การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

The Efficiencies Study of Fermented Juice and Melodies for Growing Fairy Rose

นางสาวพัชราภรณ์ บุตรวัง

นางสาวอรุณรัตน์ เกิดศาสน์

นางสาวศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2561

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

The Efficiencies Study of Fermented Juice and Melodies for Growing Fairy Rose

นางสาวพัชราภรณ์ บุตรวัง

นางสาวอรุณรัตน์ เกิดศาสน์

นางสาวศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ง

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ขอ นามสกล นางสาว พัชราภรณ์ บุตรวัง
นางสาว อรุณรัตน์ เกิดศาสน์
นางสาว ศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2561

คณะกรรมการสอบได้ให้ความเห็นชอบปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ดร. คณาวุฒิ อินทร์แก้ว)

.....กรรมการ
(ผศ. ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. วรินธร บุญยะโรจน์)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ

วันที่ 29 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

ชื่อปริญญานิพนธ์ การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ชื่อ นามสกุล นางสาว พัชราภรณ์ บุตรวัง
นางสาว อรุณรัตน์ เกิดศาสน์
นางสาว ศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ
คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมักและศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมัก และทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยใช้ระยะเวลาในการหมัก 4 สัปดาห์ และระยะการทดลองปลูกต้นกุหลาบหนู 4 สัปดาห์ ในการทดลองได้วัดการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก ด้วยพารามิเตอร์ต่าง ๆ จำนวน 10 พารามิเตอร์ และแบ่งชุดทดลองออกเป็นสองชุด คือ ชุดที่ 1 ไม่ใส่น้ำหมัก และชุดที่ 2 ใส่น้ำหมัก ซึ่งแต่ละชุดมีการเปิดทำนองเพลง 3 ทำนอง ได้แก่ ทำนองแจ๊ส ทำนองคลาสสิก และทำนองโมสาร์ท ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมจำนวนต้นกุหลาบหนูที่ใช้ทั้งสิ้น 24 ต้น ทั้งนี้ข้อมูลการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู พิจารณาจากจำนวนใบ ความสูงของลำต้น ความยาวของราก และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนู จากผลการทดลองพบว่า การเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมักเติบโตได้ดี โดยค่าตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมักมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,063±158 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งต้นกุหลาบหนูมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อรดด้วยน้ำเปล่าและน้ำหมัก โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144±11 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38±8 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 400 กรัม ส่วนทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู คือทำนองคลาสสิก โดยการพิจารณาการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143±6 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34±1 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 93 กรัม

คำสำคัญ : ต้นกุหลาบหนู น้ำหมัก และทำนองเพลง

Thesis The Efficiencies Study of Fermented Juice and Melodies for Growing Fairy Rose

Author Miss Phatcharaphon Butwang
Miss Arunrat Kerdsart
Miss Sasipim Kiutket

Degree Bachelor of Science
Major program Environmental Science and Natural Resources
Faculty of Science and Technology
Academic Year 2561

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the growth rate of microbial sludge in the fermented juice, and to study the efficiencies of fermented juice and melodies on Fairy Rose growth. In the experiments, the growth rate of microbial sludge was analyzed with 10 parameters for 4 weeks. Moreover, the Fairy Rose was divided into 2 groups, used and non-used the fermented juice. Each experimental group was tested with 3 types of melodies, including jazz, classical, and Mozart. All experiments were set 3 replications, by the total number of 24 Fairy Roses. The growth of the Fairy rose was analyzed by considering the number of leaf, Height, length of root and mass. The experimental results showed that the growth of microbial sludge in fermented juice was good and produced microbial sludge in fermented juice approximately 1,063 ±158 mg/L on average. The Fairy Rose more growing with water, and fermented juice. The number of leaves was 144±11 leaves in average, Height was 30±1 cm in average, Length of root was 38±8 cm in average and weight of Fairy Rose at the end of experimentation was found 400 g in average. In the case of melody affected Fairy Roses growth was classical. The growth of fairy roses found that the number of leaves was 143±6 leaves in average, height was 29±1 cm in average, Length of root was 34±1 cm in average, and weight of Fairy Roses at the end of experimentation was 93 g in average.

Keywords : Fairy Rose, Fermented Juice, and Melody

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาของอาจารย์หลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. วรินธร บุญยะโรจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร. คณาวุฒิ อินทร์แก้ว ประธานสอบปริญญานิพนธ์ และ ผศ. ณัฐชมัย ลักษณ์อำนวยพร กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำ ตลอดจนคำปรึกษาและช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ซึ่งผู้วิจัยต้องกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์มาโนช หลักฐานดี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัยตลอดจนให้ความรู้ทางวิชาการและวิชาชีพแก่คณะผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณทุนสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ที่สนับสนุนทุนสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เมตตาอบรมสั่งสอนและช่วยสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน รวมถึงเพื่อน ๆ สาขาวิชาวิทยาการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษาวิจัยตลอดมา จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

พัชราภรณ์ บุตรวัง
อรุณรัตน์ เกิดศาสน์
ศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 กรอบแนวความคิด	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.7 คำสำคัญ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1.1 ต้นกุหลาบหนู	6
2.1.2 น้ำหมัก	7
2.1.3 เกษตรกรรม	13
2.1.4 ทำนองเพลง	14
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	14
2.2.1 การประยุกต์ใช้	14
2.2.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิต	15
2.2.3 ทำนองเพลงกับการเจริญเติบโตของพืช	15

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินการ	17
3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย	17
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	17
3.3 พารามิเตอร์ที่ทดลอง	21
3.4 การย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย	22
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล	24
4.1 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก	24
4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุหลักและวัตถุอินทรีย์ในดิน	31
4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลง	32
4.4 ผลการศึกษาการย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย	34
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	35
5.1 สรุปผลการวิจัย	35
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	70
ภาคผนวก ค	76
ประวัติการศึกษา	81

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของน้ำหมัก	20
3.2 พารามิเตอร์ในการหาประสิทธิภาพน้ำหมัก	21
4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก	24
4.2 ค่าอุณหภูมิของน้ำหมัก	25
4.3 ค่าความขุ่นของน้ำหมัก	26
4.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำหมัก	27
4.5 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ของน้ำหมัก	28
4.6 ค่าบีโอดีของน้ำหมัก	28
4.7 ค่าซีโอดีของน้ำหมัก	29
4.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำหมัก	30
4.9 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมัก	31
4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรีย์วัตถุในดินที่ใช้ในการทดลอง	31
4.11 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู	32
4.12 อัตราการรอดของต้นกุหลาบหนู เมื่อระยะเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์	33
ตารางภาคผนวก ก 1 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก	44
ตารางภาคผนวก ก 2 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำหมัก	45
ตารางภาคผนวก ก 3 แสดงค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์	47
ตารางภาคผนวก ก 4 แสดงค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้	49
ตารางภาคผนวก ก 5 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ	51
ตารางภาคผนวก ก 6 แสดงค่าความขุ่น	52
ตารางภาคผนวก ก 7 แสดงค่าบีโอดีของน้ำหมัก	56
ตารางภาคผนวก ก 8 ขนาดตัวอย่างและอัตราการเจือจางที่เหมาะสม	60
ตารางภาคผนวก ก 9 แสดงค่าซีโอดีของน้ำหมัก	60
ตารางภาคผนวก ก 10 แสดงค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมัก	63
ตารางภาคผนวก ก 11 แสดงค่าไนโตรเจนทั้งหมด	66
ตารางภาคผนวก ข 1 จำนวนใบของต้นกุหลาบหนู	72
ตารางภาคผนวก ข 2 ความสูงของต้นกุหลาบหนู	73
ตารางภาคผนวก ข 3 ความยาวรากของต้นกุหลาบหนู	74
ตารางภาคผนวก ข 4 น้ำหนักของต้นกุหลาบหนู	75

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 กรอบแนวความคิด	3
2.1 ต้นกุหลาบหนู	6
2.2 แบคทีเรียสังเคราะห์แสง	8
2.3 แสดงประโยชน์ของน้ำหมัก	12
3.1 วิธีการทำน้ำหมัก	18
3.2 วัสดุและอุปกรณ์ทดลองการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู	19
3.3 ชุดทดลองชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู	19
3.4 การศึกษาผลของน้ำหมักที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู	21
3.5 อุปกรณ์ย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย	23
4.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียที่ผ่านการย้อมสี	34
ภาพภาคผนวก ก 1 ขั้นตอนการตรวจวัดความเป็นกรด-ด่าง	44
ภาพภาคผนวก ก 2 อุปกรณ์การตรวจวัดอุณหภูมิ	45
ภาพภาคผนวก ก 3 การตรวจวัดความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์	48
ภาพภาคผนวก ก 4 การตรวจวัดความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้	50
ภาพภาคผนวก ก 5 การตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ	51
ภาพภาคผนวก ก 6 การตรวจวัดค่าความขุ่น	53
ภาพภาคผนวก ก 7 การตรวจวัดค่าบีโอดี	56
ภาพภาคผนวก ก 8 การตรวจวัดค่าซีโอดี	61
ภาพภาคผนวก ก 9 การตรวจวัดค่าฟอสฟอรัส	64
ภาพภาคผนวก ก 10 การตรวจวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด	66
ภาพภาคผนวก ข 1 การวิเคราะห์ดิน	71
ภาพภาคผนวก ค 1 กิจกรรมการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน	77
ภาพภาคผนวก ค 2 เอกสารการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน (ด้านหน้า)	78
ภาพภาคผนวก ค 3 เอกสารการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน (ด้านหลัง)	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ต้นกุหลาบเป็นไม้ดอกที่มีความสวยงามและเป็นที่นิยมปลูกกันมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยเป็นไม้ตัดดอกที่ติดอันดับหนึ่งในสามของตลาดโลก ที่มีการซื้อขายกันมากที่สุด ประเภทของต้นกุหลาบ ได้แก่ กุหลาบดอกใหญ่ กุหลาบดอกกลาง กุหลาบดอกเล็ก และกุหลาบหนู นอกจากนี้ต้นกุหลาบยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น เป็นไม้กระถาง ไม้ตัดดอก ตกแต่งสถานที่ และใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำน้ำมันหอมระเหยและดอกไม้แห้ง แต่ผลผลิตกุหลาบที่ออกมาในบางช่วงมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดและยังมีคุณภาพต่ำ เช่น ดอกและก้านมีขนาดเล็ก มีโรคและแมลง ทำให้ราคาต่ำ เนื่องจากการผลิตกุหลาบหนูยังไม่มีการพัฒนาและศึกษาอย่างจริงจัง จากปัญหาของผลผลิตกุหลาบหนูดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะแก้ปัญหาคุณภาพผลผลิตของต้นกุหลาบหนู ประกอบกับผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการทำน้ำหมัก ซึ่งเป็นของเหลวที่ได้จากการหมักไข่ น้ำปลา ผงชูรส โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ปกติในน้ำโดยทั่วไปนอกจากจะประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์แล้วยังประกอบด้วยกรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และฮอร์โมนหรือสารเสริมสร้างการเจริญเติบโต (พัชรี และ จิตติยา, 2560) น้ำหมักยังช่วยในเรื่องของการตรึงไนโตรเจนให้กับพืช ทำให้ใบเขียว ออกดอกได้ดี ลำต้นแข็งแรง และช่วยไล่แมลง นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ศึกษาเกี่ยวกับทำนองเพลงที่มีผลต่อพืช พบว่า มีงานวิจัยที่กล่าวถึงทำนองเพลงว่าสามารถเป็นสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปของพลังงาน มีผลต่อพฤติกรรมการแสดงออกของพืช เมื่อพืชที่ได้รับการกระตุ้นด้วยคลื่นเสียงที่เหมาะสมจะทำให้พืชเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตมากขึ้น (กัญญ์ณณัฐญา, 2557)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญในการเพิ่มคุณภาพผลผลิตของต้นกุหลาบหนูและศึกษาการทำน้ำหมักร่วมกับการทดลองทำนองเพลงเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เพื่อให้คุณภาพผลผลิตของต้นกุหลาบหนูเพิ่มขึ้น และเกษตรกรที่ปลูกต้นกุหลาบหนู สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตลอดจนช่วยลดปริมาณในการใช้ปุ๋ยและสารเคมีได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

1.2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

1.2.3 เพื่อศึกษาชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 สถานที่ทำการวิจัย ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1.3.2 ไม้ดอกที่นำมาวิจัย คือ ต้นกุหลาบหนู (Fairy Rose)

1.3.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงของลำต้น ความยาวของราก และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนู

1.3.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก พิจารณาพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

1.3.4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Potential of Hydrogen Ion)

1.3.4.2 ค่าอุณหภูมิ (Temperature)

1.3.4.3 ค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solids)

1.3.4.4 ค่าความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ (Mixed Liquid Volatile Suspended Solids)

1.3.4.5 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)

1.3.4.6 ค่าความขุ่น (Turbidity)

1.3.4.7 ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)

1.3.4.8 ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)

1.3.4.9 ค่าฟอสฟอรัส (Phosphorus)

1.3.4.10 ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen)

1.3.5 ทำนองเพลงที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

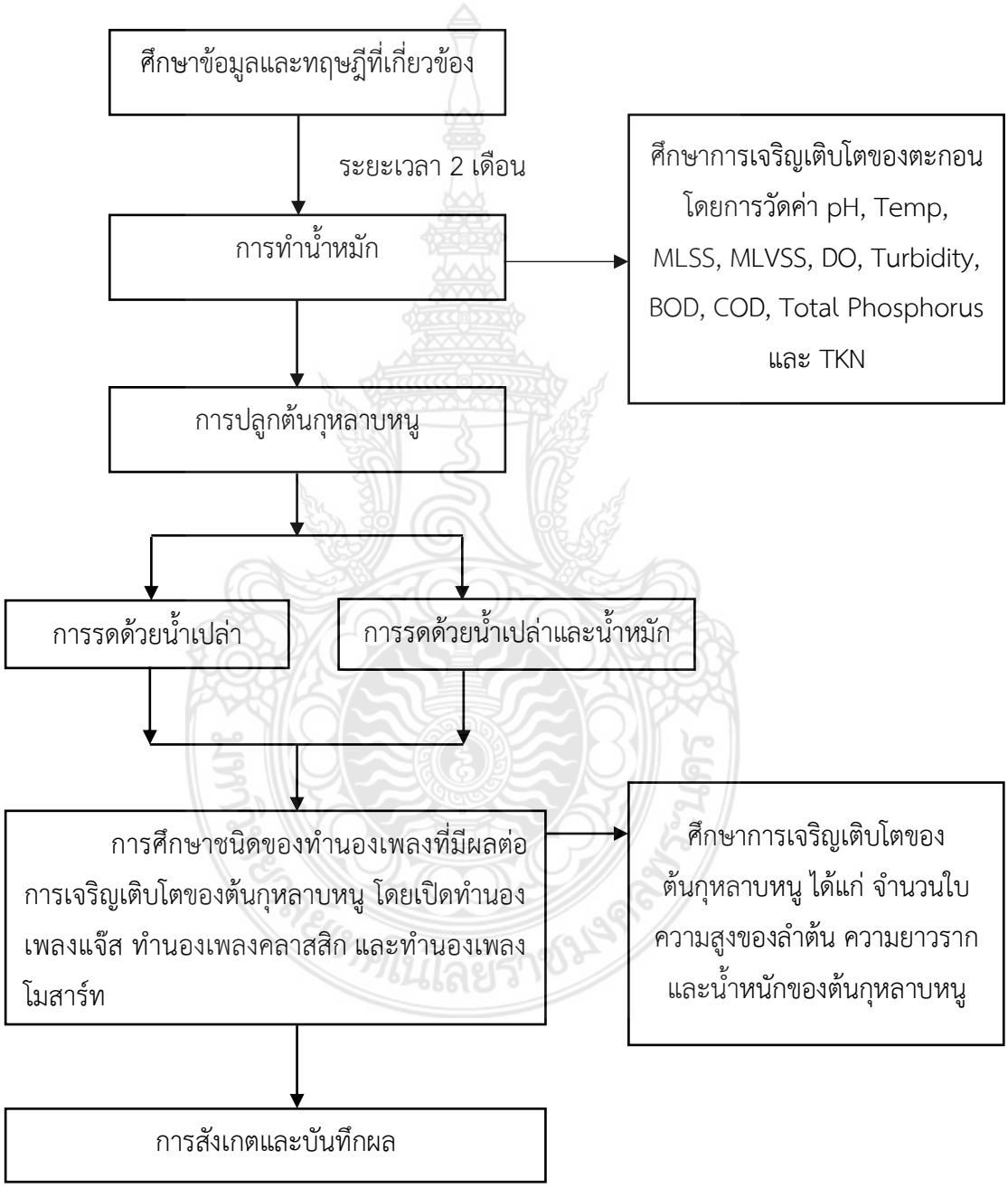
1.3.5.1 ทำนองเพลงแจ๊ส

1.3.5.2 ทำนองเพลงคลาสสิก

1.3.5.3 ทำนองเพลงโมสาร์ท

1.4 กรอบแนวความคิด

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้จัดทำโครงงานการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบ โดยมีกรอบแนวความคิด ดังภาพ 1.1



ภาพ 1.1 กรอบแนวความคิด

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

1.5.2 ทราบประสิทธิภาพของน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

1.5.3 ทราบชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 น้ำหมัก หมายถึง ของเหลวที่ได้จากการหมักน้ำเปล่า ไข่ น้ำปลา และผงชูรสผสมเข้าด้วยกัน มีกลิ่น ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

1.6.2 ตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก หมายถึง ตะกอนที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก

1.6.3 ต้นกุหลาบหนู หมายถึง ไม้ดอกที่มีพุ่ม สูง 20 - 50 เซนติเมตร ลำต้นมีหนาม ใบประกอบออกสลับ ใบย่อย 5 ใบ เป็นรูปรี ขอบหยัก ปลายแหลม โค้งมน หูใบติดกับก้านใบ

1.6.4 ทำนองเพลง หมายถึง ความต่อเนื่องของโน๊ตดนตรี ที่เรียงร้อยอย่างเหมาะสม การใช้เสียงสูง เสียงต่ำ เสียงยาว เสียงสั้น นำมาจัดเรียบเรียงต่อเนื่องกันเป็นชุด

1.6.5 การเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู หมายถึง จำนวนใบ ความสูงของลำต้น ความยาวราก และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูที่เพิ่มขึ้น

