอาจมีไนโตรเจนในรูปที่

เป็นประโยชน์ได้ (available N) อยู่ในปริมาณที่ต่ำ และข้าวโพดอายุ 30 วันเพิ่งได้รับน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเพียง 1 ครั้งเท่านั้นจึงยังไม่ส่งผลเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดปรากฏให้เห็นได้เมื่อข้าวโพดมีอายุได้ 45 วัน ผลการใส่วัสดุเหลือใช้ทั้งสองเริ่มทำให้ข้าวโพดสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำรับกากละหุ่งและตำรับกากตะกอนน้ำเสียมีผลต่อความสูงของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Figure 1) และการใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้ทุกชนิดร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลดีกว่าการใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้เพียงอย่างเดียว

การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้ทำให้ข้าวโพดออกดอกตัวผู้และดอกตัวเมียได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และผลดังกล่าวจะเริ่มปรากฏเด่นชัดตั้งแต่การใส่ครั้งที่สองเป็นต้นไป ตำรับที่มีผลต่อความสูงของข้าวโพดมีผลต่อการออกดอกของข้าวโพดเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดอกตัวผู้ แต่ในผลต่อการออกดอกของข้าวโพดนั้น วัสดุเหลือใช้ที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะให้ผลได้เด่นชัดกว่าการให้ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว (Figure 2) โดยที่การใส่ร่วมดังกล่าวทำให้ข้าวโพดออกดอกตัวผู้เร็วกว่าตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน 2-3 วัน และออกดอกตัวเมียเร็วขึ้น 1-2 วัน

2. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

อินทรีย์วัสดุเหลือใช้หลายชนิดสามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี โดยอาจให้ผลผลิตได้ดีกว่าปุ๋ยเคมีวัสดุเหลือใช้บางชนิด เช่น กากตะกอนน้ำเสีย แม้เมื่อใส่เดี่ยว สามารถให้ผลผลิตด้านน้ำหนักฝักทั้งหมดได้สูงกว่าปุ๋ยเคมีแม้จะเป็นในการปลูกครั้งแรกก็ตาม การปลูกในครั้งที่สอง และสามก็สามารถให้ผลผลิตได้สูงมากเช่นกัน ซึ่งเป็นการยืนยันผลเดิม (Figure 3&4) เช่นเดียวกับน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ เมื่อใส่เดี่ยวสามารถให้ผลผลิตด้านน้ำหนักฝักทั้งหมดค่อนข้างสูงกว่าปุ๋ยเคมีเล็กน้อย โดยผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้ตลอดการปลูกทั้งสามครั้ง แต่มีความโดดเด่นด้าน

