



การศึกษาปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากสับดูดำ

อนุวัฒน์ แสงอ่อน, ฤทัยรัตน์ โพธิ, ปณวิรัช สาระพิน*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากสับดูดำ ซึ่งเป็นพืชพลังงานที่มีรายงานผลการศึกษาว่าในกากที่เหลือจากระบวนการแยกก้านแล้วมีธาตุอาหารหลักของพืช (NPK) ในปริมาณที่สูง แต่มีการรายงานความเป็นพิษเนื่องจากฟอรับอลเอสเทอร์ซึ่งเป็นสารที่มีความเป็นพิษปนเปื้อนอยู่ โดยทำการทดลองผลิตปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของกากสับดูดำจำนวน 7 สูตร ประกอบด้วย สูตรที่ 1 กากสับดูดำ + พด.1 สูตรที่ 2 ปุ๋ยกากสับดูดำ + ขยะสารอินทรีย์ + พด.1 สูตรที่ 3 ปุ๋ยกากสับดูดำ + มูลโค + พด.1 สูตรที่ 4 ปุ๋ยกากสับดูดำ + ขยะสารอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 สูตรที่ 5 ปุ๋ยขยะสารอินทรีย์ + พด.1 สูตรที่ 6 ปุ๋ยขยะสารอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 และสูตรที่ 7 ปุ๋ยมูลโค + พด.1 แล้วนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ด้วยเครื่อง HPLC ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ในตัวอย่างกากสับดูดำ 0.7746 มิลลิกรัมต่อกรัม ในส่วนของปุ๋ยหมักผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยหมักสูตร กากสับดูดำ + มูลโค + พด.1 ตรวจพบปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์สูงสุด 0.9074 มิลลิกรัมต่อกรัม และยังพบสารฟอรับอลเอส-เทอร์ในปุ๋ยหมักสูตรอื่นที่ไม่มีส่วนผสมของกากสับดูดำด้วย

*อาจารย์ ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์



บทนำ

ในปัจจุบันแหล่งของพลังงานประเภทเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel) มีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประกอบกับการคาดการณ์กันว่าแหล่งสำรองของเชื้อเพลิงดังกล่าวจะถึงขีดจำกัดในราวปี ค.ศ.2020 (M. Calvin, 1977) ประกอบกับวิกฤตการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงในปี ค.ศ.1970 และ ค.ศ.1990 ตามลำดับส่งผลให้ราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาแหล่งพลังงานอื่น ๆ ขึ้นมาทดแทน เรียกว่า พลังงานทดแทน (Renewable Energy) พลังงานทางเลือกหนึ่งที่มีการให้ความสนใจคือพืชที่มีเมล็ดให้น้ำมัน ชนิดต่าง ๆ เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดทานตะวัน และมะพร้าว ซึ่งในปัจจุบันพืชต่าง ๆ เหล่านี้ได้มีการพัฒนามาใช้แทนปิโตรเลียมในหลายพื้นที่ทั่วโลก (R. Banerjee et.al., 1983)

สบู่ดำ หรือชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha Curcus* Linn. เป็นพืชที่มีเมล็ดให้น้ำมันชนิดหนึ่งซึ่งมีการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนในประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศอินเดีย (V. Nallathambi Gunaseelan, 2009) สบู่ดำเป็นพืชโตเร็วที่ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากนัก ความสูงของลำต้นประมาณ 3-8 เมตร ภูมิอากาศที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสบู่ดำคืออากาศร้อนชื้น ปริมาณไม่เกิน 600 มิลลิเมตร อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส และไม่ชอบพื้นที่น้ำขัง (S. Biswas et.al., 2006) หากสบู่ดำที่ผ่านการหีบเมล็ดให้น้ำมันไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนแล้ว ได้มีผลการศึกษาพบว่าหากดังกล่าวมีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงมากโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนคิดเป็นร้อยละ 3.2 – 4.44 รวมถึงฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีปริมาณสูงกว่าในมูลสัตว์ที่นิยมใช้ทำปุ๋ยหมัก (Delgado และ Parado, 1989) จึงมีการนำกากสบู่ดำมาใช้ประโยชน์เป็นปุ๋ยสำหรับเพาะปลูกพืช ซึ่งมีรายงานผลการใช้ปุ๋ยกากสบู่ดำในการเพิ่มผลผลิตในนาข้าว (Sherchan et.al., 1989)

อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาว่าเมล็ดสบู่ดำมีส่วนประกอบที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของมนุษย์และสัตว์ (Anti-nutritional factor) เช่น แซปอนิน (saponin), ไฟเตต (phytate), สารที่ขัดขวางการทำงานของน้ำย่อยโปรตีน (trypsin inhibitor), กลูโคซิโนเลต (glucosinolate), สารที่ขัดขวางการทำงานของเอนไซม์อะไมเลส (amylase inhibitor), และไซยาโนเจนิกไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) (Rakshit et.al., 2006) นอกจากนี้ยังพบสารพิษที่สำคัญในเมล็ดสบู่ดำด้วย ได้แก่ β -D-glycosides of sitosterol (Bose et.al., 1961), curcin (Stripe et.al., 1976), flavonoids, vitexine และ isovitexine (Sankara et.al., 1971) และ 12-deoxy 16-hydroxy phorbol (Adolf et.al., 1984) แต่จากรายงานการศึกษาของ Makkar และ Becker (1997) และ Makkar et.al. (1997) พบว่าสารพิษสำคัญในเมล็ดสบู่ดำ คือ สารฟอรับอลเอสเทอร์ (phorbol esters) และในรายงานดังกล่าวพบว่าแม้ให้ความร้อนกับเมล็ดสบู่ดำที่ 160 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ยังไม่สามารถทำลายสารฟอรับอลเอสเทอร์ได้

เพื่อให้การใช้ประโยชน์จากกากสับดำเป็นไปอย่างสมบูรณ์และไม่ก่อผลกระทบต่อข้างเคียงจากสารฟอร์บอลเอสเทอร์ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักที่ผลิตจากกากสับดำ โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการวิจัยเพื่อศึกษาการสะสมของสารฟอร์บอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักซึ่งมีส่วนประกอบของกากสับดำ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากกากสับดำต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประยุกต์ใช้กากสับดำในการทำปุ๋ยหมัก
2. เพื่อหาปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์ตกค้างในปุ๋ยหมักที่ทำจากกากสับดำ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การทำปุ๋ยหมักจากกากสับดำ และขยะสารอินทรีย์

ทำการผสมวัสดุที่ใช้ในการหมักทำปุ๋ย คือ กากสับดำ ขยะสารอินทรีย์ มูลโคพด.-1 จำนวน 7 สูตรที่แตกต่างกัน คือ

สูตรที่ 1	ปุ๋ยกากสับดำและพด.-1
สูตรที่ 2	ปุ๋ยกากสับดำและขยะสารอินทรีย์และพด.-1
สูตรที่ 3	ปุ๋ยกากสับดำและมูลโคและพด.-1
สูตรที่ 4	ปุ๋ยกากสับดำและขยะสารอินทรีย์และมูลโคและพด.-1
สูตรที่ 5	ปุ๋ยขยะสารอินทรีย์และพด.-1
สูตรที่ 6	ปุ๋ยขยะสารอินทรีย์และมูลโคและพด.-1
สูตรที่ 7	ปุ๋ยมูลโคและพด.-1

ทำการพลิกกลับกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 7 วัน จนครบระยะเวลา 45 วันจึงนำปุ๋ยหมักที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชและปริมาณฟอร์บอลเอสเทอร์

2. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- 2.1 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจน โดยวิธีเจดดาห์ (Kjeldahl Method)

- 1) ชั่งตัวอย่างปุ๋ยบดละเอียดแล้วจำนวน 2 กรัม ใส่ใน Kjeldahl digestion flask
- 2) ใส่ Potassium sulfate - catalyst mixture 1.1 กรัม
- 3) เติมน้ำ conc. H_2SO_4 (commercial grade) 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน



4) นำเข้าเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 1 ชม. จึงเพิ่มอุณหภูมิให้สูงจนกว่าตัวอย่างจะใสได้ (clear) ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 2-3 ชม. ตัวอย่างจะเป็นสีเขียวใส และไม่มีควันของกรดซัลฟิวริกปนอยู่

5) เมื่อตัวอย่างใสได้แล้วนำออกจากเตาย่อยทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 10 มิลลิลิตร (อย่าเติมน้ำกลั่นในขณะที่ flask ยังร้อนอยู่) เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ใช้น้ำกลั่นล้าง digestion flask ประมาณ 3 ครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีตัวอย่างเหลืออยู่ใน digestion flask

6) ดูดสารละลายที่ได้ด้วย ขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) 5 หรือ 10 มิลลิลิตร ใส่ distillation flask นำไปกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีการต่อไปนี้

7) นำขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) 125 มิลลิลิตร ซึ่งมี boric acid - indicator บรรจุอยู่ 5 มิลลิลิตร มารองรับใต้ Condenser ของเครื่องกลั่น พยายามให้ปลายของ condenser จุ่มอยู่ใน boric acid