1.7 คำสำคัญ

ภาษาไทย : ต้นกุหลาบหนู น้ำหมัก และทำนองเพลง

English : Fairy Rose, Fermented Juice, and Melody

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงงานเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู คณะผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีหัวข้อเรียงลำดับดังต่อไปนี้

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ต้นกุหลาบหนู

2.1.2 น้ำหมัก

2.1.3 เกษตรกรรม

2.1.4 ทำนองเพลง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การประยุกต์ใช้

2.2.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิต

2.2.3 ทำนองเพลงกับการเจริญเติบโตของพืช

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ต้นกุหลาบหนู (Fairy Rose)

ต้นกุหลาบหนู (Fairy Rose) ลักษณะเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ความสูงทรงพุ่มขนาดไม่เกิน 1 ฟุต ให้ผลผลิตสูง สามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง เช่น ทำเป็นน้ำมันหอมระเหยและดอกไม้แห้ง ซึ่งการปลูกต้นกุหลาบหนูเพื่อการค้ามีความได้เปรียบกว่าการปลูกดอกไม้ชนิดอื่น ๆ อีกทั้งยังสามารถควบคุมการออกดอกได้ ทำให้ตรงกับเทศกาลและจำหน่ายได้ราคาดี (เศรษฐพงศ์, 2543)

ภาพ 2.1 ต้นกุหลาบหนู
ที่มา : ข้อมูลพันธุ์ไม้, 2561

2.1.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

1) ลำต้น ความสูง 20 – 50 เซนติเมตร ลำต้นมีหนาม

2) ใบ เป็นใบประกอบ เรียงสลับ ใบย่อย 5 ใบ รูปรี ปลายแหลม ขอบหยักโค้งมน หูใบติดกับก้านใบ สีเขียวเข้ม

3) ดอก เป็นดอกเดี่ยว ออกตามปลายยอด ดอกมีหลายสี เช่น สีแดง สีขาว สีชมพู หรือมี 2 สีในดอกเดียว กลีบดอกมีทั้งชั้นเดียวและหลายชั้น เกสรเพศผู้และเกสรเพศเมียแยกกัน ออกดอกเกือบตลอดทั้งปี มีกลิ่นหอม

2.1.1.2 การปลูกและการใช้ประโยชน์

1) การปลูก ต้นกุหลาบหนูเป็นไม้กลางแจ้ง ปลูกได้ทั้งลงดินและปลูกลงกระถาง เป็นไม้ชอบแดดจัด ไม่ชอบน้ำท่วมขัง

2) การขยายพันธุ์ ทำได้หลายวิธีคือ การเพาะด้วยเมล็ด การตอนกิ่ง การปักชำ การทาบกิ่ง และการติดตา

2.1.1.3 การใช้ประโยชน์ นิยมปลูกประดับสวน ปลูกเป็นไม้กระถาง ตัดดอกปักแจกันและปลูกประดับอาคาร สถานที่ (ข้อมูลพันธุ์ไม้, 2561)

2.1.2 น้ำหมัก (Fermented Juice)

2.1.2.1 ปุ๋ยน้ำหมัก (Fermented Liquid Fertilizer)

ปุ๋ยน้ำหมัก หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการนำเอาส่วนต่าง ๆ ของพืช สัตว์ หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ ไปหมักกับกากน้ำตาล ได้สารละลายสีน้ำตาล ซึ่งเป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ภายในเซลล์พืชที่ถูกดูดออกมานอกเซลล์ด้วยกระบวนการออสโมติก และกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ซึ่งของเหลวสีน้ำตาลนี้จะประกอบไปด้วยธาตุอาหารพืช กรดอินทรีย์ กรดอะมิโน และฮอร์โมนพืชต่าง ๆ (ภาวณา, 2542)

2.1.2.2 เทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biotechnology)

เทคโนโลยีทางชีวภาพมีส่วนช่วยในการเพิ่มผลผลิตเป็นอย่างมาก โดยน้ำหมักชีวภาพจากวัสดุจากธรรมชาติที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น เช่น พืช สัตว์ และเศษขยะ ปัจจุบันเกษตรกรได้นำน้ำหมักชีวภาพมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร เช่น ใช้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารกับพืช ใช้เป็นสารป้องกันแมลงศัตรูพืช เป็นต้น (อรรถ, 2544)

2.1.2.3 แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วง (Purple Photosynthetic Bacteria)

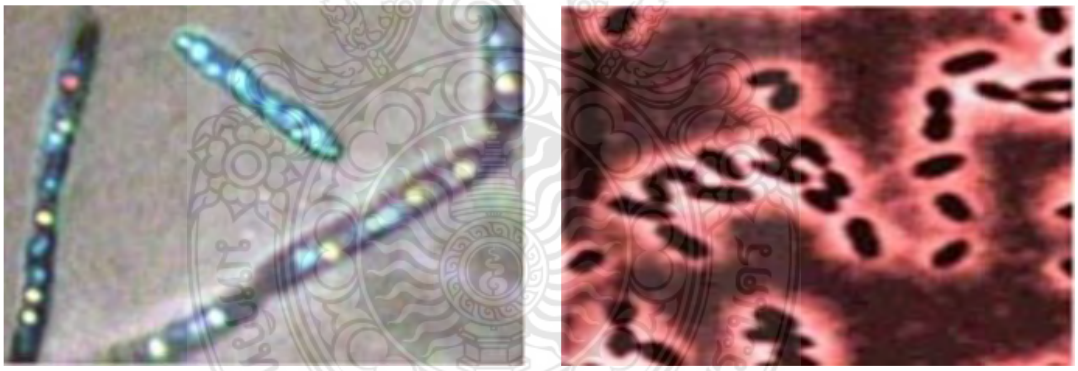
พบกระจายทั่วไปในธรรมชาติตามแหล่งน้ำจืด น้ำเค็ม ทะเลสาบน้ำเค็ม ทะเลสาบ ที่มีความเป็นกรดด่าง น้ำที่มีความเป็นกรด น้ำพุร้อน น้ำทะเลบริเวณขั้วโลกเหนือ นอกจากนี้ยังพบตามแหล่งน้ำเสีย บ่อบำบัดน้ำเสีย (Levett, 1990) บทบาทของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง มีความสำคัญในกระบวนการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ (CO_2-Assimilation) และการ ตรึงไนไตรเจน (Nitrogen Fixation) (Brock, 1994) นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารซึ่งสัตว์ขนาดเล็ก ปลา กุ้ง หอย และปู สามารถนำแบคทีเรียสังเคราะห์แสงมาใช้เป็นอาหารได้ นอกจากนี้ในน้ำเสียจากบ้านเรือนและน้ำเสียจากการทำปศุสัตว์สามารถบำบัดด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kobayashi, 2000) เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ดีในสภาพโฟโตออโตโทรฟ (Photoautotroph) ซึ่งสามารถใช้สารประกอบซัลเฟอร์ ซัลไฟต์ และไทโอซัลเฟตเป็นตัวรับอิเล็กตรอน เพื่อรีดิวซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นสารอาหารภายในเซลล์ได้ (Imhoff, 1992) โดยสามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$CO_2+2H_2S \xrightarrow{\text{แสงสว่าง}} (CH_2O)+H_2O+2S \qquad \textit{สมการที่ 1}$$

$$S+CO_2+3H_2O \xrightarrow{\text{แสงสว่าง}} (CH_2O)+H_2SO_4+H_2 \qquad \textit{สมการที่ 2}$$

$$2CO_2+Na_2S_2O_3+3H_2O \xrightarrow{\text{แสงสว่าง}} 2(CH_2O)+Na_2SO_4+H_2SO_4 \qquad \textit{สมการที่ 3}$$

2.1.2.4 แบคทีเรียสังเคราะห์แสงในวงศ์ Rhodospirillaceae เป็นแบคทีเรียในกลุ่มที่ไม่สามารถใช้ซัลไฟต์เป็นตัวให้อิเล็คตรอน เพื่อรีดิวซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปเป็นสารอาหารภายในเซลล์ได้และมีเมตาโบลิซึมดีกว่าแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงที่ใช้ซัลเฟอร์ เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งแบบโฟโตเฮเทอโรโทรฟและโฟโตออโตโทรฟ โดยใช้ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์เป็นตัวให้อิเล็กตรอน ส่วนใหญ่แบคทีเรียกลุ่มนี้จะทนต่อสภาพที่มีออกซิเจน จึงสามารถเจริญเติบโตได้ภายใต้สภาวะแบบเฮเทอโรโทรฟที่มีอากาศแต่ไม่มีแสง มีแบคเทอริโอคลอโรฟิลล์เอ และแคโรทีนอยด์หลายชนิดที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง



ก) วงศ์ Chromatromatiaceae ข) วงศ์ Rhodospirillaceae

ภาพ 2.2 แบคทีเรียสังเคราะห์แสง
ที่มา : สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2559

2.1.2.5 แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่มไม่สะสมกำมะถันสามารถย่อยสลายสารประกอบภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจนและมีออกซิเจน จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียและของเสียได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์และน้ำเสียจากการทำเกษตร น้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหาร น้ำเสียจากอาคารบ้านเรือน น้ำเสียจากอุตสาหกรรม

การใช้จุลินทรีย์ เช่น การผลิตเบียร์ ยาปฏิชีวนะ น้ำเสียจากอุตสาหกรรมทางเคมี ปิโตรเลียม และอุตสาหกรรมของเสียในรูปก๊าซต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่มไม่สะสมกำมะถันที่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดของเสียต่าง ๆ จะอยู่ในสกุล *Rhodopseudumonas Rhodobacter Rhodospirillum* และ *Rhodocyclus* โดยที่แบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงกลุ่มไม่สะสมกำมะถัน จะช่วยให้น้ำเสียมีคุณภาพดีขึ้นได้ดังต่อไปนี้

1) ช่วยลดค่า BOD COD และ TOC (Total Oganic Carbon) ได้ถึงร้อยละ 20-99

2) ช่วยย่อยสลายสารประกอบที่เป็นพิษต่าง ๆ มากมาย

3) ช่วยย่อยสลายสารประกอบอะโรมาติค (Aromatic)

4) ช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO)

5) เกิดกระบวนการ Denitrification และ Deammonification ทำให้ช่วยลดแอมโมเนียและไนเตรทที่เป็นปัญหาในการบำบัดน้ำเสียได้ (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2559)

2.1.2.6 น้ำหมักชีวภาพ (Fermented Bioextracts)

น้ำหมักชีวภาพ เป็นน้ำที่ได้จากการหมักพืช ผัก ผลไม้ สัตว์และน้ำตาลในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งน้ำหมักชีวภาพจะประกอบด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหาร และสารอินทรีย์หลายชนิดที่เป็นประโยชน์กับพืช (สุริยา, 2542)

2.1.2.7 จุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ

จุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพ ประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตซึ่งส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถช่วยเพิ่มสารอาหารในดิน เช่น แบคทีเรีย ฟังไจ ไซยาโนแบคทีเรีย จุลินทรีย์เหล่านี้มีความสามารถด้านใดด้านหนึ่ง ได้แก่ การเติมก๊าซไนโตรเจนจากอากาศ สามารถละลายฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ การผลิตฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืช และการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้อาจช่วยให้พืชดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ ได้ดีขึ้น เช่น เหล็ก ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งสามารถสรุปความสามารถและสมบัติของจุลินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบของปุ๋ยชีวภาพดังนี้

1) จุลินทรีย์ตรึงก๊าซไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตของพืชผลการเกษตร ในอากาศจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบร้อยละ 79 และพืชนำมาใช้ได้ยาก เนื่องจากต้องอาศัยพลังงานสูงในการเปลี่ยนแปลงพันธะสามระหว่างไนโตรเจน 2 อะตอม

แต่มีจุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Nitrogenase) เพื่อเร่งปฏิกิริยาการตรึงก๊าซไนโตรเจนในอากาศและเปลี่ยนโมเลกุล ก๊าซไนโตรเจนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งจะเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ และรวมกับโมเลกุลอื่นภายในเซลล์ได้เป็นกรดอะมิโนและเกิดปฏิกิริยาเชื่อมต่อด้วยพันธะเพปไทด์ระหว่างโมเลกุลของกรดอะมิโนได้เป็นโมเลกุลโปรตีนสะสมอยู่ในเซลล์จุลินทรีย์ เมื่อจุลินทรีย์ตายและเกิดการย่อยสลายไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์ ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มอื่นในดินเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนให้อยู่ในรูปพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ไนเตรท ไนไตรท์ จุลินทรีย์ที่สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนได้เป็นพวกโพรแคริโอตทั้งหมด เรียกพวกนี้ว่า ไดอะโซโทรฟ (Diazotrophs) ที่พบในธรรมชาติแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มดำรงชีวิตแบบซิมไบโอซิส (Symbiosis Microorganism) กลุ่มดำรงชีวิตแบบอิสระ (Free Living) กลุ่มดำรงชีวิตเชื่อมโยงกับซิมไบโอซิส (Associative Symbiosis) (Scragg, 2005) จุลินทรีย์ตรึงก๊าซไนโตรเจนในธรรมชาติมีหลากหลายชนิด โดยสามารถเติมธาตุไนโตรเจนให้กับดินประมาณ 1.80 x 108 ตันไนโตรเจนต่อปี แต่ยังไม่เพียงพอที่จะทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ทั้งหมด การศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์เป็นก๊าซไนโตรเจนทำให้ได้ข้อมูลกลไกการทำงานของเอนไซม์ ที่ทำหน้าที่ในระบบตรึงไนโตรเจน รวมถึงสามารถนำมาพัฒนาเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวเพื่อใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร ตัวอย่างจุลินทรีย์เติมก๊าซไนโตรเจนที่เป็นที่สนใจ เช่น *Rhizobium spp. Azospirillum spp. Azotobacter Diazotrophicus* และ *Cyanobacteria*

1.1) แบคทีเรียกลุ่มไรโซเบียม (Rhizobium)

แบคทีเรียกลุ่มไรโซเบียมมีสัมพันธ์กับพืชที่มีผลเป็นฝักโดยพบอยู่ร่วมกับพืชตระกูลถั่วหลายชนิดเช่น *Rhizobium Azorhizobium Bradyrhizobium Mesorhizobium* และ *Sinorhizobium* แบคทีเรียกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นโคโลนีบนอาหาร Yeast Extract Mannitol Agar (YEMA) ที่มีความมันวาวมีลักษณะนูน และมีขอบเรียบ โคโลนีโปร่งแสงหรือทึบแสง ดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกับพืชที่มีผลเป็นฝักและแบคทีเรียเจริญเพิ่มจำนวนในรากพืชหรือส่วนของลำต้นจนกระทั่งเกิดปมซึ่งสังเกตเห็นได้ชัดเจน วงศ์ของพืชที่มีผลเป็นฝัก แบคทีเรียกลุ่มนี้ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว (Fabaceae) ความสามารถในการตรึงก๊าซไนโตรเจนของกลุ่มไรโซเบียมขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ (Das et al, 1991) และชนิดของพืชและสภาวะแวดล้อม ปัจจุบันแบคทีเรียกลุ่ม ไรโซเบียมมีการค้นพบเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การนำไรโซเบียมไปใช้ในการเกษตร ส่วนใหญ่ต้องการให้จุลินทรีย์สามารถอยู่รอดและแข่งขันกับจุลินทรีย์ตามธรรมชาติได้รวมทั้งเจริญอยู่ร่วมกับพืชได้ทันที ดังนั้น จึงนิยมผสมไรโซเบียมกับเมล็ดพืชก่อนนำไปหว่านในแปลงเพาะปลูก

นอกจากนี้อาจผสมสารช่วยยึดติดกับเมล็ดพืช เช่น ยางไม้จากต้นอะคาเซีย (Acscia Senegal) เมทิลเซลลูโลส (Methyl Cellulose) น้ำตาล (Glucose) โดยนำสารช่วยยึดติดพ่นให้ทั่วเมล็ดพืช และคุ้มกับวัสดุตัวพาที่มีไรโซเบียมอยู่ ซึ่งทำให้แต่ละเม็ดมีเชื้ออยู่ประมาณ 1,000 เซลล์ นำเมล็ดทั้งหมดไปตากแห้งบนกระสอบป่านหรือพื้นซีเมนต์ในที่ร่มและไม่ควรนำไปตากแดดเพราะอาจทำลายเชื้อได้ จากนั้น จึงนำเมล็ดไปเพาะปลูกด้วยวิธีดังกล่าว ไรโซเบียมสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต ของพืชออกฝักได้อย่างน่าพอใจ (อรุณ สุวินัย และ สมเกียรติ, 2534)

1.2) แบคทีเรียสกุล *Azotobacter*

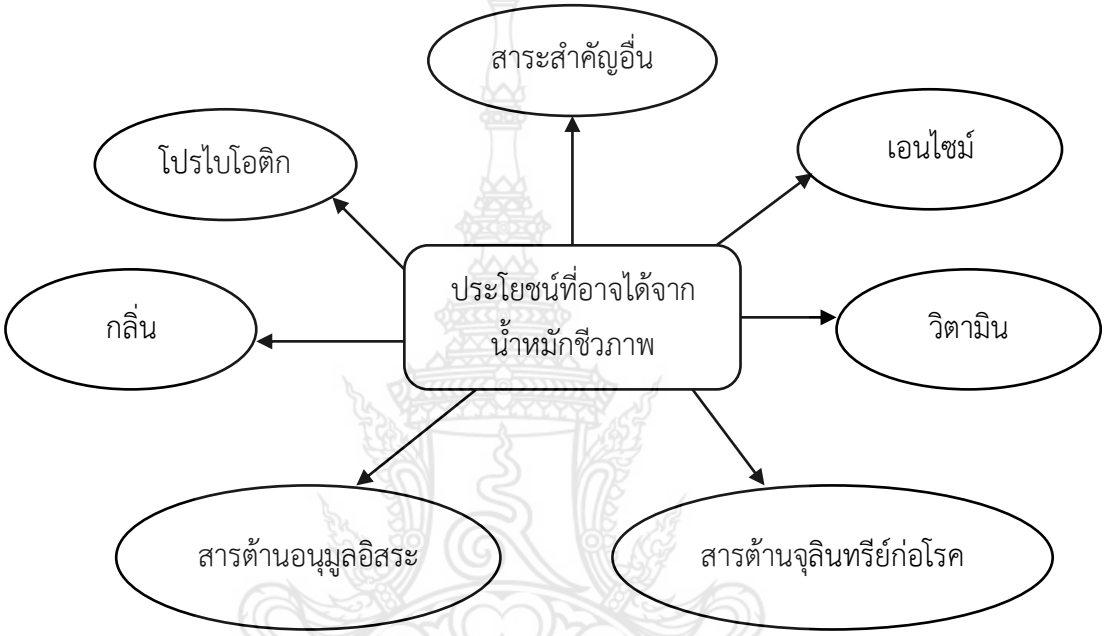
แบคทีเรียสกุล *Azotobacter* ดำรงชีวิตแบบอิสระ โดยเป็นผู้ย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต มีการตรึงไนโตรเจนจากอากาศและพบมากบริเวณรอบรากพืช โดย *Azotobacter* ที่สำคัญต่อการเกษตรแบ่งได้เป็น 6 ชนิด ได้แก่ *A. Armeniacus A. Beijerinckii A. Chroococcum A. Vinelandii A. Nigricans* และ *A. Paspali* แบคทีเรียสกุลนี้ดำรงชีวิตแบบต้องการอากาศ เซลล์ติดสีแกรมลบรูปท่อน อาจพบเห็นเป็นเซลล์เดียวเซลล์ต่อกันเป็นสายหรือเป็นกลุ่มเซลล์ สร้างซิสต์ (Cyst) ที่มีผนังหนา ทนต่อความแห้งและสารเคมี เชื้อนี้ไม่สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงได้ในระยะที่เซลล์สร้างซิสต์ไม่สามารถเติมก๊าซไนโตรเจน *Azotobacter spp.* พบได้ในดินที่มีค่าความเป็นกรดด่าง เป็นกลาง แหล่งน้ำบริเวณรอบรากพืชและต้นพืชโดยทั่วไปพบ *A. Chroococcum* ในดินมากกว่าชนิดอื่น (อรุณ สุวินัย และ สมเกียรติ, 2534)