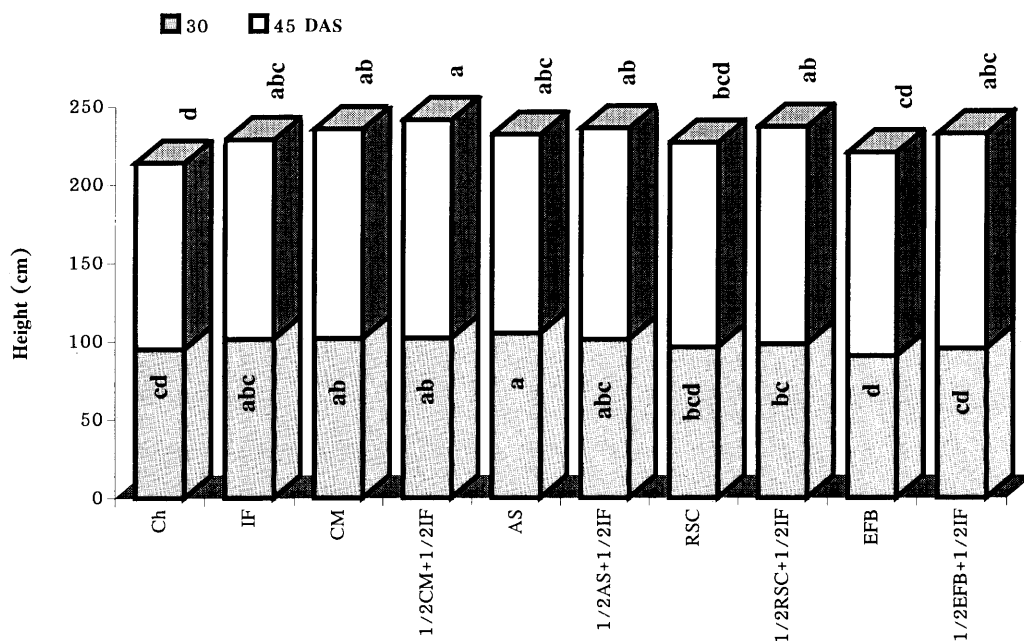


Figure 1 Plant height at 30 and 45 days after seeding (3rd crop).

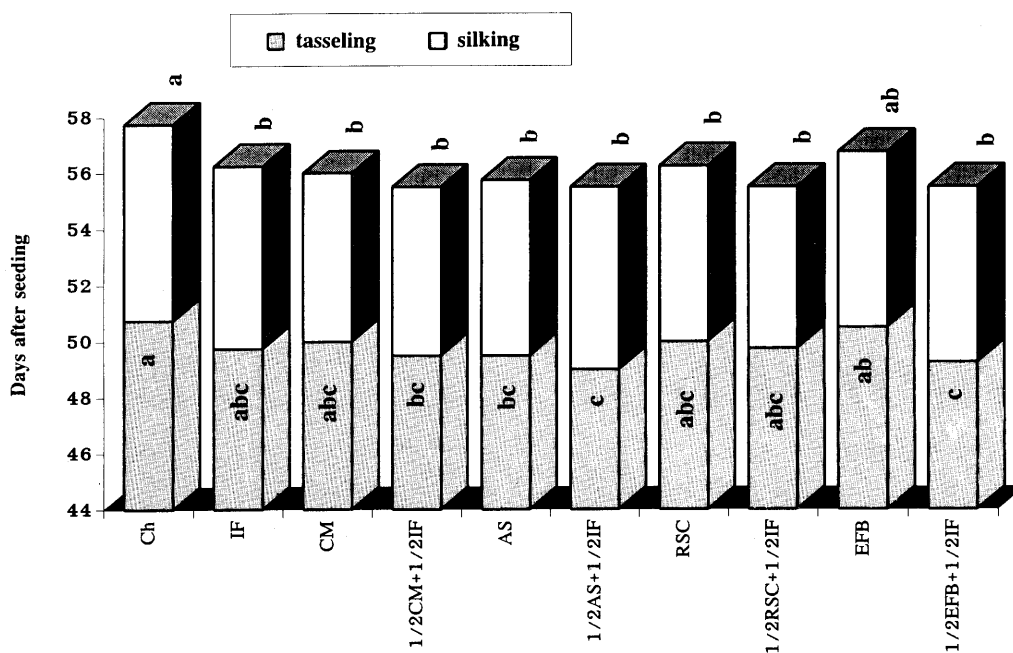


Figure 2 Effect of nitrogen sources on tasseling and silking dates (3rd crop).

Note : Means in the same growth stage not followed by a common letter are significantly different at 0.05 probability.

