การทดสอบการปรับสภาพน้ำจากบ่อพักน้ำหอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำมาใช้รดน้ำต้นไม้

Water Conditioning Test the Power Plant Reclaim Water Pond by Banana Shoots Microorganisms for watering the plants.

ณัฐปพร เอนกทรัพย์
สุธีรพัฒน์ นวลโกฎ

สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Water Conditioning Test the Power Plant Reclaim Water Pond by Banana Shoots Microorganisms for watering the plants.

Natpaporn Aneksub

Suteeraphat Nualkod

COOPERATIVE EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

(ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)

DEPARTMENT OF CHEMISTRY , FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2023

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา	การทดสอบการปรับสภาพน้ำจากบ่อพักน้ำหอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำมาใช้รดน้ำต้นไม้ Water Conditioning Test the Power Plant Reclaim Water Pond by Banana Shoots Microorganisms for watering the plants.
ชื่อนักศึกษา	นางสาวณัฐปพร เอนกทรัพย์ รหัสนักศึกษา 63050320 นายสุธีรพัฒน์ นวลโกฏ รหัสนักศึกษา 63050361
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2566
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้สหกิจศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2566

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน ประธานกรรมการ	
นายนาวิน สิทธิดำรงการ กรรมการ	
ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อสหกิจศึกษา การทดสอบการปรับสภาพน้ำจากบ่อพักน้ำหอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำมาใช้รดน้ำต้นไม้

ชื่อนักศึกษา นางสาวณัฐปพร เอนกทรัพย์ รหัสนักศึกษา 63050320

นายสุธีรพัฒน์ นวลโกฏ รหัสนักศึกษา 63050361

ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชา เคมี

คณะ วิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)

ปีการศึกษา 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อพักน้ำหอหล่อเย็น (น้ำบ่อ Reclaim) โดยการใช้จุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อให้สามารถนำมารดน้ำต้นไม้ภายในบริษัทได้ ในขั้นตอนแรก น้ำทิ้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 8.66 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) 2.167 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) 1.923 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) 0.00120 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้รับการทดสอบเพื่อหาสภาวะการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่เหมาะสม ทำการทดลองโดยการศึกษาระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย โดยแปรระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ที่ 7, 14 และ 21 วัน ทำการทดลองโดยศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง จำนวน 5 ชุดการทดลอง (ตัวแปรของการทดลองคือ ปริมาณจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย และระยะเวลาการหมักจุลินทรีย์) และทำการเปรียบเทียบน้ำที่ใช้ในการรดต้นกล้าดาวเรือง 3 ชนิด คือ น้ำประปา น้ำจากบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย จากผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลาที่จุลินทรีย์มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ในช่วงวันที่ 14 การทดลองเปรียบเทียบระหว่างน้ำจากบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย สามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรด-ด่างให้เหลือ 6.503 เพิ่มปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็น 33.533 มิลลิกรัมต่อลิตร และเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเป็น 0.04070 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองเจริญเติบโตได้ดีเมื่อใช้รดด้วยน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

คำสำคัญ : น้ำทิ้งบ่อพักน้ำหอหล่อเย็น, น้ำจากบ่อรีเคลม, จุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title Wastewater Treatment of Reclaim Water Pond from Power Plant by Microorganism Banana shoot Fuel formulas

Student Miss Natpaporn Aneksub Student ID 63050320

Mr. Suteeraphat Nualkod Student ID 63050361

Degree Bachelor of Science (Environmental Chemistry)

Department Chemistry

Faculty Science

University King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)

Academic Year 2023

Advisor Dr.Glinsukol Suwannarat

Abstract

This research aims to test the efficiency of improving the quality of wastewater from cooling tower water reservoirs (Reclaim Water Pond) By using microorganisms from banana shoots so that they can be used to water trees within the company. In the first step, the wastewater has a pH of 8.66 , Conductivity 2.167 mS/cm , TKN 1.923 mg/L and Total Phosphorus (TP) 0.00120 mg/L be tested for proper water quality improvement conditions. Conduct an experiment by studying the time it takes to ferment microorganisms from banana shoots by varying the fermentation period at 7, 14, and 21 days. Conduct an experiment by studying the growth of the marigold tree in 5 sets of experiments (The variables of the experiment were the amount of microorganisms from banana shoots and the duration of microbial fermentation.) and compare the water used to water three types of marigold seedlings: tap water, water from Reclaim Water Pond and Reclaim Water Pond with microorganisms from banana shoots. According to the study results, the most effective microorganisms are in the 14th. The comparison of water from Reclaim Water Pond and Reclaim Water Pond mixed with microorganisms from banana shoots significantly improved water quality. The microorganisms from banana shoots reduced their pH to 6.503, increased the Total Kjeldahl Nitrogen content to 33.533 mg/L, and increased the Total Phosphorus content to 0.04070 mg/L. It was found that marigold trees grow well when they are used to water the Reclaim pond with microorganisms from banana shoots.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Keywords: Wastewater from cooling tower water reservoirs, Reclaim Water Pond, Microorganism Banana shoots

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

สหกิจศึกษานี้ สำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้ความอนุเคราะห์ และแนะนำจากบุคคลหลายฝ่ายเป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น ที่ได้มอบโอกาสที่ดี และให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ทำสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำสหกิจศึกษา และแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทำโครงการสหกิจศึกษา ทำให้โครงการสหกิจศึกษานี้ผ่านไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบสหกิจศึกษา รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน ที่ช่วยให้คำชี้แนะ และข้อแก้ไขต่างๆ เพื่อให้สหกิจศึกษานี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณนาวิน สิทธิดำรงการ (ผู้อำนวยการฝ่ายความปลอดภัย อาชีวอนามัย สิ่งแวดล้อมและชุมชนสัมพันธ์) คุณนุชราทิพย์ กาทองทุ่ง (เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม) คุณรัตนาภรณ์ ดอกผึ้ง (พนักงานฝ่ายชุมชนสัมพันธ์) คุณปริญฑิกา โกมลพันธุ์ (เจ้าหน้าที่เคมี) ตลอดจนพนักงานภายในโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในด้านต่างๆตลอดระยะเวลาในการทำสหกิจศึกษานี้ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา บุคคลในครอบครัว ตลอดจนเพื่อนๆนักศึกษาที่ได้ให้คำแนะนำและให้กำลังใจตลอดมา อีกทั้งยังเป็นแรงผลักดันในการทำโครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้

ณัฐปพร อเนกทรัพย์
สุธีรพัฒน์ นวลโกฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก
ABSTRACT ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ
คำย่อ/สัญลักษณ์ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.1กระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบโคเจนเนเรชั่น (COGENERATION) 4
2.2กระบวนการใช้น้ำภายในโรงไฟฟ้า 5
2.3ประเภทและปริมาณน้ำใช้ 5
2.4ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ 5
2.5น้ำทิ้งและการจัดการน้ำ 6
2.6ประเภทและปริมาณน้ำทิ้ง 6
2.7ระบบบำบัดน้ำทิ้ง 7
2.8มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง 7
2.8.1 น้ำทิ้ง 7
2.8.2 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิต ส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า 7
2.9จุลินทรีย์ชีวภาพ 9
2.10การใช้ประโยชน์จากน้ำจุลินทรีย์ 10
2.11ต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษา 11
2.11.1 ปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อต้นดาวเรือง 11
2.11.1.1 อุณหภูมิ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.1.2 ความเป็นกรด - ด่าง 11
2.11.1.3 แสง 11
2.12งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 14
3.1สารเคมีและอุปกรณ์ 14
3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 14
3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์ 14
3.2การเตรียมจุลินทรีย์ชีวภาพจากหน่อกล้วย 15
3.2.1 การเตรียมตัวอย่างจากหน่อกล้วยที่ใช้ในการศึกษา 15
3.2.2 การเตรียมจุลินทรีย์ธรรมชาติ 15
3.3ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษา 17
3.4การเปรียบเทียบชนิดของน้ำที่ใช้รดต้นกล้าดาวเรืองตลอดการทดลอง 18
3.5ระยะเวลาที่ใช้จุลินทรีย์ในการรดน้ำต้นไม้ 18
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 19
4.1 สมบัติของน้ำตัวอย่าง 19
4.2 คุณภาพของน้ำที่ผ่านการปรับสภาพ และประสิทธิภาพในการปรับสภาพน้ำของจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย 19
4.2.1 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) 19
4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) 21
4.2.3 ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) 22
4.2.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) 24
4.3 ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง 26
4.3.1 ความยาวราก 26
4.3.2 ความสูงลำต้น 27
4.3.3 จำนวนใบ 28
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอนะ 30
5.1 สรุปผลการวิจัย 30
5.2 ข้อเสนอแนะ 30
บรรณานุกรม 32
ภาคผนวก 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก 36
ก.1 ทีเคเอ็น (TOTAL KJELDAHL NITROGEN: TKN) 36
ก.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TOTAL PHOSPHORUS) 39
ภาคผนวก ข 41
ข.1 ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรดและด่าง (PH) 41
ข.2 ผลการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (CONDUCTIVITY) 42
ข.3 ผลการตรวจวัดค่าทีเคเอ็น (TOTAL KJELDAHL NITROGEN: TKN) 43
ข.4 ผลการตรวจวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (TOTAL PHOSPHORUS) 44
ข.5 ผลการติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง 45
ภาคผนวก ค 46
ค.1 ผลการเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยที่ 0 7 14 และ 21 วัน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของน้ำบ่อ RECLAIM 46
ค.1.1 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) 46
ค.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) 47
ค.1.3 ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) 49
ค.1.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) 50
ภาคผนวก ง 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ข.1.1 ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim.....41
ข.1.2 ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย.....41
ข.2.1 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim.....42
ข.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย.....43
ข.3.1 ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim.....43
ข.3.2 ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย.....44
ข.4.1 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim.....44
ข.4.2 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย.....44
ข.5.1 ความยาวราก.....45
ข.5.2 ความสูงลำต้น.....45
ข.5.3 จำนวนใบ.....45
ค.1.1.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab ของค่าความเป็นกรดและด่าง.....46
ค.1.1.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์.....46
ค.1.2.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab ของค่าการนำไฟฟ้า.....48
ค.1.2.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์.....48
ค.1.3.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab ของค่าทีเคเอ็น.....49
ค.1.3.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์.....49
ค.1.4.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab ของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด.....51
ค.1.4.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์.....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า
3.1ก. ถังใส่หน่อกล้วยผสมกากน้ำตาล....16
3.1ข. การเตรียมจุลินทรีย์....16
4.1 ลักษณะของบ่อ Reclaim....19
4.2 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim....20
4.3 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าความเป็นกรดและด่าง ของน้ำบ่อ Reclaim....21
4.4 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim....22
4.5 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim....22
4.6 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim....23
4.7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim....24
4.8 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim....25
4.9 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim....25
4.10 ความยาวรากที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง....27
4.11 ความสูงลำต้นที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง....28
4.12 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง....29
ค.1 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการลดลงของ ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim....47
ค.2 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim....48
ค.3 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของ ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim....50
ค.4 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของ ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim....51
ง.1 บ่อรีเคลม....52
ง.2 หน่อกล้วย....52
ง.3 กากน้ำตาล....53
ง.4 การหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย....54
ง.5 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ในวันที่ 0....55
ง.6 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ในวันที่ 0....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง.7 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวันบ่าย ในวันที่ 0.....57
ง.8 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ในวันที่ 0.....58
ง.9 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ในวันที่ 0.....59
ง.10 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ในวันที่ 28.....60
ง.11 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ในวันที่ 28.....61
ง.12 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวันบ่าย ในวันที่ 28.....62
ง.13 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ในวันที่ 28.....63
ง.14 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ในวันที่ 28.....64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
หอหล่อเย็น (Cooling Water Plant)	บ่อพักน้ำที่นำน้ำไปใช้ในการระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นในคอนเดนเซอร์แล้วกลับมาใช้งานได้อีก และเป็นบ่อรองรับน้ำจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า
บ่อ Reclaim	บ่อพักน้ำทิ้งจากหอหล่อเย็น ก่อนส่งน้ำออกไปภายนอกโรงไฟฟ้า
TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
TP (Total Phosphorus)	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด
cm.	เซนติเมตร
L.	ลิตร
mL.	มิลลิลิตร
mg/L	มิลลิกรัมต่อลิตร
g.	กรัม
mg.	มิลลิกรัม
µS/cm	ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น เป็นโรงไฟฟ้าประเภทผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP-Small Powe Producer) ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีพลังความร้อนร่วม ซึ่งเกิดจากการทำงานร่วมกันของ 2 ระบบ คือ ระบบกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และระบบกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) คือแรงกลที่เกิดจากการหมุนแกนที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรงและการนำไอเสีย (Exhaust Gas) ส่วนหนึ่ง และที่เป็นผลจากการทำงานของเครื่อง Gas Turbine ซึ่งมีความร้อนสูงประมาณ 430-500 องศาเซลเซียส ไปใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานะของน้ำให้กลายเป็นไอน้ำ นำมาผ่านเครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เกิดแรงหมุนนแกนที่ต่อเข้ากับเครื่องผลิตไฟฟ้าได้เพิ่มอีกส่วนหนึ่ง ในกระบวนการผลิตไฟฟ้านี้ น้ำจึงเป็นวัตถุดิบหลักที่นำมาใช้ในกระบวนการผลิต และยังใช้ในกระบวนการหล่อเย็น (Cooling System) เพื่อลดอุณหภูมิของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอีกด้วย

น้ำที่ผ่านกระบวนการหล่อเย็นและครบกำหนดรอบการหมุนเวียนที่กำหนดนั้น จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนออกจากระบบเพื่อนำน้ำใหม่เข้าไปทดแทน ซึ่งจะยังไม่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ โรงไฟฟ้าได้จัดทำบ่อพักน้ำหล่อเย็น (Reclaim Water Pound: บ่อรีเคลม) ตามที่กฎหมายกำหนดเพื่อลดอุณหภูมิน้ำก่อนปล่อยสู่ภายนอก (บ่อพักน้ำของสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย; AIT) ในปัจจุบันโรงไฟฟ้าต้องการศึกษาว่าสารเคมีที่อาจปะปนอยู่ในน้ำทิ้งดังกล่าว ได้แก่ กรดซัลฟูริก 50% (Sufuric Acid: H_2SO_4 50%), โซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ 10% (Sudium Hypochlorite: NaOCl 10%), สารป้องกันตะกรัน (Scale inhibitor) และ สารยับยั้งการเกิดสนิม (Corrosion inhibitor) จะมีผลอย่างไรกับต้นไม้และสนามหญ้า หากมีการนำมาใช้รดน้ำต้นไม้ที่ปลูกอยู่ในพื้นที่ต่างๆ ภายในโรงไฟฟ้า และจะมีวิธีการใดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้เหมาะสมกับการนำมารดต้นไม้หรือไม่ เพื่อทดแทนการนำน้ำประปาในการลดน้ำต้นไม้ ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ในการลดค่าใช้จ่ายค่าน้ำประปา และเกิดการหมุนเวียนใช้ทรัพยากรน้ำที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิต รวมถึงการรักษาสภาพแวดล้อมอีกส่วนหนึ่ง

ในการนี้จึงเป็นที่มาของการศึกษาและหาแนวทางในการนำน้ำในบ่อรีเคลมมารดน้ำต้นไม้แทนการปล่อยทิ้ง ให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้โดยพิจารณาทางเลือกการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้จุลินทรีย์ซึ่งไม่ก่อให้เกิดสารเคมีตกค้าง เนื่องจากการปนเปื้อนของสารเคมีอาจทำให้คุณสมบัติของน้ำเปลี่ยนแปลงไปจนอยู่ในสภาพที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ การใช้จุลินทรีย์จากธรรมชาติมีส่วนช่วยในการทำให้ต้นไม้เจริญได้ดี และมีการศึกษาเกี่ยวกับการหมักจุลินทรีย์ชีวภาพจากวัสดุจากธรรมชาติ เช่น พืช สัตว์ และเศษขยะนำมาทำเป็นปุ๋ยชีวภาพ และยังสามารถนำน้ำจุลินทรีย์มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ในการเกษตรด้านต่างๆ เช่น ใช้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืช ใช้เป็นสารป้องกันแมลงศัตรูพืช เป็นต้น การปรับสภาพน้ำโดยใช้จุลินทรีย์ จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความสนใจ

โครงการสหกิจศึกษาในครั้งนี้จึงทำการศึกษาการนำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยมาหมักให้ได้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพื่อนำมาใช้ในการปรับสภาพน้ำเพราะในดินที่มีต้นกล้วยขึ้นจะเป็นดินที่มีสภาพอุดมสมบูรณ์ มีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับสภาพน้ำให้มีความเหมาะสม ชะลอการเน่าเสียของน้ำ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ได้จากการหมักของหน่อกล้วยด้วยน้ำกากน้ำตาลในสภาพที่ไร้ออกซิเจน ซึ่งจุลินทรีย์ที่ได้จะประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหาร สารอินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์กับพืช (ประดิษฐ์, 2544) เพื่อสนับสนุนโครงการสีเขียวของโรงไฟฟ้าต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการปรับสภาพน้ำทิ้งจากโรงไฟฟ้าระหว่างน้ำจากบ่อ Reclaim และน้ำจากบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพและระยะเวลาที่เหมาะสมของจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยในการปรับสภาพน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้า เพื่อนำน้ำกลับมาหมุนเวียนใช้รดน้ำต้นไม้ภายในพื้นที่โรงไฟฟ้า

1.2.3 ศึกษาผลของน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพต่อการเจริญเติบโตของพืชและวิธีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการปรับสภาพน้ำ คือจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

