

การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจน สำหรับกวางตุ้ง ที่ปลูกบนดินกำแพงแสน

Utilization of Effluent from Biogas Production as Nitrogen Source for Pak-choy (*Brassica campestris* var *chinensis*) Grown on Kamphaeng Saen Soil

สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา¹

Supamard Panichsakpatana

ABSTRACT

In field trials, effluent from biogas production (EFB) of liquid swine wastes was tested as nitrogen source and as irrigation water for Pak-choy (*Brassica campestris* var *chinensis*) grown on Kamphaeng Saen soil. The EFB was applied weekly at 40,000 l/rai (6.25 rai = 1 ha) throughout the growing period. With the designated rate, the total nitrogen content of the EFB was equivalent to 20 kgN/rai (125 kgN/ha). Inorganic fertilizer (IF) in the form of ammonium sulfate at the same rate of N as above was used as the standard treatment. Combinations of halves of the two treatments (1/2EFB+1/2IF) and half of the rate of the EFB and irrigation water (1/2EFB+IRR) were set up as the alternative treatments. Consecutively, the field trials were conducted 5 crops in the dry seasons. The results indicated that the crop yield from the EFB plot was equivalent to 85% of that from the IF plot whereas the 1/2EFB+1/2IF could produce crop yield comparable to that produced by the IF. Half of the EFB rate in combination with irrigation water supplied less nitrogen to the crop resulting in low crop yield and low nitrogen content in the plant tissue. In addition, the EFB could be used as an alternative source of water for plant growth. It could substitute the irrigation water as much as 40,000 l/rai/wk (250,000 l/ha/wk) or 280,000 l/rai (1,750,000 l/ha) for the whole growing period. With the mentioned rate, there was no change in some chemical and physical properties of the soil such as pH, electrical conductivity, the contents of P, K, Ca, Mg, Cu and Zn, bulk density, available moisture capacity and aggregate size distribution.

Key words : biogas production, waste management, effluent, *Brassica campestris*

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

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

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพของมูลสุกรเป็นปุ๋ยในโตรเจน และทดแทนน้ำชลประทานสำหรับกวางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยทำการทดลอง 5 ครั้งในภาคสนาม พบว่าน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพในอัตรา 40,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ สามารถให้ผลผลิตกวางตุ้งได้ 85% ของปุ๋ยเคมีอัตรา 20 กก.ในโตรเจน/ไร่ หากใช้น้ำทิ้งครั้งอัตราร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่งโดยไม่ทำให้ผลผลิตของกวางตุ้งลดลง แต่หากใช้น้ำทิ้งครั้งอัตราร่วมกับน้ำชลประทานทำให้ผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนในกวางตุ้งลดต่ำลง การใช้น้ำทิ้งนอกจากสามารถทดแทนปุ๋ยได้บางส่วนแล้วยังสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้สัปดาห์ละ 40,000 ลิตร/ไร่ ซึ่งเมื่อใส่หลังจากถอนแยกต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยวจะสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้ถึง 280,000 ลิตร/ไร่ ทั้งนี้โดยไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ pH การนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และไม่ทำให้ทองแดงและสังกะสีเพิ่มปริมาณขึ้น นอกจากนั้นการใช้น้ำทิ้งยังไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ และการกระจายของเม็ดดิน

คำนำ

ในการทดลองที่ผ่านมา พบว่า น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรสามารถใช้เป็นปุ๋ยพืชไร่ได้เป็นอย่างดี เช่น สามารถใช้เป็นปุ๋ยหญ้ากีนีได้เทียบเท่าปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กก.ในโตรเจน/ไร่ (ศุภมาส, 2538 ก.) สามารถใช้เป็นปุ๋ยข้าวโพดหวานได้เทียบเท่าปุ๋ยเคมีอัตรา 15 กก.ในโตรเจน/ไร่ (ศุภมาส, 2538

ข.) เนื่องจากน้ำทิ้งดังกล่าวเป็นของเหลว มีสารละลายและสารแขวนลอยในปริมาณต่ำ องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำ จึงสามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้วัสดุเหลือใช้โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลสัตว์ เมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดสภาพไม่พึงประสงค์ของดินบางประการ เช่น เพิ่มค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Takahashi, 1978; Liang, 1982) โดยเฉพาะอย่างยิ่งมูลสุกร (Cheung and Wong, 1983) และเนื่องจากการใช้ทองแดงและสังกะสีในอาหารสุกร ทำให้มูลสุกรมีทองแดงและสังกะสีในปริมาณที่สูงมาก (Harada *et al.*, 1993) ซึ่งเมื่อใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงในระยะยาวอาจทำให้จุลธาตุดังกล่าวมีปริมาณในดินเพิ่มมากขึ้น โดยที่ปริมาณทองแดงที่เพิ่มขึ้นในดินมีสหสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มขึ้น (Anderson *et al.*, 1991; Zhu *et al.*, 1991) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่เป็นกรด ตัวอย่างเช่น แม้ใส่มูลสุกรในอัตราสูง 8 ตัน/ไร่ เพียงปีเดียวสามารถทำให้ปริมาณทองแดงและสังกะสีในดินเพิ่มขึ้นจาก 14.5 และ 15.1 ppm เป็น 26.7 และ 22.8 ppm ตามลำดับ (Kao, 1991) ซึ่งการสะสมเช่นนี้ทองแดงและสังกะสีอาจเป็นสารมลพิษได้ (Liang, 1982) แต่ในสภาพที่ดินเป็นกลางแม้จะใส่มูลสุกรเป็นปุ๋ยโดยตรงในระยะยาวก็ไม่มีผลต่อการสะสมจุลธาตุดังกล่าวในผลผลิตพืช (Anderson *et al.*, 1991) งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพของมูลสุกรเป็นปุ๋ยพืชไร่ในดินที่มีสภาพเป็นกลางเพื่อเป็นการทดแทนปุ๋ยเคมีและน้ำชลประทาน โดยไม่มีผลกระทบต่อสมบัติของดินและสิ่งแวดล้อม ซึ่งหากใช้ได้ผล จะทำให้ระบบการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรเป็นระบบที่ครบวงจรโดยปราศจากภาวะมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. แผนการทดลอง

ทำการทดลองภาคสนามในชุดดินกำแพงแสน (Table 1) ที่แปลงทดลองมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 4 ซ้ำ และทำการปลูกวางดั่งในฤดูแล้งติดต่อกัน 5 ครั้ง ประกอบด้วยดำรับทดลอง 5 ดำรับ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย ไนโตรเจน (Ch) 2) ใส่ปุ๋ยเคมี (IF) ในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต ในอัตรา 20 กก./ไนโตรเจน/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง 3) ใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพ (EFB) เป็นปุ๋ยในโตรเจน เทียบเท่าอัตราเดียวกันกับดำรับที่ 2 โดยใส่น้ำทิ้งครั้งละ 200 ลิตร/แปลงขนาด 2×4 ตารางเมตร/สัปดาห์ แทนที่น้ำชลประทาน โดยใส่ทุกสัปดาห์ เทียบเท่าการทดแทนน้ำชลประทานได้อีก 40,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ จำนวนปริมาณไนโตรเจนในน้ำทิ้งฯ เพื่อใส่จนครบอัตราปุ๋ยที่ต้องการ ซึ่งสามารถใส่ได้ 7 ครั้ง และยังสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้เท่ากับ 280,000 ลิตร/ไร่ ตลอดการปลูก

หนึ่งครั้ง สมบัติทางเคมีบางประการของน้ำทิ้งฯ ได้แสดงไว้ใน Table 2 4) ใส่น้ำทิ้งฯ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตรา ($1/2\text{EFB} + 1/2\text{IF}$) โดยใส่น้ำทิ้งฯ ครั้งละ 100 ลิตร/สัปดาห์ จำนวน 7 ครั้ง และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 10 กก./ไนโตรเจน/ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง 5) ใส่น้ำทิ้งฯ ครั้งอัตรา ร่วมกับน้ำชลประทาน ($1/2\text{EFB} + \text{IRR}$) โดยใส่น้ำทิ้งฯ ปริมาณและวิธีการเดียวกับดำรับทดลองที่ 4 และใส่น้ำชลประทานร่วมด้วยในปริมาณเดียวกัน

2. การปลูกและปุ๋ยรองพื้น

ปลูกวางดั่งในแปลงขนาด 2×4 ตารางเมตร โดยการหว่านเมล็ดเป็นแถวแล้วคลุมด้วยฟาง เมื่อวางดั่งอายุได้ 15 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น ให้ได้ระยะปลูก 20×25 เซนติเมตร มีขนาดพื้นที่เก็บเกี่ยว 1.5×4.0 ตารางเมตร ในทุกดำรับทดลอง ใส่ปุ๋ยทริปปี้ลซูเปอร์ฟอสเฟต ($46\% \text{P}_2\text{O}_5$) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ($60\% \text{K}_2\text{O}$) เป็นปุ๋ยรองพื้น โดยใส่ในอัตรา 10 กก. P_2O_5 และ K_2O /ไร่ ตามลำดับ เมื่อทำการปลูกใหม่ ได้ทำการเตรียมดินในแปลงเดิมและให้ดำรับปุ๋ยเดิมดังกล่าวข้างต้น รวมการ

Table 1 Chemical and physical properties of Kamphaeng Saen soil.

Soil properties	Soil test values
pH (1:1)	7.8
EC (1:5, mS/cm)	0.15
Organic matter (%)	1.0
Available P (Bray II, ppm)	56
Exchangeable K (ppm)	222
Exchangeable Ca (ppm)	1,568
Exchangeable Mg (ppm)	124
Exchangeable Na (ppm)	104
Extractable Cu (ppm)	1
Extractable Zn (ppm)	1
Texture	loam

Table 2 Chemical properties of the effluent from biogas production (EFB).

EFB properties	Test values
pH	7.9
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

ปลูกทดลองทั้งสิ้น 5 ครั้ง ใช้ระยะเวลาทดลองทั้งสิ้น 2 ปี

3. ข้อมูลดิน

3.1 สมบัติทางเคมี หลังสิ้นสุดการทดลอง ทำการวิเคราะห์ pH (ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำเท่ากับ 1:5) ปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley-Black ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม สกัดโดย 1N NH_4OAc pH 7.0 สังกะสีและทองแดงสกัดโดย 0.1N HCl และวัดโดย atomic absorption spectrophotometer (Page, 1982; จงรักษ์, 2536)

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

4. ข้อมูลพืช

วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม โดยการย่อยสลายตัวอย่างพืชด้วยสารละลายผสมของกรด $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{Na}_2\text{SO}_4 : \text{Se}$ และทำการกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนด้วยวิธี Micro-Kjeldahl

สำหรับการวัดปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ใช้วิธีดังกล่าวข้างต้นในข้อ 3.1 (Page, 1982; จงรักษ์, 2536)

ผลและวิจารณ์

1. น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิต

1.1 น้ำหนักสดของกวางตุ้ง กล่าวโดยทั่วไป ปุ๋ยเคมีในโตรเจนอัตรา 20 กก.ไนโตรเจน/ไร่ และการให้น้ำทั้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้ผลผลิตของกวางตุ้งมีค่าสูงที่สุด ซึ่งปรากฏผลเช่นนี้ทุกครั้งที่ทำการปลูกทดลอง (Table 3) โดยในการปลูกครั้งที่ 2 และ 3 ปุ๋ยเคมีให้ค่าผลผลิตได้สูงที่สุด ส่วนการปลูกในครั้งที่ 1, 4, และ 5 การให้น้ำทั้งร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ค่าผลผลิตได้สูงที่สุด โดยที่ค่ารับทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกครั้งที่ทำการปลูกทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าการใช้น้ำทั้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีสามารถลดอัตราปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่ง

การให้น้ำทั้งอย่างเดียว ไม่สามารถให้ผลผลิตด้านน้ำหนักสดได้ทัดเทียมปุ๋ยเคมีอัตรา 20 กก.ไนโตรเจน/ไร่ โดยที่น้ำทั้งๆให้ผลผลิตกวางตุ้งได้ 88%, 90%,

Table 3 Yield of Pak-choy, expressed in fresh weight basis.

Treatments	Fresh weight (kg/rai)				
	1st crop	2nd crop	3rd crop	4th crop	5th crop
Ch	2,747 ^b	2,660 ^d	2,157 ^d	2,273 ^d	2,151 ^{d1/}
IF	4,880 ^a	6,340 ^a	6,778 ^a	6,597 ^a	5,192 ^{ab}
1/2EFB + 1/2IF	5,020 ^a	6,009 ^{ab}	6,577 ^a	6,652 ^a	5,479 ^a
EFB	4,280 ^a	5,692 ^b	5,261 ^b	6,072 ^b	4,253 ^c
1/2EFB + IRR	4,440 ^a	4,165 ^c	4,215 ^c	5,100 ^c	4,549 ^{bc}
F-test	*	**	**	**	**2/
CV (%)	19.53	6.06	5.63	6.33	12.52

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

2/ : *, significant at 0.05 probability; ** significant at 0.01 probability.

78%, 92%, และ 82% ของปุ๋ยเคมีในการปลูกครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ และเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกครั้งยกเว้นการปลูกครั้งที่ 1

จากการศึกษาเบื้องต้น (preliminary study) โดยทำการปลูกศึกษาก่อนการทดลอง คาดว่าการให้น้ำทิ้งอัตรา 20 กก./ในโตรเจน/ไร่ อาจมากเกินไป และอาจทำให้เกิดสภาวะดินเค็มอันจะเป็นผลกระทบต่อเจริญเติบโตของกวางตุ้ง จึงได้ลดอัตราการให้น้ำทิ้งลงครึ่งหนึ่งและให้น้ำชลประทานชดเชย แต่จากการทดลองพบว่า คำรับทดลองเช่นนี้ให้ผลผลิตน้ำหนักสดของกวางตุ้งได้ต่ำที่สุด โดยให้ผลผลิตกวางตุ้งได้ 91%, 66%, 62%, 77%, และ 88% ของปุ๋ยเคมีในการปลูกครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ การให้น้ำทิ้งในอัตรา 10 กก./ในโตรเจน/ไร่นี้ไม่สามารถให้ในโตรเจนได้พอเพียงแก่การให้ผลผลิตของกวางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

1.2 น้ำหนักแห้งของกวางตุ้ง การให้ปุ๋ยในโตรเจนทั้ง 4 คำรับให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ให้ปุ๋ยในโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และผลดังกล่าวนี้ได้รับการยืนยันจากการปลูกทดลองทั้ง 5 ครั้ง (Figure 1) โดยที่น้ำหนักแห้งของกวางตุ้งมีค่าระหว่าง 235-340, 495-735, 502-754, 463-574, และ 408-532 กก./ไร่ ใน

คำรับไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ทั้งน้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตรา ใส่ทั้งน้ำทิ้งเต็มอัตรา และใส่น้ำทิ้งครึ่งอัตรากับน้ำชลประทาน ตามลำดับ ซึ่งจากช่วงความแตกต่างของค่าผลผลิตข้างต้นสามารถบ่งชี้ประสิทธิภาพของคำรับปุ๋ยแต่ละคำรับได้ดีพอสมควร

กลุ่มคำรับที่ให้ค่าผลผลิตของกวางตุ้งได้สูงที่สุดก็คือ คำรับปุ๋ยเคมี และคำรับน้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งคำรับปุ๋ยเคมีให้ค่าผลผลิตของกวางตุ้งได้สูงที่สุดในการปลูกครั้งที่ 2 และ 4 นอกนั้นคำรับการให้น้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ค่าได้สูงที่สุด แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างคำรับทั้งสองทุกครั้งของการปลูกทดลอง โดยที่การให้น้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มที่ให้ผลผลิตของกวางตุ้งสูงกว่าคำรับปุ๋ยเคมีเล็กน้อย ซึ่งยืนยันผลการทดลองในด้านน้ำหนักสดที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น อันเป็นการยืนยันได้ว่า การใช้น้ำทิ้งร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกกวางตุ้งในชุดดินกำแพงแสนลงได้ครึ่งหนึ่ง โดยไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตของกวางตุ้งแต่อย่างใด

การให้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพในอัตราทดลอง ให้ผลผลิตของกวางตุ้งต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยให้ผลผลิตได้ 90%, 93%, 78%, 82%, และ 96%

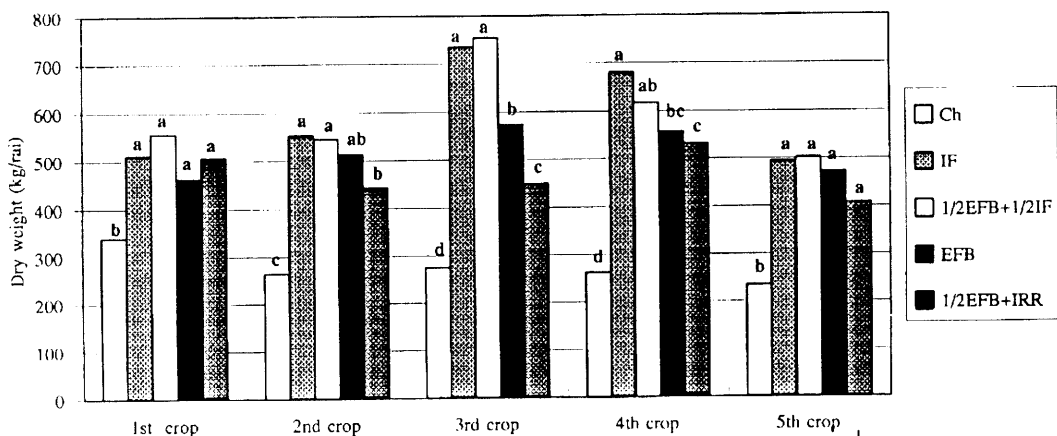


Figure 1 Yield of Pak-choy, expressed in dry weight basis. Bars with a common letter at any specific crop are not significantly different at 0.05 probability.

ของการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ และหากคำนวณจากค่าผลรวมของผลผลิตทุกครั้ง ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตของกวางตุ้งได้ 2,977 กก./ไร่ ขณะที่น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถให้ผลผลิตได้ 2,581 กก./ไร่ ซึ่งคิดเป็น 87% ของค่ารับปุ๋ยเคมี และเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถให้ผลผลิตได้ 136%, 194%, 208%, 212%, และ 200% ของการไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในการทดลองครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ ในกลุ่มค่ารับปุ๋ยในโตรเจน การให้น้ำทิ้งฯครั้งอัตราส่วนกับการให้น้ำชลประทาน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของกวางตุ้งได้ต่ำที่สุด โดยให้ผลผลิตของกวางตุ้งได้ 99%, 80%, 61%, 78%, และ 82% ของการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกครั้งที่ 1, 2, 3, 4, และ 5 ตามลำดับ

2. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของผลผลิต

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ของกวางตุ้งในค่ารับไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนมีค่าต่ำที่สุดใน การปลูกทดลองทั้ง 5 ครั้ง โดยที่การใช้ปุ๋ยเคมีให้ค่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดทุกครั้ง (Figure 2) ค่ารับที่มีปริมาณไนโตรเจนรองลงมาได้แก่กลุ่มค่ารับ

การใช้น้ำทิ้งฯอย่างเดียวและการใช้น้ำทิ้งฯร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในค่ารับปุ๋ยเคมีแตกต่างจากค่ารับน้ำทิ้งฯอย่างเดียวอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวน 4 ครั้งของการปลูกทดลอง 5 ครั้ง เป็นที่น่าสังเกตว่าในกลุ่มค่ารับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยในโตรเจนนั้น ค่ารับการใช้น้ำทิ้งฯครั้งอัตราส่วนกับน้ำชลประทานให้ค่าไนโตรเจนทั้งหมดในกวางตุ้งต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำทิ้งฯจากการผลิตแก๊สชีวภาพ ครั้งอัตราไม่สามารให้ไนโตรเจนแก่พืชได้อย่างพอเพียงต่อการให้ผลผลิตในระดับสูงของกวางตุ้งที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

3. สมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ของดิน

การใช้ปุ๋ยในโตรเจนทั้งสี่ค่ารับ ในการปลูกทดลองห้าครั้ง รวมการทดลองทั้งหมดสองปีไม่มีผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีของดิน (Table 4) การใช้ปุ๋ยในโตรเจนทั้งในรูปปุ๋ยเคมี และน้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพไม่มีผลทำให้ pH การนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินเปลี่ยนแปลง จากการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมรองพื้นในอัตราเนื้อปุ๋ยอย่างละ 10 กก./ไร่ ทำให้ปริมาณธาตุหลักดังกล่าวในดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

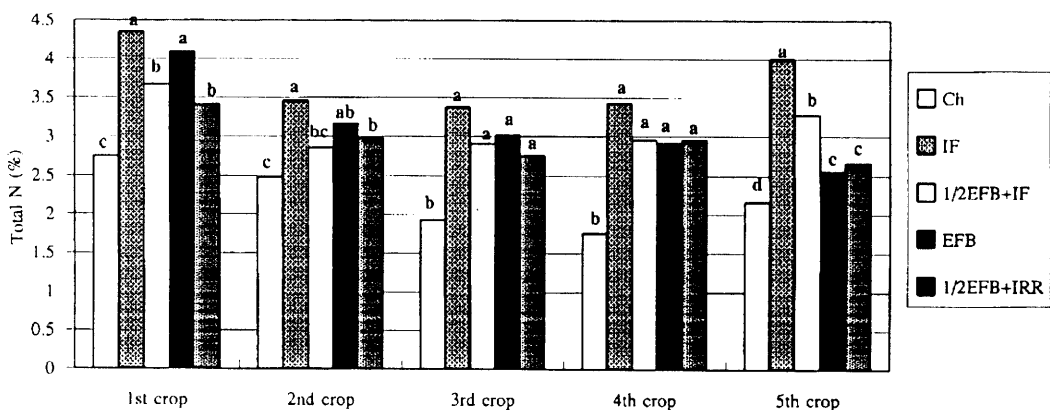


Figure 2 Total nitrogen contents of Pak-choy. Bars with a common letter at any specific crop are not significantly different at 0.05 probability.

ซึ่งผลเช่นนี้ปรากฏให้เห็นได้ในธาตุรองคือแคลเซียม และแมกนีเซียมในทำนองเดียวกัน และจากการวิเคราะห์สังกะสีและทองแดงในดินในตำรับการใช้น้ำที่พบว่ามีความแตกต่างจากค่าควบคุม ดังนั้น การใช้น้ำที่เกิดจากการผลิตแก๊สชีวภาพจากมูลสุกรจึงนับว่าปลอดภัยจากภาวะมลพิษที่อาจเกิดจากทองแดงและสังกะสีที่ผสมในอาหารเลี้ยงสุกร ซึ่งหากใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ยโดยตรงแล้ว อาจทำให้ค่าการนำไฟฟ้า

ปริมาณสังกะสีและทองแดงในดินเพิ่มขึ้นได้มาก (Cheung and Wong, 1983; Liang, 1982)

การใช้ปุ๋ยในโตรเจนทั้งสี่ตำรับในการปลูกถั่วแดงไม่ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน และยังไม่แสดงผลกระทบต่อการกระจายของเม็ดดิน (aggregate size distribution) ในชั้นดินบน ดังแสดงไว้ใน Table 5

Table 4 Some chemical properties of the soil collected after harvesting the fifth crop.

Treatments	Chemical properties ^{1/}								
	pH (1:1)	EC (1:5)	OM (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
Ch	8.1	0.12	1.4	149	250	1,400	200	0.8	1.2
IF	8.0	0.10	1.3	141	220	1,360	190	nd	nd
1/2EFB+1/2IF	7.8	0.11	1.3	137	240	1,360	180	nd	nd
EFB	7.8	0.11	1.1	126	220	1,200	180	0.8	1.2
1/2EFB+IRR	8.0	0.12	1.3	158	240	1,600	180	nd	nd

1/ EC's are expressed as mS/cm; nd, not determined.

Table 5 Some physical properties of the surface soils (0-15 cm) collected after harvesting the fifth crop.

Treatments	Bulk density (g/cm ³)	Available moisture capacity (%)	Aggregate size	
			Larger than 0.25 mm (%)	Smaller than 0.25 mm (%)
Ch	1.61	12.6	28.5	16.5
IF	1.61	12.6	28.9	16.8
1/2EFB+ IF	1.66	12.4	29.0	17.4
EFB	1.55	11.7	29.2	17.8
1/2EFB+IRR	1.54	12.1	29.2	17.7
F-test	ns	ns	ns	ns ^{1/}
CV(%)	6.47	25.62	20.35	21.12

1/ Means in the column are not significantly different at 0.05 probability.

4. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพทดแทนน้ำชลประทาน

การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนของกวางตุ้งในอัตรา 20 กก.ไนโตรเจน/ไร่ ทำให้ต้องใส่น้ำทิ้งฯในลักษณะทดแทนน้ำชลประทานในอัตรา 40,000 ลิตร/ไร่/สัปดาห์ จากอัตราที่ใช้นี้พบว่าพืชสามารถให้ผลผลิตได้ประมาณ 85% ของปุ๋ยเคมีในอัตราเดียวกัน และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืชก็มีค่าเท่ากับปุ๋ยเคมี (Figure 1 และ 2) นอกจากนี้ การใช้น้ำทิ้งอัตราดังกล่าวไม่ปรากฏผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ที่สำคัญของดิน (Table 4 และ 5) ดังนั้น การใช้น้ำทิ้งฯในอัตราดังกล่าวจึงสามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ ซึ่งเมื่อใช้ตลอดฤดูปลูกหลังจากถอนแยกต้นกล้าแล้วสามารถทดแทนน้ำชลประทานได้ 280,000 ลิตร/ไร่

สรุป

1. น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพสามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกกวางตุ้งได้ โดยให้ผลผลิตประมาณ 85% ของปุ๋ยเคมีแอมโมเนียมซัลเฟตอัตรา 20 กก.ไนโตรเจน/ไร่

2. น้ำทิ้งฯดังกล่าว สามารถใช้ทดแทนน้ำชลประทานได้ประมาณ 40,000 ลิตร/ไร่ ซึ่งเป็นการประหยัดน้ำชลประทานตลอดฤดูปลูกได้ 280,000 ลิตร/ไร่

3. การใช้น้ำทิ้งฯร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างละครึ่งอัตรา สามารถให้ผลผลิตกวางตุ้งได้ทัดเทียมกับการใช้ปุ๋ยเคมีเต็มอัตรา จึงเป็นการประหยัดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ครึ่งหนึ่ง

4. การใช้น้ำทิ้งฯ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH การนำไฟฟ้า และธาตุอาหารหลักของดิน และไม่มีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดิน เช่น ความหนาแน่นรวม ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์

และการกระจายของเม็ดดิน

5. การใช้น้ำทิ้งฯ ไม่ทำให้ทองแดงและสังกะสีจากมูลสุกรเพิ่มปริมาณมากขึ้นในดิน

เอกสารอ้างอิง

- จรงค์ จันทรเจริญสุข. 2536. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 213 น.
- ถนอมตลอดเฟิง. 2526. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพีและอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 166น.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2538 ก. การใช้น้ำทิ้งจากการผลิตแก๊สชีวภาพเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับหนุ่ยกีนี ที่ปลูกบนดินกำแพงแสน. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 29: 182-192.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2538 ข. การใช้อินทรีย์วัตถุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวาน ที่ปลูกบนดินกำแพงแสน. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย์.) 29:358-370.
- Anderson, M.A., J.R. McKenna, D.C. Martens, S.J. Donohue, and E.T. Kornegay. 1991. Long-term effects of copper rich swine manure application on continuous corn production. *Communicat. Soil Sci. Plant Analysis* 22:993-1,002.
- Cheung, Y. H. and M. H. Wong. 1983. Utilization of animal manures and sewage sludges for growing vegetables. *Agric. Wastes* 5: 63-81.
- Harada, Y., K. Haga, T. Osada, and M. Koshino. 1993. Quality of compost produced from animal wastes. *JARQ* 26:238-246.
- Kao, M.H. 1991. The evaluation of sawdust swine waste compost on the soil ecosystem, pollution and vegetable production, pp. 31-47. *In* Soils and

- Fertilizers in Taiwan. National Cheng Kung U. Tainan, Taiwan. 1159 p.
- 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.
- Takahashi, K. 1978. Soil amendment and fertilizer application improvement in upland fields of red and yellow soils in Japan. JARQ 12: 74-78.
- Zhu, Y.M., D.F. Berry, and D.C. Martens. 1991. Copper availability in two soils amended with eleven annual applications of copper-enriched hog manure. *Communicat. Soil Sci. Plant Analysis* 22:769-783.