

**ผลของปุ๋ยอัดเม็ดจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทน
จากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตข้าว**

**EFFECTS OF FERTILIZER PELLETS FROM HYTHANE PRODUCTION
FROM STILLAGE AND BREWER'S YEAST CELLS CO-DIGESTED OF
ORGANIC MATERIALS ON GROWTH AND YIELD OF RICE**

สุรีย์วัลย์ สิทธิจันดา¹ ปุณณดา ทะรังศรี² ชัชวินทร์ นวลศรี² และ จักรกฤษ ศรีละออง^{2*}
Sureewan Sittijunda, Punpada Tharangsri, Chatchawin Nualsri, and Chakkrit Sreela-or*

¹คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

²คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

¹Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University

²Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University

*corresponding author e-mail: chakkrit@psru.ac.th

(Received: 21 July 2021; Revised: 30 October 2021; Accepted: 1 November 2021)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยอัดเม็ดจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว โดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 11 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สิ่งทดลองที่ 3-11 คือ การใส่ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 1-9 ดำเนินการวิจัย ณ แปลงปฏิบัติการพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผลการศึกษาพบว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยเคมีส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุด ในด้านความสูง จำนวนต้นต่อกอ และน้ำหนักสดของเมล็ด โดยข้าวมีความสูงเท่ากับ 113.87 เซนติเมตร จำนวนต้นต่อกอเท่ากับ 23.33 และน้ำหนักสดของเมล็ดเท่ากับ 799.15 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 9 (ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7) ในขณะที่สิ่งทดลองควบคุมส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตต่ำที่สุด และคุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดผลิตได้มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557

คำสำคัญ: ปุ๋ยอัดเม็ด น้ำกากส่า กากยีสต์

Abstract

The objective of this research was to study the effect of pellet fertilizer from waste hythane production process from residues of sewage and yeast plus organic materials on rice growth and yield. The experiment design was a Completely Randomized Design (CRD) of 11 treatments with 3 replications number per treatment: treatment 1 unfertilized (control), treatment 2 chemical fertilizer formula 15–15–15, treatment 3–11 fertilizer pellets formula 1–9 were applied respectively at Plant Science Field, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University. The result showed that the chemical fertilizer provided the highest growth and yield of rice in terms of plant height of 113.87 cm, 23.33 plants per clump, and fresh weight of seeds of 799.15 kg/rai. The second highest growth and yield of rice was treatment 9 (fertilizer pellets formula 7). While the lowest growth and yield of rice was the controlled treatment. The properties of fertilizer pellets produced was qualified to meet the requirement of the Standards for Organic Fertilizer B.E.2557 (2014).

Keywords: Fertilizer pellets, Stillage, Brewer's yeast cell

บทนำ

ในปัจจุบันมีการศึกษาริจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทน ซึ่งเอทานอลก็เป็นหนึ่งในนั้น และได้รับความนิยมเนื่องจากมีการนำมาผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เบนซิน เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 91 น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 และน้ำมันแก๊สโซฮอล์ อี 20 เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้มีความต้องการเอทานอล ในปริมาณที่สูงขึ้น โดยนำมาผลิตเป็นสเปรย์แอลกอฮอล์และเจลล้างมือ ส่งผลให้ในปัจจุบัน มีปริมาณโรงงานผลิตเอทานอลเป็นจำนวนมาก ซึ่งกระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล จะมีน้ำกากส่าเป็นของเสียเหลือทิ้ง หากไม่ทำการบำบัดก่อนปลดปล่อยสู่ธรรมชาติหรือบำบัด ไม่ถูกวิธี จะทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมได้

ในปัจจุบันมีการนำกากส่ามาใช้ในการปรับปรุงดิน (ปริญญช, 2534) การนำมาผลิตปุ๋ยหมัก (จิราวรรณ, 2538) และการนำมาผลิตไบโอแก๊ส (ชัชวรินทร์, 2561) นอกจากนั้นกากส่าแล้วยังมี กากยีสต์ซึ่งเป็นของเสียจากกระบวนการผลิตเอทานอลที่มีปริมาณโปรตีนสูง ได้มีการนำของเสีย ดังกล่าวมาผลิตปุ๋ยน้ำหมัก (กัญญาพร และคณะ, 2558) และใช้ในการผลิตอาหารสัตว์ (Peterson et al., 2012) นอกจากนั้นยังมีการนำกากยีสต์มาผลิตไบโอแก๊ส (ชัชวรินทร์, 2561) อย่างไรก็ตาม จากกระบวนการผลิตดังกล่าวยังมีปริมาณสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายไม่หมดอยู่เป็น

จำนวนมาก ดังนั้นหากมีการนำของเสียทิ้งดังกล่าวมาใช้ประโยชน์จะทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่า และลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

เกษตรกรในประเทศไทยส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิต เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายและให้ผลเร็ว อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้โครงสร้างดินแน่น และขาดความอุดมสมบูรณ์ จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีผู้ศึกษาวิจัยด้านการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกพืชเพื่อลดปัญหาจากการใช้ปุ๋ยเคมีดังที่กล่าวมาข้างต้น (จักรกฤษ และคณะ, 2563; ปุณณดา และคณะ, 2563; เปรม และบุญแสน, 2556; อภิวัฒน์ และพัชร์เพ็ญ, 2559) สุริยวัณ และคณะ (2563) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่มีชนิดของวัตถุดิบ เช่นเดียวกันกับการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งสามารถให้ผลผลิตพืชทดลองใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี แต่อย่างไรก็ตามในปัจจุบันเกษตรกรและประชาชนที่มีการเพาะปลูกพืช ไม่นิยมการใช้ปุ๋ยหมัก เนื่องจากไม่สะดวก มีความยุ่งยาก และใช้พื้นที่ในการเก็บรักษาค่อนข้างมาก

ดังนั้นการนำของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฮเทนร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เป็นของเสียเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ด เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมี เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหลือทิ้ง รวมทั้งลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง

ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ โดยใช้ค่น้ำเป็นพืชทดสอบ สิ่งทดลองต่างๆ ประกอบด้วย สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สิ่งทดลองที่ 3-11 เป็นการใส่ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 1-9 โดยปุ๋ยอัดเม็ดแต่ละสูตรมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดจากของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนผสม (ร้อยละ)				
	ของเสียใน	เศษ	ผักตบชวา	กาก	มูล
	กระบวนการผลิต	ใบยาสูบ		ถั่วเหลือง	จิ้งหรีด
	ไฮเทนจากน้ำกากส่า				
	และกากยีสต์				
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	–	–	–	–	–
2. ปุ๋ยเคมี	–	–	–	–	–
3. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1	15	10	10	50	15
4. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2	15	15	15	45	10
5. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3	15	20	20	40	5
6. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4	20	10	10	40	20
7. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5	20	15	15	35	15
8. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6	20	20	20	30	10
9. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7	25	10	10	30	25
10. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8	25	15	15	25	20
11. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9	25	20	20	20	15

2. การเตรียมปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลอง

นำของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์มาปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้มีค่าเป็นกลาง และนำไปฝังในที่ร่มจนแห้ง และนำไปบดให้ละเอียดสำหรับวัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เศษใบยาสูบที่เป็นของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการบ่มใบยาสูบ ผักตบชวาที่เป็นวัชพืชน้ำ กากถั่วเหลืองที่เป็นของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันพืช และปุ๋ยคอกจากมูลจิ้งหรีด และนำไปตากแดดเพื่อลดความชื้น และนำวัตถุดิบทั้งหมดไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยการผลิตปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ โดยการนำส่วนผสมตามที่ได้ออกแบบการทดลองในแต่ละสิ่งทดลอง ทำการผสมวัตถุดิบให้เข้ากันและนำไปกองบนพื้นที่ปูรองด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อทำการผลิตปุ๋ยหมักสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ โดยหมักในโรงเรือน เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมักนำปุ๋ยหมักมาเกลี่ยและฝังในที่ร่มเป็นเวลา 3 วัน (เป็นปุ๋ยที่พร้อมใช้งาน)

3. การผลิตปุ๋ยอัดเม็ด

ทำการนำปุ๋ยหมักที่ผลิตได้ทั้ง 9 สูตร มาทำการผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ด โดยใช้เครื่องอัดเม็ดปุ๋ย รุ่น KP210 ขนาดมอเตอร์ 7.5 กิโลวัตต์ หลังจากนั้นนำปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้มาวิเคราะห์

พาราเมเตอร์ทางเคมี และนำปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้ไปทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติทางเคมี และควบคุมคุณภาพของปุ๋ยอัดเม็ดที่ผลิตได้ให้ได้มาตรฐานตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับแก้ไข) พ.ศ. 2550 และกำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ตามประกาศของกรมวิชาการ เกษตร

4. การเตรียมพืชทดลอง

ทำการเพาะเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์พิษณุโลก2 ให้มีรากงอกยาว 3–5 มิลลิเมตร นำไปหว่านในแปลงกล้า และเมื่อต้นกล้ามีอายุ 15 วันจึงทำการย้ายกล้าไปปลูกลงในกระถางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้วที่เตรียมไว้ 1 ต้น ต่อหนึ่งกระถาง จำนวน 33 กระถาง ทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง โดยไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

5. การทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยอัดเม็ด

ทำการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยอัดเม็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์พิษณุโลก2 ด้วยการใส่ปุ๋ย จำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่เมื่อข้าวอายุได้ 25 วันหลังจากย้ายกล้า และครั้งที่ 2 ใส่เมื่อข้าวอายุได้ 50 วันหลังจากย้ายกล้า โดยแต่ละครั้งจะทำการใส่ปุ๋ยอัดเม็ดในสิ่งทดลองที่ 3–11 ในอัตรา 100 กรัมต่อกระถาง โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ยกเว้นสิ่งทดลองควบคุมที่มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15–15–15 ในอัตรา 3 กรัมต่อกระถาง (คำนวณจากอัตราการใช้ปุ๋ยในนาข้าว 30 กิโลกรัมต่อไร่)

6. การบันทึกผลการทดลอง

บันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของข้าวเมื่อข้าวอายุได้ 110 วัน ได้แก่ ความสูงเหนือพื้นดิน (เซนติเมตร) จำนวนต้นตอกกอ ด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดสดของข้าว (กิโลกรัม/ไร่)

7. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range test; DMRT

ผลการวิจัย

การศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดจากของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

จากการวิจัยพบว่า การใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดที่แตกต่างกันส่งผลต่อคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ					
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ความชื้น (ร้อยละ)	อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)	ปริมาณธาตุอาหาร (ร้อยละ)		
				ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-	-	-	-
2. ปุ๋ยเคมี	-	-	-	15.00	15.00	15.00
3. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 1	6.80	30.81	38.04	2.59	0.83	0.92
4. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 2	6.72	31.13	35.44	2.22	0.71	0.86
5. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 3	6.51	33.45	32.13	1.86	0.60	0.80
6. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 4	7.09	30.08	38.67	2.45	0.91	1.03
7. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 5	7.02	29.42	36.59	2.08	0.79	0.97
8. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 6	7.10	31.52	33.54	1.71	0.68	0.92
9. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7	7.03	28.40	39.42	2.30	0.99	1.15
10. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 8	7.08	27.68	37.12	1.93	0.87	1.09
11. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 9	7.12	27.28	33.87	1.57	0.76	1.04
เกณฑ์มาตรฐาน	5.5–	≤30	≥30	1.00	0.50	0.50
ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557	8.5					

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.51–7.12 ค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 27.28–33.45 ปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 32.13–39.42 ในด้านธาตุอาหารหลักของพืช พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่างร้อยละ 1.57–2.59 โดยปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 4 และปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับร้อยละ 2.59 2.45 และ 2.30 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยอัดเม็ดทั้ง 9 สูตรอยู่ระหว่างร้อยละ 0.60 – 0.99 โดยปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.99 รองลงมา คือ ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 4 และปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 8 มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับร้อยละ 0.91 และ 0.87 ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์จากปุ๋ยอัดเม็ดตามการทดลองอยู่ระหว่างร้อยละ 0.80–1.15 โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงที่สุดพบในปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 และปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด คุณสมบัติของปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ตามประกาศกรมวิชาการเกษตรทั้งในด้านค่าความเป็นกรด-ด่าง (5.5–8.5) ค่าความชื้น (ไม่เกินร้อยละ 30) อินทรีย์วัตถุ (ไม่น้อยกว่า

ร้อยละ 30) และปริมาณธาตุอาหารพืช (ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ)

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลองที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

จากการวิจัย พบว่า การใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว

สิ่งทดลอง	การเจริญเติบโต		ผลผลิต น้ำหนักเมล็ดสด (กิโลกรัม/ไร่)
	ความสูงเหนือพื้นดิน (เซนติเมตร)	จำนวนต้นตอก (ต้น)	
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	79.47 ^g	6.33 ^g	361.33 ^k
2. ปุ๋ยเคมี	113.87 ^a	23.33 ^a	799.15 ^a
3. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 1	108.47 ^b	18.00 ^b	707.69 ^d
4. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 2	105.68 ^c	15.33 ^c	679.41 ^e
5. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 3	101.71 ^e	11.33 ^{de}	573.25 ⁱ
6. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 4	108.84 ^b	18.33 ^b	723.44 ^c
7. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 5	104.82 ^{cd}	14.33 ^c	658.49 ^f
8. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 6	101.02 ^{ef}	10.67 ^{ef}	624.16 ^h
9. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7	109.33 ^b	18.67 ^b	736.09 ^b
10. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 8	103.39 ^d	12.67 ^d	645.43 ^g
11. ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 9	99.68 ^f	9.33 ^f	544.48 ^j
CV (%)	0.88	6.67	0.73
F-Test	**	**	**

หมายเหตุ 1. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งจะไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 2. ค่าที่แสดงหลังเครื่องหมาย ± คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 3. * ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นสูตร 15-15-15
 ** แสดงถึงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยอัดเม็ดที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว ดังตารางที่ 6 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการเจริญเติบโตของข้าวในด้านจำนวนต้นตอก พบว่า เมื่อให้ปุ๋ยเคมีกับข้าวในสิ่งทดลองที่ 2 สามารถให้จำนวน

ต้นตอกอสูงที่สุดเท่ากับ 23.33 รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยอัตราสูตรที่ 7 ให้จำนวนต้นตอกอเท่ากับ 18.67 ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้จำนวนต้นตอกอน้อยที่สุดเท่ากับ 6.33 การเจริญเติบโตของข้าวในด้านความสูง พบว่า ต้นข้าวที่รับปุ๋ยเคมีมีความสูงที่สุดเท่ากับ 113.87 เซนติเมตร รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยอัตราสูตรที่ 7 แก่ต้นข้าวส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงเท่ากับ 109.33 เซนติเมตร และต้นข้าวที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยมีความสูงน้อยที่สุด สำหรับผลผลิตข้าวจากการใช้ปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ผลผลิตข้าวในด้านน้ำหนักเมล็ดสด พบว่า เมื่อให้ปุ๋ยเคมีกับข้าวในสิ่งทดลองที่ 2 สามารถให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดสดสูงที่สุดเท่ากับ 799.15 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ การให้ปุ๋ยอัตราสูตรที่ 7 ให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดสดเท่ากับ 736.09 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ปริมาณน้ำหนักเมล็ดสดน้อยที่สุดเท่ากับ 361.33 กิโลกรัม/ไร่

อภิปรายผล

ปุ๋ยอัตราสูตรจากการวิจัยในครั้งนี้มีปริมาณธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต การเจริญเติบโตของข้าวในด้านต่างๆ มีความสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ย (รัตน์ และคณะ, 2012) เนื่องจากไนโตรเจนมีบทบาทต่อการแบ่งและขยายตัวของเซลล์ (ยงยุทธ และคณะ, 2541) การสังเคราะห์แสง และการสร้างคลอโรฟิลล์ (ภาคภูมิ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hokmalipour & Darbandi (2011) ที่พบว่า คลอโรฟิลล์ในส่วนใบของใบพืชจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ โดยปุ๋ยอัตราสูตรที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยอัตราสูตรที่ 4 และสูตรที่ 7 ให้การเจริญเติบโตของข้าวพืชปลูก 2 ในด้านต่างๆ อยู่ใน 3 ลำดับแรก อย่างไรก็ตามพบว่า ปุ๋ยอัตราสูตรที่ 7 (ของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์: เศษใบยาสูบ: ผักตบชวา: กากถั่วเหลือง: มูลจิ้งหรีด เท่ากับ 25: 10: 10: 30: 25) ที่มีปริมาณไนโตรเจนเป็นอันดับที่ 3 ให้การเจริญเติบโตของข้าวในด้านความสูง และจำนวนต้นตอกอสูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยอัตราสูตรที่ 1 และสูตรที่ 4 มีปริมาณสูงเกินไป โดยจะทำให้ในเซลล์พืชมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แสงจะลดลง ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง (ยงยุทธ, 2557) การที่มีปริมาณไนโตรเจนที่มีอยู่ในปุ๋ยอัตราสูตรสูงเกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนในดินได้ง่ายขึ้นในกรณีที่ดินมีอัตราการซึมน้ำสูงจะทำให้ไนโตรเจนเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซแอมโมเนียระเหยขึ้นสู่อากาศ (Chen et al., 2008) นอกจากนี้ไนโตรเจนที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวแล้วยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวด้วยเช่นกัน โดยต้นข้าวที่ได้รับปริมาณฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะส่งผลให้ข้าวแตกกอได้น้อยลง และลำต้นแคระแกรน (เนตรนภา และคณะ, 2561) นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก เมื่อพืชได้รับปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมจะทำให้รากของ

พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Gahoonia & Nielsen, 2003) ซึ่งปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยอัดเม็ดสูงที่สุด อาจเป็นสาเหตุอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สามารถให้การเจริญเติบโตของข้าวพิษณุโลก 2 สูงที่สุดสำหรับผลผลิตในด้านน้ำหนักสดของเมล็ด พบว่า ปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 ให้ผลผลิตข้าวสูงที่สุดเนื่องจากฟอสฟอรัสกระตุ้นการสร้างดอก ส่งเสริมการติดดอกของพืช (รุ่งนภา และสันติ, 2556) ส่งผลต่อการติดเมล็ดของข้าว เมื่อข้าวสามารถติดเมล็ดได้มากขึ้นจะส่งผลให้มีผลผลิตข้าวสูงขึ้น โปแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญของพืชโดยสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช รักษาสมดุลของเอนไซม์ และควบคุมแรงดันต่างๆ ในเซลล์พืช (Marschner, 1995) การใส่ปุ๋ยโปแทสเซียมสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้ร้อยละ 3–20 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว (Zhang et al., 2010) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยในครั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยอัดเม็ดสูตรที่ 7 มีปริมาณโปแทสเซียมสูงที่สุดส่งผลให้มีผลผลิตข้าวสูงที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบการข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงที่สุด แม้ว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมในสิ่งแวดล้อมที่ใส่ปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิดในปุ๋ยอัดเม็ด เนื่องจากปุ๋ยอัดเม็ดซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์จะธาตุอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ต้องผ่านการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในดินทำให้มีการปลดปล่อยธาตุอาหารได้ช้า ในขณะที่ปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว (Woo-Jung et al., 2003) ผลที่เกิดจากงานวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดในอนาคตได้ โดยอาจจะมีการพัฒนาสูตรปุ๋ยให้เหมาะสมกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่นๆ เช่น พืชผัก เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถนำผลที่ได้จากการวิจัยไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ได้โดยผู้ประกอบการหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของปุ๋ยอัดเม็ดจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว พบว่า ปุ๋ยอัดเม็ดที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว คือ ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 (ของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์: เศษใบยาสูบ: ผักตบชวา: กากถั่วเหลือง: มูลจิ้งหรีด เท่ากับ 25: 10: 10: 30: 25) โดยส่งผลให้ข้าวมีความสูงเท่ากับ 109.33 เซนติเมตร จำนวนต้นตอกอเท่ากับ 18.67 และน้ำหนักสดของเมล็ดเท่ากับ 736.09 กิโลกรัมต่อไร่ โดยของเสียดังกล่าวสามารถใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดเพื่อการเพาะปลูกข้าวทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ โดยสามารถให้ผลผลิตข้าวที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการนำผลจากการวิจัยไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกข้าวนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการลดต้นทุน

การผลิต และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพเสริมได้ นอกจากนั้นทางฟาร์มเกษตรของคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ยังได้นำผลการวิจัยนี้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอัดเม็ดบรรจุถุงเพื่อการจำหน่ายอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2563 และคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือสำหรับการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนั้นขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กัญญาพร สังข์แก้ว, สุวรรณภา บุญจรงค์, และอมร อินทราเวช. (2558). การใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากยีสต์เพื่อผลิตค่น้ำอินทรีย์. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 4, 24–32.
- จักรกฤษ ศรีละออ, ศุภชัย ชัยภูมิ, ชัชวินทร์ นวลศรี, คงเดช พะสีนาม, ธันวมาส กาศสนุก, และปณณดา ทะรังศรี. (2563). การใช้ปุ๋ยอัดเม็ดจากเศษผงใบยาสูบและอินทรีย์วัตถุเพื่อเพิ่มผลผลิตค่น้ำ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 51(1), 190–195.
- จิราวรรณ ปัทมทอง. (2538). การใช้กากสาสำหรับการเกษตร. *วารสารเกษตรศาสตร์*, 45, 67–72.
- ชัชวินทร์ นวลศรี. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยการหมักร่วมกับกากยีสต์. *สังเคราะห์ความรู้จากงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์*, 1, 7–9.
- เนตรนภา อินสลุต, ทศพร บ่อบัวทอง, และกิตติพจน์ แยมจันทร์. (2561). ผลของระดับฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. *วารสารแก่นเกษตร*, 46(1), 546–550.
- ปริญญานุช ไวยมัย. (2534). การลดความเข้มข้นน้ำกากส่าโดยเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, ภาควิชาจุลชีววิทยา.
- ปณณดา ทะรังศรี, ชัชวินทร์ นวลศรี, คงเดช พะสีนาม, ธันวมาส กาศสนุก, นนทพร รัตนจักร, และจักรกฤษ ศรีละออ. (2563). ผลของปุ๋ยหมักจากของเสียกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อผลผลิตดาวเรือง. *วารสารแก่นเกษตร*, 48(1), 989–994.
- เปรม เสนา, และบุญแสน เตียวบุญธรรม. (2556). แนวทางการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวของกลุ่มเกษตรกรทำนาโคกหม้อ ตำบลโคกหม้อ อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี. *วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ*, 3(5), 125–136.
- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2550). *สรีรวิทยาของพืช*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ยงยุทธ โอสธสภา, ศุภมาศ พินิจศักดิ์พัฒนา, อรรถดิษฐ์ วงศ์เมธีโรจน์, และชัยสิทธิ์ ทองจุ. (2541). *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ โอสธสภา. (2557). *การให้ปุ๋ยทางใบ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- รัตน์ะ สวามีชัย, ประวัติ นกขี้ม, และเรณูขวัญ อินทนนท์. (2555). การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวใน
จังหวัดพิษณุโลก. *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน*, 5(1), 1–14.
- รุ่งนภา ช่างเจรจา, และสันติ ช่างเจรจา. 2556. ผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต
และการออกดอกของวุ้นมหาลาภ. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 6(3), 207–212.
- สุริยวัลย์ สิทธิจันดา, ปุณณดา ทะรังศรี, ชัชวินทร์ นวลศรี, และจักรกฤษ ศรีละอ. (2563). ผลของปุ๋ยหมักจาก
ของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตตะน้า. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(1), 31–40.
- อภิวัฒน์ อินทร์นง, พกตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, และอรประภา เทพศิลาพิสุทธิ. (2559). การเปรียบเทียบคุณภาพข้าว
ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 24(5), 766–776.
- Chen, D., Suter, H., Islam, A., Edis, R., Freney, J.R., & Walker, C.N. (2008). Prospects of improving efficiency
of fertilizer nitrogen in Australian agriculture: a review of enhanced efficiency fertilizers. *Australian
Journal of Soil Research*, 46(4), 289–301.
- Gahoonia, T.S., & Nielsen, N.E. (2003). Phosphorus (P) uptake and growth of a root hairless barley mutant
(bald root barley, brb) and wild type in low- and high-P soils. *Plant, Cell and Environment*, 26,
1759–1766.
- Hokmalipour, S., & Darbandi, M.H. (2011). Effects of nitrogen fertilizer on chlorophyll content and other leaf
indicate in three cultivars of maize (*Zea mays* L.). *World applied sciences journal*, 15, 1780–1785.
- Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press San Diego, CA.
- Peterson, B.C., Booth, N.J., & Manning, B.B. (2012). Replacement of fish meal in juvenile channel catfish,
Ictalurus punctatus, diets using a yeast-derived protein source: the effects on weight gain, food
conversion ratio, body composition and survival of catfish challenged with *Edwardsiella ictaluri*.
Aquaculture Nutrition, 18, 117–131.
- Zhang, H., Xu, M., Shi, X., Li, Z., Huang, Q., & Wang, X. (2010). Rice yield, potassium uptake and apparent
balance under long-term fertilization in rice-based cropping systems in southern China. *Nutrient
Cycling Agroecosystem*, 88, 341–349.