1.3.2 ศึกษาความสามารถในการปรับสภาพน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นโดยการใช้จุลินทรีย์จากหน่อกล้วย น้ำตัวอย่างที่ใช้ศึกษามาจากระบบ Cooling บริษัท ราช โคเจนเนอเรชั่นจำกัด

1.3.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำตัวอย่างก่อนและหลังปรับสภาพโดยพารามิเตอร์

1.3.3.1 ทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity) โดยจะมีการตรวจวัดทุกวันตลอดระยะการศึกษาเพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

1.3.3.2 ทางเคมี ได้แก่ ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN), ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) โดยจะมีการตรวจวัดสัปดาห์ละ 1 ครั้ง (ทุกวันที่ 7, 14 และ 21)

- ตัวแปรต้น คือ ปริมาณจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย และระยะเวลาการหมักจุลินทรีย์
- ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพในการปรับสภาพน้ำทิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณของจุลินทรีย์ที่เติมลงในบ่อ และช่วงเวลาในการใช้จุลินทรีย์ในการนำมารดน้ำต้นไม้

1.3.3.3 นำน้ำที่ปรับสภาพไปศึกษาการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชที่ใช้ในการศึกษา คือ ต้นกล้าดาวเรือง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการปรับสภาพน้ำทิ้ง จากระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

1.4.2 ช่วยประหยัดต้นทุนในการปรับสภาพน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้า

1.4.3 นำน้ำเสียที่ผ่านการปรับสภาพมาใช้ประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบโคเจนเนเรชั่น (Cogeneration)

โรงไฟฟ้า Cogeneration หรือโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมคือโรงไฟฟ้าที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยตรง และนำพลังงานความร้อนที่เหลือจากกระบวนการผลิตไฟฟ้า ไปเป็นไอน้ำ และนำไอน้ำไปผลิตไฟฟ้าอีกครั้งหนึ่งหรือนำไปจำหน่ายให้กับภาคอุตสาหกรรมที่มีความต้องการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมนั้นจะใช้แหล่งเชื้อเพลิงแหล่งเดียวกัน ซึ่งเป็นการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

โรงไฟฟ้าแบบ Cogeneration มีเครื่องจักรในการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามประเภทของโรงไฟฟ้า เช่น ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันก๊าซ (Gas turbine), ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันไอน้ำ (Steam turbine) และระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (โรงไฟฟ้า ราช โคเจนเนอเรชั่น, 2565)

2.1.1 ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันก๊าซ (Gas turbine) เป็นกังหันก๊าซใช้คอมเพรสเซอร์อัดอากาศจากภายนอกจนเกิดความร้อนและความดันสูงนำเข้าสู่ห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาจะผสมกับอากาศและจุดระเบิด ทำให้เกิดก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ที่จะขยายตัวผ่านเครื่องกังหันก๊าซ ทำให้กังหันก๊าซหมุน (ลักษณะเดียวกับเครื่องยนต์อากาศยาน)และต่อแกนของเครื่องกังหันก๊าซไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ในกระบวนการหมุนของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ จะมีการปล่อยอากาศอุณหภูมิสูงอุณหภูมิประมาณ 450 – 550 องศาเซลเซียส ซึ่งก๊าซร้อนเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งให้กำเนิดความร้อนต่อไปได้อีกด้วย เช่น นำไปต้มน้ำให้เกิดไอน้ำ

2.1.2 ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันไอน้ำ (Steam turbine) ประกอบด้วย หม้อไอน้ำ เครื่องกังหันไอน้ำ โดยนำไอน้ำเข้ามาบีบอัดและเข้าไปหมุนแกนของเครื่องซึ่งไปขับเคลื่อนเพลาของเครื่องผลิตไฟฟ้า และไอน้ำที่ออกจากเครื่องก็ยังสามารถนำไปจำหน่ายให้กับภาคอุตสาหกรรมได้อีกต่อหนึ่ง

2.1.3 ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine) แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามประเภทของเครื่องยนต์คือเครื่องยนต์ spark – ignition engines และเครื่องยนต์ compression – ignition engines ความแตกต่างของเครื่องยนต์ทั้ง 2 ชนิดนี้คือประเภทของเชื้อเพลิง โดยเครื่องยนต์ spark – ignition engines นั้นใช้ของเหลวหรือก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ส่วนเครื่องยนต์ compression – ignition engines ใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ลักษณะเดียวกับการทำงานของเครื่องยนต์เบนซินและดีเซลในยานยนต์ต่างๆ ตามลำดับ การหมุนของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำไปต่อเข้ากับเพลาของเครื่องผลิตไฟฟ้าเพื่อผลิตไฟฟ้า และความร้อนที่เกิดจากไอเสียสามารถนำไปแลกเปลี่ยนความร้อนผลิตไอน้ำได้อีกต่อหนึ่ง

2.2 กระบวนการใช้น้ำภายในโรงไฟฟ้า

ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าประเภทโคเจนเนอเรชั่น ใช้น้ำเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตต่างๆ ได้แก่ ใช้ในหม้อไอน้ำในกระบวนการผลิตไอน้ำเพื่อนำไปให้ระบบเครื่องกังหันไอน้ำหรือนำไอน้ำไปจำหน่าย และยังใช้ในกระบวนการหล่อเย็น เพื่อลดอุณหภูมิของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต โดยน้ำที่ผ่านกระบวนการหล่อเย็นและครบกำหนดรอบการหมุนเวียนที่กำหนดนั้น จำเป็นต้องมีการหมุนเวียนออกจากระบบเพื่อนำน้ำใหม่เข้าไปทดแทน จะยังไม่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ จึงจัดเก็บในระบบบ่อพักน้ำหล่อเย็น (Reclaim Water Pound; บ่อรีเคลม) ตามที่กฎหมายกำหนดเพื่อลดอุณหภูมิน้ำก่อนปล่อยสู่ภายนอก (บ่อพักน้ำของ AIT)

2.3 ประเภทและปริมาณน้ำใช้

น้ำใช้ในโครงการ แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

2.3.1 น้ำใช้ของสำนักงาน ใช้เพื่อการอุปโภค-บริโภคของพนักงานของโครงการ

2.3.2 น้ำใช้สำหรับล้างเครื่องจักร ใช้สำหรับล้างทำความสะอาดอุปกรณ์/เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต

2.3.3 น้ำชดเชยระบบหอหล่อเย็น ใช้ชดเชยเข้าสู่ระบบ เนื่องจากมีการระเหยและการระบายทิ้งของระบบหล่อเย็น โดยน้ำในส่วนนี้โครงการจะใช้น้ำใสจากระบบผลิตน้ำใสของโครงการรวมกับน้ำทิ้งจากหน่วยผลิตไอน้ำ

2.3.4 น้ำใช้เพื่อชดเชยระบบผลิตไอน้ำ โดยปกติจะมีไอน้ำบางส่วนสูญเสียไปเนื่องจากการระเหยที่หน่วยผลิตไอน้ำ และโครงการจำหน่ายไอน้ำให้กับโรงงานที่อยู่ใกล้เคียง

2.3.5 น้ำใช้เพื่อฟื้นฟูระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ เนื่องจากระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วยการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการแลกเปลี่ยนประจุด้วย เรซิ่น หรือ Mixed Bed ดังนั้น เมื่อมีการเดินระบบไประยะหนึ่ง จำเป็นต้องฟื้นฟูประสิทธิภาพของ Mixed Bed โดยการล้างด้วยกรดและด่าง พร้อมทั้งล้างด้วยน้ำอีกครั้ง โดยปกติความถี่ในการฟื้นฟู Mixed Bed ขึ้นกับอัตราการผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ

2.4 ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงไฟฟ้าได้แก่ ระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ (Demineralization Plant) มีกำลังการผลิตสูงสุดประมาณ 1,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบผลิตประกอบด้วยการบำบัดเบื้อต้นหรือการกำจัดอนุภาคขนาดเล็ก (เช่น Cartridge Filter เป็นต้น) และกำจัดไอออนที่เหลือด้วยการแลกเปลี่ยนประจุด้วย Mixed bed exchanger สำหรับน้ำปราศจากแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือกระทำการใดๆ ในลักษณะอื่นใดที่เป็นการแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุที่ผลิตได้จะถูกนำไปเก็บไว้ในถังเก็บน้ำปราศจากแร่ธาตุขนาด 1,000 ลูกบาศก์เมตร ก่อนนำน้ำปราศจากแร่ธาตุที่ผลิตได้ไปใช้ในกิจกรรมการผลิตของโรงไฟฟ้าต่อไป

2.5 น้ำทิ้งและการจัดการน้ำ

น้ำน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆภายในโรงไฟฟ้า ส่วนใหญ่เป็นการใช้น้ำในระบบหล่อเย็น การล้างทำความสะอาดอุปกรณ์เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ซึ่งโรงไฟฟ้า มีการตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งให้เป็นไปตามคุณลักษณะน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ.2560 และส่งให้หน่วยงานที่ได้รับอนุญาตนำไปกำจัดอย่างถูกต้องต่อไป ทั้งนี้ พารามิเตอร์ที่ตรวจสอบลักษณะน้ำทิ้งจากการทดสอบ Hydrostatic Test ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH), อุณหภูมิ (Temperature), ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids; TDS) และน้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) เป็นต้น

2.6 ประเภทและปริมาณน้ำทิ้ง

น้ำทิ้งที่เกิดจากโรงไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 5 ส่วนหลักๆ ดังนี้

2.6.1 น้ำทิ้งจากสำนักงาน เกิดจากการอุปโภค น้ำล้าง และกิจกรรมอื่นๆ ซึ่งจะถูกบำบัดขั้นต้นด้วยถังบำบัดน้ำเสียสำเร็จรูป

2.6.2 น้ำทิ้งจากการล้างเครื่องจักร เป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์/เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตของโรงไฟฟ้า ซึ่งจะมีการบำบัดขั้นต้นในถังแยกน้ำ-น้ำมัน และไหลไปรวมพักไว้ที่บ่อพักก่อนจะสูบและขนส่งไปกำจัดต่อภายนอกโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุ ญาตจากหน่วยงานราชการต่อไป

2.6.3 น้ำทิ้งจากการฟื้นฟูระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ เป็นน้ำทิ้งจากการล้างสารตัวกลางและเรซิ่นในระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ โดยโครงการจะมีการฟื้นฟู 1ครั้งต่อวัน และน้ำทิ้งดังกล่าวจะถูกรวบรวมเข้าถังปรับสภาพให้เป็นกลาง เพื่อทำการปรับสภาพน้ำทิ้ง และไหลไปรวมพักไว้ที่บ่อพัก ก่อนจะสูบและขนส่งไปกำจัดต่อภายนอกโครงการโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานราชการต่อไป

2.6.4 น้ำทิ้งจากหน่วยผลิตไอน้ำ เมื่อมีการหมุนเวียนน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้หลายรอบจำเป็นต้องระบายน้ำทิ้งออกบางส่วน เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำให้มีความเหมาะสม และเป็นการป้องกันการเกิดตะกรันในกระบวนการผลิตไอน้ำ โดยน้ำระบายทิ้งจากหน่วยผลิตไอน้ำของโรงไฟฟ้าจะถูกส่งไปใช้ในระบบหอหล่อเย็นต่อไป

2.6.5 น้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็น เป็นน้ำที่ต้องระบายทิ้งเพื่อรักษาคุณภาพน้ำของระบบหล่อเย็น เนื่องจากการหมุนเวียนน้ำระบายความร้อนด้วยระบบหล่อเย็นเกิดขึ้นหลายรอบ ทำให้น้ำระบายความร้อนมีปริมาณของแข็งละลายได้สูงขึ้นจนอาจทำให้เกิดตะกรันและการอุดตันในเส้นท่อได้ น้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นบางส่วนจะถูกนำไปล้างเครื่องจักร ส่วนที่เหลือจะถูกนำกลับมาผสมกับน้ำดิบในถังผสมน้ำก่อนนำมาปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ระบบบำบัดน้ำทิ้ง

ระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย 3 ระบบ ดังนี้

2.7.1 ถังแยกน้ำ-น้ำมัน ใช้สำหรับแยกน้ำมันจากน้ำฝนที่ปนเปื้อนน้ำมันจากพื้นที่ที่อาจปนเปื้อนน้ำมัน ได้แก่ บริเวณหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมีพื้นที่รวม 384 ตารางเมตร โดยโครงการจะรวบรวมน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ดังกล่าวภายใน 30 มิลลิเมตรแรก รวมกับปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดจากการล้างเครื่องจักร ทั้งนี้ ถังแยกน้ำ-น้ำมันมีปริมาตร 40 ลูกบาศก์เมตร

2.7.2 ถังปรับสภาพให้เป็นกลาง มีขนาด 40 ลูกบาศก์เมตร ติดตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ เพื่อรองรับน้ำทิ้งจากการฟื้นฟูเรซิ่นหรือ Mixed Bed ของระบบผลิตน้ำปราศจากแร่ธาตุ

2.7.3 บ่อพักน้ำทิ้ง มีขนาด 100 ลูกบาศก์เมตร รองรับน้ำที่ผ่านการบำบัดและระบายออกจากถังแยกน้ำ-น้ำมัน และถังปรับสภาพให้เป็นกลาง จากนั้นน้ำในบ่อพักน้ำทิ้งจะถูกขนส่งไปกำจัดต่อภายนอกโครงการโดยหน่วยงานที่ได้รับอนุญาตจากราชการ

2.8 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง

2.8.1 น้ำทิ้ง

น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการทั้งจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าระบบระบายความร้อนด้วยน้ำหรือน้ำเสียจากกิจกรรมอื่นในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าที่ผ่านการบำบัดจนเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

2.8.2 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิต ส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีการระบายมลพิษทางน้ำออกมาเป็นจำนวนมาก โดยฐานข้อมูลการระบายมลพิษจากแหล่งกำเนิด และระบบอนุญาตการระบายมลพิษ (Permitting System) ของ US EPA เมื่อปี 2556 ได้แสดงว่าโรงไฟฟ้ามีการระบายปริมาณมลพิษทางน้ำ ได้แก่ ปรอท สารหนูและตะกั่ว ลงสู่แหล่งน้ำมากที่สุด ซึ่งโลหะหนักดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตอย่างรุนแรง อีกทั้งยังไม่สามารถย่อยสลายได้ในสิ่งแวดล้อมแต่จะสะสมอยู่ในตะกอนดิน แหล่งน้ำ และสัตว์น้ำ และเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ตามห่วงโซ่อาหารในที่สุด ซึ่งปัจจุบันโรงไฟฟ้าในประเทศไทยถูกควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมด้วยมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรมและเขตประกอบการอุตสาหกรรม ตามประกาศ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2559 ทั้งนี้มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมฯ ฉบับดังกล่าว เป็นค่ามาตรฐานกลางที่บังคับใช้กับอุตสาหกรรมทุกประเภท ทำให้ไม่สามารถควบคุมอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีมลพิษสูงอย่างโรงไฟฟ้าได้กรมควบคุมมลพิษจึงจัดทำมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมการผลิต ส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต วัตถุดิบ และลักษณะสมบัติของน้ำเสียที่แท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1 มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าตามประเภทเชื้อเพลิง

พารามิเตอร์	เชื้อเพลิง		
	ถ่านหิน	ก๊าซธรรมชาติ น้ำมัน ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ และขยะ	พลังงานอื่นๆ
1. ความเป็นกรดและเบส (pH)	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0	5.5 – 9.0
2. ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (Total Dissolved Solids,TDS)	ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (Total Suspended Solid)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
4. บีโอดี(Biochemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
5. ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร
6. น้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร
7. ไนเตรท (Nitrate)	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อลิตร
8. ทีเคเอ็น (TKN)	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
9 .ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร	-
10. เหล็ก (Fe)	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร	-
11. สารหนู (As)	ไม่เกิน 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร	-	-
12. ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร	-	-
13. ซีลีเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร	-	-

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียด้วยจุลินทรีย์เป็นการปรับปรุงคุณภาพน้ำทางชีวภาพ โดยจุลินทรีย์จะกำจัดหรือย่อยสลายสารอนินทรีย์ สิ่งสกปรกหรือตะกอนต่างๆ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำให้มีค่าไม่เกินมาตรฐาน หรือมีลักษณะทางกายภาพเป็นที่ยอมรับได้ เนื่องจากสภาพน้ำทิ้งและน้ำเสียในแต่ละที่มีความแตกต่างกัน การกำจัดสิ่งปนเปื้อนเพื่อให้น้ำมีคุณภาพตามที่ต้องการ เราควรจะต้องเลือกใช้จุลินทรีย์ที่มีความเหมาะสมเพราะจุลินทรีย์แต่ละชนิดก็มีความสามารถแตกต่างกัน บางชนิดสามารถย่อยสลายแอมโมเนีย ไนไตรท์และไนเตรทซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ บางชนิดย่อยสลายสารประกอบซัลเฟอร์ช่วยป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำที่เป็นสีดำ มีกลิ่นเหม็น

