

**เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากมูลหมักบ่อก๊าซชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
กรณีศึกษา ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม**
**Technology for producing organic fertilizer pellet from digested slurry from biogas and
agricultural waste Case study of Nong Krathum village, Amphoe Kamphaeng Saen,
Nakhon Pathom Province**

วาสนา มานิช¹, พงษ์นารถ นาลวรานันต์² และ ศักดิ์ชัย วงษ์เอี่ยม³

¹ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ 10140

โทร. 02-4709709 E-mail: khunwasana@yahoo.com

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม 73000

โทร. 034-261065 ต่อ 756 E-mail: pongnart@yahoo.com

³องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกระทุ่ม จังหวัดนครปฐม 73140 โทร. 034-998073-4 E-mail: sakc_6@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากมูลหมักบ่อก๊าซชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และการทดลองเปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ผลการวิจัยพบว่า การใช้สัดส่วนของปุ๋ยหมัก : กากมูลหมัก : ดินเหนียวเท่ากับ 80 : 20 : 5 (โดยน้ำหนัก) และน้ำหมักชีวภาพเป็นสารเชื่อมประสาน (สารช่วยจับเม็ด) ทำให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 1.84, 0.87 และ 0.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความเค็มในรูปของค่าการนำประจุไฟฟ้า 2.55 dS/m ความเป็นกรดต่าง 7.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน และความชื้น มีค่าเท่ากับ 28.33, 8.93 และ 15.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และปรอท มีค่าเท่ากับ 40.70, 3.20 และ 0.40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ เมื่อนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดไปทดลองใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอย่างเดียวไม่เพียงพอกับความต้องการของต้นข้าวโพด อัตราส่วนของการใช้ปุ๋ยที่ควรส่งเสริมในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนคือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 250-750 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 10-30 กิโลกรัม/ไร่ เพราะเป็นอัตราส่วนที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่

สรุปได้ว่า เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีส่วนช่วยในการกระตุ้นให้เกษตรกรหันมาสนใจใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนเกษตรกรสามารถผลิตได้ตลอดเวลาตามความต้องการที่สำคัญคือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีส่วนช่วยในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตทางการเกษตร อันจะนำไปสู่ระบบเกษตรยั่งยืนต่อไป

คำสำคัญ : ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด / กากมูลหมัก / บ่อก๊าซชีวภาพ / วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

Abstract

This research was aim to study production of organic fertilizer pellet (OF) by used of digested slurry from biogas, and agricultural waste, and the experiment of using OF and chemical fertilizer (CF) for baby corn cultivation. The results showed that mixing of 80% compost fertilizer, 20% of digested slurry from biogas, 5% clay (by weight), and liquid bio-fertilizer as binder, could produce OF's size 0.5 X 0.5-1.0 cm. The major nutrient for plantation: nitrogen, phosphorus and potassium were 1.84, 0.87, and 0.81 % respectively. The electric conductivity and pH were 2.55 dS/m and 7.1. The organic matter, carbon to nitrogen ratio and moisture content were 28.33, 8.93 and 15.24 % respectively. Its heavy metal level such as lead, cadmium and mercury were 40.70%, 3.20% and 0.40 mg/kg, respectively.

The experiment using only OF and CF (46-0-0 formula) for baby corn cultivation, revealed that OF were not sufficient for plant growth. The Fertilization ratio should be 250-750 kg/rai of OF with 10-30 kg/rai of CF (depend on soil fertility). All OF/CF ratios showed no significantly differently of corn production from only 40 kg/rai CF application.

It can be concluded that technology of OF production was an alternative of organic fertilizer for application compensate to chemical fertilizer. Because of its simple technology, and farmers can produce by themselves in all time. Especially, OF application increasing soil fertility, and bring about to sustainable agriculture.

Keywords: organic fertilizer pellet / digested slurry / biogas / agricultural waste

1. บทนำ

ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีเกษตรกรที่เป็นเจ้าของฟาร์มโคนมกว่า 50 ราย นิยมปลูกข้าวโพดฝักอ่อนซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น (55-65 วัน) โดยเฉลี่ย 2.5 ไร่/ราย เนื่องจากเกษตรกรจะมีรายได้จากการจำหน่ายฝักข้าวโพด (หัวโต) ราคา 5 บาท/กิโลกรัม และฝักปอกเปลือก (กริดไซต์) ราคา 17-20 บาท/กิโลกรัม หรือประมาณ 5,600-9,600 บาท/ไร่/ครั้ง ในส่วนของต้นหลังเก็บเกี่ยวยังใช้เป็นอาหารโคนมได้อีกด้วย การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเกษตรกรนิยมใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (ราคา 870 บาท/กระสอบ 50 กิโลกรัม) อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่ ใส่หลังปลูกประมาณ 20-25 วัน เพื่อช่วยในการยึดดิน และ 21-0-0 (ราคา 450 บาท/กระสอบ 50 กิโลกรัม) ในช่วงที่เริ่มแทงช่อดอกตัวผู้ หรือหลังปลูกประมาณ 40-45 วัน เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของฝักอ่อน เมื่อคำนวณปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ต่อพื้นที่ปลูกทั้งหมด คิดเป็นมูลค่าเกือบ 165,000 บาท/ครั้ง หรือกว่า 12 ตัน/ปี ทั้งนี้เกษตรกรไม่นิยมใช้ปุ๋ยคอกทั้งในขั้นตอนการเตรียมแปลงปลูกและการใส่บำรุงระหว่างการเจริญเติบโต เนื่องจากหลายสาเหตุ อาทิ ต้องใช้ในปริมาณมากถึง 1 ตัน/ไร่ และมีความยากลำบากเวลาใช้เพราะปุ๋ยคอกจะฟุ้งกระจายและตัว สำหรับการใส่ในร่องที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อนแล้วนั้น ปุ๋ยคอกจะไหลไปกับน้ำที่ไหลไปรวมกันที่ท้ายแปลง

อย่างไรก็ตาม ได้มีกลุ่มเกษตรกรกลุ่มหนึ่งร่วมกันจัดตั้งเป็น “กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลหนองกระทุ่ม” มีวัตถุประสงค์เพื่อเรียนรู้กระบวนการผลิตปุ๋ยหมักและปุ๋ยชีวภาพ ในเบื้องต้นสมาชิกในกลุ่มประมาณ 8-10 ราย ได้ผลิตเพื่อใช้เองในครัวเรือน กอปรกับเมื่อต้นปีงบประมาณ 2552 กลุ่มเกษตรกรได้สนับสนุนเครื่องมือจากพัฒนาจังหวัดนครปฐม ได้แก่ เครื่องอัดเม็ด เครื่องย่อยเศษพืช เครื่องผสมปุ๋ย ดังนั้น คณะวิจัยจึงมีแนวคิดในการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากมูลหมักบ่อก๊าซชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยศึกษาทั้งในด้านการนำเอาวัสดุท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อาทิ กากมูลหมักจากกระบวนการบำบัดบ่อก๊าซชีวภาพ มูลโค เศษพืชไร่พืชนา มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีปริมาณธาตุอาหาร และความสะดวกต่อการนำไปใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจท้องถิ่น

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เหมาะสมของท้องถิ่น
2. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และการนำไปใช้ร่วมกับปุ๋ยชนิดต่างๆ ในการปลูกพืชเศรษฐกิจท้องถิ่น
3. เพื่อส่งเสริมการรวมกลุ่มเกษตรกรในการดำเนินกิจกรรมชุมชน

3. ทฤษฎี กรอบแนวคิดการวิจัย และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎี

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด [1]

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์แบบเม็ดในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย มีทั้งกลุ่มเกษตรกรและเอกชน มีการตั้งโรงงานผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปั้นเม็ดกระจายอยู่ทั่วประเทศ มีตั้งแต่โรงงานขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ทั้งที่ผลิตใช้เองหรือจำหน่าย เป็นด้วยเหตุที่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ดนั้นสามารถใช้งานได้สะดวก เก็บรักษาได้นาน และขนย้ายได้ง่าย จึงเป็นข้อดีที่ต่างจากปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง แม้จะต้องเพิ่มกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนขึ้นกว่าเดิม แต่ในทางเศรษฐกิจแล้วการนำปุ๋ยผงมาแปรรูปเป็นปุ๋ยเม็ดนั้นนับเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ปุ๋ยอินทรีย์ได้ทางหนึ่ง อีกทั้งยังเป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น อาทิ มูลสัตว์ เศษซากพืช มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดินอีกด้วย

จากการวิเคราะห์สภาพดินในประเทศไทยพบว่า มีอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเร่งปรับปรุงดินให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มมากขึ้น แม้ว่าตามปกติปุ๋ยอินทรีย์จะมีประสิทธิภาพต่อย่อยกว่าปุ๋ยเคมีในเรื่องธาตุอาหาร ปริมาณการใช้ที่มากกว่า และให้ผลผลิตต่ำในระยะแรกก็ตาม หากมีการเลือกใช้วัตถุดิบที่มีคุณภาพมาผลิต และผนวกกับกระบวนการผลิตปุ๋ยเม็ดแล้ว ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้ก็จะมีคุณภาพสูงเทียบเคียงปุ๋ยเคมีที่มาจากอินทรีย์สารหรืออินทรีย์สังเคราะห์ การเลือกวัตถุดิบมาทำการผลิตสามารถกำหนดเป็นสูตรปุ๋ยที่เหมาะสมกับสภาพดิน และให้มีธาตุอาหารที่พืชอื่นๆ ต้องการได้อีกด้วย

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดจะสามารถผสมผสานวัตถุดิบได้หลากหลาย อาทิ มูลสัตว์ เศษซากพืช น้ำหมักชีวภาพ หินแร่ธรรมชาติ หรือแม้กระทั่งกากเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งนี้เพื่อให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีทั้งอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหาร จุลินทรีย์มีชีวิต ฮอร์โมน และสารปรับสภาพดิน เป็นส่วนช่วยให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีธาตุอาหารพืชสูงขึ้น จากที่เกษตรกรนำไปใช้พบว่าจะได้ผลผลิตที่สูงขึ้นกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป และจะใช้ในปริมาณที่น้อยลงในปีต่อไป การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดคุณภาพสูงจึงถือว่าการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งตลาดสุขภาพทั้งภายในและภายนอกประเทศกำลังมีอัตราการเติบโตสูงขึ้น ยังผลให้มีปริมาณความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้นอยู่ตลอด

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

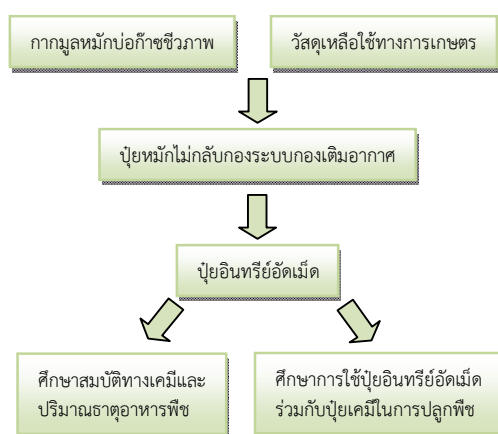
การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสามารถผลิตได้ 2 ลักษณะ คือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ลักษณะเม็ดปุ๋ยที่ได้จะมีความแตกต่างกันไปตามเครื่องจักรที่ใช้ผลิต การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจะใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยที่เป็นลักษณะเกลียวอัดปุ๋ยที่ออกมาเป็นลักษณะเป็นเม็ดกลมจือ การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดจะใช้เครื่องจักรที่เรียกว่าจานปั้นเม็ด เม็ดปุ๋ยที่ออกมาจะมีลักษณะกลมมน ก่อนจะนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ดหรือปั้นเม็ดปุ๋ย ไม่ว่าปุ๋ยอัดเม็ดหรือปุ๋ยปั้นเม็ดจะมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบเหมือนกัน ประกอบด้วย การหมักวัตถุดิบ และการบดวัตถุดิบ รายละเอียดเป็นดังนี้

1. การหมักวัตถุดิบ วัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นเม็ดต้องมีการย่อยสลายโดยสมบูรณ์ก่อน ซึ่งต้องมีค่า C/N ratio (อัตราส่วนคาร์บอน/ไนโตรเจน) อยู่ในช่วงไม่เกิน 20:1 ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับดิน ค่านี้หมายถึง กระบวนการในการย่อยสลายของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นแล้ว เมื่อนำไปใส่ลงดินจะไม่มีจุลินทรีย์ทำงาน และไม่ไปแย่งไนโตรเจนจากพืช ซึ่งจะทำให้พืชไม่โต โดยปกติวัตถุดิบต่างๆ ก่อนการหมักจะมีค่า C/N ลดลงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2. การบดวัตถุดิบ ปุ๋ยที่จะทำการผลิตเป็นเม็ดต้องมีอนุภาคที่เล็ก หากมีอนุภาคใหญ่เมื่อใช้การย่อยสลายก็เข้าไปด้วย และจะมีปัญหาในขั้นตอนการผลิตเป็นเม็ด ซึ่งการบดยิ่งบดให้เป็นลักษณะเหมือนผงแป้งได้ก็จะให้ผลดี

3. การอัดเม็ด วัตถุดิบที่ผ่านการหมักและบดละเอียดแล้วนั้น ก่อนการอัดเม็ดจะมีการเพิ่มความชื้นด้วยน้ำและเพิ่มสารเชื่อม เพื่อช่วยต่อการอัดและการเกาะตัวเป็นเม็ด โดยนำไปผ่านกระบวนการของเครื่องอัดเม็ด อาทิ เครื่องบดเนื้อสัตว์แบบแรงหมุน ซึ่งจะบดและอัดไปพร้อมกันสู่แป้นอัดปุ๋ยจะออกมาเป็นเส้นที่รูปทรงของแป้น จากนั้นนำมาปาด หรือตัดด้วยใบมีดจากเครื่อง จากนั้นต้องนำไปตาก อบ หรือตากลม เพื่อให้ปุ๋ยแห้งเหลือความชื้นเพียง 10-15 เปอร์เซ็นต์ เชื่อว่าจะไม่เกิดเก็บได้นาน เม็ดปุ๋ยจากการอัดจะมีลักษณะเหมือนเม็ดกิมจิ ที่ผลิตกันจะมีขนาด 2-3 มิลลิเมตร หรือ 5-6 มิลลิเมตร ขนาดจะขึ้นกับขนาดรู สำหรับเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์ เครื่องจะมีรอบการหมุนแน่นอน แรงอัดคงที่ วัตถุดิบจะถูกไล่เลียงไปตามเกลียวอัดภายในสู่ท่อนแป้นที่มีรูปทรงให้ วัตถุดิบถูกอัดผ่านออกมา เม็ดปุ๋ยจะมีขนาดเท่าใดจะขึ้นอยู่กับขนาดรูท่อนที่หน้าแป้น ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ เครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์จะทำงานทั้งบดและอัด แต่เนื่องด้วยในกระบวนการอัดจะมีความร้อนเกิดขึ้นจากแรงเสียดทาน ดังนั้นความชื้นของวัตถุดิบก่อนอัดควรจะมีประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นน้ำหรือวัสดุอื่นๆ ช่วยเพิ่มความชื้น

3.2 กรอบแนวคิดงานวิจัย



3.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ดพบว่า ปุ๋ยหมักที่มีส่วนผสมของวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด มูลวัว และปุ๋ยยูเรีย อัตราส่วน 100 : 20 : 1 มีสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารพืชที่เหมาะสม ทั้งนี้เมื่อนำไปผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดโดยใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากเศษ

ผลไม้หมักร่วมกับกากน้ำตาลเป็นสารเชื่อมในการอัดเม็ดมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงสุด นอกจากนี้ ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักคะน้า [2] นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรผสมมูลสุกร มูลค่างดาว และมูลโค อัตรา 400 กิโลกรัม/ไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านลำต้น กิ่ง และใบ รวมทั้งผลผลิตของสับปะรด ทั้งนี้ปุ๋ยอินทรีย์สูตรผสมมูลสุกรเป็นชนิดที่ควรส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ เพราะหาซื้อได้ง่ายและราคาถูก [3]

4. วิธีดำเนินงาน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

4.1 การวิจัยกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากกากมูลหมักบ่อก๊าซชีวภาพและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

1.1 เตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก (ที่ได้จากการหมักแบบไม่กลับกองระบบกองเดิมอากาศ โดยมีส่วนผสมของเศษพืชและมูลโคแห้ง อัตราส่วน 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร)

1.2 นำปุ๋ยหมัก (เสร็จสิ้นกระบวนการหมัก) ผสมกับกากมูลหมักจากบ่อก๊าซชีวภาพ อัตราส่วน 80 ต่อ 20 โดยน้ำหนัก นำเข้าเครื่องตีป่นเป็นผงละเอียด

1.3 นำส่วนผสมดังกล่าว เข้าเครื่องอัดเม็ดแบบมินเซอร์ ส่วนผสมจะถูกเครื่องรีดออกมาเป็นเส้น และถูกตัดเป็นเม็ดเล็กๆ ด้วยเส้นลวดที่หน้าแป้นรูอัด โดยความยาวของเม็ดปุ๋ยขึ้นอยู่กับ การตั้งระยะ เส้นลวดกับแป้นรูตัด เส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดปุ๋ยมีขนาด 5 มิลลิเมตร แล้วนำไปตากแดดให้ความชื้นเหลือประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ปริมาณธาตุอาหารของตัวอย่างปุ๋ยหมัก (เมื่อสิ้นสุดการหมัก) กากมูลหมัก และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างจากกอง ประมาณ 500 กรัม แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันเพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่าง จากนั้นจึงนำตัวอย่างวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารพืชและต้นทุนการผลิต

4.2 การทดลองเปรียบเทียบปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

4.2.1 อุปกรณ์ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน พันธุ์แปซิฟิก 271, ปุ๋ยเคมี 46-0-0, ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และปุ๋ยหมัก

4.2.2 วิธีการทดลอง

วางแผนการวิจัยแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธีฯ ละ 14 แปลงย่อย (ซ้ำ) ขนาดแปลงย่อยกว้าง 0.6 ยาว 30 เมตร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยเคมี 100%N (ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่)

กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมี 75%N + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 25%N (ปุ๋ยเคมี อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 250 กิโลกรัม/ไร่)

กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยเคมี 50%N + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 50%N (ปุ๋ยเคมี อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่)

กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมี 25%N + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 75%N (ปุ๋ยเคมี 10 กิโลกรัม/ไร่ + ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 750 กิโลกรัม/ไร่)

กรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 100%N (ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อย่างเดียว อัตรา 1,000 กิโลกรัม/ไร่)

การใส่ปุ๋ย

ปล่อยน้ำเข้าร่องปลูกจนดินอิ่มน้ำ นำปุ๋ยเคมีผสมกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ตามแต่ละกรรมวิธี ใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งแรกใส่หลังปลูก 20-25 วัน (ต้นพืชสูงประมาณ 10-15 เซนติเมตร มีประมาณ 3-5 ใบ) และครั้งที่สองใส่เมื่อต้นพืชอายุประมาณ 45-50 วัน (ระยะยอดกลมหรือเริ่มแทงช่อดอกแล้ว)

ระยะเวลา

วันที่ 9 เดือนพฤษภาคม ถึง วันที่ 11 เดือนกรกฎาคม 2554 (63 วัน)

4.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ตามมาตรฐานคุณภาพของกรมพัฒนาที่ดิน และปริมาณธาตุโลหะหนักตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (Organic matter: O.M.) ความชื้น (Moisture content: M.C.) สิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ อัตราส่วนธาตุคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity: EC) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P₂O₅) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available K₂O) และปริมาณธาตุโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว (Pb) แคดเมียม (Cd) และปรอท (Hg)

2. ข้อมูลผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน โดยชั่งน้ำหนัก (กิโลกรัม/ไร่) ของผลผลิตฝักข้าวโพดรวมเปลือกปอกเปลือก น้ำหนักต้นข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยว

3. ข้อมูลต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

4.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยแบบ Analysis of Variance (ANOVA) และ วิธี Duncan's New multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for Social Science (SPSS) รุ่น 17.5

5. ผลการศึกษา

5.1 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก (เศษพืชผสมมูลวัวแห้ง อัตราส่วน 1 ต่อ 1) กากมูลหมัก (แห้ง) จากบ่อก๊าซชีวภาพ (กากมูลหมัก) กากน้ำตาล น้ำหมักชีวภาพ และน้ำสะอาด นำมาผสมตามอัตราส่วนและวิธีการที่กำหนดไว้ จากนั้นเก็บตัวอย่างวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ซึ่งพบว่าปุ๋ยหมักและกากมูลหมักเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานของ หน่วยงานต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ ยกเว้นกากมูลหมักพบว่ามีปริมาณความเค็ม

เกินมาตรฐาน และมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่ามาตรฐาน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีปุ๋ยหมักและกากมูลหมัก

คุณสมบัติ	ปุ๋ยหมัก มิถุนายน 2554	กากมูลหมัก มีนาคม 2554	มาตรฐาน กรมพัฒนาที่ดิน
pH	6.8	5.8	5.5-8.5
E.C. (dS/m)	1.82	3.86	ไม่เกิน 3.5
Total N (%)	2.36	1.97	มากกว่า 1
P ₂ O ₅ (%)	1.47	0.76	มากกว่า 1
K ₂ O (%)	1.71	0.74	มากกว่า 0.5

เมื่อพิจารณาตารางที่ 2 พบว่า คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดิน ยกเว้นปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

คุณสมบัติ	ผลวิเคราะห์ สิงหาคม 2554	มาตรฐาน
pH	7.1	5.5-8.5
E.C. (dS/m)	2.55	น้อยกว่า 6
O.M. (%)	28.33	มากกว่า 30
Total N (%)	1.84	มากกว่า 1
P ₂ O ₅ (%)	0.87	มากกว่า 0.5
K ₂ O (%)	0.81	มากกว่า 0.5
C/N ratio	8.93	น้อยกว่า 20
M.C. (%)	15.24	น้อยกว่า 20
Pb (mg/kg)	40.70	น้อยกว่า 500
Cd (mg/kg)	3.20	น้อยกว่า 5
Hg (mg/kg)	0.40	น้อยกว่า 2

5.2 ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อน

น้ำหนักฝักรวมเปลือกและฝักปอกเปลือก (ภาพที่ 1) ทุกกรรมวิธี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 5 โดยกรรมวิธีที่ 4 มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 1,598.49 และ 471.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาด้านข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวพบว่า กรรมวิธีที่ 5 มีน้ำหนักมากที่สุดคือ 4,102.85 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 4 นอกจากนี้ กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักน้อยที่สุดคือ 3,211.42 กิโลกรัม/ไร่ และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตและน้ำหนักต้นข้าวโพดฝักอ่อน (กิโลกรัม/ไร่)

กรรมวิธี	ฝัก รวมเปลือก	ฝัก ปอกเปลือก	น้ำหนักต้น
วิธีที่ 1	1,585.92 ± 183.62 ^a	454.83 ± 61.57 ^a	3,714.28 ± 288.80 ^b
วิธีที่ 2	1,555.46 ± 233.64 ^a	430.82 ± 51.87 ^a	4,000.00 ± 416.28 ^{ab}
วิธีที่ 3	1,546.63 ± 135.09 ^a	427.54 ± 29.24 ^a	3,211.42 ± 193.06 ^c

วิธีที่ 4	1,598.49 ± 92.30 ^a	471.52 ± 101.30 ^a	3,862.85 ± 546.58 ^{ab}
วิธีที่ 5	1,339.69 ± 154.41 ^b	333.53 ± 24.37 ^b	4,102.85 ± 600.65 ^a
เฉลี่ย	1,525.24 ± 187.81	423.65 ± 75.84	3,778.28 ± 527.71

DMRT = ระหว่าง 2 ค่าเฉลี่ยใดๆ ในแถวตั้ง ถ้ามีตัวอักษรเหมือนกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 1 ฝักรวมเปลือก (ซ้าย) และฝักปอกเปลือก (ขวา)

5.3 ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

จากตารางที่ 4 พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 10,000 บาท/ตัน โดยต้นทุนในส่วนของการค่าไฟฟ้าและค่าแรง มีมูลค่ามากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 50 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด รองลงมาคือ วัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ปุ๋ยหมัก กากมูลหมัก ดินเหนียว กากน้ำตาล และน้ำหมักชีวภาพ คิดเป็นร้อยละ 26 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด

ตารางที่ 4 ต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (1,000 กิโลกรัม)

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)	เปอร์เซ็นต์	หมายเหตุ
ปุ๋ยหมัก 800 กก.	1,600	26 เปอร์เซ็นต์	ราคา 2 บ./กก.
กากมูลหมัก 200 กก.	400		ราคา 2 บ./กก.
ดินเหนียว 50 กก.	100		ราคา 2 บ./กก.
น้ำหมักชีวภาพ 10 ลิตร	500		ราคา 50 บ./ล.
ค่าไฟฟ้า	200	50 เปอร์เซ็นต์	เหมาจ่าย
ค่าแรงงาน	4,800		200 บาท/วัน *8 วัน*3 คน
ค่าเสื่อมเครื่อง	2,400	24 เปอร์เซ็นต์	ครึ่งละ 300 บ./วัน *8 วัน
รวม	10,000		10 บาท/กิโลกรัม

6. สรุปและอภิปรายผล

การเปรียบเทียบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดของกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ฯ กับมาตรฐานกรมพัฒนาที่ดินพบว่า เป็นปุ๋ยคุณภาพดี ยกเว้นปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีค่าเท่ากับ 28.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานเล็กน้อย (ควรมากกว่า 30) ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะปุ๋ยหมักที่นำมาเป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดใช้เวลาหมักนานถึง 80 วัน จึงอาจส่งผลให้อินทรีย์วัตถุสลายตัวมากเกินไป ในส่วนของโลหะหนักปริมาณที่วิเคราะห์ได้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร

งานวิจัยครั้งนี้ เป็นการนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ทำปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของรัชณี สุทธิภาศิลป์ [4] ที่รายงานถึงการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อาทิ มูลสุกร มูลไก่ มูลค่างควา เปลือกถั่วลิสง รำละเอียด แกลบดำ (อัตราส่วน 20 : 20 : 4 : 18 : 32 : 6) มาผสมรวมกันและใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสาน ผลวิเคราะห์

ปริมาณธาตุอาหารพบว่าได้มาตรฐานของกรมพัฒนาที่ดินเช่นเดียวกัน

ในส่วนของการต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด มีค่าเท่ากับ 10 บาท/กก. ซึ่งใกล้เคียงกับกลุ่มผลิตปุ๋ยหมักบ้านหนองรี คือประมาณ 7 บาท/กก. โดยปุ๋ยอัดเม็ดดังกล่าวมีส่วนผสมของปุ๋ยหมัก 75 กก. กากมูลหมัก 10 กก. ปุ๋ย 46-0-0 และ 15-15-15 เท่ากับ 10 และ 5 กก. ตามลำดับ (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประธานกลุ่มผลิตปุ๋ยหมักบ้านหนองรี อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี เมื่อวันที่ 2 กันยายน 2553)

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชผักที่ใช้ฝักอ่อนสำหรับการบริโภค และต้นสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ ดังนั้นน้ำหนักรากและน้ำหนักราก จึงเป็นองค์ประกอบผลผลิตที่สำคัญต่อการวิจัยครั้งนี้ กล่าวคือ น้ำหนักรากรวมเปลือกและฝักปอกเปลือกพบว่าผลผลิตของกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทุกอัตราส่วน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 4 ให้น้ำหนักมากที่สุด เท่ากับ 1,598.49 และ 471.52 กก./ไร่ ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lu, H.J. et al [5] ที่ศึกษาผลของปุ๋ยคอกเชิงการค้า (Commercial Organic Manure: COM) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 2 ปุ๋ยเคมี ร่วมกับ ปุ๋ยคอกอัตราต่ำ กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยเคมี ร่วมกับ ปุ๋ยคอกอัตราปานกลาง และกรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยเคมี ร่วมกับ ปุ๋ยคอกอัตราสูง พบว่าผลผลิตพืชผัก (มะเขือเทศ และหัวไชเท้า) แต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ Pares, H. R. และคณะ [6] รายงานเพิ่มเติมว่าการใช้มูลสัตว์ (Farm Yard Manure: FYM) และกากของเสีย อัตรา 5-10 ตันต่อเฮกตาร์ (0.78 -1.54 ตัน/ไร่) ทำให้ผลผลิตของหัวหอมที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าการของเสียมีคุณภาพใกล้เคียงกับมูลสัตว์

สำหรับน้ำหนักรากข้าวโพดหลังเก็บเกี่ยวพบว่าแปรผันตามปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด กล่าวคือ การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอัตราสูงมาก (กรรมวิธีที่ 5) ทำให้น้ำหนักรากข้าวโพดสูงถึง 4,102.85 กก./ไร่ และสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Rehana Rasool et al [7] ที่รายงานว่าการใช้มูลสัตว์ (FYM) อัตรา 20 ตัน/เฮกตาร์ (หรืออัตรา 3.08 ตัน/ไร่) ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นข้าวและต้นข้าวสาลีสูงที่สุด และมีค่าใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยเคมี (N₁₂₀P₃₀K₃₀)

จากการวิจัยสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อการความต้องการของต้นข้าวโพด เนื่องจากมีปริมาณธาตุอาหารพืชน้อยทำให้ได้ผลผลิตไม่เต็มที่ ทั้งนี้ อัตราส่วนของการใช้ปุ๋ยที่ควรส่งเสริมในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนคือ ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 250-750 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 10-30 กิโลกรัม/ไร่ (ขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ดิน) เพราะเป็นอัตราส่วนที่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวที่เกษตรกรเคยใช้ประจำในการปลูกพืช ทั้งนี้เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เป็นอีกแนวทางหนึ่งของการประยุกต์ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ให้มีคุณภาพเท่า

เทียบกับปุ๋ยเคมี โดยใช้ทรัพยากรที่หาได้ในท้องถิ่นหรือวัสดุเหลือทิ้งที่ได้จากการเกษตร รวมทั้งการมีส่วนร่วมช่วยรักษาสสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการลดปัญหามลพิษทางดิน อันจะนำไปสู่ความยั่งยืนด้านเกษตรต่อไป

7. ข้อเสนอแนะ

การที่เกษตรกรได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมทำให้เกษตรกรได้มีโอกาสใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพดีและต้นทุนต่ำ และลดปริมาณเศษพืชหรือของเสียจากฟาร์มปศุสัตว์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ควรมีคุณภาพและได้มาตรฐาน เพราะจะทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์เต็มที่จากปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตขึ้น และหากมีปุ๋ยที่ผลิตเหลือใช้ก็สามารถจำหน่ายได้ อันเป็นการสร้างรายได้เสริมให้แก่เกษตรกรอีกทางหนึ่งด้วย สิ่งเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดความยั่งยืนในการประกอบอาชีพทางการเกษตร

สำหรับแนวทางการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอนาคตนั้น ควรส่งเสริมให้เกษตรกรผสมผสานระหว่างการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกเพิ่มขึ้น อันจะมีส่วนช่วยในการลดปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีได้อีกทางหนึ่ง

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2553 โดยการประสานงานของเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคกลางตอนล่าง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณชาวบ้าน และกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์ตำบลหนองกระทุ่ม อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นผู้ประสานงานจัดกลุ่มผู้เข้ารับการอบรมและอำนวยความสะดวกในเรื่องของสถานที่ รวมทั้งให้ใช้พื้นที่ในการดำเนินงานแปลงสาธิต พร้อมนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาจารย์ นักวิจัย ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม รวมไปถึงเจ้าหน้าที่ อบต. ตำบลหนองกระทุ่ม ที่ให้ความร่วมมือและประสานงานในการดำเนินงานต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] มงคล ต๊ะอูน, สมบูรณ์ ประภาพรรณพงษ์, เขาวัววิช หนูทอง และณัฐภูมิ สุดแก้ว. (2552). คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด-ปั้นเม็ด. ใน คมสัน หุตะแพทย์ (บรรณาธิการ). เกษตรกรรมธรรมชาติ. (หน้า 10-16). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.
- [2] วิภา ประพินอักษร. (2552). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือทิ้งจากการเพาะเห็ด. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ปีที่ 4 ฉบับที่ 8 (ม.ค.-มิ.ย.) หน้า 40-50.
- [3] รักพงศ์ รักชน. 2551. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรผสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสับปะรด . บทคัดย่อ วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร.

- [4] สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร งานวิจัยของรชนี้ สุทธิภาศิลป์ และ ธีรวัฒน์ ศรีเดชกุล. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก www.research.cmru.ac.th/ris/resin/arc/I-AGR-3-51.pdf (วันที่ค้นข้อมูล 11 พย. 54)
- [5] Lu, H.J., ye, Z.Q., Zhang, X.L., Lin, X.Y., and Ni, W.Z. (2011) Growth and yield responses of crop and macronutrient balance influenced by commercial organic manure used as a partial substitute for chemical fertilizers in an intensive vegetable cropping system (Abs.). Physicals and Chemistry of the Earth, 36, 387-394. Retrieved from ScienceDirect
- [6] Paresh, H. R., Jyotindra, C.P., Shah, M.R., and Amit, J.J. (2009). Recycling gamma irradiated sewage sludge as fertilizer: A case study using onion (*Alium cepa*) (Abs.). Applied Soil Ecology, 41, 223-233. Retrieved from ScienceDirect
- [7] Rehana, R., Kukal, S. S., and Hira, G. S. (2007). Soil physical fertility and crop performance as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in rice-wheat system (Abs.). Soil & Tillage Research, 96, 64-72. Retrieved from ScienceDirect