

การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยในโตรเจน
สำหรับหญ้างูนิ ที่ปลูกบนดินกำแพงแสน
Utilization of Effluent from Biogas Production as Nitrogen
Source for Guinea Grass (*Panicum maximum* Jacq.)
Grown on Kamphaeng Saen Soil

ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา¹
Supamard Panichsakpatana

ABSTRACT

Effluent from biogas production (EFB) of liquid swine wastes was tested as nitrogen source and as irrigational water for guinea grass planted in Kamphaeng Saen soil. The EFB was applied weekly at 40,000 l/rai (6.25 rai = 1 ha) for the whole growing period. With the mentioned rate, the EFB supplied nitrogen for the grass which was equivalent to 25 kg N/rai (156 kg N/ha). Inorganic fertilizer (IF) in the form of ammonium sulfate at the same rate as above was used as the standard treatment. Combination of the two treatments (1/2EFB + 1/2IF) and no nitrogen fertilizer (Ch) were set as an alternative and the check treatments, respectively. The experiment was conducted as field trial using RCBD with 4 replications. One crop of the grass was harvested 4 times monthly. The grass was planted for the total of 3 consecutive dry seasons.

The results indicated that by using EFB, grass yield could be produced as much as using 25 kg N/rai chemical fertilizer. The grasses which received EFB or IF were more or less the same in nutrient amount and nutritional quality. The EFB could replace irrigational water for the whole planting period. It could substitute irrigational water as much as 160,000 l/rai/month (1,000,000 l/ha/month). With long-term application of the EFB, there were no change of Zn, Cu, pH and electrical conductivity of the soil. Some soil physical properties, such as state of aggregation, were likely improved. In addition, no increase of nitrate content in ground water was observed.

Key words : biogas production, waste management, effluent, *Panicum maximum*

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ น้ำที่จากการผลิตแก๊สชีวภาพของมูลสุกรเป็นปุ๋ยในโตรเจน และทดแทนน้ำชลประทานสำหรับหญ้ากินนีที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยทำการทดลองภาคสนาม ในฤดูแล้ง 3 ฤดูปลูกติดต่อกัน ทำการตัดหญ้า 4 ครั้ง/การปลูก พบว่า น้ำที่จากการผลิตแก๊สชีวภาพทำให้ผลผลิตของหญ้ากินนีเพิ่มขึ้นเทียบเท่ากับปุ๋ยเคมีในโตรเจน อัตรา 25 กก. ในโตรเจน/ไร่ โดยที่ยังคงคุณค่าด้านโภชนาการทางอาหารสัตว์เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี และยังสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้ตลอดฤดูปลูกเทียบเท่ากับอัตรา 160,000 ลิตร/ไร่/เดือนการใช้ น้ำทั้งในระยะยาวด้วยอัตราดังกล่าวไม่มีผลต่อปริมาณสังกะสี ทองแดง pH และการนำไฟฟ้าของดิน อีกทั้งยังมีแนวโน้มทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบางประการ เช่นสถานะการเกิดเม็ดดินดีขึ้น และไม่มีผลทำให้ปริมาณไนเตรดในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น

คำนำ

ปัญหาการจัดการของเสียจากการเลี้ยงสุกรนับเป็นปัญหาสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหากลิ่นเหม็นและน้ำเสียจากคอกเลี้ยง เนื่องจากสิ่งขับถ่ายจากสุกรมีค่าบีโอดี (BOD) สูงมากถึง 33,000 มก./กก. และมีไนโตรเจนสูงถึง 4,000 มก./กก. (Ushikubo, 1987) แต่ในการเกษตรแผนใหม่ ของเสียจากคอกสุกรจะมีน้ำล้างคอกปนกับสิ่งขับถ่ายด้วย ทำให้ของเสียมีปริมาณมากขึ้นแต่ยังมีปริมาณธาตุอาหารพืชในความเข้มข้นสูง หากนำไปใช้ในการเกษตรโดยไม่ถูกวิธีย่อมเป็นอันตรายต่อพืชปลูก ผู้เลี้ยงสุกรจึงไม่สามารถระบายของเสียเหล่านี้สู่ภาคการกสิกรรมได้ทันปริมาณที่เพิ่มขึ้น จำต้องปล่อยให้รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้น้ำเสียและเหม็นเน่า ปลาและสัตว์น้ำตาย พร้อม ๆ กับการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างมากภายนอกจากนั้น

การรั่วไหลเช่นนี้คือสาเหตุแห่งการปนเปื้อนไนเตรดในน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำสำหรับใช้บริโภค อันเป็นแนวโน้มทำให้เกิดภาวะมลพิษจากไนเตรดในแหล่งน้ำบริโภคในอนาคต