2.9 จุลินทรีย์ชีวภาพ

จุลินทรีย์ชีวภาพ หรือน้ำจุลินทรีย์ หรือน้ำสกัดชีวภาพ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ เป็นสารละลายเข้มข้นที่ได้จากการหมักเศษพืชหรือเศษสัตว์ในสภาวะไร้ออกซิเจนซึ่งจะถูกย่อยด้วยจุลินทรีย์โดยใช้กากน้ำตาลเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ (จารุรัตน์, 2546) โดยน้ำที่ได้จะประกอบด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหารและสารอินทรีย์หลายชนิด ทั้งนี้จุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะเป็นพวกยีสต์ แบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก และแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์แสงก็สามารถพบได้ในน้ำจุลินทรีย์ชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีความสะอาดปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยที่ปัจจุบันทางเกษตรกรได้มีการนำน้ำจุลินทรีย์ชีวภาพไปใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีการรดหรือฉีดพ่นให้กับพืชผักและผลไม้ในอัตราส่วนต่างๆ (วิชัย , 2547) และเมื่อผ่านการหมักไประยะเวลาหนึ่งแล้วนั้น ก็จะได้สารละลายเข้มข้นอาจมีสีน้ำตาลเข้มหากใช้กากน้ำตาลในการหมัก หรือสีน้ำตาลอ่อนเมื่อใช้น้ำตาลชนิดอื่นในการหมัก ซึ่งเมื่อผ่านการหมักที่สมบูรณ์แล้วจะพบสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอะมิโน ฮอร์โมน เอนไซม์ ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำการหมักน้ำจุลินทรีย์ (วิทยวัฒน์, 2544)

ประเภทของจุลินทรีย์ชีวภาพ สามารถแบ่งออกได้ตามวัตถุดิบที่ได้นำมาใช้ในการผลิตได้เป็น 2 ประเภท (วิทยวัฒน์, 2544) **ดังนี้**

1) จุลินทรีย์ชีวภาพที่ผลิตได้จากพืช โดยผลิตจากผักและเศษพืช และผลิตจากขยะเปียกที่เป็นเศษผักและผลไม้ การทำน้ำหมักชีวภาพจากพืชนั้นทำได้โดยสับผักหรือผลไม้ที่มีชิ้นใหญ่ให้มีขนาดเล็กๆ จัดเรียงผักเป็นชั้นๆ โรยกากน้ำตาลสลับกับชั้นผัก อัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อเศษผักคือ 1:3 แล้วทำการหมักในสภาพที่ไม่มีอากาศ โดยอัดผักหรือผลไม้ใส่ภาชนะให้แน่น ปิดฝาภาชนะไม่ให้อากาศเข้าได้แล้วนำเข้าไปไว้ในที่ร่ม

2) จุลินทรีย์ชีวภาพที่ผลิตได้จากสัตว์ ได้แก่ จุลินทรีย์ชีวภาพที่ได้จากปลา หรือหอยเชอรี่ (เฉพาะไข่ หรือเปลือกพร้อมตัว หรือรวมกับพืชสดก็ได้) ซึ่งอัตราส่วนกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบจากสัตว์เท่ากับ 1:1 (อรรถ, 2544) หรือ อัตราส่วนของกากน้ำตาลต่อวัตถุดิบต่อจุลินทรีย์หัวเชื้อจุลินทรีย์ธรรมชาติ เท่ากับ 3:3:1 การหมักทำเช่นเดียวกับการหมักน้ำจุลินทรีย์ชีวภาพที่ได้จากพืชแต่อาจต้องใช้เวลาในการหมักนานประมาณ 1 เดือนขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 การใช้ประโยชน์จากน้ำจุลินทรีย์

จุลินทรีย์ชีวภาพนั้นสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยโดยตรง เนื่องจากประกอบด้วยสารต่างๆ ธาตุอาหาร และจุลินทรีย์อยู่เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามการนำไปใช้เป็นปุ๋ยนั้น จึงต้องมีการนำไปเจือจางมากๆ ในอัตราส่วนจุลินทรีย์ชีวภาพต่อน้ำ เช่น 1:500 หรือ 1:1000 หากมีการนำไปใช้ในความเข้มข้นที่มากไปนั้น พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ใบของพืชจะมีสีเหลือง แต่ถ้าใช้ในอัตราที่เหมาะสม พืชจะมีใบสีเขียวสด เป็นมัน ต้นที่มีการชะงักการเจริญเติบโตที่พักอยู่จะแตกเป็นใบใหม่ภายในหนึ่งสัปดาห์ จากการที่ให้จุลินทรีย์ชีวภาพในความเข้มข้นที่เจือจางสามารถใส่ให้พืชได้ 3-7 วันต่อครั้ง และเมื่อพืชเจริญเติบโตดีอาจให้เป็นเดือนละ 1 ครั้ง นอกจากนี้จุลินทรีย์ชีวภาพบางชนิดยังสามารถใช้ป้องกันโรคและแมลง เช่น เพลี้ยแป้ง โดยมีการผสมจุลินทรีย์ชีวภาพในอัตราการเจือจางแล้วทำการฉีดพ่น หรือใช้ในการกำจัดน้ำเสีย และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยจุลินทรีย์ชีวภาพจะย่อยสลายอินทรียวัตถุจากแหล่งน้ำต่างๆ เช่น บ่อน้ำ สระน้ำที่มีอินทรียวัตถุย่อยสลายบูดเน่า หรือมีการนำไปใช้กับการเลี้ยงสัตว์ โดยมีการใช้จุลินทรีย์ชีวภาพอัตรา 1:80 นำไปเลี้ยงสุกรหรือไก่เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคจะทำให้สัตว์แข็งแรงมีภูมิคุ้มกันโรคและพื้นคอกไก่ไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย (วิทยวัฒน์,2544)

จุลินทรีย์ชีวภาพเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการปรับปรุงบำรุงคุณภาพน้ำเพื่อใช้ในการปลูกพืชที่เป็นการไม่ต้องลงทุนสูงมากนัก อย่างไรก็ตามการใช้จุลินทรีย์ชีวภาพที่เหมาะสมนั้นจะต้องเข้าใจในการจัดการพื้นฐาน คือ มีการจัดการใส่ธาตุอาหารหลัก N-P-K ธาตุอาหารรองและจุลธาตุต่างๆ รวมทั้งสมดุลของน้ำที่เหมาะสมทั้งกายภาพและเคมีอย่างเหมาะสม

ดังนั้นการใช้จุลินทรีย์ชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชนั้นจะได้ผลหรือไม่ก็ต่อเมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอ (กองเกษตรเคมี, 2545) จึงควรมีการผสมผสานการใช้จุลินทรีย์ชีวภาพกับวิธีอื่นๆ ด้วย เช่น การใช้ร่วมกับปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือนำมาใช้ร่วมกับสารละลายธาตุอาหารในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (จารุรัตน์, 2546; ชลธิชา, 2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 ต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษา

ต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ต้นกล้าดาวเรือง เนื่องจาก ดาวเรื่องเป็นไม้ดอกที่คนไทยนิยมปลูกกันมาก เนื่องจากปลูกง่าย งอกเร็ว ต้นโตเร็ว แข็งแรง และไม่ค่อยมีโรคหรือแมลงรบกวน

2.11.1 ปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อต้นดาวเรือง

2.11.1.1 อุณหภูมิ

กลางวันอยู่ในช่วง 26-32°C และกลางคืนประมาณ 20-25°C ซึ่งอุณหภูมิที่เย็นในเวลากลางคืนจะส่งผลให้ต้นดาวเรืองมีความแข็งแรง มีขนาดดอกที่ใหญ่ นอกจากนี้ช่วงแสงที่นานกว่า 12 ชั่วโมงก็จะส่งผลถึงขนาดดอกเช่นกัน

2.11.1.2 ความเป็นกรด - ด่าง

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่มีความต้องการความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างจากไม้ดอกทั่วไป ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของดาวเรืองอยู่ในช่วงประมาณ 6.8-7.0 ซึ่งหากค่าดังกล่าวต่ำกว่านี้จะส่งผลให้พืชได้รับ ธาตุเหล็ก และแมกนีเซียม มากเกินไป ทำให้พืชแสดงอาการธาตุเหล็กเป็นพิษ (อาการใบอ่อนจะเริ่มเหลือง และไหม้อย่างรวดเร็ว)

2.11.1.3 แสง

ดาวเรืองเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดจัด จึงควรปลูกในที่กลางแจ้งให้ได้รับแสงแดดโดยตรงอย่างน้อยวันละ 6 ชั่วโมง สามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกชนิด

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บุญรอด (2544) พบว่า สารสกัดจากใบประยงค์สดและแห้งสามารถยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพืชทดสอบทั้ง 8 ชนิดได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด ประสิทธิภาพในการงอกขงเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าพืชทดสอบเพิ่มขึ้น

สุภาจรี และคณะ (2547) พบว่า ปุ๋ยวิทยาศาสตร์สูตร 16:16:16 จำนวน 15 กรัม ผสมสาหร่ายทะเลผง *Padina australis Hauck* และ *Sargassum Polycystum* C. Agardh สัดส่วน 1:1 จำนวน 20 กรัม / น้ำ 1 ลิตร จะทำให้กะหล่ำดอกมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงสุดทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ทั้งในกระถางและในแปลงทกลองเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองตำรับอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5

วิชัย และคณะ (2547) ศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากปลาปนและผักกวางตุ้งที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า สูตรน้ำหมักชีวภาพจากปลาปันมีผลช่วยเร่งในการเจริญเติบโตของตันถั่วเหลืองฝักสดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สุด โดยอัตราส่วนน้ำสกัดชีวภาพจากปลาปันต่อน้ำที่เหมาะสมที่สุดเท่ากับ 1 : 250 ปริมาตรต่อปริมาตร ในวันที่ 45 ของการทดลอง

อมรา (2547) ศึกษาผลการใช้น้ำสกัดชีวภาพกับการผลิตมะระ โดยใช้น้ำสกัดชีวภาพจากผลไม้สุก เมล็ดถั่วเหลือง เศษปลาหมัก และพืชสดสีเขียว ทดลองกับมะระพันธุ์เขียวหยก68 พบว่าน้ำสกัดชีวภาพเมล็ดถั่วเหลืองให้จำนวนผลผลิต และน้ำหนักผลรวมสูงสุด

วีณารัตน์ และคณะ (2548) รายงานว่า น้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้กากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลที่ระดับ 1:1000 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกดัชนีการงอกสูงสุด การเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดกวางตุ้งฮ่องเต้ พบว่า แต่ละความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เส้นผ่านศูนย์กลางลำตัน พื้นที่ใบ และจำนวนใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ความเข้มขัน 1:250 มีเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบมากที่สุด และที่ความเข้มขัน1:500 ให้จำนวนใบมากที่สุด

Wood, Higa, Farrelly & Simpson (2004) ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ในเมืองเจฟเฟอร์สันมลรัฐมิสชูรี่ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียเข้าระบบวันละ 10 ล้านแกลลอน (35 ล้านตัน) ทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยอีเอ็มขยายสัปดาห์ละประมาณ 27 ตัน โดยแบ่งอีเอ็มออกเป็น 5 ส่วนและเทลงท่อรวบรวมน้ำเสีย 5 จุดในเมือง พบว่า เมื่อบำบัดเป็นเวลา 1 เดือน น้ำในระบบบำบัดน้ำเสียเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง น้ำใสขึ้นสามารถมองเห็นก้นบ่อได้ ตะแกรงสะอาดขึ้นและไม่มีกลิ่นเหม็น เมื่อบำบัดเป็นเวลา 3 เดือน วัดปริมาณกลิ่นก่อนและหลังการใช้อีเอ็มพบว่า โดยเฉลี่ยลดลงจาก 16 หน่วยเป็น 1.2 หน่วย และปริมาณตะกอนในเดือนที่ 3 เปรียบเทียบกับปริมาณตะกอนในเดือนเดียวกันใน 2 ปีที่ผ่านมากับปีปัจจุบัน พบว่าลดลงจาก 180 และ 210 ตันต่อเดือน เป็น 160 ตันต่อเดือน จึงสรุปได้ว่า สามารถลดปัญหาเรื่องกลิ่นและลดปริมาณตะกอนได้

กรมควบคุมมลพิษ (2545) สำหรับในประเทศไทย มีการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพที่บึงประชาสัมพันธ์ 2 หน้าอาคารกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งเป็นหนึ่งในบึงของโครงการแก้มลิงพระราชดำริในความดูแลของกรุงเทพมหานคร โดยใช้ในการรองรับน้ำเสียจากชุมชนรอบบึงก่อนระบายลงคลองเปรมประชากรเพื่อป้องกันน้ำท่วม จากการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยน้ำหมักชีวภาพขยาย 1:100 อัตราส่วนน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำเสีย 1:10,000 สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 1 เดือน สรุปได้ว่าน้ำหมักชีวภาพสามารถเร่งกระบวนการไนตริฟิเคชั่นได้ แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำยังมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นการใช้น้ำหมักชีวภาพควรใช้ร่วมกับวิธีการอื่น เนื่องจากมีข้อจำกัดคือต้องใช้เวลาในการขยายเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์และต้องมีระบบกักเก็บน้ำเสียหลังฉีดพ่นน้ำหมักชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2555) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของอีเอ็มในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้อัตราส่วนอีเอ็ม : น้ำเสีย ที่ 1:1000 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า การเติมอีเอ็มลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลให้ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ลดลง และเมื่อทำการทดลองผ่านไป 7 วันแล้ว ชุดควบคุมซึ่งเป็นการปล่อยน้ำเสียไว้ตามธรรมชาติให้มีคุณภาพน้ำดีกว่าชุดที่เติมอีเอ็ม

วุฒิชัย (2550) ทำการศึกษาผลการใช้สารสกัดชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีในงาดำพบว่า สารสกัดชีวภาพชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุยเคมีอัตราต่างกันไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของงาโดยวัดจากความสูงของต้น แต่มีผลต่อผลผลิตโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

นรากรณ์ (2551) ศึกษาปริมาณขุยรากไผ่ที่เหมาะสมสำหรับผลิตปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ พบว่าการเติมขุยรากรากไผ่ลงไปในกระบวนการหมัก มีผลทำให้ได้ปุ๋ยน้ำหมักที่มีคุณภาพดีกว่าการไม่เติมขุยรากไผ่ และสัดส่วนเติมขุยรากไผ่ที่เหมาะสมคือ 0.2 กิโลกรัม ต่อผักบุ้ง 3 กิโลกรัม และกากน้ำตาล 1 กิโลกรัม

เฉลิม (2552) การศึกษาฮอร์โมนพืชในน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้เพื่อพริกอินทรีย์ ได้ทำการวิเคราะห์น้ำหมักชีวภาพที่ผลิตจากมะพร้าว กับกากน้ำตาลและน้ำ ในอัตราส่วน 3ต่อ 1 ต่อ 1 โดยน้ำหนัก พบว่า น้ำหมักชีวภาพเป็นกรดมากขึ้นตามระยะเวลาการหมักเมื่อตรวจสอบฮอร์โมนพืชได้ค่าออกซิน จิบเบอเรลลิน และกรดแอบซิสสิก เท่ากับ 85.6, 91.9 และ 94.3 ตามลำดับจากการศึกษาพบว่า ปริมาณของฮอร์โมนพืชที่ได้ขึ้นกับชนิดของผลไม้ และระยะเวลาในการหมัก

จากงานวิจัยข้างต้น พอสรุปได้ว่า การใช้จุลินทรีย์จากหน่อกล้วยซึ่งเป็นวัสดุจากธรรมชาติมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำของโรงไฟฟ้าเพื่อใช้ในการรดน้ำต้นไม้ จุลินทรีย์ชีวภาพจะช่วยปรับสภาพน้ำให้มีความเหมาะสม ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่การบำบัดน้ำโดยตรง แต่ใช้หลักการนำเอาจุลินทรีย์ชนิดดี มีประสิทธิภาพไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้ง โดยความเข้มข้นของจุลินทรีย์ชีวภาพ มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำจากบ่อ Reclaim ผ่านการเติมจุลินทรีย์และไม่ผ่านการเติมจุลินทรีย์ โดยผู้วิจัยใช้การเปรียบเทียบ โดยนำน้ำ 3 กลุ่มคือ น้ำประปา น้ำจากบ่อรีเคลม และน้ำจากบ่อรีเคลม ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มารดต้นไม้ เพื่อศึกษาความแตกต่างของน้ำทั้ง 3 ประเภทว่าส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลกระทบของต้นกล้าดอกดาวเรืองในทางใดหรือไม่อย่างไร

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.2.1 สารละลายกรดบอริก (Boric Acid Solution) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Loba Chemie ประเทศอินเดีย

3.1.2.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี

3.1.2.3 สารละลายกรดซัลฟิวริก เกรดวิเคราะห์ บริษัท Acros Organic ประเทศเบลเยียม

3.1.2.4 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต เกรดวิเคราะห์ บริษัท Acros Organic ประเทศเบลเยียม

3.1.2.5 เมทิลออเรนจ์ (Methyl Orange) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Fisher ประเทศอังกฤษ

3.1.2.6 น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย (Distilled water)

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1.1 เครื่องอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-Visible Spectrophotometer) รุ่น UV 5300 บริษัทฮิตาชิ เอเชีย (ประเทศไทย) จำกัด

3.1.1.2 เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน (Nitrogen Kjeldahl apparatus)

3.1.1.3 เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) รุ่น UB-10 ยี่ห้อ Denver Instrument ประเทศสหรัฐอเมริกา

3.1.1.4 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter) รุ่น 223-241&223-245 ยี่ห้อ Multi-parameter analyser

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.5 เครื่องชั่งแบบละเอียด ทศนิยม 4 ตำแหน่ง รุ่น Five Easy Plus บริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์

3.1.1.6 ตู้อบ (Oven) รุ่น UN Series บริษัท Memmert ประเทศเยอรมนี

3.1.1.7 ชุดเครื่องย่อยสลาย (Digestion apparatus)

3.1.1.8 โถทำแห้ง (Desiccator)

3.1.1.9 ถังหมักจุลินทรีย์พร้อมฝาปิด ขนาด 5 ลิตร

3.1.1.10 หน่อกล้วย (ทั้งเหง้า พร้อมดินติดราก)

3.1.1.11 ต้นกล้าดอกดาวเรือง

3.1.1.12 กากน้ำตาล

3.1.1.13 กระถางต้นไม้

3.1.1.14 ดินสำหรับปลูกต้นกล้าดอกดาวเรือง

3.1.1.15 ถุงดำ

3.1.1.16 เชือก

3.1.1.17 บัวรดน้ำ

3.1.1.18 บีกเกอร์ (Beaker)

3.1.1.19 กระบอกตวง (Cylinder)

3.1.1.20 บริภัณฑ์เครื่องแก้วและอุปกรณ์พลาสติกสำหรับห้องปฏิบัติการ

3.2 การเตรียมจุลินทรีย์ชีวภาพจากหน่อกล้วย

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างจากหน่อกล้วยที่ใช้ในการศึกษา

ควรหาหน่อกล้วยที่มีขนาดใหญ่ช่วงกำลังจะออกหัวปลี ขุดเอาทั้งเหง้าพร้อมให้มีดินติดรากมาด้วย นำมาสับ บด หรือย่อยให้ละเอียดทุกส่วนทั้งหมด ทั้งใบ หยวก เหง้า และราก ให้ละเอียดโดยไม่ต้องล้างน้ำ

3.2.2 การเตรียมจุลินทรีย์ธรรมชาติ

3.2.2.1 เตรียมถังใส่จุลินทรีย์แล้วนำหน่อกล้วยที่เตรียมมาคลุกเคล้ากับกากน้ำตาล ในอัตราส่วนหน่อกล้วย : กากน้ำตาล เท่ากับ 3 : 1 โดยน้ำหนัก เช่น หน่อกล้วย 3 กิโลกรัมต่อกากน้ำตาล 1 กิโลกรัม เป็นต้น (รูปที่ 3.1ก.)

