



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมัก

มูลสุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองทูล

อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

Study the Processing and Quality of Liquid
Fertilizer of Swine Manure Fermentation for

Organic Agriculture, Tambon Kongtool,
Amphor Nongphai, Phetchabun Province

โดย

เสาวภา ชุมณี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ชื่อโครงการวิจัย	การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองมูล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
ชื่อผู้ทำวิจัย	เสาวภา ชุมณี
คณะ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปี	2554

บทคัดย่อ

ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรจากเกรียงไกรฟาร์ม ได้มาจากการเลี้ยงสุกรแบบระบบปิด เลี้ยงปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 เดือน ต่อจำนวนสุกร 1,250 ตัว น้ำเสียมูลสุกร น้ำปัสสาวะและเศษอาหาร ถูกนำมาเติมกากน้ำตาลและจุลินทรีย์อีเอ็ม แล้วผ่านระบบไบโอก๊าซหมักแบบโดมคงที่ ใช้เวลาในการหมักเป็นเวลาประมาณ 30-45 วัน จะได้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ในงานวิจัยนี้มีการเก็บตัวอย่างปุ๋ย 2 บริเวณ คือ บริเวณบ่อแยกตะกอน และบริเวณบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร และนำมาวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด อินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรดต่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์พบว่า มี 2 พารามิเตอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (7-8) และค่านำไฟฟ้า (ไม่เกิน 10 เดซิเมนต์ต่อเมตร) จากการศึกษาเกษตรกรได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปใช้แทนปุ๋ยเคมี ในไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อย และแปลงเกษตรผสมผสาน พบว่าให้ผลผลิตทางการเกษตรดี และช่วยลดต้นทุนการผลิต ซึ่งก็เป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ : ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร, คุณภาพปุ๋ยน้ำอินทรีย์

Research title	Study the Processing and Quality of Liquid Fertilizer of Swine Manure Fermentation for Organic Agriculture, Tambon Kongtool, Amphor Nongphai, Phetchabun Province
Name	Saowapa Chumanee
Faculty	Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University
Year	2011

Abstract

Liquid fertilizer of swine manure fermentation from Kreangkrai farm was obtained from feeding the pigs by closed system. The feeding made 2 times per year, 5 months per time and per 1,250 pigs. The waste water from swine manure, urine and food scraps were mixed with molasses and EM microorganism by fixed dome digester biogas system for 30-45 days and was gotten liquid fertilizer of swine manure fermentation. This research kept the fertilizer samples at 2 stations; the sediment pond and swine manure fermentation pond. The liquid fertilizers were quality analysis included 8 parameters which were total nitrogen percentage, total phosphorus percentage, total potassium percentage, organic carbon, organic matter, carbon per nitrogen ratio, pH and conductivity. There were two parameters which passing benchmark of Department of Agriculture. There were pH (7-8) and conductivity (>10 decement per meter). Moreover, the agriculturist used the liquid fertilizer of swine manure fermentation replace the chemical fertilizer for planting cassava, sugar cane and integrated farming. The agricultural products were gotten as well and reduced cost of production that according to the philosophy of sufficiency economy.

Keywords: Liquid Fertilizer of Swine Manure Fermentation, Quality of Liquid Organic Fertilizer

ประกาศคุณประการ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จได้เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณยลิสร์ อินทรสถิต นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ และเจ้าหน้าที่ สำนักงานวิจัย และพัฒนาการเกษตร เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ สารเคมีและอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการทดลองทำวิจัย และช่วยเหลือเกื้อกูล ในการดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณนายเกรียงไกร เกษาอาด เจ้าของกิจการเกรียงไกรฟาร์ม นางสาวบุรณา เกษาอาด นักศึกษาผู้ร่วมวิจัยหลักสูตรสาขาวิชา เคมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชะหน่าย มังคลารัตนศรี อาจารย์สนธยา พึ่งศิริ และอาจารย์ศศิกันต์ ปรานปรานี บุคคลากรสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้ความร่วมมือ แนะนำ สืบค้นและเขียนงานวิจัย และขอขอบคุณผู้เขียนที่ปรากฏชื่อในบรรณานุกรมทุกท่าน

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้สนับสนุนทุนงานวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้วิจัยและนักศึกษา ได้รับประสบการณ์ในเชิงปฏิบัติการที่ ยากจะหาได้จากการเรียนการสอนปกติ

เสาวภา ชุมณี

มีนาคม 2554

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
ประกาศศุณูปการ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ประโยชน์และความสำคัญของการเลี้ยงสุกร	3
การจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร	4
ประเภทของปุ๋ย	6
ธาตุอาหาร	8
การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ย	9
เกษตรอินทรีย์	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	17
ตอนที่ 1 ศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์	17
ตอนที่ 2 วิธีการทดลองเพื่อการประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร	17
ตอนที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำการเกษตรอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยน้ำหมัก มูลสุกรในการปลูกพืชให้มีผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนแทนปุ๋ยเคมี	24
บทที่ 4 ผลการวิจัย และการอภิปรายผล	25
ตอนที่ 1 ผลศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์	25
ตอนที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร	27
ตอนที่ 3 ผลศึกษาความเป็นไปได้ในการทำการเกษตรอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยน้ำหมัก มูลสุกรในการปลูกพืชให้มีผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนแทนปุ๋ยเคมี	28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	29
สรุปผลการวิจัย	29
ข้อเสนอแนะ	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก ก ภาพอุปกรณ์ เครื่องมือ และอื่นๆ	33
ภาคผนวก ข การนำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปใช้ประโยชน์	39
ภาคผนวก ค การบูรณาการวิจัยกับการเรียนการสอน	42
ภาคผนวก ง การบูรณาการวิจัยกับงานวิชาการ	56
ประวัติผู้ทำการวิจัย	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงส่วนประกอบของมูลสุกรสด	4
2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากเกรียงไกรฟาร์ม	27

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ	4
2 แผนผังแสดงระบบก๊าซชีวภาพสำหรับบำบัดน้ำเสีย	5
3 แสดงลักษณะของบ่อก๊าซชีวภาพบ่อหมักแบบโดมคงที่	6
4 แสดงลักษณะของบ่อก๊าซชีวภาพบ่อหมักแบบบราว	6
5 แสดงกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ณ เกรียงไกรฟาร์ม	26
6 ไร่มันสำปะหลัง ณ เกรียงไกรฟาร์ม	28
ผก 1 ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาเกษตรเขตที่ 2 อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก	34
ผก 2 เครื่องอัลตราไวโอเล็ตสเปกโตรสโกปี (ultraviolet spectrophotometer) ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส	34
ผก 3 เครื่องย่อยเจลดาร์ล ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจน	35
ผก 4 เครื่องกลั่นเจลดาร์ลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจน	35
ผก 5 เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์ปชันสเปกโตรสโกปี (atomic absorption spectroscopy) ที่ใช้ในการวิเคราะห์โพแทสเซียม	36
ผก 6 เครื่อง pH/EC Mettler Toledo	36
ผก 7 ผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และเกษตรกร ณ เกรียงไกรฟาร์ม	37
ผก 8 ไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคงที่ ณ เกรียงไกรฟาร์ม	37
ผก 9 บ่อตกตะกอนปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ตำแหน่งเก็บตัวอย่างปุ๋ย 1 ณ เกรียงไกรฟาร์ม	38
ผก 10 บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ตำแหน่งเก็บตัวอย่างปุ๋ย 2 ณ เกรียงไกรฟาร์ม	38
ผข 1 ไร่มันสำปะหลัง ณ เกรียงไกรฟาร์ม	40
ผข 2 การใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยการฉีดพ่นทางใบ แปลงเกษตรผสมผสาน ณ เกรียงไกรฟาร์ม	41
ผข 3 การใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยสูบลด ไร่อ้อย ณ เกรียงไกรฟาร์ม	41

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้ปุ๋ยโดยมีวัตถุประสงค์จะเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช หรือ บำรุงดิน เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น การนำเข้าเคมีปุ๋ยจากต่างประเทศพบว่ามีมูลค่าเพิ่มขึ้นทุกปี เช่นเมื่อปีพ.ศ. 2551 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศถึง 3,991,840 ตัน คิดเป็นมูลค่า 78,944.40 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) เหตุดังกล่าวนี้ รัฐบาลจึงมีแนวคิดสนับสนุนให้เกษตรกรทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งก็คือระบบการเกษตรที่ผลิตอาหารและเส้นใย ด้วยความยั่งยืนทั้งทางสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ โดยเน้นหลักที่การปรับปรุงบำรุงดิน การเคารพต่อศักยภาพทางธรรมชาติของพืช สัตว์ และนิเวศการเกษตร และหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีสังเคราะห์ เช่นปุ๋ยเคมี ดังนั้นการสนับสนุนให้เกษตรกรทำปุ๋ยอินทรีย์และการทำเกษตรอินทรีย์จึงมีความสำคัญ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นการลดการนำเข้าของปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศได้อีกด้วย

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่ผลิตเป็นอาหารเพื่อบริโภคให้กับมนุษย์และมีความต้องการเพื่อขึ้นเรื่อยๆตามจำนวนประชากรของโลกแต่สิ่งที่ตามมาคือ มูลและน้ำเสียจากสุกรซึ่งเป็นปัญหาให้กับสังคมบริเวณรอบข้างของฟาร์มมาโดยตลอดเพราะสุกร 1 ตัวนับตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งส่งตลาด (100 กิโลกรัม) นั้นจะขับถ่ายของเสีย (มูลและปัสสาวะ) ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อ 1 ตัว (165วัน) ของเสียส่วนนี้จะเป็นปัญหากับชุมชนใกล้เคียง แหล่งน้ำจะปนเปื้อนกับของเสียที่ถูกปล่อยลงไป ดังนั้นจึงจำเป็นต้องนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรสำหรับพืชโดยใช้น้ำหมักจากมูลสุกรเป็นอาหารให้แก่พืชในทางใบด้วยการฉีดพ่นหรือปุ๋ยทางรากโดยรดราดเข้าในแปลงเกษตรโดยตรง ส่วนกากตะกอนเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ดเพื่อความสะดวกในการใช้ตามความเหมาะสมของพืชแต่ละชนิดและสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้เป็นการลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร อีกทางหนึ่งและสิ่งที่ได้มาอีกทางหนึ่งคือสุขภาพเพราะการผลิตหรือเพราะปลูกพืชผักโดยใช้ปุ๋ยมูลสัตว์เพราะปราศจากสารเคมีปนเปื้อนหรือสารเคมีตกค้าง ทำให้ผู้บริโภคได้รับประทานพืชผักที่ปลอดภัยลดการเจ็บป่วยจากการได้รับสารเคมีปนเปื้อนในอาหารและลดการนำเข้าของปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศและลดการขาดดุลการค้าระหว่างประเทศ

ดังนั้นผู้วิจัย เจ้าของเกรียงไกรฟาร์มเกษตรกรตำบลกองทุล และนักศึกษา จึงมีความสนใจและร่วมมือกันจัดทำโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรอินทรีย์ ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของน้ำหมักมูลสุกรว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ณ ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร
3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการทำการเกษตรอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ในการปลูกพืชให้มีผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนแทนปุ๋ยเคมี

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตของเนื้อหา ได้แก่ ดังรายละเอียดคือ
 - 1.1 ศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ที่ผ่านจากระบบไบโอแก๊สแบบโดมคองที่ ณ เกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
 - 1.2 จัดเก็บตัวอย่างน้ำหมักมูลสุกรจากที่ผ่านระบบไบโอแก๊ส
 - 1.3 ประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร
 - 1.4 ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรในแปลงเกษตร ไร้อ้อย ไร่มัน ลำปะหลัง และแปลงเกษตรผสมผสาน
 - 1.5 มีการจัดทำเอกสารและรูปเล่มงานวิจัย เพื่อเผยแพร่ให้กับเกษตรกร นักศึกษาและผู้ที่เกี่ยวข้อง
2. ขอบเขตพื้นที่ ฟาร์มเกษตรอินทรีย์ ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
3. ขอบเขตประชากร ได้แก่ แปลงเกษตร ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
4. ระยะเวลา ได้แก่ เดือน พ.ค.2554 – เดือน ก.พ. 2555

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงคุณภาพและปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
2. นำความรู้ไปเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการทำน้ำหมักมูลสุกรให้กับเกษตรกร นักศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุกร หรือหมู เป็นสัตว์เลี้ยงเศรษฐกิจที่ทำรายได้และเป็นที่ยอมรับกัน เพราะเราใช้เนื้อหมูเป็นอาหารประจำวัน ดังนั้นความต้องการเนื้อหมูเพื่อการบริโภคนั้นวันยิ่งมีสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามอัตราการเพิ่มของประชากรของประเทศ การพัฒนาการเลี้ยงสุกรที่ดีควรเลี้ยงสุกรที่มีหลักวิชาการที่ถูกต้องและเหมาะสมเพื่อช่วยจัดปัญหาและลดความเสี่ยงให้น้อยลง เป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การเสริมสร้างรายได้ให้แก่ครอบครัวได้ด้วยดี การเลี้ยงสุกรนี้ก็เหมือนการทำเกษตรทั่วไป ต้องมีความรู้หรือฝีมือการเลี้ยงการจัดการที่ดี การคาดคะเนการตลาด และจังหวะการเลี้ยง นับเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้การเลี้ยงสุกรประสบผลสำเร็จและสามารถประกอบเป็นอาชีพได้ (ไชยา อัยสูงเนิน, คู่มือเลี้ยงสุกร)

ประโยชน์และความสำคัญของการเลี้ยงสุกร

อาชีพการเลี้ยงสุกรนับเป็นอาชีพที่เก่าแก่ควบคู่กับระบบเกษตรของไทยมาแต่สมัยโบราณ ปัจจุบันการเลี้ยงสุกรได้พัฒนาขึ้นมา โดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเลี้ยงแบบพื้นบ้านมาเป็นการเลี้ยงแบบระบบอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีทั้งการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านพันธุ์สุกรที่เลี้ยง ซึ่งเปลี่ยนจากสุกรพื้นเมืองเป็นการเลี้ยงสุกรพันธุ์ต่างประเทศที่โตเร็ว ให้เนื้อมาก คุณภาพดี และให้อาหารประหยัดกว่า อีกทั้งยังเปลี่ยนแปลงทางด้านโรงเรือนที่ใช้เลี้ยงสุกร คือเปลี่ยนแปลงจากแบบปล่อย ผูก เป็นเลี้ยงขังในโรงเรือนที่ถูกสุขลักษณะ แยกตามประเภทของสุกร ส่วนอาหารที่ใช้เลี้ยงสุกรก็เปลี่ยนจากการใช้เศษอาหารผสม ผัก รำ และปลายข้าว มาเป็นการให้อาหารเม็ดที่มีส่วนผสมของวัตถุดิบหลายๆ ชนิด ทั้งปลาป่น กากถั่วเหลือง ข้าวโพด รำปลายข้าว เป็นต้น ผสมรวมกันในสัดส่วนที่พอเหมาะ ตามประเภทและวัยของสุกร ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ความต้องการด้านการบริโภคเนื้อสุกร และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสุกรมีอยู่ทั่วไปในทุกท้องถิ่นขึ้นอยู่กับความต้องการของประชากร

ประโยชน์ของการเลี้ยงสุกร คือเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับผู้เลี้ยงโดยตรง และยังก่อให้เกิดประโยชน์กับผู้เลี้ยงหลายประการ อาทิเช่น ให้ความเพลิดเพลิน ทำให้ผู้เลี้ยงมีสุขภาพพลานามัยที่แข็งแรงและสมบูรณ์ขึ้น เป็นการนำเศษอาหารและเศษเหลือต่างๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เป็นการฝึกนิสัยให้ผู้เลี้ยงและสมาชิกในครอบครัวเป็นคนตรงต่อเวลา และเป็นการใช้พื้นที่ดินที่ว่างเปล่าให้เป็นประโยชน์ นอกจากนี้ประโยชน์ที่ได้จากมูลสุกรมีดังนี้ ใช้เป็นปุ๋ยที่มีธาตุอาหารต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 ใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ และใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ (ประภา เหล่าสมบูรณ์, 2542)

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบของมูลสุกรสด

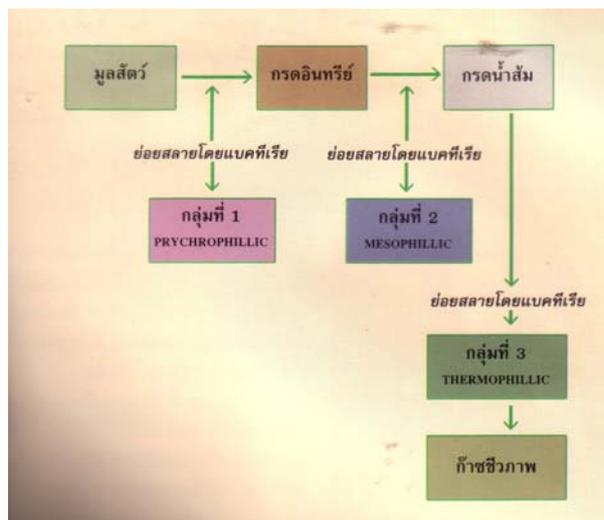
ส่วนประกอบ	ปริมาณจากมูลสด 100 กก
น้ำ	71.00
อินทรีย์วัตถุ	25.00
ไนโตรเจน	0.50
ฟอสฟอรัส	0.40
โปแตสเซียม	0.30
แคลเซียม	0.09
อื่นๆ	0.90

ที่มา: ประภา เหล่าสมบูรณ์, 2542

การจัดการของเสียจากฟาร์มสุกร

ปัญหาที่เกิดจากการเลี้ยงสุกร ก็คือความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่เกิดจาก มูลสุกร น้ำปัสสาวะและเศษอาหารที่ตกหล่นบนพื้น ซึ่งจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน รวมทั้งมีปัญหาด้านแมลงวัน ดังนั้นปัจจุบันนี้จึงมี การนำมูลสุกรไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538)

ก๊าซชีวภาพและขบวนการเกิดก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพคือ ก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในที่นี้คือมูลสัตว์ โดยแบคทีเรียภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ก๊าซชีวภาพประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามโดยส่วนใหญ่แล้วจะเป็นก๊าซมีเทน (CH_4) 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซอื่นๆ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และไอน้ำ แสดงดังภาพที่ 1.

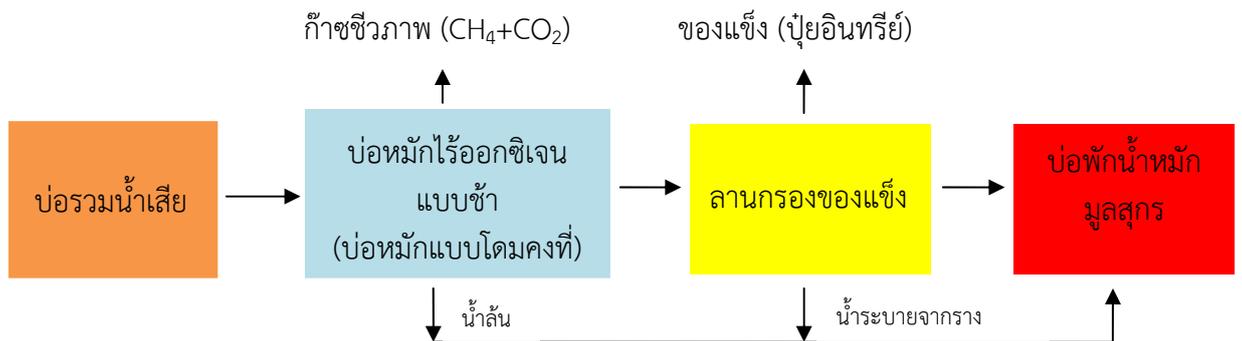


ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการเกิดก๊าซชีวภาพ

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2538

เชื้อแบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่ม (ภาพที่ 1) ต้องอยู่ในสภาวะสมดุลกัน หากสารอาหาร (มูลสัตว์) มีมากเกินไป แบคทีเรียกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะผลิตกรดออกมาจนกระทั่งแบคทีเรียกลุ่มที่ 3 หยุดทำงาน (ก๊าซไม่เกิด) หากสารอาหารมีน้อยเกินไป แบคทีเรียจะเจริญเติบโตช้า (ผลิตก๊าซได้น้อย) หากมีการกวนสารอาหารพอสมควรจะทำให้แบคทีเรียทั้ง 3 กลุ่มทำงานสัมพันธ์กันได้ดี หากมีการกวนสารอาหารมากเกินไปก็กลับจะทำให้การผลิตก๊าซลดลง เพราะไม่มีเวลาย่อยสลาย

การออกแบบระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานใช้ในฟาร์มสุกร นั้น จะใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการสำรวจทางด้านของเสีย น้ำเสีย ผังระบบของฟาร์ม และทางด้านการใช้พลังงานภายในฟาร์มประกอบในการคำนวณออกแบบระบบฯ ซึ่งโดยปกติของเสียจากฟาร์มสุกรจะมีน้ำปนอยู่ในของเสียเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นธรรมชาติของสุกรที่ตึมน้ำเป็นจำนวนมาก ของในแต่ละวัน และแต่ละฟาร์มจะมีความเข้มข้นของน้ำเสียไม่เท่ากัน เนื่องมาจากปริมาณการใช้น้ำทำความสะอาดคอก ระบบก๊าซชีวภาพที่ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานในฟาร์มนั้น จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆหลายส่วนดังนี้



ภาพที่ 2 แผนผังแสดงระบบก๊าซชีวภาพสำหรับบำบัดน้ำเสีย

ที่มา : ดัดแปลงจาก กรมควบคุมมลพิษ, 2538

บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (low rate anaerobic digester) จะใช้สำหรับเป็นบ่อหมักที่ใช้แบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีอยู่หลายกลุ่มซึ่งย่อยสลายอินทรีย์แล้วให้ก๊าซชีวภาพ บ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้ามีหลายรูปแบบแต่ปัจจุบันนิยมใช้กัน 2 แบบคือบ่อหมักแบบโดมคงที่ (fixed dome digester) แสดงดังภาพที่ 3 และบ่อหมักแบบราง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของบ่อก๊าซชีวภาพบ่อหมักแบบโดมคงที่
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2538



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของบ่อก๊าซชีวภาพบ่อหมักแบบราง
ที่มา : กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอานามัยสิ่งแวดล้อม คอ.4, 2555.

ประเภทของปุ๋ย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เกษตรกรมีความจำเป็นต้อง ใช้ปุ๋ยโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืช หรือ บำรุงดิน และเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น ดังนั้นจึงมีคำจำกัดความของปุ๋ยเพื่อการผลิต การขาย และการนำเข้ามาดังนี้

พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ตามมาตราที่ 3 (สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา, 2552) ได้ให้คำจำกัดความของ “ปุ๋ย” หมายความว่า สารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ไม่ว่าจะเกิดขึ้นเองโดย

ธรรมชาติ หรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารแก่พืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์นม. - ธ.ก.ส. NF046/2550 (ธงชัย มาลา, 2550) ได้ให้คำจำกัดของปุ๋ย หมายความว่า วัสดุหรือสารใด ๆ ที่เติมลงไปบนดินโดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเพิ่มธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และธาตุอาหารพืชอื่น ๆ เพื่อให้พืชได้รับอย่างเพียงพอและเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น

ปุ๋ยสามารถจำแนกได้หลายแบบ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2543) แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดขององค์ประกอบที่มีอยู่ภายในปุ๋ย สามารถจำแนกปุ๋ยออกได้ 3 ประเภท คือ

1 ปุ๋ยอินทรีย์ คือ ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของปุ๋ยเป็นสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ธาตุอาหารในปุ๋ยจะเกิดประโยชน์ต่อพืชได้ก็ต่อเมื่อได้ผ่านกระบวนการย่อยสลายโดย จุลินทรีย์เสียก่อนแล้วปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาในรูปอนินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์สามารถแบ่งออกได้ 3 ประเภทดังนี้คือ

ก. ปุ๋ยคอก ได้แก่ มูลสัตว์ต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของแข็ง หรือของเหลว ส่วนใหญ่จะเป็นมูลของสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น

ข. ปุ๋ยหมัก คือ ปุ๋ยที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ให้สลายตัวพองฟูตามธรรมชาติ โดยการนำสิ่งเหล่านั้นมากองรวมกันรดน้ำให้ขึ้นแล้วปล่อยให้เกิดการย่อยสลายโดยกระบวนการของจุลินทรีย์ แล้วจึงนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบผง และแบบเม็ด

ค. ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบพืช และคลุมเคล้าลงสู่ดิน วัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของดินให้ดีขึ้น ก่อนที่จะมีการปลูกพืชหลัก โดยปกติแล้วจะไถกลบพืชในระยะเริ่มออกดอก เมื่อพืชที่ถูกไถกลบย่อยสลายไปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินแล้ว จึงปลูกพืชหลักตามมา

2 ปุ๋ยอนินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมี คือปุ๋ยที่มีแหล่งมาจากสารประกอบอนินทรีย์ต่าง ๆ หรือเป็นสารที่สังเคราะห์ขึ้นจากกระบวนการทางเคมี ที่ให้ธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ก. ปุ๋ยเดี่ยว คือ ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักเพียงชนิดเดียวเป็นองค์ประกอบเพื่อเร่งความเจริญเติบโต ให้กับพืชเฉพาะอย่าง

ข. ปุ๋ยผสม คือ ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารหลักตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไปผสมกัน

3 ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่มีจุลินทรีย์ชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นส่วนผสมอยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อเติมลงดินแล้วสามารถดำเนินกิจกรรมได้ทันทีโดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น หรืออาจทำให้พืชได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารในดินมากขึ้นอันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์นั้น ๆ

ปุ๋ยน้ำชีวภาพ หรือ ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หมายถึง สารละลายเข้มข้นหรือสารละลายที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือสัตว์ในสภาพที่ไม่มีอากาศ เศษพืชและสัตว์จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ น้ำสกัดชีวภาพที่ได้นี้มีคุณสมบัติประกอบไปด้วย จุลินทรีย์และสารอินทรีย์ประกอบด้วย สารจำพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน เอนไซม์ และธาตุอาหารพืชต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเศษพืช และสัตว์ที่ใช้เป็นวัตถุดิบปุ๋ยชีวภาพที่ใช้ในทางการเกษตรอาจแบ่งได้ตามชนิดของจุลินทรีย์หรือ

ชนิดของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2548)

ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารในปุ๋ย (สรสิทธิ์ วิชโรทยาน, 2535) ควรจะประกอบไปด้วย ธาตุอาหารหลัก, ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม หรือจุลธาตุอาหาร

ซึ่งธาตุอาหารในปุ๋ยจะประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลัก, ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม หรือจุลธาตุอาหาร

1. ธาตุอาหารหลัก เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก แต่ธาตุอาหารเหล่านี้มีอยู่ในดินไม่เพียงพอกับปริมาณความต้องการใช้ของพืช ดังนั้นในปุ๋ยจึงมีธาตุอาหารประเภทนี้เป็นส่วนประกอบหลัก ธาตุอาหารหลักประกอบไปด้วย ธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโปแตสเซียม (K)

2. ธาตุอาหารรอง พืชมีความต้องการในปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรก แต่ก็มีความสำคัญในการสร้างความเจริญเติบโตให้กับพืชเช่นกันโดยปกติมักจะมีอยู่ในดินค่อนข้างมากพอเพียงกับความต้องการของพืชทั่วไปประกอบไปด้วย ธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S)

3. ธาตุอาหารเสริม หรือจุลธาตุอาหาร เป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญเช่นกัน แม้ว่าพืชต้องการใช้ในปริมาณน้อยมาก แต่พืชจะขาดเสียไม่ได้ ดินส่วนใหญ่มักจะมีธาตุอาหารอาหารประเภทนี้เพียงพอ ประกอบไปด้วย เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) และคลอไรด์ (Cl⁻)

อย่างไรก็ตามธาตุอาหารทั้ง 3 ชนิดนี้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตต่อพืชทั้งสิ้นจะขาดธาตุใดธาตุหนึ่งไม่ได้

การประเมินมาตรฐานปุ๋ยและการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ย

กลุ่มเกษตรกรที่มีความประสงค์ผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้า (เกษตรจังหวัดนครนายก, 2549) จะต้องผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตาม พ.ร.บ. ปุ๋ย พ.ศ. 2518 มาตรา 55 ผู้ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ต้องแจ้งขึ้นทะเบียนผู้ผลิต ที่ฝ่ายปุ๋ยเคมี สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตรกรมวิชาการเกษตร มาตรฐานฉลากและบรรจุภัณฑ์ของปุ๋ยอินทรีย์ต้องมีรายละเอียดบนภาชนะบรรจุดังนี้ ชื่อการค้า และเครื่องหมายการค้า และคำว่าปุ๋ยอินทรีย์ ชนิดของผลิตภัณฑ์ ปริมาณบรรจุเป็นน้ำหนักสุทธิ (ในระบบเมตริก) ชื่อผู้ผลิตและสถานที่ผลิต ระบบวัสดุที่ใช้ผลิตและอัตราส่วนที่ใช้ ระบุวันที่ผลิต และวันที่หมดอายุ และระบุวิธีการใช้ การเก็บรักษา และข้อควรระวัง

สำหรับเกณฑ์ค่ามาตรฐานการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดของเหลวหรือน้ำตามประกาศกรมวิชาการเกษตรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด (N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
2. ปริมาณร้อยละฟอสฟอรัสทั้งหมด (P₂O₅) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก

3. ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
4. ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)
5. อินทรีย์วัตถุ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก
6. อินทรีย์คาร์บอน (OC)
7. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (N/C) ไม่เกิน 20:1
8. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 10 เดซิเมนต์ต่อเมตร
9. ปริมาณเกลือ (NaCl) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

หมายเหตุ ต้องมีธาตุอาหารหลัก (N-P-K) รวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ย

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการประเมินคุณภาพปุ๋ยมีหลายพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง และมีรายละเอียด พารามิเตอร์ต่างๆดังนี้

1 ไนโตรเจน

ธาตุไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อไนโตรเจนในดินมีปริมาณพอเหมาะแก่ความต้องการของพืชจะส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้รวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ทำให้ลำต้น กิ่งก้าน และใบเจริญเติบโตได้ดีและยังเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยในการเพิ่มปริมาณโปรตีนและผลผลิตพืชที่ให้เมล็ดและผล (ยงยุทธ โอสดสภา, 2546)

หลักการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (รัชนีวรรณ บุญสม, 2551) การหาปริมาณไนโตรเจนมีหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้คือวิธี Kjeldahl เป็นวิธีที่สะดวกและให้ผลถูกต้อง วิธีนี้ค้นพบในปลายคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ Jhon Kjeldahl และก็ได้พัฒนาเรื่อยมาจนเป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการย่อย การกลั่น และการไทเทรต

ก ขั้นตอนการย่อย (digestion step) ขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็น $(NH_4)_2SO_4$ เข้มข้น และใช้สารเร่งปฏิกิริยา เช่น $CuSO_4$, Se, $HgSO_4$, HgO หรือ $FeSO_4$ เป็นต้น สารเร่งเหล่านี้อาจใช้เพียงสารเดียว หรือผสมกันก็ได้ ควรหลีกเลี่ยงการใช้สารปรอท เพราะมีพิษสูง นอกจากนี้ในขั้นตอนการย่อยเพื่อเพิ่มจุดเดือดให้สูงขึ้นนิยมเติม K_2SO_4 หรือ Na_2SO_4 ลงไปด้วย เนื่องจากหากอุณหภูมิต่ำกว่า 360 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นช้าหรือเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ อย่างไรก็ตามหากอุณหภูมิสูงกว่า 410 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้ NH_4^+ สูญเสียไปด้วย ในกรณีที่ตัวอย่างดินมีไนเตรต (NO_2^-) หรือไนเตรต (NO_3^-) อยู่มาก ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้กับดินที่ใส่ปุ๋ย ไนโตรเจนใหม่ ๆ การวิเคราะห์ต้องเติมสารละลายกรด salicylic ในกรด H_2SO_4 เข้มข้นลงไปก่อนนำไปย่อยเพื่อเปลี่ยนสารประกอบทั้งสองเป็น nitrosalicylic acid ปฏิกิริยานี้สามารถเกิดขึ้นได้ที่อุณหภูมิห้อง โดยปกติมักทำให้เกิดปฏิกิริยามากกว่า 6 ชั่วโมง แสดงดังปฏิกิริยานี้



ข ขั้นตอนการกลั่น (distillation step) ขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยน $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ที่เกิดจากการย่อยในขั้นตอนแรกไปเป็นแก๊ส NH_3 โดยเติม NaOH ลงไป จากนั้นจับแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริก (H_3BO_3) ปฏิกริยาเกิดขึ้นดังสมการ



ค ขั้นตอนการไทเทรต (titration step) ขั้นตอนนี้เป็นการไทเทรตหา H_2BO_3^- ที่เกิดขึ้น หากใช้กรด HCl แสดงดังปฏิกริยานี้



2 ฟอสฟอรัส

ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากธาตุหนึ่ง และจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นและการแพร่กระจายของรากในระยะแรกของการเจริญเติบโต การออกดอกออกผลและสร้างเมล็ดของพืช ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ (ยงยุทธ โอสดสภา, 2546) พืชสามารถดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้ในรูปแบบ monobasic orthophosphate (H_2PO_4^-) และฟอสฟอรัสในรูปแบบ dibasic orthophosphate (HPO_4^{2-}) ในดินจะมีฟอสฟอรัสต่ำมาก เมื่อเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยเฉลี่ยแล้วในดินมีฟอสฟอรัสเพียง 0.05 % ดินบนของดินนาในประเทศไทยมีฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.02 %

หลักการวิเคราะห์หารปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มักจะวิเคราะห์ในรูปแบบ total P_2O_5 โดยวิธี spectrophotometric molybdovanadophosphate ใช้กรดผสม ($\text{HClO}_4:\text{HNO}_3 = 1:1$) ในการย่อยตัวอย่างปุ๋ยในอยู่ในรูปสารละลายฟอสเฟตจากนั้นทำให้เกิดสีกับ molybdovanadate reagent วัดหาปริมาณฟอสเฟตด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 400-420 เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

3 โพแทสเซียม

ธาตุโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักใน 3 ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นส่วนสำคัญสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์พืช ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลและแป้ง การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากใบไปยังผล กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจเพิ่มปริมาณกรดอินทรีย์และไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการสร้างโปรตีน โครงสร้างของเอนไซม์ทำให้พืชแข็งแรงสามารถต้านทานโรค และส่งเสริมคุณภาพของผลผลิต โพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้นั้นมีวัตถุดิบกำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุมูลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชจะดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ (ยงยุทธ โอสภสภา, 2546; กัณทิมา ทองศรี, 2551) โพแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุมูลบวก (K^+) พืชก็ไม่สามารถดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ อนุมูลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดิน เมื่อพืชดูด K^+ เข้าไปแล้ว ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนุมูลโพแทสเซียมโพแทสเซียมในข้าวมีบทบาทสำคัญ ต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น กระบวนการหายใจ การเปิดปิดปากใบ โดยทั่วไปข้าวต้องการโพแทสเซียมสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโต และความต้องการจะลดปริมาณลงและเพิ่มขึ้นอีกในระยะหลังของการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในระยะกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะที่ข้าวออกรวงอย่างสมบูรณ์ ซึ่งโพแทสเซียมจะช่วยเพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ด

หลักการวิเคราะห์โพแทสเซียมมักจะวิเคราะห์ในรูป total K_2O วิเคราะห์โดยวิธี flame photometric method โดยวัดความเข้มของแสงที่ปล่อยออกมา (intensive of emission) ของตัวอย่างที่ผ่านการย่อยด้วยกรดผสม เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

4 อินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ (organic carbon) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อ

ไนโตรเจน

อินทรีย์วัตถุ หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน มีความสำคัญต่อกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยอินทรีย์วัตถุจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืช ที่สำคัญคือ ไนโตรเจน ช่วยดูดยึดธาตุอาหารไม่ให้สูญเสียไปจากดินกับการชะล้าง ทำให้ดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน ดินร่วนโปร่ง ระบายอากาศและน้ำดี เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ในดินที่ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุในดินและปุ๋ยมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นการวิเคราะห์จึงทำได้ง่ายโดยการใส่สารเคมีที่ทำให้เกิดออกซิเดชันกับธาตุคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุแล้วคำนวณหาปริมาณธาตุคาร์บอนจากปริมาณของสารเคมีที่ใช้ไป เมื่อรู้ปริมาณของธาตุคาร์บอนก็สามารถคำนวณหาปริมาณของอินทรีย์วัตถุได้โดยยึดหลักว่าอินทรีย์วัตถุในดินบนและดินล่างมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ 52 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (สุวรรณา สาสทรักกิจ, 2553)

หลักการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) ต้องหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนก่อน การวิเคราะห์จะใช้วิธีการประยุกต์ใช้ ของ Walkley and Blank โดยย่อย

ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรดซัลฟูริก แล้วทำการออกซิไดส์อินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยอินทรีย์ด้วยกรดโครมิกที่มากเกินพอ จากนั้นไทเทรตกรดโครมิกที่เหลือ โดยใช้สารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ผลวิเคราะห์ที่ได้จะมีค่า 77 เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่จริง โดยปริมาณของอินทรีย์คาร์บอนจะคิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุเมื่อเทียบกับการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

สำหรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน หาได้จากการนำค่าร้อยละอินทรีย์คาร์บอนหารด้วยค่าร้อยละไนโตรเจน

5 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ความเป็นกรด-ด่าง มีความสำคัญต่อการเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินพืช และความเป็นพิษของธาตุอาหารบางตัวต่อสมบัติทางกายภาพของดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ซึ่งจะย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ความเป็นกรดเป็นด่างนิยมบอกค่า pH ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 14 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด ค่า สูงกว่า 7 แสดงว่าเป็นด่าง และค่า pH เท่ากับ 7 แสดงว่าเป็นกลาง (สุวรรณ สาสนรักกิจ, 2553) และการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ในสารละลายปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะใช้เครื่อง pH meter ในการตรวจวัด

6 ค่าการนำไฟฟ้า

ดินและปุ๋ยที่มีเกลือ (ของ Ca Mg Na) อยู่ในปริมาณมากจนเป็นอันตรายต่อพืช ในแง่ของวิชาการแสดงว่าเป็นดินและปุ๋ยที่มีการนำไฟฟ้าของน้ำในดินหรือปุ๋ยที่อยู่ในสภาพอิ่มตัวมากกว่า 2 mmho/cm. ที่ 25 องศา น้ำในดินหรือปุ๋ยที่มีประจุเหล่านี้ละลายอยู่ก็จะซึมซาบผ่าน membrane ของผนังเซลล์ราก ทำให้หมดสภาพในการป้องกันการแทรกตัวของประจุของน้ำ ทำให้ทั้งน้ำและประจุภายในพืชหลุดออกมา เกิดสภาพที่เรียกว่า plasmolysis ดังนั้นการวัดความเค็มในห้องปฏิบัติการ จะทำโดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในดินหรือปุ๋ยขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำพอดี โดยใช้เครื่อง EC meter มีหน่วยเป็นเดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ที่ 25 องศาเซลเซียส

นอกจากพารามิเตอร์ที่กล่าวมานี้ ยังมีอีกหลายพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์เพื่อประเมินคุณภาพปุ๋ยเช่น ปริมาณเกลือ ขนาดของปุ๋ย ปริมาณหิน กรวด การย่อยสลายสมบูรณ์ ตรวจสอบพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม โลหะอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งสามารถดูรายละเอียดได้ตามคู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร

เกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ (organic agriculture) หมายถึงระบบการจัดการการผลิตด้านการเกษตรแบบองค์รวม ที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ วงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติหลีกเลี่ยงการใช้วัตถุพิษจากการสังเคราะห์ และไม่ใช้ พืช สัตว์ หรือ จุลินทรีย์ ที่ได้มาจากเทคนิคการดัดแปลงพันธุกรรม (genetic modification) หรือพันธุวิศวกรรม (genetic

engineering) มีการจัดการกับผลิตภัณฑ์โดยเน้นการแปรรูปด้วยความระมัดระวัง เพื่อรักษาการเป็นเกษตรอินทรีย์ และคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2546)

สถานการณ์การผลิตของเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย (คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์, 2549) การก่อตั้งเครือข่ายเกษตรทางเลือกเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 แต่ข้อมูลที่เกี่ยวข้องการทำเกษตรอินทรีย์ไม่ได้บันทึกไว้อย่างเป็นระบบ ทำให้เป็นการยากที่จะประเมินสถานการณ์เกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ได้อย่างถูกต้องและชัดเจน จากการสำรวจและประเมินข้อมูลเบื้องต้น โดยกรีนเนท ประเมินว่ามีการผลิตเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยอยู่ประมาณ 35,000 ไร่โดยแบ่งเป็น เกษตรอินทรีย์แบบพึ่งพาตนเอง โดยส่วนใหญ่เป็นการเกษตรแบบพื้นบ้านเกษตรกรกลุ่มนี้ทำการผลิตเพื่อบริโภคในครอบครัวเป็นหลักและอาจมีผลผลิตส่วนเกินจำหน่ายในท้องถิ่น พื้นที่การผลิตเกษตรอินทรีย์กลุ่มนี้มีประมาณ 14,000 ไร่ เกษตรอินทรีย์ที่มีมาตรฐานรับรอง เกษตรกรกลุ่มนี้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะมีแรงจูงใจทางด้านเศรษฐกิจมาช่วยเสริมแนวคิดและเทคนิคการผลิต ประกอบกับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ จึงนำผลผลิตกลุ่มนี้ออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้

เกษตรกรไทยในยุคปัจจุบันหันมาให้ความสนใจกับการเกษตรที่ลดการใช้สารเคมีมากขึ้นมีความพยายามของเกษตรกรมากมายที่คิดค้นพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ทดแทนสารเคมี การเกษตรโดยอาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่น ไม่ว่าจะเป็นแนวทางในการใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยจลินทรีย์ ปุ๋ยหมัก และสารสมุนไพรกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรไทยได้พัฒนาขึ้นใช้เองอย่างมีประสิทธิภาพ ปรากฏการณ์เหล่านี้แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรเองได้ตระหนักถึงปัญหาผลกระทบจากสารเคมีการเกษตรและมีความพร้อมในการปรับเปลี่ยนระบบเข้าสู่เกษตรอินทรีย์ได้ง่ายขึ้น

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธพรรณ ตรีรัตน์และไพรินทร์ กปีลานนท์ (2531) ได้ศึกษาผลของสารประกอบได้ศึกษา ผลของสารประกอบไนโตรเจนและสารเร่ง พด.1 ต่อการย่อยสลายชี้เลี้ยงจากถุ่กัอนเชื้อเห็ดหอมที่ใช้แล้ว ทำโดยใช้สารประกอบไนโตรเจนในรูปของยูเรียและมูลสัตว์ร่วมกับการใช้สารเร่ง พด.1 (สารเร่งประเภทจุลินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน) ทดลองในห้องปฏิบัติการโดยควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ของ ชี้เลี้ยง ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม โดยเก็บตัวอย่างทุก 15 วัน ตลอดระยะเวลาการหมัก 60 วัน พบว่าการใส่ยูเรียไม่ทำให้อัตราการย่อยสลายแตกต่างกับการไม่ใส่ยูเรีย การใส่มูลสัตว์หรือสารเร่ง พด.1 หรือการใส่ยูเรียร่วมกับสารเร่ง พด.1 มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายเร็วขึ้น การใส่มูลสัตว์ร่วมกับสารเร่ง พด.1 มีแนวโน้มว่าช่วยให้เกิดอัตราการย่อยสลายเร็วที่สุด การเติมมูลสัตว์ สารเร่ง พด.1 และการเติมสารประกอบไนโตรเจนร่วมกับสารเร่ง พด.1 มีผลทำให้ค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20:1 ใน 30 วัน ซึ่งจัดเป็นปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์แล้ว ปุ๋ยหมักที่ได้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโปตัสเซียมอยู่ในช่วง 1.24-1.59, 1.14-1.65 และ 0.77-1.0 ตามลำดับ ค่า pH อยู่ในช่วง 6.0-7.55 เมื่อหมักครบ 60 วัน ชี้เลี้ยงที่ได้จากการย่อยสลายทุกสูตรมี

ลักษณะเป็นสารอินทรีย์วัตถุที่ไม่มีกลิ่น มีสีน้ำตาลปนดำ มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยหมักที่ดีซึ่งพืชควรนำไปใช้ได้

วิเชียร ต้นตอธิมงคล และคณะ (2535) ได้ทำการพัฒนาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมูลค่างควา ตำบลโคกสะอาด อำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์ ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค่างควาใช้ส่วนผสม 2 ส่วน คือ มูลค่างควา 2 ส่วน หินโดโลไมต์ 1 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยไม่หมัก แล้วนำไปปั้นเม็ดด้วยจานหมุนปั่นเม็ด นำเม็ดปุ๋ยเข้าอบในตู้อบไอร้อนนาน 2 ชั่วโมง คัดขนาดเม็ดบรรจุกระสอบ ผลการใช้ปุ๋ยอัดเม็ดจากมูลค่างควา ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์ซูปเปอร์สวีท ในชุดดินเพชรบูรณ์พบว่าน้ำหนักฝักสด ปอกเปลือก น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักลำต้นสดในการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค่างควาอัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่เท่ากับ 88.52%, 98.42% และ 85.74% ตามลำดับ ในขณะที่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือก น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักลำต้นสด 100% และการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค่างควาทำให้เพิ่มรายได้แก่เกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์และสามารถใช้เป็นอาชีพเสริมของชุมชนได้เป็นอย่างดี โดยมีต้นทุนผันแปร 87.55 บาท/เดือน ต้นทุนคงที่ 5,366.67 บาท/เดือน และกำไรสุทธิ 28,583.33 บาท/เดือน โดยที่ประชาชนในชุมชนส่วนใหญ่เห็นด้วยจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค่างควา

รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล และ ครุฑเทพ เหลืองอรุณ (2542) ได้ทำการศึกษาการบำบัดชั้นหลังของมูลหมักจากระบบแก๊สชีวภาพแบบชีววิธีพบว่าน้ำหมักจากบ่อล้นในการทดลองมีค่า COD และ BOD₅ สูงกว่าที่พบโดยทั่วไปซึ่งอาจเป็นผลจากปฏิกิริยาของบ่อหมักยังไม่สูงเท่าที่ควรโดยจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการลดค่า COD มีเพียง 40% เมื่อนำน้ำมูลหมักมาหมักต่อในสภาวะไร้อากาศพบว่าฟาร์มสุกรขนาดใหญ่ จ.นครปฐม (ฟาร์มเต็ง) มีประสิทธิภาพในการลดค่า COD ถึง 65% เมื่อเทียบกับการบำบัดแบบให้อากาศโดยไม่ให้อาหารแก่เชื้อ aerobic พบว่าค่า COD ลดลงเล็กน้อยเท่านั้น จากการแยกเชื้อแบบไร้อากาศ ได้ทำการคัดเลือกเชื้อไว้ 5 isolates คือ LK1, BAU1, BAU2, BAU3 และ BAU4 โดยเมื่อนำเชื้อทั้ง 5 มาเลี้ยงในอาหารผสมมูลหมักพบว่าสัดส่วนของค่า BOD₅ ต่อ COD ลดลงอย่างรวดเร็วจนเหลือ 5-7% แสดงถึงประสิทธิภาพที่เชื้อสามารถใช้สารอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และการที่ค่า COD ลดลง 68.5% ยืนยันประสิทธิภาพของเชื้อที่แยกได้

สมพร ชุนห์ลือชานนท์ (2549) ได้ทำการศึกษการผลิตปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารพืช โดยคัดเชื้อจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนและจุลินทรีย์ย่อยละลายหินฟอสเฟต เมื่อนำจุลินทรีย์ 2 กลุ่มไปใส่ลงในปุ๋ยหมักที่ทำจากกากหม้อกรองน้ำตาลที่มีหินฟอสเฟตผสมอยู่ด้วยพบว่า หลังจาการบ่มที่ความชื้น 60% ไว้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ปุ๋ยที่คลุกด้วยเชื้อ *Azotobacter*, *Beijerinckia* และ *Azospirillum* ทำให้มีไนโตรเจนเพิ่มขึ้น 2-15 % ในส่วนของฟอสฟอรัสนั้น เชื้อจุลินทรีย์ทำให้ฟอสฟอรัสมีการละลายเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยปุ๋ยหมัก ที่มีส่วนผสมของหินฟอสเฟตและเชื้อจุลินทรีย์เรียกรวมกันว่า ปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ การปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักโดยผสมปุ๋ยหมักจากกากหม้อน้ำตาลร่วมกับปุ๋ยหมักจากเปลือกข้าวในอัตรา 1:1 และผสมกับหินฟอสเฟตและแร่

เฟลด์สปาร์ แล้วบ่มด้วยเชื้อจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน จุลินทรีย์ย่อยหินฟอสเฟต และจุลินทรีย์ย่อยละลายโพแทสเซียม ทำให้ธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เพิ่มมากขึ้น

อนุวัฒน์ ยินดีสุข และบวร ไชยษา (2550) ได้ศึกษาธาตุอาหารหลักในน้ำหมักที่ได้จากการหมักขยะและวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรจากการเพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในน้ำหมักที่ได้จากการหมักหัวมันเทศ หัวผักกาด ยอดข้าวโพด ชานอ้อย กระดุกหัวหมูและต้นกล้วย วิจัยพบว่าปริมาณไนโตรเจนในน้ำหมักจากหัวมันเทศมีปริมาณสูงสุดคือร้อยละ 1.31 ปริมาณฟอสฟอรัสพบในน้ำหมักจากหัวหมูมากที่สุดคือร้อยละ 0.06 และปริมาณโพแทสเซียมพบในน้ำหมักจากมันเทศจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุดคือร้อยละ 0.70

สันทนต์ เมฆอารียะ และคณะ (2551) ได้ศึกษาการผลิตปุ๋ยหมักจากเปลือกข้าวโพดที่เหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้หัวเชื้อปุ๋ยหมัก พด.1 ของกรมพัฒนาที่ดิน ชุดควบคุมจะเติมปุ๋ยคอก 10% และปุ๋ยยูเรีย 0.2% ทำการติดตามผลกระบวนการหมักโดย วัดอุณหภูมิและนับจำนวนแบคทีเรีย จำนวนเชื้อรา และโคลิฟอร์มแบคทีเรียทุกสัปดาห์จนสิ้นสุดกระบวนการหมักพบว่าอุณหภูมิในช่วงแรกจะสูงและค่อย ๆ ลดต่ำลง ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 และลดลงในสัปดาห์ที่ 5 และคงที่ในช่วงท้ายของการหมักปริมาณเชื้อราจะสูงในช่วงแรกของการหมักและจะลดลงจนคงที่ในสัปดาห์ที่ 3 และพบว่าในชุดทดลองที่ดีที่สุด คือชุดการทดลองที่ 4 มีส่วนประกอบดังนี้ ปุ๋ยยูเรีย 0.2% ตะกอนน้ำเสีย 5% และหัวเชื้อพด. 1 0.01%

ศิราภรณ์ ชื่นบาน (2550) ได้ศึกษาการใช้สาหร่าย spirulina platensis ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรและการนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยใช้น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรความเข้มข้น 0, 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 เปอร์เซ็นต์พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสไปรูลินาคือ ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร 10 เปอร์เซ็นต์ โดยในสภาวะกลางแจ้งนั้นสาหร่ายเจริญได้ดีกว่าในสภาวะห้องปฏิบัติการ สารอาหารที่เหมาะสมคือ NaCO_3 NaNO_3 ที่ 8 กรัม/ลิตร และ 1.5 กรัม/ลิตร ตามลำดับ จากการเพาะเลี้ยงแบบกะ แบบกึ่งกะ และแบบกึ่งต่อเนื่องพบว่า ที่ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร 10 เปอร์เซ็นต์และเติมสารอาหาร มีผลให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งได้น้อยกว่าที่ความเข้มข้นของน้ำทิ้งจากฟาร์มสุกร 10 เปอร์เซ็นต์และไม่เติมสารอาหาร แต่พบว่าสาหร่ายมีผลผลิตที่สูงกว่าเนื่องจากอุดมไปด้วยสารอินทรีย์ การเพาะเลี้ยงแบบกึ่งกะมีความเหมาะสมมากกว่าแบบกะและแบบกึ่งต่อเนื่อง โดยมีประสิทธิภาพสูงสุดในการบำบัดน้ำทิ้งที่ระยะเวลาพักเก็บ 12 วัน มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดค่า COD, BOD, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ และ SRP เท่ากับ 36.3, 54.3, 44.15, 92.3 และ 70.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยสาหร่ายสไปรูลินามีการเจริญเติบโตสูงสุดมีจำนวนเซลล์ 325,500 เซลล์/มิลลิลิตร OD 1.0 และน้ำหนักแห้ง 0.965 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณโปรตีน 55.88 เปอร์เซ็นต์

มยุรี เหมสิทธิ เสาวภา ชุมณี และอภิศักดิ์ ศรียากุล (2552) ได้ศึกษาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยน้ำชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์บับเม็ดที่ผลิตขึ้นโดยกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์และชีวภาพ ตำบลซับพุทรา อำเภอชนแดน จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้ประกอบการได้ให้ปุ๋ยสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ทั้งหมด 7 ชนิด โดยมีปุ๋ยน้ำชีวภาพ 5 ชนิด และปุ๋ยอินทรีย์บับเม็ด 2 ชนิด ในงานวิจัยนี้ได้

วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N-P-K) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร N1 มีค่า N-P-K เท่ากับ 0.25-0.04-1.35, สูตร N 2 มีค่าเท่ากับ 0.18-0.03-1.73, สูตร P มีค่าเท่ากับ 0.25-0.12-3.08, สูตร K 0.39-0.04-2.58 และ สูตรฮอโมนรอกหมู มีค่าเท่ากับ 0.53-0.18-4.41 ผลการวิเคราะห์ที่ได้ นี้ นำไปเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดน้ำของกรมวิชาการเกษตร (กำหนดค่ามาตรฐาน N-P-K เท่ากับ 0.5-0.5-0.5) พบว่าไม่มีปุ๋ยน้ำชีวภาพชนิดใดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน N-P-K ครบทุกค่า แต่ปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกชนิดผ่านค่ามาตรฐานของโพแทสเซียม และปุ๋ยน้ำชีวภาพฮอโมนรอกหมูผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณไนโตรเจนและปริมาณโพแทสเซียม สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด สูตรที่ 1 มีค่า N-P-K เท่ากับ 1.47-5.63-4.94 และสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.89-3.04-5.22 และนำไปเทียบกับค่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด (กำหนดค่ามาตรฐาน N-P-K เท่ากับ 1.0-0.5-0.5) พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตร 1 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน N-P-K ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดสูตร 2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม แต่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปริมาณไนโตรเจน นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาค่าอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ค่า pH และความชื้นในปุ๋ยอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ได้ดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

การศึกษาระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกร สำหรับงานวิจัยนี้ ได้มีกิจกรรมไปสำรวจเก็บข้อมูล ณ เกรียงไกรฟาร์ม ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 226 หมู่ที่ 3 ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการเลี้ยงสุกรปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 เดือน มีโรงเรือน 2 หลัง หลังละ 625 ตัว รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น 1,250 ตัว ระหว่างการเลี้ยงได้ทำการล้างพื้นคอกสุกรเป็นประจำทุกวัน จึงทำให้น้ำที่ผสมกับมูลสุกรมีปริมาณมาก จากนั้นได้ผสมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (กากน้ำตาลและจุลินทรีย์ EM) น้ำที่ผสมมูลสุกรนี้ ผ่านระบบไบโอแก๊ส ประมาณ 45 วัน ได้น้ำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ซึ่งยังไม่ทราบคุณภาพ นักวิจัยได้เก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ เก็บจากบ่อไบโอแก๊สโดยตรง และ เก็บจากบ่อพักน้ำหมักมูลสุกร เก็บสองช่วงเวลา คือเดือน พฤษภาคม 2554 และ เดือน ตุลาคม 2554 แล้วนำไปวิเคราะห์ประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ดังรายละเอียดตอน 2

ตอนที่ 2 วิธีการทดลองเพื่อการประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

งานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์ทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ สารเคมี และห้องปฏิบัติการ สำหรับการทำวิจัย ณ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก มีรายละเอียดการวิจัยดังต่อไปนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ได้รับความอนุเคราะห์

1. เครื่องอะตอมมิกแอฟซอพซันสเปกโทรสโกปี (Atomic absorption Spectroscopy) รุ่น GBC 932 AA บริษัท GBC Scientific Equipment ประเทศออสเตรเลีย
2. เครื่องอัลตราไวโอเลตสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet Spectroscopy) รุ่น Lamda 35 Perkin Elmer
3. เครื่องย่อยและเครื่องกลั่นของเคลดาล (Macro Kjeldahl digestion and distillation apparatus) Gerhardt
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (4 ตำแหน่ง) Sartorius รุ่น ED 2248
5. เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด (3 ตำแหน่ง) Mettler toledo รุ่น PB 303-L
6. เครื่อง pH meter/EC Mettler toledo รุ่น SerenMuHi
7. ตู้อบ (Hot air oven) Memmerk
9. ภาชนะใช้ทำแห้ง (Desiccator)
10. แผ่นร้อน (Hot plate) Jenway รุ่น 1203
11. ปีเปตขนาด 1.0, 2.0, 4.0, 5.0 และ 10.0 มิลลิลิตร
12. ขวดรูปชมพู่ขนาด 80, 125 และ 250 มิลลิลิตร

13. ขวดวัดปริมาตร 50, 100, 250 และ 1,000 มิลลิลิตร
14. กระจกตวงขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร
15. ปีกเกอร์ขนาด 50, 100, 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
16. กรวยกรอง
17. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 92
18. หลอดหยดพร้อมลูกยาง
19. แท่งแก้วคนสาร

สารเคมี

1. เฟอร์รัสซัลเฟต (ferrous sulfate; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99%, M.W. 278.05, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
2. ออโท-ฟีแนนโทรอลีน (o-phenanthroline indicator; $\text{C}_{18}\text{H}_{14}\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99%, M.W. 198.21, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
3. โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.9%, M.W. 294.19, บริษัท Merck, เยอรมนี
4. กรดซัลฟูริก (sulfuric acid; H_2SO_4), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 96%, M.W. 98.078, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
5. ซิลเวอร์ซัลเฟต (silver sulfate; Ag_2SO_4), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 98.5%, M.W. 311.79, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
6. กรดบอริก (boric acid ; H_3BO_3), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.5-100%, M.W. 61.843, บริษัท Merck, เยอรมนี
7. คอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.0%, M.W. 249.68, บริษัท Merck, เยอรมนี
8. เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99%, M.W. 278.05, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
9. โบรมोगลิซอลกรีน (bromoglysol green; $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{Br}_4\text{O}_5\text{S}$) เกรดวิเคราะห์, M.W. 698.04, บริษัท Merck, เยอรมนี
10. เมทิลเรด (methyl red; $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$), เกรดวิเคราะห์, M.W. 269.31, บริษัท Merck, เยอรมนี
11. โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate; K_2SO_4), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.0%, M.W. 174.27, บริษัท Merck, เยอรมนี
12. ซาลิไซลิก (salicylic acid; $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}).\text{COOH}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.0%, M.W. 249.68, บริษัท Merck, เยอรมนี
13. โซเดียมคาร์บอเนตปราศจากน้ำ (sodium carbonate anhydrous; Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.5%, M.W. 105.99, บริษัท Merck, เยอรมนี
14. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.0%, M.W. 40.00, บริษัท Merck, เยอรมนี

15. โซเดียมไธโอซัลเฟต (sodium thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 98.5%, M.W. 311.79, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
16. กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid ;HCl), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 37%, M.W. 36.461, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
17. แอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 81.0+85.0%, M.W. 1235.86, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
18. แอมโมเนียมเมทาวานาเตรต (ammonium metavanadate; NH_4VO_3), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 98.5%, M.W. 311.79, บริษัท Merck, เยอรมัน
19. กรดไนตริก (nitric acid; HNO_3), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 65%, M.W. 63.013, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
20. กรดเปอร์คลอริก (perchloric acid; HClO_4), เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 70%, M.W. 100.47, บริษัท Carlo erba, อิตาลี
21. โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride; KCl) เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99%, M.W. 74.55, บริษัท Merck, เยอรมัน
22. แคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate; CaCO_3) เกรดวิเคราะห์, ความบริสุทธิ์ 99.5%, M.W. 100.09, บริษัท Merck, เยอรมัน
23. โพแทสเซียม ไดไฮโดรเจน ฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphste; KH_2PO_4)

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายมาตรฐาน potassium dichromate (oxidizing agent) ความเข้มข้น 1 N
นำ potassium dichromate ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
แล้วนำมาชั่งจำนวน 49.0247 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร
2. สารละลาย ferrous sulfate (reducing agent) ความเข้มข้น 0.5 N
ชั่ง ferrous sulfate จำนวน 139.0085 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตรแล้ว เติม 98% H_2SO_4 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร
3. สารละลาย o-phenanthroline ferrous sulfate indicator
ชั่ง o-phenanthroline จำนวน 0.74 กรัม และ ferrous sulfate จำนวน 0.35 กรัม
นำสารทั้ง 2 มาผสมให้เข้ากัน ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 มิลลิลิตร
4. สารละลาย silver sulfate ใน 98% H_2SO_4
ชั่ง silver sulfate จำนวน 15 กรัม เติม 98% H_2SO_4 ให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร
5. สารละลายกรดบอริก 4%
ชั่ง boric acid จำนวน 40 กรัม ทำละลายด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ต้มให้ความร้อนจน
สารละลาย ละลายหมด แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร
6. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
ชั่ง sodium hydroxide จำนวน 500 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้
ครบ 1,000 มิลลิลิตร

7. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (mix indicator)

ซึ่ง methyl red จำนวน 0.20 กรัม เติม 90% ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร และซึ่ง bromocresol green จำนวน 0.10 กรัม เติม 90% ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร จากนั้น นำสารละลายทั้งสองนี้ เทผสมรวมกัน พร้อมคนให้เข้ากัน

8. สารตัวเร่งปฏิกิริยาผสม (mix catalyst)

ผสม copper sulfate และ potassium sulfate ในอัตราส่วน 1:9 โดยน้ำหนัก โดยซึ่ง copper sulfate 10 กรัม และ potassium sulfate 90 กรัม

9. สารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.2 N

เตรียมสารละลาย กรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 1 N โดยปิเปตกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 37% จำนวน 83.091 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 N จำนวน 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 N จากนั้นนำสารละลายนี้ไปหาความเข้มข้นที่แน่นอนดังนี้ คือ อบ sodium carbonate ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นชั่ง 0.4400 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หยดสารละลาย mix indicator 2 -3 หยด จะได้สารละลายสีเขียวอ่อน จากนั้นนำไปไทเทรตกับสารมาตรฐานไฮโดรคลอริก 0.2 N จนได้สารละลายสีชมพูม่วง บันทึกผล คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐานไฮโดรคลอริก ตามสูตรข้างล่าง

สูตรการหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารมาตรฐานของ กรดไฮโดรคลอริก

$$N (\text{HCl}) = \frac{\text{น้ำหนักของ } \text{Na}_2\text{CO}_3(\text{g}) \times 1000 \times \text{ความบริสุทธิ์ของ } \text{Na}_2\text{CO}_3}{52.99 \times \text{ปริมาตรของ HCl (ml)} \times 100}$$

10. กรดผสม HNO_3 : HClO_4 อัตราส่วน 1:1

เตรียมกรดผสมระหว่าง 69 – 70 % HNO_3 กับ 69 – 70 % HClO_4 ในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร โดยปิเปตสารละลาย 69 – 70 % HNO_3 500 มิลลิลิตร ผสมกับ 69 – 70 % HClO_4 500 มิลลิลิตร

11. สารละลาย molybdovanadate

ซึ่ง ammonium molybdate จำนวน 20 กรัม เติมน้ำ 400 มิลลิลิตร ต้มให้ความร้อนจนสารละลาย ละลายหมดแล้ว ตั้งทิ้งไว้ในเย็น และซึ่ง ammonium metavanadate 1 กรัม เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้มให้ความร้อนจนสารละลาย หมดแล้ว ตั้งทิ้งไว้ในเย็น จากนั้นรินสารละลาย ammonium molybdate ลงในสารละลาย ammonium metavanadate แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีเหลืองอ่อน และถ่ายเก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

12. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส เข้มข้น 100 ppm

นำ KH_2PO_4 อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งจำนวน 1.0984 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส เข้มข้น 1000 ppm จากนั้นปิเปตสารละลายนี้ จำนวน 10 มิลลิลิตรใส่

volumetric flask 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสเข้มข้น 100 ppm

13. สารละลาย Suppressor

ซึ่ง CaCO_3 จำนวน 12.5 กรัม ทำละลายด้วยน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร เติม 37% HCl จำนวน 105 มิลลิลิตรลงไปทีละน้อย นำไปให้ความร้อนจนละลายหมด ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1,000 มิลลิลิตร

14. สารมาตรฐานโพแทสเซียม ความเข้มข้น 100 ppm

อบ KCl ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำมาชั่งจำนวน 0.1907 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1,000 ppm จากนั้น ปีเปตสารละลายนี้จำนวน 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm

วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ได้ทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ ปริมาณร้อยละไนโตรเจน, ปริมาณร้อยละฟอสฟอรัส, ปริมาณร้อยละโพแทสเซียม, อินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน, ค่า pH, และค่า EC การวิเคราะห์พารามิเตอร์เหล่านี้ การวิเคราะห์เป็นไปตามคู่มือปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551)

1 วิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจน

ซึ่งตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง น้ำหนักประมาณช่วง 0.5-0.6 กรัม ใส่ใน kjeldahl test tube ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม 98% H_2SO_4 10 มิลลิลิตร และเติม mix catalyst จำนวน 5 กรัม แล้วนำปุ๋ยแต่ละชนิดที่เติมสารเหล่านี้แล้ว ไปตั้งบนเตาสำหรับย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 360 องศาเซลเซียส จนได้สารละลายสีเขียวใส ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำ kjeldahl test tube ต่อกับเครื่องกลั่นโดยให้ปลายเครื่องกลั่นจุ่มอยู่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดบอริก 10 มิลลิลิตร ที่ผสมสารละลาย mix indicator ประมาณ 4-5 หยด แล้วเติม sodium hydroxide จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสารละลายสีน้ำตาล หรือบางตัวอย่างจะได้สารละลายสีน้ำเงิน ซึ่งกลั่นที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาการกลั่น 100 วินาที กลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลาย ประมาณ 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับ 0.2 N ของสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก บันทึกผลและนำค่าที่ได้ไปคำนวณผลดังสมการ

สูตรการคำนวณหาปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด

$$\% \text{ Total N} = \frac{\text{N (HCl)} \times \{\text{ml(HCl)} - \text{ml(Blank)}\} \times 1.40067}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

หมายเหตุ

- การทดลองต้องทำแบบลบล้าง ซึ่งทำการทดลองเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง แต่ไม่ใส่ตัวอย่าง
- การทดลองต้องหาปริมาณร้อยละไนโตรเจน ของปุ๋ยมาตรฐานสูตรไนโตรเจน $12.09 \pm 0.33\%$ เพื่อเป็นการสอบเทียบความถูกต้องของการทดลอง

2 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด

เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆดังนี้ 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm จำนวน 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มิลลิลิตรใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วแต่ละขวด เติม molybdovanadate reagent 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสที่เตรียมได้ ไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยพล็อตกราฟระหว่างค่าดูดกลืนแสง (A) กับความเข้มข้นของสารมาตรฐานฟอสฟอรัส

ซึ่งตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ชั่งน้ำหนักให้อยู่ในช่วง 0.5-0.6 กรัม นำใส่ erlenmeyer flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมกรดผสม $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ อัตราส่วน 1:1 จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน hot plate ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย สารละลายจะมีลักษณะใส ให้สารเหลือประมาณ 5 มิลลิลิตร จากนั้นยกออกจาก hot plate ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำสารละลายที่ย่อยได้มาขัดตะกอนแล้วปรับปริมาตรแรกด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายตัวอย่าง จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย molybdovanadate 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร คำนวณหาความเข้มข้น ตามสูตรข้างล่างนี้

สูตรการคำนวณหาปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด ($\%P_2O_5$)

$$\% P_2O_5 = \frac{2.2913 \times \text{ความเข้มข้นของตัวอย่าง (ppm)} \times \text{ปริมาณแรกที่ปรับ (ml)} \times \text{dilution factor} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง(กรัม)} \times 10^6}$$

หมายเหตุ

การทดลองได้วิเคราะห์หาปริมาณร้อยละฟอสเฟต จากปุ๋ยมาตรฐานสูตรฟอสเฟต $60.52 \pm 1.30\%$ เพื่อเป็นการเทียบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์

3 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 10, 20, 30, 40 และ 50 ppm (working standard) โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ความเข้มข้น 100 ppm จำนวน 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย suppressor จำนวน 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

นำสารละลายที่เตรียมแต่ละความเข้มข้นนี้ไปวัดค่าการคายแสงด้วยเครื่อง AAS บันทึกผล นำผลที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐาน พล็อตกราฟระหว่างค่าการคายแสงกับความเข้มข้นมาตรฐานของโพแทสเซียมระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ซึ่งตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรด้วยเครื่องซึ่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ซึ่งน้ำหนักประมาณ 1.0 - 1.5 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flash ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมกรดผสม $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ จำนวน 20 มิลลิลิตร นำไปย่อยบน hot plate ที่อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียส ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย สารละลายจะมีลักษณะใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30 - 40 นาที จากนั้นยกออกจาก hot plate ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำสารละลายที่ย่อยได้มาขัดตะกอนนำสารละลายที่ได้ปรับปริมาตรแรกด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 250 มิลลิลิตร จากนั้นเปิดสารละลายตัวอย่างจำนวน 2, 4, 6, 8, 10 มิลลิลิตรตามลำดับ ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย suppressor จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง AAS บันทึกผลการทดลอง ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่าง หาได้โดยไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

สูตรการคำนวณหาปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด (%K₂O)

$$\% \text{K}_2\text{O} = \frac{1.2046 \times \text{ppm K} \times \text{dilution factor} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)} \times 10^6}$$

หมายเหตุ

- การทดลองหาปริมาณร้อยละโพแทสเซียม ได้วิเคราะห์ในปุ๋ยมาตรฐานสูตรโพแทสเซียม 35.40 ± 0.8

4 วิธีการวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุ อินทรีย์คาร์บอน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อ

ไนโตรเจน

เตรียมสารละลายตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร โดยซึ่งตัวอย่างด้วยเครื่องซึ่งละเอียด 4 ตำแหน่งน้ำหนักประมาณ 3 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย potassium dichromate เข้มข้น 1 N จำนวน 10 มิลลิลิตร เติม 98% H_2SO_4 หรือ silver sulfate ใน 98% H_2SO_4 (ในกรณีตัวอย่างที่มีคลอไรด์) จำนวน 10 มิลลิลิตร เติมสารละลาย o-phenanthroline ferrous sulfate จำนวน 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างปุ๋ยน้ำมาไทเทรต ด้วยสารละลาย ferrous sulfate ความเข้มข้น 0.5 N จนได้สารละลายจากสีเขียวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนแดง แสดงว่าถึงจุดยุติ บันทึกผลการทดลอง แล้วคำนวณหาค่าอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ดังสูตรข้างล่าง

สูตรการคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

$$\% \text{อินทรีย์คาร์บอน (\%OC)} = \frac{0.3896 \times ((B \times \text{ml FeSO}_4)) - 10}{\text{น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)}}$$

$$\% \text{อินทรีย์วัตถุ (\%OM)} = \% \text{OC} \times 1.7241$$

$$\text{ค่า C/N} = (\%OC)/(\%TN)$$

เมื่อ

$$B = \frac{\text{ปริมาตรของ } K_2Cr_2O_7 \text{ ที่เติมลงในตัวอย่างและแบลงค์ (ml)}}{\text{ปริมาตร } FeSO_4 \text{ ที่ไทเทรตพอดีกับ } K_2Cr_2O_7 \text{ ในแบลงค์}}$$

$$\%TN = \text{ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมดได้จากการทดลอง } g$$

5. การวิเคราะห์หาค่า pH และค่า EC

เทตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรใส่บีกเกอร์ จำนวน 40 มิลลิลิตร แล้ววัดค่า pH และ EC โดยใช้เครื่องวัด pH meter/EC ยี่ห้อ Mettler toledo รุ่น SerenMuHi ก่อนวัดต้องมีการ calibrate probe ก่อน

ตอนที่ 3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการทำการเกษตรอินทรีย์โดยการใช้ปุ๋ยน้ำหมัก

มูลสุกรในการปลูกพืชให้มีผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนแทนปุ๋ยเคมี

การศึกษความเป็นไปได้ในการนำปุ๋ยน้ำหมักสุกรไปใช้ประโยชน์ ในงานวิจัยนี้เกษตรกรได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปใช้ในการทำเกษตรอินทรีย์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพียงทางเชิงคุณภาพเท่านั้นด้วยการสังเกต จากแปลงเกษตรกรที่ปลูกพืชผัก ไร่อ้อยและไร่มันสำปะหลัง ที่ใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรดังกล่าว

บทที่ 4

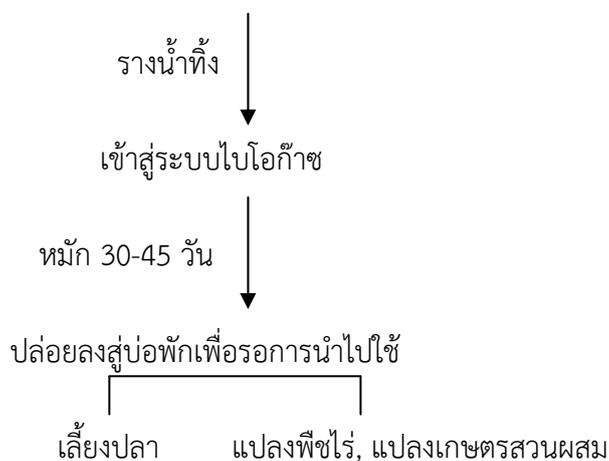
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 ผลศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

จากการศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ซึ่งงานวิจัยนี้ ได้ไปสำรวจเก็บข้อมูลการการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร กับนายเกรียงไกร เกษอาต เกษตรกรเจ้าของกิจการเกรียงไกรฟาร์ม ตั้งอยู่บ้านเลขที่ 226 หมู่ที่ 3 ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีโรงเรือน 2 หลังสำหรับเลี้ยงสุกร เลี้ยงสุกรหลังละ 625 ตัว รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น 1,250 ตัวต่อครั้ง การเลี้ยงสุกร เลี้ยงปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 เดือน ดังนั้นจึงมีของเสียที่ได้จากคอกสุกร คือ มูลสุกรเป็นส่วนใหญ่ น้ำปัสสาวะและเศษอาหาร ระหว่างการเลี้ยงได้ทำการล้างพื้นคอกสุกรเป็นประจำทุกวัน จึงทำให้น้ำทิ้งที่ผสมกับมูลสุกรมีปริมาณมาก การกำจัดของเสียที่เกิดจากมูลสุกร นายเกรียงไกร เกษอาต ได้สร้างระบบไบโอแก๊สแบบโดมคองที่ซึ่งเป็นระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า ผลผลิตที่ได้คือแก๊สชีวภาพที่สำคัญคือแก๊สมีเทน (CH_4) ซึ่งนำมาใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงในครัวเรือนและการปั่นไฟฟ้า และปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรใช้สำหรับทำการเกษตร และนำไปขายเป็นบางส่วน

น้ำเสียมูลสุกรก่อนผ่านระบบไบโอแก๊ส เติมจุลินทรีย์และกากน้ำตาล เกษตรกร มีวิธีการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็มโดยผสมในอัตราส่วน น้ำ 50 ส่วน กากน้ำตาล 1 ส่วน และจุลินทรีย์อีเอ็มเข้มข้น 1 ส่วน อัตราส่วนผสมหมักไว้ 7 วัน ปิดอย่างมิดชิด ก่อนนำมาเทลงในบ่อก่อนเข้าระบบไบโอแก๊สดังกล่าวทุกวัน วันละประมาณ 2 ลิตร น้ำเสียมูลสุกรที่ไหลพร้อมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็มผสม ก็จะถูกหมักผ่านระบบ ไบโอแก๊ส ผลผลิตที่ได้คือ ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร อัตราการไหลออกจากระบบไบโอแก๊สใช้เวลาประมาณ 30-45 วัน แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 5

น้ำล้างพื้นคอก (กากน้ำตาล+จุลินทรีย์ EM)



ก) บ่อส้วมสุกร



ข) ล้างทิ้งน้ำเสียมูลสุกร



ง) บ่อเติมจุลินทรีย์และกากน้ำตาล



ค) บ่อรวมน้ำมูลสุกร



จ) ระบบไบโอแก๊สแบบโดมคองที



ฉ) บ่อแยกตะกอนกับปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร



ช) บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร



ภาพที่ 5 แสดงกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ณ เกรียงไกรฟาร์ม

ตอนที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

งานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ที่ผ่านการหมัก ระบบไบโอแก๊สเรียบร้อยแล้ว เก็บตัวอย่าง 2 จุดด้วยกันคือ บ่อแยกตะกอนกับปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร (ภาพ 5, ฉ) และ บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร (ภาพ 5, ช) เก็บสองช่วงเวลาคือเดือน พฤษภาคม 2554 และ เดือนตุลาคม 2554 การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยมีทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ดังนี้คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%N) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดหรือฟอสเฟตทั้งหมด (%P₂O₅) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%K₂O) (ทั้งสามพารามิเตอร์นี้โดยทั่วไปจะนิยมเรียกว่า ค่า N-P-K) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%OM) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) แสดงผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากเกรียงไกรฟาร์ม

พารามิเตอร์	เดือน พฤษภาคม 2554		เดือน ตุลาคม 2554	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%N)	0.09	0.02	0.10	n.d.
ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (%P ₂ O ₅)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%K ₂ O)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
อินทรีย์คาร์บอน (%OC)	0.07	0.1	n.d.	0.1
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%OM)	0.12	0.16	n.d.	0.1
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	n.d.	4.8	n.d.	1.7
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.49	8.10	7.20	7.90
ค่าการนำไฟฟ้า (EC)	7.88	2.09	6.10	1.60

n.d. = not detectable (ไม่สามารถตรวจพบ)

บ่อที่ 1 คือ บ่อแยกตะกอนกับปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

บ่อที่ 2 คือ บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

จากผลการทดลองนี้ แสดงให้เห็นได้ว่าปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้ จากการผ่านการหมักจากระบบไบโอแก๊ส มีธาตุอาหารหลัก N-P-K ค่าอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้มาก ซึ่งไม่สามารถนำไปซื้อขายในเชิงทางการค้าได้ ถ้าเกษตรกรมีความประสงค์ที่จะผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ก็ต้องจำเป็นที่ต้องปรับปรุงตัดแปลงพัฒนาสูตรปุ๋ยให้มีคุณภาพให้ไปตามมาตรฐานที่กำหนด

ตอนที่ 3 ผลศึกษาความเป็นไปได้ในการทำการเกษตรอินทรีย์โดยการใช้น้ำหมักมูลสุกรในการปลูกพืชให้มีผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนแทนปุ๋ยเคมี

การใช้ประโยชน์ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ที่ผ่านระบบไบโอแก๊ส ของเกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม นำมาจากบ่อกักน้ำหมักมูลสุกร โดยวิธีปล่อยไปตามร่อง ไร่อ้อย ไร่มันสำปะหลัง การให้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรให้เดือนละ 1 ครั้งหรือ 2 เดือนต่อ 1 ครั้ง ซึ่งแปลงเกษตรของเกษตรกรมีประมาณ 50 ไร่ ภาพที่ 6 เป็นภาพตัวอย่างของไร่มันสำปะหลังที่ใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร บางครั้งการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรก็ใช้โดยการฉีดพ่นทางใบ และไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีใดๆ จากการนำไปใช้ของเกษตรกร พบว่า การใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรกับแปลงเกษตร ให้ผลดี เพราะพืชผักในแปลงเกษตร ตอบสนองในการเจริญเติบโตดี ดังนั้นการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นการช่วยเกษตรกรลดต้นทุนในการผลิตเพิ่มผลกำไรมากขึ้น ทำให้ชีวิตของเกษตรกรและผู้บริโภคกินดีอยู่ดี ปราศจากโรคภัยตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพ 6 ไร่มันสำปะหลัง ณ เกรียงไกรฟาร์ม

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิต ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม ซึ่งได้มีการเลี้ยงหมู ปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 1,250 ตัว การเลี้ยงเป็นแบบระบบปิด น้ำเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรคือ มูลสุกรเป็นส่วนใหญ่ ปัสสาวะและเศษอาหาร นายเกรียงไกร เกษอาวด ได้สร้างระบบไบโอแก๊สแบบโดมคอกที่เป็นระบบบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า น้ำเสียมูลสุกร ใช้ระยะเวลาในการผ่านระบบไบโอแก๊ส ประมาณ 30-45 วัน ผลผลิตที่ได้ที่สำคัญคือก๊าซมีเทน นอกจากนี้ น้ำเสียมูลสุกร ก็จะกลายเป็นปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรนี้ไปวิเคราะห์มาตรฐานคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ณ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก การเก็บตัวอย่างปุ๋ยเก็บปุ๋ยที่ผ่านการหมักระบบไบโอแก๊สแล้ว เก็บ 2 จุดด้วยกัน คือบริเวณบ่อแยกตะกอน และบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำที่วิเคราะห์มีด้วยกันทั้ง 8 พารามิเตอร์คือ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด อินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรดต่าง และ ค่าการนำไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบว่า มีเพียงบ่อแยกตะกอนมีปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมดเพียง 0.1 % สำหรับค่าอินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ทั้งบ่อแยกตะกอนและบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ความเป็นกรดต่างของปุ๋ยผลที่ได้มีค่าความเป็นต่าง และค่าการนำไฟฟ้าที่ได้มีค่าไม่เกิน 10 เดซิเมนต์ต่อเมตร ซึ่งก็ไม่เป็นอันตรายต่อพืช นอกจากนี้เกษตรกรเกรียงไกรฟาร์มได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรนี้ไปใช้กับแปลงเกษตร ไร่ อ้อย ไร่ มันสำปะหลัง และแปลงเกษตรผสมผสาน พบว่าให้ผลผลิตทางการเกษตรได้ดี ไม่มีการนำปุ๋ยเคมีใดๆมาใช้ในแปลงเกษตร ซึ่งก็เป็นการส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ ช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกร และเป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรมีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยน้ำ ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร ดังนั้นถ้าเกษตรกรมีความประสงค์ค้าขายปุ๋ยเชิงพาณิชย์ ก็ต้องสร้างระบบปรับปรุงตัดแปลงสูตรปุ๋ยน้ำหมักอินทรีย์ เพื่อให้ได้มาตรฐานตามที่กำหนด
2. เกษตรกรส่วนใหญ่ ทำการเกษตรแบบพื้นบ้าน ทำการผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลักและอาจมีการจำหน่ายส่วนเกิน ทำให้ขาดการบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบได้อย่างถูกต้องและชัดเจน หากมีการวิจัยต่อไปควรมีการบันทึกการเจริญเติบโตพืชไร่ เปรียบเทียบผล

บรรณานุกรม

- กัณทิมา ทองศรี. (2551). การศึกษาน้ำยาสกัดธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ (N-P-K) ในดินนาที่สำคัญบางชุดของภาคกลางในประเทศไทย. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. (2551). **คู่มือวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการผลิทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- เกษตรจังหวัดนครนายก. (2549). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.nakhonnayok.go.th/moac/data/kaset2.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 5 ตุลาคม 2552).
- กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ศอ.4. (2555). **เปลี่ยนของเสีย ๑ ให้เป็น 'ไบโอแก๊ส' ช่วยลดโลกร้อน สร้างโลกสวย**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/biogas.php>. (วันที่ค้นข้อมูล 1 กุมภาพันธ์ 2555).
- กรมควบคุมมลพิษ. (2538). **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ**. : กรุงเทพฯ:กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2548). **การใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิชาการเกษตร
- คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์. (2549). **การใช้ปุ๋ยในการทำเกษตรอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา
- ไชยา อ้อยสูงเนิน. **คู่มือการเลี้ยงสุกร**. กรุงเทพฯ: สำนักงานศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท
- ธงชัย มาลา. (2550). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์นมก. – ธ.ก.ส. NF046/2550 เรื่อง ปุ๋ยอินทรีย์ป่นเม็ด – อัดเม็ด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://74.125.153.132/search?q=cache:TWofkmFWe4sJ:kuserice.ku.ac.th/cms_web/index.php. (วันที่ค้นข้อมูล 6 มีนาคม 2552).
- ประภา เหล่าสมบูรณ์. (2542). **การเลี้ยงสุกร**. ราชบุรี:สถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- คณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์ วุฒิสภา. (2549). **การใช้ปุ๋ยในการทำเกษตรอินทรีย์**. กรุงเทพฯ:สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา
- มุกดา สุขสวัสดิ์. (2543). **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- มยุรี เหมสุทธิ เสาวภา ชูมณี และอภิศักดิ์ ศรียากุล. (2552). **การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยน้ำชีวภาพและปุ๋ยอินทรีย์ป่นเม็ด ของกลุ่มเกษตรอินทรีย์และชีวภาพ**. ในเล่มรวบรวมผลงานโครงการที่ได้รับทุนโครงการ IRPUS ประจำปี 2552 เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- ยงยุทธ โอสดสภา. (2546). **ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- รัชนีวรรณ บุญสม. (2551). **ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://erdi.or.th/~km/PEDIA%20For%20%20KM/TKN.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 14 พฤศจิกายน 2552).
- รุ่งนภา ก่อประดิษฐ์สกุล และ คธาเทพ เหลืองอรุณ (2542). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การบำบัดชั้นหลังของน้ำมูลหมักมูลจากระบบแก๊สชีวภาพแบบชีววิธี**.
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ:สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- วิเชียร ตันตืออิมงคล โอภาส เกตุเดชา สมควร บุญแสวง และสุดใจ เกตุเดชา (2547). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การผลิตปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพเพิ่มธาตุอาหารพืช**.
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กรุงเทพฯ : สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ศิราภรณ์ ชื่นบาน (2550). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การการใช้สาหร่าย spirulina platensis ในการบำบัดน้ำเสียจากฟาร์มสุกรและการนำกลับมาใช้ประโยชน์**.
 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: กรุงเทพฯ:สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
- สุทธพรรณ ตรีรัตน์ และไพรินทร์ กลีลานนท์. (2531). **ผลของสารประกอบไนโตรเจนและสารเร่งพด.-1 ต่อการย่อยสลายซีลื้อจากถุ๊กก่อนเชื้อเห็ดหอมที่ใช้แล้ว**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
http://pikul.lib.ku.ac.th/cgi-bin/agdb1.exe?rec_id=037910&database=agdb1&search_type=link&table=mona&back_path=/agdb1/mona&lang=thai&format_name=TFMON. (วันที่ค้นข้อมูล 2 กุมภาพันธ์ 2553).
- สมพร ชุนห์ลือชานนท์. (2549). **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การผลิตปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพเพิ่มธาตุอาหารพืช**. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สุวรรณา สาสนร์กิจ. (2553). **การวิเคราะห์ดินและแปลความหมายในระดับห้องปฏิบัติการและไร่นา**. ศูนย์ฝึกอบรมวิศวกรรมเกษตร [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://118.175.21.24/wbi1/index.html>. (วันที่ค้นข้อมูล 10 มีนาคม 2553).
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2549). **สถิตินำเข้า-ส่งออก**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.oac.go.th/imp-exp.htm>. (วันที่ค้นข้อมูล 6 พฤษภาคม 2552).
- สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา. (2552). **พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.panyathai.or.th> (วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤษภาคม 2552).
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2546). **เกษตรอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: มาตรฐานสินค้าและอาหารแห่งชาติ มอกช. 9000-2546.
- สันทัต เมฆอารียะ, อติศักดิ์ พลทรัพย์ และปานมุก (2552) **วัชระปิยะโสภณ. การทำปุ๋ยจากเปลือกข้าวโพด**. จากแผ่น CD-IRPUS2552. ในรายงานการประชุมทางวิชาการของ IRPUS ประจำปี 2552 กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน 2535 คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อนุวัฒน์ ยินดีสุข และนายบวร ไชยชา. (2550). รายงานวิจัยเรื่อง การศึกษาธาตุอาหารหลัก
ในน้ำหมักที่ได้จากการหมักขยะอินทรีย์และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. อุบลราชธานี:
สำนักงานวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ภาคผนวก ก

ภาพอุปกรณ์ เครื่องมือ และอื่นๆ



ภาพที่ ผก 1 ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 อำเภอรังทอง จังหวัดพิษณุโลก



ภาพที่ ผก 2 เครื่องอัลตราไวโอเล็ตสเปกโตรสโกปี (ultraviolet spectrophotometer) ที่ใช้สำหรับสำหรับวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส



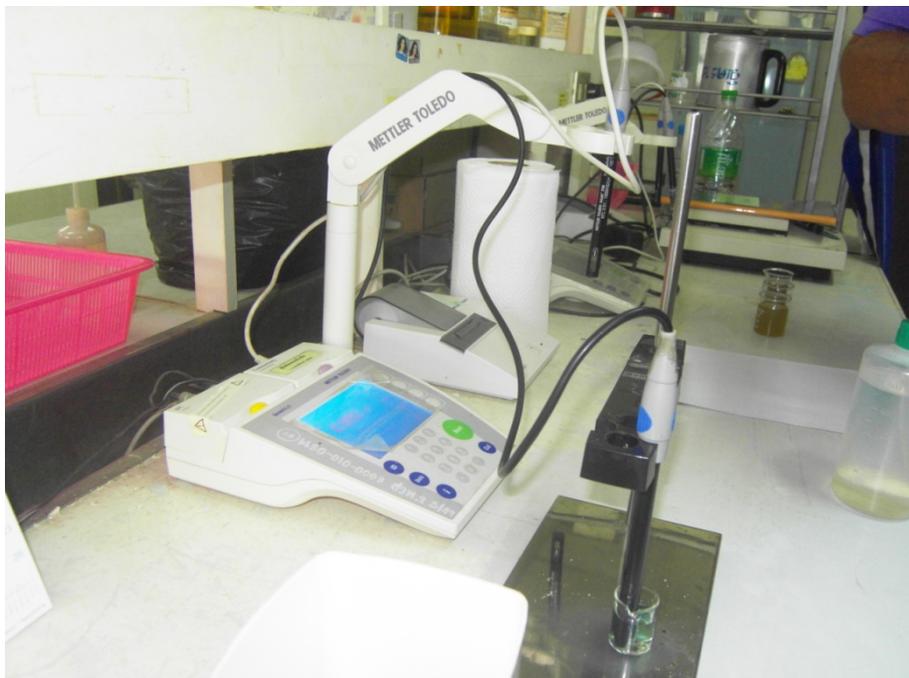
ภาพที่ ผก 3 เครื่องย่อยเจลดาร์ล ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจน



ภาพที่ ผก 4 เครื่องกลั่นเจลดาร์ลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจน



ภาพที่ ผก 5 เครื่องอะตอมมิกแอพซอพชั่นสเปกโทรสโกปี (atomic absorption spectroscopy) ที่ใช้ในการวิเคราะห์โพแทสเซียม



ภาพที่ ผก 6 เครื่อง pH/EC Mettler Toledo



ภาพที่ ผก 7 ผู้วิจัย ผู้ช่วยวิจัย และเกษตรกร ณ เกรียงไกรฟาร์ม



ภาพที่ ผก 8 ไบโอก๊าซบ่อหมักแบบโดมคองที่ ณ เกรียงไกรฟาร์ม



ภาพที่ ผก 9 บ่อดกตะกอนปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ตำแหน่งเก็บตัวอย่างปุ๋ย 1 ณ เกรียงไกรฟาร์ม



ภาพที่ ผก 10 บ่อดักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ตำแหน่งเก็บตัวอย่างปุ๋ย 2 ณ เกรียงไกรฟาร์ม

ภาคผนวก ข

การนำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ที่ผ่านระบบไบโอแก๊สแบบบ่อหมักโดมคองที่ ของ เกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม นายเกรียงไกร เกษษอาด ใช้โดยการฉีดพ่นทางใบ และไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมี ใดๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรกับแปลงเกษตร ให้ผลผลิตได้ดี เพราะเกษตรกรไม่ได้ใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้เกษตรกรลดต้นทุนในการผลิตเพิ่มผลกำไรมากขึ้น ชีวิตของเกษตรกรและผู้บริโภคกินดีอยู่ดี ปราศจากโรคร้ายตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง แสดงการนำไปใช้ประโยชน์ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ ผข 1 ไร่มันสำปะหลัง ณ เกรียงไกรฟาร์ม



ภาพที่ ผข 2 การใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยการฉีดพ่นทางใบ แปลงเกษตรผสมผสาน ณ เกரியงไกรฟาร์ม



ภาพที่ ผข 3 การใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยสูบรด ไร่อ้อย ณ เกரியงไกรฟาร์ม

ภาคผนวก ค

การบูรณาการวิจัยกับการเรียนการสอน

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำวิธีการทดลองในงานวิจัยนี้ มาบูรณาการเรียนการสอนดังในรายวิชา 4024605 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือขั้นสูง (Advanced Instrumental Analytical Chemistry). ในส่วนของการปฏิบัติการทดลองตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ถึง 12 มีรายละเอียดดังนี้

รายละเอียดของรายวิชา

ชื่อสถาบันอุดมศึกษา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
วิทยาเขต/คณะ/ภาควิชา	สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หมวดที่ 1 ข้อมูลโดยทั่วไป

1. รหัสและชื่อรายวิชา 4024605 การวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือขั้นสูง (Advanced Instrumental Analytical Chemistry)
2. จำนวนหน่วยกิต 3(2-3-6)
3. หลักสูตรและประเภทของรายวิชา หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2551 หมวดวิชาเฉพาะด้าน กลุ่มวิชาเอกเลือก
4. อาจารย์ผู้รับผิดชอบรายวิชาและอาจารย์ผู้สอน อาจารย์ ดร. เสาวภา ชูมณี
5. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน ภาคการศึกษา 2/2555 ชั้นปีที่ 3
6. รายวิชาที่ต้องเรียนมาก่อน (Pre-requisites) (ถ้ามี) 4022601 เคมีวิเคราะห์ 1
7. รายวิชาที่ต้องเรียนพร้อมกัน (Co-requisites) (ถ้ามี) ไม่มี
8. สถานที่เรียน ภาคทฤษฎี (2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์) ห้องบรรยาย ภาคปฏิบัติ (3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์) ห้อง อาคารสิรินธร ชั้น 3 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
9. วันที่จัดทำรายละเอียดของรายวิชา หรือวันที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุด วันที่ 1 มีนาคม 2555

หมวดที่ 2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

<p>1. จุดมุ่งหมายของรายวิชา</p> <p>1) ศึกษาหลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือสูง โดยเน้นข้อดี ข้อเสียของวิธีการวิเคราะห์</p> <p>2) ศึกษาการอปติไมซ์ของวิธีการวิเคราะห์ หาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับวิธีการทดลอง และพิสูจน์ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความเที่ยงและแม่นยำ</p>
<p>2. วัตถุประสงค์ในการพัฒนา/ปรับปรุงรายวิชา</p> <p>เพื่อให้สอดคล้องกับสาระวิชาในกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์(มคอ. 1) สอดคล้องกับอัตลักษณ์และลักษณะที่พึงประสงค์ของนักศึกษาตามมาตรฐานผลการเรียนรู้ของหมวดศึกษาวิชาเฉพาะด้าน กลุ่มวิชาเอกเลือก</p>

หมวดที่ 3 ลักษณะและการดำเนินการ

<p>1. คำอธิบายรายวิชา</p> <p>หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือขั้นสูง โดยเน้นข้อดี ข้อเสีย ของวิธีวิเคราะห์ แต่ละวิธี และวิธีการอปติไมซ์เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เที่ยงตรงแม่นยำ และปฏิบัติการที่เกี่ยวกับทฤษฎี</p>											
<p>2. จำนวนชั่วโมงที่ใช้/ภาคการศึกษา</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>บรรยาย</th> <th>สอนเสริม</th> <th>การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน</th> <th>การศึกษาด้วยตนเอง</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา</td> <td>ตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย</td> <td>3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา</td> <td>6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 90 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา</td> </tr> </tbody> </table>				บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง	2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	ตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 90 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา
บรรยาย	สอนเสริม	การฝึกปฏิบัติ/งานภาคสนาม/การฝึกงาน	การศึกษาด้วยตนเอง								
2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	ตามความต้องการของนักศึกษาเฉพาะราย	3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา	6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ 90 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา								
<p>3. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์ให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล</p> <p>2 ชั่วโมง/สัปดาห์</p>											

หมวดที่ 4 การพัฒนาการเรียนรู้ของนักศึกษา

<p>1. คุณธรรม จริยธรรม</p> <p>1.1 คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา</p> <p>1.1.1 ตระหนักในคุณค่าของคุณธรรม จริยธรรมและศีลธรรม มีจิตสาธารณะ มีความซื่อสัตย์ สุจริต มีความรับผิดชอบ มีความสามัคคี มีความรัก มีความเมตตากรุณาและมีระเบียบวินัย</p> <p>1.1.2 ตระหนักและเห็นคุณค่าของการเรียนรู้ เกิดความต้องการ ความสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้</p> <p>1.1.3 มีความเพียรพยายามในการทำงาน มีความตั้งใจ อดทนขยันหมั่นเพียร ควบคุมกับการใช้สติปัญญาในการแก้ปัญหาจนประสบผลสำเร็จ มีความรับผิดชอบต่อตามสถานการณ์ทั้งบุคคลและกลุ่ม</p> <p>1.1.4 มีความสุขภาพอ่อนน้อมถ่อมตน กตัญญูรู้คุณ ประหยัด สุขุม รู้จักกาลเทศะ เป็นคนดี และดำเนินชีวิตตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง</p> <p>1.1.5 มีความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดี มีความสามารถในการทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้ง</p>

<p>1.1.6 มีความเคารพในกฎระเบียบของสถานศึกษา ชุมชนและสังคม รวมทั้งการแสดงออกทางการแต่งกายที่เหมาะสม</p>
<p>1.2 วิธีการสอนที่จะใช้พัฒนาการเรียนรู้</p> <p>1.2.1 กำหนดให้เป็นวัฒนธรรมองค์กรที่ปลูกฝังความมีระเบียบวินัย เคารพในกฎระเบียบของมหาวิทยาลัย เช่นการเข้าชั้นเรียนตรงเวลา แต่งกายตามระเบียบของมหาวิทยาลัย การยกย่องผู้ที่ทำดีให้สาธารณชนได้รับรู้หรือให้รางวัลตามโอกาสที่เหมาะสม</p> <p>1.2.2 จัดกิจกรรมเสริมหลักสูตรตามโอกาสอันควรเพื่อเน้นย้ำให้ผู้เรียนเข้าใจ เข้าถึงคุณธรรม จริยธรรมที่ต้องการปลูกฝังบ่มเพาะให้ปรากฏในตัวผู้เรียนอย่างเป็นรูปธรรม</p>
<p>1.3 วิธีการประเมินผล</p> <p>1.3.1 ประเมินจากพฤติกรรมของผู้เรียน เช่น การเข้าชั้นตรงเวลา ส่งงานตรงเวลาและครบถ้วน การร่วมกิจกรรมในชั้นเรียนอย่างผู้มีความรับผิดชอบ เป็นต้น</p> <p>1.3.2 ประเมินจากพฤติกรรมการสอบย่อย สอบกลางภาคการศึกษา และการสอบปลายภาค การศึกษาที่เป็นไปอย่างสุจริต</p> <p>1.3.3 ประเมินจากการเข้าร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตร ที่แสดงถึงความมีวินัย ความพร้อมเพรียง ความเป็นนำและผู้ตามที่ดี ความเอื้ออาทรเพื่อน ความรักสามัคคีและความเป็นผู้มีความกตัญญู สุภาพอ่อนน้อม</p>
<p>2. ความรู้</p>
<p>2.1 ความรู้ที่ต้องได้รับ</p> <p>2.1.1 มีความรู้ความเข้าใจในหลักการ ข้อเท็จจริงและความเชื่อมโยงของเรื่องที่ศึกษากับชีวิตประจำวัน</p> <p>2.1.2 มีความสามารถในการบูรณาการความรู้ความเข้าใจในศาสตร์ต่าง ๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันได้อย่างมีความสุขทั้งทางร่างกายและจิตใจโดยใช้รูปแบบการคิด และทักษะต่าง ๆ อย่างเหมาะสม เช่น การคิดวิเคราะห์และการคิดอย่างมีเหตุผล</p> <p>2.1.3 มีความรู้ความเข้าใจในความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์ สังคมและสิ่งแวดล้อม และแก้ปัญหาความขัดแย้งอย่างมีเหตุผล โดยใช้กระบวนการคิดเชิงตรรกะ กระบวนการคิดแบบอุปนัย กระบวนการคิดนิรนัย และกระบวนการคิดแบบมีวิจารณญาณ</p> <p>2.1.4 มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน</p>

<p>2.2 วิธีการสอน</p> <p>2.2.1 จัดการเรียนรู้การสอนที่มีลักษณะยึดผู้เรียนเป็นสำคัญโดยจัดกิจกรรมในลักษณะบูรณาการความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเข้ากับความรู้และประสบการณ์ใหม่ในรายวิชาที่สอนได้อย่างกลมกลืน</p> <p>2.2.2 จัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้อย่างแท้จริง</p> <p>2.2.3 จัดกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สัมผัสกับวิทยาการที่มีความรู้ความสามารถในศาสตร์หรือคุณลักษณะที่พึงประสงค์ที่ต้องการปลูกฝัง ตามโอกาสอันควร อาจกระทำด้วยการเชิญวิทยากรมาสาธิตหรือบรรยายในชั้นเรียน หรือด้วยการนำผู้เรียนไปศึกษาดูงาน ณ แหล่งเรียนรู้ที่วิทยาการประจำอยู่</p>
<p>2.3 วิธีการประเมินผล</p> <p>2.3.1 ประเมินด้วยการสอบย่อย สอบกลางภาคการศึกษาและสอบปลายภาคการศึกษา</p> <p>2.3.2 ประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ของรายวิชาที่เรียนทั้งในชั้นเรียนและนอกชั้นเรียน</p> <p>2.3.3 ประเมินจากชิ้นงานที่ผู้เรียนสร้างสรรค์แล้วนำเสนอผู้สอนทั้งเป็นกลุ่มและรายบุคคล</p>
<p>3. ทักษะทางปัญญา</p> <p>3.1 ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา</p> <p>3.1.1 พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบ</p> <p>3.1.2 พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ</p> <p>3.1.3 มีทักษะทางการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า</p> <p>3.1.4 สามารถทำความเข้าใจถึงสาเหตุของปัญหา รวมทั้งวิธีการแก้ไขปัญหาโดยประยุกต์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาได้</p> <p>3.1.5 สามารถรวบรวม ศึกษา และสรุปประเด็นปัญหาได้</p> <p>3.1.6 พัฒนาการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย</p> <p>3.1.7 พัฒนาความสามารถและทักษะในการวางแผนงาน และปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ได้โดยการยอมรับในการวางแผนงานอย่างเป็น และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบการให้เหตุผลอย่างมีวิจารณญาณ</p>

<p>3.2 วิธีการสอน</p> <p>3.2.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยกระบวนการคิดเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ ใคร่ครวญด้วยเหตุผล และมีวิจารณญาณ เช่น อภิปรายกลุ่ม ฝึกแก้ปัญหาเป็นกลุ่ม จัดสถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนฝึกตัดสินใจ เป็นต้น</p> <p>3.2.2 จัดการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ตรง เช่น ฝึกปฏิบัติด้วยการแสดงบทบาทสมมติ ออกศึกษานอกสถานที่ เพื่อฝึกสังเกต สัมภาษณ์ พูดคุยกับผู้ที่มีประสบการณ์แล้วสรุปเป็นสาระความรู้ แนวคิด ข้อคิดที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างลงตัว</p>
<p>3.3 วิธีการประเมินผล</p> <p>3.3.1 ประเมินด้วยการสังเกตพฤติกรรมทางปัญญาของผู้เรียนตั้งแต่ ชั้นสังเกตตั้งคำถาม สืบค้น คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ตามลำดับ</p> <p>3.3.2 ประเมินด้วยการพุดรายงานผลการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่าในกรณีตัวอย่าง บทบาทสมมติ บทความ บทร้อยกรอง หรือบทกวีนิพนธ์ที่อ่านต่อหน้าชั้นเรียน</p> <p>3.3.3 ประเมินด้วยการสร้างสถานการณ์จำลอง แล้วให้ผู้เรียนฝึกตัดสินใจแก้ปัญหาอย่างมีเหตุมีผล โดยผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลงานนั้น</p>
<p>4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ</p>
<p>4.1 ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา</p> <p>4.1.1 พัฒนาทักษะการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันและผู้อื่น</p> <p>4.1.2 พัฒนาทักษะของความเป็นผู้นำและผู้ตามในการทำงานกลุ่ม</p> <p>4.1.3 พัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีความรับผิดชอบ ในงานที่ได้รับมอบหมาย ตรงต่อเวลา</p> <p>4.1.4 พัฒนาทักษะในการปฏิสัมพันธ์กับบุคคล ในสังคม</p> <p>4.1.5 พัฒนาทักษะการปฏิบัติหน้าที่ที่ดีของนักศึกษาและการปฏิบัติตัวที่ดีต่ออาจารย์</p> <p>4.1.6 มีบุคลิกภาพที่แสดงความเป็นมิตร กล้าแสดงออก มีความมั่นใจ มีความสุภาพ และเสียสละ</p>
<p>4.2 วิธีการสอน</p> <p>4.2.1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงจากการทำงานเป็นคู่ หรือเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกความรับผิดชอบ ทักษะความเป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีมีทักษะการสร้างมนุษยสัมพันธ์ปรับตัว และยอมรับความแตกต่างของคนในสังคม</p> <p>4.2.2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ช่วยกันเรียนรู้ เช่น ทำงานกลุ่ม การแสดงบทบาทสมมุติร่วมกัน การเล่นเกมเป็นทีม เป็นต้น</p>
<p>4.3 วิธีการประเมินผล</p> <p>4.3.1 สังเกตการณ์ร่วมกิจกรรมกลุ่มของผู้เรียน</p> <p>4.3.2 สร้างแบบประเมินทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ สำหรับให้ผู้เรียนประเมินผลตนเองและประเมินเพื่อน</p>

5 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ	
5.1 ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสาร และการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา	
5.1.1	พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารและการสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างเหมาะสม
5.1.2	พัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากกรณีศึกษา
5.1.3	ทักษะในการใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์ สถิติประยุกต์ต่อการแก้ไขปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์
5.1.4	พัฒนาทักษะด้านการสื่อสารทั้งการฟัง การพูด การเขียน การอ่านและตีความ โดยจัดทำเป็นรายงาน และนำเสนอในชั้นเรียนเป็นภาษาไทยและ/หรือภาษาอังกฤษ
5.1.5	ทักษะในการนำเสนอรายงานโดยใช้รูปแบบ เครื่องมือ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม
5.1.6	พัฒนาทักษะในการเผยแพร่ผลงาน
5.2 วิธีการสอน จัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยการจัดประสบการณ์ตรงให้ผู้เรียนได้มีโอกาสใช้สถิติพื้นฐานในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ พร้อมกับการนำเสนอด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม	
5.2.2	จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้มีโอกาสสืบค้นข้อมูลด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศที่เหมาะสมและได้ข้อมูลที่ทันสมัย ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการ
5.3 วิธีการประเมินผล	
5.3.1	จัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้สะท้อนความรู้ความคิด ความเข้าใจผ่านสื่อเทคโนโลยีแบบต่างๆ
5.3.2	สังเกตพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยีในระหว่างร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ ในชั้นเรียน หรือขณะร่วมกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่มหาวิทยาลัยจัดขึ้น

หมวดที่ 5 แผนการสอนและการประเมินผล

1. แผนการสอน

ภาคทฤษฎี ทั้งหมด 30 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา (15 สัปดาห์)

สัปดาห์ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวนชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	ปฐมนิเทศการเรียนรู้ (Pre-school) - แนะนำการเรียนและการประเมินผล - แนะนำแหล่งเรียนรู้และเอกสารการค้นคว้าบทความ จากวารสารทางเคมีวิเคราะห์ - วิเคราะห์ความรู้พื้นฐานผู้เรียน	2	- บรรยาย อธิบาย - ชักถาม ถามตอบ - เอกสารประกอบการสอน ในรายวิชา - Power Point - เครื่องคอมพิวเตอร์	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียน การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
2-3	1 ความรู้เบื้องต้น เกี่ยวกับ method validation - Method validation - Analytical method validation: Accuracy in quantization	4	- บรรยาย อธิบาย ซักถาม ถามตอบ - เอกสาร ประกอบการสอน ในรายวิชา - Power Point	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
4-6	2 หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ UV-Vis และวิธีการออปติไมซ์ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เที่ยงตรงแม่นยำ - หลักการของเครื่องมือ UV-VIS เน้นข้อดี ข้อเสีย - การออปติไมส์วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ เครื่อง UV-Vis - พิสูจน์ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ความเที่ยงและความแม่นยำ - อ่านบทความงานวิจัย การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง UV-Vis	6	- บรรยาย อธิบาย ซักถาม ถามตอบ - เอกสาร ประกอบการสอน ในรายวิชา - Power Point	
7	สอบกลางภาค	2		
8-10	3 หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ HPLC และวิธีการออปติไมซ์เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เที่ยงตรงแม่นยำ - หลักการของเครื่องมือ HPLC ด้วยเครื่องตรวจวัดประเภทต่างๆ เน้นข้อดี ข้อเสีย - การออปติไมส์วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ เครื่อง HPLC - พิสูจน์ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ความเที่ยงและความแม่นยำ - อ่านบทความงานวิจัย การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง HPLC	6	- บรรยาย อธิบาย ซักถาม ถามตอบ - เอกสาร ประกอบการสอน ในรายวิชา - Power Point	

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียน การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
11-13	<p>4. หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ GC และวิธีการอบตีโมลซ์เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เที่ยงตรงแม่นยำ</p> <ul style="list-style-type: none"> - หลักการของเครื่องมือ GC ด้วยเครื่องตรวจวัดประเภทต่างๆ เน้นข้อดี ข้อเสีย - การอบตีโมลซ์วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ เครื่อง GC - พิสูจน์ความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ความเที่ยงและความแม่นยำ - อ่านบทความงานวิจัย การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC 	6	<ul style="list-style-type: none"> - บรรยาย อธิบาย ชักถาม ถามตอบ - เอกสาร - ประกอบการสอน ในรายวิชา - Power Point 	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
14-15	<p>นำเสนอแบบปากเปล่า รายบุคคล แบบ power point โดยค้นคว้าบทความวิจัยที่ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ จากวารสารต่างประเทศ</p>	4	<ul style="list-style-type: none"> - ตั้งคำถาม และอภิปราย และตอบคำถาม - power point 	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี

ภาคฝึกปฏิบัติการทดลอง ทั้งหมด 45 ชั่วโมงต่อภาคการศึกษา (15 สัปดาห์)

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียน การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
1	<p>ปฐมนิเทศการเรียนรู้ (Pre-school)</p> <ul style="list-style-type: none"> - แนะนำการเรียนและการประเมินผล - แนะนำการทำรายงาน - แนะนำปฏิบัติการการใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ขั้นสูง โดย เลือกเครื่องมือ UV-Vis , AAS หรือ HPLC อย่างใดอย่างหนึ่ง - แนะนำการค้นคว้าบทความงานวิจัย จากวารสารต่างประเทศ 	3	<ul style="list-style-type: none"> - Power Point - จัดกลุ่มฝึกการทดลอง และทำรายงาน 	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
2	-ปฏิบัติการฝึกการออกแบบ วาง แผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรมที่ เกี่ยวข้อง เช่น mind map	3	-ฝึกปฏิบัติการ -นำเสนอผลการศึกษา - ตั้งคำถาม และ อภิปราย และตอบ คำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
3	- นำเสนอแผนการทดลองเพื่อจะ นำไปปฏิบัติการ - ค้นคว้าบทความงานวิจัย แต่ละกลุ่มเลือกเครื่องมือสำหรับการ วิเคราะห์ และใช้งานวิจัย เสาวภา, 2554 ใน การศึกษาทำการทดลองซ้ำ	3	-ฝึกปฏิบัติการ - ตั้งคำถาม และ อภิปราย และตอบ คำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
4	ปฏิบัติการส่วนที่ 1. เตรียม สารละลาย และการคำนวณ (นักศึกษาเขียนผัง การเตรียมและ นำเสนอก่อนเตรียมสารละลาย)	3	-ฝึกปฏิบัติการ -นำเสนอผลการศึกษา - ตั้งคำถาม และ อภิปราย และตอบ คำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
5-7	ปฏิบัติการส่วนที่ 2. หาสภาพ เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์	9	-ฝึกปฏิบัติการ -นำเสนอผลการศึกษา - ตั้งคำถาม และ อภิปราย และตอบ คำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
8-12	ปฏิบัติการส่วนที่ 3. พิสูจน์ความถูกต้อง ของวิธีการวิเคราะห์ - ความเป็นเส้นตรง - ความเที่ยง - ความแม่นยำ - LOD - LOQ (ทำสามซ้ำ 3 day) -สร้างแผนผังการควบคุมคุณภาพการ วิเคราะห์ -วิเคราะห์ สารตัวอย่างอย่างน้อย 2 ชนิด	9	-ฝึกปฏิบัติการ -นำเสนอผลการศึกษา - ตั้งคำถาม และ อภิปราย และตอบ คำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี

สัปดาห์ ที่	หัวข้อ/รายละเอียด	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียน การสอน สื่อที่ใช้	ผู้สอน
13-14	ปฏิบัติการส่วนที่ 4. ใช้หลักสถิติในการประมวลผลการวิเคราะห์นักศึกษา อภิปรายจัดร่างการทำรายงานเป็นรูปเล่ม	6	-ตรวจสอบงานที่นำเสนอ -นำเสนอผลการศึกษา - ตั้งคำถาม และอภิปราย และตอบคำถาม	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี
15	สอบปฏิบัติการแบบปากเปล่าและการนำเสนอผลการวิเคราะห์และส่งรูปเล่มแบบสมบูรณ์	3	-สอบแบบกลุ่ม - power point	อ. ดร. เสาวภา ชุมณี

2. แผนการประเมินผลการเรียนรู้

ที่	ผลการเรียนรู้	วิธีการประเมิน	สัปดาห์ที่ประเมิน	สัดส่วนของการประเมินผล
1	1.3, 2.3, 3.3	สังเกตและจดบันทึก - การเข้าเรียน และการตรงต่อเวลา - การรับผิดชอบต่องานที่มอบหมาย เช่นการบ้าน	1-15	รวม 20 % 10 % 10 %
3	1.3, 2.3, 3.3, 4.3, 5.3	สังเกตและสอบปากเปล่า - เทคนิคการปฏิบัติการและการวางแผนการทดลอง - การนำเสนอและรายงาน	2 - 13	รวม 30 % 10 % 10 %
4	2.3, 3.3	การสอบ สอบกลางภาค สอบปฏิบัติการ สอบปลายภาค	7 15 16	รวม 60 % 20 % 20 % 20 %

หมวดที่ 6 ทรัพยากรประกอบการเรียนการสอน

1. ตำราและเอกสารหลัก

เสาวภา ชูมณี. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารกันเสีย (กรดเบนโซอิก กรดซอร์บิก เมทิลพาราเบน และโพรพิลพาราเบน) ในอาหาร และเครื่องสำอาง โดยเทคนิคโครมาโทกราฟีของเหลวแบบสมรรถนะสูง ผู้สนับสนุนทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

เสาวภา ชูมณี. (2554). รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองมูล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้สนับสนุนทุนวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Swartz M. & Krull I. (2005). Analytical method validation: accuracy in quantitation. *LCGC North America.*, 23, 47-52

Thomsen V., Schatzlein D., & Mercurio D. (2003). Limits of detection in spectroscopy. *Spectroscopy.*, 18(12), 112-114.

Pohl B. (2004). Method validation and qualification of instruments for atomic spectrometry. *Accred Qual Assur.*, 9, 503-504.

2. เอกสารและข้อมูลสำคัญ

Heinänen M. & Barbas C. (2001). Validation of an HPLC method for the quantification of ambroxol hydrochloride and benzoic acid in a syrup as pharmaceutical form stress test for stability evaluation. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis.* 24, 1005-1010.

Techakriengkrai I. & Surakarukul R. Analysis of benzoic acid and sorbic acid in Thai rice wines and distillates by solid-phase sorbent extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Food composition and analysis.* 20, 220-225.

Sutthiviyakit P., Achatz S., Lintelmann J., Aungpradit T., Chanwirat R. Chumamee S., & Kettrup A. (2005). LC-MS/MS method for the confirmatory determination of aromatic amine and its application in textile analysis. *Anal Bioanal chem.* 381, 268-276.

Chumamee S., Sutthivaiyakit S. & Sutthivaiyakit P. (2009). New reagent for trace determination of protein-bound metabolites of nitrofurans in shrimp using liquid chromatography with diode array detector. *Journal of agricultural and food chemistry.* 6, 1752-1759.

Chusaksri S., Sutthivaiyakit P., & Sutthivaiyakit S. (2005). Confirmatory determination of organochlorine pesticides in surface waters using LC/APCI/tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal chem.* 384, 1236-1245.

Arpdjan S., çelik G., Taşkesen S., & Güçer S. (2008). Arsenic, cadmium and lead in medicinal herbs and their fractionation. *Food and Chemical Toxicology.* 46, 2871-2875.

Afkhami A., Masahi S., & Bahram M. (2004). Spectrophotometric determination of nitrite Based on its reactions with p-nitroaniline in the presence of diphenylamine in micellar Media.

Skoog D.A., West D. M., Holler F. J. & Crouch S.R. (2000). **Analytical Chemistry an Introduction**. 7th ed. USA: Thomson Learning, Inc..

Christian G. D.(1994) **Analytical Chemistry**. 5th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.

3. เอกสารและข้อมูลแนะนำ

เว็บไซต์ สำหรับค้นคว้าบทความวิจัย

<http://www.sciencedirect.com/>

<http://www.springerlink.com/>.

Wikipedia. (2010). **Analytical chemistry**. [online]. Available:

http://en.wikipedia.org/wiki/Analytical_chemistry. (Access date: 9 June 2510).

หมวดที่ 7 การประเมินและปรับปรุงการดำเนินการของรายวิชา

1. กลยุทธ์การประเมินประสิทธิผลของรายวิชาโดยนักศึกษา

- 1.1 การสนทนากลุ่มระหว่างผู้สอนและผู้เรียน
- 1.2 การสังเกตการณ์จากพฤติกรรมของผู้เรียน
- 1.3 แบบประเมินผู้สอนและแบบประเมินรายวิชา
- 1.4 ข้อเสนอแนะผ่านเว็บบอร์ดที่อาจารย์ผู้สอนได้จัดทำเป็นช่องทางการสื่อสารกับนักศึกษา

2. กลยุทธ์การประเมินการสอน

- 2.1 สังเกตการสอนของผู้ร่วมทีมการสอน
- 2.2 ผลการสอบ
- 2.3 การทวนสอบผลประเมินการเรียนรู้

3. การปรับปรุงการสอน

หลังจากผลการประเมินการสอนในข้อ 2 จึงมีการปรับปรุงการสอนโดยการจัดกิจกรรมในการระดมสมอง และหาข้อมูลเพิ่มเติมในการปรับปรุงการสอน ดังนี้

- 3.1 สัมมนาการจัดการเรียนการสอน
- 3.2 การวิจัยในและนอกชั้นเรียน

4. การทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาในรายวิชา

ในระหว่างกระบวนการสอนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์ในรายหัวข้อ ตามที่คาดหวังจากการเรียนรู้ในวิชา ได้จากการสอบถามนักศึกษา หรือการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษา รวมถึงพิจารณาจากผลการทดสอบย่อย และหลังการออกผลการเรียนรายวิชา มีการทวนสอบผลสัมฤทธิ์โดยรวมในวิชาได้ ดังนี้

4.1 การทวนสอบการให้คะแนนจากการสุ่มตรวจผลงานของนักศึกษาโดยอาจารย์อื่น หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่ไม่ใช่อาจารย์ประจำหลักสูตร

4.2 มีการตั้งคณะกรรมการในสาขาวิชาตรวจสอบผลการประเมินการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยตรวจสอบข้อสอบ รายงานวิธีการให้คะแนนสอบและการให้คะแนนพฤติกรรม

5. การดำเนินการทบทวนและการวางแผนปรับปรุงประสิทธิผลของรายวิชา

จากผลการประเมิน และทวนสอบผลสัมฤทธิ์ประสิทธิผลรายวิชา ได้มีการวางแผนการปรับปรุงการสอน และรายละเอียดวิชาเพื่อให้เกิดคุณภาพมากขึ้น ดังนี้

- 5.1 ปรับปรุงรายวิชาทุก 3 ปีหรือตามข้อเสนอแนะและผลการทวนสอบมาตรฐานผลสัมฤทธิ์ตามข้อ 4
- 5.2 เปลี่ยนหรือสลับอาจารย์ผู้สอน เพื่อให้นักศึกษามีมุมมองในเรื่องการประยุกต์ความรู้นี้กับปัญหาที่มาจากงานวิจัยของอาจารย์หรืออุตสาหกรรมต่าง ๆ

ภาคผนวก ง

การบูรณาการวิจัยกับงานวิชาการ

(แบบร่างโครงการบริการวิชาการ งบประมาณประจำปี 2556)

แบบเสนอโครงการบริการวิชาการแก่ชุมชนท้องถิ่น และสังคม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

แผนงาน บริการวิชาการแก่สังคม งาน/โครงการ บริการวิชาการแก่ชุมชน

โครงการที่เสนอขอรับงบประมาณ

- โครงการราชภัฏวิชาการ
 - โครงการพัฒนา รร.ตชด. และการเรียนรู้สู่ชุมชน
 - โครงการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่สาธารณชนเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
 - โครงการพัฒนาองค์กรพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา
 - โครงการพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยบูรณาการศาสตร์สากลกับภูมิปัญญาท้องถิ่น
 - โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้
 - โครงการส่งเสริมและสืบสานอันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
 - โครงการบริการวิชาการสานความร่วมมือกับชุมชนท้องถิ่นและองค์กรอื่นๆ
 - โครงการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในคุณค่าศิลปวัฒนธรรมไทยและภูมิในวัฒนธรรมของท้องถิ่นและชาติ
 - โครงการส่งเสริมการจัดการ การบำรุงรักษา และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
 - อย่างสมดุลและยั่งยืน
 - โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีตามแนวปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง
 - โครงการพัฒนาเสริมสร้างภูมิปัญญาท้องถิ่นและในเชิงอนุรักษ์
 - โครงการส่งเสริมการเรียนรู้และการวิจัยในสถานศึกษา
 - โครงการสร้างองค์ความรู้ระหว่างสถานศึกษาร่วมกับชุมชน
(1 สถานศึกษา 1 ชุมชน 1 องค์ความรู้)
 - การสร้างองค์ความรู้และงานสร้างสรรค์บนพื้นฐานภูมิปัญญาท้องถิ่นตามแนวเศรษฐกิจพอเพียง
- โครงการรวมพลังเสริมสร้างความสามัคคีรักและผูกพันต่อชุมชนท้องถิ่นบ้านเกิด

โครงการบูรณาการเข้ากับ

- การเรียนการสอน
- การวิจัย
- บำรุงศิลปวัฒนธรรม

หมายเหตุ แบบร่างโครงการบริการวิชาการนี้ จะเขียนขอ งบประมาณประจำปี พ.ศ.2556

ชื่อโครงการ

การเรียนรู้การนำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดยั่งยืน ในเขตพื้นที่ ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

หัวหน้าโครงการ (ระบุตำแหน่งทางวิชาการ/ตำแหน่งบริหาร (ถ้ามี))

ดร.เสาวภา ชูมณี

หน่วยงาน สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

โทรศัพท์ 056-717122 ต่อ 2707

โทรศัพท์มือถือ 083-8709393

โทรสาร 056-717123

E-mail: SaowapaChumanee@yahoo.com

ผู้ร่วมโครงการ

ลำดับ ที่	ชื่อ - สกุล	ตำแหน่ง	หมายเลข โทรศัพท์	อีเมล
1	นางสาวชะหนาย มังคลารัตนศรี	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	086-9394139	chanai001@hotmail.com
2	นายสนธยา พิงศิริ	อาจารย์	089-8393888	-
3	นางสาวศศิกานต์ ปานปรางณีเจริญ	อาจารย์	0859-8771829	prew_parn@hotmail.com
4	นางสาววิไลพร ปองเพียร	อาจารย์	081-9538551	atom2414@hotmail.com

สถานที่ปฏิบัติงานโครงการ

เกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

1. หลักการและเหตุผล

ในปัจจุบันการผลิตอาหารของมนุษย์ส่วนใหญ่เป็นการผลิตแบบอุตสาหกรรมทำให้เกิดปัญหาต่างๆตามมาโดยเฉพาะด้านสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศทั่วไป รวมไปถึงการเกิดภาวะโลกร้อนโดยเฉพาะการทำปศุสัตว์ เช่น การเลี้ยงสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ปริมาณของเสียที่สุกรขับถ่ายออกมาต่อวันมีจำนวนมากจึงจำเป็นต้องมีการจัดการกับการกลืนของเสียอย่างเป็นระบบเพื่อไม่ให้กระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชนรอบข้างด้วยระบบ ไบโogas ซึ่งสามารถควบคุม กักเก็บก๊าซที่เกิดจากระบบมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้และยังมีน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากระบบ ไบโogas ไปใช้กับแปลงเกษตรได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังทำให้ประชาชนในชุมชนได้มีโอกาสศึกษาและใช้ประโยชน์จากของเสียเหล่านี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดอย่างยั่งยืน

ดังนั้นเพื่อเป็นลดปัญหาการปล่อยของเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมรอบข้างหรือชุมชนและระบบนิเวศทั่วไปจึงจำเป็นต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบเพื่อนำของเสียที่เกิดจากการเลี้ยงสุกรมาใช้ในด้านการเกษตรต่างๆ โดยมีภาคประชาชนมีส่วนร่วมในเขตพื้นที่ ได้อย่างยั่งยืน ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ คณะกรรมการตัวแทนส่วนภูมิภาคประชาชน อบต. และประชาชนในเขตพื้นที่ จึงขอเสนอโครงการ “การเรียนรู้การนำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดยั่งยืน ในเขตพื้นที่ ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์”ซึ่งโครงการนี้จะจัดกิจกรรมการ

ทำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยผสมพืชผัก ผลไม้ ที่หาง่ายในท้องถิ่น การดำเนินงานก็ใช้บุคคลในท้องถิ่น การจัดทำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยผสมพืชผัก ผลไม้ นอกจากจะช่วยให้คนในชุมชนลดการใช้สารเคมีแล้วยังช่วยลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไรในการผลิต และยังสร้างจิตใต้สำนึกให้กับประชาชนที่มีส่วนร่วม และเครือข่ายผู้ใช้ได้อย่างยั่งยืน

2. ปัญหาและแนวทางการปัญหา

ในการผลิตสุกรนั้นในแต่ละฟาร์มเกิดของเสียในแต่ละวันเป็นจำนวนมากทำให้เกิดกลิ่นเหม็นและน้ำเน่าเสียสะสมเป็นจำนวนมากหากปล่อยสู่แหล่งน้ำสาธารณะจะเกิดการเน่าเสีย ก๊าซทำให้เกิดปัญหาเป็นบริเวณกว้าง จึงจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการแก้ปัญหาโดยการสร้าง ระบบไบโอแก๊ส เพื่อควบคุมการแพร่กระจายของก๊าซที่ทำให้เกิดภาวะเรือนกระจก ดังนั้นสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ได้ร่วมมือกับ คณะกรรมการตัวแทนส่วนภาคประชาชน อบต. และประชาชนในพื้นที่ จัดโครงการนี้ขึ้นมา โดยมีแนวทางการแก้ปัญหา ดังนี้คือ เพื่อน้ำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ควรปลูกฝังคนในชุมชน นักเรียน นักศึกษา และคณาจารย์ ให้มีจิตสำนึกถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อม โดยทำกิจกรรมร่วมกันทำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร เพื่อลดการใช้สารเคมีในชุมชน และแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ ประสบการณ์ซึ่งกันและกัน

3. วัตถุประสงค์

3.1 เพื่อให้กลุ่มประชาชนในเขตพื้นที่ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เรียนรู้และจัดทำกรนำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดยั่งยืน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำเกษตรกรรม

3.2 เพื่อสร้างผู้นำ เครือข่าย และปลูกจิตสำนึกของคนในชุมชน ครู อาจารย์ นักศึกษา และข้าราชการของท้องถิ่น ในด้านการบริหารจัดการของเสียตามโครงการ

4. เป้าหมาย (อาจเสนอเป็นตารางดังนี้)

4.1 เสิ่งปริมาณ

1. ได้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรจำนวน 3 สูตร
2. ได้ผู้นำ เครือข่าย และมีการปลูกจิตสำนึกของคนในชุมชน ครู อาจารย์ นักเรียน/นักศึกษา และข้าราชการของท้องถิ่นในด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์จากของเสีย โดยชุมชนมีส่วนร่วมเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

4.2 เสิ่งคุณภาพ

ได้บริหารจัดการเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดยั่งยืน ในเขตพื้นที่ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยชุมชนมีส่วนร่วมเพื่อการใช้ประโยชน์และทำให้ประชาชนมีสุขภาพร่างกายที่แข็งแรง

5. วิธีการดำเนินการ (โปรดระบุขั้นตอน/กิจกรรมที่เป็นการบูรณาการการเรียนการสอน*)

ขั้นตอน/กิจกรรม	พ.ศ.2555			พ.ศ.2556								
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
1. แต่งตั้ง คณะกรรมการ ดำเนินงาน วาง แผนการดำเนินงาน และประชาสัมพันธ์ โครงการ												
2. จัดเตรียมข้อวัสดุ อุปกรณ์ สำหรับ กิจกรรมการทำปุ๋ยน้ำ หมักมูลสุกร												
3. จัดอบรมโครงการ จัดทำน้ำหมักมูลสุกร โดยชุมชนมีส่วนร่วม												
4. สรุปและ ประเมินผลโครงการ												
5. มีการบูรณาการให้ สอดคล้องกับ งานวิจัยเกี่ยวกับ สิ่งแวดล้อม												

6. งบประมาณ 15,000 บาท (อาจเสนอเป็นตาราง ดังนี้)

รายการ	รายละเอียด	จำนวนเงิน	หมายเหตุ
งบดำเนินงาน			
- ค่าตอบแทน	- ค่าตอบแทนวิทยากร 3 คน 3 ชั่วโมง x 600 บาท x 1 วัน	5,400 บาท	
- ค่าใช้สอย	- ค่าอาหารกลางวัน อาหารว่าง และเครื่องดื่ม	5,200 บาท	
- ค่าวัสดุ	- ค่าอุปกรณ์ ค่าหมัก กระจาด ค่าถ่ายเอกสาร เป็นต้น	4,400 บาท	
รวม		15,000 บาท	

หมายเหตุ : ขอตัวเฉลี่ยทุกรายการ

7. ระยะเวลาที่ดำเนินการ (เป็นโครงการที่มีระยะเวลายาวที่สุดในปีงบประมาณ 2556)
วันเริ่มต้นโครงการ ตุลาคม 2555 วันสิ้นสุดโครงการ กันยายน 2556

8. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

กลุ่มประชาชนในชุมชนได้นำของเสียจากฟาร์มสุกรมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ ในเขตพื้นที่ตำบลกองทุล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป

9. การประเมินผลโครงการ

ตัวชี้วัดความสำเร็จ	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้ประเมิน
ได้ทำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรจำนวน 3 สูตร	โดยการสังเกต แบบสอบถาม และกิจกรรมการมีส่วนร่วม แลกเปลี่ยนเรียนรู้ของชุมชน	- แบบประเมิน - ปุ๋ยที่ได้

(ลงชื่อ).....ผู้เสนอโครงการ

(ดร.เสาวภา ชูมณี)

...../...../.....

ประวัติผู้ทำการวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	เสาวภา ชุมณี
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Saowapa Chumanee
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านพักอาจารย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ถนนสระบุรี – หล่มสัก ต.สะเดียง อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา	ปี พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ. (เคมี) จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท วท.ม. (เคมี) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. (เคมีวิเคราะห์) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร

ผลงานวิชาการ

วารสารระดับนานาชาติ

1. P. Sutthivaiyakit, S. Achatz, J. Linlelmann, T. Aungpradit, R. Chanwirat, **S. Chumanee**, and A. Kettrup. LC-MS/MS method for the confirmatory determination of aromatic amines and its application in textile analysis., **Anal. Bioanal. Chem.**, 2005, 381: 268-276.
2. **S. Chumanee**, S. Suttivaiyakit, and P. Suttivaiyakit. New Reagent for Trace Determination of Protein-Bound Metabolites of Nitrofurans in Shrimp Using Liquid Chromatography with Diode Array Detector , **J. Agric. Food Chem.** 2009, 57, 1752–1759.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)	บุรณา เกษาอาด
ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ)	Burana Kesa-ord
ที่อยู่ปัจจุบัน	227 หมู่ 3 ตำบลคลองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67140
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนบ้านทับก่ อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย ปีการศึกษา 2550 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนศรีสองรักษ์วิทยา อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย ปีการศึกษา 2555 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

Study the Processing and Quality of Liquid Fertilizer of Swine Manure Fermentation for Organic Agriculture, Tambon Kongtool, Amphor Nongphai, Phetchabun Province

เสาวภา ชุมณี¹ ชะหนาย มังคลารัตนศรี² สนธยา พึ่งศิริ¹ บุรณา เกษาอาด³ และ เกரியไกร เกษาอาด⁴

บทคัดย่อ

ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรจากเกรียงไกรฟาร์ม ได้มาจากการเลี้ยงสุกรแบบระบบปิด เลี้ยงปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 เดือน ต่อจำนวนสุกร 1,250 ตัว น้ำเสียมูลสุกร น้ำปัสสาวะและเศษอาหาร ถูกนำมาเติมกากน้ำตาลและจุลินทรีย์อีเอ็ม แล้วผ่านระบบไบโอแก๊สข่อยหมักแบบโดมคงที่ ใช้เวลาในการหมักเป็นเวลาประมาณ 30-45 วัน จะได้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ในงานวิจัยนี้มีการเก็บตัวอย่างปุ๋ย 2 บริเวณ คือ บริเวณบ่อแยกตะกอน และบริเวณบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร และนำมาวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด อินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรดต่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า ผลการวิเคราะห์พบว่า มี 2 พารามิเตอร์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร คือ ค่าความเป็นกรดต่าง (7-8) และค่าการนำไฟฟ้า (ไม่เกิน 10 เดซิเมนต์ต่อเมตร) จากการที่เกษตรกรได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรไปใช้แทนปุ๋ยเคมี ในไร่มันสำปะหลัง ไร่อ้อย และแปลงเกษตรผสมผสาน พบว่าให้ผลผลิตทางการเกษตรดี และช่วยลดต้นทุนการผลิต ซึ่งก็เป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

คำสำคัญ: ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร, คุณภาพปุ๋ยน้ำอินทรีย์

Abstract

Liquid fertilizer of swine manure fermentation from Kreangkrai farm was obtained from feeding the pigs by closed system. The feeding made 2 times per year, 5 months per time and per 1,250 pigs. The waste water from swine manure, urine and food scraps were mixed with molasses and EM microorganism by fixed dome digester biogas system for 30-45 days and was gotten liquid fertilizer of swine manure fermentation. This research kept the fertilizer samples at 2 stations: the sediment pond and swine manure fermentation pond. The liquid fertilizers were quality analysis included 8 parameters which were total nitrogen percentage, total phosphorus percentage, total potassium percentage, organic carbon, organic matter, carbon per nitrogen ratio, pH and conductivity. There were two parameters which passing benchmark of Department of Agriculture. There were pH (7-8) and conductivity (>10 decement per meter). Moreover, the agriculturist used the liquid fertilizer of swine manure fermentation replace the chemical fertilizer for planting cassava, sugar cane and integrated farming. The agricultural products were gotten as well and reduced cost of production that according to the philosophy of sufficiency economy.

Keywords: Liquid Fertilizer of Swine Manure Fermentation, Quality of Liquid Organic Fertilizer

¹อาจารย์ ²ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ³นักศึกษา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

⁴เจ้าของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทูล อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

บทนำ

สุกรเป็นสัตว์เศรษฐกิจเป็นอาหารเพื่อบริโภคให้กับมนุษย์ อาชีพการเลี้ยงสุกร จึงเป็นอาชีพที่เก่าแก่นับตั้งแต่โบราณจนถึงปัจจุบัน ระบบการเลี้ยงสุกรในปัจจุบันจะเลี้ยงแบบอุตสาหกรรมมากขึ้น ประโยชน์ของการเลี้ยงสุกร คือทำให้มีรายได้โดยตรงกับผู้เลี้ยง ให้ความเพลิดเพลิน นอกจากนี้มูลสุกรก็ยังใช้เป็นปุ๋ยซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเกษตร (ประภา เหล่าสมบูรณ์, 2542) ปัญหาที่เกิดจากการเลี้ยงสุกร คือความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมที่เกิดจาก มูลสุกร น้ำปัสสาวะและเศษอาหารที่ตกหล่นบนพื้น ซึ่งจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน รวมทั้งมีปัญหาด้านแมลงวัน ซึ่งเป็นปัญหาให้กับสังคมบริเวณรอบข้างของฟาร์มมาโดยตลอด เพราะสุกร 1 ตัว นับตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งส่งตลาด (100 กิโลกรัม) นั้นจะขับถ่ายของเสีย (มูลและปัสสาวะ) ประมาณ 50 กิโลกรัมต่อ 1 ตัว (165 วัน) ของเสียส่วนนี้จะเป็นปัญหากับชุมชนใกล้เคียง แหล่งน้ำจะปนเปื้อนกับของเสียที่ถูกปล่อยลงไป จึงจำเป็นต้องนำของเสียเหล่านั้นกลับมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตร ดังนั้นในปัจจุบัน มีการนำมูลสุกรไปผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ การออกแบบระบบก๊าซชีวภาพเพื่อใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียและผลิตพลังงานใช้ในฟาร์มสุกรนั้นมีหลายแบบ (กรมควบคุมมลพิษ, 2538) นายเกรียงไกร เกษชาอด กล่าวไว้ว่า โดยปกติของเสียจากฟาร์มสุกร จะมีน้ำปนอยู่ในของเสียเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นธรรมชาติของสุกร ตึมน้ำเป็นจำนวนมากของในแต่ละวัน และแต่ละฟาร์มจะมีความเข้มข้นของน้ำเสียไม่เท่ากัน เนื่องมาจากปริมาณการใช้น้ำทำความสะอาดคอก เมื่อนำน้ำเสียมูลสุกร ผ่านระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคงที่ (fixed dome digester) เป็นบ่อหมักไร้ออกซิเจนแบบช้า (low rate anaerobic digester) ซึ่งมีแบคทีเรียชนิดที่ไม่ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลาย จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีอยู่หลายกลุ่มซึ่งย่อยสลายอินทรีย์แล้วได้ก๊าซชีวภาพ (ก๊าซมีเทน) และปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ปุ๋ยที่ผ่านระบบไบโอแก๊สนี้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้อีกด้วย เกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม มีความประสงค์ต้องการทราบ คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากฟาร์ม ว่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน การวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดของเหลวหรือน้ำ ตามประกาศกรมวิชาการเกษตรหรือไม่ คุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ของเหลวหรือน้ำ ซึ่งต้องวิเคราะห์พารามิเตอร์ดังต่อไปนี้คือ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด (N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ปริมาณร้อยละฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ของน้ำหนัก อินทรีย์คาร์บอน (OC) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (N/C) ไม่เกิน 20:1 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่เกิน 10 เดซิเมนต์ต่อเมตร และปริมาณเกลือ (NaCl) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

ดังนั้นงานวิจัยนี้ ผู้วิจัย เจ้าของเกรียงไกรฟาร์มเกษตรกรตำบลกองทุล และนักศึกษา จึงมีความสนใจและร่วมมือกันจัดทำโครงการวิจัยเรื่อง การศึกษากระบวนการผลิตและคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรอินทรีย์ ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพของปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรว่ามีปริมาณธาตุอาหารหลักมากน้อยเพียงใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร โดยนำเสียมูลสุกรผ่านจากระบบไบโอแก๊ส บ่อหมักแบบโดมคงที่ ของเกรียงไกรฟาร์ม ตำบลกองทุล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์
2. จัดเก็บตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากที่ผ่านระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคงที่ จำนวน 2 บริเวณนำไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำ คือบริเวณบ่อแยกตะกอน และบริเวณบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

3. ประเมินคุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ตามคู่มือปุ๋ยน้ำอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551) 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณร้อยละฟอสเฟตทั้งหมด ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด อินทรีย์คาร์บอน อินทรีย์วัตถุ อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ความเป็นกรดต่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า

4. สํารวจการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรในแปลงเกษตร ของเกรียงไกรฟาร์ม

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาสำรวจเก็บข้อมูล กระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกรียงไกรฟาร์ม โดยมีนายเกรียงไกร เกษชาอด เกษตรกรเจ้าของกิจการ ซึ่งตั้งอยู่บ้านเลขที่ 226 หมู่ที่ 3 ตำบลกองทูล อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีโรงเรือน 2 หลังสำหรับเลี้ยงสุกร เลี้ยงสุกรหลังละ 625 ตัว รวมจำนวนสุกรทั้งสิ้น 1,250 ตัวต่อครั้ง เลี้ยงสุกรปีละ 2 ครั้ง ครั้งละ 5 เดือน ทำให้มีของเสียที่ได้จากคอกสุกร คือ มูลสุกรเป็นส่วนใหญ่ น้ำปัสสาวะและเศษอาหาร ระหว่างการเลี้ยงได้ทำการล้างพื้นคอกสุกรเป็นประจำทุกวัน จึงทำให้น้ำทิ้งจำนวนมากที่ผสมกับมูลสุกร เกรียงไกรฟาร์มได้มีการออกแบบ ระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคองที่ เพื่อจัดการของเสียมูลสุกรจากฟาร์ม ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ น้ำเสียมูลสุกรถูกกวาดล้างให้ไหลผ่านไปยังบ่อส้วมสุกร ผ่านรางน้ำทิ้งมูลสุกร ผ่านบ่อรวมน้ำมูลสุกร ผ่านบ่อเติมกากน้ำตาลและเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม ขั้นตอนนี้เกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม ได้มีการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม โดยการผสมในอัตราส่วน น้ำ 50 ส่วน กากน้ำตาล 1 ส่วน และจุลินทรีย์อีเอ็มเข้มข้น 1 ส่วน ผสมหมักไว้ 7 วัน ปิดอย่างมิดชิด แล้วนำมาเทลงในบ่อเติมกากน้ำตาลและเติมจุลินทรีย์อีเอ็ม (ภาพที่ 1, ง) วันละประมาณ 2 ลิตร แล้วปล่อยผ่านเข้าสู่ระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคองที่ จากกระบวนการดังกล่าวได้ผลผลิต 2 อย่างคือ แก๊สชีวภาพที่สำคัญ (แก๊สมีเทน, CH_4) ซึ่งนำมาใช้เป็นแก๊สเชื้อเพลิงในครัวเรือนและการปั่นไฟฟ้า และปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ซึ่งใช้เวลาในการหมักผ่านระบบไบโอแก๊สประมาณ 30-45 วัน แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 1

ก) บ่อส้วมสุกร



ข) รางน้ำทิ้งมูลสุกร



ง) บ่อเติมกากน้ำตาลและจุลินทรีย์อีเอ็ม



ค) บ่อรวมน้ำมูลสุกร





จ) ระบบไบโogasบ่อหมักแบบโดมคงที่



ฉ) บ่อแยกตะกอน



ช) บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร



ภาพที่ 1 แสดงกระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ณ เกรียงไกรฟาร์ม

งานวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ผ่านการหมักระบบไบโogasบ่อหมักแบบโดมคงที่ นำไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยอินทรีย์น้ำตามมาตรฐานกรมวิชาการเกษตร (กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี, 2551) เก็บตัวอย่าง 2 บริเวณ คือบริเวณบ่อแยกตะกอน (ภาพ 1, ฉ) และ บริเวณบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร (ภาพ 1, ช) เก็บสองช่วงเวลา คือ เดือน พฤษภาคม 2554 และ เดือนตุลาคม 2554 วิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยทั้งหมด 8 พารามิเตอร์ ได้แก่ ปริมาณร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด (%N) ปริมาณร้อยละฟอสฟอรัสทั้งหมดหรือฟอสเฟตทั้งหมด (%P₂O₅) ปริมาณร้อยละโพแทสเซียมทั้งหมด (%K₂O) (ทั้งสามพารามิเตอร์นี้โดยทั่วไปนิยมเรียก ค่า N-P-K) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (%OC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%OM) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากเกรียงไกรฟาร์ม

พารามิเตอร์	เดือน พฤษภาคม 2554		เดือน ตุลาคม 2554	
	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2	บ่อที่ 1	บ่อที่ 2
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%N)	0.09	0.02	0.10	-
ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (%P ₂ O ₅)	-	-	-	-
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (%K ₂ O)	-	-	-	-
อินทรีย์คาร์บอน (%OC)	0.07	0.1	-	-
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%OM)	0.12	0.16	-	-
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)	-	4.8	-	1.7
ความเป็นกรดต่าง (pH)	7.49	8.10	7.20	7.90
ค่าค่าการนำไฟฟ้า (EC)	7.88	2.09	6.10	1.60

- = ไม่สามารถตรวจพบ บ่อที่ 1 คือ บ่อแยกตะกอน และ บ่อที่ 2 คือ บ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร

จากผลการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรที่ได้จากผ่านการหมักจากระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคองที่ของเกรียงไกรฟาร์ม มีธาตุอาหารหลัก N-P-K ค่าอินทรีย์วัตถุ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ในปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดไว้มาก ซึ่งไม่สามารถนำไปซื้อขายในเชิงทางการค้าได้ ถ้าเกษตรกรมีความประสงค์ที่จะผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ในเชิงพาณิชย์ จำเป็นต้องปรับปรุงตัดแปลงพัฒนาสูตรปุ๋ยให้มีคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดก่อน

การนำไปใช้ประโยชน์ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ที่ผ่านระบบไบโอแก๊สบ่อหมักแบบโดมคองที่นี้ เกษตรกรเกรียงไกรฟาร์ม ได้เอาปุ๋ยจากบ่อพักน้ำหมักมูลสุกรไปใช้ประโยชน์แทนการใช้ปุ๋ยเคมี โดยวิธีปล่อยไปตามร่อง ไร่อ้อย ไร่มันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร ใส่เดือนละ 1 ครั้งหรือ 2 เดือนต่อ 1 ครั้ง กับแปลงเกษตรประมาณ 50 ไร่ ภาพที่ 2 เป็นภาพตัวอย่างไร่มันสำปะหลังที่ใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร นอกจากนี้ยังมีการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรโดยการฉีดพ่นทางใบกับแปลงเกษตรปลูกพืชผสมผสาน พบว่าการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรให้ผลผลิตทางการเกษตรที่ดี ผักตบชองในการเจริญเติบโตดี ดังนั้นการใช้ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรแทนการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นการส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ ช่วยเกษตรกรลดต้นทุนในการผลิตเพิ่มผลกำไรมากขึ้น ทำให้ชีวิตของเกษตรกรและผู้บริโภคกินดีอยู่ดี ปราศจากโรคภัย เป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง



ภาพ 2 ไร่มันสำปะหลัง ณ เกรียงไกรฟาร์ม

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการผลิตปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรของเกษตรกรเกียงไกรฟาร์ม ซึ่งมีการเลี้ยงหมูเป็นแบบระบบปิด ปุ๋ยที่ได้จะผ่านระบบไบโอแก๊สหมักแบบโดมคงที่ ประมาณ 30-45 วัน ผู้วิจัยได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรนี้ ไปวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ย ณ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 พบว่ามีเพียง 2 พารามิเตอร์ คือความเป็นกรดต่างและค่าการนำไฟฟ้า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามกำหนดของกรมวิชาการเกษตร แต่อย่างไรก็ตามเกษตรกรได้นำปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกรนี้ จากบ่อพักปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร (ภาพที่ 1, ข) ไปขายเป็นบางส่วน และใช้ปุ๋ยนี้ในแปลงเกษตรแทนปุ๋ยเคมี ในไร่อ้อย ไร่มันสำปะหลัง และแปลงเกษตรผสมผสาน พบว่าให้ผลผลิตทางการเกษตรดี ซึ่งก็เป็นการส่งเสริมการทำเกษตรอินทรีย์ ช่วยในการลดต้นทุนในการผลิตเพิ่มกำไรให้กับเกษตรกร และเป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยน้ำอินทรีย์ ที่กำหนดโดยกรมวิชาการเกษตร ดังนั้นเกษตรกรควรปรับปรุงตัดแปลงสูตรปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร โดยอาจมีการเติมสารอาหารหรือวัสดุธรรมชาติ เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีมาตรฐานตามกำหนดไว้
2. การทำเกษตรของเกษตรกรส่วนใหญ่ทำแบบพื้นบ้าน ผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก และอาจมีการจำหน่ายส่วนเกิน ทำให้ขาดการบันทึกอย่างเป็นระบบได้อย่างถูกต้องและชัดเจน หากมีการวิจัยต่อไปควรมีการบันทึกการเจริญเติบโตพืชไร่ เพื่อเปรียบเทียบผล

บรรณานุกรม

- กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี. (2551). **คู่มือวิธีการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมควบคุมมลพิษ. (2538). **คู่มือการจัดการน้ำเสียจากฟาร์มสุกรโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ**. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
- กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2548). **การใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการกรม กรมวิชาการเกษตร
- ประภา เหล่าสมบูรณ์. (2542). **การเลี้ยงสุกร**. ราชบุรี: สถาบันราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง.
- คณะกรรมการวิชาการเกษตรและสหกร วุฒิสภา. (2549). **การใช้ปุ๋ยในการทำเกษตรอินทรีย์**. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา
- มุกดา สุขสวัสดิ์. (2543). **ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2554 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และ คุณยสิทธิ์ อินทรสถิต นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขต 2 จังหวัดพิษณุโลก ที่ให้ความช่วยเหลือเกื้อกูล การวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยน้ำหมักมูลสุกร