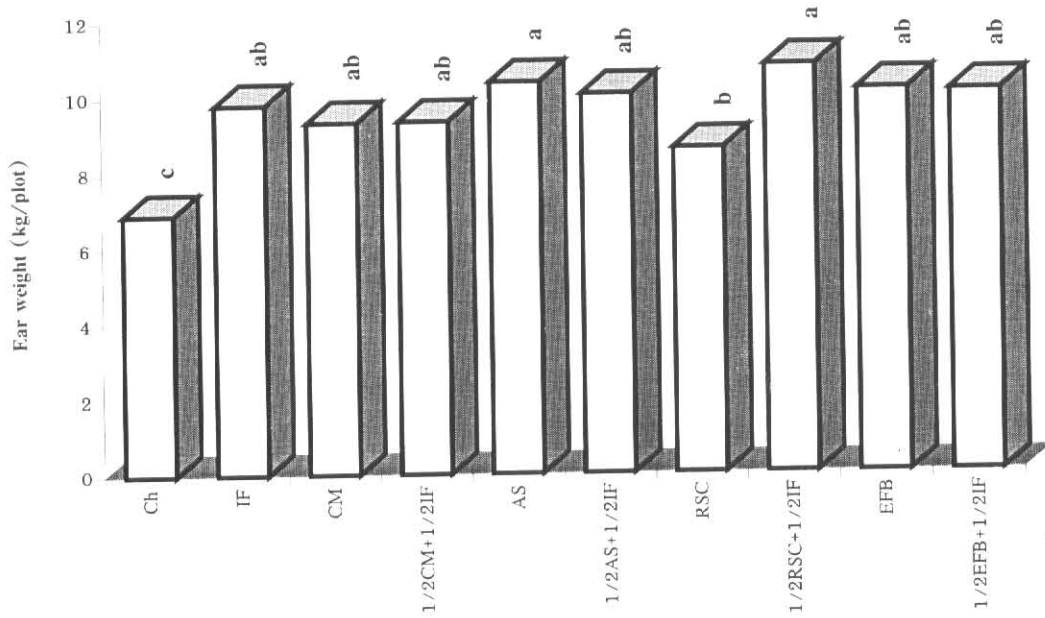


Figure 3 Effect of nitrogen sources on the total ear weight (2nd crop).

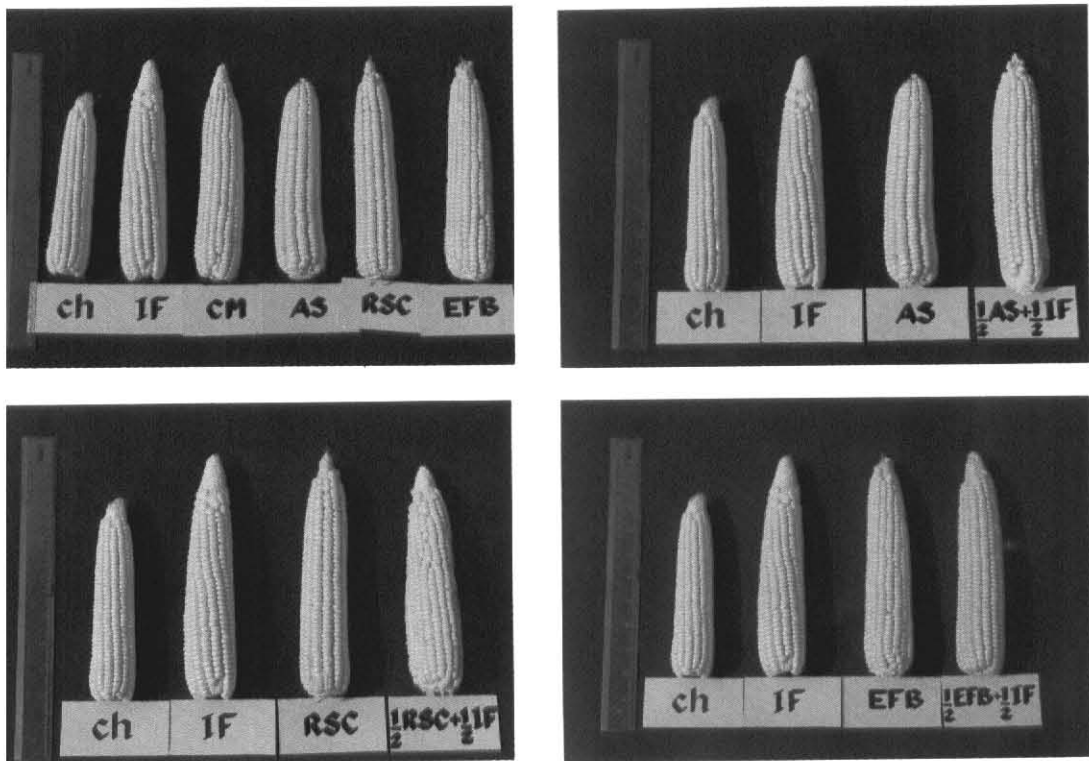


Figure 4 Effect of nitrogen sources on the corn yield (1st crop).