3.2.2.2 หมักจุลินทรีย์ในถังพลาสติดที่มีฝาปิด ปิดฝาให้สนิทและหมักไว้ไม่ให้อากาศเข้าและเก็บไว้ในที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก

3.2.2.3 เปิดฝาคนทุกเช้า - เย็น จนครบ 7 วันและสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 หลังจากครบ 7 วัน สามารถคั้นน้ำไปใช้งานได้ (รูปที่ 3.1ข.)

รูปที่ 3.1ก. ถังใส่หน่อกล้วยผสมกากน้ำตาล

รูปที่ 3.1ข. การเตรียมจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษา คือ น้ำที่จ้วงเก็บมาจากบ่อ Reclaim ซึ่งรับน้ำทิ้งที่ระบายจากหอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 3.1 สำหรับสมบัติของน้ำที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ทันที จะทำการเก็บตัวอย่างน้ำพร้อมทำการรักษาสภาพน้ำด้วยวิธีการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 การจ้วงเก็บน้ำตัวอย่างโดยเก็บจากบ่อ Reclaim ทั้ง 2 บ่อมาผสมกัน และเก็บใส่ขวดโพลีเอทิลีน ขนาด 1 ลิตร จำนวน 3 ขวด (น้ำจากบ่อ Reclaim 2 ขวด และน้ำจากบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยในอัตราส่วน 100 : 1 1 ขวด)

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์และวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

สมบัติที่วิเคราะห์	การรักษาตัวอย่างน้ำ	ระยะเวลายอมให้เก็บรักษา	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์	ความถี่ในการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH	วิเคราะห์ทันที	-	เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)	ทุกวัน
ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)	วิเคราะห์ทันที	-	เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity meter)	ทุกวัน
ค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)	เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นให้ pH ของน้ำตัวอย่างน้อยกว่า 2 และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	28 วัน	Kjeldahl method, APHA, AWWA, 1995	ทุกสัปดาห์
ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP)	เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นให้ pH ของน้ำตัวอย่างน้อยกว่า 2 และแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	28 วัน	UV-Visible Spectriphotometer (Vanado Method)	ทุกสัปดาห์

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้งสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การเปรียบเทียบชนิดของน้ำที่ใช้รดต้นกล้าดาวเรืองตลอดการทดลอง

ทำการเปรียบเทียบน้ำที่ใช้รดต้นกล้าดาวเรืองโดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (กลุ่มละ 5 ต้น) คือ น้ำประปา น้ำจากบ่อ Reclaim และน้ำจากบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย โดยแบ่งเป็นกลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ใช้น้ำประปาในการรดน้ำตลอดการทดลอง

กลุ่มที่ 2 ใช้น้ำจากบ่อ Reclaim ในการรดน้ำตลอดการทดลอง

กลุ่มที่ 3 ใช้น้ำจากบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน

และทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในจุดการรับแสงที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาจุดรับแสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองโดยแบ่งจุดศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง (ชุดการทดลองละ 3 ต้น) คือ

ชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด

ชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้า

ชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวัน

ชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่าย

ชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน

ทำการติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง โดยติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในวันที่ 0 และวันที่ 28 ด้วยการวัดความยาวราก ความสูงลำต้น และจำนวนใบ

3.5 ระยะเวลาที่ใช้จุลินทรีย์ในการรดน้ำต้นไม้

ความถี่ของการรดน้ำต้นกล้าดาวเรืองโดยใช้จุลินทรีย์ชีวภาพ ที่ทำการเจือจาง 100 เท่า โดยทำการรดด้วยน้ำจากบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยทุกๆ 7 วัน (ระยะเวลาทดลอง คือ 7, 14 และ 21 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

สหกิจศึกษาฉบับนี้ทำการศึกษาการปรับสภาพน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น ด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการรดน้ำต้นไม้ภายในโรงไฟฟ้า พร้อมทั้งศึกษาระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ที่เหมาะสมในการปรับสภาพน้ำทิ้ง ได้ผลการศึกษาดั้งนี้

4.1 สมบัติของน้ำตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษาเป็นน้ำที่จ้วงเก็บมาจากบ่อรีเคลม 2 บ่อ ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราช โคเจนเนอเรชั่น จังหวัดปทุมธานี แล้วนำน้ำมาผสมกัน ลักษณะทางกายภาพของบ่อแสดงดังรูปที่ 4.1 โดยน้ำจากบ่อดังกล่าวเป็นน้ำที่ระบายมาจากหอหล่อเย็นและนำมากักพักไว้ ก่อนปล่อยออกภายนอกโรงไฟฟ้า

รูปที่ 4.1 ลักษณะของบ่อ Reclaim

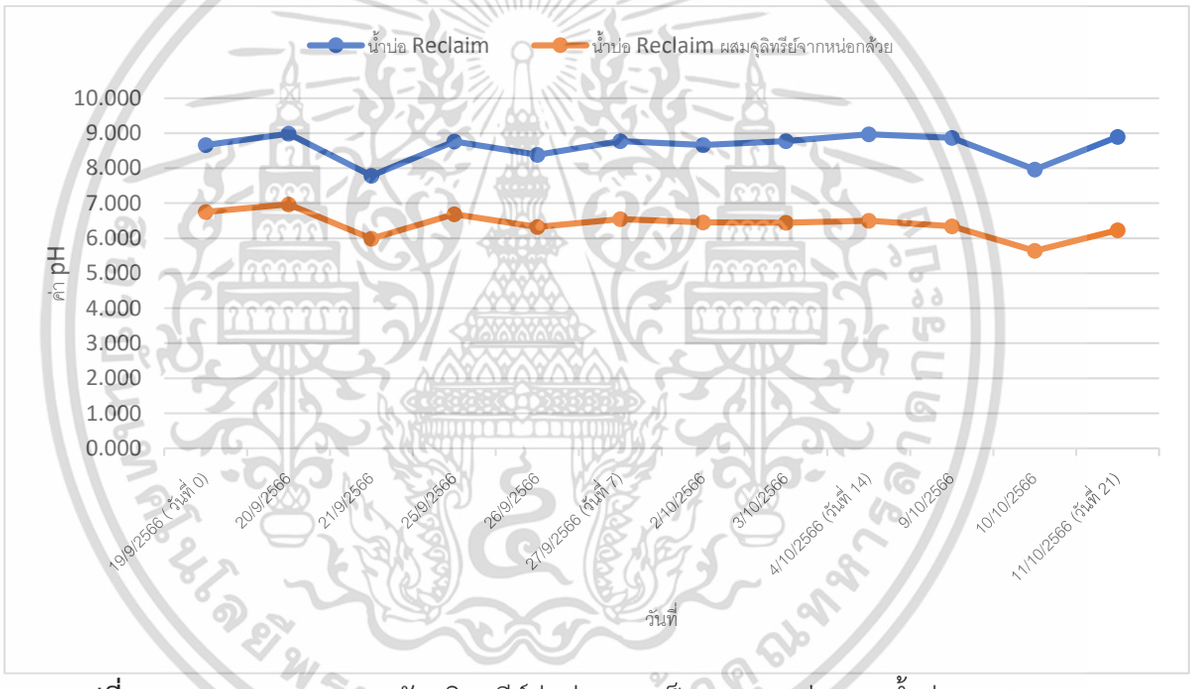
4.2 คุณภาพของน้ำที่ผ่านการปรับสภาพ และประสิทธิภาพในการปรับสภาพน้ำของจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

4.2.1 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)

ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยพบว่า ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim ค่อนข้างมีความคงที่ โดยมีค่าความเป็นกรดและด่างเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.787-8.987 และเมื่อทำการเติมน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยลงไปพบว่า น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim ได้ทันที และมีแนวโน้มที่จะลดค่าความเป็นกรดและด่างได้มากขึ้นเมื่อทำการหมักด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น โดยในวันที่ 0 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างเฉลี่ยลงจาก 8.660 เหลือ 6.750 คิดเป็นการลดลง 22% ในวันที่ 7 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างเฉลี่ยลงจาก 8.777 เหลือ 6.550 คิดเป็นการลดลง

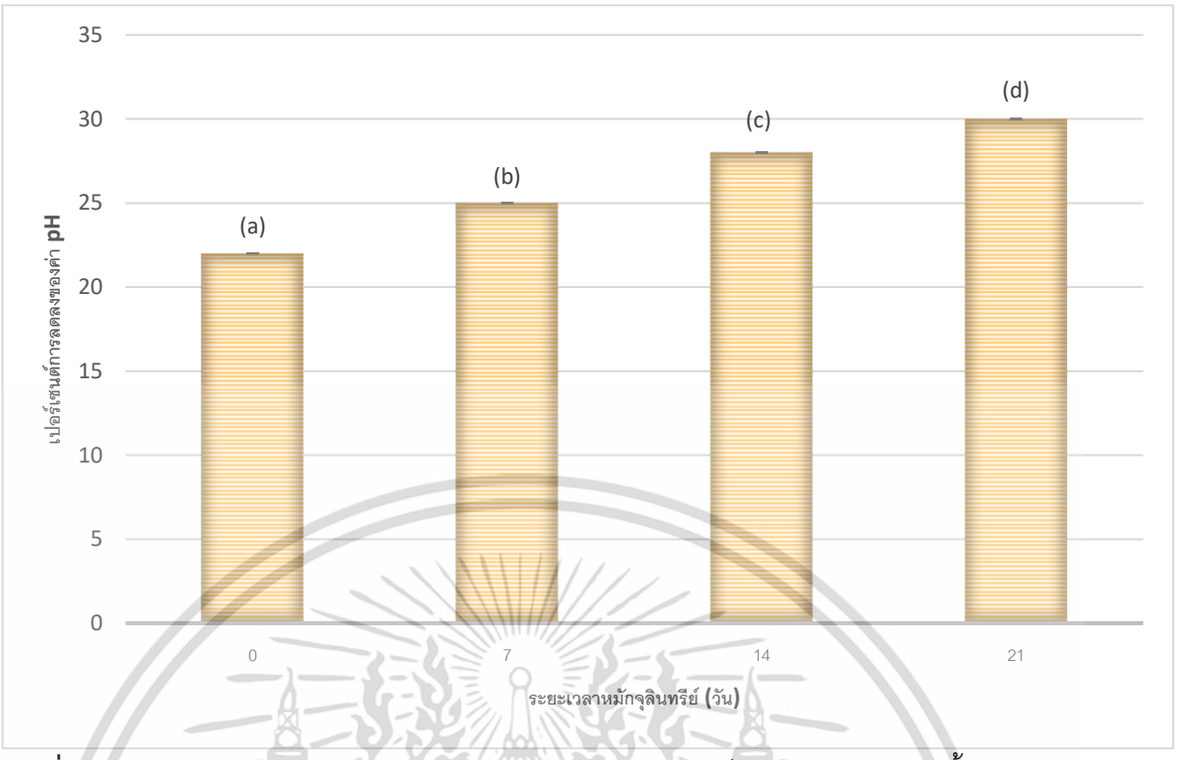
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25% ในวันที่ 14 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างเฉลี่ยลงจาก 8.973 เหลือ 6.503 คิดเป็นการลดลง 28% ในวันที่ 21 ของการหมักน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างเฉลี่ยลงจาก 8.897 เหลือ 6.230 คิดเป็นการลดลง 30% (รูปที่ 4.2) ทั้งนี้ค่าความเป็นกรดและด่างที่ลดลงอาจเป็นผลมาจากกระบวนการอะซิโดเจเนซิส โดยสารประกอบอินทรีย์อย่างง่ายที่ละลายน้ำถูกจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน โดยผลของปฏิกิริยาจะได้เป็นกรดโวลาไทล์ที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 ตัว เช่น กรดอะซิติก กรดโพรไพโอนิค กรดบิวไทริค ส่งผลให้น้ำจุลินทรีย์มีความเป็นกรดที่มากขึ้น โดยจากค่าทางสถิติระหว่างเปอร์เซ็นต์การลดลงของค่าความเป็นกรดและด่างกับระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์พบว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักมากขึ้นน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยมีแนวโน้มที่จะลดค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim ได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.3) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย (ศิริรัตน์, 2554)



รูปที่ 4.2 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

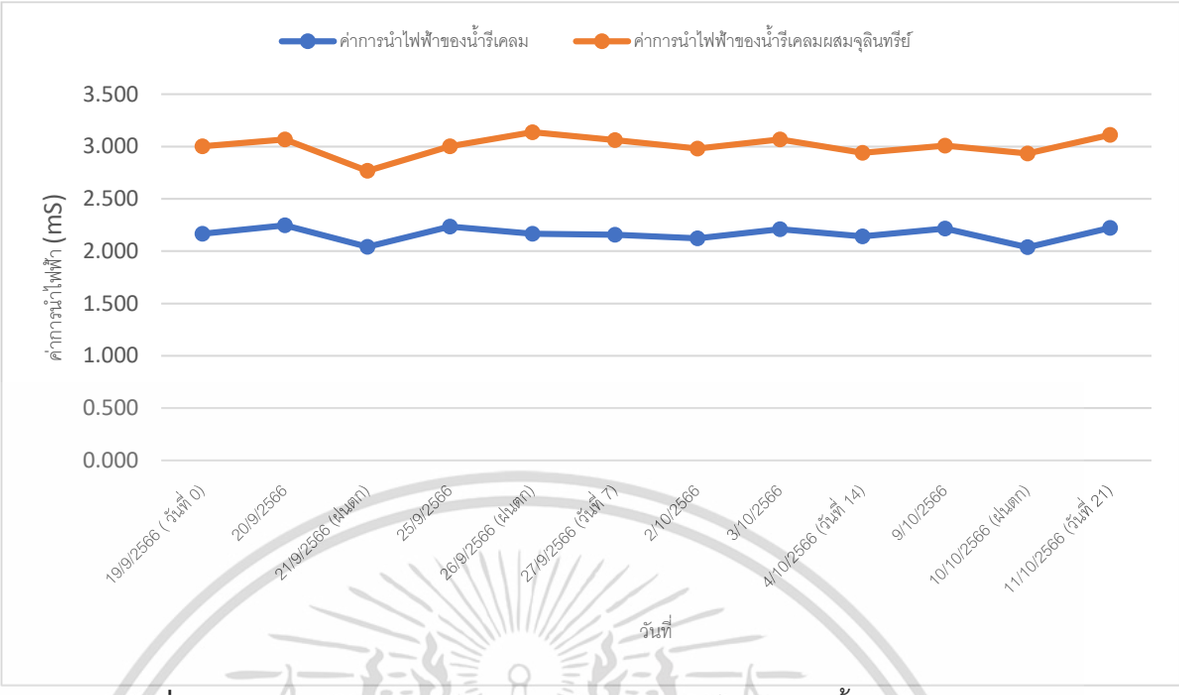


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim

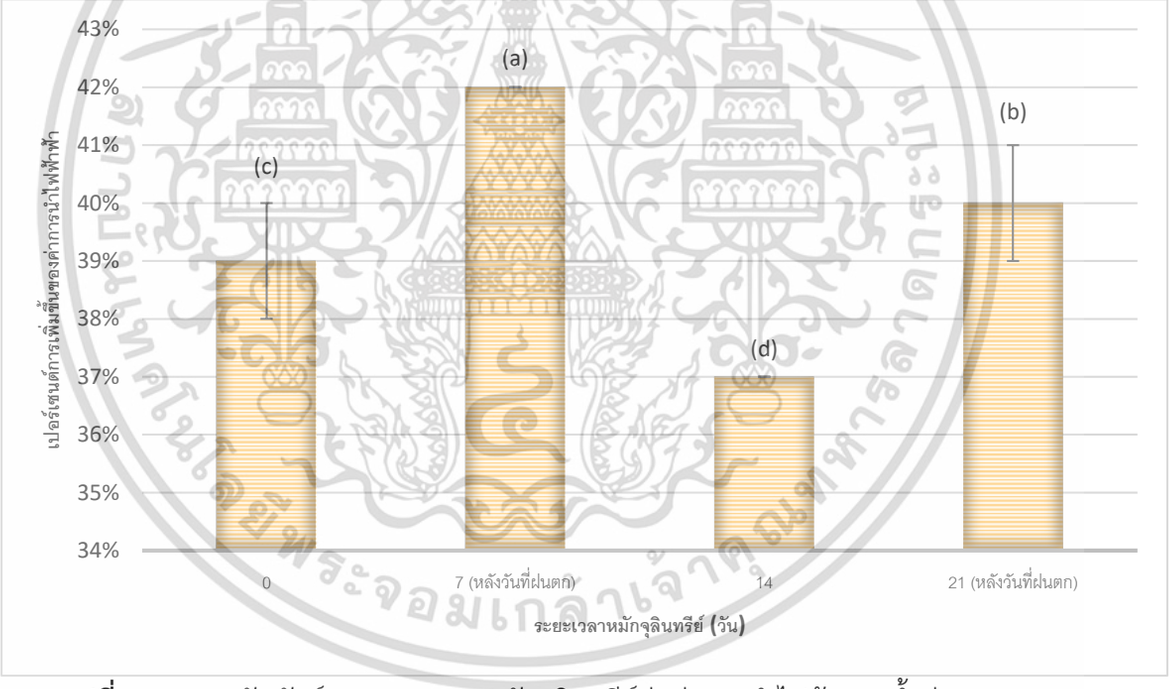
4.2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

ผลการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย พบว่าค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim ค่อนข้างมีความคงที่ โดยมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.040-2.247 mS และเมื่อทำการเติมน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยลงไปพบว่า น้ำบ่อ Reclaim มีค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่ค่าการนำไฟฟ้าจะลดลงเมื่อหมักจุลินทรีย์ด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น แต่ในวันที่ฝนตกค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim ที่ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยจะเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.5) โดยในวันที่ 0 ของการหมักค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.167 mS เป็น 3.003 mS คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 39% ในวันที่ 7 ของการหมักเป็นวันหลังจากที่ฝนตก ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยจึงเพิ่มขึ้นสูงจาก 2.157 mS เป็น 3.060 mS คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 42% ในวันที่ 14 ของการหมักค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก 2.140 mS เป็น 2.940 mS คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 37% และในวันที่ 21 ของการหมักเป็นวันหลังจากที่ฝนตก ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยจึงเพิ่มขึ้นสูงจาก 2.223 mS เป็น 3.110 mS คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 40% (รูปที่ 4.4) ทั้งนี้การที่ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหลังจากเติมน้ำจุลินทรีย์อาจเป็นผลมาจากการที่น้ำจุลินทรีย์ไปเพิ่มธาตุที่มีประจุ เช่น ไนเตรตไอออน (NO_3^-) แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และฟอสฟอรัส ทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าเพิ่มมากขึ้นหลังจากเติมน้ำจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim



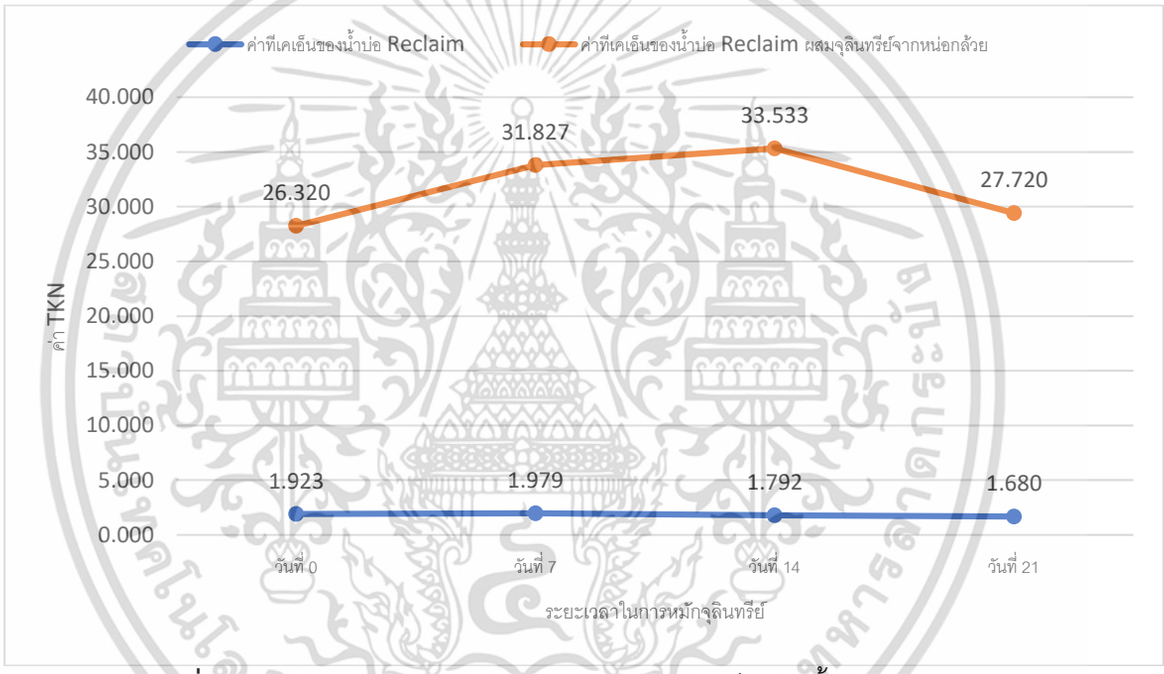
รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim

4.2.3 ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

ผลการตรวจวัดค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยพบว่า ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim ค่อนข้างมีความคงที่ โดยมีค่าทีเคเอ็นอยู่ในช่วง 1.680-1.979 mg/L และเมื่อทำการเติมน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยลงไปพบว่า น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim ได้ทันที และค่าทีเคเอ็นจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเมื่อทำการหมักในระยะเวลา 14 วัน โดยในวันที่ 0 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นจาก 1.923 mg/L เป็น 26.320 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1269% ในวันที่ 7 ของการหมัก น้ำ

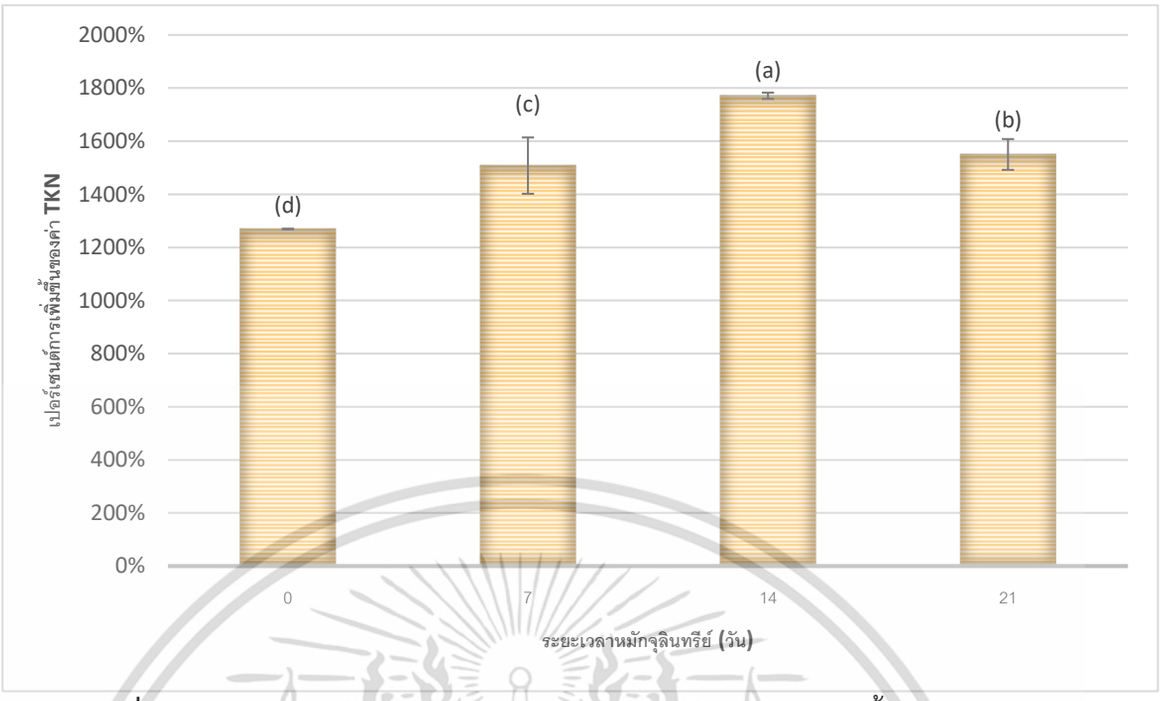
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นจาก 1.979 mg/L เป็น 31.827 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1508% ในวันที่ 14 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นจาก 1.792 mg/L เป็น 33.533 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1771% และในวันที่ 21 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นจาก 1.680 mg/L เป็น 27.720 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 1550% (รูปที่ 4.6) ทั้งนี้ค่าการที่ทีเคเอ็นเพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็น ไนไตรท์ และ ไนเตรท ส่งผลให้น้ำจุลินทรีย์มีค่าทีเคเอ็นมากขึ้นเมื่อทำการหมักด้วยระยะเวลาที่นานขึ้น โดยจากค่าทางสถิติระหว่างเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าทีเคเอ็นและระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ พบว่าระยะเวลาการหมักที่ 14 วัน น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าทีเคเอ็นได้มากกว่าระยะเวลาการหมักที่ 0 7 และ 21 วัน อย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.7)



รูปที่ 4.6 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

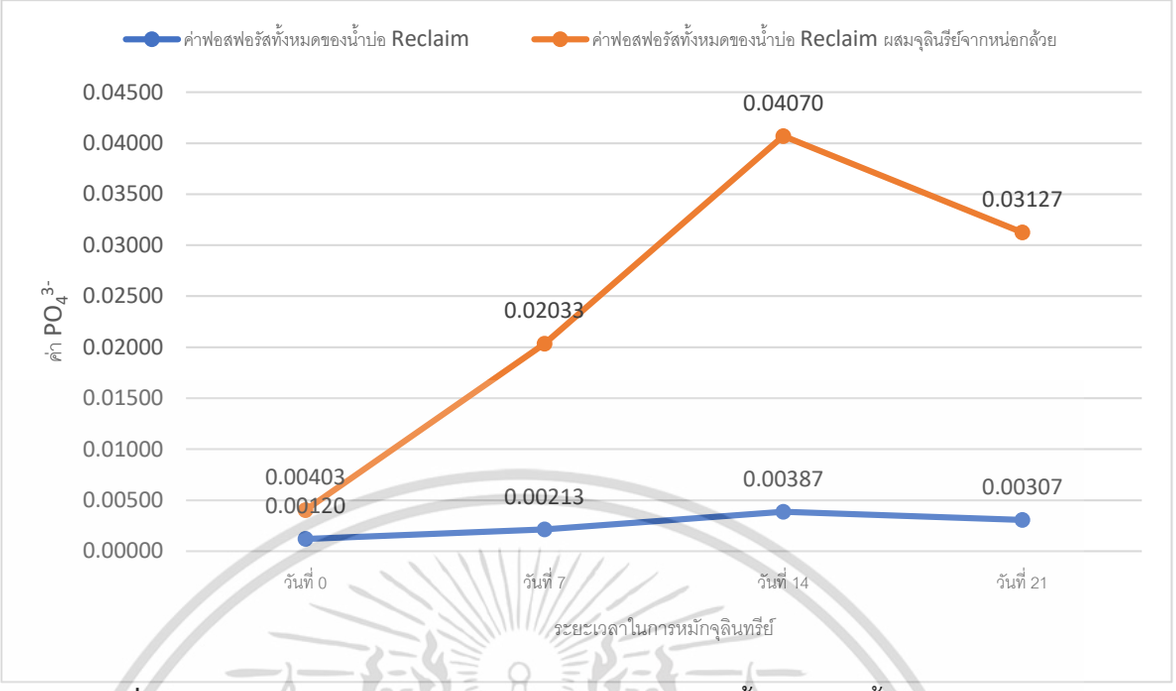


รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim

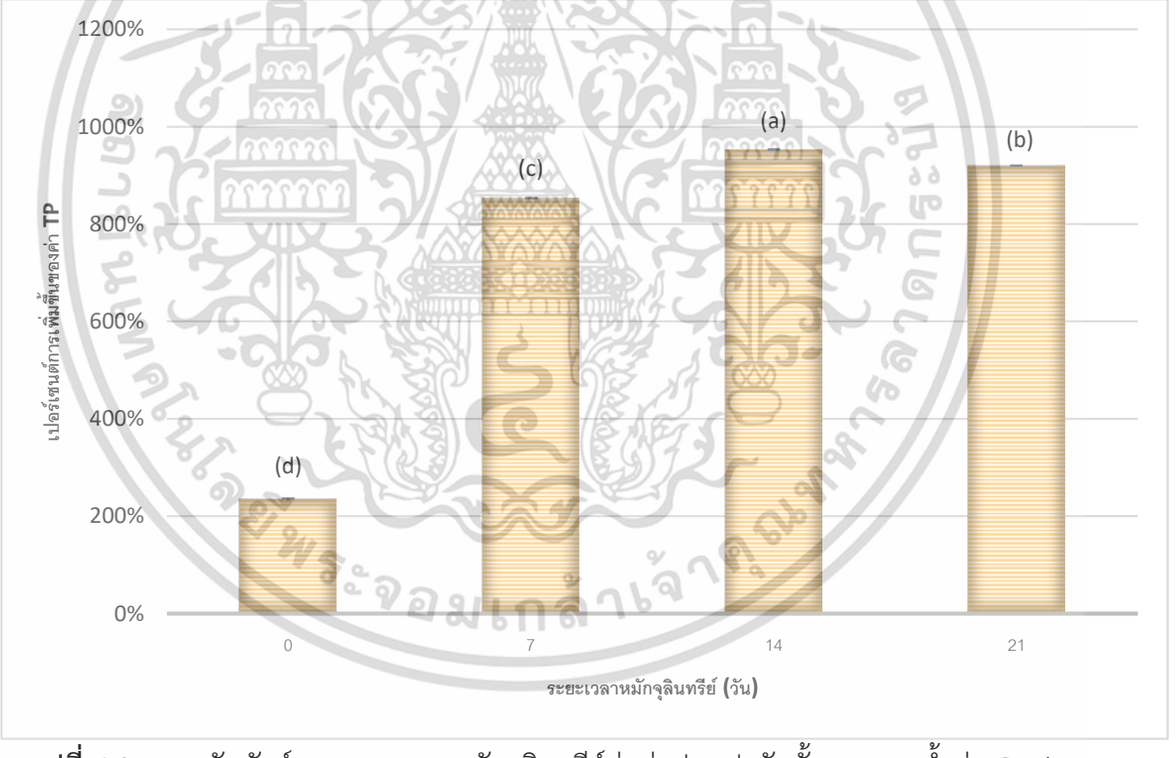
4.2.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP)

ผลการตรวจวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim และน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยพบว่า ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim ค่อนข้างมีความคงที่ โดยมีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.00120-0.00387 mg/L และเมื่อทำการเติมน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยลงไปพบว่า น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim ได้ทันที และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจะเพิ่มสูงสุดเมื่อทำการหมักในระยะเวลา 14 วัน โดยในวันที่ 0 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจาก 0.00120 mg/L เป็น 0.00403 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 236% ในวันที่ 7 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจาก 0.00213 mg/L เป็น 0.02033 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 853% ในวันที่ 14 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจาก 0.00387 mg/L เป็น 0.04070 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 953% และในวันที่ 21 ของการหมัก น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดจาก 0.00307 mg/L เป็น 0.03127 mg/L คิดเป็นการเพิ่มขึ้น 920% (รูปที่ 4.8) ทั้งนี้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลมาจากการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตที่มีอยู่ในหน่อกล้วยและกากน้ำตาลให้เป็นฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ (Bitton, 1994) ทำให้ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นเมื่อหมักด้วยระยะเวลาที่เหมาะสม โดยจากค่าทางสถิติระหว่างเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดและระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์พบว่าระยะเวลาการหมักที่ 14 วัน น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถเพิ่มค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดได้มากกว่าระยะเวลาการหมักที่ 0 7 และ 21 วันอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 4.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง

สหกิจศึกษาฉบับนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในชชนิดของน้ำที่แตกต่างกัน โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบน้ำที่ใช้รดต้นกล้าดาวเรืองโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ต้น ดังนี้

ชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด

ชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย

ชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวัน

ชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า

ชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน

และแบ่งจุดศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ต้น คือ

กลุ่มที่ 1 ใช้น้ำประปาในการรดตลอดการทดลอง

กลุ่มที่ 2 ใช้น้ำบ่อ Reclaim รดตลอดการทดลอง

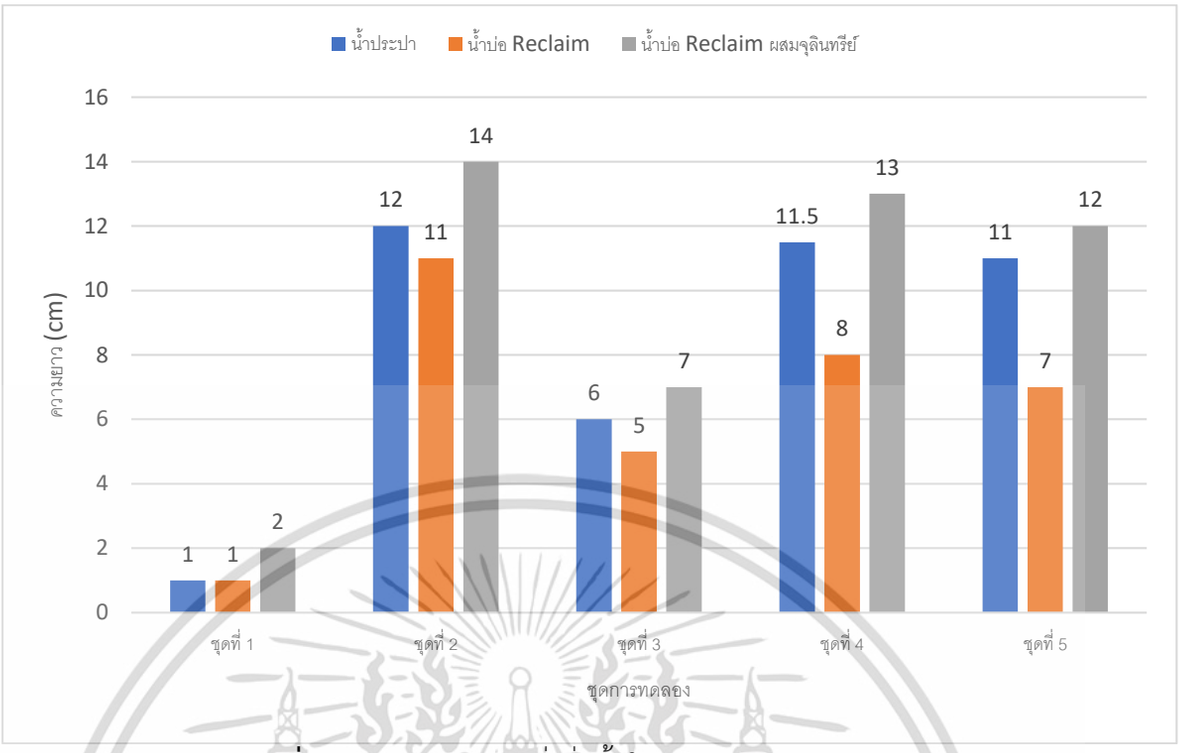
กลุ่มที่ 3 ใช้น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน

ทำการติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง โดยติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในวันที่ 0 และวันที่ 28 ด้วยการวัดความยาวราก ความสูงลำต้น และจำนวนใบ โดยได้ผลการศึกษาดังนี้

4.3.1 ความยาวราก

ผลการติดตามการเจริญเติบโตของรากต้นกล้าดาวเรือง พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองที่ใช้น้ำบ่อ Reclaim ที่ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน มีการเจริญเติบโตของรากมากที่สุดในทุกๆจุดรับแสงที่แตกต่างกัน โดยในชุดที่ 1 มีความยาวรากเพิ่มขึ้น 2 เซนติเมตร, ในชุดที่ 2 มีความยาวรากเพิ่มขึ้น 14 เซนติเมตร, ในชุดที่ 3 มีความยาวรากเพิ่มขึ้น 7 เซนติเมตร, ในชุดที่ 4 มีความยาวรากเพิ่มขึ้น 13 เซนติเมตร และในชุดที่ 5 มีความยาวรากเพิ่มขึ้น 12 เซนติเมตร (รูปที่ 4.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

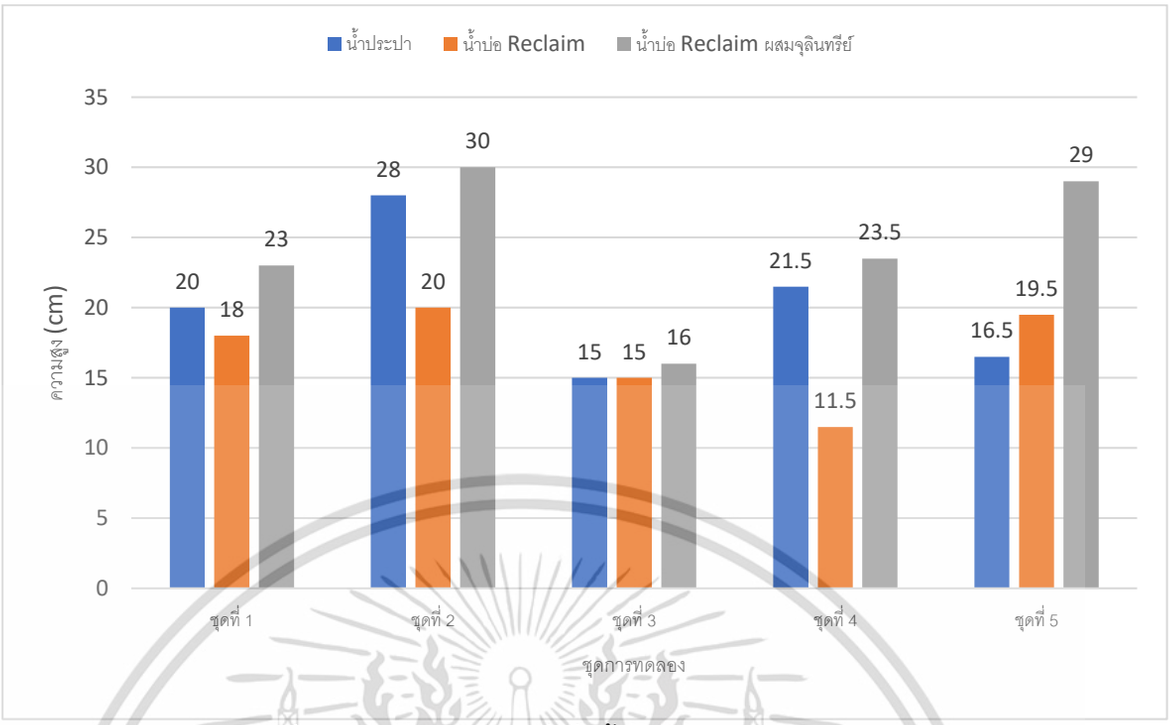


รูปที่ 4.10 ความยาวรากที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง
(ชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย, ชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวัน ชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน)

4.3.2 ความสูงลำต้น

ผลการติดตามการเจริญเติบโตของลำต้นของต้นกล้าดาวเรือง พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองที่ใช้น้ำบ่อ Reclaim ที่ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน มีการเจริญเติบโตของลำต้นมากที่สุดในทุกๆจุดรับแสงที่แตกต่างกัน โดยในชุดที่ 1 มีความสูงลำต้นเพิ่มขึ้น 23 เซนติเมตร, ในชุดที่ 2 มีความสูงลำต้นเพิ่มขึ้น 30 เซนติเมตร, ในชุดที่ 3 มีความสูงลำต้นเพิ่มขึ้น 16 เซนติเมตร, ในชุดที่ 4 มีความสูงลำต้นเพิ่มขึ้น 23.5 เซนติเมตร และในชุดที่ 5 มีความสูงลำต้นเพิ่มขึ้น 29 เซนติเมตร (รูปที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

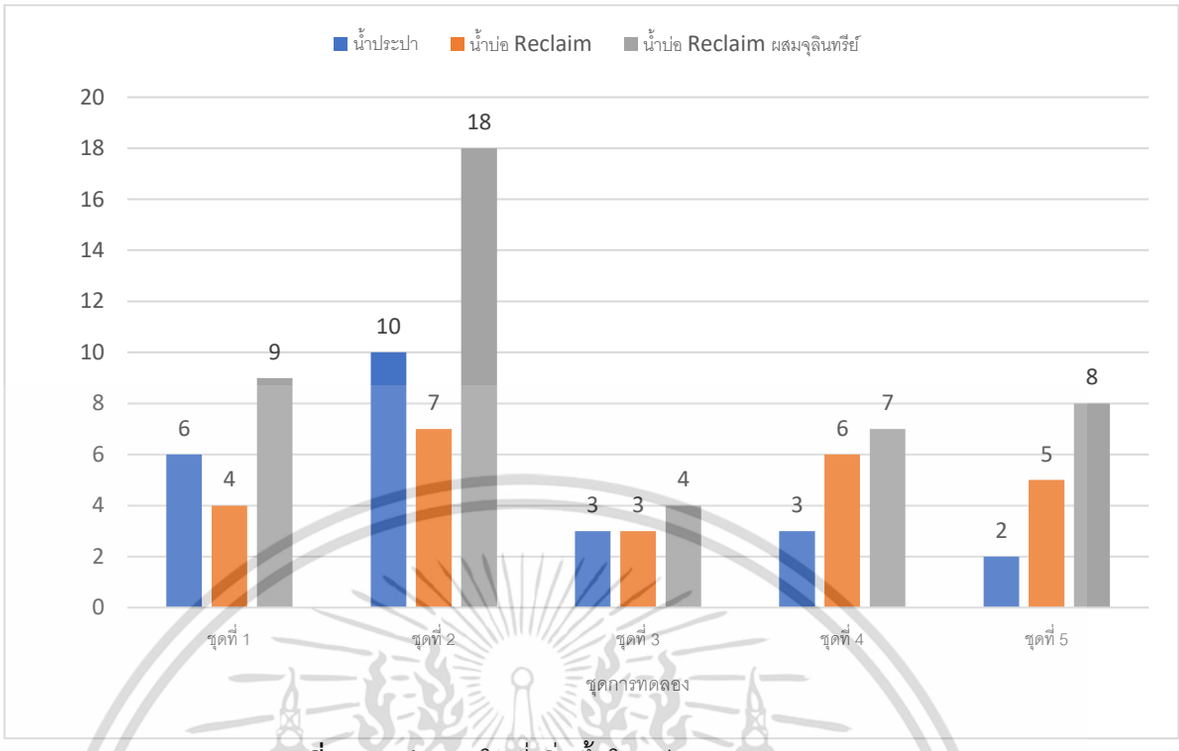


รูปที่ 4.11 ความสูงลำต้นที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง
(ชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวัน ชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน)

4.3.3 จำนวนใบ

ผลการติดตามจำนวนใบที่เพิ่มขึ้นของต้นกล้าดาวเรือง พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองที่ใช้น้ำบ่อ Reclaim ที่ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นมากที่สุดในทุกๆจุดรับแสงที่แตกต่างกัน โดยในชุดที่ 1 มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 9 ใบ, ในชุดที่ 2 มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 18 ใบ, ในชุดที่ 3 มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 4 ใบ, ในชุดที่ 4 มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 7 ใบ และในชุดที่ 5 มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น 8 ใบ (รูปที่ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 จำนวนใบที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชุดการทดลอง
(ชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวัน ชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการปรับสภาพน้ำทิ้งจากระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม ราชโคเจนเนอเรชั่น ด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการรดน้ำต้นไม้ภายในโรงไฟฟ้า เพื่อลดค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) และเพิ่มค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) และ ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP) โดยศึกษาระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยที่ 0 7 14 และ 21 วัน ทำการทดลองโดยใช้ต้นกล้าดาวเรือง 15 ต้น โดยแบ่งต้นกล้าดาวเรืองออกเป็น 5 ชุดการทดลองนำไปวางในจุดการรับแสงที่แตกต่างกัน และในแต่ละชุดการจะลองจะมีการแบ่งต้นกล้าดาวเรืองเป็น 3 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะได้รับการรดด้วยน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยที่เหมาะสมที่สุด พบว่า น้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถลดค่าความเป็นกรดและด่าง และเพิ่มค่าไนโตรเจนทั้งหมด และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด ได้เหมาะสมที่สุดเมื่อทำการหมักในช่วง 14 วัน โดยค่าความเป็นกรดและด่างลดลงจาก 8.973 เหลือ 6.503 หรือลดได้ประมาณ 28% ค่าไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 1.792 mg/L เป็น 33.533 mg/L หรือเพิ่มได้ประมาณ 1771% และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นจาก 0.00387 mg/L เป็น 0.04070 mg/L หรือเพิ่มได้ประมาณ 953%

จากการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในจุดรับแสงที่แตกต่างกัน พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 2 หรือชุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย มีการเพิ่มขึ้นของความยาวราก ความสูงของลำต้น และจำนวนใบมากที่สุด

จากการศึกษาเปรียบเทียบชนิดของน้ำที่ใช้รดต้นกล้าดาวเรืองตลอดการทดลอง พบว่า ต้นกล้าดาวเรืองกลุ่มที่ 3 หรือกลุ่มที่ใช้น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยรดทุกๆ 7 วัน มีการเพิ่มขึ้นของความยาวราก ความสูงของลำต้น และจำนวนใบมากที่สุด

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำมาปรับสภาพน้ำทิ้งจะระบบหล่อเย็นของโรงไฟฟ้า คือ 14 วัน และน้ำจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยสามารถช่วยปรับสภาพน้ำทิ้งจากห่อหล่อเย็นและยังสามารถช่วยเพิ่มธาตุอาหารในน้ำให้เพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1.ควรมีการศึกษาจุลินทรีย์ที่ทำจากวัสดุชนิดอื่นๆเพิ่มเติม เช่น เปลือกไข่ เปลือกผลไม้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ควรมีการศึกษาในหลายๆสภาพอากาศเพื่อดูการเจริญเติบโตของต้นไม้ เนื่องจากผู้ทดลองทำการทดลองแค่ในช่วงฤดูฝน

3.ควรมีการเพิ่มจำนวนต้นไม้ที่ใช้ในการทดลองให้มากขึ้น

4.ควรมีการทดลองหมักจุลินทรีย์มากกว่าหนึ่งครั้งเพื่อให้น้ำจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพที่คงที่

5.ควรทดลองหาอัตราส่วนในการผสมน้ำจุลินทรีย์กับน้ำบ่อ Reclaim ในหลายๆอัตราส่วน

6.ควรทดลองนำไปรดในสนามหญ้าและไม้พุ่มเตี้ยภายในโรงไฟฟ้าในพื้นที่กว้างขึ้นและสังเกตติดตามผล

7.เนื่องด้วยข้อจำกัดของน้ำเมื่อผสมกับจุลินทรีย์แล้วควรนำไปใช้ทันที โรงไฟฟ้าต้องออกแบบระบบทางวิศวกรรมให้มีการผสมน้ำเพื่อให้สะดวกกับการรดน้ำในพื้นที่ขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

พิสิฐ ศรีสุริยจันทร์. (2540). “การบำบัดน้ำเสียโรงนมโดยใช้แบคทีเรียแลคติค” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2539 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน. ค้นเมื่อ 3 กุมภาพันธ์ 2552, จาก http://www.diw.go.th

วิบูลย์ลักษณ์ พึ่งรัศมี. (2550). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของจุลินทรีย์สำเร็จรูปและจุลินทรีย์จากโรงบำบัด. รายงานวิจัยเสนอจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กองเกษตรเคมี. (2545). “ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ” กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. (2546). ผลของน้ำสกัดชีวภาพที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตคะน้าในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ปทุมธานี: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ชมรมเกษตรธรรมชาติแห่งประเทศไทย. (2542). เกษตรธรรมชาติด้วยเทคนิดจุสินทรีย์. กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

ชลธิชา วิเชียร. (2546). ผลของสารละลายธาตุอาหารร่วมกับน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองฝรั่งเศสในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ปทุมธานี: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ดนัย บุณยเกียรติ. (2554). สรีรวิทยาของพืช Plant Physiology. สืบค้นเมื่อ 18 เมษายน 2554. จาก http://web.agri.cmu.ac.th/hort/course/359311/PPHY 10_hormone.htm

ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. (2545). ถั่วเขียว (เอกสารประกอบการสอน). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บุญยง ใยแสง. (2543). เทคโนโลยีปุ๋ยชีวภาพกับการจัดการดินและปุ๋ยในพืชสวน. ในเอกสารประกอบการสัมมนา จันทบุรี.

บุญรอด ชาติยานนท์. (2544). ผลของสารสกัดจากใบประยงค์ต่อการยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (พืชสวน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เพิ่มพูน ศักดิ์เกษม. (2531), ถั่วเขียว. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร.

ภาวณา ลิกขนานนท์. (2542).น้ำสกัดชีวภาพ - ปุ๋ยชีวภาพ คืออะไรและได้ผลคุ้มค่าเพียงใด. วารสารเคหการเกษตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มนฑนา รุจิระศักดิ์; พรศิลป์ สีเผือก; และ พิทยา เกิดนุ่น. (2553). การใช้น้ำหมักรกหมูในการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว. รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7 พิษณุโลก: หน้า 118 - 124.

เยาวพา จิระเกียรติกุล. (2547), ผลของน้ำสกัดชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

รุศมา มฤบดี; และคณะ. (2551). ผลของการใช้น้ำสกัดชีวภาพร่วมกับเชื้อรา Trichoderma harzianum สายพันธุ์ C- - Pin- 01 ชนิดสดที่มีต่อการเจริญเติบโตของผักโขมพันธุ์ผัก (Anaranthus tricolor). วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 39(3)(พิเศษ): 363 - 366.

วิชัย สุทธิธรรม; และคณะ. (2547), ผลของน้ำ3กัดชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วฝักสดในระบบการปลูกพืชแบบไร้ดิน. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

วิทยวัฒน์ กุญชร ณ อยุธยา. (2544). เทคโนโลยีภูมิปัญญาท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วีณารัตน์ มูลรัตน์ และคณะ. (2548).ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้งฮ่องเต้. รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 : สาขาพืช. กรุงเทพฯ

สภาจรี นิยะมานนท์; และคณะ. (2545). รายงนการวิจัยเรื่องการใช้ปุ๋ยจากลาห่ายทะเลเพื่อเพิ่มผลผลิตกะหล่ำดอกในเขตอำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. สงขลา:ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ: และคณะ. (2552). ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการต่อโตของพืชวงศ์ถั่ว. รายงานการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35 วันที่ 15-17 ตุลาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี

สำรวล ดอกไม้หอม. (2543). "ใช้ปุยน้ำหมักหอยเชอรี่รักษาโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน" หนังสือพิมพ์เดลินิวส์.คอลัมน์เกษตร, ฉบับเดือนมิถุนายน 2543.