การใช้ของเสียจากสัตว์ในการผลิตแก๊สชีวภาพในประเทศไทยมีมานานพอสมควร อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของบ่อหมักในแง่กำจัดธาตุอาหารยังไม่สูง ปริมาณไนโตรเจนในกากจากบ่อที่ทดลองใช้เป็นปุ๋ยมีค่าประมาณ 0.9-1.1% ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนในมูลวัว ควาย และสุกร มีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.9-1.62% (พรพิมล และคณะ, 2528) และเมื่อมีการพัฒนาระบบการผลิตแก๊สชีวภาพ ทำให้ไนโตรเจนในกากจากบ่อมีปริมาณลดลง คือมีค่าไนโตรเจนในปริมาณ 0.373% (มานัส และคณะ, 2535) อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่ากากจากบ่อทดลองมีปริมาณน้อยและยังเก็บลอกนาน ๆ ครั้ง แต่ยังไม่มียางานใดที่ทำการทดลองนำน้ำทิ้งซึ่งมีปริมาณมากจากบ่อผลิตแก๊สไปใช้ให้เกิดประโยชน์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้พัฒนาการผลิตแก๊สชีวภาพ จากระบบปลั๊กโฟลว์ที่สถานีวิจัยเกษตรทับกวาง (Tentscher, 1987) เป็นระบบแก๊สชีวภาพไฮไฟ ซึ่งคำว่า ไฮไฟ (HYPHI) ย่อมาจาก Hybrid Plug-flow High-rate system เพื่อใช้กำจัดของเสียในฟาร์มสุกรขนาดกลางถึงใหญ่ ระบบประกอบด้วยถังหมักช้าแบบปลั๊กโฟลว์ (Plug-flow digester) เพื่อกำจัดของเสียที่มีความเข้มข้นสูง และถังหมักเร็วแบบยูเอสบี (UASB digester) และแบบ เอเอฟ (AF digester) ซึ่งออกแบบมาให้กำจัดของเสียที่มีความเข้มข้นต่ำ (Figure 1) ระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงมาก ทำให้น้ำทิ้งที่ได้จากการผลิตแก๊สมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ (Table 1) ซึ่งน้ำทิ้งในลักษณะเช่นนี้นอกจากจะใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชได้แล้วยังอาจนำมาใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้อีกทางหนึ่งด้วย การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบนำน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพใช้เป็น

Table 1 Chemical properties of effluent from biogas production (EFB).

Chemical properties	EFB
pH	7.4
EC (mS/cm)	1.6
BOD (mg/l)	23
Total N (ppm)	68-98
Total P (ppm)	21
Total K (ppm)	50
Total Mg (ppm)	23
Total Ca (ppm)	20
Total Na (ppm)	60
Total Zn (ppm)	0.1
Total Cu (ppm)	0.1

แหล่งธาตุไนโตรเจนแก่หญ้ากินนี และความสามารถทดแทนน้ำชลประทานของน้ำทิ้งดังกล่าว

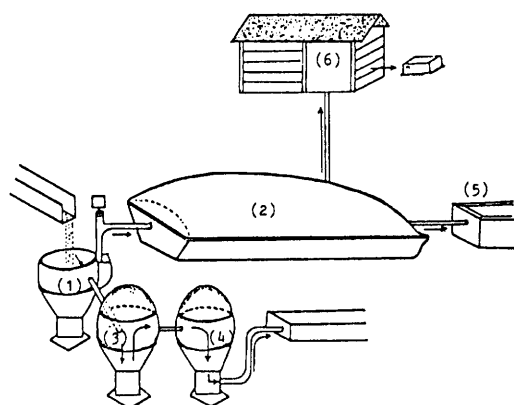
อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

ทำการทดลองภาคสนามในชุดดินกำแพงแสน (Table 2) โดยใช้พื้นที่แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา วิทยาเขตกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ และทำการปลูกหญ้ากินนีติดต่อกัน 3 ครั้ง ประกอบด้วยดำรับทดลอง 4 ดำรับคือ

1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Ch)

2) น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ (EFB) โดยใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนเทียบเท่าอัตรา 25 กก.ไนโตรเจน/ไร่ การใส่เพื่อให้ได้ครบอัตราที่ต้องการ ทำได้โดยใส่น้ำทิ้งจำนวน 400 ลิตร/แปลงขนาด 4x4 ตารางเมตร/สัปดาห์ แทนที่น้ำชลประทาน โดยใส่ทุกสัปดาห์ เทียบเท่าการทดแทนน้ำชลประทาน 40,000

**Figure 1** Diagram of Hybrid Plug-flow High-rate system.

- (1) = settler;
- (2) = plug-flow digester;
- (3) = UASB digester;
- (4) = AF digester;
- (5) = effluent holding lagoons;
- (6) = electrical generator