ประสิทธิภาพในแง่ปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดคั่วดีกว่ากากตะกอนน้ำเสียอยู่บ้าง สำหรับกากละหุ่งนั้นให้ผลผลิตได้ทัดเทียมกับปุ๋ยเคมี แม้เมื่อใส่เดี่ยว แต่มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตลดลงเมื่อมีการใช้ติดต่อกัน (Figure 3) สำหรับปุ๋ยหมักฟางข้าว นั้น การใส่เดี่ยวให้ผลดีต่อกว่าปุ๋ยเคมี แสดงให้เห็นว่า ในโตรเจนในกากตะกอนน้ำเสียและน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพอยู่ในรูปที่สามารถปลดปล่อยให้พืชใช้ได้ และในอัตราปลดปล่อยที่เหมาะสมกับการดูดกินของข้าวโพดได้ดีกว่าปุ๋ยเคมีที่ละลายน้ำได้เร็วจนข้าวโพดไม่สามารถดูดกินได้ทัน ทำให้เกิดการสูญเสียของไนโตรเจนได้มากกว่า ส่วนปุ๋ยหมักฟางข้าว นั้น ในโตรเจนส่วนใหญ่อาจอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ปลดปล่อยให้ข้าวโพดใช้ได้ ในอัตราที่ต่ำ และมีความเหมาะสมในการใช้ในลักษณะเป็นวัสดุปรับปรุงดินมากกว่าในลักษณะปุ๋ย (Parr and Colacicco, 1987) แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีครั้งอัตรา โดยใส่ปุ๋ยเคมีเมื่อข้าว

โพดอายุได้ 30 วัน ปรากฏว่าสามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวเต็มอัตรา ซึ่งผลการทดลองขึ้นขึ้นตรงกันตลอดการปลูกทั้งสามครั้ง

ในด้านคุณภาพของผลผลิตซึ่งพิจารณาจากน้ำหนักฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักและเมล็ดแห้ง 8 ฝัก พบว่าให้ผลสอดคล้องกับผลผลิตข้างต้น โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักฝักไม่สมบูรณ์ ความยาวฝัก และเปอร์เซ็นต์ความหวาน โดยที่เส้นรอบวงฝัก แสดงความแตกต่างทางสถิติเมื่อมีการปลูกครั้งที่สาม (Table 3)

3. ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช

ผลของอินทรีย์วัสดุเหลือใช้ต่อปริมาณไนโตรเจนในคอกขังและเมล็ดข้าวโพดให้ผลสอดคล้องกับผลของอินทรีย์วัสดุเหลือใช้เหล่านี้ต่อผลผลิตของข้าวโพดดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น กล่าวโดยทั่วไป กากตะกอนน้ำเสีย กากละหุ่ง และน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊ส

Table 3 Ear size and sugar content (3rd crop).

Treatments	Ear circumference (cm)	Ear length (cm)	Sugar content (brix)
Ch	12.63 ^{bl/}	20.23	14.78
IF	13.73 ^a	19.90	15.25
CM	13.60 ^a	19.95	14.93
1/2CM + 1/2IF	13.93 ^a	20.73	15.00
AS	13.50 ^a	20.74	14.80
1/2AS + 1/2IF	13.70 ^a	20.56	15.25
RSC	13.64 ^a	20.58	14.85
1/2RSC + 1/2IF	13.67 ^a	20.52	15.03
EFB	13.76 ^a	21.41	15.28
1/2EFB + 1/2IF	13.22 ^{ab}	20.59	15.42
F-test	*	ns	ns
%CV	3.37	5.80	2.16

^{1/} Means in any one column not followed by a common letter are significantly different at 0.05 probability.

