

## ผลของความชื้นและความลึกของกองปุ๋ยหมักจำลองต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก Effect of Moisture and Depth of Pilot-scale Compost on Greenhouse Gas Production

จันทร์จรัส วีรสสาร<sup>1</sup> พรพรรณ ธีรัตถา<sup>2</sup> และธนภัทร ปลั่งมพวก<sup>1</sup>

Janjarus Verasan<sup>1</sup>, Pompun Teeratta<sup>2</sup> and Thanapat Pluemphuak<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

งานทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความชื้นและความลึกของกองปุ๋ยหมักจำลอง ต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก 2 ชนิดคือ CO<sub>2</sub> และ CH<sub>4</sub> ในช่วง 1 เดือนแรกของการหมัก อุปกรณ์ที่ใช้เป็นเครื่องจำลองกองปุ๋ยหมัก ประกอบจากท่อ PVC 3 ชุดๆละ 50 cm ต่อเรียงกันมีความยาวรวม 150 cm ฝังอยู่ที่ผิวดิน และมีจุดเก็บก๊าซที่ความลึก 50, 100 และ 150 cm ทำปุ๋ยหมักจากกิ่งไม้สดหั่นย่อยและทำให้มีความชื้นร้อยละ 50, 60 และ 70 โดยน้ำหนักสด บรรจุในท่อให้มีความหนาแน่นเท่ากัน ฝังท่อเหล่านี้ในดินในแนวนอนลึกประมาณ 25 cm ปากท่อซึ่งเปรียบเสมือนผิวของปุ๋ยหมักเปิดสู่บรรยากาศ ตรวจวัดอุณหภูมิและความเข้มข้นของก๊าซ CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> และ CH<sub>4</sub> ตรงจุดเก็บตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิปุ๋ยหมักมีแนวโน้มลดลงเมื่อความชื้นและความลึกของกองปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นและความลึกของกองปุ๋ยเพิ่มขึ้นและมีค่าผันแปรผกผันกับปริมาณ O<sub>2</sub> ตรวจพบ CH<sub>4</sub> เล็กน้อยที่อายุกองปุ๋ย 15 วัน

คำสำคัญ : กิ่งไม้สดหั่นย่อย อุณหภูมิ CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> redox potential

### ABSTRACT

The objectives of this experiments were to investigate the effects of moisture and depth of simulated compost pile on two greenhouse gases, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> during the first month of composting. The compost pile simulator was constructed from 3 set of 50 cm long PVC pipes. These were assembled to form a 150 cm long simulator having observation sites at 50, 100 and 150 cm. The compost raw material was the chopped pruning tree branches mixing with appropriate volume of water to make water contents of 50, 60 and 70% by fresh weight basis. The materials then were packed in the pipes at the same density. Simulator was buried horizontally in soil at 25 cm depth. After being assembled the one end of the compost pile simulators was exposed to the air to resemble the surface of the pile. The pile temperature and concentrations of CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> gases were monitored at the sampling sites. It was found that the pile temperature tended to decrease as moisture of the material and depth of sampling increase. Concentration of CO<sub>2</sub> was found to follow the response of temperature and being reverse to O<sub>2</sub> concentration. A limited amount of CH<sub>4</sub> gas was detected at composting age of 15 days.

<sup>1</sup> ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140  
Central Laboratory and Greenhouse Complex, KURDI KPS, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

<sup>2</sup> ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

Key Words : chopped pruning tree, temperature, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, redox potential