ลิตร/ไร่/สัปดาห์ จำนวนปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งเพื่อใส่จนครบอัตราปุ๋ยที่ต้องการ และเมื่อให้น้ำทิ้งจนครบการตัดหญ้าทุกครั้ง โดยตัดเดือนละครั้ง จำนวน 4 ครั้ง จะเป็นการทดแทนน้ำชลประทานเท่ากับ 640,000 ลิตร/ไร่ ตลอดการปลูกหนึ่งครั้ง

3) ปุ๋ยเคมี (IF) โดยใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตรา 25 กก.ไนโตรเจน/ไร่ โดยการแบ่งใส่ 4 ครั้งเท่า ๆ กัน หลังการตัดหญ้า

4) น้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตรา (1/2 EFB + 1/2 IF) โดยใส่น้ำทิ้ง 200 ลิตร/แปลง/สัปดาห์ จนครบอัตรา 12.5 กก.ไนโตรเจน/ไร่ กับปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกัน โดยทำการแบ่งใส่ 4 ครั้งเหมือนกับดำรับที่ 3 และให้น้ำชลประทานร่วมด้วย

2. การปลูก และปุ๋ยรองพื้น

ปลูกหญ้ากินนีในแปลงขนาด 4x4 ตารางเมตร

Table 2 Chemical properties of Kamphaeng Saen soil.

Chemical properties	Kamphaeng Saen soil
pH (1:1)	7.0
EC (1:5, mS/cm)	0.15
Organic matter (%)	1.0
Available P (Bray II, ppm)	56
Exchangeable K(ppm)	194
Exchangeable Ca (ppm)	1,984
Exchangeable Mg (ppm)	110
Exchangeable Na (ppm)	76
Extractable Cu (ppm)	1
Extractable Zn (ppm)	1
Texture	loam

โดยปลูกเป็นแถวใช้ระยะปลูก 50x75 เซนติเมตร หลุมละ 2-3 แขนง ขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยว 2.25x2.50 ตารางเมตร เมื่อต้นหญ้าตั้งตัวได้ดี ทำการตัดและใส่ปุ๋ยรองพื้น ทรายเป็นปุ๋ยคอก (46% P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา 12.5 และ 25 กก./ไร่ ตามลำดับ โดยทำการใส่ครั้งเดียว จนตัดหญ้าได้ครบ 4 ครั้ง การใส่ปุ๋ยรองพื้นใช้อัตราส่วนของปุ๋ย N : P_2O_5 : K_2O เท่ากับ 2 : 1 : 2 (ประเสริฐ, 2534)

เมื่อทำการปลูกใหม่ได้ทำการเตรียมดินในแปลงเดิมและให้ตำรับปุ๋ยเดิมดังกล่าวข้างต้น รวมการปลูกทดลองทั้งสิ้น 3 ครั้ง

3. ข้อมูลดิน

3.1 สมบัติทางเคมี หลังสิ้นสุดการทดลองทุก ครั้ง ทำการวิเคราะห์ pH (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยวิธี Walkley-Black ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สกัดโดย 1N NH_4OAc pH7.0 สังกะสีและทองแดง สกัดโดย 0.1N HCl และวัดโดย atomic absorption

spectrophotometer (Page, 1982; จงรักภักดี, 2536)

3.2 สมบัติทางฟิสิกส์ หลังสิ้นสุดการทดลอง ทำการหา ความหนาแน่นรวมด้วยวิธี core method การเกิดเม็ดดินด้วยวิธี wet sieving method และ ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (ถนอม, 2526)

4. ข้อมูลพืช

4.1 ธาตุอาหารหลัก วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยการย่อยสลาย ตัวอย่างพืชด้วยสารละลายผสมของกรด H_2SO_4 : Na_2SO_4 : Se และทำการกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน ด้วยวิธี Micro-Kjeldahl สำหรับการวัดปริมาณ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ใช้วิธีการดังกล่าวข้างต้น (Page, 1982; จงรักภักดี, 2536)

4.2 คุณค่าทางโภชนาการอาหารสัตว์ ทำการ วิเคราะห์โดยวิธี Proximate analysis (เขาวมาลัย, 2523)

5. ข้อมูลน้ำใต้ดิน

วิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินโดยการกลั่นด้วยวิธี Micro-Kjeldahl