ชีวภาพให้ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี แม้เมื่อมีการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีก็ไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 5a,b) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า การใช้ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนในตอซังเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแต่อย่างใด แม้การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนในเมล็ดก็ไม่เด่นชัด แต่เมื่อมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วยทำให้ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดมีค่าสูงที่สุด แม้เมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับอื่น ผลเช่นนี้ปรากฏยืนยันตรงกันตลอดการทดลอง และยังสอดคล้องกับผลการทดลองในนาข้าวที่ Panichsakpatana *et al.* (1991) พบว่าปุ๋ยหมักฟางข้าวมีผลเด่นชัดในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ทำให้รากข้าวมีขนาดสมบูรณ์และมีปริมาณมากกว่าค่ารับอื่น ๆ โดยแม้จะไม่สามารถให้ไนโตรเจนพอเพียงแก่ความต้องการของพืชก็ตาม เมื่อมีการให้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในระยะเจริญพันธุ์ของพืช การดูดกินไนโตรเจนในระยะนี้สามารถเคลื่อนย้ายสู่ผลผลิตได้ทันความต้องการ ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะนี้สูงมาก ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีมีการสูญเสียน้อย ส่งผลให้ผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดสูงทัดเทียมกับค่ารับอื่น ๆ ดังนั้นปุ๋ยหมักฟางข้าวจึงทำหน้าที่สองประการคือ ประการแรกในแง่ปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์ของดินมากกว่าเป็นปุ๋ยไนโตรเจนแก่พืช ทำให้พืชมีสรีระของรากสมบูรณ์ ประการที่สองเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีเมื่อใส่แต่งงาน ทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้เป็นเท่าตัว

ในด้านฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม จากการทดลองไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทุกค่ารับทดลอง เนื่องจากได้มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยรองพื้น ปริมาณฟอสฟอรัสในตอซังและในเมล็ดอยู่ในช่วง 0.20 - 0.33% และ 0.53 - 0.68% ตามลำดับ และปริมาณโพแทสเซียมในตอซัง

และในเมล็ดอยู่ในช่วง 2.62 - 3.45% และ 1.97 - 2.44% ตามลำดับ

4. สมบัติทางเคมีของดิน

การใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้และปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนไปจากเดิม ค่า pH ของดินอยู่ในช่วง 6.7 - 7.4 ตลอดการปลูกทั้งสามครั้ง (Table 4) ระดับความเค็มของดินซึ่งวัดโดยค่าการนำไฟฟ้าของดินก็ไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิม โดยที่ปริมาณเกลือโซเดียมในดินรับน้ำทั้งจากการผลิตแกลสชีวภาพมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณขึ้นเล็กน้อยในการปลูกครั้งที่สาม

การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีแนวโน้มทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีปริมาณ 1.5% ในการปลูกครั้งที่สาม ทั้งนี้เพราะปริมาณปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในการปลูกมีปริมาณค่อนข้างมาก คือ 2,800 กก./ไร่ โดยประมาณ นอกจากนั้นยังมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน คือในการปลูกทั้งสามครั้งมีปริมาณ 150 - 250 ppm ขณะที่ในการปลูกควบคุมมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 110 - 150 ppm และดินในดินรับน้ำทั้งจากการผลิตแกลสชีวภาพก็มีปริมาณโพแทสเซียมสูงด้วยเช่นกัน คืออยู่ในช่วง 140 - 240 ppm ซึ่งคล้ายคลึงกับผลของการใช้ปุ๋ยออกฤทธิ์ยาวที่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น (Meek *et al.*, 1982; Sutton *et al.*, 1982) สำหรับค่ารับที่มีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นได้แก่ค่ารับกากตะกอนน้ำเสีย โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 135 - 259 ppm ขณะที่ในการปลูกควบคุมอยู่ในช่วง 126 - 162 ppm นอกจากนั้นแล้วการใช้กากตะกอนน้ำเสียยังมีแนวโน้มทำให้แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นอีกด้วย ขณะที่การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว และการใช้น้ำทั้งจากการผลิตแกลสชีวภาพมีแนวโน้มทำให้แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณเพิ่มขึ้น