8) นำตัวอย่างที่ใส่ใน Distillation flask แล้ว เติม 10 N NaOH ประมาณ 10 มิลลิลิตร

9) ทำการกลั่นจนกว่าปริมาตรของสารใน ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) เพิ่มถึงขีด 50 มิลลิลิตร

10) นำสารละลายที่ได้มาไทเทรตกับ standard 0.005 N H_2SO_4 จดปริมาตรของ standard H_2SO_4 ที่ใช้เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณ total nitrogen ในตัวอย่างปฏิกิริยา

2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุฟอสฟอรัส

1) ชั่งปฏิกิริยาซึ่งบดผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มม.หนัก 2 กรัม ใส่ใน ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำยาสกัด 20 มิลลิลิตร (bray II)

3) เขย่าด้วยมือ 60 วินาที แล้วกรองทันที ด้วยกระดาษกรอง NO. 24 หรือ 5

4) ดูดสารละลายปฏิกิริยาที่กรองได้ประมาณ 5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask) 25 มิลลิลิตร

5) เติมน้ำกลั่นพอประมาณ

6) เติม murphy reagent 2 มิลลิลิตร

7) เติม boric acid 2% 5 มิลลิลิตร

8) เติม Ascorbic acid solution 1 มิลลิลิตร

9) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

10) เขย่าให้สารละลายเข้ากันทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที จะได้สารละลายสีน้ำเงิน

11) ทิ้งสารละลายไว้ประมาณ 30 นาที จึงนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ wavelength 882 nm

12) เตรียม standard solution 5 ppm P จำนวน 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 ppm P

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโปแตสเซียม

1) ชั่งตัวอย่างดิน 2 กรัม ใส่ ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) 125 มิลลิลิตร

2) เติมน้ำยาสกัด 0.05 N HCL จำนวน 20 มิลลิลิตร

3) เขย่านาน 15 นาที

4) แล้วนำไปกรองโดยใช้กระดาษกรอง เบอร์ 5

5) ใช้ ปิเปตวัดปริมาตร (Volumetric pipet) ดูดสารละลายที่กรองได้จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ กระบอกตวง (Volumetric flask) 25 มิลลิลิตร

6) เติม Sodium cobaltinitrite จำนวน 4 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

7) เติม Isopropyl alcohol 10 มิลลิลิตร

8) ปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

9) เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ในน้ำแข็งประมาณ 20 นาที

10) นำไปอ่านโดยใช้ Spectrophotometer ที่ wavelength 650 nm.

11) เตรียม Standard curve ให้ความเข้มข้น 0,8,16,24,32,40 ppm K

3. การวิเคราะห์ปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ในผักกวางตุ้ง

วิธีการวิเคราะห์จะใช้เครื่อง HPLC ซึ่งจะใช้วิธีวิเคราะห์ตาม Haas และคณะ (2002) โดยใช้คอลัมน์เป็น reversed phase column ขนาด 125x4 mm สภาวะที่ใช้คือคอลัมน์ถูกควบคุมให้มีอุณหภูมิ 25°C ใช้ของผสมของ acetonitrile (HPLC grade) กับน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วน 80:20 (v/v) เป็นตัว eluent ด้วยอัตราเร็วในการไหลเท่ากับ 1 ml/min Detector จะใช้ uv-detector โดยตั้งค่าความยาวคลื่นไว้ที่ 280 nm การฉีดตัวอย่างวิเคราะห์จะใช้ปริมาตร 20 μ l ฉีดตัวอย่าง

การทำ Calibration curve ทำโดยใช้ 4 β , 9 α , 12 β , 13 α , 20-pentahydroxytiglic-1, 6-dian-3-on-12 β -myristate-13 acetate (TPA) ของบริษัท Sigma เป็น internal standard ซึ่งสาร standard นี้ละลายได้ในเมทานอล (HPLC grade) (รยากร นกแก้วและคณะ, 2550)