ผลและวิจารณ์

1. ผลผลิตน้ำหนักร้าง

หญ้ากีนีในตำรับน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ (EFB) ตำรับน้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมี (1/2EFB + 1/2IF) และตำรับปุ๋ยเคมี (IF) ต่างให้น้ำหนักแห้งสูงกว่าหญ้ากีนีในตำรับไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (Ch) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และตำรับทั้งสามดังกล่าวข้างต้นให้ผลผลิตด้านน้ำหนักร้างของหญ้าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ผลการทดลองเช่นนี้ปรากฏให้เห็นในการตัดทั้ง 4 ครั้ง และขึ้นชั้นผลเดิมทั้ง 3 ถูปลูก โดยที่น้ำหนักแห้งของหญ้าในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่า 1,518; 1,691; และ 1,084 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ ผลที่แสดงใน Figure 2

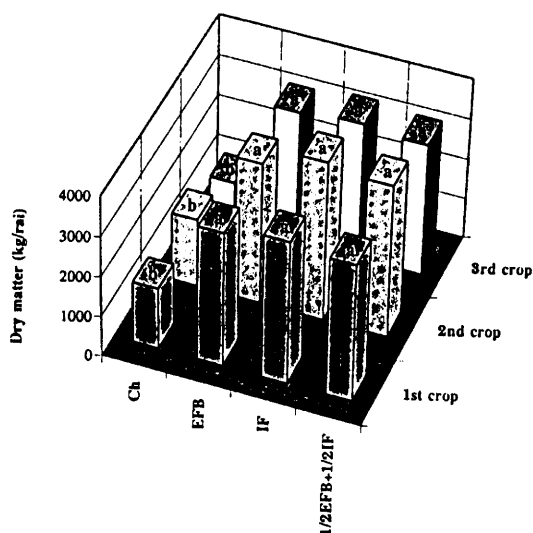


Figure 2 Effect of nitrogen sources on dry matter production of guinea grass.

เป็นการแสดงผลรวมของการตัดทั้ง 4 ครั้งในการปลูกทั้ง 3 ครั้ง ซึ่งยืนยันผลดังกล่าวข้างต้น อย่างไรก็ตาม จากค่าผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของการตัดทั้ง 4 ครั้ง ในแปลง EFB, 1/2EFB + 1/2IF, และ IF ในการปลูกครั้งที่ 1 เท่ากับ 3,344; 3,552; 3,417 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่ 2 เท่ากับ 3,504; 3,951; 3,794 กก./ไร่ และในการปลูกครั้งที่ 3 เท่ากับ 3,255; 3,380; 3,278 กก./ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า แม้ได้รับทั้งสามแสดงค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม แต่การให้น้ำทิ้งๆ ก็ยังให้ผลผลิตต่ำกว่าปุ๋ยเคมีอยู่เล็กน้อย กล่าวคือสามารถให้ผลผลิตได้ 94, 89 และ 96% ของได้รับปุ๋ยเคมี และการใช้น้ำทิ้งๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้หญ้ามีผลผลิตน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้เป็นอย่างดี (Figure 3) โดยที่อัตราที่ใช้ 40,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ ในการตัดทั้ง 4 ครั้ง สามารถให้ธาตุไนโตรเจนเทียบเท่าปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 20-25 กก.

ไนโตรเจน/ไร่

โดยที่การให้น้ำทิ้งๆ สามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ และผลผลิตในแปลง EFB กับแปลง 1/2EFB + 1/2IF ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน บ่งชี้ว่าสามารถใช้น้ำทิ้งๆ ทดแทนน้ำชลประทานได้ตลอดฤดูปลูก ซึ่งเมื่อรวมการตัดทั้ง 4 ครั้งแล้ว น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถทดแทนน้ำชลประทานในการปลูกหญ้ากินนีทั้งสิ้น 640,000 ลิตร/ไร่ ตลอดการปลูกหนึ่งครั้ง

2. ปริมาณธาตุอาหารหลักในพืช

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ในหญ้ากินนีในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าระหว่าง 10-15 กก./ไร่ ตลอดการปลูกทั้งสามครั้ง และการให้น้ำทิ้งๆ หรือการใช้ปุ๋ยเคมี หรือการใช้ร่วมกัน ทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในหญ้ามียังมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (Table 3) โดยที่ค่าที่วิเคราะห์ได้ในดาร์บทั้งสามมีค่าใกล้เคียงกันมาก กล่าวคือ มีค่า 38-39, 33-35, และ 29-30 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ และเมื่อคิดประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (N-recovery) ซึ่งคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พืชดูดกินได้จากปริมาณไนโตรเจนที่ใส่ (25 กก.ไนโตรเจน/ไร่) แล้ว จะเห็นได้ว่า หญ้ากินนีสามารถใช้ไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีได้ 80-90% ขณะที่สามารถใช้ไนโตรเจนในน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพได้ 73-92%

