



## การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสุกรในประเทศไทย แววารี บุญเทียม

### The Evaluation of Greenhouse Gas Emission in Swine Production of Thailand

Waewaree Boontiam

ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520  
Faculty of Agricultural Technology, Department of Animal Production Technology and Fisheries,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand 10520

\*Corresponding author. E-mail: waewaree.bo@kmitl.ac.th

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสุกรของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2558 การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการผลิตปศุสัตว์อ้างอิงจากเกณฑ์ของ IPCC ในปี 2549 โดยใช้วิธีการประเมินแบบทียร์ 1 นอกจากนี้ข้อมูลจำนวนประชากรสุกรพ่อพันธุ์ สุกรแม่พันธุ์ และสุกรระยะรุ่นถึงขุน อ้างอิงกรมปศุสัตว์ ผลการประเมินพบว่า สุกรระยะรุ่นถึงขุนมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหารมากกว่าสุกรแม่พันธุ์ และสุกรพ่อพันธุ์ ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 5.88 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี ขณะที่การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลยังพบปริมาณมากในสุกรระยะรุ่นถึงระยะขุน ซึ่งมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 นอกจากนี้ การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ยังพบมากในสุกรระยะรุ่นถึงขุน ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 356.79 KgN<sub>2</sub>O ต่อตัวต่อปี อย่างไรก็ตามสุกรพ่อพันธุ์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุดในช่วงเวลาที่ทำการประเมิน ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เลี้ยงสุกรของประเทศไทยในการหาวิธีลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง เพื่อให้เกิดความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก, ก๊าซมีเทน, ก๊าซไนตรัสออกไซด์, การผลิตสุกร, ประเทศไทย

#### Abstract

The current study was aimed to evaluate greenhouse gas emissions in swine production of Thailand from 1999–2015. The calculation was calculated according to the guidance of IPCC in 2006 using Tier 1 method. Numbers of boars, gestation-to-lactation sows and growing-to-finishing pigs were obtained from the Department of Livestock Development. Results revealed that pigs in the growing-to-finishing period emitted more enteric methane than those of gestation-to-lactation sows and boars, respectively. It accounted for 5.88 GgCH<sub>4</sub>/head/year. The highest production of methane from manure management also found in the finishing pigs, which has a tendency increased from 2012. Furthermore, the pigs in growing-to-finishing phase also emitted greater amount of direct and indirect nitrous oxide than those in the gestation-to-lactation phase, which was accounted for 356.79 KgN<sub>2</sub>O/head/year. However, boars were lower emission of greenhouse gases during the study. Therefore, it would be an urgent issue for swine producers of Thailand in order to reduce greenhouse gases for the sustainability of environment.

**Keywords:** Greenhouse Gas Emission, Methane, Nitrous Oxide, Swine Production, Thailand



## บทนำ

ในปัจจุบันการผลิตทางปศุสัตว์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึงร้อยละ 18 (Steinfeld et al., 2006; Li-zhi et al., 2016) โดยก๊าซเรือนกระจกหลักที่มีการปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากภาคการเกษตร ได้แก่ ก๊าซมีเทน ( $\text{CH}_4$ ) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ ) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการผลิตก๊าซมีเทนเกิดขึ้นได้ 2 รูปแบบ คือ การผลิตที่เกิดจากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ และก๊าซมีเทนที่เกิดจากการจัดการมูลหรือของเสีย ทั้งนี้ก๊าซมีเทนถือเป็นครึ่งหนึ่งของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยจากภาคปศุสัตว์ ส่วนก๊าซไนตรัสออกไซด์เป็นผลพลอยได้จากการย่อยสลายไนโตรเจน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรง (Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emission) และไนตรัสออกไซด์ทางอ้อม (Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emission) ซึ่งการประเมินไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมจะรวมถึงค่าการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่สุกรในแต่ละระยะขับถ่ายออกมา และส่วนหนึ่งจะมีการสูญเสียออกจากรูปแบบการจัดการมูลที่แตกต่างกัน ซึ่งส่วนใหญ่จะสูญเสียในรูปของสารประกอบ  $\text{NH}_3$  และ  $\text{NO}_x$  และสามารถสะสมในพื้นดินได้โดยกระบวนการต่างๆ ขณะเดียวกันการเลี้ยงสุกรยังมีการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการใช้ไฟฟ้าภายในฟาร์ม สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญในหลายประเทศ โดยมีแนวโน้มการผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี ทั้งนี้เพื่อเร่งขยายกำลังการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ตาม FAO (2006) ได้รายงานไว้ใน Livestock's long shadow: environmental issues and options ที่กล่าวถึงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิตปศุสัตว์ชนิดต่างๆ โดย Steinfeld et al. (2006) พบว่า ในการผลิตสุกรมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึงร้อยละ 18 การหามาตรการเพื่อเร่งรักษาเสถียรภาพภาคการผลิตสัตว์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุดนับว่ามีความสำคัญอย่างมากต่อการลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการเลี้ยงสุกรพ่อพันธุ์ สุกรแม่พันธุ์ และสุกรขุนของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึง พ.ศ. 2558

## วัตถุประสงค์และวิธีการ

### ประชากรสัตว์

ข้อมูลประชากรสุกรพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ และสุกรขุนของประเทศไทยในภูมิภาคต่าง ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึง 2558 อ้างอิงจากกรมปศุสัตว์

### วิธีการคำนวณ

การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการผลิตสุกรระยะต่างๆ ใช้รูปแบบการประเมินแบบ เทียร์ 1 (Tier 1) ซึ่งอ้างอิงตามวิธีของ IPCC (2006) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกชนิดก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหารของสุกร โดยใช้ค่าแฟกเตอร์การปลดปล่อยแนะนำ (emission factor) ของประเทศที่กำลังพัฒนามาคูณกับจำนวนประชากรตัวสัตว์ (สุกร) ในแต่ละปี (Gerber et al., 2013) ส่วนการประเมินการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการของเสีย โดยคณะผู้วิจัยเลือกค่าแฟกเตอร์การปลดปล่อยแนะนำคือ  $7 \text{ GgCH}_4$  ต่อตัวต่อปี ซึ่งเป็นค่ากลางของประเทศที่อยู่ในภูมิภาคเอเชีย (IPCC, 2006) ส่วนการคำนวณค่าปริมาณก๊าซไนตรัสออกไซด์ คณะผู้วิจัยใช้จำนวนประชากรสุกรคูณกับค่าเฉลี่ยการปลดปล่อยไนโตรเจนต่อประเภทสุกรต่อปี แล้วนำมาคูณกับค่าแฟกเตอร์การปลดปล่อยแนะนำที่เกิดขึ้นจากรูปแบบการจัดการมูลของสุกรในรูปแบบที่แตกต่างกัน กันที่เกิดขึ้นจริงภายใต้สภาพการเลี้ยงของประเทศไทย โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดอ้างอิงจาก IPCC (2006)



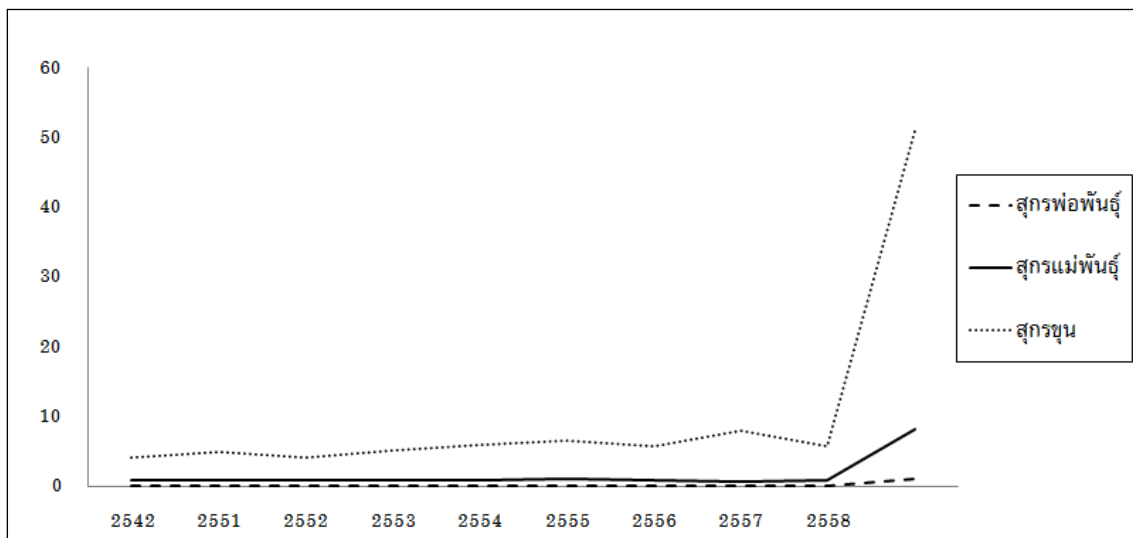
### ผลการศึกษา

#### การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบการหมักในระบบทางเดินอาหาร

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบการหมักในระบบทางเดินอาหารของสุกรในแต่ละระยะการเจริญเติบโต แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งพบว่าสุกรระยะขุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุดคือ 5.88 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 15.5 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา ขณะที่การปล่อยก๊าซมีเทนจากการเลี้ยงสุกรแม่พันธุ์มีมากเป็นอันดับ 2 ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเท่ากับ 8.19 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 13.6 โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมา (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่ พ.ศ. 2542 - 2558

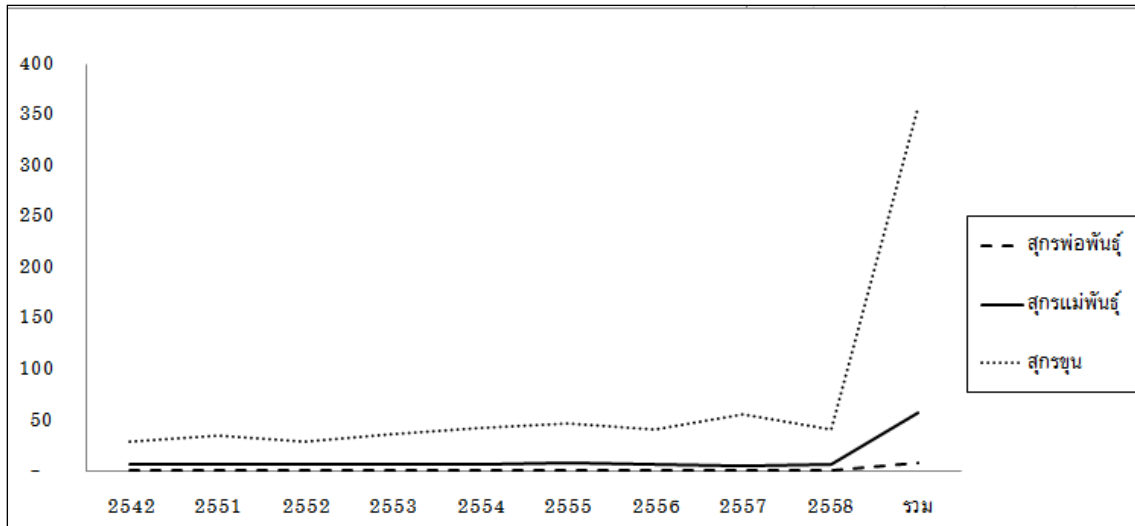
ชนิดสัตว์	CH <sub>4</sub> จากการหมักในระบบทางเดินอาหาร (GgCH <sub>4</sub> /ตัว/ปี)	CH <sub>4</sub> จากการจัดการมูลสัตว์ (GgCH <sub>4</sub> /ตัว/ปี)	N <sub>2</sub> O ทางตรง	N <sub>2</sub> O ทางอ้อม
สุกรพ่อพันธุ์	0.126	7.90	7.90	34,004
สุกรแม่พันธุ์	0.886	57.34	57.34	241,544
สุกรขุน	5.876	356.79	356.79	1,521,498



ภาพที่ 1 แนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากระบบการหมัก

#### การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูล (Methane emission from manure management)

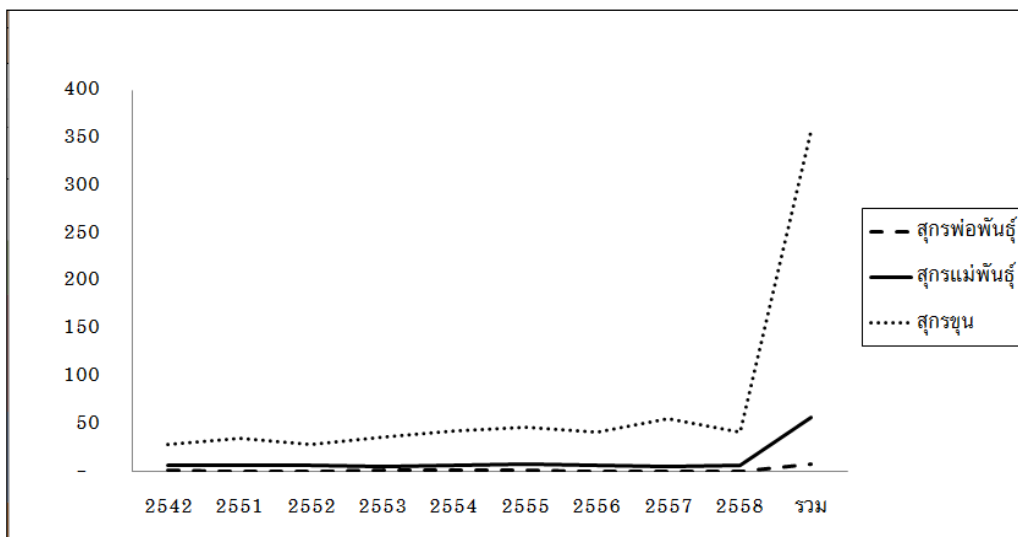
ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการจัดการมูลของสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต แสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่า สุกรระยะขุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากที่สุดคือ 356.79 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 84.5 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ขณะที่การปล่อยก๊าซมีเทนจากการเลี้ยงสุกรแม่พันธุ์มีมากเป็นอันดับ 2 ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 57.34 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 13.6 โดยมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 แนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากกระบวนการจัดการมูลสัตว์

**การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรง (Direct nitrous oxide emission)**

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรงของสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่า สุกรระยะขุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรงมากที่สุดคือ 356.79 KgN<sub>2</sub>O ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 15.5 ของปริมาณการผลิตก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 (ภาพที่ 3)



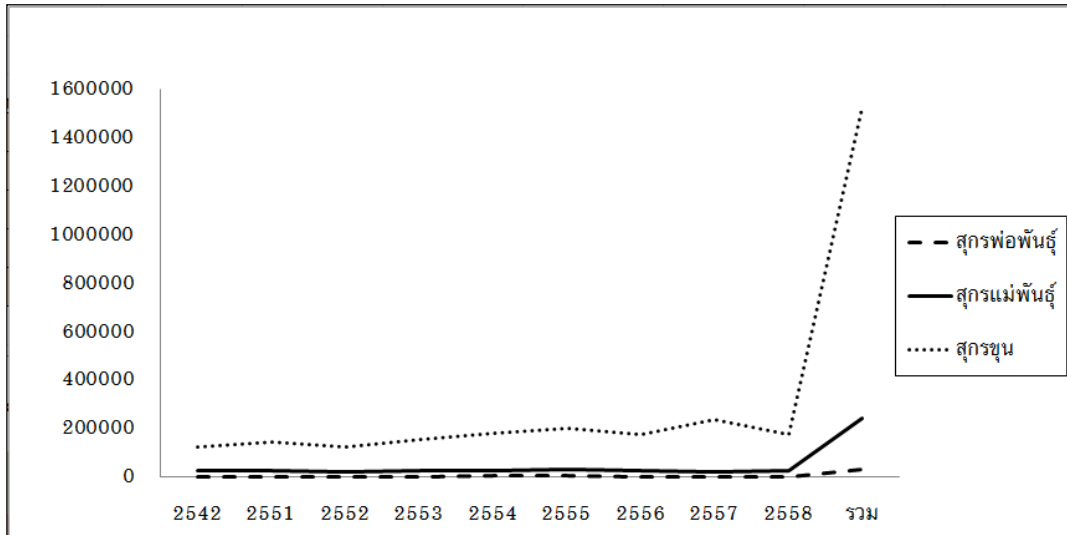
ภาพที่ 3 แนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางตรง

**การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อม (Indirect nitrous oxide emission)**

การปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมของสุกรแต่ละระยะการเจริญเติบโต แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งพบว่า สุกรระยะขุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมมากที่สุดคือ 1,521,498 KgN<sub>2</sub>O ต่อตัวต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 15.5 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด โดยมีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557



ขณะที่การปล่อยก๊าซมีเทนจากการเลี้ยงสุกรแม่พันธุ์มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสอง ซึ่งมีค่าการปลดปล่อยเท่ากับ 241,544 KgN<sub>2</sub>O ต่อตัวต่อปี (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อม

### อภิปรายผลการศึกษา

ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนทั้งจากการหมักในระบบทางเดินอาหารและการจัดการมูลมีปริมาณสูงในสุกรระยะรุ่นถึงระยะขุน เนื่องจากในสุกรระยะขุนจะมีการให้อาหารกลุ่มเยื่อใยเพื่อควบคุมการสะสมไขมัน ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่า การให้เยื่อใยจะทำให้การกินอาหารของสุกรลดลง ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะช่วยกระตุ้นกระบวนการหมักของเยื่อใยในระบบทางเดินอาหารส่วนของลำไส้ใหญ่บริเวณไส้ติ่งของสุกร (Goff et al., 2002; Amon et al., 2006; Jørgensen et al., 2011) และมีแนวโน้มว่าจะทำให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณการผลิตสุกรที่เพิ่มมากขึ้น (IPCC, 2006) สำหรับชนิดสุกรนั้น พบว่าสุกรระยะรุ่นถึงระยะขุนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือ สุกรระยะอุมท้องและระยะคลอด ซึ่งแม่สุกรระยะนี้ต้องการไนโตรเจนเพื่อใช้ในการดำรงชีพ การสืบพันธุ์ รวมทั้งการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย (Dämmagen et al., 2012; MacLeod et al., 2015) จะสังเกตเห็นได้ว่าในการผลิตปศุสัตว์ของประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดในการผลิตสุกรระยะขุน และอาจเป็นไปได้ว่า ในอนาคตปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากความต้องการอาหารของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อนเพิ่มมากขึ้น หากมีการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและอาหารไม่เหมาะสมกับสัตว์ในแต่ละช่วงอายุของการเจริญเติบโต

### สรุปผลการศึกษา

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนทั้งจากกระบวนการหมักในระบบทางเดินอาหาร และการจัดการมูลมีปริมาณมากในปี พ.ศ. 2557 ถึง 2558 โดยมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ที่เกิดขึ้นทั้งจากการปลดปล่อยทางตรงและทางอ้อม ซึ่งผลจากการประเมินเบื้องต้น พบว่าสุกรในระยะขุนมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือสุกรแม่พันธุ์โดยมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการหมักและก๊าซมีเทนจากการจัดการของเสีย เท่ากับ 50.96 และ 356.79 GgCH<sub>4</sub> ต่อตัวต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังมีการปลดปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์เท่ากับ 1,521,498 KgN<sub>2</sub>O ต่อตัวต่อปี ดังนั้นหากภาคการผลิตสุกรของประเทศไทยไม่สามารถหาวิธีการจัดการที่เหมาะสมได้ อาจส่งผลกระทบต่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมในอนาคตโดยเฉพาะการเกิดภาวะโลกร้อนเพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอาจเป็นการลดปริมาณโปรตีนในสูตรอาหารพร้อมปรับสมดุลของกรดอะมิโนให้เหมาะสมกับความต้องการของสัตว์ในแต่ละระยะการให้ผลผลิต ส่วนการจัดการในสุกรแม่พันธุ์อาจทำได้โดยการควบคุม

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ระดับเชื้อใยในสูตรอาหาร นอกจากนี้ควรใช้วิธีการประเมิณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยใช้สมการการคำนวณในระดับที่สูงขึ้น และควรใช้ค่าแฟคเตอร์แนะนำที่เกิดขึ้นจริงในประเทศไทย อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังไม่มีกำหนดค่าดังกล่าว ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้มีศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เพื่อควบคุมภาคการผลิตสุกรของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นโดยก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยทุกท่านขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

- Amon, B., Kryvoruchko, V., Frohlich, M., Amon, T., Pollinger, A., Mosenbacher, I., & Hausleitner, A., (2007). Ammonia and greenhouse gas emission from a straw flow system for fattening pigs. Housing and manure storage. *Livestock Science*. 112, 199–207.
- Domngen, U., Schulz, J., Klausling, H. K., Hutchings, N. J., Haenel, H.-D., & Rosemann, C. (2012). Enteric methane emissions from German pigs. *Landbauforschung*. 62: 83–96.
- Gerber, P., J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A., & Tempio, G. (2013). “Tackling Climate Change Through Livestock: a Global Assessment of Emissions and Mitigation Opportunities”.
- Goff, L., Dubois, G., Miligen, J.V., & Noblet, J. (2012). Influence of dietary fibre level on digestive and metabolic utilization of energy in growing and finishing pigs. *Animal Research*. 51: 245–259.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [online]. Available. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>, Accessed March 19, 2016.
- Jorgensen, H., Knudsen, K.E.B., & Theil, P.K., (2011). Enteric methane emission from pigs. In: Planet Earth 2011 – Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice (Ed. E.G. Carayannis). In *Tech Europe, Rijeka, Croatia*. pp. 605–623.
- Li-zhi, W., Bai, X., & Tian-hai, Y. (2016). Greenhouse gas emission from pig and poultry production sectors in China from 1960 to 2010. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 15, 60345–60347.
- MacLeod, M., Gerber, P., Mottet, A., Tempio, G., Falcucci, A., Opio, C., Vellinga, T., Henderson, B., & Steinfeld, H. (2013). Greenhouse gas emission from pig and chicken supply chains–A global life cycle assessment. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy*.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, Castel, V. Rosales, M., & Haan C.D. (2006). Livestock’s long shadow: environmental issues and options. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy*.