สุริยา สาสนรักกิจ. (2542). ปุ๋ยน้ำชีวภาพ. ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

เสน่ห์ นันธิสิงห์. (2551). การศึกษากระบนการย่อยสลายของฟางข้าวโดยใช้จุลลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในการหมัก. สารนิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตรศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อมรา ทับทิม. (2547). ผลการใช้น้ำสกัดชีวภาพกับการผลิตมะระ. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. เพชรบุรี: คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อรรถ บุญนิธี. (2544).เอกสารประกอบคำอภิปรายในการสัมมนาเรื่อง การผลิตและการใช้น้ำสกัดชีวภาพ. วันที่ 22-23 พฤษภาคม ณ โรงแรม เค พี แกรนด์ จังหวัดจันทบุรี. จัดโดย โครงการพัฒนาการเกษตรยั่งยืน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

อารักษ์ ธีรอำพน. (2544).เอกสารวิชาการเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. โชคเจริญมาร์เก็ตติ้งจำกัด, นครราชสีมา.

APHA, A., & WEF. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater (21 ed.). Washington.

Carta-Escobar, F., J. Pereda-Marín, P. Álvarez-Mateos, F. Romero-Guzmán, M.M. Durán-Barrantes and F. Barriga-Mateos, 2004. Aerobic purification of dairy wastewater in continuous regime: Part i: Analysis of the biodegradation process in two reactor configurations. Biochemical Engineering Journal, 21(2): 183-191. Available from http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369703X04001822. DOI http://dx.doi.org/10.1016/j.bej.2004.06.007

Chantsavang, S. (2004). In Situ and Laboratory Scale Dairy Plant Wastewater Treatment by Using Effective Microorganisms. Retrieved from http://emrojapan.com/emdb/content/55.html

Gerardi, M. H. (2006). Wastewater Microorganisms Wastewater Bacteria (pp. 3 - 10): John Wiley & Sons, Inc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การเตรียมสารเคมีและวิธีการวิเคราะห์

ก.1 ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

การวิเคราะห์หาทีเคเอ็นทำได้โดยวิธีเคเจลดาห์ล (Kjeldahl Method) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

ควรเก็บตัวอย่างน้ำในขวดแก้วหรือขวดโพลีเอทิลีนในกรณีที่ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทันที ให้เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น 2 mL ต่อตัวอย่างน้ำ 1 L โดยให้ พีเอชน้อยกว่า 2 แล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 °C โดยสามารถเก็บไว้ได้นานไม่เกิน 28 วัน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.ชุดเครื่องย่อยสลาย (Digestion apparatus) ประกอบไปด้วยขวดเจดาห์ล ขนาด 800 mL และเตาให้ความร้อน (heating mental) ที่ให้ความร้อน 300-400 °C (การย่อยสลายต้องทำในตู้ดูดควันที่มีอุปกรณ์ดักจับไอกรดที่เกิดจากการย่อยสลาย)

2.ชุดเครื่องกลั่นหาแอมโมเนีย

3.ขวดเจดาห์ล (Kjeldahl flask) ขนาด 800-1000 mL

4.กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 25, 50, 100, 500 mL

5.ปิเปต (Transfer Pipette) ขนาด 5, 10 mL

6.ปิเปต (Volumetric Pipette) ขนาด 10, 25, 50 mL

7.ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL

8.ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL

9.บิวเรต ขนาด 50 mL

10.บีกเกอร์ ขนาด 25, 50 mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสารเคมี

1.น้ำกลั่นที่ปราศจากแอมโมเนีย (Ammonia)

2.สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution) เตรียมโดย ละลายเมธิลเรด 200 mg ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% หรือในไอโซไพรพิลแอลกอฮอล์ 100 mL และละลายเมธิลีนบูล 100 mg ในเอธิลแอลกอฮอล์ 95% หรือในไอโซไพรพิลแอลกอฮอล์ 50 mL นำสารทั้งสองชนิดมาผสมกัน สารละลายนี้ไม่ควรเก็บเกิน 1 เดือน

3.สารละลายกรดบอริก (boric acid solution) เตรียมโดย ละลายบอริก (H_3BO_3) 20 g ในน้ำกลั่น เจือจางให้เป็น 1 L

4.สารละลายย่อยสลาย (Digestion Reagent) เตรียมโดย ชั่งสารโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 134 g และสารคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 7.3 g นำมาผสมกัน และเติมน้ำกลั่น 800 mL คนให้ทั่วจนสารละลายหมด จากนั้นค่อยๆเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 134 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1L สารละลายนี้ควรเก็บที่อุณหภูมิ 20 °C เพื่อป้องกันการตกผลึก

5.สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) - โซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เตรียมโดย ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 500 g และโซเดียมไทโอซัลเฟต 25 g ในน้ำและเจือจางเป็น 1 L

6.สารละลายกลูตามิก (Glutamic acid) เข้มข้น 1,000 mg/L หรือเท่ากับ 95.14 mgN/L อบสาร เตรียมโดย อบสารกรดกลูตามิก ที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถอบแห้ง (Desiccators) ชั่งสารมา 1.050 g ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 L เติมกรดซัลฟิวริก 2 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียให้ได้ 1 L สารละลายนี้เก็บในตู้เย็นได้นาน 3 สัปดาห์

7.สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 N เตรียมโดย นำกรดซัลฟิวริกเข้มข้น มา 28 mL เจือจากให้ได้ 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น

8.สารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 N ก่อนใช้ทุกครั้งควรไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต โดยเตรียมจาก สารละลายกรดซัลฟิวริก 1 N 2 mL เจือจางให้ได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 N

1.เตรียมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) โดยอบโซเดียมคาร์บอเนต ที่ 250 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เมื่อเย็นแล้ว ชั่งมา 0.2500 g เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 mL สารละลายนี้เก็บได้นาน 1 สัปดาห์

2.นำสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เตรียมได้มา 10 mL เจือจางให้ได้ 200 mL ด้วยน้ำกลั่น

3.ปิเปตสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตที่เจือจางแล้วมา 10 mL หยด Methyl Orange indicator 2-3 หยด แล้วนำไปไทเทรตด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 N จนถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มเป็นสีแดง

การทดลอง

1.เติมน้ำตัวอย่างลงในขวดเจดาห์ล (Kjeldahl flask) ขนาด 800 mL โดยการเลือกปริมาณน้ำตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่คาดว่าเจือปนในน้ำ

2.เติมสารละลายย่อยสลาย (Digestion Reagent) 50 mL ค่อยๆเขย่าขวดเจดาห์ลเพื่อให้สารผสมเข้ากันเป็นเนื้อเดียว จากนั้นนำไปวางบนเตาย่อยสลาย

3.การย่อยสลาย (Digestion) นำไปต้มบนเตาของชุดเครื่องย่อยจนกระทั่งเกิดควันสีขาวและสารละลายเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเขียวใส ให้ทำการย่อยต่ออีก 30 นาที แล้วทิ้งให้เย็น

4.เติมน้ำกลั่น 100 mL เพื่อปรับปริมาตรน้ำในขวดเจดาห์ล และเติมฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 0.5 mL เขย่าให้เข้ากัน

5.เอียงขวดแล้วค่อยๆเติมสารละลาย NaOH-$Na_2S_2O_3$ จำนวน 50 mL จากนั้นนำไปต่อกับชุดเครื่องกลั่น

6.การกลั่น (Distillation) นำขวดเจดาห์ลที่มีน้ำตัวอย่างไปประกอบกับชุดเครื่องกลั่นแกว่งขวดให้สารละลายผสมเข้ากัน โดยปลายของแท่งแก้วด้านที่ไอแก๊สออกมา ให้นำขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL ที่ใส่กรดบอริก 50 mL แล้วหยดอินดิเคเตอร์ผสม 4 หยด ไปรองรับไอของแก๊สที่กลั่นออกมาจนปริมาตรของสารในขวดรูปชมพู่ เพิ่มจาก 50 เป็น 100 mL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.นำส่วนที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 N เมื่อถึงจุดยุติสารจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงอ่อน

8.ทำแบลงค์โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง และวิเคราะห์เหมือนกับตัวอย่างน้ำทุกขั้นตอน

การคำนวณหาค่าไนโตเจนทั้งหมด

$$\boldsymbol{TKN\left(\frac{mgN}{L}\right) = \frac{(A-B)\times 280}{V}}$$

เมื่อ A = ปริมาณของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตกับน้ำตัวอย่าง (mL)

B = ปริมาณของกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการไทเทรตกับแบลงค์ (mL)

C = ปริมาณน้ำตัวอย่าง (mL)

ก.2 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมดทำโดยวิธีแวนาโดโมลิบดิกแอซิด (Vanado Molydic Method) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องสเปกโทรโฟโตรมิเตอร์

2.ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50, 100 mL

3.ปิเปต (Volumetric Pipette) ขนาด 10 mL

4.ปิเปต (Transfer Pipette) ขนาด 2, 5, 10 mL

5.บีกเกอร์ ขนาด 25, 50 mL

การเตรียมสารเคมี

1.กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น

2.โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N

3.สารละลายฟินอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์

4.แอกทิเวเต็ดคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.สารละลายแวนาเดต-โมลิบเดต (Vanadate-Molyboldate reagent) เตรียมโดย ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต [$(NH_4)_6Mo_7O_{24}{\cdot}4H_2O$] 25 g ในน้ำกลั่น 300 mL และละลายแอมโมเนียมเมตาแวนาเดต (NH_4VO_3) 1.25 g โดยการต้มให้เดือดในน้ำกลั่น 300 mL ทำให้เย็น แล้วค่อยๆเติมกรดเกลือเข้มข้น 330 mL จากนั้นเทสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดตลงในสารละลายแอมโมเนียมเมตาแวนาเดต แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 L

6.สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต เตรียมโดย ละลาย KH_2PO_4 (anhydrous) 219.5 mg เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 L

การทดลอง

1.ตรวจสอบพีเอชของตัวอย่างน้ำให้อยู่ในช่วง 4 - 10 ถ้าต่ำหรือสูงกว่านี้ให้ปรับพีเอชให้อยู่ในช่วงดังกล่าว จากนั้นนำตัวอย่างน้ำมาประมาณ 50 mL ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมแอกทิเวเต็ดคาร์บอน 200 mg (1-2 ช้อนชา) คนให้เข้ากันเพื่อกำจัดสีออก จากนั้นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองขนาด 42

2.หลังจากปรับพีเอชและฟอกสีแล้วให้ปิเปตตัวอย่างน้ำมา 40 mL (จำนวนมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณฟอสเฟตในน้ำตัวอย่าง) ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL เติมสารละลายแวนาเดต-โมลิบเดต 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยน้ำกลั่นตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

3.การเตรียมกราฟมาตรฐาน ให้ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตมา 0, 2, 5, 10, 30 และ 40 mL ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 mL เติมสารละลายแวนาเดต-โมลิบเดต 10 mL ปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยน้ำกลั่น ตั้งที่ไว้ 10 นาที ก่อนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (ควรทำแบลงค์ น้ำตัวอย่าง และกราฟมาตรฐานพร้อมๆกัน)

การคำนวณค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

$$\text{ฟอสเฟต}(\boldsymbol{mg/L}) = \frac{\text{ค่าฟอสเฟตที่อ่านได้จากกราฟในหน่วยไมโครกรัม}(\boldsymbol{\mu g})}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง}\ (\boldsymbol{mL})}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการทดลอง

ข.1 ผลการตรวจวัดค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)

ตาราง ข.1.1 ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim

pH น้ำบ่อ Reclaim						
วันที่	pH			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
19/9/2566 (วันที่ 0)	8.65	8.67	8.66	8.660	0.01	0.115
20/9/2566	8.99	8.98	8.99	8.987	0.01	0.064
21/9/2566 (ฝนตก)	7.78	7.79	7.79	7.787	0.01	0.074
25/9/2566	8.76	8.77	8.77	8.767	0.01	0.066
26/9/2566 (ฝนตก)	8.38	8.39	8.39	8.387	0.01	0.069
27/9/2566 (วันที่ 7)	8.78	8.78	8.77	8.777	0.01	0.066
2/10/2566	8.66	8.66	8.66	8.660	0.00	0.000
3/10/2566	8.77	8.78	8.78	8.777	0.01	0.066
4/10/2566 (วันที่ 14)	8.97	8.98	8.97	8.973	0.01	0.064
9/10/2566	8.87	8.87	8.87	8.870	0.00	0.000
10/10/2566 (ฝนตก)	7.96	7.96	7.97	7.963	0.01	0.073
11/10/2566 (วันที่ 21)	8.9	8.9	8.89	8.897	0.01	0.065

ตาราง ข.1.2 ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

pH น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย							
วันที่	pH			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD	% การเปลี่ยนแปลง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
19/9/2566 (วันที่ 0)	6.75	6.75	6.75	6.750	0.00	0.000	-22%
20/9/2566	6.97	6.97	6.97	6.970	0.00	0.000	-22%
21/9/2566 (ฝนตก)	5.99	5.98	5.98	5.983	0.01	0.096	-23%
25/9/2566	6.69	6.69	6.69	6.690	0.00	0.000	-24%
26/9/2566 (ฝนตก)	6.32	6.32	6.32	6.320	0.00	0.000	-25%
27/9/2566 (วันที่ 7)	6.55	6.55	6.55	6.550	0.00	0.000	-25%
2/10/2566	6.45	6.45	6.45	6.450	0.00	0.000	-26%
3/10/2566	6.44	6.44	6.45	6.443	0.01	0.090	-27%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4/10/2566 (วันที่ 14)	6.5	6.51	6.5	6.503	0.01	0.089	-28%
9/10/2566	6.34	6.35	6.34	6.343	0.01	0.091	-28%
10/10/2566 (ฝนตก)	5.64	5.64	5.64	5.640	0.00	0.000	-29%
11/10/2566 (วันที่ 21)	6.23	6.23	6.23	6.230	0.00	0.000	-30%

ข.2 ผลการตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

ตาราง ข.2.1 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim						
วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
19/9/2566 (วันที่ 0)	2.16	2.17	2.17	2.167	0.01	0.266
20/9/2566	2.25	2.22	2.27	2.247	0.03	1.120
21/9/2566 (ฝนตก)	2.05	2.03	2.04	2.040	0.01	0.490
25/9/2566	2.23	2.24	2.23	2.233	0.01	0.259
26/9/2566 (ฝนตก)	2.19	2.14	2.17	2.167	0.03	1.162
27/9/2566 (วันที่ 7)	2.16	2.15	2.16	2.157	0.01	0.268
2/10/2566	2.12	2.13	2.12	2.123	0.01	0.272
3/10/2566	2.21	2.21	2.21	2.210	0.00	0.000
4/10/2566 (วันที่ 14)	2.14	2.14	2.14	2.140	0.00	0.000
9/10/2566	2.21	2.22	2.22	2.217	0.01	0.260
10/10/2566 (ฝนตก)	2.03	2.04	2.04	2.037	0.01	0.283
11/10/2566 (วันที่ 21)	2.23	2.22	2.22	2.223	0.01	0.260

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย							
วันที่	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD	% การเปลี่ยนแปลง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
19/9/2566 (วันที่ 0)	3	3.01	3	3.003	0.01	0.192	39%
20/9/2566	3.07	3.06	3.07	3.067	0.01	0.188	36%
21/9/2566 (ฝนตก)	2.77	2.77	2.76	2.767	0.01	0.209	36%
25/9/2566	3	3	3.01	3.003	0.01	0.192	34%
26/9/2566 (ฝนตก)	3.15	3.12	3.14	3.137	0.02	0.487	45%
27/9/2566 (วันที่ 7)	3.06	3.06	3.06	3.060	0.00	0.000	42%
2/10/2566	2.98	2.98	2.98	2.980	0.00	0.000	40%
3/10/2566	3	3.1	3.1	3.067	0.06	1.883	39%
4/10/2566 (วันที่ 14)	2.94	2.94	2.94	2.940	0.00	0.000	37%
9/10/2566	3	3	3.02	3.007	0.01	0.384	36%
10/10/2566 (ฝนตก)	2.93	2.94	2.93	2.933	0.01	0.197	44%
11/10/2566 (วันที่ 21)	3.12	3.10	3.11	3.110	0.01	0.322	40%

ข.3 ผลการตรวจวัดค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

ตาราง ข.3.1 ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim

ค่า TKN น้ำบ่อ Reclaim						
ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ (วัน)	TKN (mg/L)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
วันที่ 0	1.904	1.904	1.96	1.923	0.03	1.682
วันที่ 7	1.96	1.96	2.016	1.979	0.03	1.634
วันที่ 14	1.792	1.792	1.792	1.792	0.00	0.000
วันที่ 21	1.68	1.68	1.68	1.680	0.00	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ข.3.2 ค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

ค่า TKN น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย							
ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ (วัน)	TKN (mg/L)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD	% การเปลี่ยนแปลง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
วันที่ 0	26.32	26.32	26.32	26.320	0.00	0.000	1269%
วันที่ 7	33.04	31.36	31.08	31.827	1.06	3.331	1508%
วันที่ 14	33.6	33.6	33.4	33.533	0.12	0.344	1771%
วันที่ 21	27.72	27.72	27.72	27.720	0.00	0.000	1550%

ข.4 ผลการตรวจวัดค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)

ตาราง ข.4.1 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim

ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim						
ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ (วัน)	PO_4^{3-}(mg/L)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
วันที่ 0	0.001	0.0014	0.0012	0.00120	0.00020	16.667
วันที่ 7	0.0021	0.0022	0.0021	0.00213	0.00006	2.706
วันที่ 14	0.0039	0.0038	0.0039	0.00387	0.00006	1.493
วันที่ 21	0.0029	0.0029	0.0034	0.00307	0.00029	9.413

ตาราง ข.4.2 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

ค่า TP น้ำผสมจุลินทรีย์							
ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์ (วัน)	PO_4^{3-}(mg/L)			ค่าเฉลี่ย	S.D.	%RSD	% การเปลี่ยนแปลง
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3				
วันที่ 0	0.0041	0.0038	0.0042	0.00403	0.00021	5.161	236%
วันที่ 7	0.0203	0.0203	0.0204	0.02033	0.00006	0.284	853%
วันที่ 14	0.0408	0.0407	0.0406	0.04070	0.00010	0.246	953%
วันที่ 21	0.0305	0.0296	0.0337	0.03127	0.00215	6.892	920%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 ผลการติดตามการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง

ข.5.1 ความยาวราก

ความยาวรากที่เพิ่มขึ้น (cm)					
ประเภทน้ำ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5
น้ำประปา	1	12	6	11.5	11
น้ำบ่อ Reclaim	1	11	5	8	7
น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย	2	14	7	13	12

ข.5.2 ความสูงลำต้น

ความสูงลำต้นที่เพิ่มขึ้น (cm)					
ประเภทน้ำ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5
น้ำประปา	20	28	15	21.5	16.5
น้ำบ่อ Reclaim	18	20	15	11.5	19.5
น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย	23	30	16	23.5	29

ข.5.3 จำนวนใบ

จำนวนใบที่เพิ่มขึ้น					
ประเภทน้ำ	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5
น้ำประปา	6	10	3	3	2
น้ำบ่อ Reclaim	4	7	3	6	5
น้ำบ่อ Reclaim ผสมจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย	9	18	4	7	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลวิจัยทางสถิติของพารามิเตอร์ต่างๆจากโปรแกรม Minitab

ค.1 ผลการเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยที่ 0 7 14 และ 21 วัน ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของน้ำบ่อ Reclaim

ค.1.1 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)

H_0 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย ไม่มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05)

เนื่องจาก P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 คือ ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

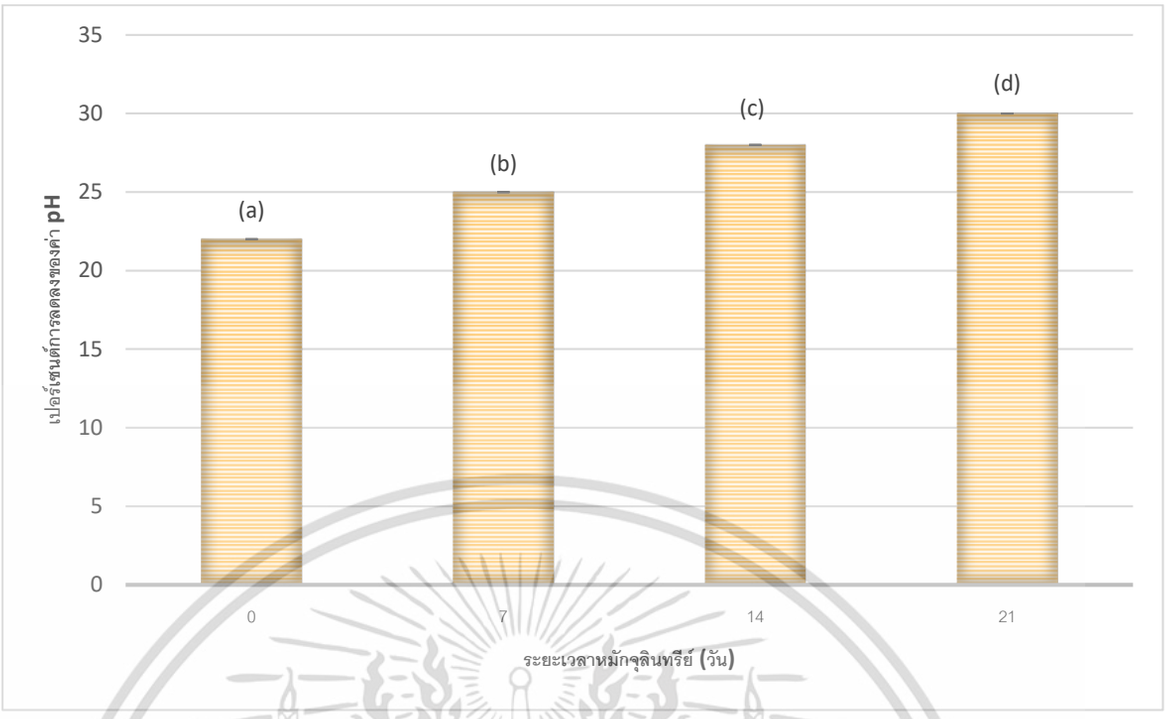
ตาราง ค.1.1.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ระยะเวลาหมัก	3	0.011030	0.003677	2205901.83	0.000
Error	8	0.000000	0.000000		
Total	11	0.011030			

ตาราง ค.1.1.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาหมักจุลินทรีย์	N	Mean	Grouping
21	3	0.3000	A
14	3	0.280067	B
7	3	0.2500	C
0	3	0.2200	D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำบ่อ Reclaim

ค.1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity)

H_0 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย ไม่มีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05)

เนื่องจาก P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 คือ ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

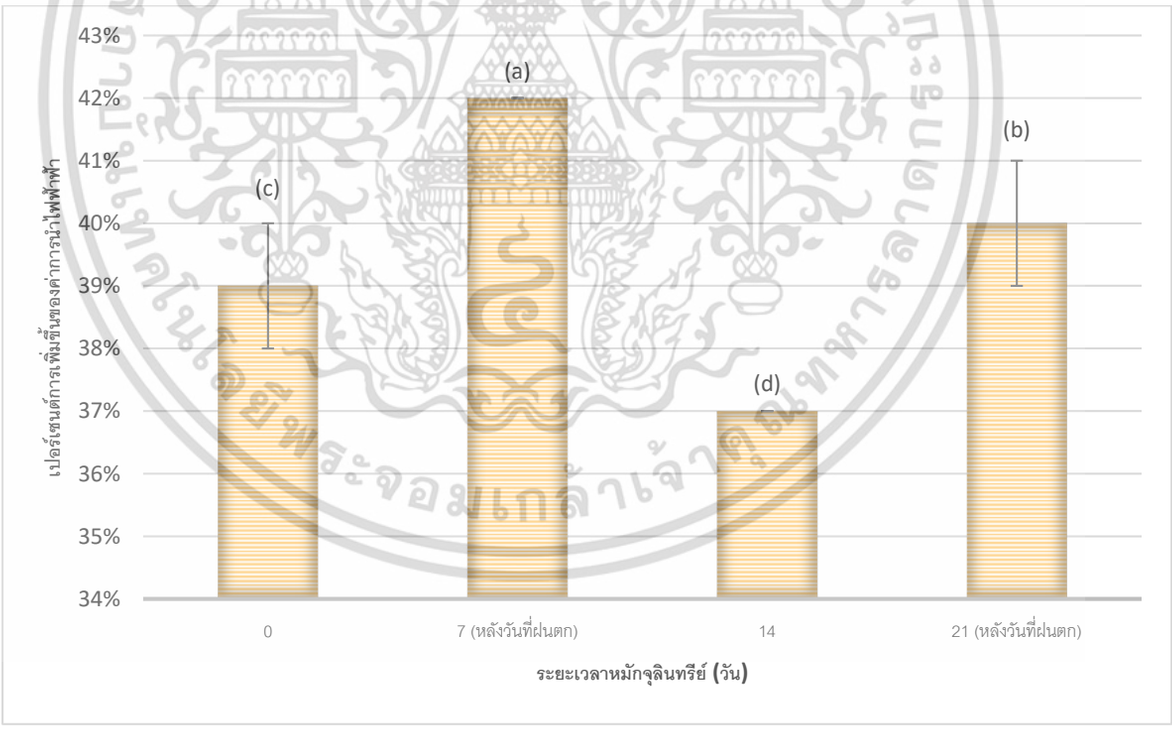
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1.2.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ระยะเวลาหมัก	3	0.003900	0.001300	111428.67	0.000
Error	8	0.000000	0.000000		
Total	11	0.003900			

ตาราง ค.1.2.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาหมักจุลินทรีย์	N	Mean	Grouping
7	3	0.420100	A
21	3	0.400067	B
0	3	0.390067	C
14	3	0.370100	D



รูปที่ ค.2 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติระหว่างระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้าของน้ำบ่อ Reclaim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1.3 ทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN)

H_0 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย ไม่มีอิทธิพลต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05)

เนื่องจาก P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 คือ ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

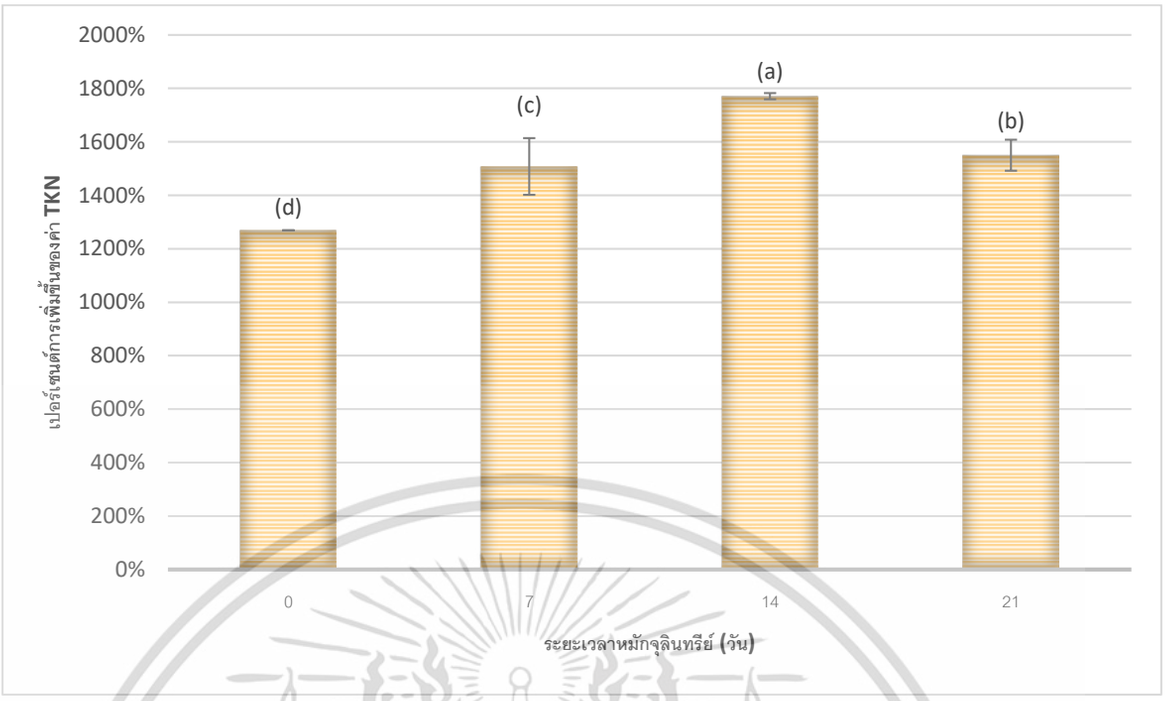
ตาราง ค.1.3.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ระยะเวลาหมัก	3	47.0764	15.6921	1.25537E+09	0.000
Error	8	0.0000	0.0000		
Total	11	47.0764			

ตาราง ค.1.3.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาหมักจุลินทรีย์	N	Mean	Grouping
14	3	17.7100	A
21	3	15.5001	B
7	3	15.0801	C
0	3	12.6901	D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.3 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของค่าทีเคเอ็นของน้ำบ่อ Reclaim

ค.1.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus: TP)

H_0 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย ไม่มีอิทธิพลต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

H_1 : ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ เท่ากับ 0.05)

เนื่องจาก P-value มีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงปฏิเสธ H_0 ยอมรับ H_1 คือ ระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย มีอิทธิพลต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim อย่างมีนัยสำคัญ

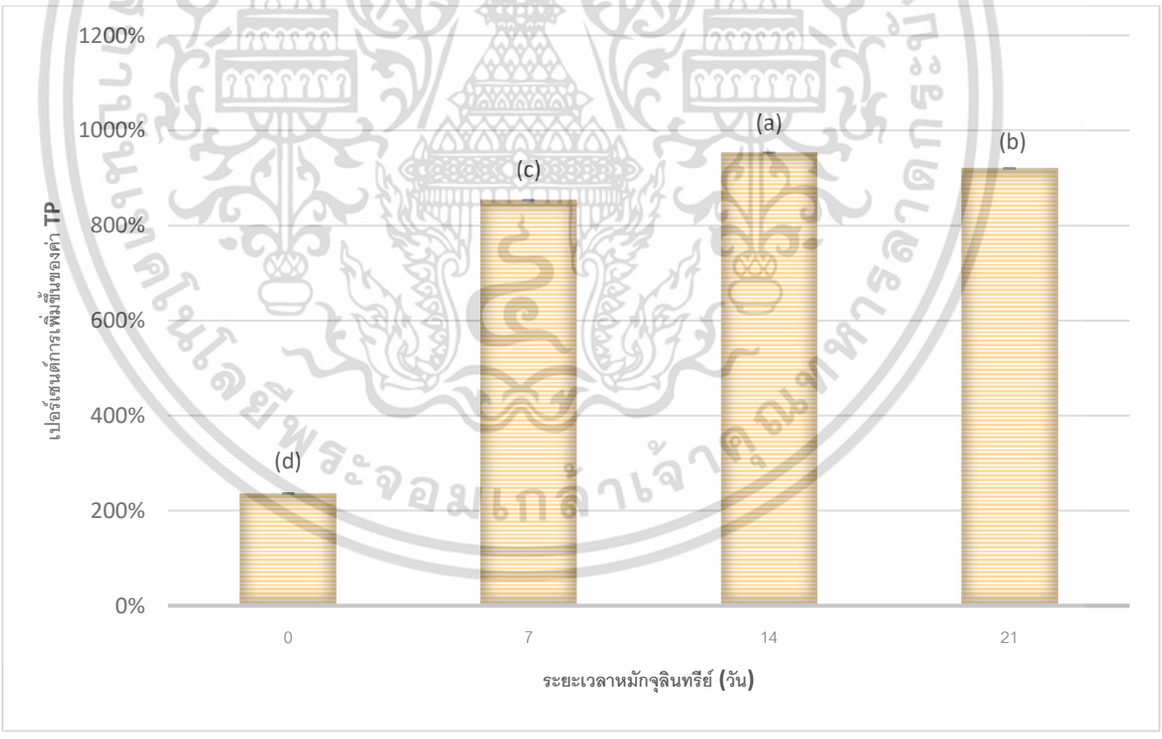
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค.1.4.1 ตาราง One-Way ANOVA ในโปรแกรม Minitab

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ระยะเวลาหมัก	3	107.598	35.8661	6.14847E+09	0.000
Error	8	0.000	0.0000		
Total	11	107.598			

ตาราง ค.1.4.2 ข้อมูลการจัดกลุ่มของระยะเวลาในการหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยต่อค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim โดยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ระยะเวลาหมักจุลินทรีย์	N	Mean	Grouping
14	3	9.53007	A
21	3	9.20003	B
7	3	8.52007	C
0	3	2.36003	D



รูปที่ ค.4 กราฟเปรียบเทียบค่าทางสถิติของระยะเวลาหมักจุลินทรีย์ต่อการเพิ่มขึ้นของค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำบ่อ Reclaim

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รูปภาพการปรับสภาพน้ำทิ้งด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย และการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง

รูป ง.1 บ่อรีเคลม

รูป ง.2 หน่อกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.3 กากน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.4 การหมักจุลินทรีย์จากหน่อกล้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.5 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.6 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.7 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวันบ่าย ในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.8 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.9 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ในวันที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.10 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 1 จุดที่อับแสงแดด ในวันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.11 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 2 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงเช้าและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงบ่าย ในวันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.12 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 3 จุดที่ได้รับแสงแดดรำไรตลอดทั้งวันบ่าย ในวันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.13 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 4 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดในช่วงบ่ายและได้รับแสงแดดรำไรในช่วงเช้า ในวันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป ง.14 ต้นกล้าดาวเรืองชุดที่ 5 จุดที่ได้รับแสงแดดจัดตลอดทั้งวัน ในวันที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 28 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2566

ข้าพเจ้า ~~นาย/นาง~~/นางสาว ณัฐปพร เอนกทรัพย์ รหัสประจำตัว 63050320

นาย/~~นาง~~/~~นางสาว~~ สุธีรพัฒน์ นวลโกฎ รหัสประจำตัว 63050361

นาย/นาง/นางสาว รหัสประจำตัว

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชา เคมี

ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การทดสอบการปรับสภาพน้ำจากบ่อพักน้ำหอหล่อเย็นของโรงไฟฟ้าด้วยจุลินทรีย์จากหน่อกล้วยเพื่อนำมาใช้รดน้ำต้นไม้

ชื่อภาษาอังกฤษ WATER CONDITIONING TEST THE POWER PLANT RECLAIM WATER POND BY BANANA SHOOTS MICROORGANISMS FOR WATERING THE PLANTS.

ปีการศึกษา 2566

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 1.32 % หรือโปรแกรม Turnitin %

ลงชื่อ ณัฐปพร เอนกทรัพย์	ลงชื่อ สุธีรพัฒน์ นวลโกฎ	ลงชื่อ
(ณัฐปพร เอนกทรัพย์)	(สุธีรพัฒน์ นวลโกฎ)	( )
นักศึกษา	นักศึกษา	นักศึกษา

ข้าพเจ้า ศ. / รศ. / ผศ. / (ดร.) / อ. กิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงชื่อ	ลงชื่อ	ลงชื่อ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม