

ผลของปุ๋ยหมักจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่า
และกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต
และผลผลิตคะน้า

EFFECTS OF COMPOST FROM HYTHANE PRODUCTION FROM
STILLAGE AND BREWER'S YEAST CELLS CO-DIGESTED OF
ORGANIC MATERIALS ON GROWTH AND YIELD
OF CHAINESE KALE

สุรีย์วัลย์ สิทธิจันดา¹ ปุณณดา ทะรังศรี² ชัชวินทร์ นวลศรี² และจักรกฤษ ศรีละออง^{2*}
Sureewan Sittijunda¹ Punnada Tharangsri² Chatchawin Nualsri²
and Chakkrit Sreela-or^{2*}

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: 11 November 2019 ; Revised: 27 February 2020 ; Accepted: 1 March 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยหมักจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า โดยใช้วิธีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) จำนวน 11 สิ่งทดลองๆ ละ 5 ซ้ำ ได้แก่ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 สิ่งทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 สิ่งทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3 สิ่งทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4 สิ่งทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5 สิ่งทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6 สิ่งทดลองที่ 9 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 สิ่งทดลองที่ 10 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8 และสิ่งทดลองที่ 11 ใส่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9 ดำเนินการวิจัย ณ แปลงปฏิบัติการพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผลการศึกษาพบว่า คะน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมี (สิ่งทดลองที่ 2) ส่งผลให้คะน้ามีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีที่สุด ในด้าน จำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูง และน้ำหนักสด โดยคะน้ามีจำนวนใบ

11.40 ใบต่อดัน ความกว้างของใบ 14.54 เซนติเมตร ความยาวใบ 16.52 เซนติเมตร ความสูง 25.14 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสดเท่ากับ 112.90 กรัมต่อดัน รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 9 (ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7) ในขณะที่สิ่งทดลองควบคุมส่งผลให้คะนามีการเจริญเติบโต และผลผลิตต่ำที่สุด

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก น้ำกากส่า กากยีสต์

Abstract

The objective of this research was to study the effects of compost from hythane production from stillage and brewer's yeast cells co-digested of organic materials on growth and yields of Chinese kale. The experiment design was a Completely randomized design (CRD) of 11 treatments with 15 replications; treatment 1; without fertilizer (control), treatment 2; chemical fertilizer, treatment 3; compost formula 1, treatment 4; compost formula 2, treatment 5; compost formula 3, treatment 6; compost formula 4, treatment 7; compost formula 5, treatment 8; compost formula 6, treatment 9; compost formula 7, treatment 10; compost formula 8 and treatment 11; compost formula 9 at Plant Science Field, Faculty of Food and Agricultural Technology, Phibulsongkram Rajabhat University. The result showed that the chemical fertilizer (treatment 2) could produce highest growth and yield of Chinese kale, as well as, number of leave, leave width, leaf length, plant height and fresh weight. The number of leave were 11.40 leave/plant, leave width were 14.54 cm, Leaf length were 16.52 cm, plant height were 25.14 cm and fresh weight were 112.90 g/plant. The growth and yield of Chinese kale in treatment 9 (Compost formula 7) was second. While, the control treatment gave the lowest growth and yield of Chinese kale.

Keywords: Compost, Stillage, Brewer's yeast cell

บทนำ

ในปัจจุบันปริมาณเชื้อเพลิงที่ได้จากฟอสซิลมีปริมาณลดลง ทำให้มีการศึกษาวิจัยพลังงานในรูปแบบอื่นขึ้นมาทดแทน ซึ่งเอทานอลก็เป็นหนึ่งในนั้น โดยในปัจจุบันมีปริมาณโรงงานผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นถึง 28 โรงงาน ซึ่งสามารถผลิตจากวัตถุดิบที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นอ้อย มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล อย่างไรก็ตามจากกระบวนการผลิตดังกล่าว พบว่า

ของเสียเหลือทิ้งในกระบวนการผลิต คือ น้ำกากส่า ซึ่งมีค่าซีไอดีที่สูง และมีกลิ่นเหม็น หากมีการปลดปล่อยหรือรั่วไหลลงสู่ธรรมชาติหรือชุมชนก็จะทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมและสังคมได้ ในปัจจุบันมีการนำกากส่ามาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้แก่ การปรับปรุงดิน (ปริญญช, 2534) การนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมัก (จิราวรรณ, 2538) และการนำมาผลิตไบโอแก๊ส (ชัชวรินทร์, 2561) นอกจากนั้นยังมีกากยีสต์ซึ่งเป็นของเสียที่มีปริมาณโปรตีนสูง ซึ่งได้มีผู้วิจัยที่นำของเสียดังกล่าวมาผลิตน้ำหมักชีวภาพ (กัญญาพร และคณะ, 2558) และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์ (Peterson et al., 2012) นอกจากนั้นยังมีการนำกากยีสต์มาผลิตไบโอแก๊ส (ชัชวรินทร์, 2561) อย่างไรก็ตามจากกระบวนการผลิตดังกล่าวยังมีของเสียเหลือทิ้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายไม่หมด ดังนั้นหากมีการนำของเสียเหลืงดังกล่าวมาใช้ประโยชน์จะทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่าจากของเสีย และลดมลพิษในสิ่งแวดล้อม การเพาะปลูกพืชของเกษตรกรในประเทศไทยส่วนใหญ่มีการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิต เนื่องจากหาซื้อง่ายและให้ผลเร็ว แต่ผลเสียที่ตามมา คือ ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ขาดความอุดมสมบูรณ์ และโครงสร้างดินไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก เมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวทำให้เกษตรกรเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยมากขึ้น เนื่องจากผลผลิตลดลง ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ผิดวิธี และทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น จากปัญหาดังกล่าวทำให้มีผู้ศึกษาวิจัยด้านการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการเพาะปลูกพืช (เปรม และบุญแสน, 2556; อภิวัฒน์ และ พัทธทรัพย์, 2559) ดังนั้นการนำของเสียเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไฮเทนร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่เป็นของเสียเหลือทิ้งที่มีอยู่ในชุมชนมาผลิตเป็นปุ๋ยหมัก จะทำให้เป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับของเสียเหลือทิ้ง ลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อม และเป็นแนวทางในการลดการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรกร

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง ทำการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design : CRD) ประกอบด้วย 11 สิ่งทดลองๆ ละ 5 ซ้ำ โดยใช้คนำเป็นพืชทดสอบ สิ่งทดลองต่างๆ ประกอบด้วย สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control) สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 สิ่งทดลองที่ 3 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1 สิ่งทดลองที่ 4 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2 สิ่งทดลองที่ 5 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3 สิ่งทดลองที่ 6 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4 สิ่งทดลองที่ 7 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5 สิ่งทดลองที่ 8 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6 สิ่งทดลองที่ 9 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 สิ่งทดลองที่ 10 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8 สิ่งทดลองที่ 11 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9 โดยปุ๋ยหมักแต่ละสูตรมีอัตราส่วนผสมที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยหมักจากของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

สิ่งทดลอง	อัตราส่วนผสม				
	ของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์	เศษฝุ่นผงใบยาสูบ	ผักตบชวา	กากถั่วเหลือง	ปุ๋ยคอก
1. ไม่ใส่ปุ๋ย	-	-	-	-	-
2. ปุ๋ยเคมี	-	-	-	-	-
3. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1	20	20	20	30	10
4. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2	20	25	25	25	5
5. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3	20	30	30	20	-
6. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4	30	15	15	30	10
7. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5	30	20	20	25	5
8. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6	30	25	25	20	-
9. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7	40	10	10	30	10
10. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8	40	15	15	25	5
11. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9	40	20	20	20	-

2. การเตรียมปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดลอง การผลิตปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ โดยการนำส่วนผสมตามที่ได้ออกแบบการทดลองในแต่ละสิ่งทดลอง ทำการผสมวัตถุดิบให้เข้ากันและนำไปกองบนพื้นที่ปูรองด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อทำการผลิตปุ๋ยหมักสิ่งทดลองละ 5 ซ้ำ โดยหมักในโรงเรือน เป็นระยะเวลา 60 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมักนำปุ๋ยหมักมาเกลี่ยและฝังในที่ร่มเป็นเวลา 3 วัน (เป็นปุ๋ยที่พร้อมใช้งาน) และนำมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางเคมี

3. การเตรียมพืชทดลอง ทำการเพาะกล้าคะน้าโดยนำเมล็ดคะน้ามาหยอดในถาดเพาะที่เตรียมไว้ โดยหยอดหลุมละหนึ่งเมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน ซึ่งจะมีใบจริง 2-3 ใบ ย้ายปลูกลงกระถางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 นิ้วที่เตรียมไว้ 1 ต้น ต่อหนึ่งกระถาง จำนวน 55 กระถาง ทำการรดน้ำวันละ 1 ครั้ง โดยไม่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช และทำการใส่ปุ๋ยหมักในสิ่งทดลองที่ 3-11 ในอัตรา 100 กรัมต่อกระถาง โดยไม่มีการใส่ปุ๋ยชนิดอื่น ยกเว้นสิ่งทดลองควบคุมที่มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในอัตรา 3 กรัมต่อกระถาง

4. การบันทึกผลการทดลอง บันทึกข้อมูลน้ำหนักสดทั้งต้นของคะน้าเมื่ออายุครบ 45 วัน โดยทำการถอนพร้อมราก และชั่งน้ำหนักในหน่วยกรัมต่อต้น

5. การวิเคราะห์ข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : Anova) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่ โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณลักษณะของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ได้ผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมักจากของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

จากการวิจัย พบว่า การใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อคุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์

สิ่งทดลอง	คุณสมบัติ					
	pH	ความชื้น (ร้อยละ)	อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละ)	ปริมาณธาตุอาหาร (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)		
				ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1. ไม้ใส่ปุ๋ย	-	-	-	-	-	-
2. ปุ๋ยเคมี	-	-	-	-	-	-
3. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1	6.83	30.84	31.71	13,591	6,137	6,991
4. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2	6.79	31.23	30.74	11,329	5,028	7,388
5. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3	6.54	33.49	32.93	12,178	4,468	8,290
6. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4	7.19	30.02	37.74	19,513	7,779	10,452
7. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5	7.02	29.71	32.41	17,151	6,508	6,356
8. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6	7.11	31.86	34.57	18,600	5,697	7,551
9. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7	7.23	28.44	36.55	25,563	7,192	3,783
10. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8	7.18	27.93	36.62	24,153	7,360	5,087
11. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9	7.15	27.04	38.26	24,631	6,926	7,209

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ พบว่า ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ระหว่าง 6.54–7.23 ค่าความชื้นอยู่ระหว่างร้อยละ 27.04–33.49 ปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 30.74–38.26 ในด้านธาตุอาหารหลักของพืช พบว่า มีปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 11,329–25,563 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยปุ๋ยหมัก

สูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9 และปุ๋ยหมักสูตรที่ 8 มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับ 25,563 24,631 และ 24,153 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยหมักทั้ง 9 สูตร อยู่ระหว่าง 4,468–7,779 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยปุ๋ยหมักสูตรที่ 4 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 7,779 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8 และปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 7,360 และ 7,192 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์จากปุ๋ยหมักตามการทดลองอยู่ระหว่าง 3,783–10,452 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงที่สุดพบในปุ๋ยหมักสูตรที่ 4 และปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุด

คุณสมบัติของปุ๋ยหมักที่ได้จากกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ตามประกาศกรมวิชาการเกษตรทั้งในด้านค่าความเป็นกรดต่าง (5.5 – 8.5) ค่าความชื้น (ไม่เกินร้อยละ 35) อินทรีย์วัตถุ (ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30) และปริมาณธาตุอาหารพืช (ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ) ยกเว้นปุ๋ยหมักสูตรที่ 3 และสูตรที่ 7 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ตามลำดับ

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลองที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า

จากการวิจัย พบว่า การใช้ส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยหมักที่แตกต่างกัน มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้าที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า

สิ่งทดลอง	การเจริญเติบโต				ผลผลิต
	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความสูง (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)
1. ควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย)	6.60±0.55 ^d	3.06±0.32 ^f	4.84±0.26 ^f	11.06±1.57 ^e	11.08±2.12 ^h
2. ปุ๋ยเคมี*	11.40±1014 ^a	14.54±0.89 ^a	16.52±0.80 ^a	25.14±0.55 ^a	112.90±2.69 ^a
3. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 1	8.00±0.70 ^c	9.42±1.40 ^{de}	13.08±0.84 ^{cd}	13.90±1.99 ^d	64.24±3.78 ^g
4. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 2	8.00±0.70 ^c	8.54±0.25 ^e	11.68±1.20 ^e	12.74±0.93 ^{de}	61.38±2.23 ^g
5. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 3	8.20±0.45 ^c	9.42±1.40 ^{de}	12.08±1.03 ^{de}	13.70±1.97 ^d	64.30±3.41 ^g
6. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 4	9.40±0.54 ^b	11.36±1.33 ^c	13.68±0.67 ^c	21.14±1.86 ^b	84.08±3.16 ^e
7. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 5	8.80±0.45 ^{bc}	9.86±0.28 ^d	12.06±0.91 ^{de}	18.16±1.01 ^c	79.92±1.59 ^f

ตารางที่ 3 (ต่อ)

สิ่งทดลอง	การเจริญเติบโต				ผลผลิต
	จำนวนใบ (ใบ)	ความกว้างใบ (เซนติเมตร)	ความยาวใบ (เซนติเมตร)	ความสูง (เซนติเมตร)	น้ำหนักสด (กรัม/ต้น)
8. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 6	8.80±0.45 ^{bc}	10.42±0.48 ^{cd}	12.64±0.55 ^{cde}	18.82±1.69 ^c	80.36±1.60 ^{ef}
9. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7	11.20±0.84 ^a	13.76±0.58 ^{ab}	16.18±0.75 ^{ab}	24.68±0.47 ^a	108.20±3.96 ^b
10. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 8	10.80±0.45 ^a	13.32±0.94 ^b	15.42±0.52 ^b	23.94±1.81 ^a	98.62±4.02 ^d
11. ปุ๋ยหมักสูตรที่ 9	11.00±0.71 ^a	13.56±0.26 ^{ab}	15.34±0.73 ^b	24.30±0.61 ^a	102.38±2.13 ^c
CV (%)	7.18	8.12	6.04	7.59	3.71
F-Test	**	**	**	**	**

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งจะไม่มี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ค่าที่แสดงหลังเครื่องหมาย ± คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน * ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นสูตร 15-15-15 ** แสดงถึงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า พบว่า หลังจากได้ปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักเป็นเวลา 60 วัน แล้วนำ มาตากในที่ร่มเป็นเวลา 3 วัน จากนั้น นำมาทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลองที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า ดังตารางที่ 4 พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบในสิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมี ให้จำนวนใบสูงที่สุด รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 9 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 ในขณะที่สิ่งทดลองควบคุมมีค่าการเจริญเติบโตด้านจำนวนใบน้อยที่สุด (11.40 11.20 และ 6.60 ใบต่อต้น ตามลำดับ) เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ และความยาวใบของสิ่งทดลองต่างๆ ที่พบว่า สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมี ให้ค่าความกว้างใบและความยาวใบสูงที่สุด (14.54 และ 16.52 เซนติเมตร) รองลงมา คือ สิ่งทดลองที่ 9 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 (13.76 และ 16.18 เซนติเมตร) ในขณะที่สิ่งทดลองที่ 1 มีค่าการเจริญเติบโตด้านความกว้างใบ และความยาวใบน้อยที่สุด (3.06 และ 4.84 เซนติเมตร) สอดคล้องกับการเจริญเติบโตด้านความสูง สิ่งทดลองที่ให้ความสูงของคะน้าสูงที่สุด คือ สิ่งทดลองที่ 2 ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 25.14 เซนติเมตร รองลงมา คือ 24.68 เซนติเมตร (สิ่งทดลองที่ 9 ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7) และความสูงของคะน้าต่ำที่สุด เท่ากับ 11.06 เซนติเมตร (สิ่งทดลองควบคุม)

ผลผลิตคะน้าจากการใช้ปุ๋ยในแต่ละสิ่งทดลอง พบว่า ผลผลิตของคะน้าในด้านน้ำหนักสด พบว่า เมื่อให้ปุ๋ยเคมีกับคะน้าในสิ่งทดลองที่ 2 สามารถให้ปริมาณน้ำหนักสดคะน้าสูงที่สุดเท่ากับ 112.90 กรัม/ต้น รองลงมาคือการให้ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 ให้ปริมาณน้ำหนักสดคะน้า

เท่ากับ 108.20 กรัม/ตัน ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้ปริมาณน้ำหนัสดะค่าน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ 11.08 กรัม/ตัน

อภิปรายผล

ปุ๋ยหมักแต่ละสูตรที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชที่แตกต่างกันตามอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของพืช พบว่าปุ๋ยหมักทุกสูตรส่วนใหญ่มีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบมากที่สุด ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบที่เป็นของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สูงซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตปุ๋ยหมักในการวิจัย และกากถั่วเหลืองที่เป็นวัตถุดิบอีกชนิดหนึ่งในการผลิตปุ๋ยหมักในการวิจัยนี้มีองค์ประกอบของไนโตรเจนในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ทำให้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าทางด้านจำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ และความสูงต้น โดยพบว่า การเจริญเติบโตของคะน้าในด้านต่างๆ มีความสอดคล้องกับระดับไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบในปุ๋ยหมักแต่ละสูตร โดยที่ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสูงที่สุด เท่ากับ 25,563 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และส่งผลต่อจำนวนใบต่อต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความสูงต้น และน้ำหนักสดมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตน์ะ และคณะ (2012) ที่ศึกษาวิธีการจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตข้าวในจังหวัดพิษณุโลก โดยพบว่า การเจริญเติบโตของข้าวมีความสัมพันธ์กับระดับธาตุไนโตรเจน ปุ๋ยสูตรที่มีไนโตรเจนในปริมาณที่สูงจะส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่สูงเช่นกัน เนื่องจากไนโตรเจนสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น และใบของพืช โดยมีบทบาทต่อการแบ่งและขยายตัวของเซลล์ (ยงยุทธ และคณะ, 2541) การสังเคราะห์แสง และการสร้างคลอโรฟิลล์ (ภาคภูมิ, 2550) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hokmalipour & Darbandi (2011) ที่พบว่า คลอโรฟิลล์ในส่วนของใบพืชจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณไนโตรเจนที่พืชได้รับ อย่างไรก็ตามการให้ปุ๋ยกับพืชควรให้ในความเข้มข้นที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด เพื่อให้พืชได้รับปริมาณธาตุอาหารอย่างเพียงพอส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี (อรประภา และภาณุมาศ, 2558) ซึ่งหากพืชได้รับปุ๋ยในความเข้มข้นสูงเกินไปจะทำให้เป็นอันตรายต่อพืช ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตช้าลง (กองบรรณาธิการวารสารเกษตรธรรมชาติ, 2550) โดยจะทำให้ในเซลล์พืชมีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูง การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แสงจะลดลง ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง (ยงยุทธ, 2557) นอกจากนั้นหากพืชได้รับปุ๋ยในความเข้มข้นต่ำเกินไปจะส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารน้อยจนขาดแคลนส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักหรือเจริญเติบโตช้าลง (เรณู, 2556) นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักที่ใส่ให้กับคะน้าในการทดลองครั้งนี้ พบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีจะมีปริมาณธาตุอาหาร

หลักทั้ง 3 ชนิด ชนิดละเท่ากับ 450 มิลลิกรัมต่อกระถาง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 ที่ใส่ให้กับคะน้ามี่ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เท่ากับ 2,556.30 719.20 และ 378.30 มิลลิกรัมต่อกระถาง ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลักในสิ่งทดลองที่เป็นปุ๋ยเคมีมีปริมาณต่ำกว่าปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 แต่กลับให้การเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้าที่ดีกว่า เนื่องจากปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยหมักซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์จะมีการปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ เนื่องจากธาตุอาหารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ก่อนจึงจะสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาได้ (Woo-Jung et al., 2003)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลของปุ๋ยหมักจากของเสียกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า พบว่า ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้า คือ ปุ๋ยหมักสูตรที่ 7 (ของเสียในกระบวนการผลิตไฮเทนจากน้ำกากส่าและกากยีสต์: เศษฝุ่นผงใบยาสูบ: ผักตบชวา: กากถั่วเหลือง: ปุ๋ยคอก เท่ากับ 40: 10: 10: 30: 10) โดยส่งผลให้คะน้ามี่จำนวนใบ 11.20 ใบ/ต้น ความกว้างของใบ 13.76 เซนติเมตร ความยาวใบ 16.18 เซนติเมตร ความสูง 24.68 เซนติเมตร และมีน้ำหนักสดเท่ากับ 108.20 กรัมต่อต้น โดยของเสียดังกล่าวสามารถใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยหมักเพื่อการเพาะปลูกคะน้าทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ โดยสามารถให้ผลผลิตคะน้าที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการนำผลจากการวิจัยไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรผู้เพาะปลูกนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการประกอบอาชีพเสริมได้นอกจากนั้นทางฟาร์มเกษตร ของคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร ยังได้นำผลการวิจัยนี้ไปทำการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักบรรจุถุงเพื่อการจำหน่ายอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีเพราะได้รับการสนับสนุนทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือสำหรับการตรวจวิเคราะห์ นอกจากนี้ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กองบรรณาธิการวารสารเกษตรกรรมชาติ. (2550). น้ำปัสสาวะปุ๋ยชั้นดีจากฝีมือมนุษย์ทดแทนปุ๋ยเคมีดีต่อสภาพแวดล้อม. **วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ**, 10, 27–37.
- กัญญาพร สังข์แก้ว สุวรรณภา บุญจรัส และอมร อินทราเวช. (2558). การใช้หมักชีวภาพจากกากยีสต์เพื่อผลิตค่น้ำอินทรีย์. **วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์**, 4, 24–32.
- จิราวรรณ ปัทมทอง. (2538). การใช้กากสาเพื่อการเกษตร. **วารสารเกษตรศาสตร์**, 45, 67–72.
- ชัชวรินทร์ นวลศรี. (2561). การเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตมีเทนจากน้ำกากส่าด้วยการหมักร่วมกับกากยีสต์. **สังเคราะห์ความรู้จากงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์**, 1, 7–9.
- ปริญญ์ ไวยมัย. (2534). การลดความเข้มข้นน้ำกากส่าโดยเชื้อแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, ภาควิชาจุลชีววิทยา.
- เปรม เสนา และบุญแสน เตียวนกุลธรรม. (2556). แนวทางการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าวของกลุ่มเกษตรกรทำนาโคกหม้อ ตำบลโคกหม้อ อำเภอทัพทัน จังหวัดอุทัยธานี. **วารสารวิชาการเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ**, 3(5), 125–136.
- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. (2550). **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ยงยุทธ ไสยสกลา ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา อรรถดิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจู. (2541). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ยงยุทธ ไสยสกลา. (2557). **การให้ปุ๋ยทางใบ**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- รัตน์ สวามีชัย ประวัติ นกอิม และเรื่อนขวัญ อินทนนท์. (2555). การจัดการปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในจังหวัดพิษณุโลก. **วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน**, 5(1), 1–14.
- เรณู ตรีโลเกศ. (2556). ผลของการใช้ปุ๋ยสูตรที่ดีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักบางชนิด. **วารสารเกษตรพระวิรุณ**, 10, 19–27.
- อภิวัฒน์ อินทร์นิก แพ็คเตอร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และอรประภา เทพศิลป์วิสุทธิ. (2559). การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในจังหวัดสุรินทร์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 24(5), 766–776.
- อรประภา อนุกุลประเสริฐ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. (2558). ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพของผักกาดหอม. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 4, 81–94.
- 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.
- 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.
- Woo–Jung, C., Hee–Myong, R. & Hobbie, E.A. (2003). Patterns of natural ¹⁵N in soils and plants from chemically and organically fertilized uplands. **Soil Biology and Biochemistry**, 35, 1493–1500.