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในพืชก็ปรากฏผลในทำนองเดียวกัน ฟอสฟอรัสทั้งหมดในหญ้างินนีที่ปลูกในดาร์บไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่า 7-11 กก./ไร่ ทั้งสามฤดูปลูก ขณะที่ได้รับทั้งสามมีค่า 14-15, 16-19, และ 14-15 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่ 1, 2, และ 3 ตามลำดับ สำหรับปริมาณโพแทสเซียมในพืชนั้น หญ้ากินนีในแปลงทั้งสามมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าหญ้าที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากถึง 2-3 เท่า

3. คุณค่าทางโภชนาการอาหารสัตว์

ปริมาณโปรตีนรวม (crude protein) ในหญ้ากินนีของตำรับทดลองต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 5.2-7.6% ซึ่ง Butterworth (1967) รายงานว่า หญ้า

กินนีมีค่าโปรตีนรวมอยู่ระหว่าง 4-14% เมื่อคำนวณเป็นค่าโปรตีนเฉลี่ยรวม พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนทุกตำรับให้ค่าโปรตีนเฉลี่ยรวมสูงกว่าที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทุกการทดลอง กล่าวคือ ค่าโปรตีนเฉลี่ยรวมในตำรับไม่ใส่ปุ๋ยไนโตร

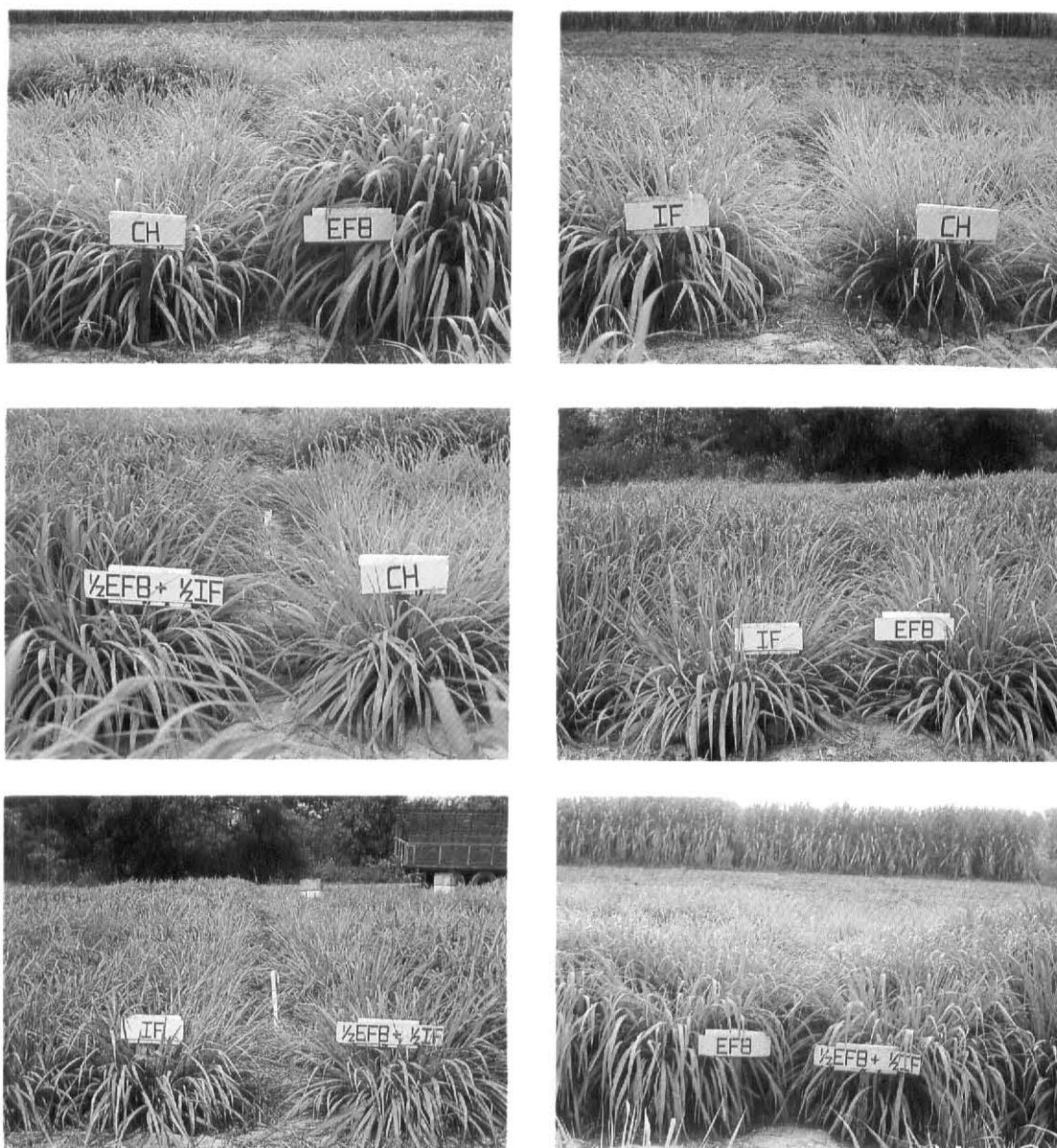


Figure 3 Effect of nitrogen sources on the growth of guinea grass planted in Kamphaeng Saen soil.

Table 3 Total nitrogen contents of guinea grass, summation of 4 cuttings.

Treatments	Total N uptake (kg N/rai)		
	1st crop	2nd crop	3rd crop
Ch	15.73 ^b	15.09 ^b	9.48 ^{b1/}
EFB	38.85 ^a	33.34 ^a	29.58 ^a
IF	38.21 ^a	35.20 ^a	30.32 ^a
1/2EFB + 1/2IF	39.24 ^a	33.36 ^a	29.41 ^a
F-test	**	**	**2/
CV(%)	8.04	8.23	8.46

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

2/ Means in the column are significantly different at 0.01 probability

Table 4 Crude protein contents of guinea grass, average of 4 cuttings.

Treatments	Crude protein (%)		
	1st crop	2nd crop	3rd crop
Ch	6.74	5.67	5.47
EFB	7.56	6.09	5.18
IF	7.07	5.55	5.54
1/2EFB+1/2IF	7.41	5.30	5.98

เจน ใส่ปุ๋ยคอก ใส่ปุ๋ยเคมี, และใส่ปุ๋ยทั้งๆรวมกับ ปุ๋ยเคมี มีค่า 98.43, 241.14, 238.28 และ 245.15 กก./ไร่ ในการทดลองที่ 1 และมีค่า 94.70, 211.77, 219.41, และ 202.46 กก./ไร่ ในการทดลองที่ 2 และในการทดลองที่ 3 มีค่า 59.28, 184.91, 189.52, และ 183.86 กก./ไร่ ตามลำดับ

จากค่าวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการด้านอาหารสัตว์ของหญ้าทดลอง พบว่า ค่าไขมัน (ether extract), ใยหยาบ (crude fiber), nitrogen free extract (NFE), acid detergent fiber (ADF), และ neutral detergent fiber (NDF) ของทุกคำรับทดลองไม่มี

ความแตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งผลการทดลองยืนยันตรงกันทั้งสองฤดูปลูก (Table 5)

4. สมบัติทางเคมีของดิน

การใช้ปุ๋ยเคมี 25 กก./ไร่ ไตรเจน/ไร่ ติดต่อกันทั้งสามฤดูปลูกมีแนวโน้มทำให้ pH ของดินมีค่าต่ำลง (Table 6) นอกจากนั้นยังอาจทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และแมกนีเซียมมีปริมาณต่ำลงอีกด้วย การให้น้ำทั้งแก่หญ้ากินีนิทแทนปุ๋ยเคมีในไตรเจนและน้ำชลประทานไม่ทำให้สมบัติทางเคมีและธาตุอาหารหลัก

ในดินลดลงแต่อย่างไร การให้น้ำทิ้งๆไม่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการใช้มูลสุกรโดยตรงเป็นปุ๋ย ที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้โดยง่าย (Liang, 1982; Cheung and Wong, 1983) ค่าการนำไฟฟ้าของดินสามารถใช้เป็นดัชนีกำหนดปริมาณการใช้น้ำทิ้งๆหรือน้ำล้างคอกในดิน (Cottenie and Maele, 1977) ซึ่งอัตราน้ำทิ้งๆที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ให้ผลเช่นเดียวกับการทดลองของ Bonciarelli (1977) ที่ใช้น้ำล้างคอก 58,400 ลิตร/ไร่ ติดต่อกันเป็นเวลา 6 ปี

โดยไม่มีผลต่อการเพิ่มค่าความเค็มของดิน การให้น้ำทิ้งๆดังกล่าวยังอาจมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นได้ ซึ่งผลการทดลองยืนยันตรงกันกับการใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ย (Liang, 1982) นอกจากนั้น ปริมาณสังกะสีและทองแดงในดินที่ได้รับน้ำทิ้งๆติดต่อกันทั้งสามครั้งยังมีปริมาณไม่แตกต่างจากดินในดำรับอื่น กล่าวคือมีค่า 1.8 และ 0.8 ppm ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณของธาตุทั้งสองในดำรับไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน มีค่า 1.2 และ 0.8 ppm

Table 5 Nutritional values of guinea grass, average of 4 cuttings (%).