ผลการศึกษา

1. ปริมาณธาตุอาหารหลัก

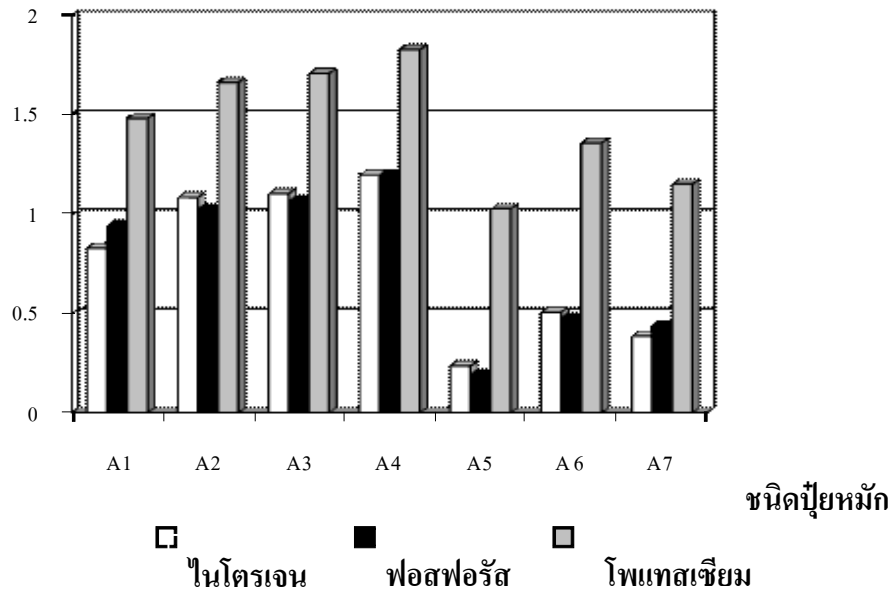
การทดลองทำปุ๋ยหมักจากกากสับดำและขยะอินทรีย์โดยวิธีหมักแบบใช้ออกซิเจน ตามวิธีการของกองอนุรักษ์ดินและน้ำในโครงการปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ กรมพัฒนาที่ดิน โดยใช้สารเร่ง (พด.1) รวมระยะเวลาการหมักทั้งสิ้น 45 วันและได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยส่งตรวจวิเคราะห์ที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 จังหวัดชัยนาท เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ดีของปุ๋ยหมักไม่น้อยกว่า 0.5, 0.5 และ 1 ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2546) ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักกากสับดำและขยะอินทรีย์

วัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก	N (เปอร์เซ็นต์)	P_2O_5 (เปอร์เซ็นต์)	K_2O (เปอร์เซ็นต์)
กากสับดำ + พด.1 + ดิน	0.828	0.944	1.482
กากสับดำ + ขยะอินทรีย์ + พด.1 + ดิน	1.084	1.025	1.662
กากสับดำ + มูลโค + พด.1 + ดิน	1.103	1.066	1.708
กากสับดำ + ขยะอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 + ดิน	1.197	1.196	1.828
ขยะอินทรีย์ + พด.1 + ดิน	0.235	0.192	1.027
ขยะอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 + ดิน	0.506	0.479	1.358
มูลโค + พด.1 + ดิน	0.386	0.435	1.151
ค่ามาตรฐาน	0.5	0.5	1.0

ภาพที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารหลักของปุ๋ยหมักจากกากสับดูและขยะอินทรีย์

ปริมาณธาตุอาหารหลัก



หมายเหตุ	A1	คือ	กากสับดู + พด.1 + ดิน
	A2	คือ	กากสับดู + ขยะอินทรีย์ + พด.1 + ดิน
	A3	คือ	กากสับดู + มูลโค + พด.1 + ดิน
	A4	คือ	กากสับดู + ขยะอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 + ดิน
	A5	คือ	ขยะอินทรีย์ + พด.1 + ดิน
	A6	คือ	มูลโค + พด.1 + ดิน
	A7	คือ	ขยะอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 + ดิน

2. การตรวจหาปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมัก

การตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัสในวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ย ปุ๋ยที่หมักจากกากสับดูและในผักกวางตุ้งที่ผ่านการปลูกโดยให้ปุ๋ยหมักจากกากสับดูได้ผลดังตารางที่ 2 โดยพบปริมาณสารฟอสฟอรัสในตัวอย่างกากสับดู 0.7746 มิลลิกรัมต่อกรัม และไม่พบในตัวอย่างดินและตัวอย่างปุ๋ยเคมี ในส่วนของปุ๋ยหมักที่ใช้ในการศึกษาพบว่าปุ๋ยหมักสูตร กากสับดู + มูลโค + พด.1 ตรวจพบ



ปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์สูงสุด 0.9074 มิลลิกรัมต่อกรัม และยังพบสารฟอรับอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักที่ไม่มีส่วนผสมของกากสับุด้าด้วย ทั้งนี้เพราะสารฟอรับอลเอสเทอร์เป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและพบได้ในพืชหลายชนิด (Beutler et.al., 1989)

ตารางที่ 2 ปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์ในวัสดุและปุ๋ยหมัก

ชนิดของวัสดุ	ปริมาณสารฟอรับอลเอสเทอร์	
	หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกรัม	หน่วยเป็น ร้อยละโดยน้ำหนัก
สับุด้า	0.7746	0.08
ดิน	ND	ND
สับุด้า+พด.1+ดิน	0.3790	0.04
สับุด้า+ขยะอินทรีย์+พด.1+ดิน	0.7129	0.07
สับุด้า+มูลโค+พด.1+ดิน	0.9074	0.09
สับุด้า+ขยะอินทรีย์+มูลโค+พด.1+ดิน	0.7042	0.07
ขยะอินทรีย์+พด.1+ดิน	0.2639	0.03
ขยะอินทรีย์+มูลโค+พด.1+ดิน	0.3972	0.04
มูลโค+พด.1+ดิน	0.0670	0.01

สรุปผลการทดลอง

จากผลการศึกษาพบว่าปุ๋ยหมักที่ได้จากกากสับุด้าทุกสูตรมีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช (NPK) เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก โดยสูตรที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงสุด คือปุ๋ยหมักที่ใช้กากสับุด้า + ขยะอินทรีย์ + มูลโค + พด.1 ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) เท่ากับร้อยละ 1.197, 1.196 และ 1.828 ตามลำดับ ในส่วนของปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักตรวจพบปริมาณฟอรับอลเอสเทอร์สูงสุด 0.9074 มิลลิกรัมต่อกรัม และยังพบฟอรับอลเอสเทอร์ในปุ๋ยหมักที่ไม่มีส่วนผสมของกากสับุด้าด้วย

ข้อเสนอแนะ

ในการดำเนินการวิจัยต่อไปควรได้ศึกษาการตกค้างของฟอรับอลเอสเทอร์ในพืชที่ใช้ปุ๋ยหมักจากกากสับุด้าและระดับของฟอรับอลเอสเทอร์ที่เป็นอันตรายเพื่อประกอบการนำกากสับุด้าไปใช้ประโยชน์ต่อไป

รายการอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2546). สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ พด.1 พด.2 พด.3 สำหรับเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตทางการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- รยากร นกแก้ว, วิทยา ปิ่นสุวรรณ และ พิลาณี ไวกนอมสัตย์. (2550). การศึกษาความเป็นพิษและการลดพิษของน้ำมันสบู่ดำโดยการดูดซับ.การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Banerjee, R., Mishra, G., and Nigam, S. K., Non-edible oil-seeds-potential raw material for industry. (1983). J. Sci. Indust. Res. 42: 686
- Beutler J.A., A.B. Ada, T.G. McCloud, and G.M. Cragg. (1989). Distribution of phorbol ester bioactivity in the euphorbiaceae. Phytother. Res. 3:188-192
- Biswas, S., Kaushik, N., Srikanth, G.. (2006). Biodiesel: Technology and Business opportunities—An insight. Paper presented at Biodiesel towards energy independence— Focus on *Jatropha curcas*.
- Bose, B.C., Sapaha, G. C., Vigayvargiya, R., Saifi. Q., (1961). Observations on the pharmacological action of *Jatropha curcas*. Arch. Int. Pharmacodyn. 130: 28–34
- Delgado Montoya, J. L., Parado Tejeda, E.. (1989). Potential multipurpose agroforestry crops identified for the Mexican Tropics. In: Wickens, G.E., Haq, N., Day, P. (Eds.), New Crops for Food and Industry. Chapman and Hall, London: 166–173.
- Gunaseelan, V. N.. (2009). Biomass estimates, characteristics, biochemical methane potential, kinetics and energy flow from *Jatropha curcas* on drylands. Biomass and Bioenergy 33: 589–596
- Haas, W., Sterk, H., and Mittelbuch, M.. (2002). Novel 12-Deoxy-16-hydroxy phorbol diesters isolated from the seed oil of *Jatropha curcas* J. Nat. Prod. 65: 1434–1440
- Makkar, H.P.S., Becker, K.. (1997). *Jatropha curcas* toxicity: identification of toxic principles. In: Fifth International Symposium on Poisonous Plants, San Angelo, Texas, USA, May 19–23.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., Sporer, F., Wink, M.. (1997). Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. J. Agri. Food Chem. 45: 3152–3157



- Rakshit, K.D., Madhvi,D.,Bhagya,S., (2006). *Jatropha curcas* –a potential source of protein in food/feed. In: Symposium on Rural Food and Nutrition. Organized by Sole Company and Central Food Technological Research Institute, Mysore, India, March 22nd, 2005.
- Sherchan, D. P.,Thapa, Y. B.,Khadka, R. J.,Tiwari, T. P.. (1989). Effect of green manure on rice production. PAC Occasional Paper-2, Pakhribas Agricultural Centre.Dhankuta, Koshi Zone, Nepal: 12.
