การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Determination of macronutrients (N, P and K) from Liquid biofertilizers Photosynthesis Bacteria

ราตรี บุมี[1*] ปฐมพงษ์ เที่ยงเพชร[2] ธวัลรัตน์ ศรีสุขสันต์คีรี[3]

Ratri Bumee[1*] Patompong Thiangphet[2] Thawanrat seesuksankeeree[2]

[1 2]โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

[3] โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 62000

Corresponding author E-mail: ratree_b@kpru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยมีวัตถุประสงค์ 1. เพื่อตรวจสอบธาตุอาหารและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง พบว่า น้ำหมักชุดที่ 2 สูตรที่ 7-10 เป็นสูตรที่ใช้เวลาในการหมักอยู่ในระยะเวลาที่กำหนด และเกิดสีแดง จากนั้นจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นเพียง 4 ตัวอย่าง ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ และการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่ามีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร และการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก N,P,K ด้วยชุดตรวจสอบ Test Kit for Soil พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของสูตรที่ 7 มีค่ามากที่สุด ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม สูตรที่ 10 มีค่ามากที่สุด 2. ศึกษาการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง พบว่า สูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด ร้อยละ 0.13 และสูตรที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม มากที่สุด คือ ร้อยละ 1.36 และ 0.93 โดยมีลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักที่ได้มีลักษณะเป็นสีน้ำตาลแดง และมีความขุ่น

คำสำคัญ : ธาตุอาหารหลัก น้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

Abstract

Determination of macronutrients for plant growth from Liquid biofertilizers Photosynthesis Bacteria in photosynthetic microorganism fermentation with objectives 1. To check nutrients and find the appropriate ratio in photosynthetic microorganism ferment, it was found that marinade 2,formula 7-10 is a formula that takes time to ferment within the specified period and reddening, then only 4 samples were tested for the initial properties, namely pH analysis, decomposition of organic materials and conductivity analysis of all 4 samples was in accordance with the B.E. 2005 of the Department of Agriculture and the analysis of macronutrient N, P, K by Test Kit for Soil showed that nitrogen content of formula 7 was the highest value, while phosphorus and potassium content of formula 10 was the highest. 2. The study of macronutrient quantification in photosynthetic microorganism fermentation showed that formula 7 with the highest nitrogen content of 0.13% and formula 10 the amount of phosphorus and the highest potassium content were 1.36% and 0.93%. The physical characteristics of the fermented water were reddish-brown and turbidity.

Keywords : macronutrients Liquid biofertilizers Photosynthesis Bacteria

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่เน้นทางด้านการเกษตรกรรม ตามแนวพระราชดำริ เศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทำให้เกษตรกรมุ่งเน้นในการผลิตเครื่อง อุปโภคบริโภคแบบเกษตรอินทรีย์ สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการผลิตสินค้าทางการเกษตร คือ ปุ๋ย ซึ่งมีแร่ธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเพาะปลูก เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้มากขึ้นซึ่งปุ๋ยที่ใช้ในปัจจุบันได้เน้นการผลิตปุ๋ยที่ปราศจากสารเคมีไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมไม่ทำให้หน้าดินเสียหาย เหมาะแก่การเพาะปลูก ซึ่งปุ๋ยที่เข้ามามีบทบาทสำหรับเกษตรกรในปัจจุบัน คือ ปุ๋ยหมักชีวภาพ หรือปุ๋ยน้ำหมัก เนื่องจากเป็นการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรไม่ว่าจะเป็นพืช ผัก ผลไม้หรือสัตว์มาผ่านกระบวนการหมักที่ขั้นตอนง่ายๆ ประหยัดค่าใช้จ่ายมีประโยชน์นานับประการ ทำให้เกษตรกรหันมาผลิตปุ๋ยหมักชีวภาพใช้เอง อีกทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเป็นการลดปัญหากลิ่นเหม็นเน่าเสียจากวัสดุเหลือใช้ต่างๆ (พูนศิริ หอมจันทร์, 2559)

จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Bacteria) เป็นแบคทีเรียที่พบอยู่ตามธรรมชาติทั้งในดินและในน้ำ โดยมีสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่สะสมกำมะถันและ กลุ่มที่ไม่สะสมกำมะถัน แต่สามารถนำกลุ่มที่ไม่สะสมกำมะถันมาใช้เรียกว่า แบคทีเรียสังเคราะห์ด้วยแสงสีม่วง กลุ่มไม่สะสมกำมะถันนี้เมื่อนำมาเพาะเลี้ยงจึงมีสีแดง (Kaenjampa and Tengjaroenkul, 2017) แบคทีเรียชนิดนี้เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีแสงก็จะเกิดกระบวนการที่ใช้แสง ถ้าสิ่งแวดล้อมไม่มีแสงก็เปลี่ยนมาใช้อีกกระบวนการที่ไม่ใช้แสงทำให้มีชีวิตอยู่ได้ ฉะนั้นจึงสามารถใช้ประโยชน์จากการกระบวนการดำรงชีวิตนี้มาใช้ในการบำบัดของเสีย และการบำบัดดิน สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้านทั้งพืช สัตว์ และบำบัดน้ำ จากการทำปศุสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จะเห็นว่าเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาก จึงถูกนำมาใช้ในทางการเกษตรด้วย สำหรับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่นำมาใช้ในการเกษตรและสิ่งแวดล้อม (สารานุกรมเสรี,2562) โดยกระบวนการผลิตจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง มีส่วนผสมหลัก ได้แก่ ไข่ไก่ กะปิ น้ำปลา ผงชูรส และน้ำเปล่า ซึ่งมีประโยชน์ต่อพืช คือ ช่วยย่อยสลายของเสียที่เป็นพิษต่อรากพืช เพิ่มแร่ธาตุในดินและย่อยสลายแร่ธาตุในดินให้เล็กลงอยู่ในสภาพพืชนำมาใช้ได้ ช่วยทำให้รากพืชแข็งแรงหาอาหารเก่ง เพิ่มไนโตรเจนให้กับพืช ทำให้พืชโตเร็ว เพิ่มผลผลิต ลดต้นทุน พืชมีความแข็งแรง ด้านบำบัด ช่วยลดแก๊สและกลิ่นเหม็นในแหล่งน้ำ ครัวเรือน โรงงาน และคอกสัตว์ ฯลฯ ด้านปศุสัตว์ ทำให้สัตว์ที่เลี้ยงมีน้ำหนัก มีเนื้อดีขึ้น เพราะมีสารอาหารแร่ธาตุที่จำเป็นต่อสัตว์ ช่วยป้องกันให้สัตว์มีความทนทานต่อแบคทีเรียที่ไม่ดี (สารานุกรมเสรี, ม.ป.ป)

ธาตอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เป็นธาตุที่มีความจำเป็นที่พืชต้องการในปริมาณมาก แต่ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้หมัก ส่วนใหญ่จะพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารน้อยมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ยังมีความจำเป็นต้องเสริมการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ชนิดอื่นๆ ด้วย (สารานุกรมเสรี ,2550) ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (essential nutrients) มีอยู่ 2 กลุ่ม คือ ธาตุที่พืชต้องการในปริมาณ มาก (macronutrient elements) เช่น ไนโตรเจน เร่งการเจริญของ ใบ ลำต้น มีหน้าที่สำคัญ คือ เป็น องค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ เอนไซม์ โปรตีน และวิตามิน ช่วยให้พืชเจริญเติบโตทางด้านใบ ลำต้นและหัว ถ้าขาดไนโตรเจน ใบจะเหลืองซีด ขอบใบค่อยๆแห้ง ลำต้น ผอมสูง ฟอสฟอรัส เร่งการเจริญของรากและการออกดอก มีหน้าที่สำคัญ คือ เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก ATP ฟอสโฟลิพิด และโคเอนไซม์ ช่วยเร่งการออกดอกและการสร้างเมล็ด ถ้าหากขาดฟอสฟอรัส จะทำให้ใบเล็ก เหลืองอมม่วง แคระแกร็น ออกดอก ช้า ติดผลน้อย ส่วนโพแทสเซียม ใช้ปรับปรุงคุณภาพ ของผลผลิตหรือพืชเส้นใย หน้าที่สำคัญ คือ กระตุ้นการ ทำงานของเอนไซม์หลายชนิด เกี่ยวกับการสร้างแป้ง น้ำตาลและโปรตีน

ควบคุมการปิดเปิดของปากใบ ถ้า ขาดโพแทสเซียมจะทำให้ใบแก่มักมีสีน้ำตาลไหม้ตาม ขอบใบ ใบม้วน และธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อย (micronutrient elements) เช่น แคลเซียมเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ถ้าขาดแคลเซียม ใบอ่อนจะบิดเบี้ยว แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ กระตุ้นการ ทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน ถ้าขาดแมกนีเซียมใบอ่อนและยอดจะซีดเหลือง ซัลเฟอร์เป็น องค์ประกอบของโปรตีนบางชนิด วิตามิน B1 เป็นองค์ประกอบของโคเอนไซม์ ทำหน้าที่ในกระบวนการ หายใจ เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ การแบ่งเซลล์ เพิ่มปริมาณน้ำมันในพืช ถ้าขาดซัลเฟอร์ ใบจะมีสีเหลือง (เกตุกนก นำจันทึก, 2546 อ้างถึงโดย พูนศิริ หอมจันทร์ 2559)

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณ ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จากน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ซึ่งการศึกษาอัตราส่วนในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น จากอัตราส่วนของไข่ไก่ ชูรส และกะปิ ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการหมัก จากนั้นหาค่า pH และเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการหมัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเกษตรกรในการนำน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้นและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง
2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตเชิงเนื้อหา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณ ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จากน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นก่อนการวิเคราห์ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ค่า pH, ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) และ ค่าการนำไฟฟ้า จากอัตราส่วนของไข่ไก่ ชูรส และกะปิ ที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมในการหมัก

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

1.1 วิธีการเตรียมน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงและการวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น

1) นำน้ำจากธรรมชาติ ปริมาณ 1 ลิตร ใส่ขวดขนาด 1.5 ลิตร

2) ตั้งน้ำทิ้งไว้ 2 วัน แล้วนำไปไว้กลางแดด 5 ซม.

3) นำส่วนผสม ไข่ไก่ ชูรส กะปิ สูตรตามตารางที่ 1 เขย่าให้เข้ากัน

ตารางที่ 1 การเตรียมน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

ไข่(g)	ชูรส(g)	กะปิ(g)
1	10	5
2	9	5
3	8	5
4	7	5
5	6	5
6	5	5
7	4	5
8	3	5
9	2	5
10	1	5

ตารางน้ำหมักจุลินทรีย์ชุดที่ 1

ไข่(g)	ชูรส(g)	กะปิ(g)
10	10	5
9	9	5
8	8	5
7	7	5
6	6	5
5	5	5
4	4	5
3	3	5
2	2	5
1	1	5

ตารางน้ำหมักจุลินทรีย์ชุดที่ 2

ไข่(g)	ชูรส(g)	กะปิ(g)
10	1	5
9	2	5
8	3	5
7	4	5
6	5	5
5	6	5
4	7	5
3	8	5
2	9	5
1	10	5

ตารางน้ำหมักจุลินทรีย์ชุดที่ 3

4) เติมส่วนผสมใส่ขวดแล้ว ปิดฝาเขย่าขวดเพื่อเร่งปฏิกิริยา แล้วตั้งทิ้งไว้กลางแดด และวัดค่า pH ค่าอินทรีย์วัตถุ และค่าการนำไฟฟ้าวันแรกของการทดลอง

5) เขย่าขวด วันละ 4 ครั้ง เป็นเวลา 2 วัน แล้วตั้งทิ้งไว้กลางแดด

6) จากนั้นเขย่าวันละครั้ง และเก็บค่า pH ค่าอินทรีย์วัตถุ และค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างที่เกิดสีแดง หลังจากครบกำหนด 30 วัน

7) นำตัวอย่างที่เกิดสีแดงไปทำการวิเคราะห์หาปริมาณ N, P, K ต่อไป

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติเบื้องต้น

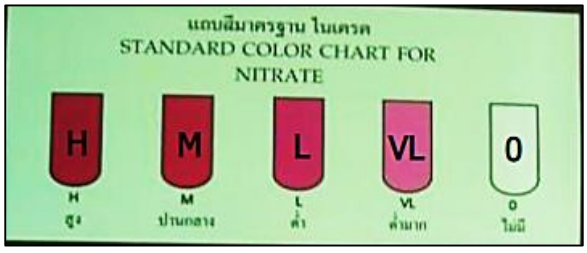
2.1 วิธีการตรวจสอบไนโตรเจน

1) ดูดสารละลายที่กรองจากจุลินทรย์สังเคราะห์แสงมา 1 หลอดดูด (2.5 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดแก้ว

2) เติมน้ำยาทำสีเบอร์ 4 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร (ตามขีดที่กำหนดไว้ในหลอดดูด)

3) เติมผงทำสีเบอร์ 5 จำนวน 1 ช้อน (ช้อนแสตนเลส)

4) ปิดจุกหลอดแก้ว แล้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 นาที นำหลอดแก้วไปเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน ถ้ามีไนโตรเจนจะเกิด สีม่วงแดง



ภาพที่ 1 แถบสีมาตรฐานไนเตรต (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553)

2.2 วิธีการการตรวจสอบฟอสฟอรัส

1) ดูดสารละลายที่กรองจากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมา 1 หลอดดูด (2.5 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดแก้ว

2) เติมน้ำยาทำสีเบอร์ 6 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร (ตามขีดที่กำหนดไว้ในหลอดดูด)

3) เติมผงทำสีเบอร์ 7 ลงไปครึ่งช้อนเล็ก

4) ปิดฝาหลอดแก้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจึงนำหลอดแก้วไปเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน เมื่อมีฟอสฟอรัสจะเกิด สีน้ำเงิน

ภาพที่ 2 แถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553)

2.3 วิธีการตรวจสอบโพแทสเซียม

ก่อนการตรวจสอบปริมาณโพแทสเซียมต้องเตรียม “น้ำยาเบอร์ 9” ก่อนโดยดูดน้ำกรองจากขวดที่ให้ไว้ 3 มล. ใส่ลงในขวดเบอร์ 9 ที่มีผงเคมีบรรจุอยู่เขย่าให้เข้ากัน 5 นาที จนผงเคมีละลายหมดจะได้สารละลายสีน้ำตาลส้ม เมื่อใช้แล้วเก็บในตู้เย็นช่องธรรมดาจะอยู่ได้ถึง 3 เดือน หากเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องปกติจะอยู่ได้เพียง 7 วัน ผงเคมีในขวดที่ยังไม่ได้ผสมน้ำ เก็บไว้ใช้ได้ตลอดไป

1) ดูดสารละลายที่กรองจากจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงมา 1 หลอดดูด (2.5 มิลลิลิตร) ใส่ลงในหลอดแก้ว

2) ดูดน้ำที่กรองได้จากขวดรองรับ 0.8 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้ว

3) เติมน้ำยาเบอร์ 8 ลงไป 0.2 มิลลิลิตร (ห้ามเขย่า)

4) เติมน้ำยาเบอร์ 9A ลงไป 1 หยด (ห้ามเขย่า)

5) เติมน้ำยาเบอร์ 9 ลงไป 2 หยด (ห้ามเขย่า)

6) ปิดฝาหลอดแก้วด้วยจุกยาง

7) เขย่าให้เข้ากันรอจนจกตะกอน แล้วอ่านค่า “โพแทสเซียม” ทันที

8) ถ้ามี “ตะกอน” อ่านค่า สูง

9) ถ้ามี “ฝ้าขาว” อ่านค่า ปานกลาง

10) ถ้าใส (ไม่มีทั้ง “ตะกอน” และ “ฝ้าขาว”) อ่านค่า ต่ำ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553)

3. การวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก

3.1 การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

1) ปิเปตจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร (อัตราส่วนตัวอย่าง: น้ำกลั่น = 1: 10) คนด้วยแท่งแก้ว ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

2) ทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter โดยนำ glass electrode จุ่มลงในตัวอย่าง เขย่าเบาๆ เมื่อตัวเลขหน้าปัดเครื่อง pH meter หยุดนิ่ง อ่านค่า pH และบันทึกผล

3.2 การวิเคราะห์หาค่าอินทรียวัตถุ (OM)

1. วิธีการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

1.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N

ละลาย $K_2Cr_2O_7$ (A.R grade อบที่ 105°C 24 ชั่วโมง) 49.04 กรัมในน้ำกลั่นแล้วทำสารละลายให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

1.2 สารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N

ละลาย Fe $(NH_4)_2(SO_4)_2 .6H_2O$ 196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มล. ที่มีกรด H_2SO_4 เข้มข้นอยู่ 20 มล. แล้วทำให้เป็นสารละลาย 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีชา

1.3 สารละลายออร์โทฟีแนนโทรลีน อินดิเคเตอร์

ละลายเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 .7H_2O$) 0.7กรัม และออร์โทฟีแนนโทรลีน 1.48 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตร 100 มล.

2. วิธีการวิเคราะห์หาค่าอินทรียวัตถุ (OM)

2.1 ปิเปตต์ ตัวอย่าง 1 ml. ใส่ขวดลูกชมพู่ 250 ml.

2.2 เติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 1.0 N 10 มล. โดยใช้ Dispenser

2.3 เติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 มล. โดยใช้ Dispenser พยายามให้กรดไหลลงข้างๆ ขวดให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เขย่าเบาๆให้ ตัวอย่างเข้ากันเป็นเวลาประมาณ 1 นาที

2.4 ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง

2.5 เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

2.6 หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟีแนนโทรลีน 5 หยด

2.7 ไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5 N ที่จุด end poit สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

2.8 ทำ Blank โดยเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 6

3. วิธีคำนวณ

$$\% \text{ อินทรียวัตถุ (Organic Matter, O.M.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W}$$

หรือ % OM = % O.C. x 1.724

โดยที่ B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มล.)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ (กรัม)

N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (ในกรณีที่ความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 N) (หน่วย normality)

3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Total Nitrogen)

1. การเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

ใช้ Kjeldhal method โดยการย่อยตัวอย่างปุ๋ยด้วย H_2SO_4 เข้มข้น มี Potassium sulfate และ Copper sulfate เป็นสารเร่งปฏิกิริยา ทำให้สารละลายเป็นด่างด้วย Sodium hydroxide แล้วนำไปกลั่นดักจับ Ammonia ที่เกิดขึ้นด้วยกรดบอริก ทำการไตเตรท สารละลายที่ได้จากการกลั่นด้วยสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 แล้วนำปริมาณของสารละลายมาตรฐาน H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรทมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

1.1 เตรียมสารละลายสำหรับย่อยตัวอย่าง ; ละลาย K_2SO_4 67 กรัม ในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร และละลาย $CuSO_4$ 3.65 กรัม ในน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร ผสมสารทั้งสองเข้าด้วยกัน หลักจากนั้นค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 67 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เจือจางด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บที่อุณหภูมิห้อง เพื่อป้องกันการตกผลึก

1.2 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 400 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร (ควรเตรียมในตู้ดูดควัน และวางบีกเกอร์ในอ่างน้ำเย็น เพราะสารละลายที่ได้จะร้อนมาก)

1.3 สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator) ; ละลายเมทิลเรด (Methyl red) จำนวน 0.1 กรัม ละลายด้วยเอทานอลร้อยละ 95 ใน Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร (สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ทุก 2 เดือน)

1.5 สารละลายกรดบอริก (Boric acid, H_3BO_3) ; ชั่ง H_3BO_3 10 กรัม เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน Hot plate stirrer รอให้น้ำเดือดค่อยนำ H_3BO_3 10 กรัม ไปต้มเพื่อให้ความร้อนจนสารละลายหมด ปล่อยให้เย็นจนมีอุณหภูมิใกล้เคียง อุณหภูมิห้อง และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

1.6 สารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน 0.02 N ; ปิเปตกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1.5 มิลลิลิตร ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร (หมายเหตุ ต้องเติมกรดลงในน้ำเท่านั้น ห้ามเติมน้ำลงในกรดเข้มข้นเพราะทำให้เกิดการแตกตัวให้ไอออน (ionization) ของกรด และก่อให้เกิดอันตรายได้) จากนั้นดูดสารละลายกรดซัลฟิวริกดังกล่าวมา 200 มิลลิลิตร แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร จะได้สารละลายกรดซัลฟิวริกมาตรฐานเข้มข้น 0.02 N

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การย่อยตัวอย่าง

1) ปิเปตตัวอย่าง 12.5 ml. ใส่ในขวดเจดาห์ลสำหรับย่อยตัวอย่าง

2) เติมสารละลายสำหรับย่อยตัวอย่าง 25 ml.

3) นำไปตั้งเตาสำหรับย่อยตัวอย่าง อุณหภูมิ 380 C° เป็นเวลา 2 ชม. ย่อยจนได้สารละลายสีฟ้าใส ปิดเตา และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.2 การกลั่นตัวอย่าง

1) ต่อขวดเจดาห์ลเข้ากับชุดกลั่น เติมน้ำกลั่นเพื่อเจือจางน้ำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้วปริมาณ 60 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย NaOH 40% ปริมาณ 40 มิลลิลิตร

2) โดยให้ปลายเครื่องกลั่นจุ่มในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดบอริก 25 มิลลิลิตร และ Mixed indicator 6 หยด

3) ทำการกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายสีเหลือง เก็บสารละลายที่ได้นำไปหาแอมโมเนียต่อไป

4) นำไปไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.2 N กรดซัลฟิวริก จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีชมพู (เมื่อถึงจุดยุติ)

5) ทำชุดทดลองเปรียบเทียบหรือ Blank (โดยไม่ใส่ตัวอย่าง) และดำเนินการเช่นเดียวกับการย่อยตัวอย่าง

2.3 การคำนวณ

$$\text{แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(V_a\text{-}V_b) \times H_2SO_4 \times 1.4007}{W}$$

โดยที่

V_a คือ ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

V_b คือ ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตแบลงก์ (มิลลิลิตร)

H_2SO_4 คือ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกหน่วยเป็นโมลาร์

W คือ ปริมาตรของตัวอย่างปุ๋ย (มิลลิลิตร)

3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณปริมาณฟอสฟอรัส (Total Phosphorus)

1. การเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

วิเคราะห์โดย Spectrophotometric molybdovanadophosphate method ใช้กรดผสม (HNO_3 : $HClO_4$ = 1:1) ในการย่อยตัวอย่างเพื่อให้ฟอสฟอรัสในตัวอย่างปุ๋ยอยู่ในรูป สารละลายฟอสเฟต จากนั้นทำให้เกิดสีกับ Molybdovanadate reagent วัดหาปริมาณฟอสฟอรัส ด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 220 - 229 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับสารละลาย มาตรฐานฟอสฟอรัส

1.1 กรดเข้มข้นผสม (HNO_3:$HClO_4$ = 1:1)

เตรียม conc. HNO_3 และ conc. $HClO_4$ อัตรา 1:1 โดยปริมาตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปบรรจุไว้ในขวดแก้วสีชา และเก็บไว้ที่มืด

1.2 Molybdovanadate reagent

1) ชั่ง Ammonium molybdate [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$] จำนวน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำร้อน 150 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2) ชั่ง Ammonium metavanadate (NH_4VO_3) จำนวน 1 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 600 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำร้อน 150 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และเติม conc. $HClO_4$ จำนวน 62.5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนสารละลายให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

3) ค่อยๆ รินสารละลาย Ammonium molybdate ที่เตรียมไว้ลงในสารละลาย Ammonium metavanadate ใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เก็บไว้ในขวดแก้วสีชา

1.3 สารละลายสต็อกฟอสฟอรัส (500 มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส)

ชั่ง KH_2PO_4 จำนวน 2.19 กรัม (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น เขย่าจนสารละลายหมด และ ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

1.4 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (100 มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส)

ปิเปตสารละลายสต็อกฟอสฟอรัส (500 มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส) จำนวน 10 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วย น้ำกลั่น

1.5 Working Standard solution (0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส)

ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (100 มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส) จำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับ ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (เตรียมไว้รอดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่าง)

2. วิธีวิเคราะห์

1) ปิเปตตัวอย่าง 5 ml. ใส่ในขวด รูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

2) เติมกรดผสม (HNO_3: $HClO_4$ = 1:1) 20 มิลลิลิตร (เพื่อย่อยตัวอย่าง) นำไปวางบน Hot plate (ที่อุณหภูมิ 220°C) เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง

3) ย่อยตัวอย่างจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย จากนั้นยกลงจาก Hot plate และตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

4) นำสารละลายที่ย่อยแล้ว ถ่ายใส่ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น และกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1

5) ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

6) เติม Molybdovanadate reagent 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที

7) สำหรับสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมที่เตรียมไว้ดำเนินการ develop สีเช่นเดียวกัน พร้อมกับสารละลายตัวอย่าง

8) นำไปตรวจวัดด้วยเครื่อง UV-Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 229 นาโนเมตร

9) นำค่าที่วัดได้ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัส และ %A อ่านค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างได้จากกราฟ Standard curve

3. การคำนวณ

$$\%P = \frac{A x V_1 x V_2 x 100}{B x V_3 x 10^6}$$

โดยที่

A = ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสที่อ่านได้จากกราฟ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

B = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

V_1 = ปริมาตรของสารละลายก่อนปรับด้วยน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

V_2 = ปริมาตรของสารละลายหลังปรับด้วยน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)

V_3 = ปริมาตรของสารละลายที่ปิเปต (มิลลิลิตร)

$$\%P_2O_5 = \frac{\%P \times \left(2 \times \text{equivalent wt. of P}\right) + (5 \times \text{equivalent wt. of P})}{2 \times \text{equivalent wt. of P}}$$

3.5 การวิเคราะห์หาปริมาณปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total Potassium)

1. วิธีการวิเคราะห์

1) ปิเปตตัวอย่าง 2.0 ml ใส่ใน flask ขนาด 125 ml

2) เติมกรดผสม HNO_3: $HClO_4$ (4: 1) จำนวน 10 mL. นำไปย่อยบน hotplate ค่อยๆเพิ่มความร้อน ย่อยจนสารละลายเป็นสีขาว ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้ครบ 50 ml. ด้วยน้ำกลั่น

3) นำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรอง whatman เบอร์ 42

4) เตรียมสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ที่ความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัม/ลิตร

5) วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Flame AAS ยี่ห้อ GBC รุ่น Avanta PM ผลิตจากประเทศ ออสเตรเลีย โดยเครื่องจะทำการตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นต่างๆ ก่อน และ Software ของเครื่องจะทำการประมวลผล และเขียนกราฟระหว่างค่าความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม จากนั้น ทำการวัดค่าการดูดแสงของตัวอย่าง Software ของเครื่องจะนำค่าที่ได้ไปแทนค่าในกราฟของสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม และคำนวณกลับเป็นค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่าง

6) นำค่าที่ได้ไปคำนวณ

2. การคำนวณ

$$\text{โพแทสเซียม (ลิลลิกรัม/ลิตร)} = \frac{\text{ค่าโพแทสเซียม (จากเครื่องAAS) x ปริมาตรสุดท้ายที่ปรับ (50ml)}}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (2.0 ml)}}$$

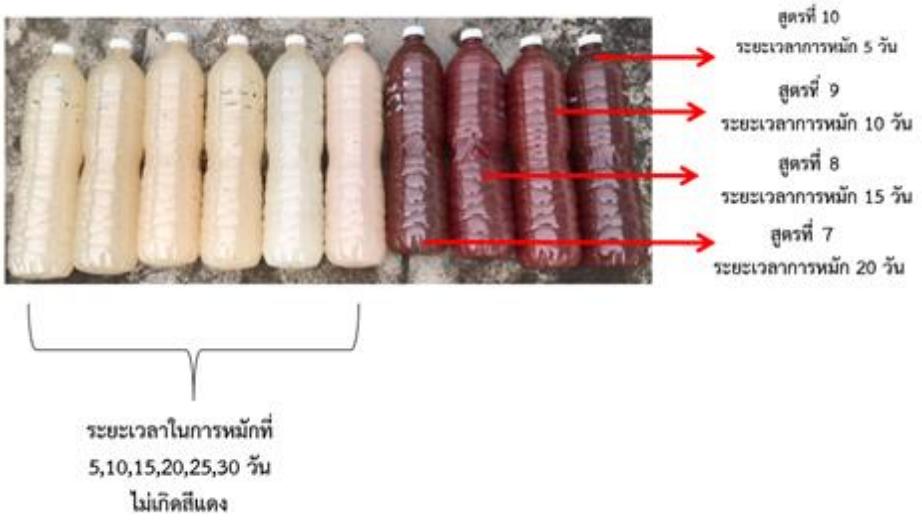
ผลการวิจัย

1. ระยะเวลาในการหมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

จากผลการทดลองระยะเวลาในการหมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงแสง เริ่มหมักตั้งแต่ วันที่ 8 กรกฎาคม 2564 ถึงวันที่ 7 สิงหาคม 2564 พบว่าน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชุดที่ 1 และชุดที่ 3 เกิดสีเลยเวลาที่กำหนดและมีบางสูตรที่ไม่เกิดสี ส่วนชุดที่ 2 จะพบว่า น้ำหมักสูตรที่ 7, 8, 9 และ 10 จะเกิดสีตามเวลาที่กำหนดซึ่งเวลาในการเกิดสี จะห่างกัน 5, 10, 15 และ 20 วัน จากนั้นนำน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสูตรที่ 7, 8, 9 และ 10 ไปวัดค่า pH ค่าการนำไฟฟ้า และค่าอินทรีย์วัตถุ ได้ผลดังตารางที่ 3 และภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการหมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงชุดที่ 2 วันที่ 08 กรกฎาคม 2564

น้ำหมักสูตรที่	วันที่เริ่มหมัก	ระยะเวลาในการหมัก	ไข่(g)	ชูรส(g)	กะปิ(g)
1	08/07/64	-	10	10	5
2	08/07/64	-	9	9	5
3	08/07/64	-	8	8	5
4	08/07/64	-	7	7	5
5	08/07/64	-	6	6	5
6	08/07/64	-	5	5	5
7	08/07/64	25/08/64	4	4	5
8	08/07/64	18/07/64	3	3	5
9	08/07/64	15/07/64	2	2	5
10	08/07/64	10/07/64	1	1	5



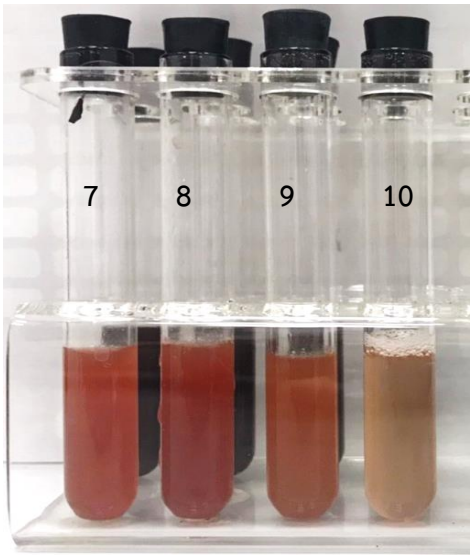
ภาพที่ 3 ระยะเวลาในการหมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

2. ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

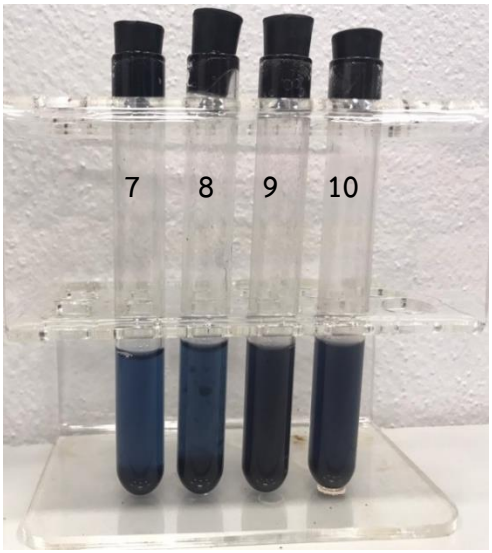
ตารางที่ 3 ระยะเวลาในการหมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่เหมาะสมที่สุดในการหมัก

น้ำหมักสูตรที่	ระยะเวลาการหมัก	ค่า pH	ค่าอินทรีย์วัตถุ	ค่าการนำไฟฟ้า
7	25	8.06	0.526	0.19
8	18	8.45	2.105	0.17
9	15	8.07	3.158	0.14
10	10	8.15	5.791	0.12

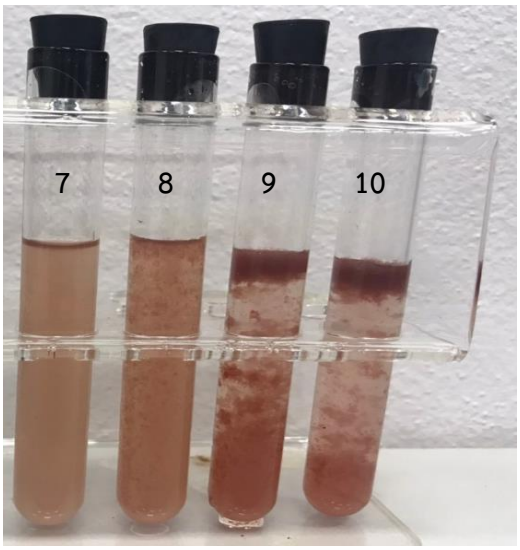
จากตารางที่ 3 พบการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่เกิน 10 dS/m) โดยเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าชุดทดลองอื่นๆ เนื่องจากปุ๋ยที่มีค่าความ เป็นกรด-ด่างต่ำ ทำให้มีปริมาณเกลือละลายน้ำได้สูง และมีค่าการนำไฟฟ้าสูง



ภาพที่ 4.1 ผลการทดสอบเบื่องต้นของไนโตรเจน



ภาพที่ 4.2 ผลการทดสอบเบื้องต้นของฟอสฟอรัส



ภาพที่ 4.3 ผลการทดสอบเบื้องต้นของโพแทสเซียม

ผลจาการทดลองน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงด้วยชุด Test Kit พบว่า ผลการทดสอบเบื้องต้นของค่าไนโตรเจน (N) สูตรที่ 7 มีค่ามากกว่า 8, 9, 10 เพราะ 7 มีสีที่เข้มกว่า ผลการทดสอบเบื้องต้นของฟอสฟอรัส (P) สูตร 10 จะมีค่ามากกว่า 9, 8, 7 เพราะ 10 มีสีที่เข้มกว่าและ ผลการทดสอบเบื้องต้นของโพแทสเซียม (K) สูตรที่ 10 จะมีค่ามากกว่า 9, 8, 7 เพราะ 10 มีการตกตะกอนที่มากกว่า ดังนั้นน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจึงมีค่าสวนทางกัน

3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนด้วยเทคนิควิธีเจดาห์ล (Kjeldahl)

จากผลการทดลองพบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้ง 4 ตัวอย่าง ตัวอย่างสูตรที่ 7 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่ 8, 9 และ 10 แต่ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมน้อยที่สุด เนื่องจากมีปริมาณส่วนผสมของไขไก่ชูรส มากที่สุด และเป็นสูตรที่ใช้เวลาในการหมักนานที่สุด (แดงช้าที่สุด) นอกจากนี้ค่าอินทรียวัตถุต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ อาจเป็นเพราะจุลินทรีย์มีกระบวนการย่อยสลายที่มากกว่าชุดทดลองอื่นๆ ซึ่งส่งผลความสัมพันธ์กับ

ธาตุอาหารไนโตรเจนซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.10 มิลลิกรัม/ลิตร ถือว่าเป็น สัดส่วนที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่น้อยว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (หน่วยเป็น: มิลลิกรัม/ลิตร)

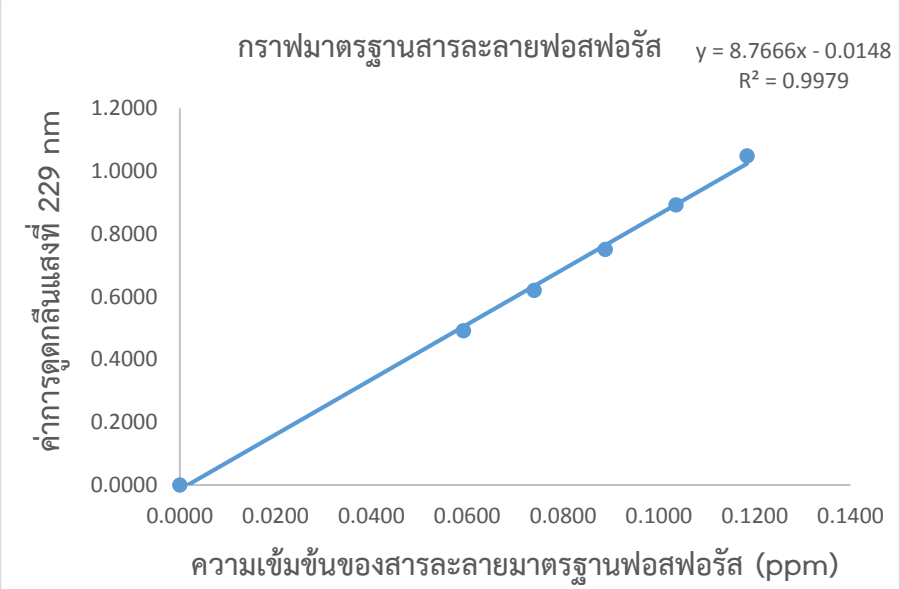
สารละลายตัวอย่างน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะแสง	**ปริมาณไนโตรเจน(หน่วยเป็น: มิลลิกรัม/ลิตร)**			**ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)**
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	
สูตร 7	13.0000	13.2000	13.1000	13.1000±0.0816
สูตร 8	11.7000	11.8000	11.9000	11.8000±0.0816
สูตร 9	9.1000	9.1000	9.1000	9.1000±0.0000
สูตร 10	5.7000	5.9000	5.9000	5.8333±0.0943

4. ค่าการดูดกลืนแสงที่ 229 nm. ของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

จากการทดลองสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายฟอสฟอรัสโดยเตรียมสารลายมาตรฐานเข้มข้น 0, 0.5, 1, 1.5 และ 2 ppm แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 229 nm. ได้ผลดังตารางที่ 5 และภาพที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายฟอสฟอรัสความยาวคลื่น 229 nm.

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 229 nm			ค่าเฉลี่ย(มิลลิกรัม/ลิตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000±0.0000
0.0592	0.5276	0.4878	0.4601	0.4918±0.0277
0.0740	0.6762	0.5868	0.5967	0.6199±0.0400
0.0888	0.7966	0.7228	0.7335	0.7510±0.0326
0.1036	0.9682	0.8516	0.8569	0.8922±0.0538
0.1184	1.1419	0.9961	1.0082	1.0487±0.0661



ภาพที่ 4 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 229 nm กับความเข้มข้นต่างๆของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

5. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง

จากผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้ง 4 ตัวอย่างฟอสฟอรัสในสารอินทรีย์มีความสำคัญต่อกระบวนการหมักเช่นเดียวกับไนโตรเจน โดยเห็นได้ว่าตัวอย่างสูตร 10 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่ 9, 8 และ 7 เนื่องจากมีปริมาณส่วนผสมของ ไข่ไก่ ชูรส น้อยที่สุด และเป็นสูตรที่ใช้เวลาในการหมักเร็วที่สุด (แดงเร็วที่สุด) ซึ่งสูตรที่ 10 มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบสำคัญโดยมีอัตราส่วนอยู่ที่ 0.4974 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่น้อยว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก) เนื่องจากจุลินทรีย์มีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดย ใช้ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารเพื่อช่วยในการเจริญเติบโต

ตารางที่ 6 ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงแต่ละสูตร ที่ความยาวคลื่น 229 nm (หน่วยเป็น: มิลลิกรัม/ลิตร)

สารละลายตัวอย่าง น้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะแสง	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 220.90 nm			ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
สูตร 7	0.3072	0.3074	0.3074	0.3073±0.0001
สูตร 8	0.3381	0.3421	0.3344	0.3382±0.0003
สูตร 9	0.4112	0.4116	0.4126	0.4118±0.0007
สูตร 10	0.4953	0.4979	0.4990	0.4974±0.0019

6. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม

จากผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงทั้ง 4 ตัวอย่าง โดยเห็นได้ว่าตัวอย่างสูตร 10 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงกว่าสูตรที่ 9, 8 และ 7 เนื่องจากมีปริมาณส่วนผสมของ ไข่ไก่ ชูรส น้อยที่สุด และเป็นสูตรที่ใช้เวลาในการหมักเร็วที่สุด (แดงเร็วที่สุด) ซึ่งสูตรที่ 10 ธาตุโพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบสำคัญโดยมีอัตราส่วนอยู่ที่ 97.8153 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ของ กรมวิชาการเกษตร (ไม่น้อยว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก)

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมที่ความเข้มข้น 100, 200, 300, 400 และ500 (หน่วยเป็น: มิลลิกรัม/ลิตร)

สารละลายตัวอย่างน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะแสง	ปริมาณโพแทสเซียม (หน่วยเป็น: มิลลิกรัม/ลิตร)			ค่าเฉลี่ย (มิลลิกรัม/ลิตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
สูตร 7	8.928	9.821	9.714	9.4877±0.3981
สูตร 8	17.851	18.214	18.571	18.2120±0.2939
สูตร 9	26.785	27.857	27.520	27.3873±0.4476
สูตร 10	98.211	97.460	97.775	97.8153±0.3079

7. ลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

จากการทดลองพบว่า การผลิตน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงสูตร ที่ 7, 8, 9 และ 10 ระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมที่สุด คือ 10, 15, 18 และ วัน ลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักมี สีน้ำตาลแดง มีความข่น ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 3.51% ฟอสฟอรัสร้อยละ 1.34% และโพแทสเซียมร้อยละ 0.98%

ตารางที่ 8 ลักษณะทางกายภาพและปริมาณธาตุอาหาร

หมักน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงที่ดีที่สุด	ระยะเวลาการหมัก	ค่า PH	ลักษณะทางกายภาพของน้ำหมัก	ปริมาณธาตุอาหาร (%)		
				N	P	K
7	25	8.06	สีน้ำตาลแดง มีความข่น	3.51	0.84	0.10
8	18	8.45		3.10	0.92	0.18
9	15	8.07		2.26	1.11	0.27
10	10	8.15		1.23	1.34	0.98

วิจารณ์ผล

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นทางเคมีและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

จากการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นทางเคมีและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง พบว่า การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (5.5-8.5) โดยเห็นได้ว่า ทุกตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกัน (8.06-8.45) การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์จึงเกิดขึ้นได้เร็วกว่าในช่วงที่เป็นกรดหรือ ด่างมากเกินไป (ต่ำกว่า 4.5 หรือสูงกว่า 9.0) การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของทั้ง 4 ตัวอย่าง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่เกิน 10 dS/m) โดยเห็นได้ว่า ตัวอย่างที่ 1 มีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าชุดทดลองอื่น ๆ เนื่องจากปุ๋ยที่มีค่าความ เป็นกรด-ด่างต่ำ ทำให้มีปริมาณเกลือละลายน้ำได้สูง และมีค่าการนำไฟฟ้าสูงด้วยการวิเคราะห์ธาตุอาหารโดยใช้ชุดตรวจสอบธาตุอาหารหลัก (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างที่ 7 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือ ตัวอย่างที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของตัวอย่างที่ 10 มีปริมาณมากที่สุดรองลงมา คือ 9, 8 และ 7 ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุพัฒน์ อุนเกษม (2562) ที่รายงานไว้ว่าการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักทั้ง 4 ชุดทดลอง ซึ่งวิเคราะห์ พารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของชุดทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง พบว่า มี ค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (5.5-8.5) การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของชุดทดลองทั้ง 4 ชุด ทดลอง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่เกิน 10 dS/m)การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุอินทรีย์คาร์บอน และสัดส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่า ปริมาณร้อยละอินทรียวัตถุของชุดทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ. 2548 ของกรมวิชาการเกษตร (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก) โดยอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรียวัตถุ และนำมาใช้ในการประเมินกระบวนการย่อยสลายโดย จุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นกับอินทรียวัตถุ

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง

จากการศึกษานี้ได้วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดยนำน้ำจากธรรมชาติในอัตราส่วนของ ไข่ไก่ : ชูรส : กะปิ โดยน้ำหนัก

จากการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง ที่ผลิตได้จากน้ำธรรมชาติ ไข่ไก่ ชูรส กะปิ จะเห็นได้ว่า ได้น้ำหมักที่มีค่า pH (pH 8.06-8.45) ที่ใกล้เคียงกัน และวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักจะมีผลต่อองค์ประกอบ ที่พบในน้ำหมัก ซึ่งจะพบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลักแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ ได้แก่ ไข่ไก่ ชูรส และกะปิ พบว่าปริมาณวัตถุดิบส่งผลต่อการเกิดสีและทำให้เกิดธาตุอาหารหลักที่ต่างกัน คือ ไนโตรเจนจะมีปริมาณที่น้อยส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม จะมีปริมาณมากที่ใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ (พูนศิริ หอมจันทร์, 2559) ที่รายงานไว้ว่าปริมาณธาตุอาหารหลัก แตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำหมัก ชีวภาพ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารหลักของ เศษปลา กุ้งและหอยเชอรี่ พบว่า ปริมาณธาตุอาหาร หลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม มีปริมาณน้อย

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง โดย ศึกษาอัตราส่วนและระยะเวลาที่ใช้ในการหมัก พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่าง ไข่ไก่ ชูรส และกะปิ ที่ให้ ปริมาณธาตุอาหารมากที่สุด คือ สูตรที่ 10 อัตราส่วน 97.8153 มิลิกรัม/ลิตร และระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมที่ให้ปริมาณธาตุอาหารมากที่สุด คือ 10 วัน ลักษณะทาง กายภาพของน้ำหมักที่ผลิตได้ คือ มีสีน้ำตาลแดง ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบอยู่ตามธรรมชาติ จัดเป็นกลุ่มไม่สะสมกำมะถัน วนิดา (พูนศิริ หอมจันทร์, 2559) มีความขุ่น ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เท่ากับ 8.15 และปริมาณธาตุอาหาร คือ มีปริมาณไนโตรเจนร้อยละ 1.23 ปริมาณฟอสฟอรัสร้อยละ 1.34 และปริมาณ

โพแทสเซียมร้อยละ 0.98 มีความสำคัญต่อการผลิตพืช โดยเฉพาะการนำไปใช้กับไม้ผล เช่น มะม่วง ขนุน กล้วย ข้าว เป็นต้น ซึ่งพืชเล่านี้ต้องการธาตุอาหารในระยะเริ่มต้นสูงเพื่อพัฒนาระบบการ เจริญเติบโต เนื่องจากการเจริญเติบโตดีย่อมส่งผลทำให้ผลผลิตดีซึ่งการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสงจะแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิต ซึ่งจะได้รับสารอาหารเพียงอย่างเดียวในปริมาณมากเพื่อช่วยเพิ่มการสะสมสารอาหารทำให้การเจริญเติบโตดี แหล่งสารอาหารของพืชไม้ผลมีจุดเด่นที่แตกต่างกัน และการใช้ในปริมาณที่เหมาะสมทำให้การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกันส่งผลให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตบางประการไม่แตกต่างกัน (วิณากร ที่รัก, 2563)

สรุปผล

1. จากการศึกษาการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นทางเคมีและหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสงในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง สำหรับสูตรที่ 7-10 เป็นสูตรที่ใช้เวลาในการหมักอยู่ในระยะเวลาที่กำหนด และเกิดสีแดง จากนั้นจึงนำมาทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ค่าอินทรีย์วัตถุ และค่าการนำไฟฟ้า มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548

2. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักในน้ำหมักจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของตัวอย่างสูตรที่ 7 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือ ตัวอย่างสูตรที่ 8, 9 และ 10 ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของสูตรที่ 10 มีปริมาณมากที่สุด รองลงมา คือสูตรที่ 9, 8 และ 7 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

เกตุกนก นำจันทึก.(2546). **อิทธิพลของปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยน้ำชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้ง**. ออนไลน์.http://www/rink.ac.th/research /rink_research SCIENCE/33_getanok.html, (วันที่สืบค้น 11 ตุลาคม 2563)

พูนศิริ หอมจันทร์.(2559). การหาปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม) ในน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากเศษปลาและเศษกุ้ง. **การประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์วิชาการ ครั้งที่ 8, A257– A263**

ภาณุพัฒน์ อุนเกษม.(2562). การประเมินศักยภาพของปุ๋ยหมักจากใบสับปะรดในการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตสับปะรดนางแล. **วิทนิพนธ์หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม**.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2553).**โครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม**. (ออนไลน์). http://www.soiltest-ku.agr.ku.ac.th/index.php?option=com_content&view =article&id=26:2014-03-03-03-28-31&catid=4: products&Itemid=4. (สืบค้น 19 ตุลาคม 2564)

วิณากร ที่รัก วนิดา สำราญรัมย์ และทศนัศว์ รัตนแก้ว. (2563). ผลของการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์ด้วยแสงร่วมกับน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข43 ที่ปลูกในระบบอินทรีย์. **Journal of Agri. Research & Extension**. 37(2): 25-35

สารานุกรมเสรี.(2562). **น้ำหมักจุลินทรีย์สังคราะห์แสง**. (ออนไลน์) https://twitter.com/hashtag/จุลินทรีย์เคราะห์แสง, (สืบค้น 19 ตุลาคม 2564)

สารานุกรมเสรี.(ม.ป.ป).**สูตรทำจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง.**(ออนไลน์). https://9chaika.blogspot.com /2018/02/psb.html, (สืบค้น 22 ตุลาคม 2563)

สารานุกรมเสรี.(2550). **ธาตุอาหารหลัก**. (ออนไลน์) https://www.ldd.go.th/menu_ Dataonline //G1/G1_21.pdf, (สืบค้น 22 ตุลาคม 2564)

Kaenjampa, P. and B. Tengjaroenkul. (2017). Photosynthetic bacteria. **Khon Kaen University Journal**, 2(4), 1-15.