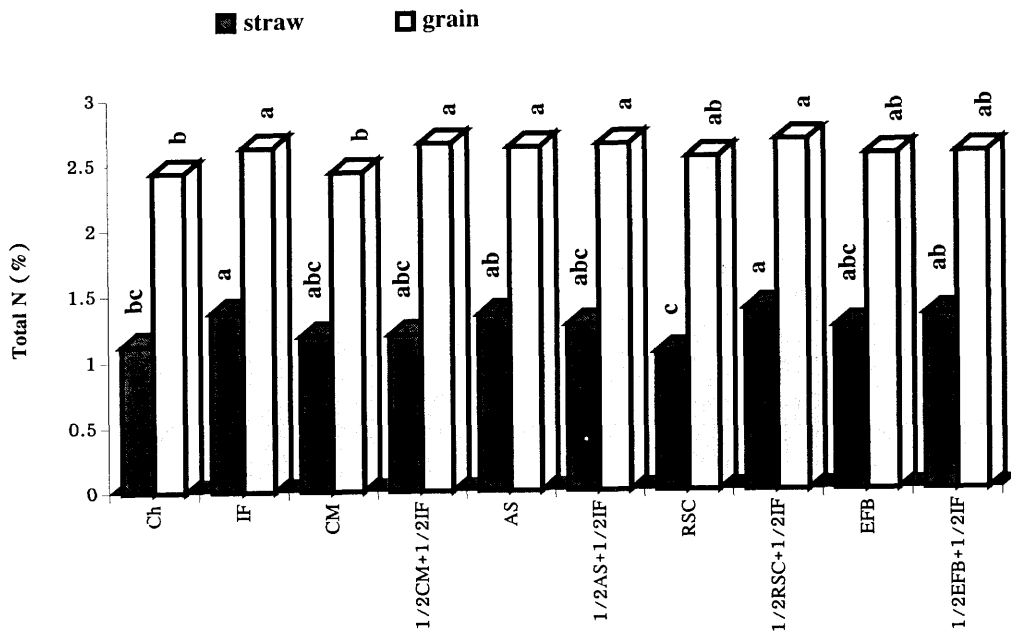
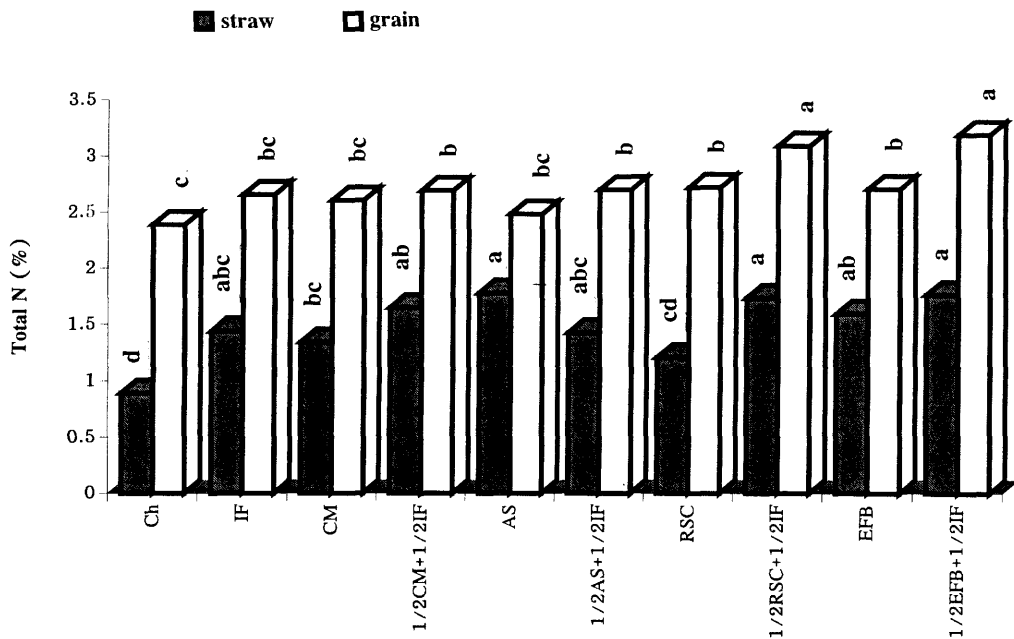


Figure 5a and 5b Total nitrogen contents in grain and straw at harvesting period (2nd & 3rd crops, respectively).

Note : Means in the same growth stage not followed by a common letter are significantly different at 0.05 probability.

Table 4 Chemical properties of the soil collected after harvesting the third crop.

Treatments	Chemical properties							
	pH (1:1)	EC ^{1/} (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K ₂ O (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)
Ch	7.4	0.22	1.2	162	130	1,280	60	50
IF	7.3	0.26	1.0	135	140	1,280	70	60
CM	7.2	0.25	1.2	186	170	1,480	100	60
1/2CM+1/2IF	6.7	0.23	1.1	155	150	960	80	50
AS	7.1	0.44	1.3	259	180	1,920	110	60
1/2AS+1/2IF	6.7	0.19	1.1	149	170	1,040	60	60
RSC	7.2	0.33	1.5	130	250	1,320	90	70
1/2RSC+1/2IF	7.0	0.27	1.5	206	250	1,230	100	50
EFB	7.7	0.31	1.2	162	240	1,760	100	80
1/2EFB+1/2IF	7.3	0.20	1.1	133	200	920	80	50

^{1/} mS/cm

5. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพทดแทนน้ำชลประทาน

จากผลของการทดลอง ได้บ่งชี้ว่า น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดหวานได้ทัดเทียมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา 15 กก./ในโตรเจน/ไร่ (Figure 3&4) โดยผลผลิตมีคุณภาพสูง ปริมาณไนโตรเจนในตอซังและในเมล็ดอยู่ในระดับสูง (Figure 5a,b) และเมื่อใช้ติดต่อกันไม่ทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินและการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลง โดยมีผลด้านบวกในด้านการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารพืชบางธาตุในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งการใส่น้ำทิ้งในแง่ปุ๋ยไนโตรเจนในการทดลองนี้ได้ใส่ในอัตรา 28,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ และในแปลงที่ได้รับน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพนี้ไม่ได้มีการให้น้ำชลประทานร่วมด้วย ดังนั้น จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่า นอกจากน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานได้แล้ว ยังสามารถใช้

ทดแทนน้ำชลประทานในอัตราดังกล่าวได้อีกด้วย ซึ่งเมื่อใช้ตลอดฤดูปลูกจะสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้ไม่น้อยกว่า 196,000 ลิตร/ไร่

สรุป

อินทรีย์วัสดุเหลือใช้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้สามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินกำแพงแสนได้ดังนี้

1. อินทรีย์วัสดุเหลือใช้สามารถเป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้เป็นอย่างดี โดยจะมีผลสะสมเห็นได้เด่นชัดเมื่อมีการใช้หนักรั้งขึ้น ทำให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดีสามารถออกดอกตัวผู้ได้เร็วขึ้น 2-3 วัน และออกตัวเมียเร็วขึ้น 1-2 วัน ทั้งนี้ การใส่วัสดุเหลือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีจะปรากฏผลดังกล่าวเห็นได้เด่นชัด

2. กากตะกอนน้ำเสียสามารถเป็นปุ๋ยข้าวโพดหวานได้ดี ทั้งนี้ นอกจากจะสามารถให้ผลผลิตได้สูง และคุณภาพของผลผลิตเทียบเท่าปุ๋ยเคมีอัตรา 15

กก.ไนโตรเจน/ไร่แล้ว ยังทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสและแคลเซียม การใช้ปุ๋ยเคมีให้ผลได้ใกล้เคียงกับการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี

3. กากละหุ่งสามารถเป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้ดี แม้ประสิทธิภาพในแง่ปุ๋ยอาจไม่สูงเทียบเท่ากับกากตะกอนน้ำเสียและน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ แต่พืชสามารถให้ผลผลิตได้สูงเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี สามารถใช้เดี่ยวได้ โดยให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ข้อพึงระวังคือเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตลดลง

4. ปุ๋ยหมักฟางข้าวเป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ดี โดยที่เมื่อใช้ติดต่อกันสามครั้งมีแนวโน้มทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น และทำให้โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีปริมาณสูงขึ้น การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวจำเป็นต้องใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยใส่ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยแต่งหน้า ทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่ง ซึ่งการใช้ปุ๋ยโดยวิธีนี้ นอกจากจะทำให้ข้าวโพดให้ผลผลิตได้เทียบเท่าการใช้ปุ๋ยเคมีเต็มอัตราแล้ว ยังทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ในต่อช่วงในระยะเก็บเกี่ยวและในเมล็ดมีค่าสูงสุดเมื่อเทียบกับค่ารับทดลองอื่น ๆ

5. น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถเป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก มีประสิทธิภาพในแง่ปุ๋ยสูงเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี การใช้น้ำทิ้งฯติดต่อกันสามครั้งไม่ทำให้สมบัติทางเคมีของดินเปลี่ยนแปลงไป และมีแนวโน้มทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปริมาณโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลดีที่สำคัญมากอีกประการหนึ่งก็คือนอกจากสามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนได้แล้วยังสามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ในปริมาณ 28,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ และสามารถทดแทนตลอดการปลูกหนึ่งครั้งได้ถึง 196,000 ลิตร/ไร่

คำขอบคุณ

ภาคตะกอนน้ำเสียได้รับความเอื้อเฟื้อจากคุณ จรินทร์ สุกุลวณิชพร ผู้จัดการโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 จังหวัดปทุมธานี และปุ๋ยหมักฟางข้าวได้รับความอนุเคราะห์จาก ดร. พิชยากร ล้อมทอง กองปุ๋ยหมัก กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เมตตาธรรมของบุคคลทั้งสองทำให้งานทดลองนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้ทำการวิจัยใคร่แสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- กุลวดี กันธวิวัฒน์. 2533. ประสิทธิภาพของอินทรีย์วัตถุเหลือใช้บางชนิดในแง่ปุ๋ยพืชไร่ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2536. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213น.
- ถนัด เกิดงาม. 2533. ผลของอินทรีย์วัตถุเหลือใช้บางชนิดในแง่ปุ๋ยข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2538. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับหญ้ากินนี ที่ปลูกบนดินกำแพงแสน. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 29: 182-192.
- Meek, B., L. Graham, and T. Donovan. 1982. Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter, and water infiltration rate. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 1014-1019.
- Page, A.L. 1982. Methods of Soil Analysis. Part2,

- 2nd ed., Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. 1159 p.
- Panichsakpatana, S., S. Sassanarakkit, and T. Yoshida. 1985. Effects of organic waste materials on the growth and yield of rice, pp. 121-198. *In* S. Vacharotayan and T. Yoshida (eds.). Utilization of Organic Waste Materials in Agriculture. NRCT-JSPS Cooperative Research in Thailand. Japan Society for Promotion of Science, Japan.
- Panichsakpatana, S., C. Suwannarat, W. Wajananawat, and S. Thongpae. 1991. Utilization of waste materials for soil amelioration. A. Utilization of some organic wastes as N and P sources in rice - soybean sequential cropping system, pp. 145-155. *In* T. Yoshida, K. Yamazaki, and M. Nakano (eds.). Dynamics and Its Control of Soils in Tropical Monsoon Regions. Report of the Granted Project no. 63044024. Ministry of Education, Science and Culture, Japan.
- Parr, J.F. and D. Colacicco. 1987. Organic materials as alternative nutrient sources, pp. 81-99. *In* Z.R. Hessel (ed.). Energy in Plant Nutrition and Pest Control. Elsevier Science Pub. Amsterdam, The Netherlands.
- Sutton, A.L., D.W. Nelson, J.D. Hoff, and V.B. Mayrose. 1982. Effects of injection and surface application of liquid swine manure on corn yield and soil composition. *J. Environ. Qual.* 11: 468-472.