E-mail : rdijrv@ku.ac.th

## คำนำ

สาเหตุสำคัญของปัญหาโลกร้อนเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>) และก๊าซมีเทน(CH<sub>4</sub>) จากการกระทำของมนุษย์ (IPCC, 2007) การเผาทำลายชิ้นส่วนพืชก็เป็นกิจกรรมหนึ่ง que เพิ่มปริมาณ CO<sub>2</sub> ในอากาศ เนื่องจากอินทรีย์คาร์บอนถูกเปลี่ยนไปเป็น CO<sub>2</sub> ทั้งหมด อย่างไรก็ตามถ้านำมาทำปุ๋ยหมักโดยใช้จุลินทรีย์ย่อยสลายภายใต้กระบวนการจัดการที่เหมาะสม จะทำให้คาร์บอน (C) ส่วนใหญ่ถูกเก็บกักอยู่ในสภาพอินทรีย์สาร มี C บางส่วนเท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนไปเป็น CO<sub>2</sub> แต่การย่อยสลายภายใต้สภาพอับอากาศของจุลินทรีย์บางชนิดจะผลิตก๊าซ CH<sub>4</sub> ออกมาด้วย ปริมาณการเกิดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อาจมีมากน้อยแตกต่างกัน โดยเป็นผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดของวัสดุอินทรีย์ (Hao *et al.*, 2004; Manios *et al.*, 2007) ความชื้น (Shi *et al.*, 1999) C/N ratio (Al-Kanani *et al.*, 1992) ขนาดของกองปุ๋ย (Fukumoto *et al.*, 2003) และการกลับกองปุ๋ย (Hao *et al.*, 2001) กล่าวได้ว่าการจัดการในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมีผลต่อความมากน้อยของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักได้ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความชื้นและความลึกของกองปุ๋ยหมักจำลองต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจก เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมัก

## อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 2 ปัจจัย คือ ความชื้นโดยน้ำหนักสตร้อยละ 50, 60 และ 70 ตามลำดับ และความลึกที่ 50, 100 และ 150 cm ตามลำดับ เครื่องจำลองกองปุ๋ยหมักประกอบด้วยท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว จำนวน 3 ชุดๆละ 50 cm ต่อเรียงกันมีความยาวรวม 150 cm ตรงจุดเชื่อมต่อของท่อ PVC แต่ละท่อนจะติดตั้งข้อต่อ 3 ทางเพื่อให้เป็นจุดเก็บก๊าซที่มีความลึก 50, 100 และ 150 cm (Figure 1) การหมักปุ๋ยทำโดยเตรียมชิ้นส่วนพืชด้วยการหั่นย่อยกิ่งไม้สด เช่น กระจับปี่ ประดู่ จามจุรี ชมพูพันธุ์ทิพย์ ให้มีขนาดประมาณ 2 นิ้ว ตากให้แห้ง และนำมาผสมคลุกเคล้ากับมูลวัวในอัตรา 20:1 โดยปริมาตร ประเมินปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ต้องใช้เพื่อปรับค่า C/N ratio ของวัสดุอินทรีย์ = 30:1 โดยใช้ค่าความหนาแน่นที่วัดได้จากชิ้นส่วนพืช = 0.09 g/cm<sup>3</sup> และมูลวัว = 0.30 g/cm<sup>3</sup> นำยูเรียมาละลายในน้ำ จากนั้นนำไปใช้ปรับความชื้นวัสดุอินทรีย์ตามที่กำหนดไว้ในตำรับการทดลอง นำวัสดุอินทรีย์ที่เตรียมไว้ไปบรรจุในอุปกรณ์ทำปุ๋ยหมักจำลอง เนื่องจากอุปกรณ์ทำปุ๋ยหมักจำลองประกอบด้วยชิ้นส่วนของท่อ PVC ยาว 50 cm จำนวน 3 ท่อต่อกันด้วยข้อต่อ 3 ทางและข้องอ 90 องศา การบรรจุวัสดุอินทรีย์จึงทำโดยบรรจุวัสดุอินทรีย์ที่ปรับความชื้นและค่า C/N ratio แล้วลงในแต่ละชิ้นส่วนของท่อ PVC ในปริมาณที่ทำให้ได้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.09 g/cm<sup>3</sup> (Figure 2) จากนั้นจึงประกอบแต่ละชิ้นส่วนเข้าด้วยกันเพื่อให้มีความยาว 150 cm แล้วจึงนำไปฝังดินในแนวนอนลึกจากผิวดินประมาณ 25 cm ปากท่อซึ่งเปรียบเสมือนผิวกองปุ๋ยเปิดสู่บรรยากาศ ตรงจุดเก็บข้อมูลปิดด้วยแผ่นพลาสติกปิดแล้วครอบด้วยฝาครอบอีกชั้นหนึ่งเพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายเทอากาศจากภายนอก ที่แผ่นพลาสติกมีช่องขนาดใหญ่สำหรับการวัดอุณหภูมิ Redox potential (Eh) และช่องขนาดเล็กสำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซ ซึ่งช่องดังกล่าวถูกปิดด้วยจุกยางและกระดาษทึบ (Figure 3)



Figure 1 Pieces of PVC pipes to construct the compost pile simulator before assemble (a) and after assemble (b).



Figure 2 Stuffing the compost material into a section of the pipe.

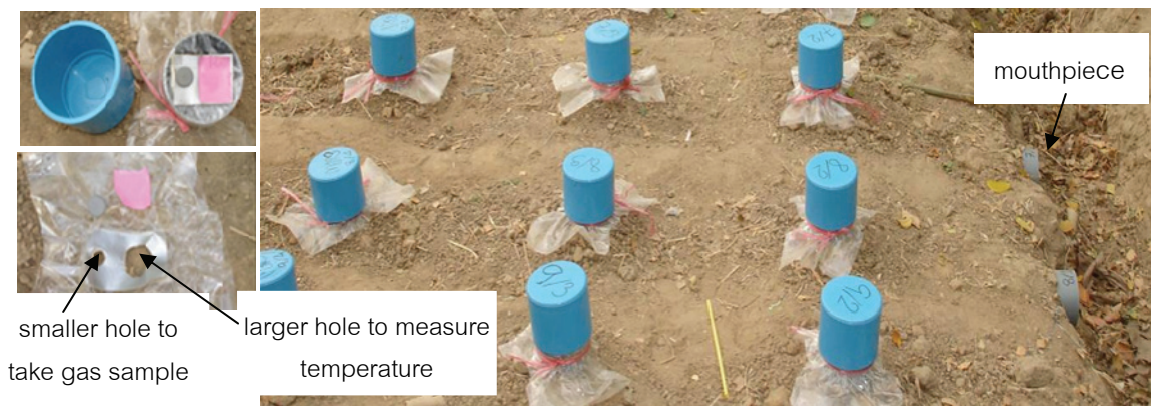


Figure 3 Compost pile simulators buried under ground. The sampling sites are covered with plastic sheets, each with 1 small hole and 1 large hole to access for gas sample and temperature and Eh measurements. The PVC caps were pressed on top to ensure air tightness.

ในช่วงเดือนแรกของการหมักทำการตรวจวัดอุณหภูมิตรงจุดเก็บตัวอย่างที่ความลึกต่างๆของกองปุ๋ยหมักจำลองทุกวัน วัดความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  และ  $\text{O}_2$  ตรงจุดเก็บตัวอย่างและตรงปากท่อทุก 7 วันด้วยเครื่อง portable gas analyzer (Gasboard 3200L ของ Wuhan Cubic Inc.) และวัดค่า Redox potential (Eh) ตรงจุดเก็บตัวอย่างในวันที่ 2, 9 และ 16 วันของการหมักด้วยเครื่องวัด Redox potential metyer (Skyscan 2000)

### ผลการทดลองและวิจารณ์

อุณหภูมิของปุ๋ยหมักจำลองที่ระดับความชื้นและความลึกต่างๆ ในวันที่วัดข้อมูลแสดงไว้ใน Figure 4 เห็นได้ว่าอุณหภูมิของปุ๋ยหมักผันแปรตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 32 ถึง 36 °C ตามเวลาของการหมัก โดยอุณหภูมิของปุ๋ยที่วันเดียวกันมีแนวโน้มลดลงเมื่อความชื้นและความลึกของปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้น

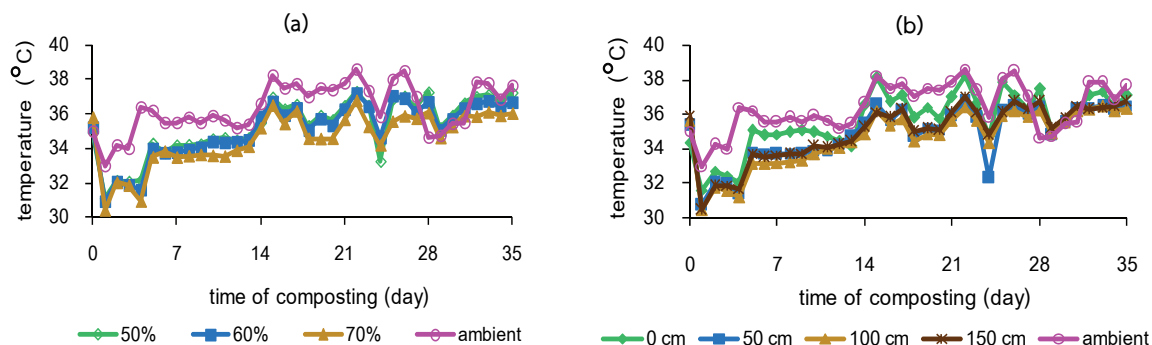


Figure 4 Variation of temperature of compost as affected by moisture and depth.

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub> ในกองปุ๋ยหมักจำลองของแต่ละปัจจัยความชื้น (Figure 5) และความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub> ในกองปุ๋ยหมักจำลองของแต่ละปัจจัยความลึก (Figure 6) พบว่า ความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> ผันแปรอยู่ในช่วงร้อยละ 4.51-18.86 โดยปริมาตร โดยค่าเฉลี่ยของทุกตัวรับการทดลองในช่วงแรกของการหมักสูงจากนั้นมามีค่าลดลง ความเข้มข้นของ O<sub>2</sub> ผันแปรอยู่ในช่วงร้อยละ 6.84-18.87 โดยปริมาตร โดยค่าเฉลี่ยของทุกตัวรับการทดลองในช่วงแรกของการหมักต่ำจากนั้นมามีค่าสูงขึ้น CO<sub>2</sub> มีค่าผันแปรเพิ่มขึ้นตามความชื้น ส่วน O<sub>2</sub> ผันแปรลดลงตามความลึก ซึ่งแสดงว่าการแลกเปลี่ยนก๊าซเกิดขึ้นที่ผิวของปุ๋ยหมักก่อนส่วนที่อยู่ภายในกอง

ความเข้มข้นของ CH<sub>4</sub> พบในวันที่ 15 ของการหมักเฉพาะในบางหน่วยทดลองของตัวรับความชื้นและความลึก และมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.1-0.7 โดยปริมาตร โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความลึกมากขึ้น อาจเป็นเพราะช่วงแรกของการหมักอัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุสูงและการถ่ายเทอากาศไม่ดีพอ ทำให้เกิดสภาพอับอากาศในบางส่วนของเนื้อปุ๋ย และเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ผลิต CH<sub>4</sub> ได้ (He *et al.*, 2000)

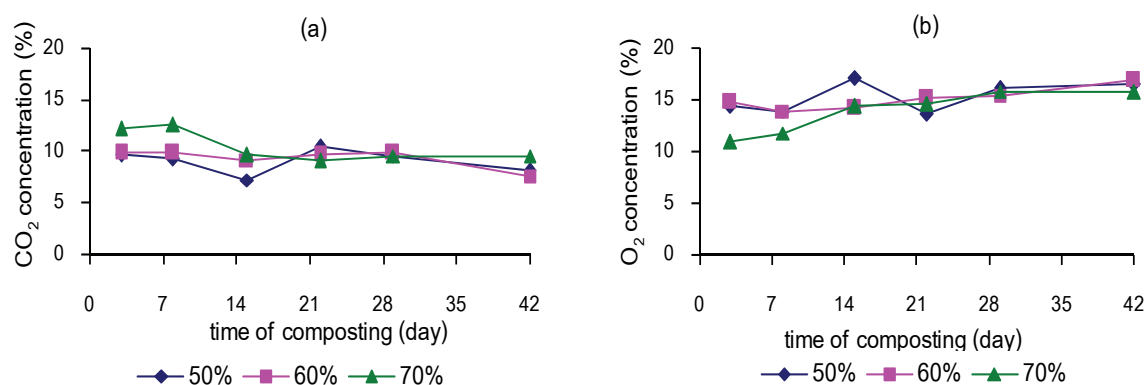


Figure 5 Variation of CO<sub>2</sub> (a) and O<sub>2</sub> (b) concentration as affected by moisture.

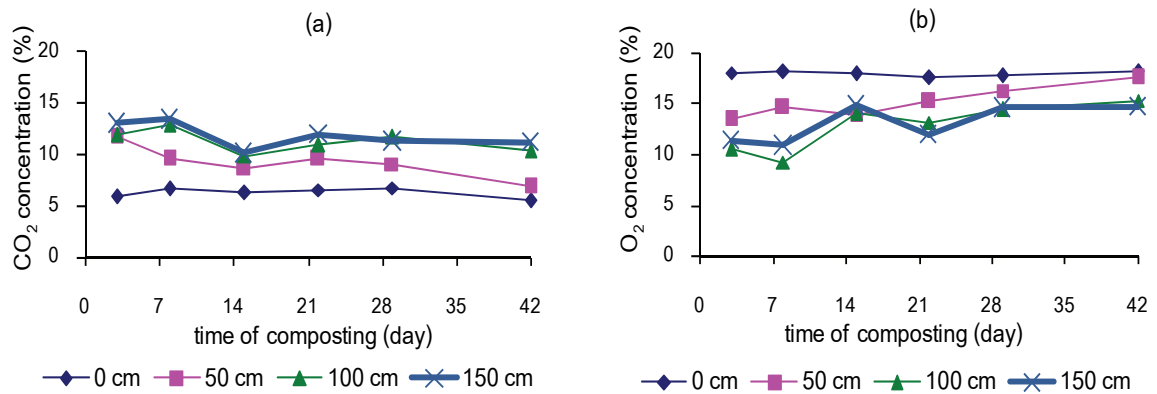


Figure 6 Variation of CO<sub>2</sub> (a) and O<sub>2</sub> (b) concentration as affected by depth.

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub> ในกองปุ๋ยหมักจำลองที่ระดับความชื้นและความลึกต่างๆ ในวันที่วัดข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Table 1) พบว่า ความลึกมีผลต่อความเข้มข้นของก๊าซทั้ง 2 ชนิด แต่ไม่พบผลของความชื้น และไม่พบปฏิสัมพันธ์ของความชื้นและความลึกต่อความเข้มข้นของ CO<sub>2</sub> และ O<sub>2</sub>

Table 1 Statistical analysis on the effects of moisture and depth on CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations at the measurement dates.

parameter	factors	day of composting (day)					
		3	8	15	22	29	42
CO <sub>2</sub>	moisture (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	depth (cm)	**	*	*	**	*	**
	interaction	ns	ns	ns	ns	ns	ns
O <sub>2</sub>	moisture (%)	*	ns	ns	ns	ns	ns
	depth (cm)	**	**	*	**	**	**
	interaction	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns = not significant at P>0.05; \* = significant at P < 0.05; \*\* = highly significant at P < 0.01

ค่า Redox potential (Eh) ของกองปุ๋ยหมักจำลองที่ความชื้นและความลึกต่างๆ ในช่วง 16 วันแรกของการหมักแสดงไว้ใน Figure 7 เห็นได้ว่าค่า Eh ของกองปุ๋ยที่มีความชื้นร้อยละ 50-60 มีค่าเป็นบวกอยู่ในช่วง 10-50 mV และร้อยละ 70 มีค่าเป็นลบอยู่ในช่วง -10 ถึง -100 mV ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการระบายอากาศที่ช้ากว่า ค่า Eh ที่ผิวของปุ๋ยหมักมีค่าอยู่ในช่วง 50-100 mV ส่วนที่ความลึก 50-150 cm ผันแปรอยู่ในช่วง 0 ถึง -50 mV โดยที่ความลึกมากขึ้นจะมีค่า Eh ลดลง เมื่อนำค่า Eh ในกองปุ๋ยหมักจำลองที่ระดับความลึกและความชื้นต่างๆ ในวันที่วัดข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Table 2) พบว่า ปัจจัยความลึกและความชื้นมีอิทธิพลต่อค่า Eh และพบปฏิสัมพันธ์ของความลึกและความชื้นต่อค่า Eh ในวันที่ 16 ของการหมัก

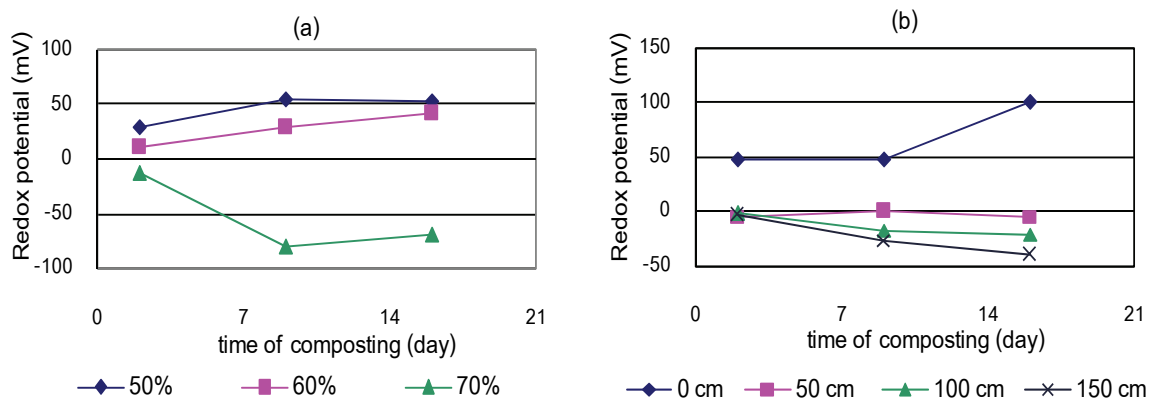


Figure 7 Variation of redox potential as affected by moisture (a) and by depth (b).

Table 2 Statistical analysis on the effects of moisture and depth on redox potential of the compost during 160 days of composting.

factors	day of composting (day)		
	2	9	16
moisture (%)	**	**	**
depth (cm)	**	*	**
interaction	ns	ns	**

ns = do not differ significantly ( $P > 0.05$ ); \* = significant at  $p < 0.05$ ; \*\* = highly significant at  $p < 0.01$

เมื่อพิจารณาการเกิดปฏิกิริสัมพันธ์หรืออิทธิพลร่วมของความลึกและความชื้นต่อค่า Eh ในวันที่ 16 ของการหมัก พบว่าที่ผิวของปุ๋ยของทุกความชื้นมีค่า Eh ใกล้เคียงกันประมาณ 100 mV แต่ที่ความลึกมากขึ้น (50-150 cm) มีค่า Eh ลดลง (Figure 8)

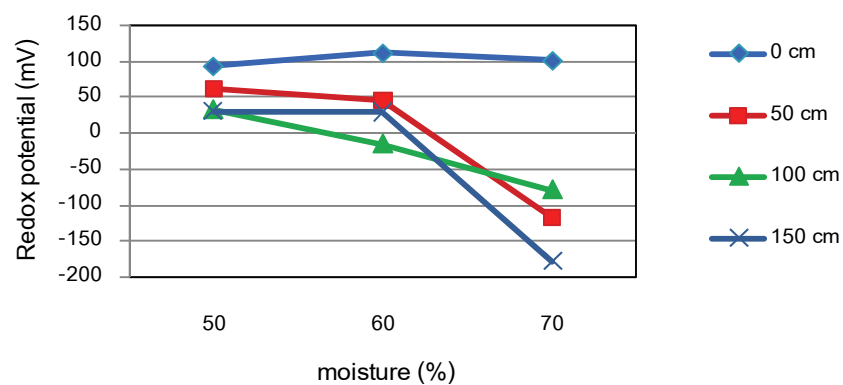


Figure 8 Effects of interaction between moisture and depth on redox potential on day 16 of composting.

## สรุป

การศึกษาผลของความชื้นและความลึกต่อการเกิด  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  และ  $\text{CH}_4$  ในกองปุ๋ยหมักจำลองในช่วงระยะเวลา 1 เดือนแรกของการหมัก พบว่าปริมาณ  $\text{CO}_2$  ในกองปุ๋ยหมักมีค่าผันแปรผกผันกับปริมาณ  $\text{O}_2$  ปริมาณ  $\text{CO}_2$  ของกองปุ๋ยหมักมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นและความลึกมากขึ้น และพบ  $\text{CH}_4$  ในปริมาณเล็กน้อยที่อายุกองปุ๋ยหมัก 15 วัน โดยมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อความลึกมากขึ้น ทั้งนี้พบว่าค่า Redox potential มีค่าลดลงเมื่อความชื้นและความลึกเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งให้เห็นว่าถ้าความชื้นในกองปุ๋ยหมักสูงและกองปุ๋ยหมักมีขนาดใหญ่จะมีโอกาสเกิด  $\text{CH}_4$  ในกระบวนการผลิตปุ๋ยหมักมากขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณ  $\text{CH}_4$  ที่ผิวกองมีค่าน้อยกว่าในกอง แสดงว่า  $\text{CH}_4$  อาจถูกออกซิไดส์ระหว่างการเคลื่อนที่สู่ผิวกองปุ๋ยหมัก

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Al-Kanani, T., E. Akochi, A.F. MacKenzie, I. Alli and S. Barrington. 1992. Organic and inorganic amendments to reduce ammonia losses from liquid hog manure. *J. Environ. Qual.* 21: 709–715.
- Fukumoto, Y., T. Osada, D. Hanajima and K. Haga. 2003. Patterns and quantities of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  emissions during swine manure composting without forced aeration-effect of compost pile scale. *Bioresour. Technol.* 89: 109–114.
- Hao, X., C. Chang and F.J. Larney. 2004. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. *J. Environ. Qual.* 33: 37–44.
- Hao, X., C. Chang, F.J. Larney and G.R. Travis. 2001. Greenhouse gas emissions during cattle feedlot manure composting. *J. Environ. Qual.* 30: 376–386.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. IPCC WGI Fourth Assessment Report.*
- Manios, T., K. Maniadas, P. Boutzakis, Y. Naziridis, K. Lasaridi, G. Markakis and E.I. Stentiford. 2007. Methane and carbon dioxide emission in a two-phase olive oil mill sludge windrow pile during composting. *Waste Management* 27: 1092-1098.
- Shi, W., J.M. Norton, B.E. Miller and M.G. Pace. 1999. Effects of aeration and moisture during windrow composting on the nitrogen fertilizer values of dairy waste composting. *Appl. Soil Ecol.* 11: 17–28.
- He, Y., Y. Inamori, M. Mizuochi, H. Kong, N. Iwami and T. Sun. 2000. Measurements of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{CH}_4$  from the aerated composting of food waste. *Sci Total Environ.* 254: 65–74.