1.3) แบคทีเรียสกุล *Azospirillum*

แบคทีเรียสกุล *Azospirillum* พบแพร่หลายกระจายในดินเจริญได้ดีบริเวณรากพืชหลายชนิด และบริเวณบนผิวดินที่มีพืชเจริญอยู่ดำรงชีวิตเกี่ยวข้องกับซิมไบโอซิส เซลล์ติดสีแกรมลบ เคลื่อนที่ได้ เซลล์เป็นรูปโค้ง มีแกรนูล สะสมพอลิ-บีตา-ไฮดรอกซีบิวทิเรต (Poly-B-hydroxybutrata granule) มีแฟลกเจลลา (Flagella) 1 เส้นหรือนอกเซลล์ รูปร่างเซลล์และขนาดอาจเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาเพาะเลี้ยงและสามารถสร้างซิสต์ได้ แบคทีเรียกลุ่มนี้เจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนโดยใช้ไอออน ไนเตรท เป็นตัวรับอิเล็กตรอน ในปฏิกิริยาดีไนทริฟิเคชัน (Nitrifcation) หรือในสภาวะมีออกซิเจนน้อยใช้ก๊าซไนโตรเจนหรือแอมโมเนียเป็นแหล่งไนโตรเจน เจริญในภาวะมีออกซิเจน และควรให้แหล่งไนโตรเจน ได้แก่ แอมโมเนีย ไนเตรท หรือกรดอะมิโน (อรุณ สุวินัย และ สมเกียรติ, 2534)

2.1.2.8 ประโยชน์ของน้ำหมัก

น้ำหมักชีวภาพนั้นเกิดจากส่วนประกอบหลัก คือ พืชที่นำมาใช้ในการหมัก และจุลินทรีย์ในกระบวนการหมัก ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์เสริมสุขภาพที่เรียกว่าโปรไบโอติก (Probiotic) ที่คัดเลือกมาเป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการหมัก ดังนั้นประโยชน์จากการบริโภคน้ำหมักจากพืชสามารถสรุปได้ดังภาพ 2.3



ภาพ 2.3 แสดงประโยชน์ของน้ำหมัก
ที่มา : ไชยวัฒน์, 2550

2.1.3 เกษตรกรรม (Agriculture)

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งในอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิต แต่เมื่อใช้ติดต่อกันมาเป็นเวลานานทำให้เกิดปัญหาดินเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดปัญหาสารเคมีตกค้างจากการทำเกษตรกรรม ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยสามารถสะสมในสิ่งแวดล้อมได้เป็นระยะเวลานาน (ศิริรัตน์ และคณะ, 2554) ประเทศทั่วโลกในปัจุบันตอนนี้ได้นำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในการจัดการเกษตรแบบยั่งยืนเพิ่มมากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาภาวะโลกร้อน และระบบนิเวศของโลกที่เสื่อมโทรมลง โดยการทำเกษตรแบบยั่งยืนเพื่อให้ความสำคัญแก่ความสมบูรณ์ของดินที่ประกอบด้วยอินทรียสาร อนินทรียสาร แร่ธาตุ และเกษตรตามแนวทฤษฎีใหม่ การนำเอาองค์ความรู้จากภูมิปัญญาท้องถิ่นหรือประสบการณ์ของกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่นั้นมาใช้ทำให้เกิดความมั่นคงในอาชีพและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การนำจุลินทรีย์มาช่วยย่อยสลายสารให้อยู่ในสภาพที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ เช่น นำมาผลิตในรูปของปุ๋ยชีวภาพ ในกระบวนการควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีจึงเป็นทางเลือกหนึ่งของระบบเกษตรแบบยั่งยืน (Chanchaichavivat and Wongsrirat, 2009)

2.1.3.1 การนำแบคทีเรียสังเคราะห์แสงไปใช้สำหรับการเพาะปลูกข้าว

บริเวณรากต้นข้าวในระยะข้าวตั้งท้องจะมีสภาวะแบบไม่มีออกซิเจน ทำให้แบคทีเรียที่อยู่ในกลุ่มแอนแอโรบิกแบคทีเรียเจริญได้ดี สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟต์ (H_2S) ขึ้นมา ทำให้มีผลไปยับยั้งกระบวนการสร้างเมตาโบลิซึมของรากต้นข้าว ซึ่งเป็นพิษต่อราก แต่เมื่อนำแบคทีเรียสังเคราะห์แสงมาใส่ลงในดิน แบคทีเรียสังเคราะห์แสงจะเปลี่ยนไฮโดรเจนซัลไฟต์ให้อยู่ในรูปสารประกอบซัลเฟอร์ที่ไม่เป็นพิษต่อราก จึงมีผลทำให้รากของต้นข้าวเจริญงอกงามมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และลักษณะของต้นข้าวมีความแข็งแรง ส่งผลให้มีผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น (Maki, 2004)

2.1.3.2 ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพที่ผลิตจากแบคทีเรียสังเคราะห์แสง

มีรงควัตถุ (Pigment) ประเภทแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นส่วนประกอบภายในเซลล์เมื่อนำมาใช้จะช่วยเพิ่มปริมาณแคโรทีนในพืช เช่น ต้นส้มจีน ต้นพลัม ต้นมะเขือเทศ และต้นข้าวโพด ซึ่งมีการศึกษาใช้เซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงผลิตปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพใส่ในต้นพลัม เมื่อศึกษาดูองค์ประกอบของผลและเปลือก พบว่าไม่เพียงแต่ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเท่านั้นยังทำให้ลูกพลัมมีความหวานและความมันวาวด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับที่ใช้ปุ๋ยอนินทรีย์เพียงชนิดเดียว

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไลโคปีน (Lycopene) ในลูกพลัมจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากรงควัตถุที่อยู่ในเซลล์แบคทีเรียสังเคราะห์แสงจะถูกย่อยกลายเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ ทำให้รากพืชสามารถดูดไปใช้สร้างรงควัตถุให้กับผลได้ (Kabayashi, 2000)

2.1.4 ทำนองเพลง

ทำนองเพลงที่มีผลต่อพืช ทำนองเพลงสามารถเป็นสิ่งเร้าที่อยู่ในรูปของพลังงาน มีผลต่อพฤติกรรมแสดงออกของพืช เมื่อพืชได้รับการกระตุ้นด้วยคลื่นเสียง โดยคลื่นเสียงที่เหมาะสมทำให้ปากใบเปิด พืชจึงได้รับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และอาหารจากดินได้มากขึ้น จึงเกิดการสังเคราะห์แสงได้ดี พืชจึงผลิตอาหารได้มากขึ้น ทำให้พืชนำอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดี (กมลชนก, 2555)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การประยุกต์ใช้

Kobayashi (2000) ได้ทำการนำแบคทีเรียสังเคราะห์แสงสีม่วงในกลุ่มไม่สะสมกำมะถัน กำจัดน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดี (BOD) มากกว่า 10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยไม่ต้องเจือจางน้ำเสียเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยใช้วิธีการเลี้ยงแบบให้อากาศและมีแสง ซึ่งพบว่าสามารถลดค่า BOD ได้ถึงร้อยละ 80 ใช้แบคทีเรียสังเคราะห์แสง *R. Capsulata* บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานฆ่าสัตว์ นอกจากนี้ยังพบว่า สามารถลดค่าบีโอดีจาก 3,030 มิลลิกรัมต่อลิตรเหลือ 140 มิลลิกรัมต่อลิตร ในสภาพไร้อากาศและมีแสง เปรียบเทียบกับการบำบัดโดยไม่ใส่เชื้อ *R. Capsulata* ค่าบีโอดี ลดจาก 3,480 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 370 มิลลิกรัมต่อลิตร

สุรชัย (2550) ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำสกัดชีวภาพจากพืชและสารสกัดชีวภาพจากปลาต่อการเจริญเติบโตของผักกาดกวางตุ้ง ผักกาดหอม และพริกยักษ์ในระบบปลูกพืชไร้ดิน พบว่าการใช้การสกัดชีวภาพจากพืชและปลาให้ผลไม่แตกต่างกันคือในอัตราส่วนที่ 1 : 1000 จะให้การเจริญเติบโตและการดูดกลืนธาตุอาหารดีที่สุดและพบว่าการใช้น้ำสกัดชีวภาพร่วมกับสารละลาย ที่มีธาตุอาหารครบทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและดูดกลืนธาตุอาหารดีกว่าการใช้สารละลายธาตุอาหารครบเพียงอย่างเดียวและดีกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายที่มีเฉพาะธาตุอาหาร N, P, K

2.2.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิต

ปิยะภรณ์ (2556) ได้ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด 4 ชนิด คือกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอรัล และบัตเตอร์เฮดในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยใช้สารสกัดชีวภาพผสมสารสกัดจากพืชกับสารละลายมาตรฐานอนินทรีย์ การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 สูตรทดลองดังนี้ สูตรอาหารมาตรฐานน้ำหมักชีวภาพ กากถั่วเหลืองร่วมกับสับปะรด น้ำหมักชีวภาพกากถั่วเหลืองร่วมกับสารสกัดจากสะเดา น้ำหมักชีวภาพจากถั่วเหลืองร่วมกับข่า ใบฝรั่ง รางจืดและกระเทียม น้ำหมักชีวภาพมูลไส้เดือนร่วมกับสับปะรด น้ำหมักชีวภาพมูลไส้เดือนร่วมกับสารสกัดสะเดา น้ำหมักชีวภาพมูลไส้เดือนร่วมกับข่า ใบฝรั่ง รางจืดและกระเทียม ด้วยทดลองใช้สูตรอาหารมาตรฐาน เปรียบเทียบกับการใช้น้ำหมักชีวภาพ 2 ชนิด คือ น้ำหมักชีวภาพจากกากถั่วเหลืองและน้ำหมักชีวภาพจากมูลไส้เดือนร่วมกับสารสกัดสมุนไพร 3 ประเภท คือ สับปะรด สารจากสะเดาและสมุนไพรผสม ที่มีผลการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด ผลการทดลอง พบว่า การใช้น้ำสกัดชีวภาพจากกากถั่วเหลืองร่วมกับสับปะรด มีแนวโน้มให้ผลผลิตที่สูงในกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ส่วนการใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากถั่วเหลืองร่วมกับการสกัดสะเดาทำให้ได้ผลผลิตของบัตเตอร์เฮดสูง นอกจากนี้ยังพบว่าสารสกัดจากสับปะรด สามารถลดปริมาณเมือกที่เกาะบริเวณราก ซึ่งเป็นสาเหตุให้รากของผักสลัดเน่า จากการทดลองนี้ สรุปได้ว่าน้ำหมักชีวภาพจากกากถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโปนิกส์ได้โดยใช้ร่วมกับสับปะรดหรือสะเดา เพื่อลดปริมาณเมือกที่เกาะบริเวณรากของพืช

2.2.3 ทำนองเพลงกับการเจริญเติบโตของพืช

โดโรธี (2559) ได้ทำการทดลองเปิดเพลงเพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืช โดยทดลองนำพืชไปไว้ในห้องปฏิบัติการ วางพืชแยกไว้ในห้อง ต่าง ๆ ซึ่งทุกห้องมีลำโพงสำหรับให้เปิดเพลงต้นไม้ในแต่ละห้องจะได้เสียงเพลงที่แตกต่างกัน มีการจดบันทึกการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวัน การทดลองที่หนึ่ง เปิดเพลงที่มีจังหวะคงที่ให้ต้นไม้ในห้องทดลอง ห้องแรกเปิดเพลงติดต่อกัน 8 ชั่วโมง ห้องที่สองเปิดเพลงติดต่อกัน 3 ชั่วโมง ห้องที่สามไม่เปิดเสียง ใด ๆ ผลการทดลองพบว่า ต้นไม้ทุกต้นที่ได้รับการเปิดเพลงนานติดต่อกัน 8 ชั่วโมง จะทำให้ต้นไม้โทรมและตายภายใน 14 วัน ส่วนต้นไม้ทุกต้นที่อยู่กับเพลงเพียงวันละ 3 ชั่วโมง เจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นไม้ที่ไม่ได้รับเสียงเพลง

การใช้เพลงในการปรับปรุงอนามัยพืช (2554) ได้ทำการใช้เพลงในการปรับปรุงพืชในรัฐโคโลราโด ได้ทำการวิจัยต้นดาวเรือง โดยวางต้นดาวเรืองไว้ในห้อง แล้วมีการเปิดเพลงร็อค และเพลงคลาสสิก ในห้องแรกทำการเปิดเพลงร็อคให้ต้นดาวเรือง ส่วนห้องที่สองเปิดเพลงคลาสสิก

ผลการทดลองพบว่า ห้องที่เปิดเพลงร็อคต้นดาวเรืองมีอาการป่วยและตาย ภายใน 2 สัปดาห์ ในขณะห้องที่เปิดเพลงคลาสสิกให้ต้นดาวเรือง มีการเจริญเติบโตอย่างเห็นได้ชัดเจน มีดอกเพิ่มขึ้น ลำต้นสูงขึ้น การที่ต้นไม้ได้ฟังเพลงร็อคทำให้ตายได้อาจเป็นสาเหตุว่าเพลงร็อคเป็นเพลงที่มีอารมณ์สนุกเมามัน ตื่นเต้น ให้ความหนักแน่น ส่วนเพลงคลาสสิคทำให้ต้นไม้เจริญเติบโตได้ดีเป็นเพราะ เพลงคลาสสิกเป็นเพลงที่ทำให้ผ่อนคลาย เพื่อการคลายเครียด

Romello (2559) ได้ทำการทดลองการเพาะเมล็ดในตู้ควบคุมการเจริญเติบโตในที่มืดและที่ชื้น ทำการทดลองทั้งหมด 14 การทดลอง เพาะเมล็ดกลุ่มละ 25 เมล็ด และนับการงอกทุก ๆ 12 ชั่วโมงเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ให้เสียงดนตรี และ คลื่นเสียงรบกวนแก่ต้นไม้ ติดลำโพงไว้ในตู้ควบคุมและเปิดเสียงอย่างต่อเนื่อง 16 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยการตั้งเวลา ซึ่งเสียงดนตรีที่เปิดให้ต้นไม้ฟังก็จะมีทั้งเสียงธรรมชาติ เช่น เสียงนกร้อง และเสียงเครื่องดนตรี เช่น ฟลุ๊ต ตามทำนองเพลงพื้นเมืองของคนอเมริกัน เหตุผลที่ผู้วิจัยเลือกดนตรีประเภทนี้เพราะมีความนุ่มนวลของเสียงเพลง ซึ่งคนทั่วไปฟังก็สามารถฟังได้หลายชั่วโมง ส่วนการให้พลังงานบำบัดก็ทำทุก ๆ 12 ชั่วโมง ครั้งละ 15 ถึง 20 นาที ผลการทดลองเสียงดนตรีมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่ออัตราการงอกเมื่อเทียบกับเมล็ดในกลุ่มควบคุมส่วน คลื่นเสียงรบกวน ไม่ได้ให้ผลต่างจากกลุ่มควบคุม ขณะที่พลังงานบำบัดมีผลต่อการงอกเมล็ดและขนาดของผลกระทบที่เกิดขึ้นใกล้เคียงกับเสียงดนตรี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยมีรายละเอียดการศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3 พารามิเตอร์ที่ทดลอง

3.4 การย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

สถานที่ทำการศึกษาวิจัยประสิทธิภาพของน้ำหมักและการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู คือ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง

3.2.1 ขั้นเตรียมการ

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลของเรื่องที่จะทำการศึกษา โดยศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2.2 การเตรียมน้ำหมัก มีวัสดุ และอุปกรณ์ ได้แก่ ไข่ไก่ น้ำปลา ผงชูรส ถ้วยและช้อน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.2.1 ตวงน้ำสะอาด 500 มิลลิลิตร ในขวดขนาด 600 มิลลิลิตร ทั้งหมดจำนวน 4 ขวด

3.2.2.2 ตอกไข่ไก่สด 1 ฟอง ผงชูรส 1 ช้อนโต๊ะ น้ำปลา 1 ช้อนโต๊ะ ใส่ถ้วย คนให้เข้ากัน

3.2.2.3 นำส่วนผสมที่ได้มาใส่ขวดน้ำที่เตรียมไว้ 4 ขวด ขวดละ 1 ช้อนโต๊ะ

3.2.2.4 จากนั้นปิดฝาเขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปตากแดด

ก) ตวงน้ำสะอาดใส่ขวด

ข) ใส่ส่วนผสม

ค) ตวงใส่ขวดน้ำเปล่า

ง) นำไปตากแดด

ภาพ 3.1 วิธีการทำน้ำหมัก

3.2.3 วัสดุและอุปกรณ์การทดลองการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู มีวัสดุ และอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

3.2.3.1 ต้นกุหลาบหนู จำนวน 24 ต้น

3.2.3.2 น้ำหมัก จำนวน 100 มิลลิลิตร

3.2.3.3 ชุดทดลองสำหรับเปิดทำนองเพลงจำนวน 1 ชุด (กล่องกระดาษ+ลำโพง+แผงไข่)

3.2.4 ขั้นตอนการทดลองการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.4.1 นำน้ำหมักรดต้นกุหลาบที่เตรียมไว้ เตรียมกล่องกระดาษทั้งหมด 4 กล่อง

3.2.4.2 นำต้นกุหลาบหนูมาวางลงในกล่องกระดาษ กล่องละ 6 ต้น ตามชุดที่เตรียมไว้

3.2.4.3 นำลำโพงบลูทูธเชื่อมต่อกับโทรศัพท์ เปิดทำนองเพลงตามที่กำหนดไว้ ในแต่ละกล่อง ระยะเวลา 3 ชั่วโมง

3.2.4.4 สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับต้นกุหลาบหนู และบันทึกผล

ก) ต้นกุหลาบหนู

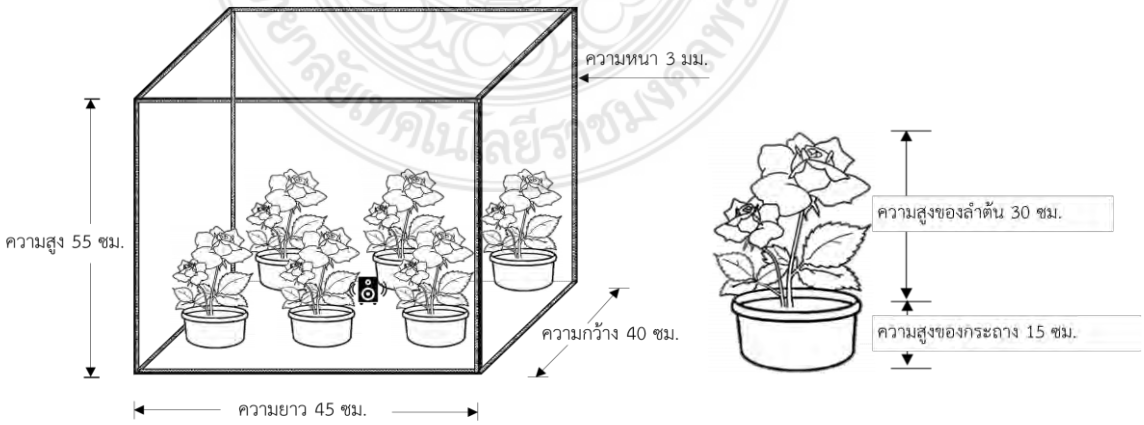
ข) น้ำหมัก

ค) ลำโพงบลูทูธ

ง) กล่องกระดาษ ขนาด 40×45×55 ซม.

ภาพ 3.2 วัสดุและอุปกรณ์ทดลองการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

3.2.5 ชุดทดลองชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู



ภาพ 3.3 ชุดทดลองศึกษาชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลองเพื่อศึกษาชนิดของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู ในกล่องกระดาษที่มีขนาด ความกว้าง 40 ซม. ความยาว 45 ซม. และความสูง 55 ซม. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง 4 สัปดาห์ เปิดทำนองเพลงสัปดาห์ละ 1 วัน วันละ 3 ชั่วโมง มี 4 ชุด ชุดละ 6 ต้น ดังนี้

3.2.5.1 ชุดที่ 1 ไม่เปิดทำนองเพลง

3.2.5.2 ชุดที่ 2 เปิดทำนองเพลงแจ๊ส

3.2.5.3 ชุดที่ 3 เปิดทำนองเพลงคลาสสิก

3.2.5.4 ชุดที่ 4 เปิดทำนองเพลงโมสาร์ท

3.2.6 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ตาราง 3.1 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

การเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู	หน่วย	ความถี่ในการวิเคราะห์
จำนวนใบ	ใบ	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
ความสูงของลำต้น	ซม.	สัปดาห์ละ 1 ครั้ง
ความยาวราก	ซม.	สิ้นสุดการทดลอง
น้ำหนักของต้น	กรัม	เริ่มและสิ้นสุดการทดลอง

ก) นับจำนวนใบ

ข) วัดความสูงลำต้น

ค) วัดความยาวราก

ง) ชั่งน้ำหนัก

ภาพ 3.4 การศึกษาผลของน้ำหมักที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

3.3 พารามิเตอร์ที่ทดลอง

ตาราง 3.2 พารามิเตอร์ในการหาประสิทธิภาพน้ำหมัก

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์
1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Potential of Hydrogen Ion)	Electrometric Method
2. ค่าอุณหภูมิ (Temperature)	Electrometric Method
3. ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solids)	Total Suppended Solid Dried at 103-105 °C
4. ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ (Mixed Liquid Volatile Suspended Solids)	Volatile Solid Content at 550 °C
5. ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen)	Electrometric Method
6. ค่าความขุ่น (Turbidity)	Nephelometric Method
7. ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand)	Azide Modification Method
8. ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand)	Close Reflux Method
9. ค่าฟอสฟอรัส (Phosphorus)	Nitric-Sulfuric Acid Method
10. ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrogen)	Kjeldahl Method

ที่มา : มั่นสิน, 2538

3.4 การย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย

3.4.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.4.1.1 กล้องจุลทรรศน์

3.4.1.2 แผ่นกระจกสไลด์ และแผ่นปิดสไลด์

3.4.1.3 หลอดหยด

3.4.1.4 ตะเกียงแอลกอฮอล์

3.4.1.5 เข็มเขี่ยเชื้อ

3.4.2 สารเคมี

3.4.2.1 คริสตัลไวโอเลต

3.4.2.2 ไอโอดีน

3.4.2.3 เอทิลแอลกอฮอล์

3.4.2.4 ซาฟรานิน

3.4.3 วิธีการศึกษา

3.4.3.1 การเตรียมสไลด์

(1) นำสไลด์มาล้างด้วยผงซักฟอกให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้งเพื่อขจัดคราบมัน

3.4.3.2 การสเมียร์เชื้อ

(1) นำเข็มเขี่ยเชื้อเผาไฟจนแดง ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปแตะหยดน้ำวางไว้บนสไลด์

(2) นำเข็มเขี่ยเชื้อเผาไฟจนแดง ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปแตะเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการย้อมสีมาผสมกันในหยดน้ำบนสไลด์แล้วเกลี่ยเชื้อให้กระจายออกเป็นบริเวณบาง ๆ

(3) ปล่อยสไลด์ให้แห้งในอากาศ แล้วนำสไลด์ผ่านเปลวไฟ (Fix Smear) จากตะเกียงแอลกอฮอล์ประมาณ 2-3 ครั้ง ปล่อยให้สไลด์เย็นลง

3.4.3.3 การย้อมสีแกรม (Gram's stain)

(1) หยดสีคริสตัลไวโอเลต บริเวณที่เกลี่ยเชื้อให้ท่วม ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วเทสีทิ้งล้างด้วยน้ำกลั่น

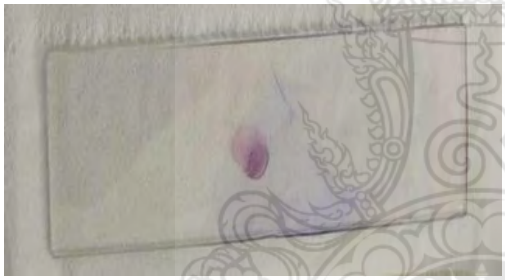
(2) หยดไอโอดีน บนรอยสเมียร์ ทิ้งไว้ 1 นาทีแล้วเททิ้ง ล้างด้วยน้ำกลั่น

(3) เอียงสไลด์ทำมุม 45 องศา ล้างสีส่วนเกินออกด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ประมาณ 15 วินาที จนไม่มีสีละลายออกมา และล้างด้วยน้ำกลั่น

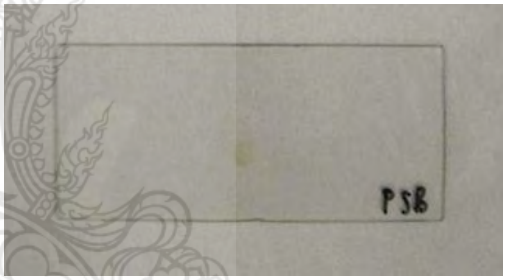
(4) หยดซาฟรานินบนรอยสเมียร์ ทิ้งไว้ประมาณ 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น และซับให้แห้ง แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์

ก) กล้องจุลทรรศน์

ข) สารเคมี



ค) หยดสีคริสตัลไวโอเลต



ง) การย้อมสีแกรม

ภาพ 3.5 อุปกรณ์ย้อมสีของแบคทีเรีย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.12±0.01 เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.27±0.06 สัปดาห์ที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.57±0.10 สัปดาห์ที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.80±0.13 และสัปดาห์ที่ 4 ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.89±0.07 ดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	7.12	0.01
1	6.27	0.06
2	6.57	0.10
3	6.80	0.13
4	6.89	0.07

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ อยู่ในช่วง 6.27-7.12 ซึ่งเป็นช่วงที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เนื่องจากในกระบวนการย่อยสลายสารอาหาร จุลินทรีย์จะผลิตกรดบางชนิดออกมาทำให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง และในช่วงที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น เกิดจากจุลินทรีย์มีการสร้างกรดอินทรีย์น้อยลง ทั้งนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์ จะอยู่ในช่วง 5.5-8.0 (สุมิตรา, 2532)

4.1.2 ค่าอุณหภูมิ

อุณหภูมิช่วงแรกของการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.8±0.1 องศาเซลเซียส เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.2±0.7 องศาเซลเซียส สัปดาห์ที่ 2 อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25.4±0.1 องศาเซลเซียส สัปดาห์ที่ 3 อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 27.0±0.4 องศาเซลเซียส และสัปดาห์ที่ 4 อุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 26.9±0.1 องศาเซลเซียส เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าอุณหภูมิของน้ำหมักอยู่ในช่วง 25.8-27.0 องศาเซลเซียส ดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าอุณหภูมิของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของน้ำหมัก (°C)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	25.8	0.1
1	27.2	0.7
2	25.4	0.1
3	27.0	0.4
4	26.9	0.1

จากตารางจะเห็นได้ว่าในระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการหมัก ค่าอุณหภูมิมีค่าอยู่ในช่วง 25.8-27.0 องศาเซลเซียส ใน 4 สัปดาห์ของการหมัก ซึ่งสอดคล้องกับ น้ำฝน ศิวพร และสาโรจน์ (2556) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการปรับตัวของจุลินทรีย์ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส

4.1.3 ค่าความขุ่น

ค่าความขุ่นในช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 622±13 NTUเมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ความขุ่นเพิ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 690±7 NTU สัปดาห์ที่ 2 ความขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 847±9 NTU สัปดาห์ที่ 3 ความขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,038±14 NTU และสัปดาห์ที่ 4 ความขุ่นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,267±21 NTU เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าความขุ่นของน้ำหมักมีค่าอยู่ในช่วง 622-1,267 NTU ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าความขุ่นของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยความขุ่นของน้ำหมัก (NTU)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	622	13
1	690	7
2	847	9
3	1,038	14
4	1,267	21

จากตารางจะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลา 4 สัปดาห์ของการหมัก ค่าความขุ่นมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงแรกของการหมัก พบว่า มีฟองแก๊สเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการหมักเริ่มเกิดขึ้น ทำให้มีความขุ่นเพิ่มขึ้น หลังจากที่อัตราการหมักลดลง คือ เมื่อเกิดฟองแก๊สน้อยลงหรือไม่มีแก๊สเกิดขึ้นแล้ว อาหารที่ใช้ในการหมักจะตกตะกอน ทำให้น้ำหมักมีความใสขึ้น (อมรรัตน์ กัลยาภรณ์และศรีสุดา, 2559)

4.1.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ

ออกซิเจนละลายน้ำในช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.34±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.27±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.15±0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 3 ออกซิเจนละลายน้ำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.92±0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 4 ออกซิเจนละลายน้ำเท่ากับ 0.83±0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำหมักมีค่าลดลงอยู่ในช่วง 0.83-1.34 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยออกซิเจนละลายน้ำของน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	1.34	0.02
1	1.27	0.02
2	1.15	0.03
3	0.92	0.04
4	0.83	0.02

จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ที่เป็นสารอินทรีย์ในน้ำต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายสารอนินทรีย์ ความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์นี้จะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมีค่าลดลง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องน้ำ, 2540)

4.1.5 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์และค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้

ช่วงแรกความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 307±51 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 603±115 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 887±59 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,063±158 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ ของน้ำหมักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 307-1,063 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ในช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 200±44 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 410±85 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 610±44 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 720±86 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ค่าของแข็งที่ระเหยได้ของน้ำหมักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 200 - 720 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ในน้ำหมัก (mg/L)
0	-	-
1	307± 51	200±44
2	603±115	410±85
3	887±59	610±44
4	1,063±158	720±86

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์และค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากจุลินทรีย์ได้รับอาหารและแสงแดดที่เพียงพอต่อกระบวนการย่อยอาหารที่เติมลงไปจึงเป็นแหล่งพลังงาน โดยจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีโมเลกุลเล็กลงตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำหมัก ที่หมักเป็นระยะเวลานานขึ้นตะกอนก็เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (สัมพันธ์ วรากร และวิภา, 2545)

4.1.6 ค่าบีโอดี

บีโอดีช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 84±13 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110±9 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 146±8 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ค่าบีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 137±7 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าบีโอดีของน้ำหมักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 84-146 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่าบีโอดีของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าบีโอดีเฉลี่ยของน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	-	-
1	84	13
2	110	9
3	146	8
4	137	7

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าบีโอดีของน้ำหมักมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ที่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์อยู่ในปริมาณมาก อยู่ในรูปของปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ และช่วงสัปดาห์สุดท้ายที่ค่าบีโอดีลดลง เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์น้อยลง แสดงให้เห็นว่า ค่าบีโอดีจะถูกใช้เป็นตัวชี้วัดในการกำหนดปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในน้ำหมัก ซึ่งค่าบีโอดีจะแสดงปริมาณโดยอ้อมของปริมาณที่มีอยู่ของสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ (ศิวพันธุ์, 2553)

4.1.7 ค่าซีโอดี

ค่าซีโอดีในช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 249±31 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 560±46 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ค่าซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 747±201 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ค่าซีโอดีมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 791±15 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าซีโอดีของน้ำหมักเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 249-791 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าซีโอดีของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าซีโอดีเฉลี่ยของน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	-	-
1	249	31
2	560	46
3	747	201
4	791	15

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าซีโอดีที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากสารอินทรีย์ในน้ำหมักจะถูกออกซิไดส์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำในสภาวะที่เป็นกรดเข้มข้น ค่าซีโอดีสูง แสดงว่ามีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์สูง และค่าซีโอดีเป็นค่าที่วัดถึงปริมาณทั้งหมดของออกซิเจนที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (เบญจวรรณ และ อรทัย, 2555)

4.1.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมด

ไนโตรเจนทั้งหมดช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,027±323 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ค่าไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,213±163 มิลลิกรัมต่อลิตร สัปดาห์ที่ 2 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,213±323 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,213±323 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำหมักคงที่อยู่ในช่วง 1,027-1,213 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนของน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	-	-
1	1,027	323
2	1,213	163
3	1,213	323
4	1,213	323

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าไนโตรเจนทั้งหมดจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในสัปดาห์แรกและคงที่เรื่อย ๆ มาจนถึงสัปดาห์สุดท้าย เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำหมักเป็นจุลินทรีย์จำพวกที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศที่มีอยู่อย่างอิสระซึ่งสามารถเจริญได้ทั้งที่มีอากาศถ่ายเทและในสภาพ อับอากาศ (วีณารัตน์, 2553)

4.1.9 ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด

ค่าฟอสฟอรัสช่วงแรกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 512±58 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อระยะเวลาผ่านไป 1 สัปดาห์ ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,445±0 มิลลิกรัมต่อลิตร อาทิตย์ที่ 2 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,178±153 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัปดาห์ที่ 3 ฟอสฟอรัสมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,290±29 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อหมักเป็นระยะเวลา 1 เดือน พบว่า ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมักอยู่ในช่วง 512-5,290 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถแสดงข้อมูลได้ดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมัก

สัปดาห์ที่	ค่าเฉลี่ยฟอสฟอรัสของน้ำหมัก (mg/L)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (±)
0	-	-
1	512	58
2	1,445	0
3	2,178	153
4	5,290	29

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่าฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่เป็นสารอินทรีย์ลดลงเพราะถูกย่อยสลายในระหว่างการหมัก ฟอสฟอรัสช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ช่วยเสริมสร้างส่วนที่เป็นดอก การผสมเกสร สร้างระบบรากให้แข็งแรง ตลอดจนการติดเมล็ด (อนุวัตน์, 2546)

4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรียวัตถุในดิน

ผลของการศึกษาธาตุอาหารหลักและอินทรียวัตถุในดินที่ใช้ในการทดลอง แสดงให้เห็นว่า ค่าอินทรียวัตถุ (Organic matter) มีค่าเท่ากับ 1.95 % ค่าไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) มีค่าเท่ากับ 0.11 % และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus) มีค่าเท่ากับ 11.12 mg kg^{-1} ดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักและอินทรียวัตถุในดินที่ใช้ในการทดลอง

พารามิเตอร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
อินทรียวัตถุ (Organic matter)	%	1.95
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	%	0.11
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total Phosphorus)	mg kg^{-1}	11.12

4.3 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ตาราง 4.11 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลอง	ค่าเฉลี่ย					หมายเหตุ
	จำนวนใบ (ใบ)	ความสูง (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักของต้น (กรัม)		
น้ำเปล่า	102±3	28±1	27±2	333	87	
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	137±6	24±1	27±1	467	87	
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	127±8	28±1	27±1	467	93	
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	137±6	27±0	26±1	400	87	
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	144±11	30±1	38±8	367	400	เจริญเติบโตได้ดีที่สุด
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	136±18	28±1	30±1	367	93	
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	143±6	29±1	34±1	467	93	เพลงที่ได้ผล
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	140±6	27±1	31±1	400	93	

จากตารางจะเห็นได้ว่า ผลการทดลองจากการรดด้วยน้ำเปล่าและน้ำหมักทำให้ต้นกุหลาบหนูมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144±11 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38±8 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 400 กรัม ส่วนทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู คือ ทำนองคลาสสิก โดยการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143±6 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34±1 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 93 กรัม

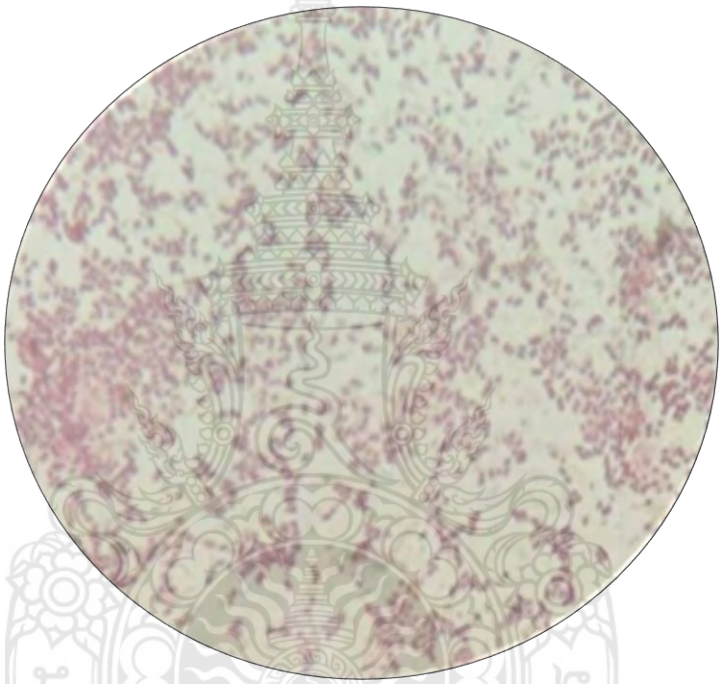
ตาราง 4.12 อัตราการรอดของต้นกุหลาบหนู เมื่อระยะเวลา 4 ผ่านไปสัปดาห์

ชุดทดลอง	**จำนวนต้นกุหลาบหนู (ต้น)**		
	รอด	**เป็นโรค**	**ตาย**
น้ำเปล่า	-	1	2
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	-	3	-
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	-	3	-
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	-	3	-
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	2	1	-
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	-	3	-
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	1	2	-
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	-	3	-

จากตารางจะเห็นได้ว่า ต้นกุหลาบหนูที่รอดมีจำนวน 3 ต้น ต้นกุหลาบหนูที่เป็นโรคมีจำนวน 19 ต้น และต้นกุหลาบหนูที่ตายมีจำนวน 2 ต้น ทุกการทดลองทำ 3 ซ้ำ โดยใช้ต้นกุหลาบหนูจำนวนรวมทั้งหมด 24 ต้น

4.4 ผลการศึกษาการย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่พบส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมลบ มีลักษณะเป็นรูปแท่ง (Rod) ย้อมติดสีแดง ซึ่งสอดคล้องกับงาน พิมพ์เพ็ญ (2553) ที่พบว่าแบคทีเรียสังเคราะห์ในน้ำหมัก เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างเป็นท่อน ไม่สร้างสปอร์ (Non Spore Forming) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่เจริญได้ทั้งสภาวะมีอากาศและไม่มีอากาศ ผลการศึกษาการย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย แสดงดังภาพ 4.1



ภาพ 4.1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียที่ผ่านการย้อมสี

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยทำน้ำหมักจากจุลินทรีย์หมักเป็นระยะเวลา 1 เดือน แล้วนำมาทดลองกับต้นกุหลาบหนู โดยเปิดทำนองเพลง สัปดาห์ละ 1 ครั้ง และใช้ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ สามารถสรุปผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลของการเจริญเติบโตของตะกอนจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

5.1.1.1 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักอยู่ตั้งแต่ช่วงที่เป็นกรดอ่อน ๆ จนถึงเป็นกลาง คือ ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.27-7.12 ดังนั้นระดับความเป็นกรด-ด่าง จึงมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

5.1.1.2 ค่าอุณหภูมิ ผลของค่าอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.8-27.0 องศาเซลเซียสอุณหภูมิจึงมีความสำคัญในการเจริญเติบโตและการปรับตัวของจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตได้ดี ในช่วงอุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส

5.1.1.3 ค่าความขุ่น ผลของค่าความขุ่นมีค่ามากขึ้น เนื่องจากจุลินทรีย์ได้เกิดกระบวนการหมักเพิ่มมากขึ้น และมีตะกอนมากขึ้นด้วย จึงทำให้มีความขุ่นมากขึ้น

5.1.1.4 ค่าออกซิเจนละลายน้ำ ผลของค่าออกซิเจนละลายน้ำมีค่าลดลง เนื่องจากการทำน้ำหมักจุลินทรีย์ เป็นการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน เป็นสิ่งจำเป็นในการย่อยสลายอาหารให้เป็นพลังงานโดยผ่านการหายใจ นอกจากนี้ยังจำเป็นต่อการย่อยสลายอินทรียสาร และปล่อยสารอาหารออกมาเป็นประโยชน์ในการสร้างอาหารของจุลินทรีย์

5.1.1.5 ค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์และค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ ผลค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำหมัก ที่หมักเป็นระยะเวลานานขึ้นตะกอนก็เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แสดงปริมาณได้ว่าจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตได้ดี

5.1.1.6 ค่าบีโอดี ผลของค่าบีโอดีจะถูกใช้เป็นตัวชี้วัดในการกำหนดปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในน้ำหมัก ซึ่งค่าบีโอดีจะแสดงปริมาณโดยอ้อมถึงปริมาณที่มีอยู่ของสารอินทรีย์ที่ย่อยได้

5.1.1.7 ค่าซีโอดี ผลของค่าซีโอดีสารอินทรีย์ในน้ำหมักจะถูกออกซิไดส์จนได้คาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำในสภาวะที่เป็นกรดเข้มข้น ค่าซีโอดีสูงแสดงว่ามีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์สูง และค่าซีโอดีเป็นค่าที่วัดถึงปริมาณทั้งหมดของออกซิเจนที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

5.1.1.8 ค่าไนโตรเจนทั้งหมด จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำหมักเป็นจุลินทรีย์จำพวกที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศที่มีอยู่อย่างอิสระซึ่งสามารถเจริญได้ทั้งที่มีอากาศถ่ายเทและในสภาพอับอากาศ

5.1.1.9 ค่าฟอสฟอรัสช่วยในการสังเคราะห์แสง สร้างแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ที่สำคัญหลายชนิด ช่วยเสริมสร้างส่วนที่เป็นดอก การผสมเกสร สร้างระบบรากให้แข็งแรง ตลอดจนการติดเมล็ด

5.1.2 ผลการทดลองของน้ำหมักที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ผลการทดลองจากการรดด้วยน้ำเปล่าและน้ำหมักทำให้ต้นกุหลาบหนูมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 144±11 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38±8 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 400 กรัม

5.1.3 ผลของทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู คือทำนองคลาสสิก โดยการวัดอัตราการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู โดยจำนวนใบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 143±6 ใบ ความสูงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29±1 เซนติเมตร ความยาวรากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 34±1 เซนติเมตร และน้ำหนักของต้นกุหลาบหนูเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีค่าเท่ากับ 93 กรัม

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเรื่องของแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

5.2.2 ควรหลีกเลี่ยงการใช้น้ำหมักในช่วงอากาศมีความชื้นสูง หรือช่วงที่มีโรคระบาด เพราะจะทำให้เจริญเติบโตไม่ดีและมีใบร่วง

5.2.3 เกษตรกรควรทำน้ำหมักหรือขยายน้ำหมักใช้เองเพื่อช่วยให้เกิดการพึ่งพาตนเอง และประหยัดตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง

เอกสารอ้างอิง

การใช้เพลงในการปรับปรุงอนามัยพืช. 2554. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://louisrosalynsong.wordpress.com. 13 กุมภาพันธ์ 2562

กัญญ์ณณัฐญา ลัภยานันท์. 2557. **"ศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพจากหอยเชอรี่ ใบสาบเสือ กากกาแฟ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของดาวเรืองในกระถางปลูก**." วิทยาศาสตรบัณฑิต. (สาขาวิชาเกษตรศาสตร์). คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

ข้อมูลพันธุ์ไม้. 2561. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https://data.addrun.org. 14 มกราคม 2562

น้ำฝน ปัญจนาพงศ์ชัย ศิวพร วรรณวิไล และสาโรจน์ ศิริศันสนียกุล. 2556. **"ผลของอุณหภูมิต่อการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพเข้มข้น."** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. (ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ). คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะภรณ์ จิตรเอก. 2556. **"ผลของน้ำหมักชีวภาพร่วมกับสมุนไพรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัด 4 ชนิดในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์."** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

พัชรี อินธนู และ จิตติยา แทนคำ. 2560. **"การย่อยสลายภายใต้สภาวะไร้อากาศของสารอินทรีย์ประเภทเศษอาหารเข้มข้นในกระบวนการผลิตแก๊สชีวภาพ."** คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2552. **"แบคทีเรียแกรมลบ."** (สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร).คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาวณา ลิกขนานนท์. 2542. **น้ำสกัดชีวภาพ-ปุ๋ยชีวภาพ คืออะไรและได้ผลคุ้มค่าเพียงใด.** เคหะการเกษตร. 24 : 173-181.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2538. **คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

วีณารัตน์ มูลนัตน์. 2553. **“ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากส่าเหล้าทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของผักโขม (*Amaranthus tricolor)* ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ *(Brassica campestrisvar. chinensis)* และผักบุ้งจีน *(Ipomoea aquatic var.reptans)”*** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเรื่องน้ำ. 2540**.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://globethailand.ipst.ac.th/?p=716**.** 24 กุมภาพันธ์ 2562.

สัมพันธ์ พลันสังเกตุ วรากร วิศพันธ์ และวิภา พลันสังเกตุ. 2545. **“การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเพื่อการประปา.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. (ภาควิชาเคมี). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2532. **“ปุ๋ยชีวภาพเพื่อการเกษตร.”** สำนักงานกรุงเทพฯ. (ภาควิชาเทคโนโลยี). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุริยา สาสนรักกิจ. 2542. **“ปุ๋ยน้ำชีวภาพ.”** ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

สุรชัย พัฒนพิบูล. 2550. **“ประสิทธิภาพของน้ำสกัดชีวภาพต่อการเจริญเติบโตของผักบางชนิดในระบบการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. 2559. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www.nia.or.th/download/activity/20060120_presentation.pd. 7 มกราคม 2561.

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. 2553. **“แนวทางการจัดคุณภาพน้ำในคลองอัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

ศิริรัตน์ ก่ำวีเขียว และคณะ. 2554. **“ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเขียว Vigna radiata L.”** วารสารหน่วยงานวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**.** มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพมหานคร.

อมรรัตน์ สีสุกอง กัลยาภรณ์ จันตรี และศรีสุดา หาญภาคภูมิ. 2559. **“การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากวัชพืชบางชนิด.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์.

อรรถ บุญนิธี. 2544. **“เอกสารประกอบคำอภิปรายในการสัมมนาเรื่อง การผลิตและการใช้น้ำสกัดชีวภาพ.”** โรงแรม เค พี แกรนด์. จันทบุรี.

อนุวัตน์ เฟื่องจันทร์. 2546. **“ผลของการกวนและเติมอากาศในการทำปุ๋ยหมักจากขยะในครัวเรือนโดยใช้เทอร์โมฟิลิคแบคทีเรีย**.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อรุณ ชาญชัยเชาว์วิวัฒน์ สุวินัย เกิดทับทิม และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2534. **“การนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ในระบบเกษตรกรรมแบบยั่งยืน.”** (ภาควิชาชีววิทยา). คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพมหานคร.

เบญจวรรณ คำศรี และ อรทัย ชวาลภาฤทธิ์. 2555. **“การผลิตน้ำหมักชีวภาพที่ใช้ตะกอนสลัดจ์เป็นวัสดุหมักร่วม.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. (ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม). คณะวิศวกรรมศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เศรษฐพงศ์ เลขะวัฒนะ. 2543. **การปลูกกุหลาบตัดดอก.** โรงพิมพ์สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม กำแพงแสน

โดโรธี รีแทลแลค. 2559. The Sound of Music and Plant (เสียงดนตรีและพืช). [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.kasetloongkim.com, 4 มกราคม 2562

ไชยวัฒน์ ไชยสุด. 2550. **น้ำหมักชีวภาพ**. เทคโนโลยีเพื่อความพอเพียงสู่วัฒนธรรมเพื่อสุขภาพชุมชนที่ยั่งยืน.

Brock, T.D., M.T. Madigan, J. M. Martinko and J. Parker. 1994. **Biology of Microorganisms**.7th ed., Prentice Hall International, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. p. 909.

Chanchaichavivat, A and Wongsrirat J. 2009. Biological control of chilli anthracnose (Colletotrichum gloeosporioides) by yeasts isolated from fruits and vegetables. **Advanced Science Journal**. pp. 120-131.

Imhoff, J. F. 1992**. Taxonomy, Phylogeny, and General Ecology of Anoxygenic Photosynthetic Bacteria**. In N. H. Mann, and N. G. Carr (ed.). Photosynthetic Prokaryotes. Vol.6. Plnum Press, Now York and London. pp. 53-92.

Kobayashi. 2000. Waste Remediation and Treatment Using Anoxygenic Phototropic Bacteria. Anoxygenic **Photosynthetic Bacteria**. pp. 1269-1282.

Levett, P.N. 1990. **Anaerobic Bacteria a Functional Biology**. St Edmunds bury Press Ltd. Philadelphia. p. 116.

Maki, T. 2004. **Aurace PSB and G2 for Nursery**. Matsumoto Institute of Microorganism Co. Ltd.

Romello. 2016. ต้นไม้ก็มีดนตรีในหัวใจ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : https : getgoingthai. blogspot.com/2016/08/1.html, 24 มกราคม 2562

Scragg, A. 2005. **Environmental Biotechnology.** 2nd ed. New York : Oxford University.

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. การตรวจวัดค่าพีเอช (pH)

1.1 หลักการ

การวัดสภาพความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย ที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย (Aqueous Solution) โดยวัดค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (Potential) ระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากอิออน (Ionic Potential) ให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electronic Potential) แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัดพีเอช (Potentiometer)

1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

1.2.1 เครื่องวัดพีเอช

1.2.2 เครื่องวัดพีเอชเป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าที่ใช้วัดพีเอชของสารละลายโดยหลักการวัดความต่างศักย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ อิเล็กโทรดและตัวเครื่อง

1.2.2.1 อิเล็กโทรดทำหน้าที่เป็นภาคตรวจรับ ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นอิเล็กโทรดรวม (Combination pH Electrode) ซึ่งออกแบบไว้ให้สะดวกการใช้งาน โดยรวมอิเล็กโทรดอ้างอิงและอิเล็กโทรดตรวจวัดมาอยู่ด้วยกัน อิเล็กโทรดตรวจวัดทำด้วยแก้วพิเศษที่ยอมให้ไฮโดรเจนอิออนผ่าน ส่วนใหญ่ออกแบบเป็นรูปกระเปาะ ภายในบรรจุบัฟเฟอร์เอาไว้ อิเล็กโทรดอ้างอิงทำหน้าที่ให้ศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ขั้วตรวจวัดเกิดครบวงจรโดย KCl ชนิดอิ่มตัวที่อยู่ในอิเล็กโทรดอ้างอิงซึมผ่านออกมาเป็น Salt Bridge เชื่อมกับอิเล็กโทรดตรวจวัด

1.2.2.2 ตัวเครื่อง (Potentiometer) ทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการคือ

1) การปรับความต่างศักย์ให้กับอิเล็กโทรดอ้างอิงให้มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์และคงที่

2) การแปลสัญญาณจากความต่างศักย์ของอิออนของอิเล็กโทรดให้เป็นความต่างศักย์ทางไฟฟ้า

3) ขยายสัญญาณของความต่างศักย์ทางไฟฟ้าให้เพิ่มมากขึ้นอย่างเพียงพอให้เข็มหรือตัวเลขแสดงออกมาทางมิเตอร์

1.2.3 บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

1.2.4 Magnetic stirrer

1.3 สารเคมี

1.3.1 ลายละลายมาตรฐานพีเอช (บัฟเฟอร์) pH 4.0 , 7.0 , 10.0

1.3.2 สารละลลายบัฟเฟอร์ pH 7.41 at 25 องศาเซลเซียส , สารละลายสำหรับเติม Probe (Filling Solution) , น้ำกลั่น

*** สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารอินทรีย์ จึงอาจเสื่อมคุณภาพเพราะการเจริญเติบโตของเชื้อราหรือจากการปนเปื้อนของสารอื่น

ตารางภาคผนวก ก 1 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
06/11/2018	0	7.12	7.13	7.12
13/11/2018	1	6.32	6.29	6.21
20/11/2018	2	6.62	6.64	6.45
26/11/2018	3	6.84	6.91	6.66
04/12/2018	4	6.88	6.97	6.83

ก) การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

ข) เทียบกับแถบสีกระดาษลิตมัส

ภาพภาคผนวก ก 1 ขั้นตอนการตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

2. การตรวจวัดค่าอุณหภูมิ

2.1 หลักการ

การวัดอุณหภูมิเป็นการวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้ำรับไว้ รวมทั้งดินและอากาศที่อยู่บริเวณโดยรอบด้วย ถ้าน้ำรับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้มากก็จะทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ น้ำจากโรงงานก็อาจทำให้อุณหภูมิของแหล่งน้ำสูงขึ้นได้อีกทางหนึ่ง การระเหยของน้ำที่ผิวโลกสามารถช่วยลดอุณหภูมิของน้ำในบริเวณผิวหน้าน้ำที่ไม่ลึกนัก การวัดอุณหภูมิของน้ำทำให้เข้าใจถึงรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในรอบปี ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิของน้ำในแหล่งน้ำจะมีอิทธิพลสูงต่อปริมาณและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำนั้น

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

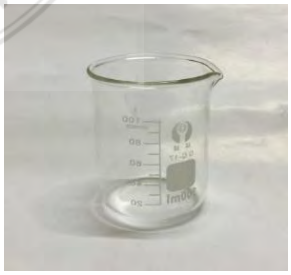
2.2.1 เทอร์โมมิเตอร์

2.2.2 บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

ตารางภาคผนวก ก 2 แสดงค่าอุณหภูมิของน้ำหมัก

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (°C)	ตัวอย่างที่ 2 (°C)	ตัวอย่างที่ 3 (°C)
06/11/2018	0	25.9	25.7	25.9
13/11/2018	1	27.4	27.8	26.4
20/11/2018	2	25.4	25.4	25.3
26/11/2018	3	27.4	26.9	26.7
04/12/2018	4	26.9	27	26.9

ก) เทอร์โมมิเตอร์



ข) บีกเกอร์

ภาพภาคผนวก ก 2 อุปกรณ์การตรวจวัดอุณหภูมิ

3. การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solids : MLSS)

3.1 หลักการ

กรองตัวอย่างน้ำที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันผ่านกระดาษกรองใยแก้วขนาด 40-60 ไมครอน ที่ทราบค่าน้ำหนัก และนำกระดาษกรองที่มีตะกอนค้างอยู่ไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปชั่งจนได้น้ำหนักคงที่ น้ำหนักของกระดาษกรองที่เพิ่มขึ้นคือปริมารสารแขวนลอย

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.2.1 ตู้อบ

3.2.2 เครื่องชั่ง

3.2.3 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator)

3.2.4 คีมคีบ (Forcep)

3.2.5 กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

3.2.6 ชุดกรองสุญญากาศ (Filter Support) ที่ประกอบด้วย ขวดกรอง (Membrane Filter Funnel) ถ้วยกรองกูซ (Gooch Crucible) และเครื่องสุญญากาศ (Vacuum Pump) พร้อมขวดดูดสุญญากาศ (Suction Flask) ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.3 วิธีการวิเคราะห์

3.3.1 นำกระดาษกรองพร้อมถ้วยระเหยอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองอบเข้าตู้ดูดความชื้น 30 นาที และนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนนำไปกรองน้ำตัวอย่าง

3.3.2 ติดตั้งชุดกรองสุญญากาศบุชเนอร์และปั๊มดูดอากาศ โดยวางกระดาษกรองลงบนบุชเนอร์ และฉีดด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อยจนกระดาษกรองเปียก

3.3.3 ตวงน้ำตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำตัวอย่างโดยทั่วไปใช้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เทลงบนกระดาษกรอง และเปิดปั๊มดูดอากาศจนไม่มีน้ำหยดจากกระดาษกรอง

3.3.4 นำกระดาษกรองออกจากบุชเนอร์ใส่ลงบนถ้วยระเหย นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองเข้าตู้ดูดความชื้น 30 นาที และชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักของกระดาษกรองหลังนำไปกรองน้ำตัวอย่าง

3.4 การควบคุมคุณภาพ

3.4.1 ผสมตัวอย่างให้เข้ากันดี เทตัวอย่างก่อนที่ของแข็งจะตกตะกอน ตวงปริมาตรน้ำด้วยกระบอกตวง ถ้ามีของแข็งขนาดใหญ่ให้กำจัดทิ้งไป

3.4.2 เครื่องชั่งน้ำหนักจะต้องเปรียบเทียบกับน้ำหนักมาตรฐานแล้วชั่งในหน่วยมิลลิกรัม

3.4.3 ใช้คีมคีบจับถ้วยกระเบื้องห้ามใช้นิ้วมือจับ

3.4.4 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างขณะที่มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วทิ้งตัวอย่างให้เย็นในตู้ดูดความชื้น

3.4.5 การแก้ปัญหาน้ำหนักแตกต่างกัน ให้ทำแบลงค์ โดยใช้น้ำกลั่นแล้ววิเคราะห์พร้อมกับการทำตัวอย่างน้ำ

3.4.6 ตู้อบและเตาเผาควรมีเครื่องเทอร์โมมิเตอร์ติดถาวรและควรปรับเทียบเทอร์โมมิเตอร์ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่เทียบแล้ว

3.4.7 ขณะเผาในเตาเผา ไม่ปล่อยให้อุณหภูมิสูงเกิน 550 องศาเซลเซียส องค์ประกอบของกระดาษกรองอาจจะถูกเผาไหม้ สารอนินทรีย์ในตัวอย่างบางส่วนอาจถูกเผาไหม้ไป

3.4.8 ไม่เปิดประตูของเตาเผาหลังจากที่ใส่ตัวอย่างเข้าไปเผาแล้ว

3.4.9 นำตัวอย่างที่มีน้ำมันและไขมันลอยที่ผิวหน้าให้นำไปปั่นให้กระจายก่อนวิเคราะห์

ตารางภาคผนวก ก 3 แสดงค่าค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
8/11/2018	0	250	350	320
15/11/2018	1	720	490	600
22/11/2018	2	910	820	930
29/11/2018	3	1,100	890	1,200

3.5 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B)\times 10^6}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

โดย A = น้ำหนักกระดาษกรองและสารแขวนลอยในตัวอย่าง (กรัม)

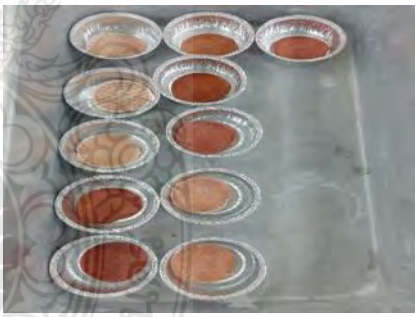
B = น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม)

หมายเหตุ : ใช้ Forcep คีบถ้วยกระเบื้องและถ้วยอลูมิเนียมทุกครั้งแทนการใช้มือจับ

ก) กระดาษกรองก่อนกรองตัวอย่าง

ข) ชั่งกระดาษกรองก่อนกรองตัวอย่าง

ค) กรองตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร



ง) ตัวอย่างหลังกรอง

ภาพภาคผนวก ก 3 การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์

4. การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ (Mixed Liquor Volatile Suspended Solids : MLVSS)

4.1 หลักการ

ปริมาณอินทรียสารที่เป็นของแข็งที่ระเหยไปได้หลังจากการนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส ใช้เป็นตัวแทนของมวลจุลินทรีย์ ใช้ประโยชน์ในการบ่งชี้ปริมาณจุลินทรีย์ในระบบบำบัด

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

4.2.1 ตู้เผา

4.2.2 เครื่องชั่ง

4.2.3 ตะกอนจากการทำ MLSS

4.3 วิธีการวิเคราะห์

4.3.1 นำตะกอนที่ได้จากการทำ MLSS มาชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักก่อนเผา

4.3.2 นำตะกอนที่ชั่งเสร็จไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำตะกอนที่เผาเข้าตู้ดูดความชื้น 30 นาที และชั่งน้ำหนักเพื่อให้ทราบน้ำหนักของตะกอนจุลินทรีย์หลังเผา

ตารางภาคผนวก ก 4 แสดงค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
8/11/2018	0	150	230	220
15/11/2018	1	500	330	400
22/11/2018	2	630	560	640
29/11/2018	3	760	610	765

4.4 การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-C)\times 10^6}{\text{ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

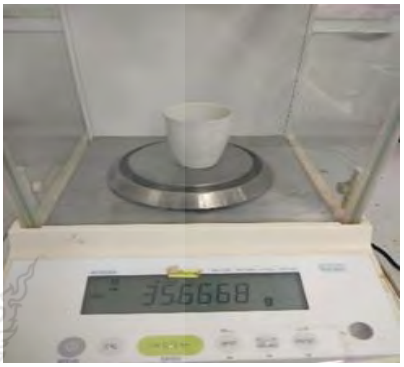
โดย A = น้ำหนักกระดาษกรองและสารแขวนลอยในตัวอย่าง (กรัม)

C = น้ำหนักกระดาษกรอง (กรัม)

ก) ชั่งน้ำหนักระดาษกรอง

ข) เข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส

ค) นำเข้าตู้ดูดความชื้น 1 ชั่วโมง



ง) ชั่งน้ำหนักหลังเผา

ภาพผนวก ก 4 การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของมวลตะกอนจุลินทรีย์ระเหยได้

5. การตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen : DO)

5.1 หลักการ

เป็นเครื่องวัดค่าออกซิเจนในน้ำ โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวประมวลผลการวัดค่า มีการชดเชยอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ (ATC) ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการใช้จุดการสุ่มตัวอย่างสามารถแสดงการวัดค่าออกซิเจนละลายในหน่วยของหนึ่งส่วนต่อล้านส่วน (ppm = mg/L) หรือ เปอร์เซ็นต์ (%) ของความเข้มได้ สามารถค้างค่าที่วัดได้เพื่อการอ่านบนจอ LCD

5.2 เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

5.2.1 เครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำ

5.2.2 น้ำตัวอย่าง

5.2.3 บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร

5.3 วิธีการวิเคราะห์

5.3.1 เปิดเครื่องวัดออกซิเจนละลายน้ำประมาณ 30 นาที

5.3.2 นำน้ำตัวอย่างใส่บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร นำโพรบจุ่มน้ำตัวอย่างจนกว่าจะได้ยินเสียงเตือนอ่านค่าเสร็จ

5.3.3 อ่านค่าบนหน้าจอ LCD แล้วจดบันทึกค่า

ตารางภาคผนวก ก 5 แสดงค่าออกซิเจนละลายน้ำ

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
06/11/2018	0	1.36	1.34	1.33
13/11/2018	7	1.29	1.26	1.25
20/11/2018	14	1.18	1.14	1.13
26/11/2018	21	0.96	0.92	0.89
04/12/2018	28	0.85	0.83	0.81

ก) ตวงน้ำตัวอย่าง 30 มิลลิลิตร

ข) วัดด้วยเครื่องวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ

ภาพภาคผนวก ก 5 การตรวจวัดค่าออกซิเจนละลายน้ำ

6. การตรวจวัดค่าความขุ่น (Turbidity)

6.1 หลักการ

การวัดค่าความขุ่นโดยวิธีการใช้แสงที่มาจากหลอดไฟผ่านเลนส์ของเครื่องและสารละลายที่ต้องการวัด เมื่อแสงตกกระทบอนุภาคความขุ่นที่แขวนลอยจะเกิดการกระจายของแสง ซึ่งความเข้มแสงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความขุ่นที่ปรากฏ

6.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

6.2.1 เครื่องวัดความขุ่น

6.2.2 หลอดทดสอบ

6.2.3 กระดาษเช็ดหลอดทดสอบ

6.3 วิธีการวิเคราะห์

6.3.1 เปิดเครื่องวัดความขุ่นทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที

6.3.2 เทน้ำตัวอย่างลงในหลอดทดสอบให้ถึงระดับขีด

6.3.3 เช็ดหลอดทดสอบให้แห้ง เพื่อลดความผิดพลาดจากการขีดข่วนต่าง ๆ

6.3.4 ใส่หลอดทดสอบลงในช่องวัดตัวอย่างของเครื่อง และปิดฝา

6.3.5 กดตกลง อ่านค่าความขุ่นของตัวอย่าง และบันทึกค่าที่อ่านได้บนจอ LCD

6.3.6 เมื่อทำการวัดเสร็จแล้วทำความสะอาดหลอดทดสอบ และปล่อยทิ้งไว้ให้แห้ง

ตารางภาคผนวก ก 6 แสดงค่าความขุ่น

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (NTU)	ตัวอย่างที่ 2 (NTU)	ตัวอย่างที่ 3 (NTU)
06/11/2018	0	621	610	635
13/11/2018	1	698	685	687
20/11/2018	2	840	857	843
26/11/2018	3	1,050	1,023	1,042
04/12/2018	4	1,290	1,260	1,250

ก) การเจือจางน้ำตัวอย่าง

ข) การตรวจวัดค่าความขุ่น

ภาพภาคผนวก ก 6 การตรวจวัดค่าความขุ่น

7. การตรวจวัดค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand : BOD)

7.1 หลักการ

บีโอดี เป็นการวัดความสกปรกของน้ำ คิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจน O_2 ที่ลดลง เนื่องจากจุลชีพจำพวกแบคทีเรียนำไปใช้ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยการหาค่าความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างที่วัดได้วันแรก DO_0 กับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำตัวอย่างเดียวกัน เก็บไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 20±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน DO_5

7.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

7.2.1 ขวดบีโอดี ขนาด 300 มิลลิลิตร พร้อมจุกแก้ว และฝาพลาสติกที่ปิดได้สนิท

7.2.2 บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

7.2.3 ตู้ควบคุมอุณหภูมิ

7.2.4 ปิเปต 10 มิลลิลิตร

7.2.5 กระบอกตวง ขนาด 100 และ 1,000 มิลลิลิตร

7.3 วิธีการเตรียมสารเคมี

7.3.1 สารละลาย-ฟอสเฟตบัฟเฟอร์

7.3.1.1 ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม

7.3.1.2 ชั่งไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม

7.3.1.3 ชั่งไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปต้าไฮเดรต ($Na_2HPO_4{\cdot}7H_2O$) 33.4 กรัม

7.3.1.4 ชั่งแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม

7.3.1.5 ละลายลงในน้ำกลั่น 500 ml แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7.3.2 ละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)

7.3.2.1 ชั่งแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปต้าไฮเดต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 22.5 กรัม

7.3.2.2 ละลายลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7.3.3 สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)

7.3.3.1 ชั่งแคลเซียมคลอไรด์ (Anhydrous $CaCl_2$ หรือ $CaCl_2 \cdot 2H_2O$) 27.5 กรัม

7.3.3.2 ละลายลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7.3.4 สารละลายเฟอริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)

7.3.4.1 ชั่งไอร์ออน (III) คลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$) 0.25 กรัม

7.3.4.2 ละลายลงในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7.3.5 สารละลายแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$)

7.3.5.1 ชั่งแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($MnSO_4 \cdot H_2O$) 364 กรัม

7.3.5.2 ละลายลงในน้ำกลั่น กรองแล้วปรับเป็น 1 ลิตร

7.3.6 สารละลายอัลคาไล-ไอโดไดด์-เอไซด์ (Alkali-Iodide-Azide reagent : AIA)

7.3.6.1 ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม หรือโปแตสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 700 กรัม

7.3.6.2 ชั่งโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม หรือโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 150 กรัม

7.3.6.3 ละลายลงในน้ำกลั่นแล้วปรับเป็น 1 ลิตร

7.3.6.4 ชั่งโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม

7.3.6.5 ละลายลงในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร แล้วเติมผสมลงในสารละลายข้างต้น

7.3.7 กรดซัลฟิวริคเข้มข้น 36 นอร์มอล

7.3.8 น้ำแป้ง (Starch)

7.3.8.1 ต้มน้ำให้เดือด 800 มิลลิลิตร

7.3.8.2 ละลายแป้ง 5 กรัม ลงในน้ำต้ม 800 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ต้มต่อให้เดือด 2- 3 นาที ตั้งค้างคืน (ใช้เฉพาะน้ำใส)

7.3.8.3 เติมกรด Salicylic Acid 1.25 กรัม ต่อน้ำแป้ง 1 ลิตร

7.3.9 สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มอล

7.3.9.1 ต้มน้ำให้เดือดแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

7.3.9.2 ชั่งโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 24.82 กรัม

7.3.9.3 เติมลงในน้ำต้มที่เย็นแล้ว ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7.6.3.4 เก็บรักษาโดยการเติม NaOH 1 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

7.3.10 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มอล

7.3.10.1 เตรียมจากสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มอล จำนวน 250 มิลลิลิตร

7.3.10.2 เติมลงในน้ำกลั่นปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

7.3.10.3 เก็บรักษาโดยการเติม NaOH 0.4 กรัม ต่อสารละลาย 1 ลิตร

*** (สารนี้ต้องหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายมาตรฐานไดโครเมต)

7.4 วิธีการวิเคราะห์

7.4.1 เตรียมน้ำ Dilution โดยใช้น้ำ Softening เติมอากาศก่อนใช้ประมาณ 1 ชั่วโมง (1 ลิตรต่อ 1 Dilution)

7.4.2 หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 15-30 นาทีเพื่อไล่ฟองอากาศ

7.4.3 เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ + แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) + แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) + เฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) อย่างละ 1 มิลลิลิตรต่อน้ำ Dilution 1 ลิตร

7.4.4 ปิเปตน้ำตัวอย่าง ในปริมาตรที่คำนวณได้จากตาราง %Dilution ใส่ใน Volumetric Flask ขนาด 1 ลิตร

7.4.5 จากนั้นนำน้ำ Dilution ที่เตรียมไว้เติมผสมลงใน Volumetric Flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร (พยายามอย่าให้มีฟองอากาศ)

7.4.6 เขย่าให้เข้ากันแล้วเทลงในขวด BOD จำนวน 3 ขวด

7.4.7 นำขวด BOD ชุดที่ 1 ไปหาค่า DO_0 (ดูวิธีหาค่า DO)

7.4.8 ขวด BOD ชุดที่ 2 (จำนวน 2 ขวด) ปิดด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยด์ แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน จากนั้นนำมาหาค่า DO_5

ตารางภาคผนวก ก 7 แสดงค่าบีโอดีของน้ำหมัก

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
04/01/62	0	0.53	0.67	0.93
09/01/62	1	0.93	1.07	1.03
11/01/62	2	1.20	1.37	1.53
16/01/62	3	1.57	1.45	1.30

7.5 การคำนวณ

$$\text{BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{DO_0\text{-}DO_5 \times 100}{\%\ \text{Dilution}}$$

โดย DO_0 = ค่า DO ของตัวอย่างที่ไตไตรทได้วันแรก

DO_5 = ค่าเฉลี่ย DO ของตัวอย่างที่ไตเตรทได้หลังจากการเก็บในตู้บ่ม 5 วัน

ก) เทน้ำตัวอย่างใส่ขวดบีโอดี

ข) ตัวอย่าง DO_5

ค) เติมแมกนีเซียมซัลเฟตอัลคาไลด์ไอโอไดเอไซด์ อย่างละ 1 มิลลิลิตร

ง) ปิดฝาและเขย่า ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที จะเกิดการตกตะกอน

ภาพภาคผนวก ก 7 การตรวจวัดค่าบีโอดี

8. การตรวจวัดค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD)

8.1 หลักการ

การวิเคราะห์หาซีโอดีเป็นการวัดความสกปรกของน้ำเสียโดยคิดเปรียบเทียบในรูปของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์โดยใช้สารเคมี ซึ่งมีอำนาจในการออกซิไดซ์สูงในสารละลายที่เป็นกรดในการวิเคราะห์หาซีโอดีจากตัวอย่างจำเพาะบางชนิด สามารถหาความสัมพันธ์กับค่าบีโอดี สารอินทรีย์คาร์บอน หรือสารอินทรีย์ต่าง ๆ เพื่อใช้ในการติดตามและควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียได้ วิธีรีฟลักซ์โดยใช้ไดโครเมท เป็นที่นิยมใช้กันมากกว่าการใช้สารออกซิไดซ์ชนิดอื่น ๆ เนื่องจากความสามารถในการออกซิไดซ์ใช้ได้กับตัวอย่างชนิดต่าง ๆ และวิธีวิเคราะห์ง่ายต่อการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ ต่าง ๆ ได้ประมาณ 95 ถึง 100 % แต่สำหรับไพริดีนและอนุพันธ์จะทนต่อการถูกออกซิไดซ์ และพวกสารอินทรีย์ที่ระเหยได้จะถูกออกซิไดซ์เมื่อสัมผัสกับสารออกซิไดซ์เท่านั้น แอมโมเนียที่อยู่ในน้ำเสียหรือถูกปล่อยออกจากสารอินทรีย์จะไม่ถูกออกซิไดซ์ถ้าไม่มีประจุคลอไรด์อิสระจำนวนเพียงพอ

8.2 การเลือกใช้วิธีวิเคราะห์

วิธีฟลักซ์แบบเปิด (Open Rflux) สามารถใช้ได้กับของเสียชนิดต่าง ๆ ที่สามารถเก็บตัวอย่างจำนวนมากได้ ส่วนวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux) จะประหยัดกว่าในการใช้ Metallic Salt Reagents แต่ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีเนื้อเดียวกัน (Homogenous) มิฉะนั้นจะทำให้ได้ค่าที่คลาดเคลื่อน และหลอดเลี้ยงเชื้อพร้อมด้วยสารละลายที่ตวงสำเร็จมีจำหน่ายตามท้องตลาด วิธีทำตามวิธีการของผู้ผลิต การวิเคราะห์หาค่าซีโอดีตั้งแต่ 50 มก./ลบ.ดม. ขึ้นไปใช้วิธีรีฟลักซ์แบบเปิดหรือปิดก็ได้

การวิเคราะห์ COD โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux) สารอินทรีย์ที่ระเหยจะสามารถถูกออกซิไดซ์ได้มากกว่าในระบบเปิดเพราะมีเวลาสัมผัสกับสารออกซิไดซ์ได้นานกว่าก่อนทำการทดลองทุกครั้งควรตรวจดูฝาปิดหลอดแก้วว่ามีรอยแตกตรงร่องต่อของ TEE liner หรือไม่ ฝาจุกของหลอดทดลองที่อาจเกิดชำรุดในขณะการย่อยสลายในเตาอบจะทำให้เกิดการปนเปื้อนและทำให้มีการสูญหายของสารอินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงควรที่จะต้องระมัดระวังสำหรับการย่อยสลายในเตาอบจะใช้อุณหภูมิที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การเลือกขนาดของหลอดที่ใช้ขึ้นอยู่กับความไว (Sensitivity) ที่ต้องการสำหรับตัวอย่างน้ำที่มีค่าซีโอดีต่ำ ควรใช้หลอดแก้วขนาด 25 × 150 มิลลิเมตร เพราะจะต้องใช้ปริมาณตัวอย่างน้ำที่มาก

8.3 ข้อจำกัดและสิ่งรบกวนของการวิเคราะห์

สารประกอบพวก Volatiie Straight-Chain Aliphatic จะถูกออกซิไดซ์เพียงบางส่วนเท่านั้นเนื่องจากสารระเหยเหล่านี้อยู่ในสถานภาพที่เป็นไอระเหยทำให้ไม่สัมผัสโดยตรงกับสารออกซิไดซ์สารประกอบเหล่านี้จะถูกออกซิไดซ์ได้ดีขึ้นถ้ามีซิลเวอร์ซัลเฟต รวมเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาอยู่ด้วยซึ่งซิลเวอร์ซัลเฟต เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอไรด์โบรไมด์ และไอโอไดด์ จะเกิดเป็นตะกอนซึ่งจะถูกออกซิไดซ์เป็นบางส่วนแต่สามารถแก้ไขถึงแม้จะไม่สมบูรณ์ได้โดยการผสมเมอคิวริกซัลเฟตก่อนทำการรีฟลักซ์ แม้ว่าเมอคิวริกซัลเฟต 1 กรัม ถูกกำหนดให้ใช้กับตัวอย่าง 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรแต่สามารถใช้ให้น้อยลงได้ ถ้าปริมาณตัวอย่างคลอไรด์ มีปริมาณต่ำกว่า 2,000 มก./ลบ.ดม. หรืออัตราส่วนยังคงเป็น 10:1 ของ $HgCl_4$: Cl^- ถูกคงรักษาไว้ได้

8.4 การเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างสามารถเก็บไว้ในขวดแก้วหรือพลาสติกก็ได้ แต่โดยมากนิยมเก็บขวดแก้วในการวิเคราะห์ หาซีโอดี ควรเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในทันทีต้องทำการปรับค่าพีเอช แต่โดยมากนิยมเก็บขวดแก้วในการวิเคราะห์หาซีโอดีควรเก็บตัวอย่างอย่างน้อย 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรและถ้าไม่สามารถวิเคราะห์ได้ในทันทีต้องทำการปรับค่าพีเอชประมาณ 2 หรือต่ำกว่าด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น

8.5 วิธีการเตรียมสารเคมี

8.5.1 สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.1 นอร์มอล

8.5.1.1 อบโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง

8.5.1.2 ชั่ง โปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 4.913 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร

8.5.1.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 167 มิลลิลิตร และ เมอร์คิวรี (I) คลอไรด์ 33.3 กรัม

8.5.1.4 คนให้ละลาย ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

8.5.2 กรดซัลฟิวริกและซิลเวอร์ซัลเฟต

8.5.2.1 ชั่งซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม

8.5.2.2 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 1 ลิตร

8.5.2.3 ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมดก่อนนำไปใช้ต่อ

8.5.3 สารละลายมาตรฐานเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.05 นอร์มอล

8.5.3.1 ชั่งเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO)_4)_2$-$6H_2O$) 19.6 กรัม

8.5.3.2 ละลายในน้ำกลั่น แล้วเติม H_2SO_4 20 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

8.5.4 สารละลายเฟอโรอีนอินดิเคเตอร์

8.5.4.1 ชั่งเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$-$7H_2O$) 0.695 กรัม

8.5.4.2 ชั่ง 1,10-ฟีแนนโทรลีนโมโนไฮเดรต (1,10-Phenanthroline Monohydrate, $C_{12}H_8N_2$-H_2O) 1.485 กรัม

8.5.4.3 ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร

8.6 วิธีการวิเคราะห์

8.6.1 ล้าง Digestion Tube ด้วย H_2SO_4 (หรือกรดไนตริก) 20% ทุกครั้งก่อนใช้งาน

8.6.2 เลือกปริมาตรน้ำตัวอย่างตามอัตราการเจือจางที่เหมาะสม แล้วใช้ปิเปตดูดน้ำตัวอย่างผสมกับน้ำกลั่น ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตรพร้อมทั้งปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

8.6.3 ปิเปตน้ำตัวอย่างที่เจือจางแล้ว 5 มิลลิลิตร เติม $K_2Cr_2O_7$ 3 มิลลิลิตร + H_2SO_4 7 มิลลิลิตร

8.6.4 ปิดฝาและเขย่าผสมกันแล้วนำใส่ตู้อบ 150 องศาเซลเซียส จำนวน 2 ชั่วโมง

8.6.5 นำออกจากตู้อบแล้วทิ้งให้เย็น (ทิ้งข้ามคืนก็ได้)

8.6.6 เติมเฟอโรอีน 2-3 หยด แล้วไตเตรทด้วย FAS (เปลี่ยนสีฟ้าเป็นสีน้ำตาลแดง) พร้อมทั้งจดปริมาตร

8.7 ขนาดตัวอย่างและอัตราการเจือจางที่เหมาะสม

ตารางภาคผนวก ก 8 ขนาดตัวอย่างและอัตราการเจือจางที่เหมาะสม

ช่วงซีโอดี	ขนาดตัวอย่าง (ml)	อัตราการเจือจาง	น้ำกลั่น (ml)
<200	5	1 : 1	5
200-400	4	1 : 1	4
400-800	2	1 : 1	2
800-1,600	1	1 : 1	1
1,600-3,200	5	1 : 10	50
2,700-5,300	3	1 : 10	30
4,000-8,000	4	1 : 20	80
8,000-16,000	2	1 : 20	40
13,000-26,000	3	1 : 50	150
20,000-40,000	2	1 : 50	100
40,000-80,000	2	1 : 100	200
80,000-160,000	1	1 : 100	100

ตารางภาคผนวก ก 9 แสดงค่าซีโอดีของน้ำหมัก

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
04-01-62	0	267	267	213
08-01-62	1	613	533	533
11-01-62	2	533	773	933
21-01-62	3	773	800	800

8.8 การคำนวณ

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(A- B) \times N \times 8{,}000}{\%\text{Dilution} \times V}$$

โดย A = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นของ FAS (นอร์มอล)

V = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

ก) เติมน้ำยาย่อยสลายปริมาณ 6 มิลลิลิตร

ข) รีฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 2 ชั่วโมง

ค) หยดเฟอร์โรอิน 2-3 หยด

ง) เมื่อถึงจุดยุติ จะเกิดเป็นสีแดงอิฐ

ภาพภาคผนวก ก 8 การตรวจวัดค่าซีโอดี

9. การตรวจวัดค่าฟอสฟอรัส

9.1 หลักการ

ฟอสฟอรัส พบได้ทั้งในน้ำธรรมชาติและน้ำเสียในรูปของฟอสเฟต ปัจจุบันนิยมจำแนกฟอสฟอรัสได้ 3 ประเภท คือ ออร์โธฟอสเฟต คอนเดนซ์ฟอสเฟต (โพลีฟอสเฟตต่าง ๆ) และสารอินทรีย์ฟอสเฟต อาจพบฟอสฟอรัสได้ทั้งในรูปสารละลาย สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดิน ตลอดจนในตัวของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ

9.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

9.2.1 ขวดเจลดาห์ล ขนาด 500 มิลลิลิตร

9.2.2 เตาไฟฟ้า (Hot Plate)

9.2.3 เครื่องดูดควัน (Hood)

9.2.4 เครื่องวัดค่าดูดกลืนแสง

9.2.5 ขวดรูปชมพู่

9.2.6 บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

9.2.7 ปิเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร

9.2.8 ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 มิลลิลิตร

9.3 วิธีการวิเคราะห์

9.3.1 ตวงน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่ขวดเจลดาห์ล

9.3.2 เติมกรดซัลฟิวริก 1 มิลลิลิตร และกรดไนตริก 5 มิลลิลิตร

9.3.3 ทำการย่อยสลายโดยให้ความร้อนต่ำ ๆ ขณะทำการย่อยสลายจะเกิดควันสีเหลืองของ กรดไนตริก ต้องย่อยสลายต่อไปจนกว่าสารละลายใสไม่มีสี (ควรทำในตู้ดูดควัน)

9.3.4 ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร หยดฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด

9.3.5 ค่อย ๆ เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ลงไปจนเกิดสีชมพู่อ่อน

9.3.6 ถ่ายสารละลายในข้อ 5 ลงขวดวัดปริมาตร ฉีดล้างขวดเจลดาห์จนแน่ใจว่าไม่มีสารละลายตกค้างอยู่ แล้วถ่ายลงขวดวัดปริมาตรรวมกับสารละลายที่มีอยู่

9.3.7 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนเป็น 100 มิลลิลิตร

9.3.8 ในการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หากเกิดปัญหาปริมาตรที่เติมลงไปรวมกับตัวอย่างน้ำแล้วอาจเกิน 100 มิลลิลิตร ให้ใช้สารละลายโซเดียมที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น

9.3.9 ถ้าหลังการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์จนได้สีชมพูอ่อน แล้วตัวอย่างน้ำมีความขุ่นหรืออนุภาคของแข็งอาจกรอง (ถ้าจำเป็น) แต่หากตัวอย่างน้ำเกิดเป็นตะกอน ห้ามกรองโดยเด็ดขาด เพราะตะกอนที่เกิดขึ้นอาจเป็นแคลเซียมฟอสเฟต

9.3.10 นำสารละลายตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดค่าดูดกลืนแสงที่ 880 นาโนเมตร

ตารางภาคผนวก ก 10 แสดงค่าฟอสฟอรัสของน้ำหมัก

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
04-01-62	0	445	545	545
09-01-62	1	1,445	1,445	1,445
11-01-62	2	2,045	2,345	2,145
16-01-62	3	2,645	2,595	2,645

9.4 การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{\text{ค่าฟอสฟอรัสที่อ่านได้จากกราฟ}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}}$$

ก) ตวงตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร

ข) ตั้งตัวอย่างย่อยจนตัวอย่างใส

ค) ถ่ายใส่ขวดปรับปริมาตร

ง) วัดด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง

ภาพภาคผนวก ก 9 การตรวจวัดค่าฟอสฟอรัส

10. การวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Kjeldahl Nitrojen : TKN)

10.1 หลักการ

หลักการวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl Method คือ Ammonia Nitrogen ของสารประกอบอินทรีย์และแอมโมเนียอิสระจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของแอมโมเนียมโดยใช้ Potassium Sulfate (K_2SO_4) และ Cupric Sulfate ($CuSO_4$) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะที่เป็นกรด เติมสารละลายที่เป็นเบสและนำไปกลั่นเพื่อให้แอมโมเนียกลั่นตัว โดยมี Boric Acid หรือ Sulfuric Acid เป็นสารดูดซับ หลังจากนั้นนำไปไตรทเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน ซัลฟิวริก 0.2 นอร์มอล เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ค่าที่ได้อยู่ในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน มีหน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

10.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

10.2.1 เครื่องกลั่นแอมโมเนีย (Distillation Apparatus)

10.2.2 เครื่องย่อย (Digestion Apparatus)

10.2.3 หลอดเจลดาห์ล (Kjeldahl Tube)

10.2.4 ขวดปรับปริมาตร (Volumetric Flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

10.2.5 ลูกแก้วกันกระเด็น

10.3 น้ำยาเคมี

10.3.1 น้ำกลั่น

10.3.2 Phenolphthalein Indicator

10.3.3 Sodium Hydroxide Solution (NaOH) ความเข้มข้น 6 นอร์มอล

ชั่ง NaOH 500 กรัม และชั่ง $Na_2S_2O_3$ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

10.3.4 Sulfuric Acid (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

ปิเปต H_2SO_4 ปริมาตร 1.375 มิลลิกรัม ลงในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

10.3.5 Sulfuric Acid (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

ปิเปต 0.1 N H_2SO_4 จากข้อ 4.3.4 ปริมาตร 200 มิลลิลิตรลงในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

10.3.6 Digestion Solution

ชั่ง Potassium Sulfate (K_2SO_4) 134 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 600 มิลลิลิตร และชั่ง $CuSO_4.5H_2O$ 7.3 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ผสมสารละลายทั้งสองเข้าด้วยกัน แล้วเติม H_2SO_4 134 มิลลิลิตร ลงไป ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

10.4 ขั้นตอนการทดสอบ

10.4.1 ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 50 มิลลิลิตรและเติม Digestion Solution 50 มิลลิลิตรใส่ลงในหลอดเจลดาห์ ใส่ลูกแก้วกันกระเด็น 3 เม็ด นำเข้าเครื่องย่อยอุณหภูมิที่ 250 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีและเพิ่มอุณหภูมิเป็น 380 องศาเซลเซียส รอจนควันขาวจางลง ทิ้งให้เย็น

10.4.2 เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มอล ปริมาตร 50 มิลลิลิตรและเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เตรียมขวดรูปชมพู่ใส่สารละลายกรดบอริก ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำเข้าเครื่องกลั่นแอมโมเนีย

10.4.3 นำส่วนที่กลั่นได้จากขวดรูปชมพู่ หยดฟีนอล์ฟทาลีน จำนวน 3-5 หยดแล้วไตเตรทกับสารละลายกรดซัลฟิวริก 0.02 นอร์มอล เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงอ่อน

10.4.4 ทำแบลงค์ทุกครั้งโดยใช้น้ำกลั่นและทำการวิเคราะห์เหมือนตัวอย่าง

หมายเหตุ ก่อนใช้เครื่องกลั่นให้ทำการกลั่นล้างเครื่อง ด้วยการนำน้ำกลั่นใส่ในหลอดเจลดาห์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร

ตารางภาคผนวก ก 11 แสดงค่าไนโตรเจนทั้งหมด

ว/ด/ป	สัปดาห์ที่	ตัวอย่างที่ 1 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 2 (มก./ล.)	ตัวอย่างที่ 3 (มก./ล.)
04-01-62	0	840	840	840
09-01-62	1	1,400	1,120	1,120
11-01-32	2	840	1,400	1,400
16-01-62	3	1,400	1,400	1,400

10.5 การคำนวณหาค่าแอมโมเนียไนโตรเจน

$$\text{แอมโมเนียไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร)} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 1,000}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)}}$$

โดย A = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของกรดซัลฟิวริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทแบลงค์ (มิลลิลิตร)

C = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้

ก) เติมน้ำยารวม 50 มิลลิลิตร

ข) ตวงสารละลายบอริก 50 มิลลิลิตร

ค) เตรียมเข้าเครื่องกลั่น

ง) กลั่นด้วยเครื่องกลั่น TKN

ภาพภาคผนวก ก 10 การตรวจวัดค่าไนโตรเจนทั้งหมด

11. การย้อมสีโครงสร้างของแบคทีเรีย

11.1 หลักการ

การย้อมแบคทีเรียเป็นวิธีง่ายและสะดวกรวดเร็วในการศึกษารูปร่าง ขนาด การจัดเรียงตัว และโครงสร้างของแบคทีเรียเพื่อประโยชน์ในการแยกเชื้อในเบื้องต้น ทั้งนี้เพราะแบคทีเรียเป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็ก และมักโปร่งแสง จึงสังเกตลักษณะต่าง ๆ ได้ยาก แต่การย้อมสีจะช่วยให้เห็นโครงสร้างชัดเจนยิ่งขึ้น สารที่ใช้ในการย้อมแบคทีเรียเป็นสีที่อยู่ในรูปเกลือ ซึ่งประกอบด้วยอิออนบวกและอิออนลบ โดยกลไกในการติดสีย้อมของเซลล์แบคทีเรียเป็นปฏิกิริยาในการแลกเปลี่ยนอิออนของเซลล์กับของสี กล่าวคือ อิออนของสีจะเข้าไปแทนที่อิออนบนส่วนประกอบของเซลล์ จึงเกิดเป็นสารประกอบเกลือออกมา และสีจะติดเซลล์แทน

11.2 วิธีการย้อมสีที่สำคัญมีดังนี้

11.2.1 การย้อมสีแบบธรรมดา (Simple Stain) เป็นการย้อมด้วยสีเพียงชนิดเดียว โดยสีย้อมละลายอยู่ในรูปของน้ำหรือแอลกอฮอล์เซลล์ที่ย้อมจะติดสีเสมอกันช่วยให้ศึกษารูปร่างของเซลล์ได้ดี แต่ไม่สามารถบอกสารบอกรายละเอียดของโครงสร้างภายในเซลล์ได้ ในการย้อมสีแบบนี้อาจเติมสารเคมีลงไปในสีเพื่อให้สีจับวัตถุได้ดีขึ้น สารนั้นเรียกว่า มอร์แดนท์ (Mordent) เช่น ไอโอดีน และโปรแตสเซียมไอโอไดด์ฟ เป็นต้น ตัวอย่างสีที่ใช้ คือ เมทิลลีนบลู (Methylene Blue) คริสตัลไวโอเลต (Crystal Violet) และคาร์บอนฟุคชิน (Carbon Fuchsin)

11.2.2 การย้อมสีแบบเนกาทีฟ (negative staining) เป็นการย้อมสีเพื่อศึกษารูปร่างลักษณะของเซลล์ โดยที่ตัวเซลล์ไม่ถูกย้อมสี แต่จะติดแน่นกับแผ่นสไลด์ ทำให้เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น วิธีนี้มีข้อดี คือ ทำให้ขนาดและรูปร่างของแบคทีเรียไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากความร้อนทำให้เซลล์เปลี่ยนรูปร่าง

11.2.3 การย้อมสีมากกว่าหนึ่งสี ซึ่งสีย้อมต่างกันจะย้อมติดส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ไม่เท่ากันทำให้เห็นความแตกต่างของเซลล์หรือองค์ประกอบที่ต้องการศึกษา

11.2.3.1 การย้อมสีแบบแกรม

Han Christian Gram เป็นผู้คิดค้นวิธีการย้อมสีแกรมแบคทีเรีย เมื่อปี พ.ศ. 2427 เป็นที่นิยมใช้กันมาก และสามารถจำแนกแบคทีเรียได้ 2 พวก ใหญ่ ๆ คือ แกรมลบ โดยคุณสมบัติของผนังเซลล์ที่แตกต่างของแบคทีเรีย 2 ชนิดนี้

- แบคทีเรียแกรมบวกจะมีเซลล์เป็น เปปทิโดไกลแคน (Peptidoglycan) ที่หนากว่า และมีกรดไทโซอิกซึ่งมีประจุลบอยู่ในชั้นผนังเซลล์ และไม่มีลิปิดเป็นองค์ประกอบ ทำให้เซลล์ติด สีม่วงของคริสตัลไวโอเลตและล้างไม่ออกเมื่อเติมสารชะสี เช่น อะซิโตน หรือเอธานอล

- แบคทีเรียแกรมลบมีชั้นเปปทิโดโกลแคน (Peptidoglycan) บางกว่า และผนังชั้นนอกที่มีสารประกอบเป็นไขมัน ทำให้สีคริสตัลไวโอเลตที่ย้อมครั้งแรกหลุดออกมาเมื่อชะสีด้วยสารชะ เซลล์จึงติดสีแดงของซาฟรานิน

11.3 การย้อมสีแบบทนกรด

ผนังเซลล์ของแบคทีเรียบางชนิดมีไขมันพวกกรดไมโคลิก (Mycolic Avid) ในปริมาณสูงมากทำให้ย้อมติดสียาก แต่เมื่อติดสีแล้วจะไม่สามารถชะออกได้ด้วยสารชะสีที่เป็นกรดแอลกอฮอล์ ทั้งนี้ เนื่องจากกรดไมโคลิกจะป้องกันสารล้างสีซึมเข้าไปทำให้สามารถแบ่งแบคทีเรียออกเป็น 2 ประเภท คือ แบคทีเรียทดกรด (Acid-Fast Bacteria) เช่น ไมโคแบคทีเรียม (*Mycobacterium* spp.) ซึ่งทำให้เกิดโรควัณโรค และโรคเรื้อน รวมถึงโนคาร์เดีย (*Nocardia* sp.) ซึ่งทำให้เกิดโรคไมซีโทมา และแบคทีเรียไม่ทนกรด (Non Acid-Fast Bacteria) ดังนั้น หากนำแบคทีเรียที่ต้องการศึกษามาย้อมสีแบบทนกรดจะสามารถแยกแบคทีเรียม 2 จีนัสนี้ ออกจากแบคทีเรียอื่นได้

11.4 การย้อมแคปซูล

แคปซูลเป็นโครงสร้างที่ห่อหุ้มอยู่ด้านนอกยขเซลล์ พบในแบคทีเรียบางชนิดแคปซูลของแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นสารโพลีแซคคาไรด์ ยากต่อการติดสีย้อมโดยตรง ดังนั้นการศึกษาแคปซูลจึงทำได้โดยการย้อมสีที่ตัวเซลล์และบริเวณสไลด์ โดยไม่ย้อมสีแคปซูล เมื่อส่องกล้องจุลทรรศน์จะเห็นแคปซูลในลักษณะใสอยู่รอบตัวเซลล์

11.5 การย้อมเอนโดสปอร์

เอนโดสปอร์จัดเป็นโครงสร้างพิเศษที่พบในแบคทีเรียแกรมบวกบางชนิดช่วยให้แบคทีเรียสามารถมีชีวิตรอดภายใต้สภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญได้ สีย้อมที่ใช้มี 2 ชนิด คือสีย้อมมาลาไคท์-กรีน จะย้อมส่วนที่เป็นแอนโดสปอร์ และสีย้อมซาฟรานินจะติดที่ตัวเซลล์ นอกจากนี้ตำแหน่งของเอนโดสปอร์ภายในเซลล์แบคทีเรียยังบอกชนิดของแบคทีเรียได้

11.6 การย้อมแฟลกเจลลา

แฟลกเจลลาเป็นโครงสร้างที่พบในแบคทีเรียที่เคลื่อนที่ได้ มีลักษณะเป็นเส้นขนาดเล็ก มักมีความยาวมากกว่าตัวเซลล์ เนื่องจากแฟลกเจลลามีขนาดเล็ก บางมาก และเปราะ ขาดง่าย การดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาจะต้องย้อมสีโดยใส่สารที่เรียกว่า มอร์แดนท์ เพื่อให้สีย้อมจับบนเส้นแฟลกเจลลา ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จนสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ดินและการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

1. การวิเคราะห์ดิน

โครงการพัฒนาวิชาการดิน-ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
SOIL-FERTILIZER-ENVIRONMENT SCIENTIFIC DEVELOPMENT PROJECT.
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE, FACULTY OF AGRICULTURE, KASETSART UNIVERSITY
Tel. 0-2942-8104-5, 0-2561-4670 Fax: 0-2942-8106

แผ่นที่
Sheet NO

ตัวอย่างของ : นางสาวพัชราภรณ์ บุตรวัง
Sample submitted by :
ตัวอย่างจาก : ตำบล
อำเภอ
จังหวัด

เลขที่ใบเสร็จ : 4490/0292
วันที่เสนอรายงาน : 15 /01/2562
Date of report :
วันที่ส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ : 14/12/2561
Date of sample submitted :
ผู้ควบคุมตรวจสอบผลการวิเคราะห์
ดร.ดาวจรัส เกตุโรจน์

รายงานผลวิเคราะห์เลขที่ S648

ชนิดตัวอย่าง : ดิน

รายการวิเคราะห์	ค่าวิเคราะห์
O.M. (%)	1.95
Total N (%)	0.11
Total P ($mg\ kg^{-1}$)	11.12

(ผศ.ดร. เสาวนุช ถาวรพฤกษ์)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการ
ดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม

ภาพผนวก ข 1 ผลการวิเคราะห์ดิน

2. การเจริญเติบโตของต้นกุหลาบหนู

ตารางภาคผนวก ข 1 จำนวนใบของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลอง	ตัวอย่างที่ 1 (ใบ)	ตัวอย่างที่ 2 (ใบ)	ตัวอย่างที่ 3 (ใบ)
น้ำเปล่า	103	99	104
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	133	144	134
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	141	139	130
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	127	121	137
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	154	148	132
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	125	156	126
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	143	145	143
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	134	145	149

ตารางภาคผนวก ข 2 ความสูงของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลอง	ตัวอย่างที่ 1 (เซนติเมตร)	ตัวอย่างที่ 2 (เซนติเมตร)	ตัวอย่างที่ 3 (เซนติเมตร)
น้ำเปล่า	28.1	27.0	27.8
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	30.3	28.5	28.8
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	29.3	29.3	29.3
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	27.5	28.5	28.5
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	27.8	30.3	28.0
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	27.8	28.8	28.3
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	26.8	27.8	28.3
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	30.0	28.8	28.3

ตารางภาคผนวก ข 3 ความยาวรากของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลอง	ตัวอย่างที่ 1 (เซนติเมตร)	ตัวอย่างที่ 2 (เซนติเมตร)	ตัวอย่างที่ 3 (เซนติเมตร)
น้ำเปล่า	24	28	28
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	26	27	27
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	27	25	25
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	27	27	26
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	45	40	29
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	29	31	31
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	28	28	29
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	26	28	28

ตารางภาคผนวก ข 4 น้ำหนักของต้นกุหลาบหนู

ชุดทดลอง	ตัวอย่างที่ 1 (กรัม)		ตัวอย่างที่ 2 (กรัม)		ตัวอย่างที่ 3 (กรัม)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
น้ำเปล่า	400	100	300	80	300	80
น้ำเปล่าและทำนองเพลงแจ๊ส	500	80	500	80	400	100
น้ำเปล่าและทำนองเพลงคลาสสิก	400	80	400	80	400	100
น้ำเปล่าและทำนองเพลงโมสาร์ท	500	100	500	80	400	100
น้ำเปล่าและน้ำหมัก	300	350	400	450	400	100
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงแจ๊ส	300	100	300	80	300	100
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงคลาสสิก	300	80	400	100	400	100
น้ำเปล่า น้ำหมัก และทำนองเพลงโมสาร์ท	400	100	500	80	500	100

ภาคผนวก ค

การเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน

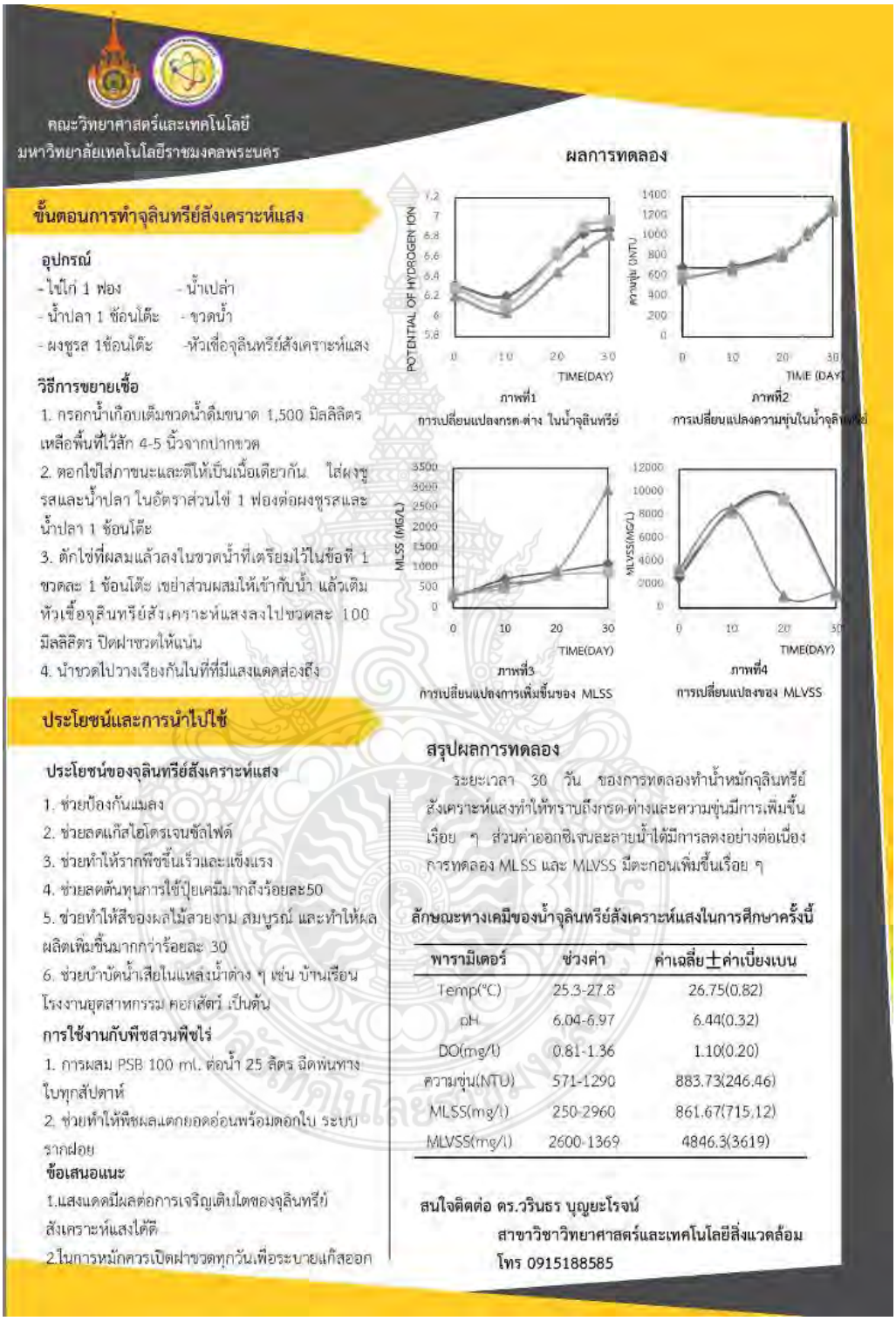
1. การเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน ณ วัดสะแก ต.บางเลน อ.บางใหญ่ จ.นนทบุรี วันอังคาร ที่ 27 พฤศจิกายน 2561

ภาพผนวก ค 1 กิจกรรมการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน

2. เอกสารเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน (ด้านหน้า)

ภาพภาคผนวก ค 2 เอกสารเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน

3. เอกสารเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน (ด้านหลัง)



ภาพภาคผนวก ค 3 เอกสารเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยสู่ชุมชน

4. แบบประเมินผลการเผยแพร่องค์ความรู้จากการวิจัยให้กับชุมชน

แบบสอบถามทำโครงงานการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักและทำนองเพลงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกุหลาบ ณ วัดสะแก เลขที่ 47/152 ซอยเปรมฤทัย ตำบลบางเลน อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ระหว่างวันที่ 27 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ 2561

คำชี้แจง

1. เพื่อให้ผู้จัดได้มีโอกาสรับทราบผลการดำเนินงานของตนเอง และเพื่อประโยชน์ในการปรับปรุงโครงการให้ประสิทธิภาพมากขึ้น

2. โปรดเติมเครื่องหมาย √ และกรอกข้อความให้สมบูรณ์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

2. สถานะ ☐ นักศึกษา ☐ อาจารย์ ☐ บุคลากร ☐ ประชาชนทั่วไป ☐ โปรดระบุ .....

3. อายุ ☐ ต่ำกว่า 20 ปี ☐ 20-40 ปี ☐ 41 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการ

ระดับ 5 = มากที่สุดหรือดีมาก 4 = มากหรือดี 3 = ปานกลางหรือพอใช้ 2 = ต่ำกว่ามาตรฐาน 1 = ปรับปรุงแก้ไข

รายละเอียด	ระดับความพึงพอใจ				
	5	4	3	2	1
1. กระบวนการ ขั้นตอนการให้บริการ					
1.1 การประชาสัมพันธ์โครงงาน ฯ					
1.2 ความเหมาะสมของสถานที่					
1.3 ความเหมาะสมของระยะเวลา					
1.4 ความเหมาะสมของช่วงเวลา					
1.5 การจัดลำดับขั้นตอนของกิจกรรม					
2. เจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ/วิทยากร/ผู้ประสานงาน					
2.1 ความรอบรู้ ในเนื้อหาของวิทยากร					
2.2 ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้					
2.3 การตอบคำถาม					
2.4 ความเหมาะสมของวิทยากร ในภาพรวม					
3. การอำนวยความสะดวก					
3.1 เอกสาร					
3.2 โสตทัศนูปกรณ์					
3.3 เจ้าหน้าที่สนับสนุน					
4. คุณภาพการให้บริการ					
4.1 ท่านได้รับความรู้ แนวคิด ทักษะและประสบการณ์ใหม่ ๆ จากโครงการ/					
4.2 ท่านสามารถนำสิ่งที่ได้รับจากโครงการ/กิจกรรมนี้ไปใช้ชีวิตประจำวัน					
4.3 ประโยชน์ที่ท่านได้รับจากโครงการ					
5. ความพึงพอใจของท่านต่อภาพรวมของโครงการ					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวพัชราภรณ์ บุตรวัง

วัน เดือน ปีเกิด 4 กรกฎาคม 2539

ภูมิลำเนา อำเภอเสาธงหิน จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนพิบูลมังสาหาร	พ.ศ. 2557

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวอรุณรัตน์ เกิดศาสน์

วัน เดือน ปีเกิด 17 เมษายน 2540

ภูมิลำเนา อำเภอบางซื่อ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

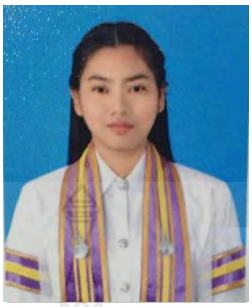
ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนโยธินบูรณะ 2	พ.ศ. 2557

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ประวัติการศึกษา



ชื่อ นามสกุล นางสาวศศิพิมพ์ ครุธเกตุ

วัน เดือน ปีเกิด 19 เมษายน 2540

ภูมิลำเนา อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีการศึกษา**
วท.บ.	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	พ.ศ. 2561
มัธยมศึกษาปีที่ 6	โรงเรียนวิมุตยารามพิทยากร	พ.ศ. 2557

ทุนการศึกษา

ทุนอุดหนุนงบประมาณจากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร