

การแก้ไขปัญหามลภาวะในฟาร์มสุกร

วันดี ศิริเจริญ¹

HOW TO SOLVE POLLUTION PROBLEM IN PIG FARM

Wandee Jearcharearn¹

Abstract : Currently, environmental problem from pig farm are increasing tremendously such as : waste water, infectious disease, disease carriers, noxious gas and unpleasant odour. The major causes of these pollution can be divided into : (1) feces and feed residues as solid portion (2) urine and farm-cleaned water as liquid portion.

In order to improve these problems, there are many possibility as followed : (1) appropriate housing management (2) flooring system (3) suitable pig waste collection and treatment (4) utilization of pig feces as animal and fish feed, cultivate house fly larva for pig or fish diets, fertilizer and biogas production.

บทคัดย่อ : มลภาวะที่เกิดจากฟาร์มสุกร เป็นปัญหาสำคัญมากปัญหาหนึ่งในปัจจุบัน เนื่องจากมีการตื่นตัวทางด้านสภาพแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วไป ได้แก่ ปัญหาเรื่อง กลิ่นเหม็น และก๊าซพิษ, ปัญหาการเกิดโรค และการแพร่กระจายของเชื้อโรค, รวมทั้งพาหนะนำโรคต่างๆ. นอกจากนี้ยังมีปัญหาเรื่อง มลภาวะในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เกิดจากการระบายน้ำเสียออกจากฟาร์มสุกร ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร ได้แก่ : (1) มูลสุกร และเศษอาหารที่ตกค้างในคอก (2) ปัสสาวะ และน้ำล้างคอกสุกร.

สำหรับการแก้ไขปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร มีได้หลายวิธี คือ : (1) การจัดการคานโรงเรือนให้เหมาะสม (2) การใช้วัสดุรองพื้นคอก (3) การจัดเก็บของเสียออกจากฟาร์ม และการกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม (4) การนำเอาของเสียจากฟาร์มสุกรไปใช้ประโยชน์ ด้วยการนำมูลสุกรไปเป็นอาหารสัตว์, อาหารปลา, เพาะหนอนแมลงวันเพื่อเป็นอาหารสุกรหรือปลา, เป็นปุ๋ยสำหรับพืช และการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ เพื่อนำมูลสุกรและของเสียจากฟาร์มมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป.

¹ ภาควิชาสัตวบาล, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50002.

¹ Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, 50002.

คำนำ

มลภาวะอันเกิดจากการเลี้ยงสุกรนับวันก็จะยิ่งรุนแรงมากขึ้น ไม่เพียงแต่กลิ่นเหม็นอันเกิดจากการหมักหมมของมูลสุกรเท่านั้น ยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค, ยุงและแมลงวัน ซึ่งเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงในฟาร์ม นอกจากนี้ น้ำเสียจากคอกสุกรไม่ว่าจะเป็นน้ำจากบัสสาวะสุกรหรือน้ำล้างคอกก็ตาม นอกจากจะมีกลิ่นเหม็นแล้วยังทำลายสภาพแวดล้อมอย่างยิ่งจนเห็นได้ชัด สัตว์ที่อยู่ในคอก, คลอง หนอง และบึง ที่น้ำเสียจากคอกสุกรไหลลงเป็นประจำก็ไม่สามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าของเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ : ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ มูลสุกรและเศษอาหารที่ตกค้างในคอกอีกส่วนหนึ่งเป็นของเหลวเกิดจากการล้างคอกด้วยน้ำ กลายเป็นน้ำทิ้งหรือน้ำเสียซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการป้องกันและแก้ไขปัญหาดังกล่าวต่อไป.

ในปัจจุบันการเลี้ยงสุกรเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรจำนวนมาก และมีการขยายการเลี้ยงสุกรเป็นฟาร์มขนาดใหญ่มากขึ้น ปัญหาเกี่ยวกับการหมักหมมของของเสียจากฟาร์มสุกรจึงมากขึ้นตามลำดับ ดังนั้นจึงควรมีการจัดการของเสียในฟาร์มให้เหมาะสมไม่ให้เกิดปัญหาทั้งในฟาร์มและสภาพแวดล้อมรอบๆ ฟาร์ม โดยการจัดการของเสียอย่างถูกวิธีและถูกหลักสุขาภิบาล หรืออาจจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป.

ปัญหามลภาวะจากฟาร์มสุกร

ของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกร นับวันก็จะยิ่งเป็นปัญหาใหญ่สำหรับผู้เลี้ยงสุกรเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะฟาร์มขนาดใหญ่ที่ทำกันเป็นธุรกิจ ใช้จำนวนสุกรต่อพื้นที่การผลิตมาก ทำให้มีของเสียจากฟาร์มสุกรมากขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกรขึ้น ซึ่งปัญหาที่สำคัญๆ ได้แก่ :

ปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และก๊าซพิษ เลาส์รีตันซีย์ (2531) รายงานว่าการเกิดก๊าซและกลิ่นส่วนใหญ่สาเหตุสำคัญเนื่องจาก การหมักย่อยของจุลินทรีย์ แต่ถ้ามียูเรียในคอกอยู่แล้ว โอกาสเกิดก๊าซจะมีน้อยลง และพบว่าการจัดการกับของเสียจากสัตว์ในสภาพเป็นของเหลว จะมีปัญหาเรื่องกลิ่น มากกว่าการจัดการในสภาพของแข็ง และมีปัญหาในฤดูร้อนมากกว่าในฤดูหนาว ก๊าซที่เกิดขึ้นในโรงเรือนสุกร ได้แก่ : ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide) ปกติในอากาศมีประมาณ 0.03 เปอร์เซ็นต์ (300 ppm) แต่ถ้ามียูเรียถึง 4 เปอร์เซ็นต์ (40,000 ppm) จะทำให้สุกรตาย, วิงเวียน, เดินโซเซ, หอบหืด. เมื่อนำสุกรมาอยู่ในสภาพอากาศดีอาการต่างๆ ของสุกรจะกลับเข้าสู่สภาพปกติ ก๊าซแอมโมเนีย (Ammonia) ส่วนมากเกิดจากมูลสดพื้นคอกแบบแอสลัต (Slat) จะมีกลิ่นแอมโมเนียน้อยกว่าคอกแบบคอนกรีต ถ้ายิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นเท่าใดกลิ่นก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ก๊าซแอมโมเนียรบกวนสุขภาพของสุกร ถ้ามียูเรียเข้มข้นถึง 100-

200 ppm จะทำให้สุกรมีอาการจามน้ำลายฟูมปาก, กินอาหารน้อย, หัวสั้น. ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) เกิดจากการหมักของมูลภายในสภาพที่ขาดออกซิเจน ในโรงเรือนสุกรที่มีการถ่ายเทอากาศพอสมควรจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ประมาณ 0.09 ppm ถ้าไม่มีการระบายอากาศที่ดีพอจะเพิ่มเป็น 0.25 ppm ภายในเวลา 6 ชั่วโมง สุกรที่ได้รับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ 20 ppm อยู่ตลอดเวลา จะทำให้เกิดอาการผิดปกติทางระบบประสาท, กล้ามเนื้อ, อาเจียน และทำให้ท้องร่วง. ก๊าซมีเทน (Methane) พบมากในการหมักมูลในสภาพที่ขาดออกซิเจน ในคอกสุกรที่ดีจะมีระดับของก๊าซมีเทนต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซอื่นๆ ซึ่งเกิดในปริมาณน้อย แต่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นเหม็น ได้แก่ อามีน (Amine), เมอร์แคปแทนซัลไฟด์ (Mercaptansulfide) และกรดอินทรีย์อื่นๆ.

ปัญหาการเกิดกลิ่นเหม็นจากฟาร์มสุกรนี้ เป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เจ้าของฟาร์มเกิดความขัดแย้งกับเพื่อนบ้าน ซึ่งนับวันคนที่ตื่นตัวทางด้านสิ่งแวดล้อมมีมากขึ้น การทนไม่ได้ต่อกลิ่นเหม็น จึงแสดงออกมากขึ้นตามลำดับ.

ปัญหาการเกิดโรค : การสะสมมูลสุกรในฟาร์ม นอกจากจะมีกลิ่นน่ารังเกียจแล้ว ยังก่อให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมทางสุขภาพอีกด้วย เช่น การแพร่กระจายของเชื้อโรค ที่อาจแพร่กระจายมาติดคนหรือสัตว์เลี้ยงอื่นๆ ไชยวงศ์เกียรติ (2535) รายงานว่า มูลสัตว์เป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคของระบบทางเดินอาหาร พยาธิบางชนิดรวมถึงพาหะนำโรค เช่น แมลงวัน, แมลงหวี่ และยุง เป็นต้น.

ปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำธรรมชาติ : กรมปศุสัตว์ (2533) รายงานผลการสำรวจคุณภาพน้ำทั้งจากฟาร์มสุกรบริเวณลุ่มน้ำท่าจีน โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย พบว่า น้ำทั้งจากการล้างคอกสุกรมีปริมาณวันละ 30-40 ลิตร/ตัว ปริมาณสิ่งสกปรกมีค่าความเข้มข้นประมาณ 3,000 มก./ลิตร หรือคิดเป็น 100-136 กรัม/ตัว/วัน.

ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร

ปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาด้านมลภาวะจากฟาร์มสุกร แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นของแข็ง ได้แก่ มูลสุกร สำหรับสุกรขุนระยะที่กำลังเจริญเติบโต จะถ่ายมูลเปียกวันละประมาณ 5-6 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว ปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น อายุ, การเจริญเติบโตของสุกร, ระยะการสืบพันธุ์และการอุ้มท้อง, เนื้อเยื่อของผนังลำไส้, รวมทั้งแบคทีเรียและสิ่งขับถ่ายของแบคทีเรีย (เลาศรีรัตน์ชัย, 2531) มูลสุกรที่ได้จากสุกรที่โตเต็มวัยแล้ว จะมีส่วนที่เป็นของแข็งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ (Polprasert, 1989) นอกจากนี้ ยังมีเศษอาหารที่ตกค้างในคอกสุกร ซึ่งจะทำให้เกิดการบูดเน่า เป็นแหล่งเพาะและแพร่พันธุ์เชื้อโรคเป็นอย่างดี.

ส่วนที่เป็นของเหลว ได้แก่ ปัสสาวะ และน้ำล้างคอกสุกร ซึ่งเป็นน้ำทิ้งจากฟาร์ม สิ่งสกปรกอยู่ในรูปของสารอินทรีย์จากมูลสุกร ปัสสาวะและเศษอาหารที่ตกค้างในคอกสุกรก่อให้เกิดน้ำสกปรกเข้าไปปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำทิ้งเหล่านี้ฟาร์มบางแห่งก็ทำการบำบัดก่อน แต่บางแห่งก็ไม่ได้ทำการบำบัด ทำให้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรมีค่าความสกปรกสูง (กรมปศุสัตว์, 2533).

วิธีการแก้ไขปัญหาค้นมลภาวะจากฟาร์มสุกร

การจัดการโรงเรือนสุกร ในการจัดการเกี่ยวกับสิ่งขับถ่ายของสัตว์เลี้ยง ต้องทราบเรื่องการจัดการโรงเรือนที่สัตว์อยู่อาศัย ต้องคำนึงถึงวิธีการก่อสร้างและตัวสัตว์เพื่อจะได้สะดวกและประหยัดเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับคอกสุกรจำเป็นต้องจัดที่นอนและที่ค้ำน้ำไว้แยกกัน ให้ที่ค้ำน้ำอยู่เหนือบริเวณที่ต้องการให้สุกรถ่ายมูล เพราะสุกรชอบถ่ายมูลบริเวณที่มีน้ำและวางน้ำไม่ควรอยู่ใกล้สร้างอาหารเพราะจะทำให้ถ่ายเรียดบริเวณวางอาหาร สำหรับการสร้างโรงเรือนโดยทั่วไปมีพื้นโรงเรือน 3 แบบ และการกำจัดมูลตามแบบของโรงเรือนแต่ละแบบก็แตกต่างกันไป.

พื้นโรงเรือนแบบคอนกรีตทึบ พื้นควรลาดเอียงพอสมควร เพื่อให้ น้ำไหลลงรางระบายมูลไปเก็บในบ่อพักมูลได้ง่าย การทำความสะอาดต้องใช้พาส์ล้างคอกออกแล้วฉีดน้ำล้างออกตาม หรืออาจใช้น้ำฉีดไล่มูลลงรางระบายมูลเลยก็ได้ แต่สิ้นเปลืองน้ำมากกว่า

พื้นซีเมนต์สลอต (Slat) เป็นพื้นคอกที่ทำด้วยแผ่นซีเมนต์แข็งสำเร็จรูป ซึ่งทำเป็นช่องกลวง ไม่กว้างมากนักมีหลายช่อง ปัสสาวะและน้ำไหลผ่านลงไปได้ ง่ายต่อการล้างทำความสะอาดพื้นคอก และช่วยลดความสกปรกที่ผิวผนังสุกรได้เป็นอันมาก การสร้างคอกทำเป็นพื้น 2 ชั้น ชั้นล่างเป็นคอนกรีตทึบ มีรางระบายมูล ชั้นบนปูด้วยพื้นซีเมนต์สลอต สูงกว่าพื้นชั้นล่างประมาณ 1.0-1.2 เมตร การทำความสะอาดเพียงแค่ฉีดน้ำที่มีความแรงมากๆ มูลสุกรก็จะไหลลงไปตามร่องพื้นอย่างง่ายดาย (เลาศรีรัตนชัย, 2531; กรมปศุสัตว์, 2534).

พื้นเหล็กลาดประสาน ทำด้วยเหล็กเส้นประสานกันเป็นพื้นแข็ง วัสดุเป็นโลหะป้องกันสนิม ทนต่อการกัดกร่อน แต่ราคาค่อนข้างสูง พื้นคอกชนิดนี้มีลักษณะโปร่งมาก ทำให้ไม่ค่อยมีเศษอุจจาระกักค้างบนพื้นคอก ถ่ายเทอากาศได้ดี การก่อสร้างโรงเรือน จะยกพื้นคอกสูงประมาณ 0.5-1.0 เมตร ด้านล่างเป็นพื้นคอนกรีตลาดเอียง ส่วนด้านข้างพื้นคอนกรีต จะมีรางระบายน้ำทิ้งทั้ง 2 ข้าง (กรมปศุสัตว์, 2534).

การใช้วัสดุรองพื้นคอกสุกร วิธีการนี้ เป็นการดัดแปลงจากวิธีเก่าที่ได้ทำกันมานานแล้วในการใช้วัสดุรองพื้นคอก เพื่อดูดซึมปัสสาวะและมูลสุกร แล้วเก็บรวบรวมไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชต่อไป แต่วิธีเก่าจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนวัสดุรองพื้นคอกบ่อย ทำให้เกิดปัญหาการเก็บวัสดุรองพื้นคอกไว้ใช้เองในฟาร์ม ไชยวงศ์เกียรติ (2535) ได้รายงานการใช้วัสดุรองพื้นคอกแบบใหม่ โดยการ

ใช้สารที่ประกอบด้วยเอ็นไซม์ที่ช่วยย่อยและบักเตรีสายพันธุ์ ที่ได้คัดเลือกแล้วว่าสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น มูลสุกรได้ดี ฟันหรือผสมคลุกเคล้ากับวัสดุรองพื้นคอก การเลี้ยงสุกรแบบหนึ่งที่ใช้วิธีการนี้คือ การเลี้ยงสุกรบนขี้เลื่อยหมัก โดยใช้เชื้อบาซิลลัส ซับทีลิส (*Bacillus subtilis*) ผสมกับขี้เลื่อยบนพื้นคอกเลี้ยงสุกร ความหนาของขี้เลื่อยประมาณ 70 ซม. ความชื้นของขี้เลื่อยประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เชื้อเจริญได้ดี เมื่อนำสุกรลงเลี้ยงในคอก มูลและปัสสาวะที่สุกรถ่ายลงบนวัสดุรองพื้นคอกจะถูกบักเตรีทำการย่อยสลาย และเปลี่ยนแอมโมเนียไปเป็นโปรตีน ซึ่งวิธีการนี้ไม่ก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นของมูลสุกรและก๊าซแอมโมเนียภายในโรงเรือน ทำการกลบฝังมูลสุกรในจุดต่างๆ ของคอกทุกๆ สัปดาห์ แล้วทำการปิดทับด้วยขี้เลื่อยผสมสารที่ช่วยย่อยดังกล่าว โดยระดับความหนาของพื้นคอกให้ได้ 70 ซม. ที่ระดับความลึกของขี้เลื่อย 20-30 ซม. อุณหภูมิของวัสดุรองพื้นคอกประมาณ 30-40 °C.

วนาสีทธิชัยวัฒน์ และอ้อเชี่ยวชาญกิจ (2534) รายงานไว้ว่าการใช้วัสดุรองพื้นคอกแบบนี้สามารถเลี้ยงสุกรขุนได้ถึง 4 รุ่น นอกจากนี้ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในวัสดุรองพื้นคอก อันเกิดจากขบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยบักเตรี จะสามารถทำลายเชื้อโรคต่างๆ ที่อาจพบในมูลหรือติดมากับวัสดุรองพื้นคอกได้ หลังจากเลิกใช้วัสดุรองพื้นคอกแล้วสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีกลิ่นเหม็น และมีสภาพร่วนซุยคล้ายดิน สำหรับข้อดีของการเลี้ยงสุกรแบบนี้คือ :

(1) ไม่มีน้ำเสียที่จะเกิดมลภาวะไหลออกมาจากคอกเลี้ยงสุกร (2) ไม่เกิดกลิ่นเหม็นในคอกสุกร (3) ลดปัญหาเรื่องสุกรขาเจ็บ (4) ลดจำนวนแมลงวันในคอก (5) ประหยัดน้ำที่ใช้ภายในฟาร์ม (6) ประหยัดแรงงานในการล้างคอก (7) ผลพลอยได้จากขี้เลื่อยที่ใช้รองพื้นคอกนำไปทำปุ๋ยสำหรับพืชได้ดี.

การจัดเก็บของเสียที่เกิดจากฟาร์มสุกรและการกำจัด

วิธีการรวบรวมและขนย้ายมูลออกจากฟาร์ม การนำมูลสุกรออกจากรางระบายมูลไปยังบ่อพักมูล มีหลายวิธีด้วยกันตั้งแต่ใช้แรงงานคนโดยคนน้ำที่มีความแรงมากๆ หรือใช้คราดกวาดมูลออกไป โดยทั่วไปรางระบายมูลควรลาดเอียงประมาณ 1.5-4 เปอร์เซ็นต์ กล่าวคือ ความยาวราง 10 ม. รางควรลึก 10 ซม. และความยาวรางที่เพิ่มขึ้นแต่ละ 1 ม. ให้เพิ่มความลึก 1.5 ซม. วิธีการนี้นิยมใช้กับการเลี้ยงบนพื้นแอสลต์ สำหรับอีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้เครื่องจักรกลเข้าช่วย ซึ่งเป็นการประหยัดแรงงานคน แต่ต้องใช้เครื่องมือราคาแพง และต้องออกแบบโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการติดตั้งเครื่องจักรกลนั้น จึงเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง นิยมใช้ในต่างประเทศที่แรงงานมีราคาแพง.

บ่อพักมูล : เป็นการสะสมมูลวันนอกคอก แบบที่สร้างขึ้นกับวัตถุประสงค์ในการนำมูลไปใช้ประโยชน์ หรือต้องการกำจัดกลิ่นจากมูลสุกรเท่านั้น ที่กรมปศุสัตว์ (2533) และกรมปศุสัตว์ (2534) ได้รายงานไว้คือ มีระบบบ่อพักมูลที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ :

ก. ระบบบ่อตกตะกอน และบ่อฝัง : โดยระบายของเสียจากฟาร์มลงสู่บ่อตกตะกอนซึ่งเป็นบ่อเปิด แสงแดดจะเผาผลาญให้ของแข็งตกตะกอนลอยขึ้นมา ตกตะกอนนี้ไปตากแห้งขายเป็นปุ๋ย ส่วนที่เป็นของเหลวจะไหลลงสู่บ่อฝัง ซึ่งมีกอหญ้าและวัชพืชปกคลุมหญ้า และวัชพืชเหล่านี้จะเป็นตัวช่วยกรองดูดซับมูล และเพิ่มออกซิเจนให้แก่ของเหลวได้ดี ทำให้น้ำใสและสะอาดขึ้นสามารถนำกลับไปใช้ในฟาร์ม หรือปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้.

ข. ระบบบ่อหมักและบ่อฝัง : เป็นระบบบ่อที่จะเก็บกักน้ำทิ้งโดยจุดเป็นบ่อดินขมมีบ่อ 2-3 บ่อ สามารถเก็บกักน้ำเสียไว้ได้หลายวัน น้ำเสียจะเกิดการเน่าสลายใน 2 บ่อแรก และในบ่อที่ 3 น้ำทิ้งจะมีคุณภาพดีขึ้นมาก เกิดสภาพเป็นบ่อฝัง มีสาหร่ายเจริญเติบโต เห็นน้ำเป็นสีเขียว มีการช่วยย่อยสารอินทรีย์ทำให้คุณภาพน้ำทิ้งดีขึ้น ระบบนี้ลดความสกปรกได้ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็มีข้อเสียคือ ต้องใช้เนื้อที่มาก และมีปัญหากลิ่นเหม็นจากบ่อที่ 1 และ 2 ฟาร์มสุกร 100 ตัว ต้องการพื้นที่ 320 ตารางเมตร.

ค. ระบบถังหมักและบ่อฝัง : ระบบนี้เปลี่ยนจาก 2 บ่อแรกมาเป็นถังหมัก เพื่อลดเนื้อที่ให้น้อยลง แต่ต้องตามด้วยบ่อฝัง ถังหมักจะก่อเป็นคอนกรีต หรือใช้ถังถังส้วมฝังลงใต้ดินแบบนี้มีข้อดีคือ สามารถนำก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ประโยชน์ได้ และสามารถลดความสกปรกลงได้ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งฟาร์มสุกร 100 ตัว ต้องการพื้นที่ประมาณ 250 ตารางเมตร.

การกำจัดของเสียจากฟาร์มสุกร Gebhardt and Anderson (1968) ได้รายงานวิธีการกำจัดของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำไว้ 2 ขบวนการคือ :

ขบวนการที่ 1 (Primary treatment) เป็นการพยายามลดปริมาณของเสียลงโดยทำให้เป็นของแข็ง ซึ่งมีหลายวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การปล่อยของเสียไปรวมกันในที่แห่งใดแห่งหนึ่งเช่นบ่อพัก แล้วทิ้งให้ตกตะกอน ปล่อยส่วนที่เป็นของเหลวออกไป ส่วนที่เหลืออยู่ซึ่งเป็นของแข็งประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จะถูกนำไปย่อยสลาย โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ในถังปิด (Digester) ใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ในระหว่างนี้สามารถแยกส่วนประกอบในค้อนนี้ออกได้เป็น อินทรีย์สารประเภทของตัวไม่ย่อยสลายตัวง่าย (Stabilized) นำไปทำให้แห้งสำหรับขายเป็นปุ๋ยต่อไป ในขณะที่ทำการย่อยในถังปิด จะมีก๊าซมีเทนเกิดขึ้น 68-85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหลักการนี้สามารถนำไปออกแบบการทำก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป.

ขบวนการที่ 2 (Secondary treatment) เป็นการจัดการกับของเหลวที่ถูกปล่อยออกมาจากขบวนการที่ 1 เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ให้มากที่สุด ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกันคือ :

ก. Intermittent Sand Filtration โดยการใช้ทรายที่มีความลึก 2.5-4 ฟุต ทำการผ่านของเหลวลงไปประมาณ 3-4 นิ้ว ปกติถ้าใช้วิธีนี้วันละ 1-2 ครั้ง จะได้ของเหลวที่ใสกว่าเดิม เราอาจนำน้ำนี้กลับไปใช้ล้างคอกได้ ซึ่งการกรองแบบนี้ต้องอาศัยพื้นที่กว้าง.

ข. Contact Bed โดยใช้สารหลายๆ อย่าง ได้แก่ กรวด, ทราย, แร่บางชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีขนาด 0.5 ถึง 3 นิ้ว และความลึกของชั้นต่างๆ รวมกันประมาณ 4-6 ฟุต ผ่านของเหลว (Sewage) ที่ปราศจากตะกอนที่ได้จากขบวนการแรกแล้ว 1-2 ชั่วโมง ของแข็งที่เหลือจะตกตะกอนค้างอยู่ โดยจับตัวบางๆ กับพวกก้อนกรวด ทราย ซึ่งอาจเป็นพวกแบคทีเรียค้างอยู่ด้วย นอกจากนี้ อาจจะมีราและโปรโตซัว (Protozoa) ซึ่งเป็นตัวสลายอินทรีย์สารเมื่อทำการกรองหลายๆ ชั่วโมงแล้ว ของเหลวที่กรองได้สัมผัสอากาศจะช่วยเพิ่มออกซิเจนได้ด้วย แบคทีเรียที่ใช้ ออกซิเจนก็จะถูกนำไปใช้ต่อไป การกรองแบบนี้หลายๆ ครั้ง พบว่าสามารถแยกของเสียได้ 90 เปอร์เซ็นต์ และใช้พื้นที่ไม่มากนัก.

ค. Trickling filters โดยอาศัยสภาพมีออกซิเจน ใช้การตกตะกอนโดยหินเล็กๆ กากแร่ ฯลฯ ขนาด 1-3 นิ้ว ทำการปล่อยของเหลว ฉีดพ่นขึ้นไปในอากาศโดยท่อทางยาวมีรูเล็กๆ รอบๆ ท่อนั้นๆ ให้ไปกระทบหินเล็กๆ และกากแร่เหล่านั้น ซึ่งเป็นการเพิ่มออกซิเจนเข้าไปในของเหลวด้วย แบคทีเรียต้องการอากาศก็นำไปใช้ได้ ถ้าทำดังนี้ 2 ครั้ง ทำให้เปอร์เซ็นต์ความสะอาดในของเหลวเพิ่มมากขึ้น.

ง. Activated Sludge เป็นการเพิ่มออกซิเจนในตะกอน (Solid) เพื่อให้จุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจนได้นำไปใช้ในการสลายอินทรีย์สาร โดยการใช้เครื่องกวนมูลให้อากาศเข้าไป แล้วทิ้งให้ตกตะกอนแยกของแข็งออกไป อาจนำไปฝังมดหรือทำปุ๋ยก็ได้ ส่วนของเหลวก็ถ่ายพักไว้ให้ตกตะกอนอีกครั้ง ถ่ายของเหลวส่วนใสใส่คลอรีนฆ่าเชื้อโรค สามารถนำน้ำนั้นไปใช้ในฟาร์มได้อีก.

แนวทางการใช้ของเสียจากสุกรให้เป็นประโยชน์ มีแนวทางที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ได้แก่ :

(1) การใช้มูลสุกรเป็นอาหารสัตว์ มูลสุกรระยะรุ่น-ขุน เมื่อตากแดดแห้งแล้วจะมีโปรตีนโดยเฉลี่ยประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์ (กันโท, 2522) ซึ่ง Diggs, Baker and James (1965) พบว่ามูลสุกรที่เลี้ยงบนพื้นคอนกรีต หลังจากฝังมดแห้งแล้วบดให้ละเอียดสามารถใช้เป็นอาหารสุกรขุนได้ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ทำให้สมรรถภาพการผลิตลดลงแต่อย่างใด การหมักมูลสุกรกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ข้าวโพด ในสภาวะขาดออกซิเจน (Anaerobic) เป็นเวลาอย่างน้อย 5 วัน เป็นการฆ่าเชื้อโรคและกำจัดกลิ่นในมูลสุกรได้วิธีหนึ่ง มูลสุกรหมักดังกล่าวสามารถใช้ทดแทนอาหารเลี้ยงแม่สุกรพันธุ์ได้ 2/3 โดยไม่ทำให้สมรรถภาพสืบพันธุ์ของแม่สุกรเสียไป (Marrs, Campbell, Featgeratone and Noland, 1978).

จากการทดลองต่างๆ พอสรุปการนำมูลสุกรมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ในตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้

ว่าสามารถใช้ได้ในระดับ 10-30 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร การจะใช้มูลสุกรที่ระดับไหนขึ้นอยู่กับคุณค่าทางโภชนาของมูลสุกรนั้น.

Table 1. The level of pig feces in Animal Feed.¹

Animals	The level of pig feces		Average feed intake per year (Kg.)
	percent	Kg.	
Dairy cattle	10	511	5110
Beef	30	1341	4380
Fattening cattle	20	510	2550
Growing cattle	15	329	2190
Gilt	25	228	913
Growing pig	15	110	730

¹ FAO Animal Production and Health Paper (1980)

(2) การใช้มูลสุกรในการเพาะหมอนแมลงวันเพื่อใช้เป็นอาหารสุกร

แมลงวันภายในฟาร์มก็เป็นปัญหาหนึ่งซึ่งเกิดควบคู่กับการเลี้ยงสุกร โดยเฉพาะฟาร์มสุกรที่มีการกำจัดมูลสุกรไม่ดีพอ มูลสุกรเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และเป็นอาหารที่ดีที่สุดของแมลงวัน การเพาะหมอนแมลงวันจากมูลสุกรเพื่อใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์จึงเป็นแนวทางในการกำจัดมูลสุกรและควบคุมจำนวนแมลงวันภายในฟาร์มควบคู่กันไป.

วนาสีหิรัญชัยวัฒน์ และเสสสกุล (2532) ได้แนะนำไว้ดังนี้คือ มูลสุกรควรเป็นมูลที่มีความชื้นสูง ใสในภาชนะละ 10 กก. เกลี่ยมูลสุกรให้ทั่วกันภาชนะ มูลสุกรควรหนาประมาณ 2-3 นิ้ว นำไปตั้งทิ้งภายในโรงเรือนที่มีที่ว่าง ไม่ถูกแสงแดดหรือฝน เพราะจะทำให้มูลสุกรแห้งหรือเน่าเสียไป ใช้เวลาประมาณ 4 วัน จากนั้นนำมาแยกเอาเฉพาะหมอนแมลงวันออกจากมูล โดยนำภาชนะไปตั้งไว้กลางแจ้งให้ถูกแสงแดด หมอนแมลงวันจะซ่อนไข่ไปรวมกันที่กันภาชนะแยกเอามูลสุกรชั้นบนออก นำหมอนแมลงวันที่ยกได้ไปล้างน้ำแล้วกรองด้วยตะแกรงในล่อนซึ่งปริมาณหมอนแมลงวันที่ได้จากมูลสด 10 กก. จะได้หมอนแมลงวันสด 1.89 กก. คิดเป็นน้ำหนักแห้ง 0.47 กก. (มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 75 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้งเฉลี่ย 25 เปอร์เซ็นต์) สำหรับองค์ประกอบทางโภชนาของหมอนแมลงวันป็นแห่งพบว่า มีความชื้น 8.5, โปรตีน 45.13, ไขมัน 14.52, เยื่อใย 5.9, และเถ้า 16.09 เปอร์เซ็นต์. นอกจากนี้มีกรดอะมิโนที่จำเป็นซึ่งเป็นองค์ประกอบของโปรตีนในหมอนแมลงวันแห่งป็น ยังมีอยู่ในระดับสูงใกล้เคียงกับปลาป่น จึงน่าจะสามารคนำมาใช้ทดแทนแหล่งโปรตีนในอาหารสัตว์ได้.

(3) การใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา พารักษา (2531) ได้กล่าวถึงการนำมูลสุกรไปใช้ประโยชน์ ในการเป็นอาหารปลา คือ ปลาจะใช้ประโยชน์จากมูลสุกรได้ 3 ทางคือ :

ก. ใช้มูลสุกรเป็นอาหารปลาได้โดยตรง โดยปกติแล้วมูลสุกรเองเป็นอาหารปลาที่มีคุณภาพไม่ดีนัก แม้จะมีระดับไนโตรเจนอยู่สูงก็ตาม แต่ส่วนใหญ่จะมีไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนอยู่สูง ซึ่งปลาไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่.

ข. นำมูลสุกรสดมาใส่ภาชนะเพื่อให้เกิดหนอนแมลงวัน แล้วจึงนำหนอนสดรวมทั้งมูลไปเทใส่ในบ่อปลา จะทำให้ปลาได้รับอาหารที่มีคุณภาพดีขึ้น (วนาสัทธีชัยวัฒน์ และเสสกุล, 2532).

ค. มูลสุกรถูกใช้ในการเจริญเติบโตของแพลงตอน (Plankton) และอาหารธรรมชาติในบ่อปลา ซึ่งเป็นอาหารของปลาอีกทอดหนึ่ง.

วิธีการต่างๆ ที่จะนำมูลสุกรไปใส่ในบ่อปลา ในกรณีที่ไม่ได้สร้างคอกสุกรบนบ่อปลา มี 3 วิธีคือ :

1. นำมูลสุกรแห้งหรือสดไปโปรยให้ทั่วบ่อ หรืออาจจะใส่ในน้ำหรือใส่ที่พื้นกันบ่อเมื่อน้ำแห้ง
2. นำมูลสุกรไปละลายน้ำแล้วสาคลให้ทั่วทั้งบ่อ
3. สร้างคอกสุกรให้น้ำชะล้างมูลลงไปในบ่อโดยตรงจุดเดียวก็ได้ การชะล้างมูลสุกรทุกวัน หรืออย่างน้อย 5 ครั้งต่อสัปดาห์จะให้ผลดี เพราะมูลสดมีสารประกอบคาร์บอนสูง ช่วยในการผลิตอาหารธรรมชาติ.

ชนิดของปลาที่เหมาะสมที่จะใช้มูลสุกรเลี้ยงคือ ปลานิลและปลาสวาย ซึ่งสามารถทนต่อสภาพน้ำที่มีออกซิเจนต่ำได้ดี สำหรับในกรณีเลี้ยงสุกรบนบ่อปลานั้นสามารถเลี้ยงสุกร 100 ตัว บนพื้นที่ผิวหน้าของบ่อปลาขนาด 1 ไร่ แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงจำนวนปลาไม่ควรหนาแน่นเกินไป การรักษาความสะอาดบ่อปลาเพื่อป้องกันค่า pH ที่เพิ่มขึ้น และปริมาณโภชนาที่ปลาได้รับ ซึ่งบางครั้งจำเป็นต้องให้อาหารเสริมบ้าง เหล่านี้เป็นต้น.

(4) การใช้มูลสุกรเป็นปุ๋ย ในการเกษตรมีการนำมูลสัตว์มาใช้เป็นปุ๋ยคอกสำหรับพืชนานแล้ว โดยเป็นการเพิ่มและปรับปรุงโครงสร้างของดิน ซึ่งจะมีส่วนในการเพิ่มผลผลิตให้แก่พืช ซึ่งอาจใช้ในรูปแบบต่างๆ กัน เช่น มูลเหลวหรือมูลแข็งขึ้นอยู่กับลักษณะของมูลในฟาร์ม การใช้มูลเหลวในแง่ธาตุที่พืชต้องการโดยเฉพาะไนโตรเจนที่พืชนำไปใช้ได้ทันที เพราะมียูเรียเป็นส่วนประกอบสำคัญ จึงมีการใช้มูลเหลวในการฉีดพ่นซึ่งจะให้ผลผลิตมากกว่ามูลแข็งที่ไม่มียูเรีย มีวัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 5-15 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น การให้มูลเหลวส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีให้ทีละน้อย แต่ให้บ่อยครั้ง.

(5) การนำมูลสุกรมาใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซที่เกิดจากการย่อยสลายขององค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์ต่างๆ อันประกอบไปด้วยคาร์โบไฮเดรต,

เซลลูโลส, (Cellulose) และโปรตีน หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นพวกที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นส่วนใหญ่ ก๊าซชีวภาพเป็นก๊าซผสมระหว่าง มีเทน (Methane) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon-dioxide), ไนโตรเจน (Nitrogen), คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide), และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulfide) ในอัตราส่วนต่างๆ กัน แต่มีก๊าซมีเทนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณก๊าซทั้งหมด ขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพเป็นขบวนการหมักในสภาพขาดออกซิเจน ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การย่อยสลายอินทรีย์ทำให้ขนาดเล็กลงด้วยขบวนการไฮโดรไลซิส (Hydrolysis) ในช่วงแรกจะได้กรดอะมิโนและกรดไขมัน ซึ่งถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกรดอินทรีย์พวกกรดอะซิติก (Acetic acid) มากที่สุด และในช่วงสุดท้ายกรดอะซิติกจะถูกย่อยสลายให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยต่างๆ ที่ก่อให้เกิดขบวนการหมัก มีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 35°C, pH ประมาณ 6.5-7.2 การเกิดก๊าซจะใช้เวลาประมาณ 15-60 วันหลังจากนำมูลสุกรไปใส่ (พารักษา, 2531; เลาส์วรีตันชัย, 2531) สำหรับรูปแบบของบ่อก๊าซชีวภาพ โดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วนคือ บ่อเติมมูลหรือบ่อกักเก็บมูล, บ่อหมัก, และบ่อส่ง โดยรูปแบบของบ่อหมักในปัจจุบันที่มีการสร้าง มี 2 แบบคือ :

1. แบบฟิกซ์ (Fixed dome) ซึ่งมีลักษณะทรงกลมฝังอยู่ใต้ดิน ส่วนที่กักเก็บก๊าซมีลักษณะเป็นโดม (วนาสีธีชัยวัฒน์ และชมชัย, 2534).

2. แบบ Plug-flow-type บ่อก๊าซชีวภาพนี้นับเป็นต้นแบบของการพัฒนารูปแบบของบ่อก๊าซชีวภาพขนาดใหญ่ ซึ่งสร้างขึ้นเพื่อสามารถผลิตก๊าซให้ได้มากพอสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้า ลักษณะของบ่อหมักจะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมซึ่งต่างจากแบบแรก ด้านบนของบ่อใช้ฝาพลาสติกที่เรียกว่า Red-Mud-Plastic ครอบคลุมลดความยาวของบ่อเพื่อใช้เป็นที่กักเก็บก๊าซ (Hohlfeld and Sasse, 1985; Sasse, Kellner and Kimaro, 1991).

อย่างไรก็ตามการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพเพื่อใช้ประโยชน์จากมูลสุกร จะต้องมีการลงทุนในระยะแรกค่อนข้างสูง และยังไม่มียารายงานถึงผลตอบแทนกลับอย่างแน่ชัดว่าคุ้มหรือไม่ นอกจากในฟาร์มเลี้ยงสุกรขนาดใหญ่ซึ่งมีมูลสุกรจำนวนมาก ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการที่ดีพอก็จะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสภาพแวดล้อมได้ แม้ว่าจะนำมูลสุกรมาหมักในบ่อก๊าซชีวภาพแต่มูลสุกรที่ผ่านการหมักแล้วยังคงอยู่ในสภาพของเหลวไหลออกมาทางบ่อส่ง ซึ่งก็ต้องมีวิธีการต่างๆ ในการจัดการต่อไป.

สำหรับประโยชน์ของก๊าซชีวภาพนั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นเชื้อเพลิงความร้อน ขับเครื่องยนต์เพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ตลอดจนใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ (ดังแสดงในรูปที่ 1.) ก๊าซชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตรมีค่าความร้อนเทียบเท่าเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ 0.64 กก. เทียบเท่ากับก๊าซหุงต้ม 0.50 กก. เทียบเท่าน้ำมันก๊าด 0.75 กก. และเทียบเท่าการใช้ไฟฟ้า 40 วัตต์ นาน 8 ชั่วโมง (บุญช่วยดี, 2532).

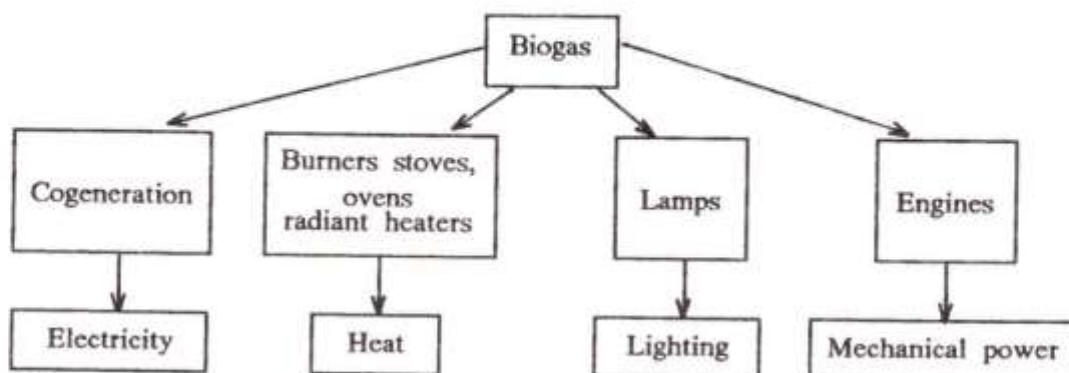


Figure 1. The utilization of biogas.

สรุป

วิธีการและแนวทางในการกำจัดของเสียและน้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร มี 3 แนวทางคือ :

1. ลดความเข้มข้นของปริมาณมูลสารหรือของเสีย โดยทำการเก็บกวาดมูลสุกร และเศษอาหารที่ตกหล่นภายในคอกออกให้มากที่สุดก่อนทำความสะอาดคอกด้วยน้ำ.
2. น้ำทิ้งที่ระบายออกจากฟาร์มควรมีแหล่งระบายที่แน่นอน และดำเนินการกำจัดน้ำทิ้งด้วยวิธีที่เหมาะสม.
3. ของเสียที่ทำการเก็บรวบรวมควรจะมีแหล่งเก็บและกำจัดด้วยวิธีที่เหมาะสม หรืออาจจะนำของเสียและน้ำเสียกลับมาใช้ประโยชน์ต่อกิจกรรมการเกษตรอื่นๆ เช่น นำมูลสุกรมาเป็นอาหารสัตว์, อาหารปลา, เป็นปุ๋ยสำหรับพืช นอกจากนี้ยังสามารถนำมาหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพแล้วนำก๊าซชีวภาพที่ได้มาใช้เป็นแหล่งพลังงานในฟาร์มหรือในครัวเรือนได้อีกทางหนึ่ง.

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. (2533). สรุปผลการฝึกอบรมเกษตรกรเรื่องการจัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกร. ประจำปีงบประมาณ 2532-2533. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ. 23 น.
- กรมปศุสัตว์. (2534). สรุปรายงานโครงการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงสุกรบริเวณอู่แม่ น้ำฟ้าจีน. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ. 63 น.
- คันโท, สุทัย. (2532). การใช้มูลสุกรเป็นอาหารสัตว์. สุกรสาธิต 61(16) : 21-25.
- จันทร์สว่าง, สมชัย. (2530). การเลือกที่ขังถ่ายและที่หลบฝนของสุกร. สุกรสาธิต 53(14) : 40-42.
- ไชยวงศ์เกียรติ, ศิริวิมล. (2535). การเลี้ยงหมูบนขี้เลื่อย. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 59 น.
- นิรนาม. (2533). ขั้นตอนการสร้างบ่อก๊าซชีวภาพ. สุกรสาธิต 66 (17) : 39-58.
- บุญช่วยดี, ปราการ. (2532). การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพ. สุกรสาธิต 59(15) : 43-45.
- ฝ่ายวิชาการ ธนาคารกสิกรไทย. (2534). การเลี้ยงปศุสัตว์บนปอปลา. สุกรสาธิต 70(18) : 55-59.

- พารักมา, นวลจันทร์. (2531). การใช้มูลสุกรผลิตกระแสไฟฟ้า. สุกรสาธิต 56(14) : 69-75.
- พารักมา, นวลจันทร์. (2531). การใช้มูลสุกรเลี้ยงปลา. สุกรสาธิต 57(15) : 47-52.
- เศศิริรัตนชัย, อโนชา. (2530). การจัดการมูลสุกร. สุกรสาธิต 55(14) : 53-61.
- วนาสิริชัยวัฒน์, วีโรจน์. (2534). แนวทางใหม่ในการออกคอกอินแอมมูลสุกร. วารสารสัตวบาล 1(1) : 79-80.
- วนาสิริชัยวัฒน์, วีโรจน์ แอนสสฤต, มาสิน. (2532). การเพาะหนอนแมลงวัน. สุกรสาธิต 60(15) : 25-29.
- วนาสิริชัยวัฒน์, วีโรจน์ แอนชวชัย, ศรีสุวรรณ. (2534). การผลิตกระแสไฟฟ้าจากมูลสุกร. วารสารสัตวบาล 1(1) : 27-36.
- Diggs, B.G., Baker, Jr., B. and James, F.G. (1965). Value of pig feces in swine finishing rations. J. Anim. Sci. 24:291 (Abstract).
- FAO. (1980). Animal waste management. Animal production and health paper.
- Gebhardt, P.L. and Anderson, D.A. (1965). Microbiology of Nature and Sewage. In : Microbiology. C.V. Mosby Company. p. 215-239.
- Hohlfeld, J. and Sasse, L. (1985). Production and Utilization of Biogas in Rural Areas of Industrialized and Developing Countries. Hoechl Druck, Germany.
- Marrs, D.C., Campbell, D.R., Featgeratone, H.E. and Noland, P.R. (1977). Cited by Pond, W.G. and Maner, J.H. (1984). Swine Production and Nutrition. The AVI Publishing Company. Inc., Westport, Connecticut, p.426.
- Polprasert, C. (1989). Organic Waste Recycling. John Wiley & Sons Ltd., New York.
- Sasse, L., Kellner, C. and Kimaro, A. (1991). Improved Biogas Unit for Developing Countries. Lengericher Handelsdruckerei, Germany.