Treatments	Ether extract	Ash	Crude fiber	NFE	ADF	NDF
1st crop						
Ch	1.30	15.88	29.46	40.92	42.87	67.93
EFB	0.96	16.83	30.01	38.29	39.72	63.30
IF	1.04	16.09	30.36	38.89	41.85	62.65
1/2EFB+1/2IF	1.08	16.04	32.64	36.74	41.94	63.47
2nd crop						
Ch	1.00	11.52	32.82	44.82	46.03	70.15
EFB	1.01	11.78	33.60	43.81	45.49	68.63
IF	0.94	12.90	35.49	40.68	48.40	69.20
1/2EFB+1/2IF	0.95	13.50	35.36	40.75	49.03	69.34

Table 6 Chemical properties of the soil collected after harvesting the third crop.

Treatments	Chemical properties						
	pH (1:1)	EC ^{1/} (1:5)	OM (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Ch	7.3	0.13	1.2	171	360	1,920	140
EFB	7.4	0.14	1.1	237	340	1,520	190
IF	6.3	0.27	1.1	72	120	1,200	80
1/2EFB+1/2IF	6.8	0.13	1.2	166	190	1,040	130

^{1/} : mS/cm

ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากแม้มีการใส่ธาตุทองแดงและสังกะสีในอาหารสุกร แต่เมื่อมีการบำบัดน้ำเสียโดยการผลิตแก๊สชีวภาพและได้รับการปลดปล่อยในลักษณะน้ำทิ้งแล้ว ปรากฏว่ามีธาตุทั้งสองในน้ำทิ้งฯ ดังกล่าวในปริมาณที่ต่ำ (Table 1) ซึ่งหากใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ยโดยตรงแล้ว อาจทำให้ปริมาณทองแดงและสังกะสีในดินเพิ่มขึ้นได้มาก (Liang, 1982)

5. สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

การใช้น้ำทิ้งและปุ๋ยเคมี ไม่ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเปลี่ยนแปลง และไม่มีผลต่อความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน ทั้งในระดับดินบน (0-15 ซม.) และดินล่าง (15-30 ซม.) ดังที่ได้แสดงไว้ใน Table 7 แต่ในแง่การกระจายของเม็ดดิน (aggregate size distribution) พบว่า ดินที่ได้รับน้ำทิ้งฯติดต่อกันเป็นเวลานานมีแนวโน้มทำให้เกิดเม็ดดินขนาดโตกว่า

Table 7 Bulk density and available moisture capacity (AMCA) of the soils collected after harvesting the third crop.

Treatments	Bulk density (g/cm ³)		AMCA (%)	
	0-15 cm	15-30 cm	0-15 cm	15-30 cm
Ch	1.77	1.71	9.5	11.14
EFB	1.77	1.68	9.11	10.34
IF	1.77	1.70	8.60	10.42
1/2EFB+1/2IF	1.72	1.68	10.92	9.86
F-test	ns	ns	ns	ns ^{1/}
CV (%)	2.61	2.35	15.71	25.96

^{1/} Means in the column are not significantly different at 0.05 probability

Table 8 State of aggregation of the soils collected after harvesting the third crop.

Treatments	Aggregate larger than 0.25 mm (%)	
	0-15 cm	15-30 cm
Ch	28.91	26.04
EFB	37.88	24.83
IF	32.85	27.66
1/2EFB+1/2IF	33.23	23.13
F-test	ns	ns ^{1/}
CV (%)	20.24	22.80

^{1/} Means in the column are not significantly different at 0.05 probability

Table 9 Nitrate contents in ground water collected one week after EFB or IF application.

Places	NO ₃ -N (ppm N)				
	1st month	2nd month	3rd month	4th month	Average
Ch plot	5.4	1.9	2.4	5.4	3.8
EFB plot	4.1	2.7	4.4	3.4	3.7
Canal nearby					4.9

0.25 มม. มีปริมาณมากขึ้น (Table 8) เมื่อดินที่มีขนาดดังกล่าวในแปลงควบคุม(ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน)ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. มีปริมาณ 28.9% ขณะที่ในแปลงที่ให้น้ำทิ้งมีปริมาณ 37.9% ซึ่ง Pagliai *et al.* (1983) รายงานว่า การใช้มูลสุกรเหลวเป็นปุ๋ยทำให้ช่องขนาดใหญ่ (macro pore) ในดินเพิ่มปริมาณขึ้น

8. ปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดิน

ได้ทำการวัดปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 1.50 เมตรจากผิวดิน ในแปลงที่ให้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเปรียบเทียบกับที่ไม่มีการให้น้ำทิ้ง (แปลงควบคุม) และน้ำชลประทานผิวดินซึ่งอยู่ใกล้กับแปลงทดลอง พบว่า ปริมาณไนเตรตเฉลี่ยในน้ำใต้ดินในแปลงที่ให้น้ำทิ้งมีค่า 3.7 ppm ใกล้เคียงกับค่ารับควบคุมซึ่งมีค่า 3.8 ppm ขณะที่น้ำชลประทานผิวดินมีปริมาณไนเตรตเฉลี่ยเท่ากับ 4.9 ppm (Table 9)

สรุป

จากการทดลอง สามารถสรุปผลของการศึกษาได้ดังนี้

1. น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพทำให้หญ้ากินนีมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตใกล้เคียงกับปุ๋ยเคมี อัตรา 25 กก./ไนโตรเจน/ไร่
2. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพกับ

หญ้าอาหารสัตว์ สามารถให้ผลผลิตที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เทียบเท่ากับปุ๋ยเคมี

3. เมื่อใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพติดต่อกัน ไม่ทำให้ pH และค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลง ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มทำให้ pH ของดิน และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง

4. เมื่อใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพอย่างต่อเนื่อง ในอัตราที่เหมาะสม ไม่มีผลทำให้ปริมาณไนเตรตในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น

5. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถทดแทนการใช้น้ำชลประทานได้ตลอดฤดูปลูก เทียบเท่า 640,000 ลิตร/ไร่

คำขอบคุณ

งานทดลองนี้ ได้รับงบประมาณอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้ประเภทโครงการวิจัยในความต้องการของสถาบันฯ (KURDI Initiated Project) รหัสโครงการ KIP 2.5.35 ซึ่งผู้ทำการวิจัยได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ของสถาบันฯเป็นอย่างดี ตลอดจนความช่วยเหลือด้านงานทดลองภาคสนามจากภาควิชาปฐพีวิทยา วิทยาเขตกำแพงแสน ผู้ทำการวิจัยใคร่ขอแสดงความขอบคุณไว้ ณ. ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- จรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2536. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 213 น.
- ประเสริฐ บุญพิทักษ์กิจ. 2534. อิทธิพลของชนิดและอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมี ของหญ้ากินนีและหญ้าขนที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสน ในสภาพไร่ร่นา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พรพิมล เลียงสิทธิสกันธ์, จิราภรณ์ ล้วนปรีดา, และ นัฐวุฒิ ดาษขารธรรม. 2528. การศึกษาคุณภาพของกากมูล ล้นจากบ่อแก๊สชีวภาพในระบบฟาร์มผสมผสาน. รายงานประจำปี กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 327 น.
- มานัสแสนมณีชัย, ทรงชัย อินสมพันธ์, บุญลือ เผือกผ่อง, อรรถพล ฅณาเจริญพงษ์, และปรีชาวี กรอิสราณกุล. 2535. การใช้กากจากบ่อล้นเป็นปุ๋ยสำหรับพืช. เสนอในการประชุมวิชาการเรื่อง ก๊าซชีวภาพในประเทศไทย สถานภาพปัจจุบันและอนาคต. โครงการก๊าซชีวภาพไทย-เยอรมัน. 31 น. (เอกสารโรเนียว)
- ณอมคลอดเพ็ง. 2526. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพีและอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 166 น.
- เขาวมาลย์ คำเจริญ. 2523. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 163 น.
- Bonciarelli, F. 1977. Heavy application of liquid manure on soil: effect on soil salinity, pp. 279-288. In J.H. Voorburg (ed). Utilization of Manure by Land Spreading. The Commission of the European Committies, Luxemborg. ECSC, EEC, EAEC, Luxemborg.
- Butterworth, M.H. 1967. The digestibility of tropical grasses. Nutr. Abstr. Rev. 37: 2349-2368.
- Cheung, Y.H. and M.H. Wong. 1983. Utilization of animal manures and sewage sludges for growing vegetables. Agric. Wastes 5:63-81.
- Cottenie, A. and F. van de Maele. 1977. Soil, water, plant relationship as influenced by intensive use of effluents from livestock, pp. 225-246. In J.H. Voorburg (ed). Utilization of Manure by Land Spreading. The Commission of the European Communities, Luxemborg. ECSC, EEC, EAEC, Luxemborg.
- Liang, J.C. 1982. The response of napier grass to animal manure and chemical fertilizer. 1. Effects on dry matter yield quality, pp. 102-103. In Recycling Organic Matter in Asia for Fertilizer Use. Asian Productivity Organization, Tokyo, Japan.
- Page, A.L. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. 1159 p.
- Pagliai, M.M., L. Marca, and G. Lucamante. 1983. Modification of soil macroporosity after the administration of pig slurry. Agrochemica (Italy) 27:277-289.
- Tentscher, W. 1987. Electricity from pig manure. RERIC News. 10 (2) : 1-3.
- Ushikubo, A. 1987. The treatment of organic wastes from livestock production in Japan. Paper presented in Intern. Seminar on The Impact of Agricultural Production on the Environment. NRCT, TUA, and CMU, Chaing Mai, Thailand. 20 p.