



การพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพคุณภาพสูงเพื่อการปลูกข้าว ชฎาพร ช้วยนนท์ และ ปุมิสัก อินทนนท์*

Development of High Quality Bio-fertilizer for Rice Production

Chadaporn Chuaynon and Pumisak Intanon*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Department of Agriculture, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000

*Corresponding Author. E-mail address: Pumisak_intanon@hotmail.com

Received 31 April 2011; accepted 4 August 2011

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้ามีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงและเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวและเพิ่มผลผลิตข้าว เพื่อให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ โดยทำการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้วัสดุแตกต่างกันในถังขนาด 200 ลิตร ตามกรรมวิธีของกรมพัฒนาที่ดิน วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 สูตรการทดลองคือปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าว จำนวน 5 กรรมวิธี ๆ ละ 1 ถัง และปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าวจำนวน 5 กรรมวิธี ๆ ละ 1 ถัง เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักแล้ว นำปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ธาตุอาหารเพื่อประเมินความเหมาะสมของแต่ละกรรมวิธีดังนี้ ธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ (Fe, Mn, Cu, Zn, B) ที่ห้องปฏิบัติการคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-เดือนธันวาคม 2552 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดย Analysis of Variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารพบว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าว กรรมวิธีที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุดเพราะมีปริมาณธาตุ N, P, Ca, Mg, Fe และ S มากที่สุด และมากกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่เกษตรกรนิยมผลิต ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าวกรรมวิธีที่ 5 มีความเหมาะสมมากที่สุดเพราะมีปริมาณธาตุอาหาร N, P, K, Ca, Fe, S และ Zn ในปริมาณ มาก และมากกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่เกษตรกรนิยมผลิต โดยเฉพาะระดับธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงขึ้นมากกว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 ส่วนธาตุแคลเซียม (Ca), กำมะถัน (S), เหล็ก (Fe) และ สังกะสี (Zn) อยู่ในระดับที่สูงเช่นกัน ซึ่งธาตุเหล่านี้มีผลและจำเป็นอย่างมากต่อการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว ดังนั้นในการปลูกข้าวช่วงต้นข้าวเจริญทางด้านลำต้นใบควรเลือก ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 กรรมวิธีที่ 5 และเมื่อข้าวเริ่มออกดอกออกรวงไปแล้วควรเลือกปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 กรรมวิธีที่ 5 ฉีดพ่นเพื่อเร่งการเจริญเติบโตและเร่งผลผลิต

คำสำคัญ: ปุ๋ยน้ำชีวภาพ, ปุ๋ยน้ำชีวภาพคุณภาพสูง, จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์

Abstract

This research aims to development of high quality of bio-fertilizers to have a high efficiency, suitability for the growth and yields of rice production. Additionally, this would help to reduce the cost of the production for the farmers. The bio-fertilizer with different materials was fermented in the 200 litres barrel according to the process of The Department of Lands Development. The experiment plan of Completely Randomized Design (CRD) was being used which included 2 trial formulas. The first formula was the formula of increasing the growth of the trunks and leaves of rice which had 5 treatments and each treatment used 1 barrel. The second formula was the formula of increasing the bearing of flowers and the weight of rice seed which also had 5 treatments and each treatment used 1 barrel. After finishing the fermentation process, the bio-fertilizer liquids were taken to analyze for the nutrients element to assess the suitability of the formulas as to find the major elements (N, P, K), the minor elements (Ca, Mg, S) and some important trace elements (Fe, Mn, Cu, Zn, B). The analyzing took place at the Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment's lab in Naresuan University, Phitsanulok. This was held during November and December 2009. The data were statistically analyzed by the Analysis of Variance (ANOVA), and the data were differentiated by the method of Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) at the confidential level 95% .

In conclusion, the result shows that in the fifth treatment of the first formula of increasing the growth of the trunks and leaves of rice has the nutrient elements of N, P, Ca, Mg, Fe and S higher than any other treatments and more than general bio-fertilizers that produced by farmer . Furthermore, the fifth treatment of the second formula of increasing the bearing of flowers and the weight of rice seed has the nutrient elements of N, P, K, Ca, Fe, S and Zn higher than any other treatments and more than general bio-fertilizers that produced by farmer. Therefore, for planting the rice from the time of rice sprouting until the rice yielding should choose the fifth treatment in the first formula and after the rice yielding should choose the fifth treatment in the second formula as to spray throughout the rice plants for increasing the growth and also the production of the rice.

Keywords: Bio-fertilizer, High quality bio-fertilizer, Effective Micro-organisms

บทนำ

ในปัจจุบันปุ๋ยเคมีมีราคาแพง และเมื่อใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้ดินเสื่อมสภาพ โดยทำให้ดินแน่นที่บ การระบายอากาศไม่ดี การพัฒนาการของระบบรากมีข้อจำกัด ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้นเกษตรกรจึงต้องใช้ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้นทุกหน่วยงานของภาครัฐจึงส่งเสริมให้เกษตรกร ลด ละ เลิกการใช้ปุ๋ยเคมี และส่งเสริมการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ให้มากขึ้น เพราะการใช้ปุ๋ยน้ำชีวภาพร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จะช่วยให้โครงสร้างดินดีขึ้น การสูญเสียธาตุอาหารจากดินลดน้อยลง ช่วยเพิ่มจุลธาตุอาหาร และช่วยเสริมการใช้ปุ๋ยเคมีให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีการนำปุ๋ยน้ำชีวภาพมาใช้อย่างกว้างขวางขึ้นอยู่กับสูตรการผลิตในแต่ละท้องถิ่น ปุ๋ยน้ำชีวภาพนอกจากจะมีคุณสมบัติในการให้ธาตุอาหารแก่พืชแล้วยังมีคุณสมบัติในการขับไล่และป้องกันแมลงศัตรูพืชได้อีกด้วย ซึ่งในหลายจังหวัดเขตภาคเหนือตอนล่าง เช่น จังหวัดพิษณุโลก สุโขทัย พิจิตร และนครสวรรค์ มีการทำนาปีละ 2-3 ครั้ง ทำให้ดินไม่มีการพักตัว การใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากติดต่อกันหลายปีจะทำให้ดินเป็นกรดสูง เกิดโรคระบาดได้ง่าย ข้าวไม่แตกกอ เกิดอาการเหี่ยวใบ เมีลีตลีบ ผลผลิตต่ำ และเกิดสารตกค้างในดินและในผลผลิตทางการเกษตรอีกด้วย ดังนั้น การให้ธาตุอาหารเสริมในรูปปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อการปลูกข้าวก็น่ามีความจำเป็นเพื่อลดต้นทุนการผลิต และรักษาสังแวดล้อมทางการเกษตร อย่างไรก็ตามปุ๋ยน้ำชีวภาพที่เกษตรกรผลิตทั่วไปนั้นส่วนใหญ่สูตรการผลิตไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับการแนะนำของหมอดินอาสาประจำหมู่บ้าน

บ้านโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ (พ.ด.2) ของกรมพัฒนาที่ดินในการหมัก ปุ๋ยน้ำชีวภาพจึงมีธาตุอาหารน้อยและธาตุอาหารไม่สมดุล ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพ ประสิทธิภาพสูงเพื่อการปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตสูง ทั้งสูตรสำหรับเร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบและสูตรสำหรับเร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการลดการใช้สารสังเคราะห์ และปุ๋ยเคมีให้น้อยลงและเพื่อเป็นเทคโนโลยีส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์และการผลิตข้าวที่มีคุณภาพสูงต่อไป

วิธีการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพคุณภาพสูงขึ้นมา 2 สูตรประกอบด้วย 1. การพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตด้านลำต้นใบของข้าว ประกอบด้วย 5 กรรมวิธี 2. การพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าวประกอบด้วย 5 กรรมวิธีโดยเปรียบเทียบกับสูตร (กรรมวิธีที่ 1) ที่เกษตรกรนิยมผลิตใช้ในครัวเรือน ตามที่ได้รับการอบรมมาโดยหมักในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตรและใช้เชื้อจุลินทรีย์ (พด.2) ของกรมพัฒนาที่ดินช่วยย่อยสลาย ทั้ง 2 สูตรการผลิตวางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 1 ถัง (200 ลิตร) ส่วนวัสดุผสมสูตรได้พัฒนาขึ้นมาเองโดยเน้นด้านธาตุอาหารที่ข้าวจะได้รับอย่างสมดุลและพอเพียง แตกต่างกันตามกรรมวิธีการทดลอง ดังนี้ (ตารางที่ 1 และตารางที่ 2 และรูปที่ 1)

1. การพัฒนาผู้นำชีวภาพสตร 1 (เร่งการเจริญเติบโตด้านลำต้นและใบของข้าว)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมวัสดุที่ใช้ในการผลิตป่นนำชีวภาพสตร 1

หน่วย : กก. ในถังขนาด 200 ลิตร

กรรมวิธี	หอย เชอร์รี่	ยอด ผักบุ้ง	ลึบปะ รด	มะละ กอสูก	กล้วยสุก	ฟักทอง แก่	หัวแค รอต	กากน้ำ ตาล	รวม
กรรมวิธีที่1(T1)สูตร ทั่วไปของเกษตรกร	15	–	5	5	5	–	–	10	40
กรรมวิธีที่ 2(T2)	10	5	5	5	5	5	–	10	45
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	15	5	5	5	5	5	–	10	50
กรรมวิธีที่ 4(T4)	10	10	5	5	5	5	5	10	55
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	15	10	5	5	5	5	5	10	60

2. การพัฒนาสตรปัยน้ำชีวภาพสตร 2 (เร่งการออกดอก และเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว)

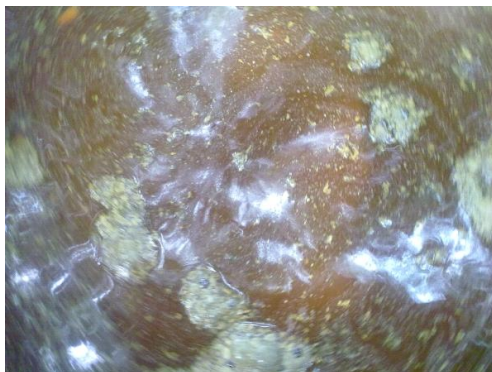
ตารางที่ 2 อัตราส่วนวัสดุที่ใช้ในการผลิตป๋นำชีวภาพสตร 2

หน่วย : กก. ในถังขนาด 200 ลิตร

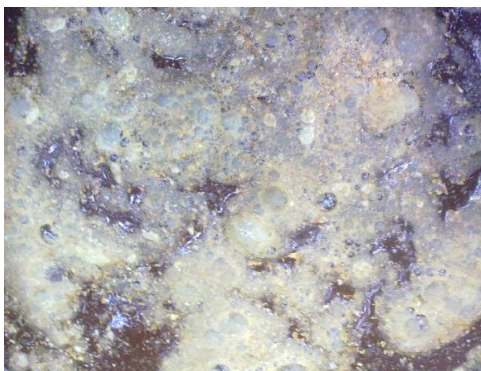
[illegible]

2.1.1 วิธีการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ

1. นำวัสดุในแต่ละกรรมวิธีมาหั่นสับให้ละเอียด ให้มีขนาดเล็กกว่า 2 เซนติเมตร แล้วเทวัสดุที่หั่นแล้วลงในถัง 200 ลิตรตามกรรมวิธีของแต่ละสูตรแล้วคลุกเคล้าให้ดี
2. เติมน้ำสะอาด (ไม่ควรใช้น้ำประปา) ในถังเล็กขนาด 20 ลิตร แล้วละลายหัวเชื้อจุลินทรีย์ พต.2 ลงไป ใช้ไม้คนให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที
3. นำสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ พต.2 จากข้อ 2 ใส่ลงถัง 200 ลิตรแล้วคนให้เข้ากันกับวัสดุผสมสูตร
4. เติมน้ำให้เกือบเต็มถัง 200 ลิตร คนให้เข้ากัน ปิดฝาพอประมาณทิ้งไว้ 45 วันในที่ร่ม คนถึงทุกวันในกรณีที่มีกลิ่นเหม็นเกิดขึ้นให้เติมน้ำตาล 1-3 ลิตรแล้วคนให้เข้ากัน จะช่วยลดกลิ่นเหม็นลงได้
5. เมื่อครบ 45 วันแล้วทำการกรองเอาน้ำหมักไปวิเคราะห์หาธาตุอาหารและวิเคราะห์จุลินทรีย์ต่อไป (รูปที่ 1)



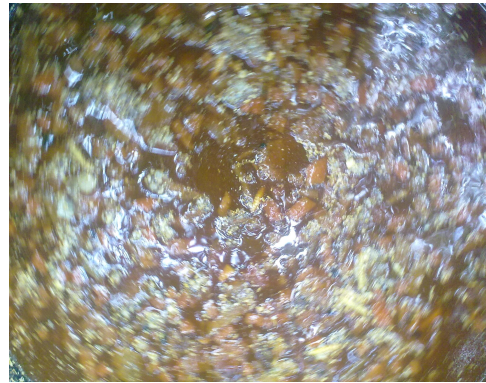
กรรมวิธีที่ 1 (T1)



กรรมวิธีที่ 2 (T2)



กรรมวิธีที่ 3 (T3)



กรรมวิธีที่ 4 (T4)



กรรมวิธีที่ 5 (T5)

รูปที่ 1 ลักษณะของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักแล้ว (45 วัน)

การบันทึกข้อมูลการวิจัย

การบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมการหมักทั้งสูตร 1 และสูตร 2 ดังนี้

- วัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมัก ทุก 3 วัน
- การวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 และปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 ดังนี้
- ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)
 - ธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K))
 - ธาตุอาหารรอง (แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S))
 - ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ (เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B))

ผลการทดลอง

จากการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ สูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าว และปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว ผลการวิเคราะห์เป็นดังนี้

ผลการวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมัก

ผลการวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมักทั้งสองสูตรการผลิตมีแนวโน้มคล้ายกันคือ พบว่าอุณหภูมิภายใน

ช่วงเริ่มแรกและค่อยๆ ลดลงในช่วง 18 วันแรกหลังจากนั้นจะมีบางช่วงที่อุณหภูมิภายในถังหมักต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกถัง ทั้งนี้เนื่องจากช่วงเวลาทำการทดลองเป็นฤดูหนาวมีอากาศหนาวเย็นประกอบกับมีฝนตก จึงทำให้อุณหภูมิภายในถังหมักบางช่วงต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกก่อนที่อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังจะคงที่ใกล้เคียงกันในช่วง 10 วันสุดท้าย (รูปที่ 2 และรูปที่ 3)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 (เร่งการเจริญเติบโตทางดานลำต้นและใบของข้าว)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางดานลำต้นและใบของข้าวเป็นดังนี้

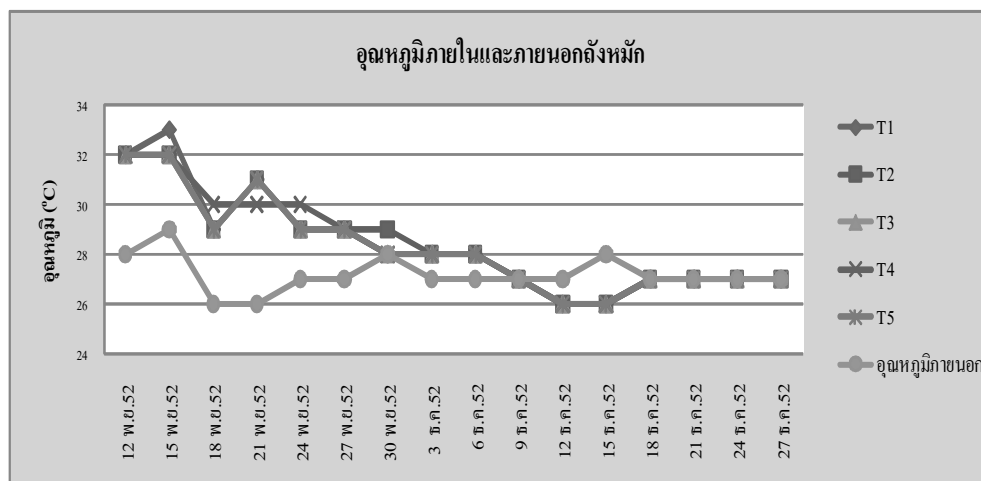
ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำชีวภาพ พบว่ามีความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ มีค่า pH เท่ากับ 5.63, 5.56, 5.50, 5.49, 5.43 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 95% (ตารางที่ 3)

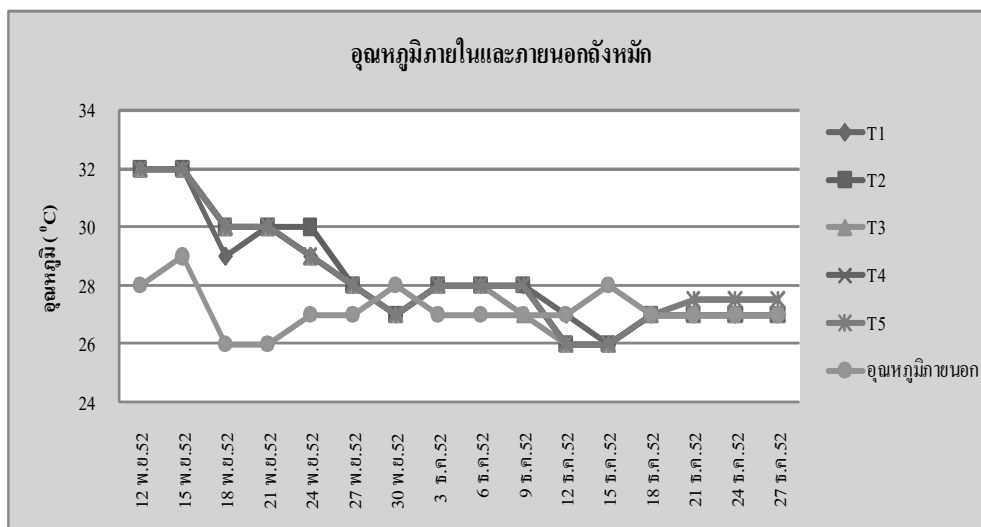
ไนโตรเจน (N) ผลการวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุดคือกรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 4 เท่ากับ 3.18, 3.14, 2.82, 1.86, 1.84 % ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 3)

ฟอสฟอรัส (P) ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือกรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 0.66, 0.64, 0.63, 0.60 และ 0.55 % ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3)

โพแทสเซียม (K) ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียม พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 2.51, 1.97, 1.94, 1.45, และ 1.37% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 3)



รูปที่ 2 แสดงอุณหภูมิภายในและภายนอกถังหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1



รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

กรรมวิธี	pH	ไนโตรเจน(N) (%)	ฟอสฟอรัส(P) (%)	โพแทสเซียม(K) (%)
กรรมวิธีที่1 (T1)สูตร ทั่วไปของเกษตรกร	5.43c	1.86c	0.55a	1.37 c
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	5.49bc	2.82b	0.60a	1.41c
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	5.50bc	3.14a	0.63a	1.45c
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	5.56ab	1.84c	0.66a	1.94b
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	5.63a	3.18a	0.64a	2.51b
F-test	*	**	ns	**
C.V.(%)	0.57	1.23	5.1	1.7

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพ สูตร 1

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เปรียบการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าวโดยวิเคราะห์ แคลเซียม, แมกนีเซียม, กำมะถัน ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

แคลเซียม (Ca) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ 4 และ กรรมวิธีที่ 2 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.18, 1.16, 1.13, 0.94, 0.87% ตามลำดับซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 4)

แมกนีเซียม (Mg) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดเท่ากันสามกรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 และ กรรมวิธีที่ 2 เท่ากับ 0.55% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 0.54% กรรมวิธีที่ 3 เท่ากับ 0.53%ตามลำดับแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

กำมะถัน (S) จากการวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณกำมะถัน มากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 3.008, 2.879, 2.508, 2.502 และ 2.402% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 95% (ตารางที่ 4)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ของปุ๋ยน้ำ ชีวภาพสูตร 1

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ คือ ธาตุเหล็ก, แมงกานีส, ทองแดง, สังกะสี และโบรอน ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

ธาตุเหล็ก (Fe) จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 384.46, 258.33, 245.46, 145.10 และ 130.30 ppm ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 5)

แมงกานีส (Mn) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแมงกานีสมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.83, 24.90, 23.30, 18.86 และ 13.76 ppm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 5)

ทองแดง (Cu) จากการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณทองแดงมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 3 รองลงมากรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 5 เท่ากัน และกรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 1 เท่ากัน ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.30 ppm, 0.16 ppm, 0.13 ppm ตามลำดับแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (ตารางที่ 5)

สังกะสี (Zn) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณสังกะสีมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 2 เท่ากัน 16.07 ppm รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 5 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับเท่ากับ 10.43, 10.10 และ 9.16 ppm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญยิ่ง 99% (ตารางที่ 5)

โบรอน (B) จากการวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณโบรอนมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 และกรรมวิธีที่ 4 เท่ากับ 0.00014% รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ เท่ากับ 0.00009, 0.00006 และ 0.00006 ppm ตามลำดับแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

กรรมวิธี	แคลเซียม (Ca) (%)	แมกนีเซียม (Mg) (%)	กำมะถัน (S) (%)
กรรมวิธีที่ 1 (T1) สูตรทั่วไป ของเกษตรกร	1.13c	0.54a	2.402b
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	0.87d	0.55a	2.508b
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	0.16b	0.53a	2.879a
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	0.94d	0.55a	2.495b
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	1.18a	0.55a	3.008a
F-test	**	ns	*
C.V.(%)	3.13	2.28	2.85

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

กรรมวิธี	ธาตุเหล็ก (Fe) (ppm)	แมงกานีส (Mn) (ppm)	ทองแดง (Cu) (ppm)	สังกะสี (Zn) (ppm)	โบรอน (B) (ppm)
กรรมวิธีที่ 1 (T1) สูตร ทั่วไปของเกษตรกร	130.30d	13.76e	0.13b	9.16b	0.00006a
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	145.10c	18.86d	0.13d	16.07a	0.00006a
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	384.46a	23.3b	0.30a	16.07a	0.00009a
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	258.33b	24.90c	0.16c	10.43b	0.00014a
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	245.46b	27.83a	0.16c	10.10b	0.00014a
F-test	**	**	**	**	ns
C.V.(%)	6.42	1.15	1.62	1.33	1.45

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 (เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 ประกอบด้วย การวัดความเป็นกรด-ด่างในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ได้ผลการทดลองดังนี้

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

ความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว พบว่ามีความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 2 มีค่า pH เท่ากับ 6.67, 6.50, 6.43, 6.41, 6.35 ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 95% (ตารางที่ 6)

ไนโตรเจน (N) ผลการวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุดคือกรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 และกรรมวิธีที่ 1

ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 3.53, 3.16, 2.60, 2.22, 1.65% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 99% (ตารางที่ 6)

ฟอสฟอรัส (P) ผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือกรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเท่ากับ มี 0.88, 0.86, 0.67, 0.66 และ 0.52% ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 95% (ตารางที่ 6)

โพแทสเซียม (K) ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียม พบว่ากรรมวิธีที่มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงที่สุดคือกรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 2.99, 2.91, 1.91, 1.52 และ 1.49% ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญ 99% (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

กรรมวิธี	pH	ไนโตรเจน(N) (%)	ฟอสฟอรัส(P) (%)	โพแทสเซียม(K) (%)
กรรมวิธีที่ 1 (T1) สูตร ทั่วไปของเกษตรกร	6.5ab	1.65c	0.52c	1.49d
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	6.35b	3.16b	0.66b	1.52d
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	6.41b	2.22d	0.67b	1.91c
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	6.43b	2.60c	0.86a	2.91b
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	6.67a	3.53a	0.88a	2.99a
F-test	*	**	*	**
C.V.(%)	1.09	1.2	5.19	1.46

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพ สูตร 2

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เปรียบการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว โดยวิเคราะห์หาแคลเซียม, แมกนีเซียม, กำมะถัน ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

แคลเซียม (Ca) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.66, 0.55, 0.25, 0.22, 0.08% ตามลำดับ ตามลำดับมีความแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 7)

แมกนีเซียม (Mg) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแมกนีเซียมพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดเท่ากันสองกรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 เท่ากับ 0.35% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 1 เท่ากับ 0.34 % รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 3 มีค่าเท่ากัน คือ 0.33% ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7)

กำมะถัน (S) จากการวิเคราะห์หาปริมาณกำมะถันพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณกำมะถัน มากที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.33, 3.098, 2.431, 2.399 และ 2.244% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 7)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ (Fe, Mn, Cu, Zn, B) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญคือ ธาตุเหล็ก, แมงกานีส, ทองแดง, สังกะสี และโบรอน ได้ผลการทดลองเป็นดังนี้

ธาตุเหล็ก (Fe) จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเหล็กพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณธาตุเหล็กมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 1 และ กรรมวิธีที่ 3 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 627.60, 408.73, 329.70, 310.73 และ 310.70 ppm ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 8)

แมงกานีส (Mn) จากการวิเคราะห์หาปริมาณแมงกานีสพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณแมงกานีสมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 4 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.97, 11.83, 10.43, 10.40 และ 8.30 ppm ตามลำดับ ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 8)

ทองแดง (Cu) จากการวิเคราะห์หาปริมาณทองแดงพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณทองแดงมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 3 และ กรรมวิธีที่ 1 ตามลำดับมีค่าเท่ากับ 2.77, 0.40, 0.30, 0.27 และ 0.20 ppm ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 8)

สังกะสี (Zn) จากการวิเคราะห์หาปริมาณสังกะสีพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณสังกะสีมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 2 กรรมวิธีที่ 4 กรรมวิธีที่ 1 และ กรรมวิธีที่ 3 ตามลำดับมีค่าเท่ากับ 177.37, 14.10, 12.57, 12.40 และ 12.40 ppm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 8)

โบรอน (B) จากการวิเคราะห์หาปริมาณโบรอนพบว่า กรรมวิธีที่มีปริมาณโบรอนมากที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 3 กรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.000344, 0.000284, 0.000171, 0.000065 และ 0.000064 ppm ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติที่มีนัยสำคัญถึง 99% (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

กรรมวิธี	แคลเซียม (Ca) (%)	แมกนีเซียม (Mg) (%)	กำมะถัน (S) (%)
กรรมวิธีที่ 1 (T1) สูตรทั่วไปของเกษตรกร	0.08d	0.34a	2.244b
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	0.22c	0.33a	3.337a
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	0.25c	0.33a	2.431b
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	0.66a	0.35a	2.399b
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	0.55b	0.35a	3.098a
F-test	**	ns	**
C.V.(%)	9.05	9.30	6.93

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

* = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

กรรมวิธี	ธาตุเหล็ก (Fe) (ppm)	แมงกานีส (Mn) (ppm)	ทองแดง (Cu) (ppm)	สังกะสี (Zn) (ppm)	โบรอน (B) (ppm)
กรรมวิธีที่ 1 (T1) สูตร ทั่วไปของเกษตรกร	310.73c	8.30b	0.20c	12.40b	0.000064c
กรรมวิธีที่ 2 (T2)	408.73b	11.83b	0.40b	14.10b	0.000065c
กรรมวิธีที่ 3 (T3)	301.70c	10.43b	0.27bc	12.40b	0.000171b
กรรมวิธีที่ 4 (T4)	329.70c	10.40b	0.30bc	12.57b	0.000284a
กรรมวิธีที่ 5 (T5)	627.60a	24.97a	2.77a	177.37a	0.000344a
F-test	**	**	**	**	**
C.V.(%)	3.92	11.33	10.18	7.92	10.95

** = มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

a/b/c = ตัวอักษรที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อภิปรายผลและสรุปผล

ผลการบันทึกอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมัก
ในช่วงที่ทำการวัดและบันทึกอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกถังหมัก พบว่า อุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงวันแรก 32 องศาเซลเซียส และค่อย ๆ ลดลงในช่วง 18 วันแต่ยังสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกถังซึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมการย่อยของจุลินทรีย์ภายในถัง อย่างไรก็ตามในช่วงที่ทำการหมักเป็นช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำลงจึงทำให้อุณหภูมิภายในและภายนอกถังไม่แตกต่างกันมาก โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส (กลุ่มงานวิเคราะห์หิ้วยเคมีเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 (เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าว)

จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 กรรมวิธีที่ 5 มีไนโตรเจนมากที่สุดเท่ากับ 3.18%

/1.86) ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 1.86 % เท่านั้น ส่วนธาตุฟอสฟอรัสพบว่า กรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 0.66% ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ 0.55% จึงมีธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่า 1.2 เท่า ส่วนปริมาณโพแทสเซียมพบว่ากรรมวิธีที่ 5 มีโพแทสเซียมมากที่สุด 2.51% ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมี 1.37% ดังนั้น จึงมีโพแทสเซียมสูงกว่า 1.8 เท่า เป็นต้น ดังนั้น สรุปได้ว่าสามารถพัฒนาสูตรที่มีธาตุอาหารสูงขึ้นได้อย่างชัดเจนอย่างไรก็ตามปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าวที่พัฒนาขึ้นมานี้ มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้เป็นไปตามเป้าหมายของการพัฒนาสูตรเพื่อเร่งการเจริญเติบโตที่เน้นให้มีไนโตรเจนสูง ฟอสฟอรัสต่ำ เพราะถ้าฟอสฟอรัสสูงจะไปยับยั้งการใช้ไนโตรเจนจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรอง ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

ผลการวิเคราะห์พบว่า ในกรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณแคลเซียม

แคลเซียม 1.33% ดังนั้นกรรมวิธีที่ 5 จึงมีแคลเซียมสูงกว่า 1.04 เท่า ส่วนธาตุแมกนีเซียมมีอยู่เท่าๆ กันทุกกรรมวิธีระหว่าง 0.54–0.55% ไม่แตกต่างกัน ส่วนธาตุกำมะถันพบว่ากรรมวิธีที่ 5 มีธาตุกำมะถันมากที่สุด 3.008% ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมี 2.402% ดังนั้น จึงมีธาตุกำมะถันสูงกว่า 1.3 เท่า เป็นต้น การที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีธาตุแคลเซียมมากจะช่วยให้พืชมีความแข็งแรง เป็นธาตุที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตในด้านโครงสร้างต้นพืช ส่วนแมกนีเซียมและกำมะถันนั้นมีหน้าที่เป็นตัวช่วยในการควบคุมชนิดและโครงสร้างของเม็ดสีคลอโรพลาสต์ หากขาดธาตุแมกนีเซียมและกำมะถันแล้วปริมาณคลอโรฟิลล์ก็จะลดลงทำให้ข้าวใบเหลืองซีด นอกจากนี้ ยังส่งเสริมการเจริญเติบโตในด้านความสูงและการแตกกอของข้าว ดังนั้น ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าวพบว่ากรรมวิธีที่ 5 ที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นปุ๋ยเร่งการเจริญเติบโตในการปลูกข้าวได้

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1

โดยภาพรวมแล้วธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) ผลการวิเคราะห์พบว่ามีความโดดเด่นมากในกรรมวิธีที่ 5 อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่พัฒนาขึ้นมีธาตุอาหารเสริมสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิต (กรรมวิธีที่ 1) และมีปริมาณมากเพียงพอต่อความต้องการของข้าวซึ่งธาตุเหล็กมีส่วนช่วยในการสร้างเอนไซม์ในพืช ระบบหายใจและทำหน้าที่แบ่งเซลล์ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ตามปกติ แมงกานีสมีหน้าที่สำคัญในการช่วยสังเคราะห์แสง เพิ่มคลอโรฟิลล์ในพืช หากขาดแมงกานีสแล้วจะทำให้พืชใบเหลือง แคระแกร็นไม่เจริญเติบโตและโดยทั่วไปแล้วพืชต้องการแมงกานีสในปริมาณน้อย ธาตุทองแดงนั้นมีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสง หากพืชขาดทองแดงจะแคระแกร็นทำให้การเจริญเติบโตช้า ธาตุสังกะสีมีส่วนกระตุ้นการแตกใบอ่อนของพืชทำให้พืชมีสีเขียว เสริมสร้างความสูงและการเจริญเติบโตของพืช ส่วนโบรอนหากข้าวขาดโบรอนจะมีอาการแคระแกร็น ใบเหลืองซีดอย่างไรก็ตามข้าวและพืชทั่วไปต้องการธาตุโบรอนในปริมาณน้อยมาก จากที่กล่าวมาทั้งหมดผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมสามารถกล่าวได้ว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าวที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพสูงและเพียงพอต่อความต้องการของข้าว โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 5 เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 (เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว)

จากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 กรรมวิธีที่ 5 มีไนโตรเจนมากที่สุดเท่ากับ 3.53% ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ 1.65% ดังนั้น กรรมวิธีที่ 5 จึงมีไนโตรเจนมากกว่า 2.1 เท่า ($3.53/1.65$) ส่วนธาตุฟอสฟอรัสพบว่า กรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ

0.88% ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ 0.52% จึงมีธาตุฟอสฟอรัสสูงกว่า 1.7 เท่า ส่วนปริมาณโพแทสเซียมพบว่ากรรมวิธีที่ 5 มีโพแทสเซียมมากที่สุด 2.99% ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมี 1.49% ดังนั้น จึงมีโพแทสเซียมสูงกว่า 2 เท่า เป็นต้น สรุปได้ว่าสามารถพัฒนาสูตรที่มีธาตุอาหารหลักสูงขึ้นได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทั่วไปที่เกษตรกรนิยมผลิตเสริมในการปลูกข้าว กรรมวิธีที่พัฒนาขึ้นจึงมีธาตุอาหารหลักอยู่ในระดับสูงเพียงพอต่อความต้องการของข้าวในการใช้เป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพฉีดเสริมเพื่อเร่งการออกดอกออกรวงและสร้างเมล็ดของข้าวได้เป็นอย่างดี

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารรองของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

พบว่า ในกรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณแคลเซียมสูงสุดมีผลสมอยู่ 1.18% ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมีแคลเซียม 1.33% ดังนั้น กรรมวิธีที่ 5 จึงมีแคลเซียมสูงกว่า 1.04 เท่า ส่วนธาตุแมกนีเซียมมีอยู่เท่าๆ กันทุกกรรมวิธีคือ 0.54–0.55% ไม่แตกต่างกัน ส่วนธาตุกำมะถันพบว่ากรรมวิธีที่ 5 มีธาตุกำมะถันมากที่สุด 3.008% ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิตมี 2.402% ดังนั้น จึงมีธาตุกำมะถันสูงกว่า 1.3 เท่า เป็นต้น การที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีธาตุแคลเซียมมากจะช่วยให้พืชมีความแข็งแรง สร้างรวงและคอรวงข้าวให้แข็งแรง ส่วนแมกนีเซียมและกำมะถันนั้นมีหน้าที่เป็นตัวช่วยในการควบคุมชนิดและโครงสร้างของเม็ดสีคลอโรพลาสต์ หากขาดธาตุแมกนีเซียมและกำมะถันแล้วปริมาณคลอโรฟิลล์ก็จะลดลงทำให้ข้าวใบเหลืองซีด การสังเคราะห์แสงลดลง การผลิตสารอินทรีย์ในต้นพืชลดลง นอกจากนี้การปลูกข้าวนอกจากผลผลิตแล้วความหอมหรือกลิ่นของข้าว ถือเป็นคุณสมบัติที่ตลาดต้องการและมีราคาแพง เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 และความหอมของข้าวนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุกำมะถันเป็นสำคัญ ดังนั้น ระดับธาตุอาหารรองในปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 ที่พัฒนาขึ้นจึงมีความเหมาะสมต่อการเร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 5 เป็นต้น

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ของปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2

โดยภาพรวมแล้วธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) พบว่าธาตุอาหารเสริมมีความโดดเด่นในกรรมวิธีที่ 5 กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 3 อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่พัฒนาขึ้นมีธาตุอาหารเสริมสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรที่เกษตรกรนิยมผลิต (กรรมวิธีที่ 1) ถึงแม้จะมีแมงกานีส (Mn) และ ทองแดง (Cu) ในระดับต่ำก็ตาม ธาตุเหล็กมีส่วนช่วยในการสร้างเอนไซม์ในพืช ระบบหายใจและทำหน้าที่แบ่งเซลล์ทำให้พืชเจริญเติบโต แมงกานีสมีหน้าที่สำคัญในการช่วยสังเคราะห์แสง ทำให้คลอโรฟิลล์ในพืช หากขาดแมงกานีสจะทำให้พืชใบเหลือง แคระแกร็นไม่เจริญเติบโตและโดยทั่วไปแล้วพืชต้องการแมงกานีสในปริมาณน้อย ทองแดงนั้นมีส่วนช่วยในกระบวนการ

การสังเคราะห์แสงในพืช หากพืชขาดทองแดงพืชก็จะแคระแกร็นทำให้การเจริญเติบโตช้า ธาตุสังกะสีมีส่วนช่วยในการแตกใบอ่อนของพืช ทำให้พืชมีสีเขียว เสริมสร้างการเจริญเติบโตของพืชหลังข้าวออกรวงธาตุสังกะสีจะมีผลต่อความสมบูรณ์และการสุกแก่ของเมล็ดข้าว ส่วนโบรอนหากข้าวขาดโบรอนจะมีอาการแคระแกร็น ใบเหลืองซีดและเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการพัฒนาของช่อดอก อย่างไรก็ตามข้าวและพืชทั่วไปต้องการธาตุโบรอนในปริมาณน้อย จากที่กล่าวมาทั้งหมด ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารสามารถกล่าวได้ว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าวที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพสูงตามเป้าหมายการวิจัยทุกประการโดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการพัฒนาปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าวจำนวน 5 กรรมวิธี และปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าวจำนวน 5 กรรมวิธี แล้วทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม เพื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมผลิต สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 เร่งการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบของข้าว กรรมวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกรรมวิธีที่ 5 เพราะมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม อยู่ในระดับสูงและสูงกว่า กรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมผลิตในทุกชนิดของธาตุอาหารและเพียงพอต่อความต้องการของข้าวในช่วงการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและใบ

2. ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 2 เร่งการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว กรรมวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดคือกรรมวิธีที่ 5 เพราะมีธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมอยู่ในระดับสูงและสูงกว่ากรรมวิธีที่เกษตรกรนิยมผลิตในทุกชนิดของธาตุอาหารโดยเฉพาะระดับธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สูงขึ้นมากกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตร 1 นอกจากนั้นยังมี ธาตุแคลเซียม (Ca), กำมะถัน (S), เหล็ก (Fe) และ สังกะสี (Zn) อยู่ในระดับสูง ซึ่งธาตุเหล่านี้จำเป็นและมีผลอย่างมากต่อการออกดอกและเพิ่มน้ำหนักในเมล็ดข้าว อาทิ ธาตุแคลเซียม (Ca) ช่วยลดเปอร์เซ็นต์การหลุดร่วงของเมล็ดข้าว ธาตุสังกะสี (Zn) ทำให้การสะสมแป้งดีขึ้น ธาตุกำมะถัน (S) ทำให้ข้าวมีกลิ่นหอมเป็นที่ต้องการของตลาด เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา. (2544). ข้อแตกต่างระหว่างปุ๋ยน้ำชีวภาพและปุ๋ยชีวภาพ. ค้นเมื่อ 4 พฤศจิกายน 2552, จาก http://www.triamudomsouth.ac.th/07_g/h40241/plan11.html

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). หลักการผลิตข้าวอินทรีย์. ค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2552, จาก http://www.brrd.in.th/rkb/data_010/rice_xx2-10_data01.html

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2550). ธาตุอาหารหลัก. ค้นเมื่อ 12 มกราคม 2552, จาก http://www.idd.go.th/menu_Dataonline/G1/G1_21.pdf

กลุ่มงานวิเคราะห์วิจัยเคมีเกษตร กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร. (2544). จุลินทรีย์ในปุ๋ย. ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2552, จาก <http://www.bangkokshow.com>

การทำปุ๋ยน้ำชีวภาพ. (2550). ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2552, จาก <http://guru.sanook.com/pedia/topic>

กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2549). การปลูกข้าวแบบบูรณาการ. ค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2552, จาก http://www.brrd.in.th/rkb/data_003/rice_xx2-03_ricecheck005.html

คลินิกเทคโนโลยี. (2552). เรื่องการทำปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ. ค้นเมื่อ 21 พฤศจิกายน 2552, จาก <http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-892.html>

ฐานวัฒน์. (2551). ปุ๋ยชีวภาพ. ค้นเมื่อ 16 พฤศจิกายน 2552, จาก <http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-892.html>

นันทกร บุญเกิด. (2550). จุลินทรีย์ที่ช่วยย่อยสลายปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2552, จาก <http://www.bangkokshow.com>

น้ำสกัดชีวภาพ. สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร. (2550). ค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2552, จาก <http://www.doae.go.th/LIBRARY/html/detail/warter/index.htm>

บ้านเกษตร. คอม. (2552). สูตรการทำปุ๋ย. ค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2552, จาก <http://www.bankaset.com/tag/fertilizer/>

ประเสริฐ ไชยวัฒน์ และดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์. (2543). ธาตุอาหารพืชต่อการเจริญเติบโตของข้าว. ค้นเมื่อ 16 มกราคม 2553, จาก <http://pikul.lib.ku.ac.th/cgi>

ปริญญ์ ชัยการนาวิ, สิทธิศักดิ์ อุปวิวงศ์, สิริณดา ยุ่นฉลาด และเทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์. (2551). ผลของจุลินทรีย์ดินในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ค้นเมื่อ 10 ธันวาคม 2552, จาก http://onknow.blogspot.com/2007/02/blog-post_

ปริญญญา ชัยชนะการนาวี. (2551). ผลของจุลินทรีย์ดินในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2552, จาก http://onknow.blogspot.com/2007/02/blog-post_18.html

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2542). การพัฒนาสูตรปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดประสิทธิภาพสูงจากวัสดุเกษตรแบบผสมผสานเพื่อลดต้นทุนการผลิต (รายงานผลการวิจัย). งบประมาณแผ่นดิน ม.นเรศวร ปี 2542.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2544). การพัฒนาเครื่องผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดและการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดประสิทธิภาพสูงจากเปลือกกล้วย (รายงานผลการวิจัย). งบประมาณแผ่นดิน ม.นเรศวร ปี 2544.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2546). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดพลังก๊าซชีวภาพเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยกระบวนการมีส่วนร่วมกับ อบต. (รายงานผลการวิจัย). งบประมาณแผ่นดิน ม.นเรศวร ปี 2546.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2548). การสร้างโรงผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพอัดเม็ดประสิทธิภาพสูงต้นแบบโดยกระบวนการมีส่วนร่วม (รายงานผลการวิจัย). งบประมาณแผ่นดิน ม.นเรศวร ปี 2548.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2551). ปุ๋ยน้ำชีวภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 1). คณะเกษตรศาสตร์ฯ ม.นเรศวร พิษณุโลก.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2552). เทคโนโลยีปุ๋ย. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ยงยุทธ โอสดสภา. (2542). น้ำสกัดชีวภาพ. ค้นเมื่อ 14 ตุลาคม 2552, จาก <http://www.doae.go.th/library/html/detail/warter/warter1.htm>

ยุทธศาสตร์ปุ๋ยชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร. (2548-2553). ค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2552, จาก <http://www.ryt9.com/s/cabt/41212>

วิภาดา อังตระกูล. (2548). การผลิตข้าวอินทรีย์ของไทย. ค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2552, จาก <http://www.scb.co.th/LIB/th/article/ktb/data/k9-19.html>

สุภาพ วงกต. (2551). การผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2553, จาก [http://www.google.co.th/search?](http://www.google.co.th/search?hl=th&rlz=1R2GFRE_th)

สมเกียรติ สุวรรณศิริ. (2547). ปุ๋ยน้ำชีวภาพหรือน้ำสกัดชีวภาพและการประยุกต์ใช้ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ. ค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2552, จาก http://www.google.co.th/search?hl=th&rlz=1R2GFRE_th

ลำรวล ดอกไม้หอม. (2548). การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยหมักหอยเชอรี่. กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกรมส่งเสริมฯ

อำนาจ อิศรางกูร ณ อยุธยา. (2534). การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมแมลงศัตรูพืช. เอกสารวิชาการ การควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี. (หน้า 198 - 205). กรมวิชาการเกษตร.