ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากถิ่นที่อยู่อาศัยในป่าชายเลน ประเทศไทย และผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย ชนิด *Mastigocladus* sp.

โดย

นางสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25615909030552TAL

ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากถิ่นที่อยู่อาศัยในป่าชายเลน ประเทศไทย และผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย ชนิด *Mastigocladus* sp.

โดย

นาวสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25615909030552TAL

DIVERSITY OF CYANOBACTERIA FROM MANGROVE HABITATS IN THAILAND AND EFFECT OF SALINITY ON GROWTH OF CYANOBACTERIA *MASTIGOCLADUS* SP.

BY

MISS TANWARAT AKSORNSRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL SCIENCE)
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
FACULTY OF SCIENCE AND TECNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2018

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25615909030552TAL

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี

เรื่อง

ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากถิ่นที่อยู่อาศัยในป่าชายเลนประเทศไทย และผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp.

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

เมื่อ วันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารุต สุขสมจิตร)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไตรเทพ วิชย์โกวิทเทน)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุเปญญา จิตตพันธ์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธี แก้วเนิน)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากถิ่นที่อยู่อาศัยในป่าชายเลนประเทศไทย และผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp.
ชื่อผู้เขียน	นางสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไตรเทพ วิชย์โกวิทเทน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. สุเปญญา จิตตพันธ์
ปีการศึกษา	2561

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 โดยทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจของแสมทะเลและรากฝอยของชะครามในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร รากหายใจของแสมขาวและแสมทะเล จากศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ และศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี รากหายใจของแสมทะเลและรากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี รากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่จากศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด และรากหายใจของแสมขาวและรากค้ำยันของโกงกางใบเล็กในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงาและศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต จากนั้นนำตัวอย่างรากไม้ทุกชนิดมาทำความสะอาดและขูดตะกอนดินจากรากในน้ำทะเลที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ จึงนำไปเพาะเลี้ยงทั้งในอาหารเหลวและอาหารแข็งสูตร BG-11 ที่มี $NaNO_3$ 3 กรัมต่อลิตร (BG-11N_2) ในน้ำทะเลความเค็ม 20 ppt ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 1 เดือน จากนั้นย้ายโคโลนีบริสุทธิ์จากอาหารแข็งนำไปเพาะเลี้ยงเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตและเก็บรักษาสายพันธุ์บริสุทธิ์ ส่วนการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวนำไปจำแนกชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ตาม Desikachary (1959) หลังจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความคล้ายคลึงของสังคมไซยาโนแบคทีเรียตามชนิดของรากพืช พื้นที่ และฤดูกาลด้วย

Ref. code: 25615909030552TAL

Sorensen's similarity coefficient และหาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาพบการกระจายตัวและความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมด 7 อันดับ 12 วงศ์ 26 สกุล 94 ชนิด โดยแบ่งเป็นกลุ่มเส้นสายที่ไม่มีเฮเทอโรซิสต์ (filamentous non-heterocyst form) พบ 14 สกุล 71 ชนิด รองลงมาคือ กลุ่มเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนีที่ไม่เป็นเส้นสาย (unicellular or colonial form) พบ 7 สกุล 14 ชนิด และกลุ่มเส้นสายที่มีเฮเทอโรซิสต์ (filamentous heterocystous form) พบ 5 สกุล 9 ชนิด ตามลำดับ พบสกุลเด่นที่มีความหลากหลายมากที่สุด คือ สกุล *Oscillatoria* 27 ชนิด รองลงมาคือสกุล *Phomidium* 12 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบไซยาโนแบคทีเรียบนรากพืชที่มีความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียมากที่สุด คือ บนรากหายใจแสมทะเลถึง 88 ชนิด (94%) และพบบนรากค้ำยันโกงกางใบเล็กน้อยที่สุดเพียง 19 ชนิด (20%) และพบไซยาโนแบคทีเรีย 6 สกุลที่สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายในแต่ละฤดูกาลโดยทำการศึกษาในรากหายใจของแสมทะเลพื้นที่นาเกลือพบว่า ในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2560 พบความหลากหลายมากที่สุด 60 ชนิด ตามด้วยเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 พบ 56 ชนิด เดือนมีนาคม พ.ศ.2560 พบ 40 ชนิด และเดือนมีนาคม พ.ศ.2561 พบน้อยที่สุด 35 ชนิด พบไซยาโนแบคทีเรียจำนวน 11 ชนิดที่สามารถพบได้ทุกฤดูกาล เมื่อนำไปหาความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล พบว่ามีค่าระหว่าง 0.453 ถึง 0.655 เมื่อวิเคราะห์ระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์และปัจจัยสิ่งแวดล้อม พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของน้ำมีผลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ทำการศึกษาแล้ว ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่อยู่อาศัยของราก และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างในแต่ละฤดูกาลอีกด้วย

การศึกษาผลของความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp. ที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว BG-11N_2 ในระดับความเค็มที่ 0 10 20 30 40 และ50 ppt ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน วิเคราะห์การเจริญเติบโตโดยการหาปริมาณมวลชีวภาพ โดยหาปริมาณเซลล์อัดแน่น และค่าคลอโรฟิลล์ เอ พบว่าไซยาโนแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มที่ 0 10 20 และ30 ppt เมื่อระดับความเค็มสูงขึ้นส่งผลต่อการสกัดคลอโรฟิลล์ เอ ดังนั้นความเค็มส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ *Mastigocladus* sp.

คำสำคัญ: ไซยาโนแบคทีเรีย, ป่าชายเลน, นาเกลือ, ความเค็ม, *Mastigocladus* sp.

Ref. code: 25615909030552TAL

Thesis Title	DIVERSITY OF CYANOBACTERIA FROM MANGROVE HABITATS IN THAILAND AND EFFECT OF SALINITY ON GROWTH OF CYANOBACTERIA *MASTIGOCLADUS* SP.
Author	Miss Tanwarat Aksornsri
Degree	Master of Science (Environmental Science)
Major Field/Faculty/University	Environmental of Science Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Tritep Vichkovitten, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Associate Professor Supperenya Chittapun, Ph.D.
Academic Year	2018

ABSTRACT

The study of diversity of cyanobacteria from mangrove forest in Thailand were performed between March 2017 to July 2018. The fields sampling of associated cyanobacteria from mangrove root including *Avicennia marina* pnematophores and *Sueda maritima* fibrous root from salt fields in Samut Sakorn, *Avicennia alba* and *Avicennia marina* pnematophores from Samut Prakan and Chonburi, *Avicennia marina* pnematophores and *Rhizophora mucronata* prop root from Chantaburi, *Rhizophora mucronata* prop root from Trat, and *Avicennia alba* pnematophores and *Rhizophora apiculata* prop root from Phang-Nga and Phuket. All roots were scrapped for cyanobacteria in sterile sea water. Cyanobacteria were cultured on both solid and liquid BG-11 medium with additional of 3 g l^{-1} $NaNO_3$ (BG-11N_2) which prepared in sterile 20 ppt of seawater (BG-11N medium). The cultures were incubated in room temperature for 1 month before proliferation and collected pure colony were performed. The cyanobacteria identification to, at least, genus level was made according to Desikachary (1959). The relative diversity similarity between different

Ref. code: 25615909030552TAL

substrates, different area, and sampling periods were calculated by using Sorensen's similarity analysis. The relationship between the amount of species and the environment factors were analyzed. The total numbers of identified mangrove associated cyanobacteria were belonged to 7 orders 12 families 26 genera 94 species, and were divided into filamentous non-heterocyst form which covered 14 genera 71 species, followered by unicellular or colonial form accounted for 7 genera 14 species, and filamentous heterocystous form where 5 genera 9 species were identified. The two largest genara were *Oscillatoria* 27 species and *Phormidium* 12 species. When comparison between substrates from all area, the highest number of cyanobacteria were found on *A. marina* pnematophores with 88 species and *R. apiculata* prop root was found at least 19 species. There were 6 genera that commonly isolated from all different substrates types. Seasonal variation on diversity of cyanobacteria were evaluated only from salt fields, indicated that the highest number of cyanobacteria was found 60 species in June, followered by 56 species in September, 40 species in March 2017, and 35 species in March 2018. The Sorensen's similarity coefficient between seasonal variations of cyanobacteria was ranging from 0.453 to 0.655. When comparison between species and environmental factors, were made it seemed likely that the water pH was the majority of environmental parameters influences on cyanobacteria diversity. The variation of substrates, environmental parameters and seasonal could play the role on cyanobacteria diversity therefore in ecosystems.

The study of effect of salinity on growth of cyanobacteria *Mastigocladus* sp. was performed on different salinity level of 0, 10, 20, 30, 40, and 50 ppt in BG-11N_2 medium. Growth analyzed by weight pack cell volume and extract chlorophyll a content. The result indicates that *Mastigocladus* sp. can growth on salinity level of 0, 10, 20, and 30 ppt better than 40 and 50 ppt. High salinity level could reduced chlorophyll a pigment extraction, suggestion that high salinity has impacts on growth and production of *Mastigocladus* sp.

Keywords: Cyanobacteria, Mangrove, Salt field, Salinity, *Mastigocladus* sp.

Ref. code: 25615909030552TAL

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไตรเทพ วิชย์โกวิทเทน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักเป็นอย่างยิ่งที่เสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ คำปรึกษา คำแนะนำ ความช่วยเหลือและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์และการนำเสนอผลงานทางวิชาการให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุเปญญา จิตตพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มารุต สุขสมจิตร ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธี แก้วเนิน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ราเมศ จุ้ยจุลเจิม อาจารย์จากมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ที่เสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำและการตรวจสอบการจัดจำแนกไซยาโนแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนักวิจัย สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับเครื่องมือ อุปกรณ์ สารเคมีและสถานที่ทำการทดลอง ตลอดจนความช่วยเหลือ คำแนะนำและความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ได้อนุมัติทุนสนับสนุนเพื่อไปนำเสนอผลงานวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและคอยสนับสนุน ขอขอบพระคุณครอบครัวสามัคคีธรรมที่คอยเป็นกำลังใจและเอื้ออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลที่ภาคใต้ ขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ที่คอยช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล คำแนะนำและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นางสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี

Ref. code: 25615909030552TAL

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 สมมติฐาน	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ไซยาโนแบคทีเรีย หรือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน	5
2.1.1 มาสติโกคลาดัส (*Mastigocladus* sp.)	6
2.1.2 การจำแนกหมวดหมู่ไซยาโนแบคทีเรีย	7
2.1.2.1 Order Chroococcales	8
2.1.2.2 Order Chamaesiphonales	8

Ref. code: 25615909030552TAL

2.1.2.3 Order Pleurocapsales 8
2.1.2.4 Order Nostocales 8
2.1.2.5 Order Stigonematales 8
2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและแหล่งที่อยู่อาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย 8
2.2.1 ความเค็ม 9
2.2.2 อุณหภูมิ 9
2.2.3 ความเข้มแสง 9
2.2.4 ฤดูกาล 9
2.2.5 ปริมาณธาตุอาหาร 9
2.2.6 ค่าความเป็นกรดด่าง 9
2.2.7 น้ำขึ้นน้ำลง 10
2.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน 10
2.3.1 การวัดปริมาณเซลล์อัดแน่น 10
2.3.2 การวัดน้ำหนักเซลล์แห้ง 10
2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 10
2.4 ป่าชายเลน 11
2.5 การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลน และชายฝั่ง 13
2.6 สภาพพื้นที่ศึกษา 17
2.6.1 นาเกลือ จังหวัดสมุทราสาคร 18
2.6.2 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ 19
2.6.3 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี 20
2.6.4 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี 21
2.6.5 ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด 22
2.6.6 ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล 23
2.6.7 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต 24

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 25

3.1 การศึกษาเชิงพื้นที่ตามแหล่งที่อยู่อาศัย 25
3.1.1 พื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร 26
3.1.2 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ 27
3.1.3 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี 28
3.1.4 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี 29
3.1.5 ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด 30
3.1.6 ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล 31
3.1.7 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต 32
3.2 อุปกรณ์การศึกษา 32
3.2.1 อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย 32
3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง 33
3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกและเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย 33
3.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ 33
3.3 วิธีการศึกษา 34
3.3.1 การเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรีย 34
3.3.2 การเตรียมอาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย 34
3.3.3 การคัดแยกไซยาโนแบคทีเรียเพื่อเก็บสายพันธุ์บริสุทธิ์ 36
3.3.4 การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย 37
3.3.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียที่ได้รับการคัดเลือกในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน 37
3.3.6 การศึกษาการเจริญเติบโตด้วยการหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 37
3.4 วิธีวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม 38
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล 39
3.5.1 การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของสังคมไซยาโนแบคทีเรีย 39
3.5.2 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัย 39

Ref. code: 25615909030552TAL

สิ่งแวดล้อม
3.5.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ 39
3.5.4 การวิเคราห์หาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 40

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 41

4.1 ผลการวิจัยความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย 41
4.1.1 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลน 41
4.1.2 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียกับแหล่งที่อยู่อาศัย 76
4.1.3 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียกับฤดูกาล 78
4.1.4 ความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรีย 81
4.1.5 ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 84
4.1.6 ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ 88
4.2 ความเค็มต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 91
4.2.1 ผลของความเค็มต่อปริมาณมวลชีวภาพของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 91
4.2.2 ผลของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 92
4.2.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 93
4.2.4 ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 กับระดับความเค็ม 94
4.3 อภิปรายผล 94

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 99

5.1 สรุปผลการวิจัย 99
5.2 ข้อเสนอแนะ 101

Ref. code: 25615909030552TAL

รายการอ้างอิง 102

ภาคผนวก 110

ภาคผนวก ก สูตรอาหาร BG-11 111

ภาคผนวก ข ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 94 ชนิดที่ได้จากพื้นที่ป่าชายเลนประเทศไทย 112

ภาคผนวก ค ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ทั้ง 63 ไอโซเลท 122

ประวัติผู้เขียน 125

Ref. code: 25615909030552TAL

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย จำแนกตามรายจังหวัด สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2552 12

4.1 การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา ในพื้นที่ป่าชายเลนจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต 42

4.2 จำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่พบ โดยจำแนกตามรูปร่าง 76

4.3 ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแต่ละชนิด 82

4.4 ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากหายใจแสมทะเลในแต่ละพื้นที่ 82

4.5 ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากหายใจแสมขาวในแต่ละพื้นที่ 82

4.6 ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากค้ำยันโกงกางในแต่ละพื้นที่ 83

4.7 ความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล 83

4.8 ความคล้ายคลึงของรากหายใจส่วนบนและส่วนล่างของแสมทะเลและแสมขาวในแต่ละพื้นที่ 84

4.9 ความคล้ายคลึงของรากหายใจส่วนบนและส่วนล่างของแสมทะเลจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล 84

4.10 ค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล 84

4.11 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 86

4.12 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม 88

4.13 ข้อมูลไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ 89

4.14 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณมวลชีวภาพ 93

4.15 ผลการวิเคราะห์การถดถอยของปริมาณมวลชีวภาพ 94

Ref. code: 25615909030552TAL

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะเซลล์เดี่ยวและเส้นสายของไซยาโนแบคทีเรีย	5
2.2 ลักษณะเซลล์เฮเทอโรซิสต์ของไซยาโนแบคทีเรีย	6
2.3 *Mastigocladus* sp.	7
2.4 ระบบนิเวศป่าชายเลน	11
2.5 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรสาคร	18
2.6 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรปราการ	19
2.7 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดชลบุรี	20
2.8 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดจันทบุรี	21
2.9 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดตราด	22
2.10 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดพังงา	23
2.11 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดภูเก็ต	24
3.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร	26
3.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรปราการ	27
3.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดชลบุรี	28
3.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดจันทบุรี	29
3.5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดตราด	30
3.6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดพังงา	31
3.7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดภูเก็ต	32
3.8 แผนภาพขั้นตอนการศึกษา	35
4.1 สัดส่วนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละอันดับที่พบในพื้นที่ป่าชายเลน	75
4.2 สัดส่วนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยบนรากไม้แตกต่างกันที่พบในพื้นที่ป่าชายเลน	77
4.3 ไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย	78
4.4 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล	79
4.5 ไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในทุกฤดูกาล	80
4.6 การกระจายของชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของไซยาโน	85

Ref. code: 25615909030552TAL

แบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม
4.7 Scatter diagram ระหว่างจำนวดชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัย สิ่งแวดล้อม 87
4.8 ปริมาณมวลชีวภาพของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน 92
4.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUE004 ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน 93

Ref. code: 25615909030552TAL

รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์/คำย่อ	คำเต็ม/คำจำกัดความ
BG-11	Blue-Green 11 สูตรอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อไซยาโนแบคทีเรีย
$NaNO_3$	สารประกอบไนโตรเจนโซเดียมไนเตรท (Sodium Nitrate)
ppt	หน่วยวัดระดับความเค็มในแหล่งน้ำ เป็นส่วนในพันส่วน (part per thousand)
μ	ค่าความชันของเส้นตรงที่ได้จาก log scale ของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสิ่งมีชีวิตที่ถือกำเนิดบนโลกมานาน เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือโปรคาริโอต ลักษณะของไซยาโนแบคทีเรียแบ่งเป็นเซลล์เดี่ยวและเส้นสาย มีความสำคัญในการเป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศ อีกทั้งยังมีบทบาททางนิเวศวิทยาที่สำคัญในแง่ของการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งช่วยในการสังเคราะห์แสงได้ในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน (วันเพ็ญ ภูติจันทร์, 2549) ไซยาโนแบคทีเรียทุกชนิดสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ ไซยาโนแบคทีเรียมีความสามารถในการปรับตัวและแพร่กระจายได้กว้าง เนื่องจากมีการสร้างเมือกมาหุ้มเซลล์ ทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายทั้งระบบนิเวศบนบกและในน้ำ ส่วนมากพบในน้ำจืดมากกว่าในน้ำทะเลหรือน้ำกร่อย รวมถึงระบบนิเวศที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมรุนแรงหรือแปรปรวนตลอดเวลา เช่น ในพื้นที่ป่าชายเลน อีกทั้งยังสามารถดำรงชีวิตร่วมกับพืชหรือแบบอิสระ อย่างไรก็ตามการศึกษาและการประยุกต์ใช้ไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศในน้ำโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าชายเลนพบน้อยกว่าระบบนิเวศบนบก (Alvarenga, Rigonato, Branco & Fiore, 2015) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต รบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึม และมีผลต่อการสูญเสียน้ำของเซลล์ จึงมีการปรับตัวให้สมดุล

มาสติโกคลาดัส (*Mastigocladus* sp.) จัดอยู่ในอันดับ Stigonematales ซึ่งเป็นอันดับที่มีการศึกษาน้อยที่สุดในไซยาโนแบคทีเรีย เป็นหนึ่งในสายพันธุ์ที่สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง มีค่าค่าความเป็นกรดด่างค่อนข้างกว้าง สามารถตรึงไนโตรเจน และนำสารพอลิแซ็กคาร์ไรด์ที่ห่อหุ้มเซลล์ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ในอุตสาหกรรมเป็นส่วนประกอบของไขมัน ในทางการแพทย์มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระและต้านเชื้อจุลชีพ นำไฟโคไซยานิน ไฟโคอิริทรินและ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพไปใช้ประโยชน์ (Binder, Wilson & Zuber, 1971; Vincent, Henri, Lucien, Yves, Jean- Michel, Guy, & Gerard, 1999; Singh, Prabha, Verma, Meena, & Yandigeri, 2017)

ป่าชายเลน เป็นสังคมพืชทนเค็ม ซึ่งเติบโตในเขตน้ำตื้นริมฝั่งบริเวณละติจูดเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ป่าชายเลนทำหน้าที่เชื่อมโยงระบบนิเวศบนบกและในทะเล นอกจากเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย

Ref. code: 25615909030552TAL

และเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสัตว์และพืชรวมไปถึงไซยาโนแบคทีเรียหลายชนิด ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งผลิตสารอินทรีย์และมีบทบาทในการป้องกันการกัดเซาะและคลื่นลมจากชายฝั่งอีกด้วย เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสน้ำ ทำให้แทบจะทุกส่วนของพืชในป่าชายเลนมีความสามารถในการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดและการเจริญเติบโต เช่น เมื่อในน้ำและดินมีปริมาณเกลือสูง ในแสมทะเลที่มีต่อมกำจัดเกลือที่ผิวใบ จะช่วยขับเกลือส่วนเกินได้ หรือในพืชที่ไม่สามารถกำจัดเกลือออกไปได้ จะทำการทิ้งใบเพื่อลดความเค็ม (กรมป่าไม้, 2543) หรือระบบราก นอกจากช่วยค้ำจุนแล้ว ยังช่วยรับก๊าซออกซิเจนจากอากาศโดยตรง (สนิท อักษรแก้ว, 2541) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโต การรอดตาย และการแบ่งเขตของพันธุ์ไม้ ซึ่งจะมีผลต่อพืช การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่เกี่ยวข้องกับพืชในป่าชายเลน แต่การสำรวจไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนทั่วโลกยังพบว่ามีข้อมูลการศึกษาที่น้อยมาก (Alvarenga et al., 2015) รวมไปถึงป่าชายเลนในประเทศไทยที่ตั้งอยู่ในแถบภูมิภาคเขตร้อน ซึ่งมีความเหมาะสมต่อความหลากหลายทางชีวภาพยังพบการศึกษาที่น้อยมากเช่นกัน ประเทศไทยยังขาดข้อมูลพื้นฐานความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนและนาเกลืออยู่มาก งานวิจัยที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับมาสติโกคลาดัสในพื้นที่ป่าชายเลนและนาเกลือยังมีน้อย และความเค็มซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญในพื้นที่พื้นที่ป่าชายเลนและนาเกลือ ดังนั้นการวิจัยความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในสังคมพืชและแหล่งที่อยู่อาศัยที่แตกต่างกัน รวมถึงประชากรของไซยาโนแบคทีเรียต่ออิทธิพลของฤดูกาล สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่จะนำไปศึกษาวิจัยเพิ่มเติม และ ปัจจัยด้านความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตได้ต่อไป

1.2 สมมติฐาน

1.2.1 ความอุดมสมบูรณ์ของไซยาโนแบคทีเรียมีความแตกต่างกันในเชิงพื้นผิวที่อยู่อาศัยของราก และมีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล

1.2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp.

Ref. code: 25615909030552TAL

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 ศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในบริเวณพื้นผิวที่อยู่อาศัยของรากที่แตกต่างกัน

1.3.2 ศึกษาปัจจัยด้านฤดูกาลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่นาเกลือ

1.3.3 ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp.

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยที่ต่างกันในระบบนิเวศป่าชายเลนเขตร้อนในประเทศไทย โดยทำการศึกษาเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ได้แก่

1.4.1.1 พื้นที่นาเกลือ บริเวณถนนธนบุรี-ปากท่อ จังหวัดสมุทรสาคร ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมทะเล (*Avicennia marina*) และรากฝอยชะคราม (*Sueda maritima*) ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561

1.4.1.2 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมขาว (*Avicennia alba*) และรากหายใจแสมทะเล (*Avicennia marina*) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 และ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561

1.4.1.3 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมขาว (*Avicennia alba*) และรากหายใจแสมทะเล (*Avicennia marina*) ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 และ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561

1.4.1.4 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมทะเล (*Avicennia marina*) และรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 และ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561

1.4.1.5 ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด ทำการเก็บตัวอย่างรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 และ เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561

Ref. code: 25615909030552TAL

1.4.1.6 ท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมขาว (*Avicennia alba*) และรากค้ำยันโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 และ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561

1.4.1.7 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจแสมขาว (*Avicennia alba*) และรากค้ำยันโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ในเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 และ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2561

1.4.2 คัดเลือกสายพันธุ์ที่จะนำมาทำการทดลองปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มต่อการเจริญเติบโต

1.4.3 เตรียมการและทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ 208 อาคารบรรยายรวม 3 (บร.3) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการ B101, B103, C206 และ B503 อาคารบรรยายรวม 5 (บร.5) สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากบริเวณพื้นผิวของรากแต่ละชนิดและในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่แตกต่างกันเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาด้านความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนเขตร้อนประเทศไทยต่อไป

1.5.2 ทราบถึงความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียในบริเวณพื้นผิวของรากแต่ละชนิดและในแต่ละพื้นที่ และสภาพแวดล้อมที่ไซยาโนแบคทีเรียอาศัยอยู่

1.5.3 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย เพื่อไปเป็นประโยชน์ในการเพาะเลี้ยง

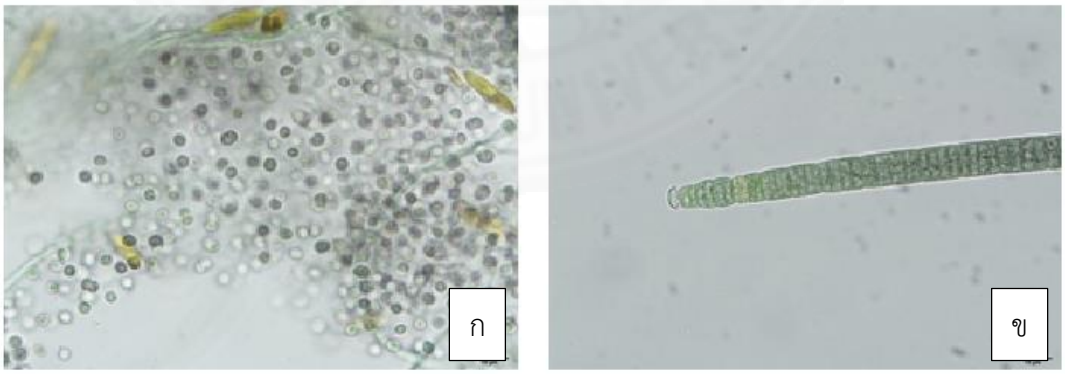
1.5.4 นำไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ ไปศึกษาเพิ่มเติมและพัฒนาเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไซยาโนแบคทีเรีย หรือ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

ไซยาโนแบคทีเรียหรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินเป็นสิ่งมีชีวิตพวกแรกๆ ที่เกิดขึ้นในโลก เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวหรือโปรคารีโอต คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส ไม่มีนิวเคลียสชัดเจน มีโครงสร้างของนิวเคลียสคล้ายคลึงกับนิวเคลียสของแบคทีเรีย ไซโตพลาสซึมต่างจากสาหร่ายชนิดอื่นๆ ไม่มีโครงสร้างของคลอโรพลาสต์ บริเวณส่วนนอกมีรงควัตถุสะสมอยู่ ซึ่งประกอบด้วย คลอโรฟิลล์, แคโรทีนอยด์ และ ไฟโคบิลิน ทำให้มองเห็นเป็นสีเขียวแกมน้ำเงิน สามารถเปลี่ยนสีได้ตามความเข้มของแสงและความยาวคลื่นแสง ทำให้สาหร่ายสร้างรงควัตถุที่ต่างกันและมีปริมาณมากน้อยต่างกัน (ยุวดี พิรพรพิศาล, 2544) ไซยาโนแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์แสงซึ่งในแบคทีเรียไม่มีการสังเคราะห์แสง บางชนิดยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพวกเจลาตินและเซลลูโลส เนื่องจากมีเมือก (gelatin sheath) หุ้มทำให้สามารถเก็บความชื้น เป็นฉนวนกันความร้อนและความเย็นให้กับเซลล์ และ โปรตีนในโปรโตพลาสซึมจับตัวกันแน่น จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้มีชีวิตอยู่ได้นาน มีกระบวนการเมตาบอลิซึมก่อให้เกิดประโยชน์ในทางด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และเศรษฐกิจ ไซยาโนแบคทีเรียสามารถพบได้ในทุกระบบนิเวศ ถ้าเจริญเติบโตมากเกินไปอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559)



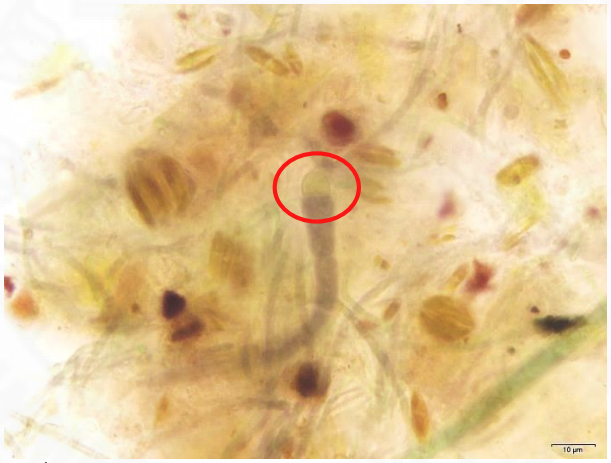
ภาพที่ 2.1 ลักษณะเซลล์เดี่ยวและเส้นสายของไซยาโนแบคทีเรีย โดยภาพ ก. แสดงไซยาโนแบคทีเรียลักษณะเซลล์เดี่ยว และภาพข. แสดงไซยาโนแบคทีเรียลักษณะเส้นสาย

ไซยาโนแบคทีเรียจำแนกตามสัณฐานวิทยาออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ดังภาพที่ 2.1 คือ มีรูปร่างไม่เป็นเส้นสายหรือเป็นเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนี อาจจะอยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรืออยู่รวมกัน และมีรูปร่างเป็นเส้นสาย เกิดจากหลายๆ เซลล์มาต่อกัน เรียกว่า ตรัยโคม ในสาหร่ายชนิดนี้ไม่มีแฟล

Ref. code: 25615909030552TAL

เจลลัมแต่ก็ยังสามารถเคลื่อนที่ได้ ปัจจัยที่ทำให้เคลื่อนที่ คือ การยืดและหดตัวของเซลล์ แลกเปลี่ยนน้ำกับสารละลายภายในเซลล์ มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ได้แก่ การแบ่งเซลล์, การขาดออกเป็นท่อน, การสร้างฮอร์โมโกเนียมเทียม, และการสร้างสปอร์ เป็นโครงสร้างของเซลล์ เรียกว่า เซลล์อะคินีท (akinete) มีผนังหนาและขนาดใหญ่ จะสร้างเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (สรัญญา พันธุ์พฤกษ์, 2557)

เซลล์เฮเทอโรซิสต์ (heterocyst) จะเกิดขึ้นเมื่อไซยาโนแบคทีเรียขาดไนโตรเจน โดยเซลล์จะมีลักษณะกลมขนาดใหญ่ สีจาง และมีผนังหนาเพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนเข้าสู่เซลล์ ทำให้เอนไซม์ไนโตรจีเนสทำงานสามารถตรึงไนโตรเจนได้ แม้ไม่มีเซลล์เฮเทอโรซิสต์ก็สามารถตรึงไนโตรเจนได้ (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559) จะพบเฮเทอโรซิสต์ได้ในลักษณะเป็นเส้นสายบริเวณระหว่างเซลล์ (intercalary heterocyst) หรือ บริเวณปลายสาย (terminal heterocyst) เช่น *Calothrix* ดังภาพที่ 2.2

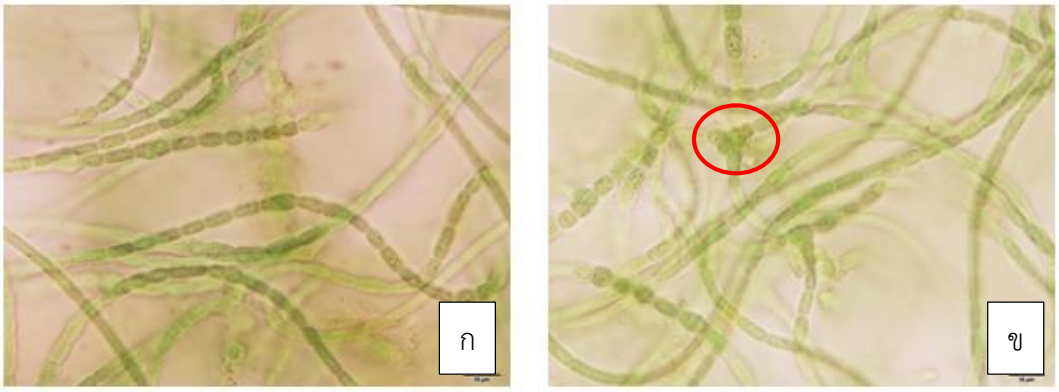


ภาพที่ 2.2 ลักษณะเซลล์เฮเทอโรซิสต์ของไซยาโนแบคทีเรีย

2.1.1 มาสติโกคลาดัส (*Mastigocladus* sp.)

มาสติโกคลาดัสจัดอยู่ในอันดับ Stigonematales วงศ์ Mastigocladaceae มีลักษณะเส้นสายประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวแถวเดียวแตกแขนงรูปตัววี แขนงจะออกมาจากเส้นสายเดิมด้านข้างด้านเดียวมีขนาดสั้น มีการแตกแขนงแท้จริงและไม่แท้จริง มีเฮเทอโรซิสต์ที่อยู่ภายในมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์ปกติ สามารถตรึงไนโตรเจนในสภาวะที่มีออกซิเจนได้ (Venkataraman, 1986) เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมจะมีการปล่อยสารพอลิเมอร์ในลักษณะแคปซูล หรือชีทที่ห่อหุ้มไว้ ดังภาพที่ 2.3

Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 2.3 ไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. โดย ภาพ ก. แสดงเส้นสายของ *Mastigocladus* sp. และ ภาพ ข. แสดงบริเวณแขนงรูปตัววีของ *Mastigocladus* sp.

การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus laminosus* ได้แก่ Muster, Binder, Schneider and Bachofen (1983) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและความเป็นกรดด่างต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียเขตร้อน *Mastigocladus laminosus* โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 30 ถึง 62 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 4 ถึง 10 การศึกษาของ Thajuddin and Subramanian (2005) พบว่า *Mastigocladus* sp. สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อมสุดขั้วของอุณหภูมิและค่าความเป็นกรดด่าง การศึกษาของ Udomluk, Richard, Somboon and Yuwadee (2006) ศึกษาในจังหวัดระนอง ทำการศึกษาในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส พบ *Mastigocladus* sp. ได้ในทุกช่วงของอุณหภูมิและทุกฤดูกาลที่ทำการศึกษา การศึกษาของ Mongra (2014) เกี่ยวกับอุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus laminosus* พบว่าที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียสจะมีการเจริญเติบโต และ สร้างเซลล์เฮเทอโรซิสต์ได้ดีกว่าอุณหภูมิที่ 25 และ 35 องศาเซลเซียส และ การศึกษาของ Alcaman, Fernandez, Delgado, Bergman, and Diez (2015) ศึกษาการตอบสนองความต้องการไนโตรเจนในน้ำพุร้อนเขตร้อน การตรึงไนโตรเจนขึ้นอยู่กับแสง โดยสามารถตรึงไนโตรเจนได้ในอุณหภูมิในช่วง 46 ถึง 58 องศาเซลเซียส

2.1.2 การจัดจำแนกหมวดหมู่ไซยาโนแบคทีเรีย (Classification)

ไซยาโนแบคทีเรียถูกจัดไว้ใน Division: Cyanophyta Class: Cyanophyceae มีการจำแนกหมวดหมู่ไซยาโนแบคทีเรียหลายระบบ ในที่นี้จะยึดตามหลักเกณฑ์ของ Desikachary, (1959) อ้างถึงใน (ยุวดี พีรพรพิศาล, 2549; Anagnostidis & Komarek, 1988, 1989, 1999; Komarek, 2003) ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 5 order ที่สำคัญ โดยมีลำดับการจัดหมวดหมู่ดังนี้

Ref. code: 25615909030552TAL

2.1.2.1 Order Chroococcales ลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว (unicellular) โดยอาจจะดำรงชีวิตอยู่แบบเดี่ยวๆ หรือเป็นโคโลนี (colony) ไม่มีความแตกต่างระหว่างส่วนฐานและส่วนปลาย มีลักษณะการสืบพันธุ์ด้วยวิธีการแบ่งเซลล์ ไม่มีการสร้างเอกโซสปอร์ เช่น *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus* sp. และ *Gloeocapsa* sp. เป็นต้น

2.1.2.2 Order Chamaesiphonales มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว เกาะอยู่กับวัตถุต่างๆ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็นส่วนฐานและส่วนยอด สืบพันธุ์โดยการสร้างเอนโดสปอร์หรือเอกโซสปอร์ เช่น *Chamaesiphon* sp. และ *Dermocarpa* sp. เป็นต้น

2.1.2.3 Order Pleurocapsales มีลักษณะคล้ายกลุ่มเส้นสายแต่ไม่ชัดเจน หรือมีโครงสร้างคล้ายเซลล์เดี่ยว แต่บางครั้งอาจคล้ายทัลลัส ประกอบด้วยส่วนฐานที่เป็นแผ่นแบน (prostrate) ส่วนที่เป็นเส้นสายไม่มีความแตกต่างภายในตรัยโคม (trichome) ไม่พบการสร้างโฮโมโกเนียม ไม่มีเฮเทอโรซิสต์ สืบพันธุ์โดยการสร้างเอนโดสปอร์ เช่น *Myxosarcina* sp., *Hydrococcus* sp. และ *Xenococcus* sp. เป็นต้น

2.1.2.4 Order Nostocales มีลักษณะเป็นเส้นสาย ไม่แตกแขนงหรือมีการแตกแขนงไม่แท้จริง (false branching) มีชีทหุ้มหนาหรือบางแล้วแต่ชนิด เซลล์มีรูปร่างกลมหรือเหลี่ยมเล็กน้อยแล้วป่องตรงกลางเซลล์ บางชนิดเป็นแบบทรงกระบอก มีการสร้างอะคินีท (akinete) และมีเฮเทอโรซิสต์ซึ่งสามารถงอกเป็นเส้นสายใหม่ได้ เช่น *Lyngbya* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Arthrospira* sp. เป็นต้น

2.1.2.5 Order Stigonematales มีลักษณะเป็นเส้นสายที่แตกแขนงได้หลายแบบ มีทั้งแตกแขนงแท้จริงและไม่แท้จริง และแต่ละแบบจะมีการแตกแขนงหลายทิศทาง เซลล์ที่ประกอบด้วยเส้นสายนั้นอาจประกอบด้วยเซลล์แถวเดียว สองแถว หรือมากกว่า แต่แขนงที่แตกออกไปมักเป็นเซลล์แถวเดียว หรืออาจมีมากกว่าหนึ่งแถวก็ได้ ชีทที่หุ้มมักมีสีเหลือง หรือน้ำตาล มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์ ซึ่งอาจมีโพลาร์โนดูลถึง 3 อัน สืบพันธุ์โดยการสร้างโฮโมโกเนียม แล้วขาดออกเป็นท่อนๆ ไม่พบว่ามีการสร้างอะคินีท ไซยาโนแบคทีเรียในอันดับนี้เช่น *Mastigocladus* sp., *Fischerella* sp. และ *Stigonema* sp.เป็นต้น

2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมและแหล่งที่อยู่อาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย

ไซยาโนแบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถเจริญเติบได้ในระบบนิเวศบนบกและระบบนิเวศแหล่งน้ำรวมถึงระบบนิเวศที่มีสภาพสุดขั้ว สามารถรักษาความชุ่มชื้นและช่วยปกป้องเซลล์

Ref. code: 25615909030552TAL

เนื่องจากมีพอลิแซ็กคาไรด์หุ้มเซลล์ไว้ (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559) สามารถสังเคราะห์แสงและยังตรึงไนโตรเจนได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตามไซยาโนแบคทีเรียในแต่ละแหล่งที่อยู่อาศัยจะมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างตามอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ ดังนี้

2.2.1 ความเค็ม (salinity) มีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียและพืชในป่าชายเลน ในป่าชายเลนมีค่าความเค็มในดินระหว่าง 28 ถึง 34 ppt พืชป่าชายเลนมีกลไกในการปรับตัว พืชแสมจะมีต่อมขจัดเกลืออยู่ที่ใบ เมื่อความเค็มสูงจะลดความเค็มโดยการทิ้งใบ ในสิ่งมีชีวิตความเค็มอาจจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต รบกวนกระบวนการเมตาบอลิซึม และมีผลต่อการศูนย์เสียน้ำของเซลล์ จึงมีการปรับตัวให้สมดุล เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน และการรักษาความเป็นค่าความเป็นกรดด่าง (วิชิตพล มีแก้ว, ณัฐพล ขันธปราบ และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ, 2553) การศึกษาของ Steinke, Lubke, and Ward (2003) พบว่าไซยาโนแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงค่าเค็มที่กว้าง ขณะที่ Thajuddin and Subramanian (2005) รายงานว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ที่ 15-30 ppt

2.2.2 อุณหภูมิ (temperature) มีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ อุณหภูมิดินจะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับฤดูกาล

2.2.3 ความเข้มแสง (light intensity) มีบทบาทสำคัญสำหรับการสังเคราห์แสงของสิ่งมีชีวิตและกระบวนการทางชีวภาพ เนื่องจากต้องใช้แสงในการสังเคราะห์แสงเพื่อเจริญเติบโต สาหร่ายมีความสามารถในการดูดซับพลังงานแสงแตกต่างกันไป และ สามารถปรับตัวให้เข้ากับพื้นที่ที่มีความเข้มแสงน้อยหรือความลึกที่เพิ่มขึ้น (Chaloemphon Bunsom & Anchana Prathep, 2012)

2.2.4 ฤดูกาล (season) ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของไซยาโนแบคทีเรียและพืชในป่าชายเลน และมีความอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยอื่นๆ เช่น อุณหภูมิ ความเค็ม และ ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ เป็นต้น การศึกษาของ Nedumaran and Perumal (2012) พบว่าความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียพบมากที่สุดในฤดูมรสุม

2.2.5 ปริมาณธาตุอาหาร (nutrient) ไนเตรต ฟอสเฟต และ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหาร และ เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของไซยาโนแบคทีเรีย (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559) ปริมาณธาตุอาหารมาจาก น้ำฝน น้ำจากแผ่นดิน ดินตะกอน น้ำทะเล และ การผุสลายของอินทรียวัตถุ

2.2.6 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีผลต่อการแตกตัวของอิออนต่างๆ มีผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในดิน มีส่วนควบคุมกิจกรรมต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตในน้ำ รวมทั้งมีผลต่อการ

Ref. code: 25615909030552TAL

ปลดปล่อยธาตุต่างๆ ที่จะเข้าสู่เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ช่วงค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย อยู่ในช่วงค่าค่อนข้างไปทางเบส (Muthukumar, Muralitharan, Vijayakumar, Panneerselvam, & Thajuddin, 2007; Shruthi & Rajashekhar, 2014)

2.2.7 น้ำขึ้นน้ำลง (tides) ช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงของน้ำทะเลมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มในป่าชายเลน ไซยาโนแบคทีเรียในป่าชายเลนสามารถดำรงชีวิตแบบในน้ำและบนบก

2.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอน

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายและแพลงก์ตอนสามารถศึกษาได้หลายวิธี พิจารณาให้เหมาะสมตามลักษณะของสาหร่ายที่เพาะเลี้ยง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.3.1 การวัดปริมาณเซลล์อัดแน่น (Pack cell volume) การวัดปริมาณเซลล์อัดแน่น เนื่องจากรูปร่างของเซลล์มีความแตกต่างกันและมีพอลิแซ็กคาร์ไรด์ห่อหุ้มเซลล์ อาจจะทำให้น้ำหนักที่ได้ไม่ใช่น้ำหนักสาหร่ายที่แท้จริง หลังจากวัดการเจริญเติบโตแล้ว สามารถนำเซลล์ที่ผ่านการอบแห้งแล้วไม่ใช้ประโยชน์ต่อได้ เช่นการศึกษาของ Wildman, Benner, Held, and Schauberger (1974) ที่ศึกษาใน *Anabaena cylindrical* โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 2 วัน และ การศึกษาของ กันต์กนิษฐ เสือเปลี่ยว, ญาวดี แก้วสุกใส, กัญญาลักษณ์ สังข์ประไพ, นริศรา คล้ายหิรัญ, เทพปัญญา เจริญรัตน์ และ สุเปญญา จิตตพันธ์. (2555) ศึกษาสายพันธุ์ *Nostoc* sp. โดยทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน

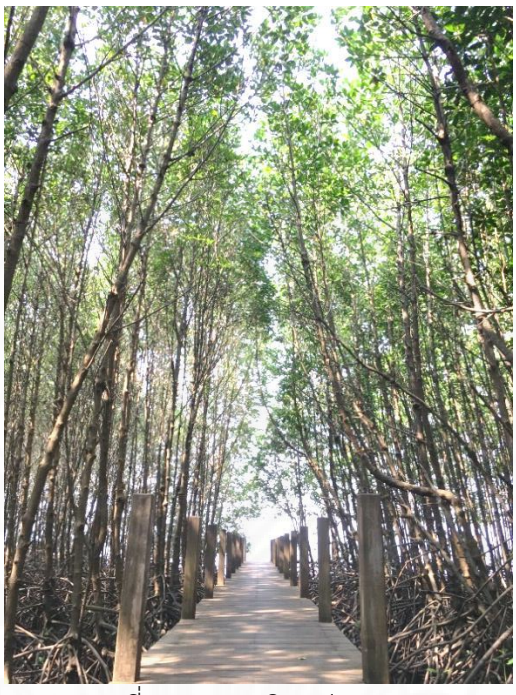
2.3.2 การวัดน้ำหนักเซลล์แห้ง (Dry cell weight) เป็นวิธีที่ลดความคลาดเคลื่อนของการวัดปริมาณเซลล์อัดแน่น นำเซลล์สาหร่ายไปอบและต้องทำให้เซลล์แห้งสนิท หลังจากวัดการเจริญเติบโตแล้ว ไม่สามารถนำเซลล์ที่ผ่านการอบแห้งแล้วไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ เช่น การศึกษาของ กันต์กนิษฐ เสือเปลี่ยว และคณะ (2555) และ กนกกานค์ นาคทอง (2556) ทำการศึกษาใน *Oscillatoria* sp. ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 3 วัน

2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในสาหร่ายทุกชนิดไม่ว่าจะอยู่ในลักษณะเซลล์เดี่ยวหรือเส้นสาย มีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบหลัก สามารถวัดคลอโรฟิลล์ได้เฉพาะเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่เท่านั้น หลังจากการวัดคลอโรฟิลล์แล้วไม่สามารถนำเซลล์ไปใช้ประโยชน์ต่อได้ เช่น มีการเปรียบเทียบกับการศึกษาของ กนกกานค์ นาคทอง (2556) และ การศึกษาของ เอมอร พูลสวัสดิ์, สกี

Ref. code: 25615909030552TAL

นะร์ ยะตี, บงกช บุญบูรพงศ์ และ สุระศักดิ์ ละลอกน้ำ (2558) ซึ่งศึกษาสกุล *Oscillatoria* sp. และโดยใช้เอทานอลเข้มข้น 95% ในการสกัดรงควัตถุ

2.4 ระบบนิเวศป่าชายเลน



ภาพที่ 2.4 ระบบนิเวศป่าชายเลน

ป่าชายเลน (Mangroves) เป็นระบบนิเวศที่อยู่บริเวณเขตร้อนและกึ่งร้อน ซึ่งเชื่อมระหว่างผืนดินกับพื้นน้ำทะเล เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและมีแร่ธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิต และหมุนเวียนในห่วงโซ่อาหาร ทั้งจากมวลชีวภาพของซากพืชซากสัตว์และธาตุอาหารที่พัดพาโดยกระแสน้ำ ให้ผลผลิตสูงและมีความสำคัญต่อระบบนิเวศชายทะเลและชายฝั่งทะเล พันธุ์ไม้ในป่าชายเลนมีมากมาย พันธุ์ไม้ที่สำคัญและเป็นพันธุ์ไม้เด่น โดยเฉพาะ สกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora* sp.) และสกุลไม้แสม (*Avicennia* sp.) ความหลากหลายของพันธุ์ไม้ปรับเปลี่ยนให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมและสภาวะน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เป็นตัวเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ คือ ความเค็ม โดยความเค็มของน้ำจะเป็นตัวเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่สุด นอกจากจะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังส่งผลต่อปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ การปรับตัวของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนเพื่อให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม เช่น ต่อมขับเกลือ มีหน้าที่รักษาสมดุลของเกลือในพืชโดยจะขับเกลือออกทางใบ ลักษณะของใบที่อวบน้ำ มีปากใบ มีผนังหนา หรือ แผ่นมัน จะช่วยรักษาสมดุลและป้องกันการระเหยของน้ำ เนื่องจากดินในป่าชายเลนมีลักษณะเป็นเลนอ่อนหรือทราย ทำให้ดินที่จมน้ำมีปริมาณออกซิเจนน้อย จึงสร้างระบบรากซึ่งเป็นหนึ่งในการปรับตัวของไม้ในป่าชายเลน นอกจากทำ

Ref. code: 25615909030552TAL

หน้าที่ค้ำจุนลำต้นแล้วยังช่วยในการดูดซับออกซิเจนจากอากาศเวลาน้ำลงอีกด้วย (สนิท อักษรแก้ว, 2541; กรมป่าไม้ ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, 2543)
ตารางที่ 2.1

พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย จำแนกตามรายจังหวัด สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2552 *

จังหวัด	**พ.ศ. 2552 (ไร่)**	**จังหวัด**	**พ.ศ. 2552 (ไร่)**
สมุทรปราการ	12,524.17	ตราด	61,974.19
กรุงเทพมหานคร	3,351.79	จันทบุรี	75,428.91
สมุทรสาคร	25,257.22	ระยอง	11,283.57
สมุทรสงคราม	14,272.75	ชลบุรี	5,554.41
เพชรบุรี	18,568.75	ฉะเชิงเทรา	7,309.34
ประจวบคีรีขันธ์	1,708.58	รวมภาคตะวันออก	161,550.42
รวมภาคกลาง	75,683.26		
ชุมพร	32,240.11	ระนอง	154,448.34
สุราษฎร์ธานี	46,574.20	พังงา	275,316.68
นครศรีธรรมราช	73,549.60	ภูเก็ต	12,327.42
พัทลุง	399.98	กระบี่	218,185.74
สงขลา	7,991.95	ตรัง	220,975.74
ปัตตานี	21,993.68	สตูล	223,638.95
นราธิวาส	184.49	รวมภาคใต้ฝั่งอันดามัน	1,104,892.87
รวมภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย	182,934.01		
		รวมทั้งประเทศ	**1,525,060.56**

* อ้างอิงจาก ส่วนส่งเสริมและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 1,525,060.56 ไร่ โดยภาคใต้มีพื้นที่ป่าชายเลนกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมดในประเทศไทย จังหวัดพังงาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนมากที่สุด และ จังหวัดพัทลุงเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ป่าชายเลนน้อยที่สุด ดังตารางที่ 2.1

Ref. code: 25615909030552TAL

สาหร่ายเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในป่าชายเลน แบ่งเป็น อาศัยตามต้นหรือรากของพืช อยู่ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้มีความสามารถในการปรับตัวได้ดี และ อาศัยตามพื้นโคลน เกาะตามเปลือกหอย หรือเศษใบไม้ สาหร่ายสีเขียมแกมน้ำเงิน หรือ ไซยาโนแบคทีเรียที่พบ ได้แก่ *Lyngbya* sp., *Symploca* sp., *Phormidium* sp. และ *Calothrix* sp. (กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์, 2519 อ้างถึงโดย สนิท อักษรแก้ว, 2541)

2.5 การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนและชายฝั่ง

ไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนและชายฝั่งสามารถพบการกระจายได้บนพื้นผิวที่อยู่อาศัยที่หลากหลาย เช่น เกาะอยู่บนรากไม้ และ โขดหิน เป็นต้น จากการรวบรวมงานวิจัยของ Alvarenga et al. (2015) พบไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนได้เกือบทุกทวีปทั่วโลก โดยแบ่งตามทวีปดังนี้

ทวีปอเมริกา Toledo, Bashan, and Soeldner (1995) ทำการศึกษาไซยาโนแบคทีเรีย และ การตรึงไนโตรเจนบนรากหายใจของแสม (*Avicennia germinans*) ในป่าชายเลนประเทศเม็กซิโก แบ่งศึกษารากหายใจเป็น 3 ส่วน ส่วนบนพบพวกเซลล์เดี่ยว ส่วนกลางพบพวก filament ส่วนบนพบพวกไม่มีเฮเทอโรซิสต์ คือ *Anabaena* sp. และ *Microcoleus* sp. เป็นแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ การตรึงไนโตรเจนผันผวนตามแต่ละวันและฤดูกาล ในฤดูหนาวจะตรึงไนโตรเจนได้น้อยและจะเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูร้อน แสงและน้ำจึงเป็นปัจจัยหลักในการตรึงไนโตรเจนบนรากหายใจของ *A. germinans* ต่อมา Nogueira and Ferreira-Correia (2001) ทำการศึกษาโดยการขูดรากและลำต้นของต้นไม้โกงกาง (*Rhizophora mangle* L.) บริเวณเขตน้ำกร่อยในประเทศบราซิล พบไซยาโนแบคทีเรีย 8 วงศ์ 15 ชนิด ส่วนใหญ่พบ *Scytonema* sp., *Microcoleus* sp., *Leibleinia* sp., และ *Pleurocapsa* sp, ส่วน *Leptolyngbya crosbyanum* พบเป็นครั้งแรกในประเทศบราซิล ในประเทศเดียวกันการศึกษาของ Sant'Anna, Azevedo, Maria, Senna, Komárek, and Komárková (2004) ได้เก็บตัวอย่างน้ำจืดในแหล่งน้ำที่แตกต่างกัน ได้แก่ แม่น้ำ อ่างเก็บน้ำ ลำธาร และ ทะเลสาบ พบไซยาโนแบคทีเรีย 4 วงศ์ 26 ชนิด มี 2 ชนิดที่พบครั้งแรกในประเทศ คือ *Bacularia* sp. และ *Coelosphaeriopsis* sp. และ มี 6 ชนิดที่มีความเป็นพิษ คือ *Aphanocapsa incerta*, *Microcystis aeruginosa*, *M. botrys*, *M. panniformis*, *M. wesenbergii* และ *Radiocystis fernandoi* ต่อมา Claudia, Hilda, and Elisa (2012) ทำการเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียและสาหร่ายขนาดใหญ่จากต้นไม้โกงกางและช่วงน้ำขึ้นน้ำลง ในป่าชายเลนที่แห้งบริเวณชายฝั่งตะวันออกของรัฐแคลิฟอร์เนียประเทศสหรัฐอเมริกา พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด

Ref. code: 25615909030552TAL

68 ชนิด แบ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรีย 21 ชนิด ส่วนใหญ่พบใน *A. germinans* ถึง 21 ชนิด *R. mangle* และ ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง พบ 2 ชนิดเท่ากัน พบ *Lyngbya* sp. ทุกพื้นที่ *Oscillatoria* sp. เป็นไซยาโนแบคทีเรียชนิดเดียวที่ไม่พบใน *A. germinans* และ พบ *Heteroleibleinia* sp. และ *Johanesbaptistia* sp. เป็นครั้งแรกในอ่าวแคลิฟอร์เนีย

ทวีปแอฟริกา Lambert, Steinke, and Naidoo (1989) ศึกษาสาหร่ายในป่าชายเลนบริเวณแหล่งน้ำเค็มในแอฟริกาใต้ ศึกษา 6 สภาพพื้นที่ พบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมด 27 ชนิด แบ่งเป็น พบ 23 ชนิดบนรากหายใจของแสมทะเล พบ 4 ชนิดบนโคนลำต้นและรากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่ พบ 13 ชนิดบนโคนลำต้น รากหัวเข่า และ รากแผ่นของพังกาหัวสุมดอกแดง (*Bryguiera gymnorrhiza*) พบ 2 ชนิดบนโคนลำต้นของโปรงแดง พบ 10 ชนิดบนโคลน และ พบ 2 ชนิดบนหิน พบ *Scytonema hofmannii* ทุกพื้นที่ยกเว้นบนหิน พบ *Microcoleus chthonoplastes* และ *Schizothrix arenaria* ยกเว้นบริเวณโคนลำต้นของโปรงแดงและบนหิน ต่อมา Silva (1991) ศึกษาไซยาโนแบคทีเรียในป่าชายเลยประเทศโมซัมบิก โดยตัดรากหายใจของแสมทะเล (*Avicennia marina*) บริเวณใกล้พื้นดิน และ โคนลำต้นของโปรงแดง (*Ceriops tagal*) พบความหลากหลายทั้งหมด 3 ลำดับ 12 สกุล 16 ชนิด พบ 13 ชนิดในแสมทะเล และ 4 ชนิด พบในโปรงแดง โดย *Chamaecalyx leibleiniae* พบในพืชทั้งสองชนิด จาก 16 ชนิด พบชนิดใหม่ 6 ชนิด ได้แก่ *Arthrospira platensis*, *Hydrococcus rivularis*, *Lyngbya nigra*, *Oscillatoria jenensis*, *Stichosiphon* sp., และ *Xenococcus acervatus* ต่อมา Kyaruzi, Kyewalyanga, and Muruke (2003) ทำการศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย และ ผลกระทบของฤดูกาลต่อการตรึงไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าชายเลนประเทศแทนซาเนีย ทำการเก็บตัวอย่างบนตะกอนทราย และตะกอนโคลน พบไซยาโนแบคทีเรีย 3 อันดับ 3 สกุล 10 ชนิด แบ่งเป็น มีเฮเทอโรซิสต์ 2 ชนิด และไม่มีเฮเทอโรซิสต์ 8 ชนิด ความสัมพันธ์ระหว่างการตรึงไนโตรเจนและปัจจัยสิ่งแวดล้อม ยกเว้นอุณหภูมิในดินตะกอนสัมพันธ์กับการตรึงไนโตรเจนบริเวณตะกอนทราย ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียแปรผันกับการตรึงไนโตรเจน และ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลไม่มีผลต่อการตรึงไนโตรเจน

ทวีปเอเชีย Hussain and Khoja (1993) ทำการเก็บตัวอย่างป่าชายเลนบนเกาะ 3 แห่งในประเทศซาอุดิอาระเบีย ศึกษาไซยาโนแบคทีเรียที่เติบโตในพื้นที่ที่แตกต่างกัน 4 แบบ คือ บริเวณผิวหน้าดิน หนองน้ำ บนหิน และ ท้องทะเล พบไซยาโนแบคทีเรีย 90 ชนิด แบ่งเป็น แบบมีเฮเทอโรซิสต์ 14 ชนิด และ แบบไม่มีเฮเทอโรซิสต์ 76 ชนิด โดย *Scytonema* sp. เป็นสกุลเด่น พบทั้ง 3 เกาะ มีความอุดมสมบูรณ์มากในผิวหน้าดิน และ หนองน้ำ ไม่พบในท้องทะเล พบ *Microcoleus chthonoplastes* รองลงมา พบได้ทุกเกาะ เฉพาบริเวณผิวหน้าดิน และ หนองน้ำ พบ *Lyngbya majuscule* Harvey *ex* Gomont ≥ 32 ไมโครเมตร เพียงชนิดเดียวที่พบในทุกเกาะและทุกพื้นที่ ใน

Ref. code: 25615909030552TAL

บริเวณผิวหน้าดินและหนองน้ำมีความอุดมสมบูรณ์มาก ต่อมา Silambarasan, Ramanathan, and Kathiresan (2012) ศึกษาไซยาโนแบคทีเรียจากตัวอย่างดินรอบๆ ราก ในป่าชายเลน 3 แห่งทางชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย พบ 12 วงศ์ 39 ชนิด มี 5 ชนิดที่สามารถพบได้ทั้ง 3 พื้นที่ ได้แก่ *Synechocystis salina* Wislough, *Oscillatoria salina* Biswas, *Phormidium ambiguum* Gomont, *Phormidium tenue* (Menegh.) Gomont, และ *Spirulina major* Kutz.ex Gomant ต่อมา Ram and Shamina (2015) ทำการเก็บตัวอย่างรากของ ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora (Roxb.)*) พังกาหัวสุมดอกขาว (*Bruguiera sexangula (Lour.)*) ลำพู (*Sonneratia caseolaris (L.) Engl*.) แสมดำ (*Avicennia officinalis L*.) และ ตาตุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha L*.) จากป่าชายเลน Mekkara และ Kumarakom ในประเทศอินเดีย พบความหลากหลาย 4 อันดับ 4 วงศ์ 12 ชนิด มีเฮเทอโรซิสต์ 4 ชนิด พบใน Mekkara ซึ่งเป็นป่าชายเลนตามธรรมชาติ 10 ชนิด และ Kumarakom ซึ่งเป็นป่าชายเลนที่ได้รับการพัฒนา มีความหลากหลายของสังคมพืชมากกว่า แต่พบความหลากหลายเพียง 6 ชนิด ไซยาโนแบคทีเรียที่พบในป่าชายเลนทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ *Oscillatoria annae*, *Phormidium molle*, *Nostoc muscorum*, และ *Scytonema bohneri*

ในประเทศไทยการศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในป่าชายเลนมีเพียงการศึกษาของ ศิริพร สุดหา (2560) ที่ทำการศึกษาจากพื้นผิวของรากอากาศแสมขาว, รากอากาศแสมทะเล, รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่, และรากหัวเข่าโปรงแดง จากป่าชายเลนบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย พบความหลากหลายทั้งหมด 13 วงศ์ 25 สกุล 72 ชนิด โดยแบ่งเป็นลักษณะเส้นสายแบบไม่มีเฮเทอโรซิสต์ 49 ชนิด ลักษณะเซลล์เดี่ยว 18 ชนิด และ ลักษณะเส้นสายแบบมีเฮเทอโรซิสต์ 5 ชนิด พบความหลากหลายของสกุล *Oscillatoria* 18 ชนิด และ *Pseudanabaena* 9 ชนิด อีกทั้งได้ทำการศึกษาเชิงฤดูกาล พบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียมากที่สุดในฤดูหนาว (2560) รองลงมาคือ ฤดูฝน (2559) ฤดูหนาว (2559) และ ฤดูร้อน (2559) พบน้อยที่สุด

รายงานการศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งประเทศไทย ได้แก่ จิรพร เจริญวัฒนาพร (2555) ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งหญ้าทะเลจังหวัดพังงา ทำการเก็บตัวอย่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชในฤดูแล้งและฤดูฝน พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 4 อันดับ 57 สกุล แบ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรีย 4 สกุล ต่อมา วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม และ ลิขิต ชูชิต (2555) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ โดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 เดือน 3 ครั้ง เพื่อเป็นตัวแทนในฤดูกาลต่างๆ เก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืชโดยใช้ถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดตา 22 ไมครอน จำแนกแพลงก์ตอนพืชได้ทั้งหมด 57 สกุล พบไซยาโนแบคทีเรียเพียง 2 สกุล คือ *Oscillatoria* sp. พบได้ทุกช่วงฤดูกาล และ

Ref. code: 25615909030552TAL

Richelia sp. พบแค่ในฤดูฝนเท่านั้น ต่อมา ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง (2555) ทำการสำรวจและประเมินสถานภาพทรัพยากรทางชีวภาพ โดยเก็บน้ำและกรองผ่านถุงกรองขนาดตา 20 ไมครอน บริเวณอ่าวขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช พบ *Oscilllatoria* sp. และ *Anabaena* sp. บริเวณแหล่งปะการังเทียม จังหวัดปัตตานี พบไซยาโนแบคทีเรียเพียงชนิดเดียว คือ *Oscillatoria* sp. และ บริเวณทะเลสาบสงขลา จังหวัดสงขลา พบแพลงก์ตอนพืช 109 สกุล แบ่งเป็น ไซยาโนแบคทีเรีย 12 สกุล พบ *Chroococcus* sp. และ *Merismopedi*a sp. เป็นสกุลเด่น และในปีเดียวกัน อัจฉราภรณ์ เปี่ยมสมบูรณ์ และ ทัชชา โชคปมิตต์กานนท์ (2555) ได้ทำการคัดแยกและเพาะเลี้ยงสาหร่ายขนาดเล็กจากระบบนิเวศทางทะเลของหมู่เกาะแสมสารและเกาะสีชัง เก็บตัวอย่างบริเวณเกาะแรดและเกาะสีชังโดยใช้ถุงลากแพลงก์ตอนขนาดตา 20 ไมโครเมตร พบไดอะตอม 4 ชนิด และ ไซยาโนแบคทีเรียเพียงชนิดเดียว คือ *Trichodesmium* sp. พบบริเวณเกาะสีชังเท่านั้น ต่อมา เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล, ลภัสลดา ไกรสินธุ์, ศศิฬา ฉิมพลี และ ชลี ไพบูลย์กิจกุล (2558) ศึกษาความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในจังหวัดจันทบุรี ทำการเก็บตัวอย่างน้ำโดยกรองผ่านถุงกรองขนาดตา 21 ไมโครเมตร พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 63 สกุล แบ่งเป็นไซยาโนแบคทีเรียเพียง 3 สกุล และในปีเดียวกัน เสถียรพงษ์ ขาวหิต, เกษม จันทร์แก้ว, วศิน อิงคพัฒนากุล, อรอนงค์ ผิวนิล, อนุกรณ์ บุตรสันติ์ และ เอกชัย บุดดา (2558) สำรวจความหลากหลายชนิดของแพลงก์ตอนพืชและความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลแหลมผักเบี้ย เก็บตัวอย่างน้ำในช่วงน้ำขึ้นในฤดูฝนและฤดูร้อนบริเวณผิวน้ำและกรองด้วยถุงกรองขนาดตา 20 ไมครอน พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 50 สกุล จำแนกเป็นไซยาโนแบคทีเรีย 4 สกุล ได้แก่ *Oscillatoria* sp., *Spirulina platensis*, *Anabaena* sp., และ *Richellia intracellularis* มีเพียง *Oscillatoria* sp. ที่พบทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ การศึกษาของ ณัฏฐา เสนีวาส, ศรีสม สุวรรณวงศ์, ลิลลี่ กาวีต๊ะ, สรัญญา วัชโรทัย และ รวีวรรณ ตัณฑวณิช (2553) ทำการศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Hapalosiphon* sp. พบว่าการเลี้ยงในระบบการให้อากาศแบบหัวทรายชนิดแท่งและเพาะเลี้ยงในเรือนเพาะชำที่ได้รับอุณหภูมิและความเข้มแสงตามธรรมชาติ เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตมากกว่าระบบให้อากาศแบบปั๊มพ่นน้ำและเลี้ยงในอุณหภูมิห้องปฏิบัติการโดยรับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ต่อมา โพธิธรณ์ ครรชิตานุรักษ์, กนกกานต์ นาคทอง, ชัยศาสตร์ คเชนทร์สุวรรณ และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ (2555) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและปริมาณบีเทนของไซยาโนแบคทีเรียชนิดเส้นสายสกุล *Anabaena* sp., *Nostoc* sp. และ *Spirulina* sp. พบว่า *Anabaena* sp. ทนความเค็มได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 โมลาร์ ส่วน *Nostoc* sp. และ *Spirulina*

Ref. code: 25615909030552TAL

sp. สามารถทนเค็มได้เท่ากันคือ 0.5 โมลาร์ และ การศึกษาของ กันต์กนิษฐ เสือเปลี่ยว และคณะ (2555) ทำการศึกษาผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจน ซึ่งคัดแยกจากพื้นที่เกษตรอินทรีย์ โดยเปรียบเทียบอาหารสูตร BG-11 แบบที่ไม่มีไนโตรเจน และ เติม $NaNO_3$ 3 กรัมต่อลิตร พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียในอาหารที่ไม่มีไนโตรเจนสามารถสร้างเซลล์เฮเทอโรซิสต์ได้ดีกว่า

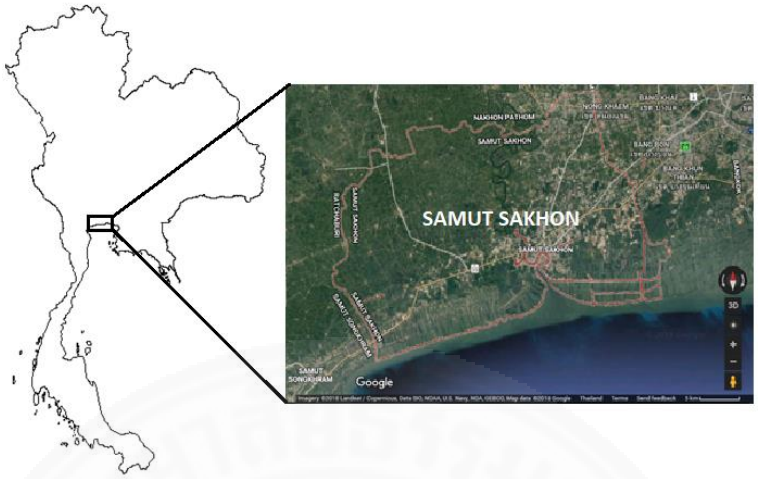
มีการศึกษาวิจัยอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับไซยาโนแบคทีเรียและนำไปใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ในหลายด้าน ได้แก่ การนำไฟโคบิลิโปรตีนซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่อยู่ไซยาโนแบคทีเรียมาประยุกต์ใช้ในด้านเภสัชโภชนศาสตร์และเภสัชกรรม อาหาร เครื่องสำอาง และสารเรืองแสงฟลูออเรสเซนต์ จาก *Spirulina* sp. (Pandey, Pandey, & Sharma, 2013) ด้านเกษตรกรรมนิยมนำมาทำปุ๋ยชีวภาพเนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนได้ เพิ่มธาตุไนโตรเจนในดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์และปรับสภาพดิน ส่วนใหญ่เป็นชนิด *Anabaena* sp. และ *Nostoc* sp. (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2555) ด้านสิ่งแวดล้อม ใช้บำบัดน้ำเสีย ลดปริมาณสารอาหารในน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติ ไซยาโนแบคทีเรียจะช่วยเพิ่มออกซิเจนในแหล่งน้ำและยังสามารถดูดซับโลหะหนักได้ (วันเพ็ญ ภูติจันทร์, 2549) จากการการศึกษาของ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ และ บงกช บุญบูรพงษ์ (2555) พบว่า นอกจากนำไซยาโนแบคทีเรียมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีการนำไซยาโนแบคทีเรียไปใช้ประโยชน์ในด้านงานวิจัย และแหล่งพลังงานทดแทนอีกด้วย

2.6 สภาพพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทยทั้งหมด 7 แห่ง ได้แก่ พื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร, ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ, ศูนย์ศึกษาธรรมชาติ และอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี, ศูนย์ศึกษาพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี, ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด, ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา และศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต โดยมีรายละเอียดดังนี้

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.1 พื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร

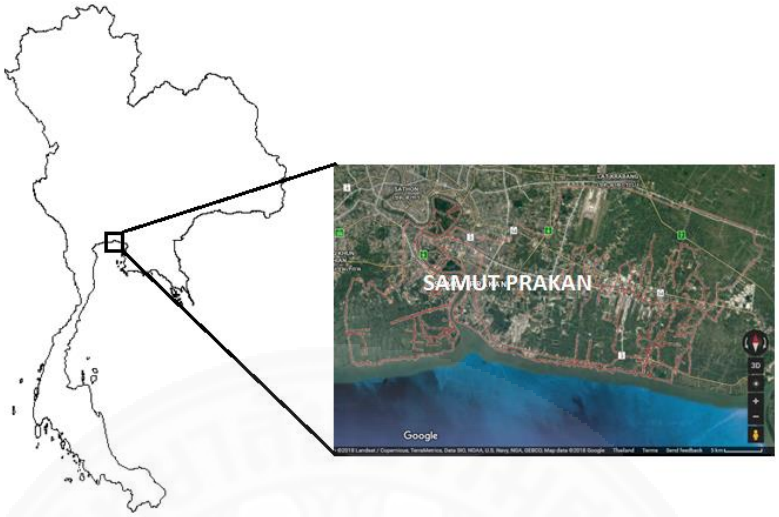


ภาพที่ 2.5 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรสาคร. โดย https://www.google.co.th/maps/samutsakhon

สมุทรสาครเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มและพื้นที่ป่าชายเลน มีคลองกระจายอยู่ทั่วในพื้นที่ ลักษณะภูมิอากาศ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ทำให้มีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง และได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน ทำให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝนตก เมื่อพิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศสามารถแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดูกาล ดังนี้ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศเย็น ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีอากาศร้อนอบอ้าว และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีฝนตกชุก จังหวัดสมุทรสาครมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32-34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24-26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28-30 องศาเซลเซียส มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,200 – 1,400 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.2 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

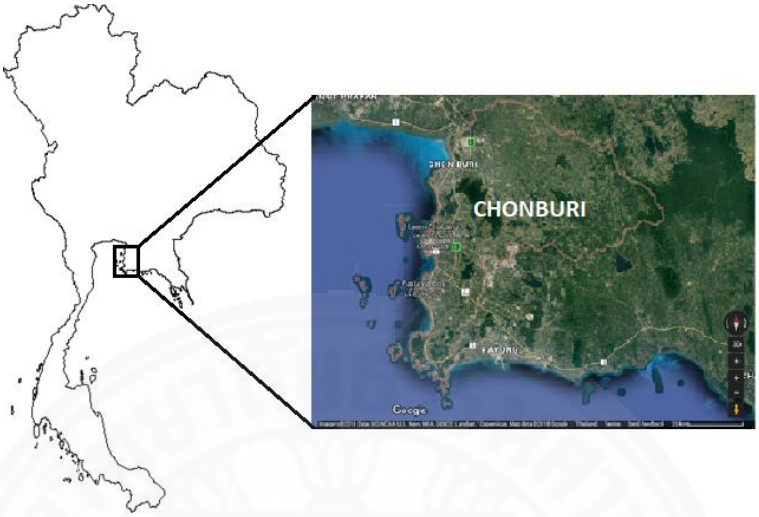


ภาพที่ 2.6 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดสมุทรปราการ. โดย https://www.google.co.th/maps/samutprakarn

สมุทรปราการเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคกลางของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่ม แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ บริเวณริมแม่น้ำ บริเวณที่ราบลุ่ม ใกล้ชายฝั่งทะเล เป็นบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึง ส่งผลให้พื้นดินเค็มในฤดูแล้ง ลักษณะภูมิอากาศได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ทำให้มีอากาศเย็นและแห้งแล้ง และได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน ทำให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝนตก โดยแบ่งเป็น 3 ฤดูกาล ดังนี้ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศเย็น ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีอากาศร้อนอบอ้าว และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีฝนตกชุก ปริมาณฝนตกรายเดือนสูงสุด 388.6 มิลลิเมตร จังหวัดสมุทรปราการมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 30.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 26.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.4 องศาเซลเซียส มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,000 – 1,400 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.3 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี

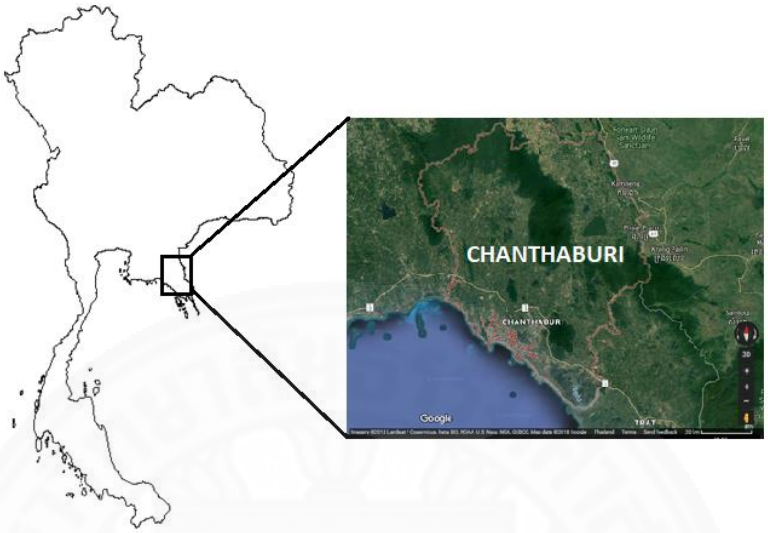


ภาพที่ 2.7 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดชลบุรี. โดย https://www.google.co.th/maps/chonburi

ชลบุรีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย มีลักษณะภูมิประเทศ มีการผสมผสาน ได้แก่ แบบที่ราบลูกคลื่นและเนินเขา ที่ราบชายฝั่งทะเล ที่ราบลุ่มแม่น้ำบางปะกง พื้นสูงชันและภูเขา รวมถึงเกาะน้อยใหญ่อีกมากมาย ทำให้สามารถช่วยป้องกันคลื่นลม ทำให้ไม่ค่อยมีคลื่นขนาดใหญ่ จึงเป็นพื้นที่ที่มีท่าเทียบเรือมากมาย ลักษณะภูมิอากาศ ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ทำให้มีอากาศหนาวเย็น มีคลื่นลมปานกลาง โดยแบ่งภูมิอากาศออกเป็น 3 ฤดูกาลดังนี้ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศไม่หนาวเย็นมาก เนื่องจากจังหวัดชลบุรีอยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางความกดอากาศสูงและอิทธิพลจากลมทะเล ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนทำให้มีอากาศไม่ร้อนมาก และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ในระยะเริ่มต้นของมรสุมคลื่นลมแรงและฝนตกชุก จังหวัดชลบุรีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.5 องศาเซลเซียส มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.4 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี

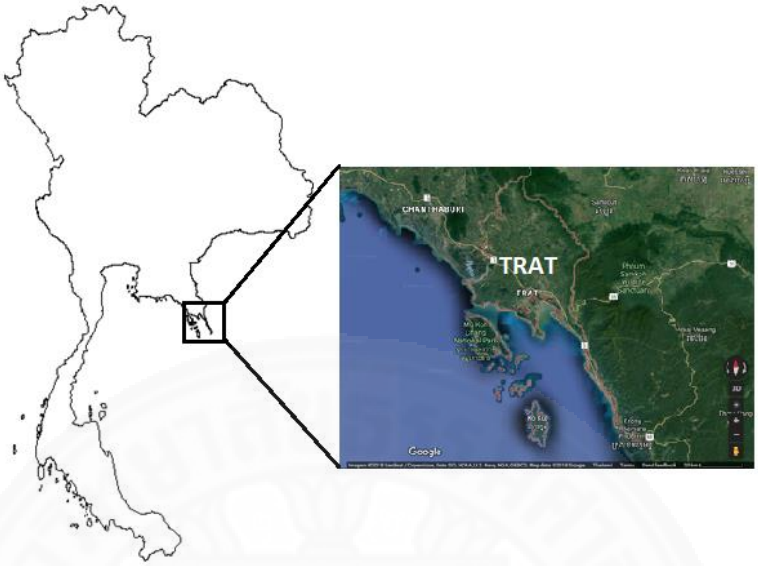


ภาพที่ 2.8 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดจันทบุรี. โดย https://www.google.co.th/maps/chanthaburi

จันทบุรีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย มีลักษณะภูมิประเทศ ประกอบด้วย เทือกเขาสูงสลับซับซ้อนระหว่างกลางจะเป็นพื้นที่ราบหรือค่อนข้างราบ แบ่งลักษณะภูมิประเทศ เป็น ป่าไม้ ภูเขาและเนินเขา ที่ราบเชิงเขา ที่ราบลุ่มน้ำและชายฝั่งทะเล ที่ราบชายฝั่งสลับด้วยเนินเขา มีลักษณะภูมิอากาศ แบบร้อนชื้น ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว ซึ่งนำความเย็นมาสู่จันทบุรี และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูฝน ทำให้มีฝนตกชุกตามแนวชายฝั่งทะเลและภูเขา โดยแบ่งภูมิอากาศออกเป็น 3 ฤดูกาลดังนี้ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศไม่หนาวเย็นมาก เนื่องจากอจังหวัดชลบุรีอยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางความกดอากาศสูงและอิทธิพลจากลมทะเล ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนทำให้มีอากาศไม่ร้อนมาก และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ในระยะเริ่มต้นของมรสุมคลื่นลมแรงและฝนตกชุก จังหวัดจันทบุรีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.8 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28.5 องศาเซลเซียส มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากกว่า 2,994.2 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.5 ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด

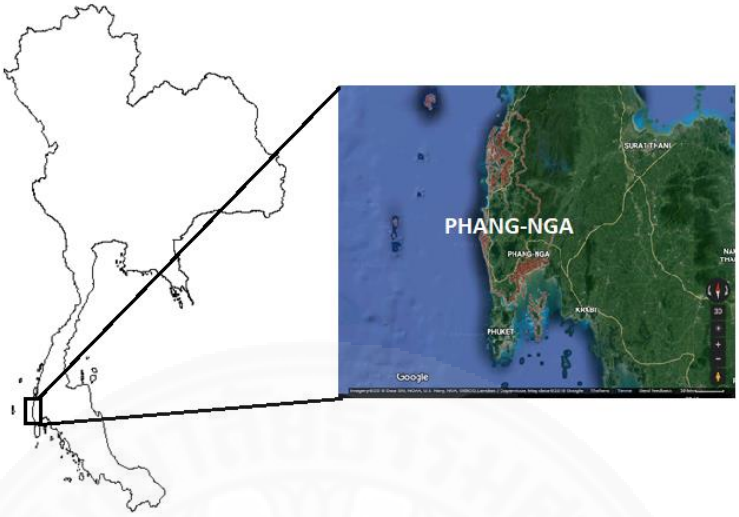


ภาพที่ 2.9 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดตราด. โดย https://www.google.co.th/maps/trat

ตราดเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคตะวันออกของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย มีลักษณะภูมิประเทศ เป็นเนินลูกคลื่นหรือลูกฟูก สลับเนินเขาเตี้ยๆ เป็นภูเขาและที่ราบสูง มีที่ราบแคบและชายฝั่งทะเล ที่ราบลุ่มบริเวณแม่น้ำ เหมาะสำหรับทำนาข้าวและปลูกผลไม้ ที่ราบบริเวณภูเขา เหมาะกับการทำสวน ที่สูงบริเวณภูเขา มีเกาะต่างๆ ซึ่งส่วนมากมีสภาพเป็นพื้นที่ป่าไม้ บริเวณที่ราบต่ำชายฝั่งทะเล มีป่าชายเลนหนาแน่น พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ลักษณะภูมิอากาศ แบบร้อนชื้น ฝนตกชุกตลอดปี เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวเทือกเขาเป็นแนวปะทะ ทำให้ฝนตกชุก และยังสามารถต้านลมพายุที่พัดมาจากทางตะวันออก โดยแบ่งภูมิอากาศออกเป็น 3 ฤดูกาลดังนี้ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีอากาศไม่หนาวเย็นมาก เนื่องจากจังหวัดชลบุรีอยู่ไกลจากจุดศูนย์กลางความกดอากาศสูงและอิทธิพลจากลมทะเล ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม มีลมทะเลช่วยบรรเทาความร้อนทำให้มีอากาศไม่ร้อนมาก และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ในระยะเริ่มต้นของมรสุมคลื่นลมแรงและฝนตกชุก จังหวัดตราดอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 27.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 31.7 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 4,845.8 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.6 ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา

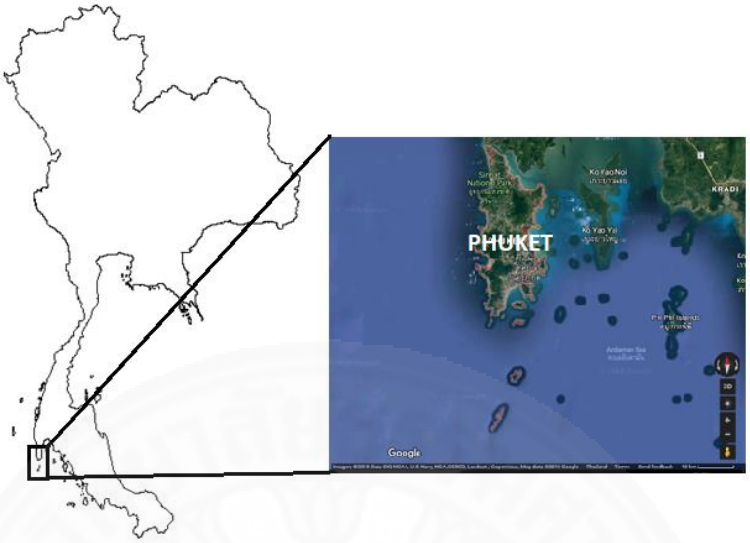


ภาพที่ 2.10 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดพังงา. โดย https://www.google.co.th/maps/phang-nga

พังงาเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอันดามัน มีลักษณะภูมิประเทศ ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน บริเวณที่ราบส่วนใหญ่เป็นที่ราบชายฝั่งทะเล มีป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์ และ เกาะ นำความชื้นจากทะเลและมีฝนตกชุก ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยแบ่งภูมิอากาศออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษยน มีฝนตกน้อย และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากเป็นลมพัดผ่านทะเล มวลอากาศที่มีความชื้นสูง เมื่อปะทะแนวภูเขาทางฝั่งตะวันตกทำให้มีฝนตกชุก อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 23.3 องศาเซลเซียสในเดือนพฤศจิกายน อุณหภูมิเฉลี่ย 32.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี 27.2 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 3,657.6 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

2.6.7 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต



ภาพที่ 2.11 แผนที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดภูเก็ต. โดย https://www.google.co.th/maps/phuket

ภูเก็ตเป็นเกาะที่ใหญ่ที่สุดที่ตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย มีพื้นที่ติดต่อกับทะเลอันดามัน พื้นที่ชายฝั่งตะวันออกเป็นหาดโคลนและป่าชายเลน พื้นที่ชายฝั่งตะวันตกเป็นภูเขาและหาดทราย ร้อยละ 70 เป็นภูเขา ร้อยละ 30 เป็นพื้นที่ราบอยู่ตอนกลางและตะวันออกของเกาะ มีลักษณะพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเป็นดินเลน และป่าชายเลน สำหรับชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก เป็น ภูเขาและหาดทรายที่สวยงาม อยู่ใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุก และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อากาศไม่หนาวเย็น มีฝนตกน้อย โดยแบ่งภูมิอากาศออกเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษยน มีฝนตกน้อย และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคม เนื่องจากเป็นลมพัดผ่านทะเลมวลอากาศที่มีความชื้นสูง เมื่อปะทะแนวภูเขาทางฝั่งตะวันตกทำให้มีฝนตกชุก อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 23.3 องศาเซลเซียสในเดือนพฤศจิกายน อุณหภูมิเฉลี่ย 31.9 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี 27.7 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนตกเฉลี่ย 3,657.6 มิลลิเมตรต่อปี

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

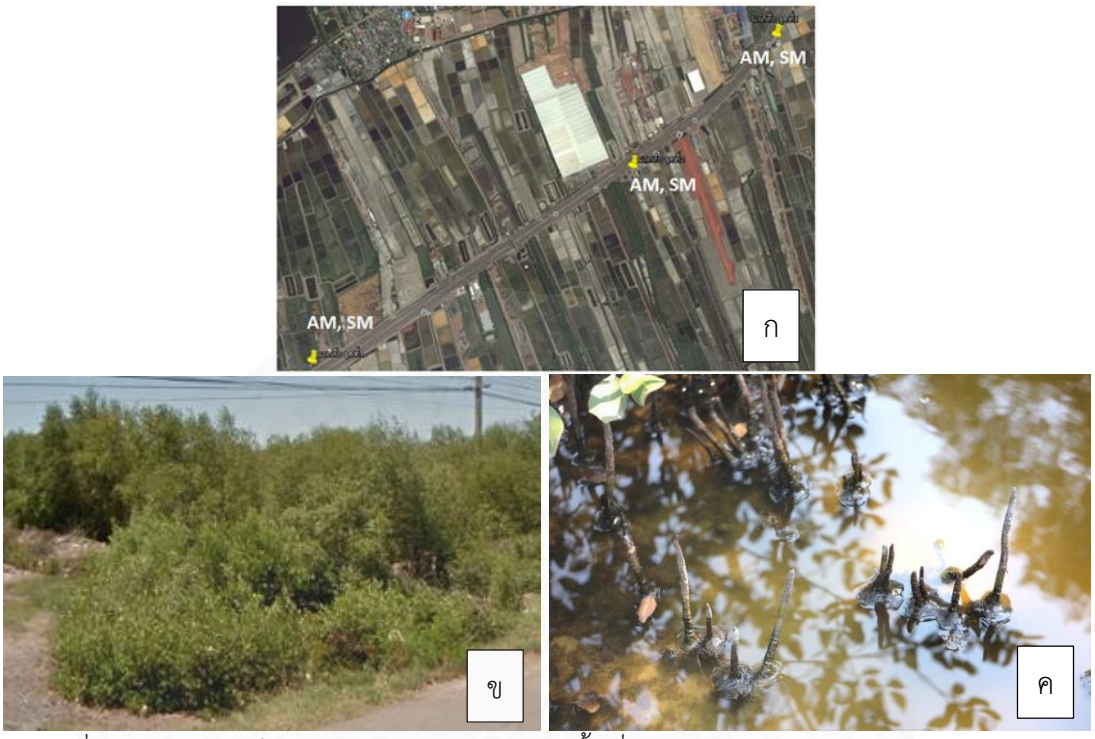
3.1 การศึกษาในเชิงพื้นที่ตามแหล่งที่อยู่อาศัย

การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยของรากที่ต่างกันในระบบนิเวศป่าชายเลนเขตร้อนในประเทศไทย ได้ทำการเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนใน 5 พื้นผิวที่อยู่อาศัย ได้แก่

1) รากหายใจแสมทะเล (*Avicennia marina*) ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี และศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี
2) รากหายใจแสมขาว (*Avicennia alba*) ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา และศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต
3) รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี และศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด
4) รากค้ำยันโกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา และศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต
5) รากฝอยชะคราม (*Sueda maritima*) ทำการเก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร

Ref. code: 25615909030552TAL

3.1.1 พื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร



ภาพที่ 3.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของแสมทะเล *Avicennia marina* (AM) และ ชะคราม *Sueda maritima* (SM) ภาพ ข. ต้นชะคราม และ ภาพ ค. คือ รากหายใจของแสมทะเล

พื้นที่นาเกลือ บริเวณเลียบถนนธนบุรี-ปากท่อ จังหวัดสมุทรสาคร เป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน ได้ทำการเก็บตัวอย่างรากหายใจของแสมทะเล ซึ่งเป็นไม้เบิกนำที่ขึ้นได้ดีในที่โล่งติดชายฝั่งทะเล หรือพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ที่ค่อนข้างเป็นทราย และรากฝอยของต้นชะคราม มักพบตามพื้นที่ราบโล่งเป็นดินตะกอนและดินที่มีความเค็มสูง ทนแล้งและความเค็มได้ดี (สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และ รุ่งสุริยา บัวสาลี, 2554) ดังภาพที่ 3.1

Ref. code: 25615909030552TAL

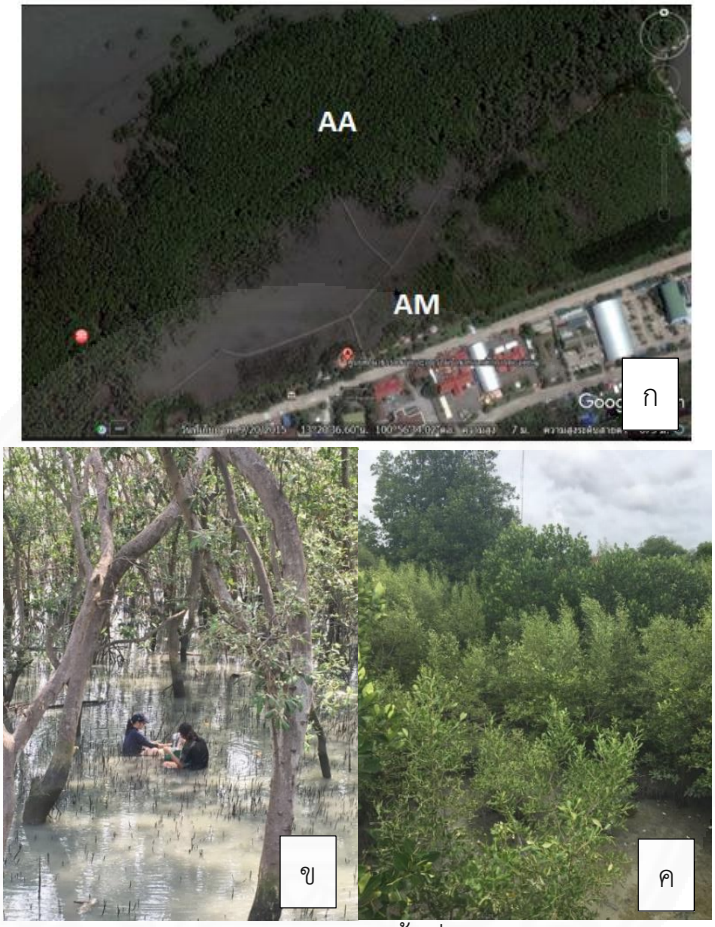
3.1.2 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ

ภาพที่ 3.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรปราการ โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของแสมขาว *Avicennia alba* (AA) และ *Avicennia marina* (AM) ภาพ ข. พันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ คือ แสมขาว และ ภาพ ค. คือ แสมทะเล

พื้นที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณ กรมพลาธิการทหารบก กระทรวงกลาโหม ตำบลบางปูใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ มีพื้นที่ทั้งหมด 639 ไร่ แบ่งพื้นที่เป็น 2 ฝั่ง คือ ระบบนิเวศหาดเลน อยู่บริเวณด้านนอกติดทะเล มีลักษณะดินเป็นดินเลน และอีกพื้นที่ คือ นากุ้งร้าง เนื่องจากดินเสื่อมสภาพ จึงนำพืชป่าชายเลนกลุ่มแสมมาปลูกเพื่อฟื้นฟู มีน้ำขังบางบริเวณ ในการศึกษาวิจัยได้เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจของต้นแสมขาวในระบบนิเวศหาดเลน และรากหายใจของต้นแสมทะเลในพื้นที่นากุ้ง ดังภาพที่ 3.2

Ref. code: 25615909030552TAL

3.1.3 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ จังหวัดชลบุรี



ภาพที่ 3.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดชลบุรี โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของแสมขาว *Avicennia alba* (AA) และ *Avicennia marina* (AM) ภาพ ข. พันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ คือ แสมขาว และ ภาพ ค. คือ แสมทะเล

พื้นที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ในพื้นที่หมู่ 3 ตำบลเสม็ด อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี เป็นลักษณะของป่าชายเลนที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ มีเนื้อที่ 300 ไร่ มีเส้นทางเดินธรรมชาติและสะพานไม้ยาว 2.3 กิโลเมตร มีพันธุ์ไม้สกุลแสมเป็นไม้เบิกนำ ในการศึกษาวิจัยได้เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจของต้นแสมขาว อยู่ติดทะเล มีน้ำท่วมขังตลอดหรือขังเป็นครั้งคราว และรากหายใจของต้นแสมทะเล ซึ่งอยู่ถัดเข้ามา มีน้ำท่วมถึง ลักษณะดินเป็นดินเลน ดังภาพที่ 3.3

Ref. code: 25615909030552TAL

3.1.4 ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี

ภาพที่ 3.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่ายชายเลน จังหวัดจันทบุรี โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของ โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* (RM) และ *Avicennia marina* (AM) ภาพ ข. พันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ คือ โกงกางใบใหญ่ และ ภาพ ค. คือ แสมทะเล

ทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี มีการดำเนินกิจกรรมผสมผสานระหว่างป่าไม้และการประมง มีเส้นทางศึกษาธรรมชาติเป็นระยะทาง 1.6 กิโลเมตร มีไม้เบิกนำ ได้แก่ ไม้แสมและไม้ลำพู ปัจจุบันพันธุ์ไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้ในตระกูลโกงกาง ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวของรากหายใจแสมทะเล มักเจริญในบริเวณดินโล่งติดกับชายฝั่งทะเล ลักษณะดินเป็นดินเลนปนทราย และศึกษาตะกอนบริเวณรากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่ ซึ่งในทางนิเวศวิทยามักพบการเจริญในบริเวณที่มีดินเลนอ่อนค่อนข้างลึกและมีน้ำท่วมขังอยู่ตลอดเวลา ดังภาพที่ 3.4

Ref. code: 25615909030552TAL

3.1.5 ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด

ภาพที่ 3.5 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดตราด โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของ โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* (RM) ภาพ ข. ลักษณะรากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่

ศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน ซึ่งอยู่ในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าแหลมมะขาม อำเภอแหลมงอบ จังหวัดตราด เป็นป่าชายเลนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่มีทรายสีดำแห่งเดียวในประเทศไทย มีเส้นทางศึกษาธรรมชาติระยะทางประมาณ 1 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพและมีความอุดมสมบูรณ์ ในการศึกษาวิจัยได้เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียจากตะกอนดินบริเวณรากค้ำยันของต้นโกงกางใบใหญ่ ซึ่งเป็นไม้เบิกนำ มักพบบริเวณที่มีน้ำท่วมขังตลอดเวลา ดินมีลักษณะเป็นดินเลนอ่อนและค่อนข้างลึก ดังภาพที่ 3.5

Ref. code: 25615909030552TAL

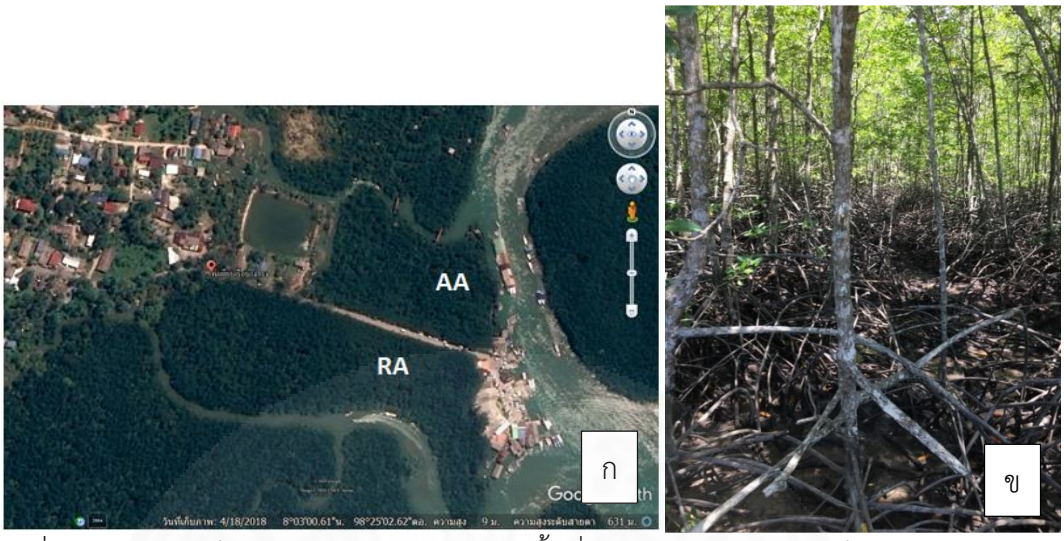
3.1.6 ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา

ภาพที่ 3.6 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดพังงา โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของ โกงกางใบแล็ก *Rhizophora apiculata* (RA) และ แสมขาว *Avicennia alba* (AA) ภาพ ข. พันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ คือ โกงกางใบเล็ก

พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล ริมฝั่งทะเลบ้านกระโสม ตำบลกระโสม อำเภอ ตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา เป็นท่าเทียบเรือโดยสารไปหมู่เกาะต่างๆในอ่าวพังงา มีเส้นทางเดินศึกษาธรรมชาติ ลักษณะดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีวงศ์แสมเป็นพันธุ์ไม้เด่น ซึ่งในการศึกษาวิจัยได้เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจของต้นแสมขาว อยู่ติดบริเวณท่าเรือ เป็นดินเลนและ ตะกอนดินบริเวณรากค้ำยันของต้นโกงกางใบเล็ก อยู่ถัดเข้าไป เป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมถึงตลอดเวลา ดินเลนค่อนข้างอ่อน ดังภาพที่ 3.6

Ref. code: 25615909030552TAL

3.1.7 ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต



ภาพที่ 3.7 แสดงจุดเก็บตัวอย่างและพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต โดย ภาพ ก. แสดงจุดเก็บตัวอย่างของ โกงกางใบแล็ก *Rhizophora apiculata* (RA) และ แสมขาว *Avicennia alba* (AA) ภาพ ข. พันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ คือ โกงกางใบเล็ก

พื้นที่ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง ซึ่งตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 3 ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต พื้นที่ที่เป็นแหล่งทรัพยากรทางธรรมชาติป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์ ลักษณะดินเป็นดินเหนียวปนทราย โกงกางใบเล็กเป็นพันธุ์ไม้เด่น รองลงมาคือ กลุ่มโปรง และ กลุ่มแสม ซึ่งในการศึกษาวิจัยได้เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจของต้นแสมขาว อยู่พื้นที่นอกสุดเป็นดินเลน และตะกอนดินบริเวณรากค้ำยันของต้นโกงกางใบเล็ก อยู่ถัดเข้าไป มีน้ำท่วมถึงตลอดเวลา และดินเลนค่อนข้างอ่อน ดังภาพที่ 3.7

3.2 อุปกรณ์การศึกษา

3.2.1 อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย

อาหารเลี้ยงเชื้อ Blue green 11 (BG-11) ซึ่งได้มีการดัดแปลง โดยสูตรจะมีไนโตรเจนเปนองคประกอบ 1 เท่า (1.5 กรัมต่อลิตร) โดยเพิ่มความเขมขนของ $NaNO_3$ เปน 2 เท่า (3 กรัมตอลิตร) นั่นคือ BG-11N_2 medium ตามวิธีการของ Anderson (2005) อ้างถึงโดย (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559) โดยรายละเอียดสูตรอาหาร BG-11 ในภาคผนวก ก

Ref. code: 25615909030552TAL

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

1) ถุงซิปพลาสติก

2) ปากกาเคมี

3) กรรไกร

4) กล่องโฟม

5) น้ำแข็ง

3.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกและเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย

1) จานแก้วเพาะเชื้อ

2) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

3) บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

4) หลอดทดลอง ขนาด 15 และ 50 มิลลิลิตร

5) ที่วางหลอดทดลอง

6) ขวดแก้วเก็บสาร ขนาด 1 และ 2 ลิตร

7) พาราฟิล์ม

8) ตะเกียงแอลกอฮอล์

9) กระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์

10) แปรงขนนุ่ม

11) ไมโครปิเปต ขนาด 1000 ไมโครลิตร และ 5 มิลลิลิตร

12) ชั้นเพาะเลี้ยงสาหร่าย

13) กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์ถ่ายภาพ

14) ชุดบดตัวอย่างเซลล์

3.2.4 เครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ

1) หม้อนึ่งไอน้ำ (autoclave)

2) เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH meter)

3) เครื่องวัดค่าความเค็ม (salinity refractometer)

4) เครื่องวัดปริมาณแสง (lux meter)

5) ตู้อบอุณหภูมิสูง (hot air oven)

6) เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (centrifuge)

7) เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

8) เครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

Ref. code: 25615909030552TAL

9) เครื่องเขย่าสาร (vortex)

10) แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$)

11) อะซีโตน (C_3H_6O)

12) กรดไฮโดรคลอริก

3.3 วิธีการศึกษา

3.3.1 เก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรีย

1) เลือกเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียโดยพิจารณาร่วมกับการเก็บตัวอย่างที่กล่าวไว้ก่อนหน้า

2) ใช้รากหายใจของแสมทะเลและแสมขาว รากฝอยของชะคราม ชนิดละ 3 ราก ทั้งหมด 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ ทำการสุ่มเก็บรากแบบเจาะจง

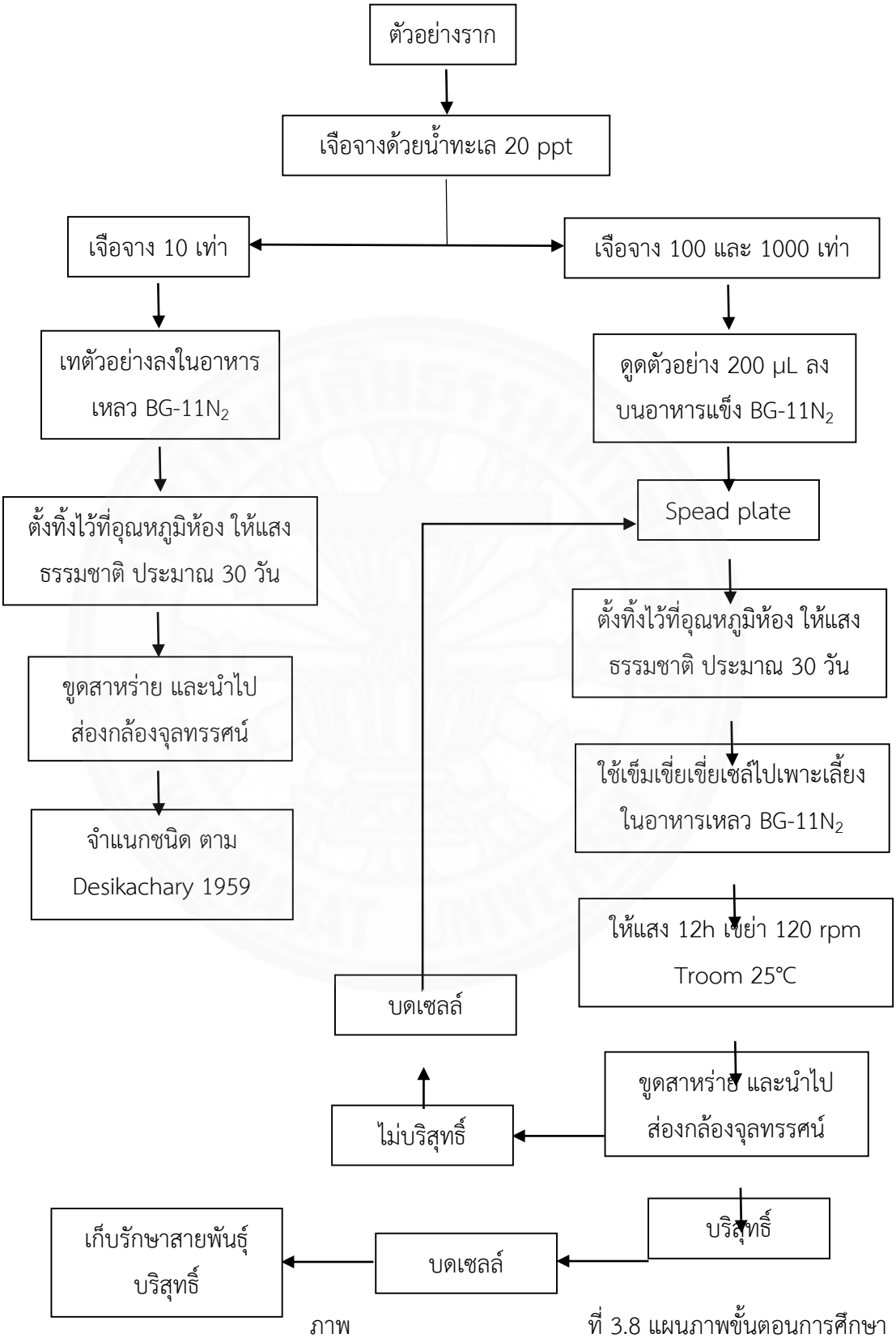
3) ขูดรากค้ำยันจากโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก ทั้งหมด 3 จุด จุดละ 3 ซ้ำ โดยเลือกเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงเช่นเดียวกัน จากนั้นใช้คัตเตอร์ขูดที่บริเวณพื้นผิวราก ซึ่งจะมีลักษณะเป็นตะกอนดินเกาะอยู่ ให้ได้ตะกอนดินบริเวณรากประมาณ 10 กรัม

4) เมื่อได้ตัวอย่างที่ต้องการแล้ว นำใส่ถุงซิปพลาสติก ทำการเก็บรักษาตัวอย่างในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อรักษาสภาพ นำตัวอย่างเข้าตู้เย็นเมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ

3.3.2 การเตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย

1) เตรียมอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรีย ใช้อาหารสูตร BG-11N โดยมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 1.5 กรัมต่อลิตร ดัดแปลงโดยเพิ่มความเข้มข้นของ $NaNO_3$ เป็น 2 เท่า (3 กรัมตอลิตร) เป็น BG-11N_2 medium (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559) เตรียมทั้งแบบอาหารเหลวและอาหารแข็ง โดยอาหารแข็งจะเพิ่มวุ้น (agar) 20 กรัม อาหารเหลวจะใส่ในขวดรูปชมพู่ ปริมาตรอาหาร 50 มิลลิลิตร ส่วนอาหารแข็งจะเตรียมใส่จานเพาะเชื้อ ปริมาตรอาหาร 15 มิลลิลิตร

Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 3.8 แผนภาพขั้นตอนการศึกษา

Ref. code: 25615909030552TAL

3.3.3 การคัดแยกไซยาโนแบคทีเรียเพื่อเก็บสายพันธุ์บริสุทธิ์

1) นำรากหายใจ รากฝอย และ รากค้ำยันที่ขูดมา ล้างด้วยน้ำจืดโดยให้น้ำไหลผ่านราก เพื่อล้างตะกอนและลดการเกาะติดของสิ่งมีชีวิตอื่น ทำให้แน่ใจว่าสิ่งมีชีวิตที่ได้คือไซยาโนแบคทีเรียที่เกาะอยู่บนรากไม้ โดยแท้จริงตามวิธีของ Claudia, Florencia, Graciel, and Laura (2014)

2) นำรากฝอย รากค้ำยัน และ รากหายใจที่ตัดแบ่งและแยกศึกษาส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจที่ความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นนำรากทั้งหมดมาขัดตะกอนที่เกาะติดมากับรากโดยใช้แปรงขนนุ่ม แล้วนำตะกอนดินจากทุกรากไม้ที่ได้มาทำการเจือจางกับน้ำทะเลที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (ความเค็ม 20 ppt) โดยเจือจางที่ 10, 100 และ 1,000 เท่า

3) ดูดสารละลายเจือจางที่ 100 และ 1,000 เท่า อย่างละ 200 ไมโครลิตร ลงบนอาหารแข็งสูตร BG-11 N_2 ที่มีปริมาตรอาหาร 15 มิลลิลิตร ทำการกระจายบนอาหารแข็งด้วยแท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ ด้วยเทคนิค spread plate พร้อมทั้งหุ้มขอบจานเพาะเชื้อด้วยแผ่นพาราฟิล์มเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ

4) เมื่อสังเกตเห็นสีเขียวซึ่งบ่งบอกถึงการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียบนอาหารแข็ง ให้เลือกโคโลนีไซยาโนแบคทีเรียแต่ละสายพันธุ์ (ไอโซเลท) โดยใช้เข็มเขี่ยลงในอาหารเหลวที่เตรียมไว้ในขวดรูปชมพู่เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ จากนั้นเพาะเลี้ยงในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที ให้แสงประมาณน้อยกว่า 2.0 กิโลลักซ์ โดยใช้เวลาเพาะเลี้ยงประมาณ 1 เดือน

5) นำตัวอย่างจากข้อ 3.3.3.4 ไปคัดแยกสายพันธุ์โดยสุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง มาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่มีเลนส์ประกอบพร้อมอุปกรณ์การถ่ายภาพ หากสายพันธุ์ที่ได้ยังไม่มีความบริสุทธิ์ ให้นำเซลล์มาบดด้วยเครื่องบดเซลล์ จากนั้นเจือจางกับน้ำทะเลที่ระดับความเข้มข้นเดิม ก่อนที่จะนำมา spread plate บนอาหารแข็ง เพาะเลี้ยงอีกครั้งและทำซ้ำจนกว่าจะได้สายพันธุ์ไซยาโนแบคทีเรียที่บริสุทธิ์ ไม่มีชนิดพันธุ์อื่นๆ

6) เมื่อได้สายพันธุ์บริสุทธิ์แล้ว ให้ทำการเก็บสายพันธุ์ไซยาโนแบคทีเรียแต่ละไอโซเลทลงในหลอดแก้ว ขนาด 20 มิลลิลิตร ที่บรรจุอาหารเหลวสูตรที่ไม่เพิ่ม $NaNO_3$ (1.5 กรัมต่อลิตร) ด้วยปริมาตรอาหาร 12 มิลลิลิตร เก็บไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และให้แสงประมาณน้อยกว่า 2.0 กิโลลักซ์

Ref. code: 25615909030552TAL

3.3.4 การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย

1) จากขั้นตอนที่ 3.3.3.2 นำสารละลายเจือจางที่ 10 เท่า เทผสมกับอาหารเหลวสูตร BG-11N_2 ปริมาตรอาหาร 50 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ พร้อมกับเขย่าให้เข้ากัน ปิดปากขวดด้วยฟอยล์ จากนั้นบ่มในอุณหภูมิห้อง ใช้แสงปกติ เป็นระยะเวลา 1 เดือน

2) เมื่อเริ่มมีสีเขียวแสดงถึงการเจริญเติบโตของเซลล์ไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเหลว โดยขูดสาหร่ายบริเวณก้นขวดรูปชมพู่ประมาณ 3 ครั้ง มาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่มีเลนส์ประกอบพร้อมอุปกรณ์การถ่ายภาพ เพื่อจำแนกตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาและระบุอย่างน้อยในระดับสกุลตาม Desikachary (1959) และ ยุวดี พีรพลพิศาล (2549)

3.3.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่ได้รับการคัดเลือกในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน

1) เลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์จากการคัดแยกของ ศิริพร สุดหา (2560) ที่มีความน่าสนใจและเจริญเติบโตได้เร็ว นำมาเพาะเลี้ยงเพิ่มการเจริญเติบโตใน อาหารเหลวสูตร BG-11N_2 ในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 20 ppt ปริมาณ 1,200 มิลลิลิตร วางเอียง 45 องศา ติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพิ่ม ภายใต้แสงธรรมชาติ ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน

2) เมื่อไซยาโนแบคทีเรียเจริญเติบโตเต็มที่ นำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ใช้ปิเปตดูดส่วนใสออก นำสาหร่ายที่ตกตะกอนมาเจือจางในอาหารเหลว 300 มิลลิลิตร เพื่อเป็นสาหร่ายตั้งต้น

3) เตรียมอาหารเหลวที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่มีระดับความเค็ม 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ppt ใส่ในขวดรูปชมพู่ปริมาตร 125 มิลลิลิตร โดยอาหารเหลวแต่ละขวดมีปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่สาหร่ายตั้งต้น 1 มิลลิลิตร นำไปเพาะเลี้ยงในห้องที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที ให้แสงประมาณน้อยกว่า 2.0 กิโลลักซ์ ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน สุ่มเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง ครั้งละ 3 ขวด นำสาหร่ายใส่หลอดทดลองพร้อมห่อหุ้มอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง (กันต์กนิษฐ เสือเปลี่ยว และคณะ, 2555) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3.3.6 การศึกษาการเจริญเติบโตด้วยการหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ตามวิธีของ Parsons (1984) และ Andrew, Lenore, Eugene, and Arnold (2005) อ้างถึงใน สุเปญญา จิตตพันธ์ (2559)

1) จากข้อ 3.3.5 นำตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลาย นำตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ใช้ปิเปตดูดส่วนใสออก เหลือแต่ปริมาณเซลล์อัดแน่นปลาย

Ref. code: 25615909030552TAL

หลอด วัดปริมาณเซลล์อัดแน่นโดยใช้ปากกาขีดรอบๆ สาหร่ายบริเวณปลายหลอด เติมสารละลายอะซีโตน 90% (C_3H_6O 90% กับ $MgCO_3$ 10%) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้นใช้เครื่องเขย่าสารเขย่าให้เข้ากัน เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 30 นาที และนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน

2) นำตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลาย เติมสารละลายอะซีโตนเพิ่ม 3 มิลลิลิตร นำตัวอย่างเขย่าให้เข้ากัน เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 30 นาที หลังจากนั้นนำไปเก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน ทำการแช่แข็งและละลายซ้ำ จนสกัดคลอโรฟิลล์ออกมาได้มากที่สุด

3) นำตัวอย่างมาตั้งทิ้งไว้ให้ละลาย จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงตกตะกอนที่ 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เก็บส่วนใสไปวัดค่าดูดกลืนคลื่นแสงโดยใช้เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 663, 665 และ 750 นาโนเมตร เมื่อวัดรอบแรกเสร็จเติม 0.1 HCl ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน 90 วินาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสงอีกครั้ง

4) ล้างหลอดทดลองที่ทำการขีดไว้ให้สะอาด อบให้แห้งที่ 60 องศาเซลเซียส จนกว่าหลอดทดลองจะแห้งสนิท และนำไปชั่งน้ำหนัก จากนั้นเติมน้ำให้ถึงตรงที่ทำเครื่องหมาย นำน้ำหนักที่เติมน้ำลบด้วยน้ำหนักหลอดแห้ง จะได้ปริมาตรเซลล์อัดแน่น โดยน้ำหนักที่ได้กำหนดให้ 1 กรัมน้ำเท่ากับ 1 มิลลิลิตร (สุเปญญา จิตตพันธ์, 2559)

3.4 วิธีการวัดค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อม

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	หมายเหตุ
อุณหภูมิ (temperature)	เทอร์โมมิเตอร์	ทำการตรวดวัดภาคสนาม
ความเข้มแสง (light intensity)	เครื่องวัดปริมาณแสง (Lux meter)	ทำการตรวดวัดภาคสนาม
ค่าความเป็นกรดด่าง (pH)	pH meter	ทำการตรวดวัดที่ห้องปฏิบัติการ
ค่าความเค็ม (salinity)	Salinity refractometer	ทำการตรวดวัดที่ห้องปฏิบัติการ

Ref. code: 25615909030552TAL

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของสังคมไซยาโนแบคทีเรีย

เพื่อเปรียบเทียบชนิดความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่พบในทุกพื้นผิวแหล่งที่อยู่อาศัยและฤดูกาล โดยใช้ข้อมูลความหลากหลายของชนิดพันธุ์ในการคำนวณ ด้วยดัชนี Sorensen's similarity coefficient

$$S_s = \frac{2A}{2A + B + C}$$

โดย S_S คือ สัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของ Sorensen (Sorensen's Similarity Coefficient)

A คือ จำนวนชนิดที่พบได้ทั้งในพื้นที่ 1 และ 2

B คือ จำนวนชนิดที่พบได้เฉพาะพื้นที่ 1

C คือ จำนวนชนิดที่พบได้เฉพาะพื้นที่ 2

3.5.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

เพื่อต้องการทราบอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ, ความเค็ม, ความเข้มแสง และค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่อจำนวนชนิดพันธุ์ของไซยาโนแบคทีเรียในป่าชายเลน และ เพื่อต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความเค็มของไซยาโนแบคทีเรียที่ได้รับการคัดเลือก ด้วยการทำนายตัวแปร 2 ตัว โดยใช้ Regression Analysis ด้วยโปรแกรม Minitab 18

3.5.3 การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. ในแต่ละระดับความเค็ม โดยการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่สามารถสกัดออกมาได้ ด้วยสมการของ Andrew, Lenore, Eugene, and Arnold (2005) อ้างถึงใน สุเปญญา จิตตพันธ์ (2559) ดังนี้

$$\text{Chlorophyll a } (\mu g/L) = \frac{26.73(663b - 665a)E(F)}{V(L)}$$

โดย F คือ dilution factor

E คือ ปริมาตรสารละลายอะซีโตนที่ใช้สกัด (มิลลิลิตร)

V คือ ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้สกัด (ลิตร)

L คือ ระยะห่างระหว่างคิวเวท (เซนติเมตร)

Ref. code: 25615909030552TAL

665a คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 665 นาโนเมตร (หลังเติม HCl) – ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (หลังเติม HCl)

663b คือ ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร (ก่อนเติม HCl) – ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร (หลังเติม HCl)

3.5.4 การวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

เพื่อต้องการทราบอัตราการเพิ่มขึ้นที่คงที่ของเซลล์ โดยนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟ โดย แกน x แทน ระยะเวลา และ แกน y แทน ข้อมูลที่ได้ จากนั้นเปลี่ยนแกน y เป็นฟังก์ชั่น ln จากนั้นหาช่วงกราฟที่เป็นเส้นตรง คือ ระยะที่ความหนาแน่นของเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้อัตราของเซลล์เพิ่มขึ้นแบบคงที่ เมื่อได้ช่วงที่ต้องการแล้วนำไปเขียนกราฟ และ หาความชันจากสมการเส้นตรง ซึ่งความชันหรือค่า μ ที่ได้คือค่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ โดยใช้โปรแกรม Excel 2013

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการวิจัยความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย

จากการสำรวจความหลากหลายและเก็บรวบรวมชนิดของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร และในระบบนิเวศป่าชายเลน บนพื้นที่ชายฝั่งตามภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ ป่าชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา ศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต ศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยว จังหวัดชลบุรี ศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี และศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ผลการศึกษามีดังนี้

4.1.1 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลน

จากการสำรวจความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแตกต่างกัน ได้แก่ รากหายใจแสมทะเล รากฝอยชะคราม รากหายใจแสมขาว รากค้ำยันโกงกางใบเล็ก และรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ จากพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 7 แห่ง พบการกระจายตัวและความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ทั้งหมด 7 อันดับ 12 วงศ์ 26 สกุล 94 ชนิด ดังในตารางที่ 4.1 และ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาในภาคผนวก ข

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Order Chamaesiphonales													
Family Chamaesiphonaceae	*Chamaesiphon* sp.01	□	□	-	□	□	-	-	-	-	□	-	-
Family Dermocarpacceae	*Dermocarpa* sp.01	□	□	□	□	□	-	□	□	-	□	□	□
Order Chroococcales													
Family Chroococcaceae	*Aphanocapsa* sp.01	-	-	-	□	□	□	□	□	-	□	□	-
	Aphanocapsa sp.02	-	-	-	-	-	-	-	□	-	-	-	-
	Aphanocapsa sp.03	-	-	-	-	□	□	-	-	-	□	□	-
	Chroococcus minor (Kütz) Nag.	-	-	□	□	-	-	□	□	-	□	□	□
	Chroococcus turgidus (Kütz) Nag.	-	-	-	-	-	-	□	□	-	□	□	□
	Chroococcus sp.01	-	-	-	□	□	□	□	□	-	-	□	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Chroococcaceae	*Synechococcus* sp.01	-	-	-	ü	ü	-	-		-	ü	-	ü
	Synechococcus sp.02	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
Family Entophysalidaceae	*Johannesbaptistia* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
Family Cyanobacteriaceae	*Cyanobacterium* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Nostocales													
Family Nostocaceaae	*Anabaena* sp.01	ü	ü	ü	-	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-
	Anabaena sp.02	-	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	-	-	-	ü
	Anabaena sp.03	-	-	ü	ü	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Nodularia sp.01	ü	ü	-	-	-	-	ü	-	-	-	ü	-
	Nostoc sp.01	-	-	-	-	-	ü	ü	ü	ü	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Nostocaceaae	*Pseudanabaena catenata*	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena frigida	-	-	ü	-	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena galaeta	-	ü	ü	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.01	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	-	-
	Pseudanabaena sp.02	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Pseudanabaena sp.03	ü	ü	-	-	ü	ü	ü	ü	-	ü	-	-
	Pseudanabaena sp.04	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.05	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	-	-	-
	Arthrospira gigantea Schmidle	-	-	-	-	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-
	Arthrospira subsalsa Oerst.ex Gomont	-	-	-	ü	-	ü	ü	-	-	-	-	-
	Arthrospira sp.01	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Dasygloe sp.01	-	-	-	ü	-	-	ü	ü	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Oscillatoriaceae	*Hydrocoleum* sp.01	ü	ü	-	ü	ü	ü	-	ü	-		ü	ü
	Hydrocoleum sp.02	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.01	ü	-	ü	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-
	Lyngbya sp.02	ü	-	-	ü		ü	ü		-	-	-	-
	Lyngbya sp.03	ü	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.04	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.05	ü	-	-	ü	-	-	ü	-	-	ü	-	-
	Lyngbya sp.06	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.07	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	ü	-	-
	Lyngbya sp.08	-	-	-	ü	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Microcoleus sp.01	-	-	-	ü	ü	-	-	ü	-	-	-	ü
	Microcoleus sp.02	-	-	-	-	-	ü	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria curviceps	-	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria limosa* Ag ex Gomont	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	ü	ü	-
	Oscillatoria margaritifera (Kütz) Gomont	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria rubescens DC ex Gomont	-	-	-	-	-	-	ü		-	-	-	-
	Oscillatoria tenuis Ag. ex Gomont	-	-	ü	-	-	ü	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.01	ü	ü	-	ü	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.02	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.03	-	-	-	-	ü	-	ü	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.04	ü	-	-	-	ü	ü	-	-	ü	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family	*Oscillatoria* sp.05	-	-	-	ü	-	-	ü	ü	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.06	ü	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	ü	ü
	Oscillatoria sp.07	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	ü	-
	Oscillatoria sp.08	ü	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.09	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.10	ü	ü	-	ü	-	-	ü	ü	-	ü	ü	-
	Oscillatoria sp.11	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.12	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.13	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Oscillatoria sp.14	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.15	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.16	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	ü	-
	Oscillatoria sp.17	-	-	-	ü	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.18	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	ü	ü	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family	*Oscillatoria* sp.19	-	-	-	ü	ü	ü	-	-	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Oscillatoria sp.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium mucicola Hub.	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.01	ü	-	ü	ü	-	-	ü	ü	ü	ü	ü	ü
	Phormidium sp.02	-	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Phormidium sp.03	-	ü	ü	-	ü	-	ü	-	-	ü	-	-
	Phormidium sp.04	ü	ü	ü		ü	ü	-	ü	ü	-	-	-
	Phormidium sp.05	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.06	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.07	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.08	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.09	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.1*(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family	*Phormidium* sp.10	-	-	-	□	-	-	□	□	-	□	□	□
Oscillatoriaceae	*Phormidium* sp.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Shizothrix sp.01	-	-	-	□	-	-	□	□	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.01	-	-	-	-	-	□	-	-	□	-	-	-
	Trichodesmium sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Rivulariaceae	*Calothrix* sp.01	-	-	-	□	□	-	□	-	-	□	□	-
Order Pleurocapsales													
Family	*Myxosarcina* sp.01	-	□	-	-	-	□	-	-	-	□	□	-
Pleurocapsaceae	*Myxosarcina* sp.02	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	-
	Myxosarcina sp.03	-	-	-	□	-	-	□	-	-	□	□	-
Order Stigonematales													
Family	*Mastigocladus* sp.01	□	-	-	□	-	-	□	-	-	□	-	-
Mastigocladaceae	*Mastigocladus* sp.02	-	-	-	-	-	□	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Salt fields											
		A. marina		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*	*A. marina*		*S. maritima*
		March 2017			June 2017			September 2017			March 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Order Oscillatoriales													
Family													
Coleofasciculaceae	*Geitlernema* sp.01	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Synechococcales													
Family	*Leptolyngbya* sp.01	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptolyngbyaceae	*Planktolyngbya* sp.01	-	-	-	✓	-	-	✓	✓	-	-	-	-
	Planktolyngbya sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Order Chamaesiphonales																	
Family Chamaesiphonaceae	*Chamaesiphon* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Dermocarpacceae	*Dermocarpa* sp.01	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	ü
Order Chroococcales																	
Family Chroococcaceae	*Aphanocapsa* sp.01	-	-	-	-	-	-	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	-	-	-
	Aphanocapsa sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	ü	ü	-	-
	Aphanocapsa sp.03	ü	-	-	ü	-	-	ü	-	ü	-	ü	ü	-	-	-	-
	Chroococcus minor (Kütz) Nag.	ü	ü	-		ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Chroococcus turgidus (Kütz) Nag.	ü	ü	ü	ü	-	-	ü	-	ü	-	ü	ü	-	-	-	-
	Chroococcus sp.01	-	-	ü	-	ü	ü	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Synechococcus sp.01	ü	-	-	ü	-	-	-	-	ü	-	ü	-	ü	ü	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family Entophysalidaceae	*Johannesbaptistia* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Cyanobacteriaceae	*Cyanobacterium* sp.01	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-
Order Nostocales																	
Family Nostocaceaae	*Anabaena* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü
	Anabaena sp.02	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Anabaena sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena catenata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena frigida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena galaeta	ü	ü	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family	*Pseudanabaena* sp.02	ü	-	ü	ü	-	ü	-	-	-	ü	-	-	ü	-	-	-
Nostocaceaae	*Pseudanabaena* sp.03	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-
	Pseudanabaena sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	ü	-	-	-	-
	Arthrospira sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family	*Dasygloe* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Hydrocoleum* sp.01	ü	-	ü	-	ü	ü	-	-	ü	ü	ü	-	ü	-	ü	ü
	Hydrocoleum sp.02	ü	ü	ü	-	-	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Lyngbya sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family	*Lyngbya* sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Lyngbya* sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	ü	-	-	-	-
	Lyngbya sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Lyngbya sp.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Lyngbya sp.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microcoleus sp.01	ü	-	ü	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	ü	-
	Microcoleus sp.02	-	-	-	-	ü	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria limosa Ag ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria margaritifera (Kütz) Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria rubescens DC ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family	*Oscillatoria* sp.01	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.07	-	-	-	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	-	ü	ü	-	-
	Oscillatoria sp.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.09	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.10	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-
	Oscillatoria sp.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-
	Oscillatoria sp.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-
	Oscillatoria sp.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.16	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.20	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-
	Oscillatoria sp.21	-	-	-	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	-	ü	-	-	-
	Phormidium mucicola Hub.	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	ü	-	-	-
	Phormidium sp.01	-	-	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü	ü
	Phormidium sp.02	-	-	ü	ü	-	-	-	-	ü	-	ü	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.03	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-
	Phormidium sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family Oscillatoriaceae	*Phormidium* sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-	□	-	-	-	□	□	-	-
	Phormidium sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.08	-	-	□	-	-	-	□	-	-	□	-		□	-	-	-
	Phormidium sp.09	-	-		□	-	-	-	-	-	□	-	□	□	-	□	□
	Phormidium sp.10	-	-	-	-	-	-	-	-	□	-	-	-	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	□	-	-	-	-	-	-
Family Rivulariaceae	*Calothrix* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Pleurocapsales																	
Family Pleurocapsaceae	*Myxosarcina* sp.01	□	-	-	□	□	-	-	□	□	□	□	□	-	-	-	-
	Myxosarcina sp.02	□	□	□	□	□	-	□	□	□	□	□	□	-	□	□	□
	Myxosarcina sp.03	□	□	□	□	-	-	-	□	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Samut Prakan								Chonburi							
		A. alba		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*		*A. alba*		*A. marina*	
		January 2018				July 2018				January 2018				July 2018			
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Order Stigonematales																	
Family	*Mastigocladus* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	□	□
Mastigocladaceae	*Mastigocladus* sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	□	□
Order Oscillatoriales																	
Family Coleofasciculaceae	*Geitlernema* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Synechococcales																	
Family	*Leptolyngbya* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptolyngbyaceae	*Planktolyngbya* sp.01	-	-	-	-	□	-	□	□	-	-	-	-	-	-	-	-
	Planktolyngbya sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	□	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Order Chamaesiphonales									
Family Chamaesiphonaceae	*Chamaesiphon* sp.01	-	-	ü	-	-	-	-	-
Family Dermocarpacceae	*Dermocarpa* sp.01	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	-
Order Chroococcales									
Family Chroococcaceae	*Aphanocapsa* sp.01	ü	-	-	-	ü	-	-	-
	Aphanocapsa sp.02	-	-	ü	ü	ü	-	ü	-
	Aphanocapsa sp.03	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Chroococcus minor (Kütz) Nag.	ü	-	-	ü	ü	-	-	-
	Chroococcus turgidus (Kütz) Nag.	-	-	ü		ü	-	-	-
	Chroococcus sp.01	ü	ü	ü	ü	-	-	-	-
	Synechococcus sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Synechococcus sp.02	ü	ü	ü	-	-	-	-	-
Family Entophysalidaceae	*Johannesbaptistia* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family Cyanobacteriaceae	*Cyanobacterium* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Nostocales									
Family Nostocaceaae	*Anabaena* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anabaena sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anabaena sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nodularia sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nostoc sp.01	-	-	-	-	-	-	ü	
	Nostoc sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena catenata	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena frigida	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena galaeta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.01	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family Nostocaceaae	*Pseudanabaena* sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arthrospira gigantea Schmidle	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arthrospira subsalsa Oerst.ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arthrospira sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Oscillatoriaceae	*Dasygloe* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hydrocoleum sp.01	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	-
	Hydrocoleum sp.02	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.01	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.02	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.05	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Lyngbya sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family	*Lyngbya* sp.07	-	-	ü	-	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Lyngbya* sp.08	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microcoleus sp.01	-	-	-	ü	ü	-	-	ü
	Microcoleus sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria curviceps	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria limosa Ag ex Gomont	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria margaritifera (Kütz) Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria princeps Vaucher ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria rubescens DC ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria tenuis Ag. ex Gomont	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.05	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.07	ü	ü	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.08	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.09	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.10	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.11	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.12	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.13	-	-	ü	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.14	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.15	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.16	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.17	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.18	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.19	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.20	-	-	-	ü	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.21	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium mucicola Hub.	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.01	ü	-	-	ü	ü	ü	ü	ü
	Phormidium sp.02	ü	-	ü	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.03	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.04	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.05	ü	ü	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.07	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.08	-	-	-	ü	ü	-	-	-
	Phormidium sp.09	ü	ü	ü	-	-	-	ü	✓

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Family Oscillatoriaceae	*Phormidium* sp.10	-	ü	ü	ü	-	ü	-	-
	Phormidium sp.11	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Shizothrix sp.01	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Trichodesmium sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Rivulariaceae	*Calothrix* sp.01	-	-	-	ü	-	-	-	-
Order Pleurocapsales									
Family Pleurocapsaceae	*Myxosarcina* sp.01	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Myxosarcina sp.02	ü	ü	-	ü	ü	-	-	-
	Myxosarcina sp.03	-	-	ü	-	ü	-	-	-
Order Stigonematales									
Family Mastigocladaceae	*Mastigocladus* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mastigocladus sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Chantaburi						Trat	
		A. marina		*R. mucronata*	*A. marina*		*R. mucronata*	*R. mucronata*	
		January 2018			July 2018			January 2018	July 2018
		upper	lower		upper	lower			
Order Oscillatoriales									
Family Coleofasciculaceae	*Geitlernema* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Order Synechococcales									
Family Leptolyngbyaceae	*Leptolyngbya* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Planktolyngbya sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Planktolyngbya sp.02	-	-	ü	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Order Chamaesiphonales													
Family Chamaesiphonaceae	*Chamaesiphon* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Dermocarpacceae	*Dermocarpa* sp.01	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	ü	-
Order Chroococcales													
Family Chroococcaceae	*Aphanocapsa* sp.01	ü	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
	Aphanocapsa sp.02	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-
	Aphanocapsa sp.03	ü	ü	-	-	ü	-	ü	ü	-	-	-	-
	Chroococcus minor (Kütz) Nag.	ü	ü	-	-	ü	-	ü		-	-	-	-
	Chroococcus turgidus (Kütz) Nag.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chroococcus sp.01	-	-	-	-	ü	-	ü		-	-	-	-

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Chroococcaceae	*Synechococcus* sp.01	ü	-	-	-	ü	-			-	-	-	-
	Synechococcus sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Entophysalidaceae	*Johannesbaptistia* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	ü	-
Family Cyanobacteriaceae	*Cyanobacterium* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
Order Nostocales													
Family Nostocaceaae	*Anabaena* sp.01	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anabaena sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anabaena sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nodularia sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nostoc sp.01	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Nostoc sp.02	-	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family	*Pseudanabaena catenata*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nostocaceaae	*Pseudanabaena frigida*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena galaeta	-	-	-	-	-	-	ü	-	ü	-	-	-
	Pseudanabaena sp.01	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	ü	ü	-
	Pseudanabaena sp.02	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.03	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Pseudanabaena sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pseudanabaena sp.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arthrospira gigantea Schmidle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arthrospira subsalsa Oerst.ex Gomont	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Arthrospira sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family	*Dasygloe* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-
Oscillatoriaceae	*Hydrocoleum* sp.01	ü	-	-	-	ü	-	ü	-	ü	ü	ü	ü

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Oscillatoriaceae	*Hydrocoleum* sp.02	-	ü	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Lyngbya sp.02	ü	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Lyngbya sp.03	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.05	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lyngbya sp.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Microcoleus sp.01	-	-	ü	ü	ü	-	-	-	ü	ü	ü	-
	Microcoleus sp.02	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria limosa Ag ex Gomont	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga				Phuket			
		A. alba	*R. apiculata*	*A. alba*	*R. apiculata*	*A. alba*	*R. apiculata*	*A. alba*	*R. apiculata*
		September 2017		May 2018		September 2017		May 2018	
		upper	lower	upper	lower	upper	lower	upper	lower
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria tenuis* Ag. ex Gomont	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
	Oscillatoria sp.01	- - -	- - -	- - -	✓ - -	- - -	- - -	- - -	
	Oscillatoria sp.02	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	✓
	Oscillatoria sp.03	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.04	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	✓ - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.05	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.06	- ✓ -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.07	- - -	- - -	- - -	✓ - -	- ✓ -	- - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.08	- ✓ -	- - -	- - -	- ✓ -	- - -	- - -	✓ - -	-
	Oscillatoria sp.09	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	-
	Oscillatoria sp.10	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Oscillatoriaceae	*Oscillatoria* sp.11	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.12	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-
	Oscillatoria sp.13	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.14	ü	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
	Oscillatoria sp.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.17	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Oscillatoria sp.20	ü	ü	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	-	-
	Oscillatoria sp.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Phormidium sp.01	ü	ü	ü	ü	ü	-	ü	ü	ü	ü	ü	ü
	Phormidium sp.02	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Family Oscillatoriaceae	*Phormidium* sp.03	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-	ü	-	-
	Phormidium sp.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.05	-	-	-	ü	-	ü	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü
	Phormidium sp.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.08	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-
	Phormidium sp.09	-	-	ü	ü	ü	-	-	ü	-	-	-	-
	Phormidium sp.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phormidium sp.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ü	-
	Shizothrix sp.01	-	ü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trichodesmium sp.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

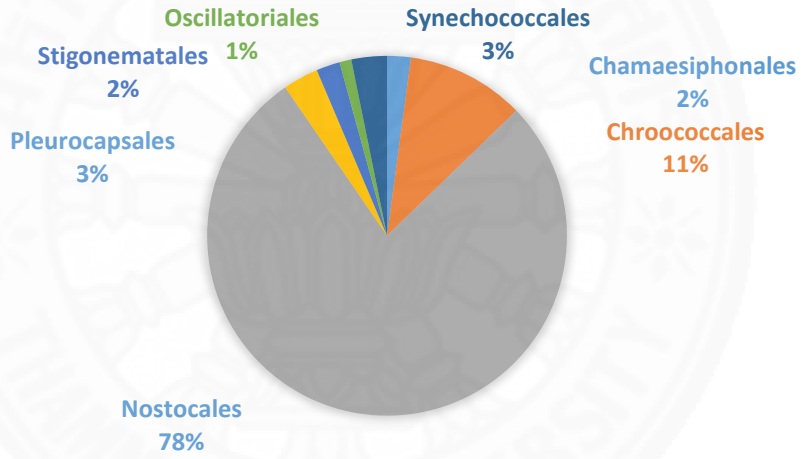
ตารางที่ 4.1 *(ต่อ)*

การกระจายของสังคมไซยาโนแบคทีเรียในเชิงพื้นที่และเวลา จากพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรปราการ ชลบุรี จันทบุรี ตราด พังงา และภูเก็ต (✓; ปรากฏ, -; ไม่ปรากฏ)

Cyanobacteria Species		Phang nga						Phuket					
		A. alba		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*	*A. alba*		*R. apiculata*
		September 2017			May 2018			September 2017			May 2018		
		upper	lower		upper	lower		upper	lower		upper	lower	
Order Pleurocapsales													
Family Pleurocapsaceae	*Myxosarcina* sp.01	ü	-	-	-	-	-	ü	-	-	-	-	-
	Myxosarcina sp.02	ü	-	-	-	ü	-	-	-	-	-	-	-
	Myxosarcina sp.03	-	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
Order Synechococcales													
Family	*Leptolyngbya* sp.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Leptolyngbyaceae	*Planktolyngbya* sp.01	ü	-	-	-	-	-	ü	ü	-	-	-	-
	Planktolyngbya sp.02	ü	-	-	-	-	-	-	-	ü	-	-	-

Ref. code: 25615909030552TAL

เมื่อพิจารณาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในแต่ละพื้นที่ จากไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมด 94 ชนิด พบในพื้นที่นาเกลือมากที่สุดถึง 87 ชนิด รองลงมาคือ ชลบุรี 53 ชนิด, ภูเก็ต 43 ชนิด, จันทบุรี 41 ชนิด, สมุทรปราการและพังงาพบเท่ากัน 32 ชนิด และตราด 9 ชนิด ตามลำดับ โดยแบ่งจำนวนชนิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่พบในแต่ละอันดับ ได้แก่ Nostocales พบมากสุด (3 วงศ์, 14 สกุล, 73 ชนิด; 78%) รองลงมาคือ Chroococcales (3 วงศ์, 5 สกุล, 10 ชนิด; 11%) ตามด้วย Pleurocapsales (1 วงศ์, 1 สกุล, 3 ชนิด; 3%), Synechococcales (1 วงศ์, 2 สกุล, 3 ชนิด; 3%), Chamaesiphonales (2 วงศ์, 2 สกุล, 2 ชนิด; 2%), Stigonematales (1 วงศ์, 1 สกุล, 2 ชนิด; 2%) และ Oscillatoriales (1 วงศ์, 1 สกุล, 1 ชนิด; 1%), ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ในจำนวนไซยาโนแบคทีเรีย 94 ชนิดที่พบ ประกอบด้วยสกุลเด่นที่มีจำนวนชนิดมากที่สุด คือ สกุล *Oscillatoria* 27 ชนิด รองลงมาคือสกุล *Phomidium* 12 ชนิด ซึ่งทั้งสองสกุลนี้จัดอยู่ในอันดับ Nostocales



ภาพที่ 4.1 สัดส่วนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละอันดับที่พบในพื้นที่ป่าชายเลน

รูปร่างของไซยาโนแบคทีเรียที่พบในพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาเป็น 3 แบบ ได้แก่ กลุ่มเส้นสายที่ไม่มีเฮเทอโรซิสต์ (filamentous non-heterocyst form) เกิดจากเซลล์รูปร่างต่างๆ เช่น เซลล์รูปกลม รูปทรงกระบอก หรือรูปร่างไม่แน่นอน เป็นต้น หลายๆ เซลล์เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เรียกว่า ตรัยโคม (trichome) อยู่เป็นเส้นสายเดี่ยวๆ หรืออยู่รวมกัน บางชนิดจะมีเซลล์ที่มีขนาดเท่ากันตลอดทั้งเส้นสาย เช่น *Arthrospira* บางชนิดไม่มีชีทหุ้ม เช่น *Pseudanabaena* ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบมากสุดถึง 14 สกุล 71 ชนิด รองลงมาคือ กลุ่มเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนีที่ไม่เป็นเส้นสาย (unicellular or colonial form) รูปร่างเซลล์ส่วนใหญ่ที่พบมีลักษณะเป็นทรงกลม เช่น *Aphanocapsa* และเซลล์รูปไข่ เช่น *Synechococcus* อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ หรืออยู่รวมกัน มักจะเกิดการแบ่งเซลล์ ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบ 7 สกุล 14 ชนิด และกลุ่มเส้นสายที่มีเฮเทอโรซิสต์ (filamentous heterocystous form) มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มเส้นสายที่ไม่

Ref. code: 25615909030552TAL

มีเฮเทอโรซิสต์ สามารถพบเซลล์เฮเทอโรซิสต์บริเวณปลายสาย เช่น *Calothrix* และระหว่างเซลล์ เช่น *Mastigocladus* พบเพียง 5 สกุล 9 ชนิด ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2

จำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่พบ โดยจำแนกตามรูปร่าง

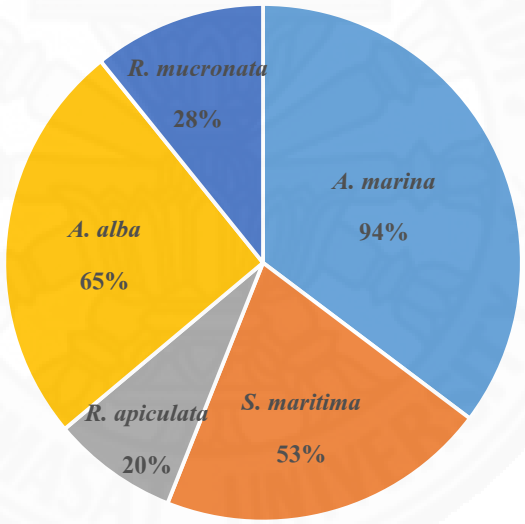
Filamentous non-heterocystous form		**Unicellular or colonial form**		**Filamentous heterocystous form**	
Genus	Species	Genus	Species	Genus	Species
Arthrospira	3	*Apanocapsa*	3	*Anabaena*	3
Dasygloe	1	*Chamaesiphon*	1	*Calothrix*	1
Geitlerinema	1	*Chroococcus*	3	*Mastigocladus*	2
Johannesbaptistia	1	*Cyanobacterium*	1	*Nodularia*	1
Hydrocoleum	2	*Dermocarpa*	1	*Nostoc*	2
Leptolyngbya	1	*Myxosarcina*	3	-	-
Lyngbya	8	*Synnechococcus*	2	-	-
Microcoleus	2	-	-	-	-
Oscillatoria	27	-	-	-	-
Phormidium	12	-	-	-	-
Planktolyngbya	2	-	-	-	-
Pseudanabaena	8	-	-	-	-
Schizothrix	1	-	-	-	-
Trichodesmium	2	-	-	-	-
Total of species	71		14		9

4.1.2 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียกับแหล่งที่อยู่อาศัย

จากการศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยบนรากไม้ที่แตกต่างกัน 5 แหล่ง จากพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 7 แห่ง ได้แก่ รากหายใจแสมทะเล รากฝอยชะคราม บริเวณนาแกลือ จังหวัดสมุทรสาคร รากหายใจแสมขาว รากค้ำยันโกงกางใบเล็ก บริเวณป่า

Ref. code: 25615909030552TAL

ชายเลนบริเวณท่าเทียบเรือสุระกุล จังหวัดพังงา และบริเวณศูนย์ศึกษาธรรมชาติบ้านบางโรง จังหวัดภูเก็ต รากหายใจของแสมขาว รากหายใจแสมทะเล บริเวณศูนย์ศึกษาธรรมชาติกองทัพบกบางปู จังหวัดสมุทรปราการ และบริเวณศูนย์ศึกษาธรรมชาติและอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อการท่องเที่ยว จังหวัดชลบุรี รากหายใจแสมทะเล รากค้ำยันของโกงกางใบใหญ่ บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาอ่าวคุ้งกระเบนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดจันทบุรี และ รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ บริเวณศูนย์การท่องเที่ยวเชิงธรรมชาติหาดทรายดำและป่าชายเลน จังหวัดตราด เมื่อทำการเปรียบเทียบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียระหว่างพื้นผิวที่อยู่อาศัย พบไซยาโนแบคทีเรียมากที่สุด บนรากหายใจแสมทะเล (*A. marina*) พบ 88 ชนิด (94%) รองลงมาคือ บนรากหายใจแสมขาว (*A. alba*) 61 ชนิด (65%) ตามด้วย บนรากฝอยชะคราม (*S. Maritima*) 50 ชนิด (53%) บนรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) 26 ชนิด (28%) และบนรากค้ำยันโกงกางใบเล็ก (*R. apiculata*) 19 ชนิด (20%) ตามลำดับ ดังภาพที่ 4.2

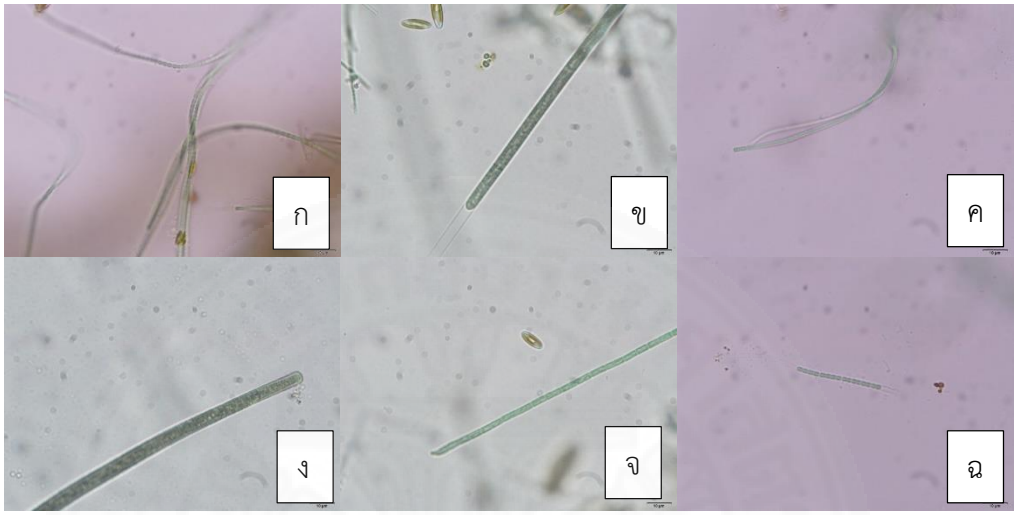


ภาพที่ 4.2 สัดส่วนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยบนรากไม้แตกต่างกันที่พบในพื้นที่ป่าชายเลน

เมื่อพิจารณาชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย ได้แก่ *Hydrocoleum*, *Lyngbya*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*, *Phormidium* และ *Planktolyngbya* ดังภาพที่ 4.3 อย่างไรก็ตามมีไซยาโนแบคทีเรียที่พบเฉพาะพื้นผิวที่อยู่อาศัย ดังนี้ ในรากหายใจแสมทะเล พบจำนวน 12 ชนิด ได้แก่ *Pseudanabaena catenata*, *Arthrospira* sp.01, *Lyngbya* sp.04, *Lyngbya* sp.08, *Oscillatoria curviceps*, *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont, *Oscillatoria* sp.03, *Oscillatoria* sp.05, *Oscillatoria* sp.15, *Calotrix*

Ref. code: 25615909030552TAL

sp.01, *Mastigocladus* sp.01 และ *Geitlernema* sp.01 ในรากหายใจแสมขาวพบเพียง *Trichodesmium* sp.02 รากค้ำยันโกงกางใบเล็กพบเพียง *Phormidium* sp.06 ในรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่พบเพียง *Synechococcus* sp.02 และไม่พบไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์เฉพาะในรากฝอยชะคราม

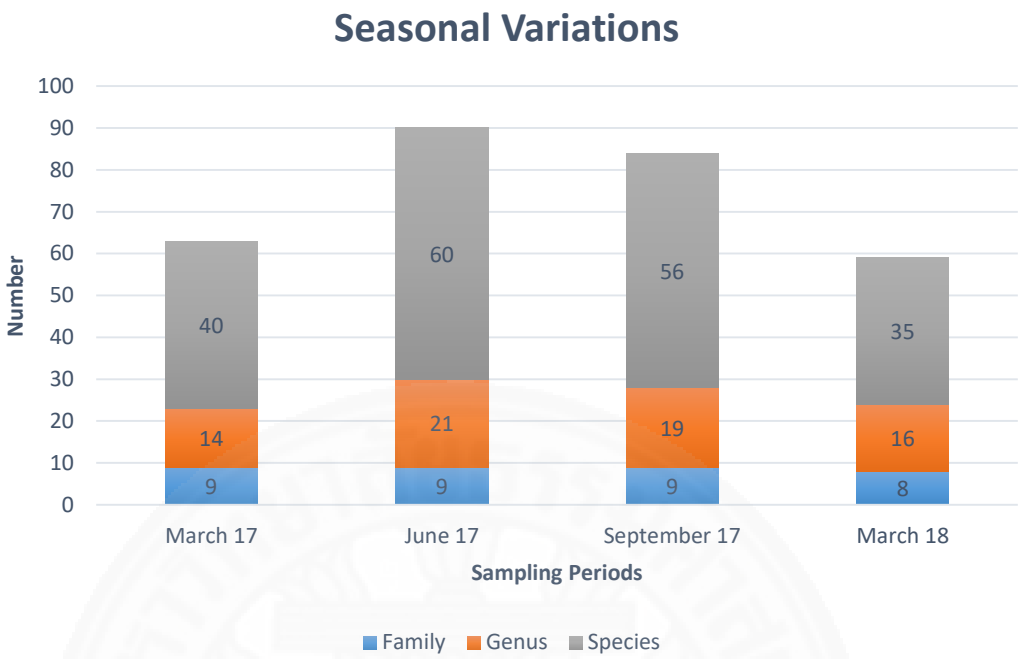


ภาพที่ 4.3 ไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย โดย ก: *Hydrocoleum*, ข: *Lyngbya*, ค: *Microcoleus*, ง: *Oscillatoria*, จ: *Phormidium* และ ฉ: *Planktolyngbya*

4.1.3 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียกับฤดูกาล

จากการศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียกับฤดูกาล ได้ทำการศึกษาเฉพาะในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 พบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมด 7 อันดับ 10 วงศ์ 26 สกุล 88 ชนิด โดยในเดือนมิถุนายน (ฤดูร้อน) พ.ศ. 2560 พบความหลากหลายมากที่สุด 60 ชนิด เดือนกันยายน (ฤดูฝน) พ.ศ. 2560 พบรองลงมา 56 ชนิด เดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) พ.ศ. 2560 พบ 40 ชนิด และเดือนมีนาคม (ฤดูแล้ง) พ.ศ. 2561 พบน้อยที่สุด 35 ชนิด ตามลำดับในภาพที่ 4.4

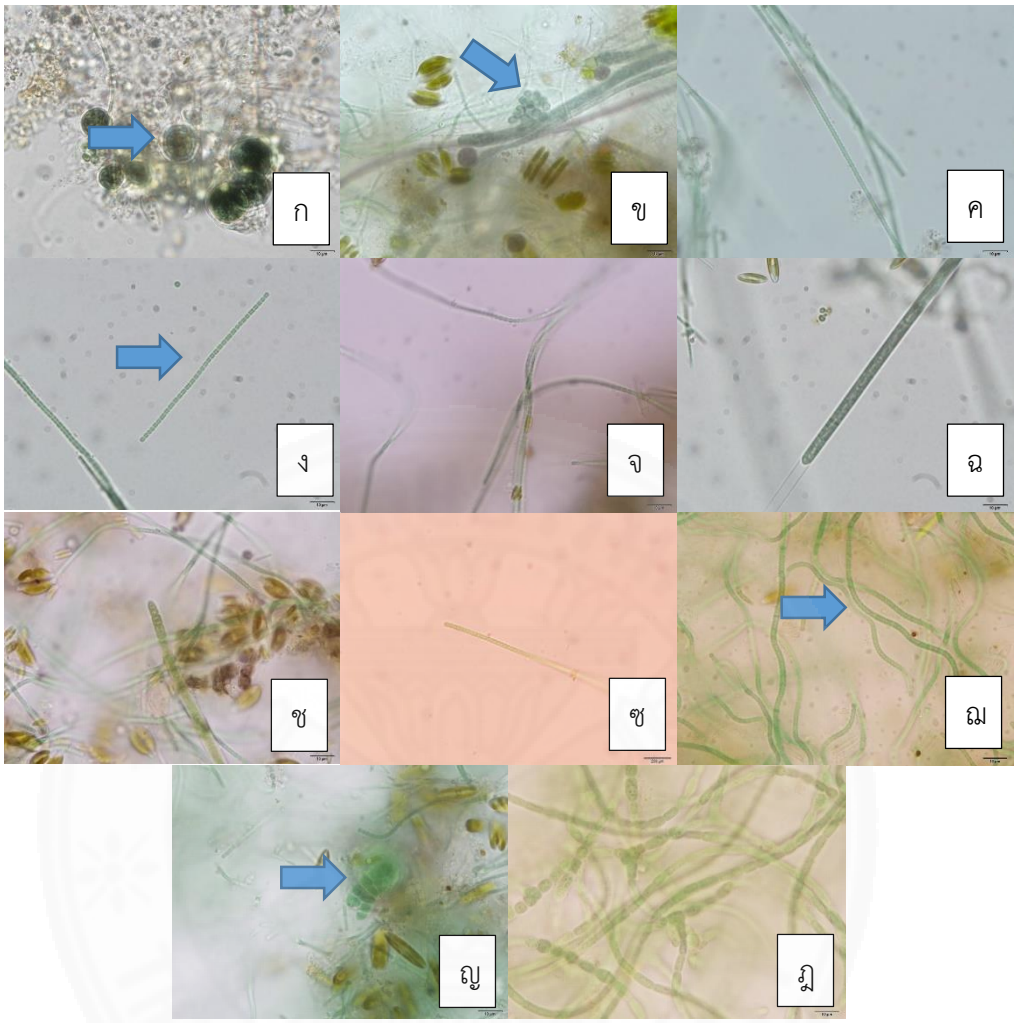
Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 4.4 ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล

เมื่อพิจารณาชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบทุกฤดูกาลมีจำนวน 11 ชนิด ได้แก่ *Dermocarpa* sp.01, *Chroococcus minor (Kütz) Nag.*, *Anabaena* sp.02, *Pseudanabaena* sp.03, *Hydrocoleum* sp.01, *Lyngbya* sp.05, *Oscillatoria* sp.10, *Phormidium* sp.01, *Phormidium* sp.03, *Myxosarciana* sp.02 และ *Mastigocladus* sp.01 ดังภาพที่ 4.5

Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 4.5 ไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ในทุกฤดูกาล โดย ก: *Dermocarpa* sp.01, ข: *Chroococcus minor (Kütz) Nag.*, ค: *Anabaena* sp.02, ง: *Pseudanabaena* sp.03, จ: *Hydrocoleum* sp.01, ฉ: *Lyngbya* sp.05, ช: *Oscillatoria* sp.10, , ซ: *Phormidium* sp.01, ฌ: *Phormidium* sp.03, ญ: *Myxosarciana* sp.02 และ ฎ: *Mastigocladus* sp.01

อย่างไรก็ตามมีไซยาโนแบคทีเรียที่พบเฉพาะฤดูกาล ได้แก่ ในฤดูร้อนพบไซยาโนแบคทีเรียเฉพาะมากที่สุด 11 ชนิด ได้แก่ *Arthrospira* sp.01, *Hydrocoleum* sp.02, *Oscillatoria* sp.12, *Oscillatoria* sp.14, *Oscillatoria* sp.15, *Oscillatoria* sp.17, *Oscillatoria* sp.19, *Phormidium* sp.05, *Phormidium* sp.06, *Phormidium* sp.09, *Mastigocladus* sp.02 พบเฉพาะฤดูแล้ง 10 ชนิด ได้แก่ *Pseudanabaena catenata*, *Lyngbya* sp.01, *Lyngbya* sp.03, *Lyngbya* sp.06, *Oscillatoria* sp.02, *Oscillatoria* sp.20, *Phormidium* sp.07, *Phormidium* sp.08, *Geitlenema* sp.01, *Leptolyngbya* sp.01 และพบเฉพาะฤดูฝน 8 ชนิด ได้แก่ *Aphanocapsa*

Ref. code: 25615909030552TAL

sp.02, *Johannesbatistia* sp.01, *Pseudanabaena* sp.04, *Lyngbya* sp.04, *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont, *Oscillatoria rubescens* DC ex Gomont , *Phormidium mucicola* Hub, *Planktolyngbya* sp.02

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาไซยาโนแบคทีเรียที่บนพื้นผิวของรากหายใจแสมทะเลจากพื้นที่นาเกลือ โดยแยกศึกษาส่วนบนและส่วนล่างพบว่า ไซยาโนแบคทีเรียที่พบเฉพาะส่วนบนของรากมีจำนวน 13 ชนิด ได้แก่ *Arthrospira subsala* Oerst.ex Gomont, *Hydrocoleum* sp.02, *Lyngbya* sp.02, *Lyngbya* sp.04, *Lyngbya* sp.05, *Lyngbya* sp.08, *Oscillatoria margaritifera* (Kütz) Gomont, *Oscillatoria rubescens* DC ex Gomont, *Oscillatoria* sp.12, *Phormidium mucicola* Hub, *Phormidium* sp.09, *Mastigocladus* sp.01 และ *Geitlernema* sp.01 ส่วนไซยาโนแบคทีเรียที่พบเฉพาะส่วนล่างมีจำนวน 8 ชนิด ได้แก่ *Johannesbaptistia* sp.01, *Pseudanabaena catenata*, *Pseudanabaena frigida*, *Lyngbya* sp.06, *Oscillatoria curviceps*, *Oscillatoria* sp.15, *Oscillatoria* sp.18 และ *Oscillatoria* sp.20 พบไซยาโนแบคทีเรียทั้งส่วนบนและส่วนล่าง ซึ่งกระจายไปทั่วรากหายใจจำนวน 67 ชนิด มีเพียง *Microcoleus* sp.02, *Oscillatoria tenuis*, *Phormidium* sp.07, *Phormidium* sp.08, *Trichodesmium* sp.01, *Mastigocladus* sp.02 และ *Planktolyngbya* sp.02 เท่านั้นที่ไม่พบในรากหายใจของแสมทะเลในพื้นที่นาเกลือ

4.1.4 ความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรีย

จากการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรีย โดยพิจารณาจากชนิดของไซยาโนแบคทีเรียที่พบในแต่ละพื้นผิวที่อยู่อาศัยและในแต่ละฤดูกาล โดยใช้ Sorensen's similarity coefficient พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยรากแสมทะเล (*A. marina*) และรากแสมขาว (*A. alba*) มีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุด 0.829 รองลงมาคือ พบบนรากแสมทะเล (*A. marina*) กับรากชะคราม (*S. maritima*) มีค่าความคลึงเท่ากับ 0.600 และพบบนรากโกงกางใบใหญ่ (*R. mucronata*) กับรากชะคราม (*S. maritima*) มีค่าความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุดเพียง 0.290 ดังตารางที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแต่ละชนิดโดยจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยบนรากพื้นผิวที่อยู่อาศัยแสมทะเลมีค่าความคล้ายคลึงอยู่ระหว่าง 0.459-0.533 ดังตารางที่ 4.4 บนรากพื้นผิวที่อยู่อาศัยแสมขาวมีค่าความคล้ายคลึงอยู่ระหว่าง 0.406-0.600 ดังตารางที 4.5 ส่วนรากโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็กมีค่าความคล้ายคลึงเท่ากับ 0.323 และ 0.190 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.3

ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแต่ละชนิด

Similarity	*A. marina*	*A. alba*	*R. mucronata*	*R. apiculata*	*S. maritima*
A. marina	-	0.829	0.320	0.321	0.600
A. alba	0.829	-	0.449	0.415	0.552
R. mucronata	0.320	0.449	-	0.449	0.290
R. apiculata	0.321	0.415	0.449	-	0.323
S. maritima	0.600	0.552	0.290	0.323	-

ตารางที่ 4.4

ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากหายใจแสมทะเลในแต่ละพื้นที่

Similarity (*A. marina*)	Salt Fields	Samut Prakan	Chonburi	Chantaburi
Salt Fields	-	0.459	0.531	0.522
Samut Prakan	0.459	-	0.517	0.533
Chonburi	0.531	0.517	-	0.469
Chantaburi	0.522	0.533	0.469	-

ตารางที่ 4.5

ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากหายใจแสมขาวในแต่ละพื้นที่

Similarity (*A. alba)*	Samut Prakan	Chonburi	Phang nga	Phuket
Samut Prakan	-	0.406	0.600	0.582
Chonburi	0.406	-	0.556	0.468
Phang nga	0.600	0.556	-	0.571
Phuket	0.582	0.468	0.571	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.6

ค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนรากค้ำยันโกงกางในแต่ละพื้นที่

Similarity (*R. mucronata*)	Chantaburi	Similarity (*R. apiculata*)	Phang nga
Trat	0.323	**Phuket**	0.190

ค่าความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล มีค่าอยู่ระหว่าง 0.480 ถึง 0.655 โดยระหว่างฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) กับ ฤดูฝน (กันยายน 2560) มีค่าความคล้ายคลึงมากที่สุด และ ระหว่างฤดูแล้ง (มีนาคม 2560) กับ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2561) มีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด ดังตารางที่ 4.7

นอกจากนี้การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรียส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจแสมทะเลและแสมขาวในพื้นที่ต่างๆ พบว่า รากหายใจแสมมีค่าความคล้ายคลึงใกล้เคียงกัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.605 ถึง 0.696 ส่วนความคล้ายคลึงของรากหายใจแสมขาวมีค่าอยู่ระหว่าง 0.486 ถึง 0.788 ดังตารางที่ 4.8 ส่วนค่าความคล้ายคลึงของรากหายใจแสมทะเลจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล มีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุดในฤดูฝน (กันยายน 2560) คือ 0.725 และในฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) มีค่าความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด คือ 0.533 ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.7

ความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล

Similarity	March 17	June 17	September 17	March 18
March 17	-	0.480	0.583	0.453
June 17	0.480	-	0.655	0.568
September 17	0.583	0.655	-	0.505
March 18	0.453	0.568	0.505	-

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.8

ความคล้ายคลึงของรากหายใจส่วนบนและส่วนล่างของแสมทะเลและแสมขาวในแต่ละพื้นที่

A. marina (upper-lower)				*A. alba* (upper-lower)			
Salt fields	Samut Prakan	Chonburi	Chantaburi	Phang nga	Phuket	Samut Prakan	Chonburi
0.696	0.634	0.605	0.653	0.486	0.578	0.788	0.708

ตารางที่ 4.9

ความคล้ายคลึงของรากหายใจส่วนบนและส่วนล่างของแสมทะเลจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล

Salt fields *A. marina* (upper-lower)			
March 17	June 17	September 17	March 18
0.680	0.533	0.725	0.706

4.1.5 ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวล้อม

ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้ทำการวัดค่าบริเวณพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 พบว่าค่าความเค็มของดินตะกอนอยู่ระหว่าง 18.35 ถึง 41.40 ppt ค่าความเป็นกรดด่างของดินตะกอนอยู่ระหว่าง 7.85 ถึง 9.06 ค่าความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 57.13 ถึง 68.00 ppt ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 7.43 ถึง 7.70 ค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่าง 40.04 ถึง 44.94 กิโลลักซ์ และค่าอุณหภูมิของอากาศอยู่ที่ 31.00 ถึง 34.80 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.10

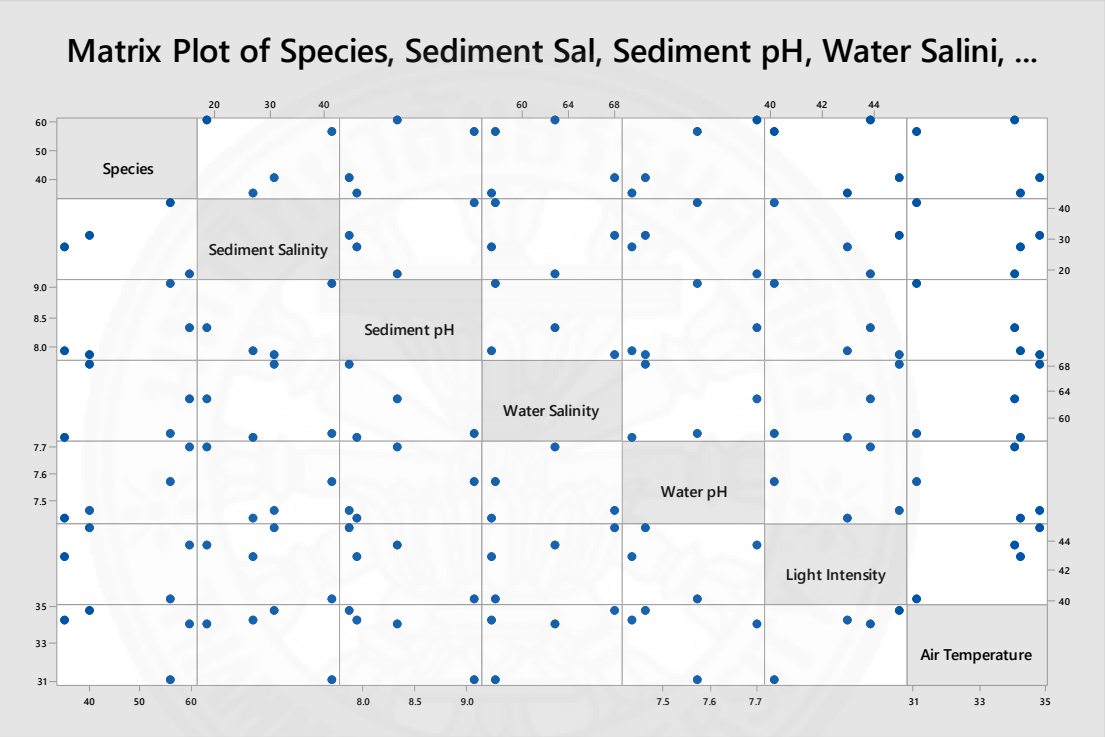
ตารางที่ 4.10

ค่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล

Sampling periods	Parameters					
	Salinity Sediment (ppt)	pH Sediment	Salinity Water (ppt)	pH Water	Light Intensity (klux)	Temperature (°C)
March 17	30.63	7.85	68.00	7.46	44.94	34.80
June 17	18.35	8.32	62.75	7.70	43.79	34.00
September 17	41.40	9.06	57.50	7.57	40.04	31.00
March 18	26.87	7.92	57.13	7.43	42.90	34.20

Ref. code: 25615909030552TAL

จากแผนภาพ matrix plot เมื่อพิจารณาผลด้วยการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างตัวแปรต่างๆ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยระหว่างคู่ตัวแปรทั้งสอง ได้แก่ จำนวนชนิดพันธุ์ ความเค็มของดินและน้ำ ความเป็นกรดด่างของดินและน้ำ ความเข้มแสง และอุณหภูมิของอากาศ พบว่าจำนวนชนิดพันธุ์กับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ และความเข้มแสงกับอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ส่วนความสัมพันธ์อื่นๆส่วนมากมีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่น เช่น จำนวนชนิดพันธุ์กับความเค็มของดินตะกอน เป็นต้น ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 การกระจายของชุดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

เมื่อพิจารณาด้วยค่าสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์และปัจจัยสิ่งแวดล้อม แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $P \geq 0.05$ ยกเว้นระหว่างอุณหภูมิอากาศกับแสง $P \leq 0.05$ ข้อมูลมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับ แผนภาพ matrix plot ดังตารางที่ 4.11

Ref. code: 25615909030552TAL

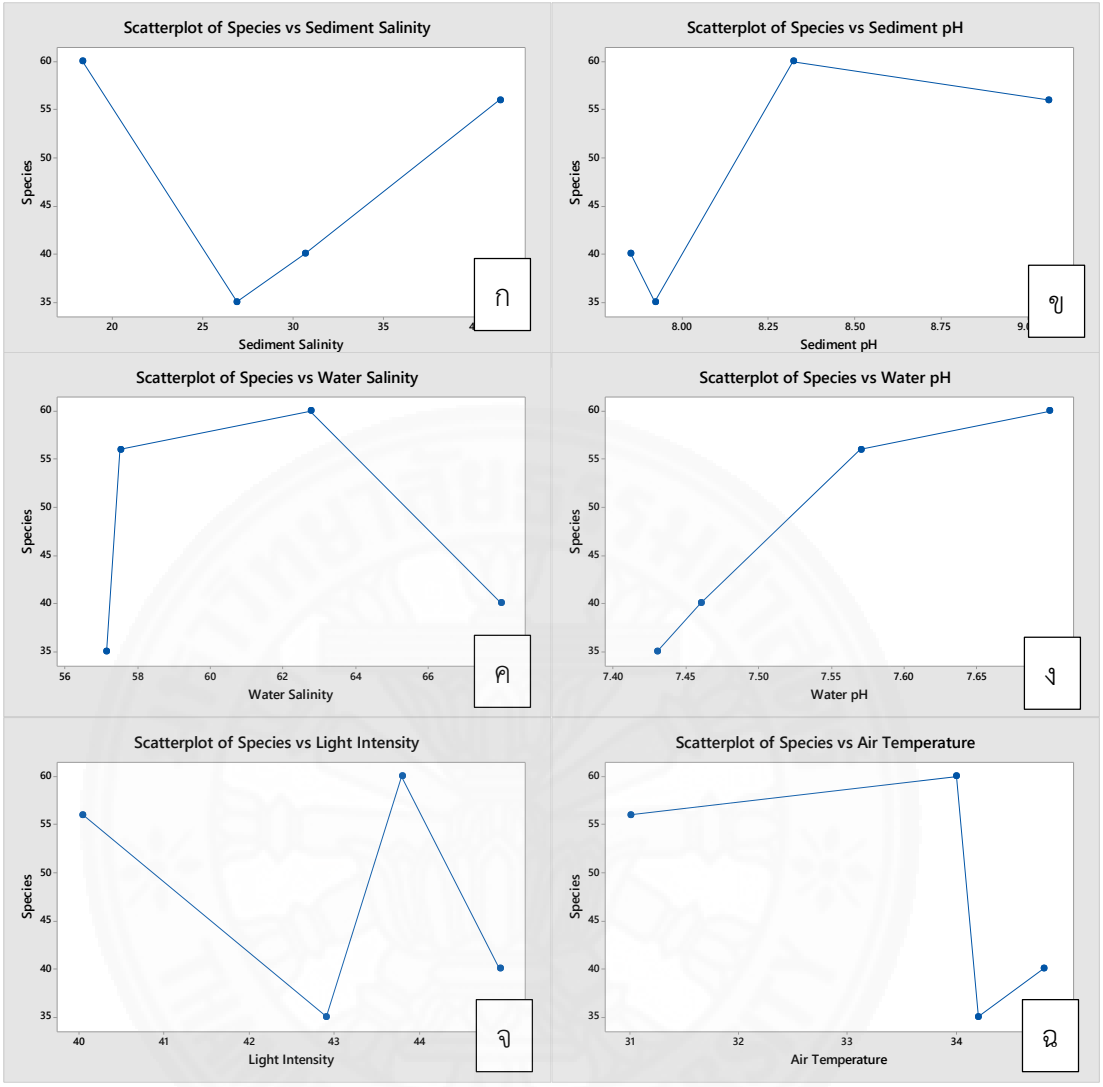
ตารางที่ 4.11

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

		Species	Sediment Salinity	Sediment pH	Water Salinity	Water pH	Light Intensity	Air Temp
Species	Pearson Correlation		-0.039	0.736	-0.066	0.950	-0.375	-0.542
	P-Value		0.961	0.264	0.934	0.050	0.625	0.458
Sediment Salinity	Pearson Correlation	-0.039		0.585	-0.291	-0.350	-0.694	-0.732
	P-Value	0.961		0.415	0.709	0.650	0.306	0.268
Sediment pH	Pearson Correlation	0.736	0.585		-0.502	0.509	-0.882	-0.968
	P-Value	0.264	0.415		0.498	0.491	0.118	0.032
Water Salinity	Pearson Correlation	-0.066	-0.291	-0.502		0.022	0.803	0.612
	P-Value	0.934	0.709	0.498		0.978	0.197	0.388
Water pH	Pearson Correlation	0.950	-0.350	0.509	0.022		-0.139	-0.282
	P-Value	0.050	0.650	0.491	0.978		0.861	0.718
Light Intensity	Pearson Correlation	-0.375	-0.694	-0.882	0.803	-0.139		0.960
	P-Value	0.625	0.306	0.118	0.197	0.861		0.040
Air Temp	Pearson Correlation	-0.548	-0.732	-0.968	0.612	-0.282	0.960	
	P-Value	0.458	0.268	0.032	0.388	0.718	0.040	

จากภาพ Scatter diagram ระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับความเค็มของดินตะกอน และ จำนวนชนิดพันธุ์กับความเค็มของน้ำ มีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบลา ส่วนจำนวนชนิดพันธุ์กับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ มีความสัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง เมื่อค่าความเป็นกรดด่างสูงขึ้นจำนวนชนิดก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 4.7 Scatter diagram ระหว่างจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดย ภาพ ก. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับความเค็มของดินตะกอน ภาพ ข. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับค่าความเป็นกรดด่างของดินตะกอน ภาพ ค. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับความเค็มของน้ำ ภาพ ง. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ ภาพ จ. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับความเข้มแสง และ ภาพ ฉ. แสดงระหว่างจำนวนชนิดพันธุ์กับอุณหภูมิของอากาศ

ผลการวิเคราะห์การถดถอยของจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมเพื่อดูแนวโน้มของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย โดยวัดจากค่า R-Squared (R^2) พบว่า จำนวนชนิดพันธุ์กับค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ มีค่า R^2 สูงสุดเท่ากับ 99.90% ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลข้างต้นที่กล่าวว่า มีความนัยสำคัญทางสถิติ และกราฟมี

Ref. code: 25615909030552TAL

ลักษณะเป็นเส้นตรง ในขณะที่ค่า R^2 ต่ำสุดอยู่ที่ 15.70% คือคู่ตัวแปรระหว่าง จำนวนชนิดพันธุ์กับความเข้มแสง ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12

ผลการวิเคราะห์การถดถอยของจำนวนชนิดของไซยาโนแบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

คู่ตัวแปร	สมการการถดถอย	R^2	P-value
Sediment Salinity versus Species	182.7 - 9.652 (A) + 0.1595(A)^2	94.60%	0.961
Sediment pH versus Species	-3188 + 751.9 (B) - 43.47 (B)^2	89.00%	0.264
Water Salinity versus Species	-2518 + 82.83 (C) - 0.6650 (C)^2	60.40%	0.934
Water pH versus Species	-661 + 94.0 (D)	99.90%	0.050
Light versus Species	1083 - 46.7 (E) + 0.526 (E)^2	15.70%	0.625
Air Temp versus Species	-3731 + 235.4 (F) - 3.652 (F)^2	41.50%	0.448

* หมายเหตุ. A คือ ความเค็มของดินตะกอน (Sediment Salinity), B คือ ค่าความเป็นกรดด่างของดินตะกอน (Sediment pH), C คือ ความเค็มของน้ำ (Water Salinity), D คือ ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำ (Water pH), E คือ ความเข้มแสง (Light Intensity), และ F คือ อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)

4.1.6 ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์

การเก็บไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์จากพื้นที่ป่าชายเลนเขตร้อนประเทศไทยในแต่ละพื้นที่ โดยใช้วิธี spread plate บนอาหารแข็งสูตร BG-11N_2 ที่มีความเค็ม 20 ppt เพาะเลี้ยงในอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เขย่าด้วยความเร็ว 120 รอบต่อนาที ให้แสงน้อยกว่า 2.0 กิโลลักซ์ พบว่าสามารถคัดแยกไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ได้ 63 ไอโซเลท ดังนี้ โดยพบ *Phormidium* มากที่สุด 31 ไอโซเลท, รองลงมาคือ *Pseudanabaena* 6 ไอโซเลท, *Microcoleus* 5 ไอโซเลท, *Hydrocoleum* 4 ไอโซเลท, *Anabaena* 3 ไอโซเลท, *Mastigocladus* 3 ไอโซเลท, *Lyngbya* 2 ไอโซเลท, *Oscillatoria* 2 ไอโซเลท, *Planktolyngbya* 2 ไอโซเลท, *Arthrospira* 1 ไอโซเลท, *Dermocarpa* 1 ไอโซเลท และ Unknown 3 ไอโซเลท ตามลำดับ รายละเอียดตามตารางที่ 4.13 และ ภาพประกอบในภาคผนวก ข

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.13

ข้อมูลไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์

No.	Genus	Collection Code	Station	Substrate
1	*Anabaena*	TUEV032	Salt field	*S. maritima*
2	*Anabaena*	TUEV033	Salt field	*S. maritima*
3	*Anabaena*	TUEV034	Salt field	*A. marina*
4	*Arthrospira*	TUEV035	Salt field	*A. marina*
5	*Dermocarpa*	TUEV036	Salt field	*A. marina*
6	*Hydrocoleum*	TUEV037	Salt field	*A. marina*
7	*Hydrocoleum*	TUEV038	Salt field	*A. marina*
8	*Hydrocoleum*	TUEV039	Salt field	*A. marina*
9	*Hydrocoleum*	TUEV040	Salt field	*A. marina*
10	*Lyngbya*	TUEV041	Salt field	*A. marina*
11	*Lyngbya*	TUEV042	Salt field	*S. maritima*
12	*Mastigocladus*	TUEV043	Chonburi	*A. marina*
13	*Mastigocladus*	TUEV044	Chonburi	*A. marina*
14	*Mastigocladus*	TUEV045	Salt field	*A. marina*
15	*Microcoleus*	TUEV046	Salt field	*S. maritima*
16	*Microcoleus*	TUEV047	Salt field	*S. maritima*
17	*Microcoleus*	TUEV048	Samut Prakan	*A. marina*
18	*Microcoleus*	TUEV049	Trat	*R. mucronata*
19	*Microcoleus*	TUEV050	Chonburi	*A. alba*
20	*Oscillatoria*	TUEV051	Salt field	*A. marina*
21	*Oscillatoria*	TUEV052	Salt field	*A. marina*
22	*Phormidium*	TUEV053	Salt field	*A. marina*
23	*Phormidium*	TUEV054	Salt field	*A. alba*
24	*Phormidium*	TUEV055	Salt field	*S. maritima*
25	*Phormidium*	TUEV056	Salt field	*A. marina*
26	*Phormidium*	TUEV057	Salt field	*A. marina*
27	*Phormidium*	TUEV058	Salt field	*A. marina*

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.13

ข้อมูลไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ (ต่อ)

No.	Genus	Collection Code	Station	Substrate
28	*Phormidium*	TUEV059	Salt field	*A. marina*
29	*Phormidium*	TUEV060	Salt field	*A. marina*
30	*Phormidium*	TUEV061	Salt field	*A. marina*
31	*Phormidium*	TUEV062	Salt field	*A. marina*
32	*Phormidium*	TUEV063	Salt field	*S. maritima*
33	*Phormidium*	TUEV064	Salt field	*S. maritima*
34	*Phormidium*	TUEV065	Salt field	*S. maritima*
35	*Phormidium*	TUEV066	Salt field	*S. maritima*
36	*Phormidium*	TUEV067	Trat	*R. mucronata*
37	*Phormidium*	TUEV068	Salt field	*A. marina*
38	*Phormidium*	TUEV069	Salt field	*A. marina*
39	*Phormidium*	TUEV070	Salt field	*A. marina*
40	*Phormidium*	TUEV071	Salt field	*A. marina*
41	*Phormidium*	TUEV072	Salt field	*A. marina*
42	*Phormidium*	TUEV073	Chonburi	*A. alba*
43	*Phormidium*	TUEV074	Salt field	*A. marina*
44	*Phormidium*	TUEV075	Salt field	*A. marina*
45	*Phormidium*	TUEV076	Phuket	*R. apiculata*
46	*Phormidium*	TUEV077	Phang nga	*R. apiculata*
47	*Phormidium*	TUEV078	Phang nga	*A. alba*
48	*Phormidium*	TUEV079	Chonburi	*A. alba*
49	*Phormidium*	TUEV080	Salt field	*A. marina*
50	*Phormidium*	TUEV081	Chantaburi	*R. mucronata*
51	*Phormidium*	TUEV082	Salt field	*A. marina*
52	*Phormidium*	TUEV083	Salt field	*S. maritima*
53	*Planktolyngbya*	TUEV084	Phuket	*R. apiculata*

Ref. code: 25615909030552TAL

ตารางที่ 4.13

ข้อมูลไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ (ต่อ)

No.	Genus	Collection Code	Station	Substrate
54	*Planktolyngbya*	TUEV085	Samut Prakan	*A. marina*
55	*Pseudanabaena*	TUEV086	Salt field	*A. marina*
56	*Pseudanabaena*	TUEV087	Salt field	*A. marina*
57	*Pseudanabaena*	TUEV088	Salt field	*S. maritima*
58	*Pseudanabaena*	TUEV089	Salt field	*A. marina*
59	*Pseudanabaena*	TUEV090	Salt field	*S. maritima*
60	*Pseudanabaena*	TUEV091	Chantaburi	*A. marina*
61	Unknown	TUEV092	Chantaburi	*A. marina*
62	Unknown	TUEV093	Phuket	*A. marina*
63	Unknown	TUEV094	Salt field	*S. maritima*

4.2 ความเค็มต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp.

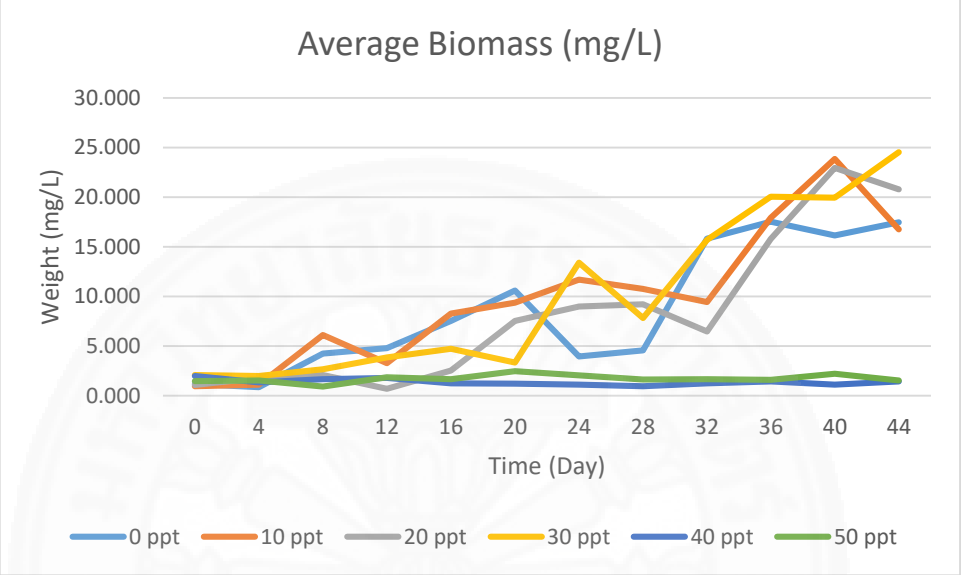
จากผลการศึกษาข้อ 4.1.1 พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. สามารถพบได้ในพื้นที่นาเกลือซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเค็ม อีกทั้งยังสามารถพบได้ในทุกฤดูกาล และการศึกษาของ ศิริพร สุดหา (2560) พบ *Mastigocladus* sp. เฉพาะในรากหัวเข่าของโปรงแดง จังหวัดตราด และสามารถคัดแยกสายพันธุ์บริสุทธิ์ได้ จึงได้มีการศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. โดยนำเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 มาจากการคัดแยกของ ศิริพร สุดหา (2560) และทำการศึกษาตามวิธีการศึกษาข้อ 3.3.5 ทำการทดลองในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2561 ในระดับความเค็มที่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ppt ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.1 ผลของความเค็มต่อปริมาณมวลชีวภาพของ *Mastigocladus* sp. TUEV004

จากการศึกษาผลของความเค็มต่อปริมาณมวลชีวภาพตามวิธีการศึกษาข้อ 3.3.6 พบว่า ในระดับความเค็มที่ 0 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.864 – 17.532 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 10 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.960 – 23.844 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับ

Ref. code: 25615909030552TAL

ความเค็มที่ 20 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.696 – 22.936 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 30 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 1.976 – 24.544 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 40 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.952 – 1.976 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ระดับความเค็มที่ 50 ppt มีปริมาณมวลชีวภาพอยู่ระหว่าง 0.928 – 2.484 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4.8

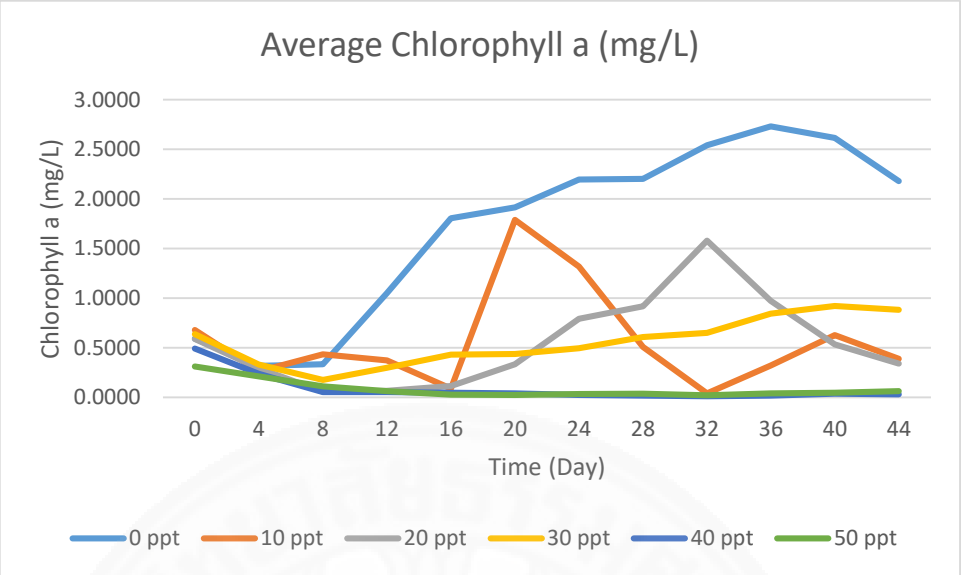


ภาพที่ 4.8 ปริมาณมวลชีวภาพของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน

4.2.2 ผลของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของ *Mastigocladus* sp. TUEV004

จากการศึกษาผลของความเค็มต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ โดยคำนวณตามการวิเคราะห์ข้อมูล ข้อ 3.5.3 พบว่า ในระดับความเค็มที่ 0 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.237 – 2.7315 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 10 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.0423 – 1.7877 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 20 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.0570 – 1.5789 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 30 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.1782 – 0.8821 มิลลิกรัมต่อลิตร ระดับความเค็มที่ 40 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.0029 – 0.4933 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ระดับความเค็มที่ 50 ppt มีค่าคลอโรฟิลล์ เอ อยู่ระหว่าง 0.0143 – 0.3108 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 4.9

Ref. code: 25615909030552TAL



ภาพที่ 4.9 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน

4.2.3 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ ของ *Mastigocladus* sp. TUEV004

ตารางที่ 4.14

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณมวลชีวภาพและค่าคลอโรฟิลล์ เอ

Salinity	Average Biomass (mg/L)		Average Chrlorophyll a (mg/L)	
	μ	R-squared (R^2)	μ	R-squared (R^2)
0 ppt	0.4058	0.6035	0.0790	0.9199
10 ppt	0.3983	0.7893	0.0023	0.0018
20 ppt	0.4359	0.7520	0.0501	0.7961
30 ppt	0.5963	0.7893	0.0209	0.9582
40 ppt	0.0000	0.2982	0.0000	0.4457
50 ppt	0.0088	0.1006	0.0000	0.4695

จากตารางที่ 4.14 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณมวลชีวภาพ จากปริมาณเซลล์อัดแน่น และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในระดับความเค็มที่แตกต่างกัน ตามวิธีการศึกษาข้อ 3.5.4 พบว่า อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณมวลชีวภาพ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 และ

Ref. code: 25615909030552TAL

0.5963 และ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.000 และ 0.0790

4.2.4 ความสัมพันธ์ของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 กับระดับความเค็ม

ผลวิเคราะห์การถดถอยของปริมาณมวลชีวภาพกับค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความเค็มเพื่อดูแนวโน้มของปริมาณเซลล์อัดแน่นที่มีผลต่อค่าคลอโรฟิลล์ เอ โดยวัดจากค่า R^2 (R-Squared) พบว่า ในระดับความเค็มที่ 40 ppt มีค่า R^2 สูงสุด เท่ากับ 77.50% รองลงมาคือ ระดับความเค็มที่ 0 ppt มีค่า R^2 เท่ากับ 54.50% ในขณะที่ค่า R^2 ต่ำสุดอยู่ที่ 0.90% คือระดับความเค็มที่ 50 ppt ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15

ผลการวิเคราะห์การถดถอยของปริมาณมวลชีวภาพกับค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละระดับความเค็ม

คู่ตัวแปร	สมการการถดถอย	R^2	P-value
0 ppt: Chlorophyll A versus Weight	837 + 4131 (A)	54.50%	0.000
10 ppt: Chlorophyll A versus Weight	686 – 276 (B)	0.96%	0.570
20 ppt: Chlorophyll A versus Weight	349 + 985 (C)	14.37%	0.023
30 ppt: Chlorophyll A versus Weight	275 + 1283 (D)	24.16%	0.002
40 ppt: Chlorophyll A versus Weight	144.0 - 6524 (E) + 101902 (E)^2	77.50%	0.039
50 ppt: Chlorophyll A versus Weight	-75.0 + 6068 (F) - 57616 (F)^2	0.90%	0.173

* หมายเหตุ. A คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 0 ppt, B คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 10 ppt, C คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 20 ppt, D คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 30 ppt, E คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 40 ppt, และ F คือ มวลชีวภาพที่ความเค็ม 50 ppt

4.3 อภิปรายผล

การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนของประเทศไทยครั้งนี้ พบความหลากหลายทั้งหมด 7 อันดับ 12 วงศ์ 26 สกุล 94 ชนิด ในประเทศไทยส่วนมากมีการศึกษา

Ref. code: 25615909030552TAL

ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากการเก็บตัวอย่างน้ำทะเลผ่านถุงกรองแพลงก์ตอน เช่น บริเวณอ่าวขนอม จังหวัดนครศรีธรรมราช, บริเวณแหล่งปะการังเทียม จังหวัดปัตตานี และ บริเวณทะเลสาบสงขลา จังหวัดสงขลา พบ 12 สกุล (ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง, 2555) ในขณะที่การศึกษาบนพื้นผิวรากไม้ในป่าชายเลนประเทศไทยมีเพียงการศึกษาของ ศิริพร สุดหา (2560) ที่ศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลนภาคตะวันออก พบ 7 อันดับ 13 วงศ์ 25 สกุล 72 ชนิด เท่านั้น การศึกษาจากพื้นผิวรากไม้ป่าชายเลนนี้แพร่หลายทั่วโลก จึงกล่าวได้ว่าไซยาโนแบคทีเรียสามารถพบได้ในป่าชายเลนและยังเป็นผู้ผลิตขั้นต้นในห่วงโซ่อาหาร (Potts, 1979; Sakthivel, 2013; Alvarenga et al, 2015) นอกจากพื้นผิวรากไม้ในป่าชายเลนแล้ว ยังมีการศึกษาจากดินตะกอนรอบๆราก บนหิน และหนองน้ำอีกด้วย (Hussain & Khoja, 1993; Silambarasan, Ramanathan, & Kathiresan, 2012) การศึกษาของ Sakthivel and Kathiresan (2013) กล่าวว่าความหลากหลายขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของป่าชายเลนและปัจจัยสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสภาพแวดล้อมของป่าชายเลนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาโดยเฉพาะความเค็ม (Nagasathya & Thajuddin, 2008; Alvarenga et al, 2015) ทำให้ไซยาโนแบคทีเรียมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมจึงสามารถดำรงชีวิตอยู่ในป่าชายเลนได้

ไซยาโนแบคทีเรียที่พบส่วนมากมีลักษณะเป็นแบบเส้นสายไม่มีเฮเทอโรซิสต์ (Filamentous non-heterocystous form) ตามด้วย ลักษณะแบบเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนี (Unicellular or colonial form) และ ลักษณะแบบเส้นสายมีเฮเทอโรซิสต์ (Filamentous heterocystous form) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศิริพร สุดหา, 2560; Toledo, 1995; Nagasathya & Thajuddin, 2008; Sakthivel & Kathiresan, 2013 ที่พบไซยาโนแบคทีเรียแบบเส้นสายไม่มีเฮเทอโรซิสต์มากที่สุด รองลงมาคือเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนี และ เส้นสายมีเฮเทอโรซิสต์ ตามลำดับ ในระบบนิเวศของป่าชายเลนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่มีลักษณะเป็นเส้นสายไม่มีเฮเทอโรซิสต์ ทำให้พบรูปแบบนี้มากที่สุด เนื่องจากป่าชายเลนมีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์และเพียงพอต่อการเจริญเติบโตจึงพบลักษณะเส้นสายมีเฮเทอโรซิสต์น้อยกว่าลักษณะอื่นๆ

ไซยาโนแบคทีเรียที่ทำการศึกษาจากพื้นผิวของรากไม้ทั้ง 5 ชนิด ในป่าชายเลน 7 แห่ง พบว่าไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวของรากอากาศแสมทะเลมากที่สุดถึง 88 ชนิด ตามด้วย รากอากาศแสมขาว 61 ชนิด, รากฝอยชะคราม 50 ชนิด, รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ 26 ชนิด และ รากค้ำยันโกงกางใบเล็ก 19 ชนิด ตามลำดับ เนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างรากอากาศแสมทะเลจากพื้นที่นาเกลือครบรอบของฤดูกาล (เดือนมีนาคม 2560 ถึงเดือนมีนาคม 2561) และทำการศึกษาทั้งส่วนบนและส่วนล่างของราก จึงทำให้พบความหลากหลายมากที่สุดกว่าพื้นที่การศึกษาอื่นๆ การศึกษาบนพื้นผิวรากไม้ในป่าชายเลนส่วนใหญ่ทำการศึกษาในรากอากาศแสมและรากค้ำยันของโกงกาง (Lambert,

Ref. code: 25615909030552TAL

1989; Claudia, 2012; Ram & Shamina, 2017) สอดคล้องกับส่วนหนึ่งของการศึกษาของ Lambert (1989), Silva (1991), Toledo (1995), Nisa, Mansoor and Siddiqui (2000), Claudia (2012) และ ศิริพร สุดหา (2560) ที่ศึกษาบนพื้นผิวของรากอากาศแสมและรากค้ำยันโกงกาง และยังรายงานว่าพบบนพื้นผิวของพืชกลุ่มแสมมากกว่ากลุ่มโกงกาง เนื่องจากรากอากาศมีพื้นผิวที่แข็งทำให้เหมาะสำหรับการยึดเกาะอาศัยของไซยาโนแบคทีเรีย (Shamina, Saranya and Ram, 2014) ในจำนวนไซยาโนแบคทีเรีย 94 ชนิดที่พบ ประกอบด้วยสกุลเด่นที่มีจำนวนชนิดมากที่สุด คือ สกุล *Oscillatoria* ถึง 27 ชนิด สอดคล้องกับการศึกษาของ Mann and Steinke (1992), Silambarasan et al. (2012), Sakthivel and Kathiresan (2013), Yasmeen et al. (2016), Ram and Shamina (2017) และ ศิริพร สุดหา (2560) ที่พบความหลากหลายของสกุล *Oscillatoria* มากที่สุด ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีไซยาโนแบคทีเรียสกุล *Hydrocoleum, Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Phormidium,* และ *Planktolyngbya* ที่สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย ทำให้ทราบว่าสกุลเหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของป่าชายเลน ดังเช่นการศึกษาของ Mann and Steinke (1992) ที่พบ *Lyngbya, Oscillatoria*, และ *Microcoleus* เกาะกับรากอากาศของแสมทะเล Hussain and Khoja (1993) พบ *Lyngbya majuscula* และ Ram and Shamina (2015) พบ *Oscillatoria annae*, *Phormidium molle*, *Nostoc muscorum*, และ *Scytonema bohneri* ในทุกพื้นที่ที่ทำการศึกษา ไซยาโนแบคทีเรียส่วนมากที่พบในพื้นที่ป่าชายเลนทั่วไป เช่น *Lyngbya, Oscillatoria* และ *Phormidium* (Silva, 1991; Claudia et al, 2012; Silambarasan et al, 2012; Ram & Shamina, 2015)

นอกจากทำการศึกษาไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพพบได้ในทุกพื้นที่แล้ว ยังศึกษาไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถพบได้ทุกฤดูกาลในพื้นที่นาเกลือ พบ 9 สกุล ได้แก่ *Dermocarpa*, *Anabaena*, *Pseudanabaena*, *Hydrocoleum*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Myxosarciana* และ *Mastigocladus* โดยในฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) พบความหลากหลายมากที่สุด 60 ชนิด รองลงมาคือ ฤดูฝน (กันยายน 2560) พบ 58 ชนิด ฤดูแล้ง (มีนาคม 2560) พบ 40 ชนิด และ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2561) พบน้อยที่สุดเพียง 35 ชนิด แสดงให้เห็นว่าฤดูกาลอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม จึงมีผลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่นาเกลือ แตกต่างจากการศึกษาของ ศิริพร สุดหา (2560) ที่ศึกษาในป่าชายเลนทางภาคตะวันออกของประเทศไทย พบความหลากหลายมากที่สุดในฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อน ตามลำดับ อาจเป็นเพราะรูปแบบการไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณอ่าวไทย ลมมรสุมที่พัดมาแร่ธาตุและสารอาหาร และ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ที่ส่งผลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย ในการศึกษาครั้งนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 18-42 ppt และ ค่าความเป็นกรดด่างของดินตะกอนอยู่ระหว่าง 7.85–9.06 สอดคล้องกับ

Ref. code: 25615909030552TAL

การศึกษาของ Rippka et al. (1979) Rippka (1981) อ้างถึงโดย (Bano & Siddiqui, 2004; Aziz, Rahman & Ahmed, 2012; Shruthi & Rajashekhar, 2014) กล่าวว่า ไซยาโนแบคทีเรียจะเจริญเติบโตได้ดีในค่าความเป็นกรดด่างที่เป็นด่าง Carr and Wyman (1986) อ้างถึงโดย Bano and Siddiqui (2004) เมื่อในพื้นที่มีความเค็มสูงขึ้น ไซโนแบคทีเรียบางชนิดมีความสามารถทนความเค็มได้ Thajuddin and Subramanian (2005) กล่าวว่า ความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่ป่าชายเลนอยู่ที่ 15-30 ppt และ Sethi et al. (2012) กล่าวว่า ในฤดูแล้งไซยาโนแบคทีเรียเป็นส่วนสำคัญที่จะช่วยให้ความชุ่มชื้น นอกจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่กล่าวมาข้างต้นยังได้รับอิทธิพลจากแสง ปริมาณน้ำฝน การเข้ามาของน้ำจืด และ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมประจำวัน (Nedumaran & Perumal, 2012; Shamina et al, 2014; Ahmed et al, 2016)

การวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยของรากแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง โดยใช้ Sorensen's similarity coefficient พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยรากแสมทะเลและรากแสมขาวมีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุด รองลงมาคือ พบบนรากแสมทะเลกับรากชะคราม และพบบนรากโกงกางใบใหญ่กับรากชะครามมีค่าความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแต่ละชนิดโดยจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยบนรากพื้นผิวที่อยู่อาศัยแสมทะเลมีค่าความคล้ายคลึงอยู่ระหว่าง 0.459-0.533 บนรากพื้นผิวที่อยู่อาศัยแสมขาวมีค่าความคล้ายคลึงอยู่ระหว่าง 0.406-0.600 ส่วนรากโกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็กมีค่าความคล้ายคลึงเท่ากับ 0.323 และ 0.190 ตามลำดับ การปรากฏของสังคมไซยาแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนมีความสัมพันธ์กับพื้นผิวที่อยู่อาศัย สอดคล้องกับงานวิจัยส่วนมากที่พบความหลากหลายบนรากหายใจของแสมมากกว่ารากค้ำยันของโกงกาง เนื่องจากลักษณะที่เหมือนแท่งดินสอของรากอากาศและมีพื้นผิวที่เหมาะสม อาจทำให้เหมาะสำหรับการเกาะอาศัยของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลน ส่วนความคล้ายคลึงกันของไซยาโนแบคทีเรียจากพื้นที่นาเกลือในแต่ละฤดูกาล มีค่าความคล้ายคลึงระหว่าง 0.453–0.655 โดยฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) กับ ฤดูฝน (กันยายน 2560) มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด และ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2560) กับฤดูแล้ง (มีนาคม 2561) มีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด ส่วนความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจแสมส่วนบนและส่วนล่าง ในรากหายใจแสมทะเลในแต่ละพื้นที่มีความคล้ายคลึงกันถึง 0.605-0.696 และรากหายใจแสมขาวในแต่ละพื้นที่มีความคล้ายคลึงกันระหว่าง 0.486-0.788 ดังนั้นความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ศึกษา, ชนิดของราก และ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

การศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย เช่น กนกกานต์ นาคทอง (2556) ศึกษา *Oscillatoria* sp. กับปัจจัยแวดล้อมด้านอุณหภูมิและค่าความ

Ref. code: 25615909030552TAL

เป็นกรดด่าง ส่วนการศึกษาของ โพธิธรณ์ ครรชิตานุรักษ์ และคณะ (2555) ศึกษา *Anabaena* sp., *Nostoc* sp. และ *Spirulina* sp. กับปัจจัยแวดล้อมด้านความเค็ม การศึกษาไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. มีการศึกษาปัจจัยด้านอุณหภูมิ (Mongra, 2014) และ ค่าความเป็นกรดด่าง (Muster et al, 1983) เท่านั้น ในประเทศไทยมีเพียงการศึกษาของ Udomlak et al (2006) ที่ทำการศึกษา *Mastigocladus* sp. กับปัจจัยแวดล้อมด้านอุณหภูมิและฤดูกาลที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโต โดยนำเชื้อไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 ซึ่งนำเชื้อบริสุทธิ์มาจากการคัดแยกของ ศิริพร สุดหา (2560) โดยทำการศึกษาในระดับความเค็มที่ 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 ppt ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 4 วัน เป็นเวลา 44 วัน ทำการหาปริมาณมวลชีวภาพ โดยหาจากปริมาตรเซลล์อัดแน่น วัดค่าคลอโรฟิลล์ เอ หาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับค่าคลอโรฟิลล์ เอ ในแต่ละรับความเค็ม พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียชนิดนี้สามารถเจริญเติบโตได้ในทุกความเค็ม ในส่วนปริมาณเซลล์อัดแน่นในระดับความเค็มที่ 0, 10, 20 และ 30 ppt จะมีน้ำหนักมากกว่า 40 ppt และ 50 ppt เนื่องจากความเค็มที่ 40 และ 50 ppt อาจจะสูงเกินไปสำหรับการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Thajuddin and Subramanian (2005) ดังนั้นปริมาตรเซลล์อัดแน่นมาจากปริมาตรเซลล์ที่มีชีวิตรวมกับเซลล์ที่ตายแล้ว ส่วนค่าคลอโรฟิลล์ เอ สกัดออกมาเยอะที่สุดในความเค็มที่ 0 ppt แล้วค่อยๆ ลดลงตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ กนกกานต์ นาคทอง (2555) ในส่วนของอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะในระดับความเค็มที่ 0 และ 10 ppt มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ 2 ช่วง ระดับความเค็มที่ 20 และ 30 ppt มีระยะพัก (lag phase) นาน และระดับความเค็มที่ 40 และ 50 ppt ลักษณะกราฟมีการเพิ่มขึ้นและลดลงที่คงที่ ทำให้มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะไม่ชัดเจน โดยอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาตรเซลล์อัดแน่นเพิ่มสูงสุดที่ระดับความเค็มที่ 30 ppt มีค่าเท่ากับ 0.5963 ต่อวัน และน้อยที่สุดที่ระดับความเค็ม 40 ppt และอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีอัตราเพิ่มขึ้นสูงสุดที่ระดับความเค็ม 0 ppt มีค่าเท่ากับ 0.0790 ต่อวัน สอดคล้องกับค่าคลอโรฟิลล์ เอ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับคลอโรฟิลล์ เอ พบว่า ค่า R^2 สูงสุดที่ระดับความเค็ม 40 ppt เท่ากับ 77.50% ดังนั้นการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 ปัจจัยด้านความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโต อีกทั้งยังส่งผลต่อปริมาตรเซลล์อัดแน่น และการสกัดคลอโรฟิลล์ เอ

Ref. code: 25615909030552TAL

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลวิจัย

การศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียจากถิ่นที่อยู่อาศัยในป่าชายเลนประเทศไทย และ ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. โดยทำการเก็บตัวอย่างไซยาโนแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนพื้นผิวของรากไม้ชนิดต่างๆ 5 ชนิด ในพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 7 แห่ง ได้แก่ รากหายใจแสมทะเลและรากฝอยชะคราม ในพื้นที่นาเกลือ จังหวัดสมุทรสาคร รากหายใจแสมขาวและแสมทะเล ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการและชลบุรี รากหายใจแสมทะเลและรากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่จากป่าชายเลนจังหวัดตราด และ รากหายใจแสมขาวและรากค้ำยันโกงกางใบเล็ก จากจังหวัดพังงาและภูเก็ต พบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมด 7 อันดับ 12 วงศ์ 26 สกุล 94 ชนิด โดยแบ่งเป็นลักษณะเส้นสายแบบไม่มีเฮเทอโรซิสต์พบมากที่สุดถึง 14 สกุล 71 ชนิด ตามด้วยลักษณะเซลล์เดี่ยวหรือโคโลนีพบ 7 สกุล 14 ชนิด และ ลักษณะเส้นสายแบบมีเฮเทอโรซิสต์พบ 5 สกุล 9 ชนิด พบความหลากหลายของสกุล *Oscillatoria* มากที่สุด 27 ชนิด ซึ่งสกุลนี้สามารถพบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัยและทุกพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่ทำการศึกษาจากพื้นผิวของรากไม้ทั้ง 5 ชนิด จากพื้นที่ป่าชายเลนทั้ง 7 แห่ง พบว่าไซยาโนแบคทีเรียที่อยู่บนพื้นผิวของรากอากาศแสมทะเลมากที่สุดถึง 88 ชนิด ตามด้วย รากอากาศแสมขาว 61 ชนิด รากฝอยชะคราม 50 ชนิด รากค้ำยันโกงกางใบใหญ่ 26 ชนิด และ รากค้ำยันโกงกางใบเล็ก 19 ชนิด ตามลำดับ มีไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตบนพื้นผิวของรากไม้บางชนิดเท่านั้น นอกจากนี้การศึกษาส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจแสม ก็พบว่าไซยาโนแบคทีเรียบางชนิดพบเฉพาะส่วนบนหรือส่วนล่างเท่านั้น โดยส่วนมากจะพบทั้งส่วนบนและส่วนล่าง เนื่องจากไซยาโนแบคทีเรียมีสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ทำให้พบได้ในทุกพื้นผิวที่อยู่อาศัย

เมื่อพิจารณาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่พบในแต่ละฤดูกาลจากพื้นที่นาเกลือ พบความหลากหลายมากที่สุดในฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) ถึง 21 สกุล 60 ชนิด รองลงมาคือ ฤดูฝน (กันยายน 2560) พบ 19 สกุล 56 ชนิด, ฤดูแล้ง (มีนาคม 2560) พบ 14 สกุล 40 ชนิด และ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2561) พบ 16 สกุล 35 ชนิด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างไซยาโน

Ref. code: 25615909030552TAL

แบคทีเรียกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเป็นกรดด่างของน้ำที่มีผลต่อความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรีย

เมื่อพิจารณาความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยรากแสมทะเลและรากแสมขาวมีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุด รองลงมาคือ พบบนรากแสมทะเลกับรากชะคราม และพบบนรากโกงกางใบใหญ่กับรากชะครามมีค่าความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงบนพื้นผิวที่อยู่อาศัยแต่ละชนิดโดยจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง โดยจังหวัดสมุทรปราการกับจังหวัดจันทบุรีมีค่าความคล้ายคลึงของแสมทะเลมากที่สุด และจังหวัดสมุทรปราการกับจังหวัดพังงามีค่าความคล้ายคลึงกันของแสมขาวมากที่สุด ส่วนค่าความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียในแต่ละฤดูกาล โดยฤดูร้อน (มิถุนายน 2560) กับ ฤดูฝน (กันยายน 2560) มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด และ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2560) กับ ฤดูแล้ง (มีนาคม 2561) มีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด ส่วนความคล้ายคลึงของไซยาโนแบคทีเรียจากรากหายใจแสมส่วนบนจะมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าส่วนล่าง ส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจแสมขาวมีความคล้ายคลึงกันมากกว่าส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจแสมทะเล ส่วนความคล้ายคลึงระหว่างส่วนบนและส่วนล่างของรากหายใจแสมทะเลในแต่ละฤดูกาลจากพื้นที่นาเกลือมีค่าความคล้ายคลึงใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านความเค็มมีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Mastigocladus* sp. TUEV004 พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกระดับความเค็ม หากทำการเพาะเลี้ยงเพื่อเก็บเกี่ยวปริมาตรสาหร่าย ควรเพาะเลี้ยงที่ระดับความเค็ม 30 ppt ส่วนระดับความเค็มที่ให้ผลผลิตในช่วงเวลาที่สั้นที่สุดและดีที่สุด คือ ระดับความเค็มที่ 10 ppt เมื่อใช้อัตราการเจริญเติบโตเป็นตัวเปรียบเทียบ พบว่า ระดับความเค็มที่ 0 และ 10 ppt เจริญเติบโตได้ดีที่สุด ปริมาตรเซลล์อัดแน่นสอดคล้องกับค่าคลอโรฟิลล์ เอ โดยในระดับความเค็มที่สูงขึ้นส่งผลต่อการสกัดคลอโรฟิลล์ เอ ได้น้อยลง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพกับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ พบว่า ค่า R^2 สูงสุดที่ระดับความเค็ม 40 ppt โดยไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp. TUEV004 ที่ทำการศึกษาครั้งนี้พบว่า นอกจากสามารถพบได้ในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนแล้ว ยังสามารถพบได้ในพื้นที่ป่าชายเลนอีกด้วย อีกทั้งไซยาโนแบคทีเรียชนิด *Mastigocladus* sp.นี้ มีความน่าสนใจ และยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในหลากหลายด้าน

ดังนั้นความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในพื้นที่ป่าชายเลนนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่ทำการศึกษาแล้ว ยังขึ้นอยู่กับพื้นผิวที่อยู่อาศัยของราก และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างในแต่ละฤดูกาล นอกจากนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียอีกด้วย

Ref. code: 25615909030552TAL

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณมากขึ้นและต่อเนื่อง ทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลง ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม และมีการเปรียบเทียบความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียแต่ละพื้นที่ พื้นผิวที่อยู่อาศัย และ ฤดูกาล เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียที่พบในระบบนิเวศป่าชายเลนประเทศไทยในอนาคต

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในด้านอื่นๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต เพื่อเป็นประโยชน์ในการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียชนิดนั้นๆ

3. ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่ได้จากการศึกษานี้นำไปศึกษาต่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

Ref. code: 25615909030552TAL

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

Desikachary, T. V. (1959). *Cyanophyta*. I.C.A.R. monograph on algae. Indian Council of Agricultural Research: New Delhi.

Parson, T.R., Maita, Y., & Lalli, C.M. (1984). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Pergamon Press, Oxford.

Venkataraman, L. V. (1986). Blue-green algae as biofertilizers. *In Handbook of Microalgal Mass Culture.* Ed. A Richmond, 455-471

กรมป่าไม้ ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ. (2543). *นิเวศวิทยาป่าชายเลน*: คู่มืออุทยานแห่งชาติ.

ยุวดี พีรพรพิศาล. (2549). *สาหร่ายวิทยา*. เชียงใหม่: โชตนาพริ้นท์.

ลัดดา วงศ์รัตน์. (2544). *แพลงก์ตอนพืช*. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันเพ็ญ ภูติจันทร์. (2549). *วิทยาสาหร่าย*. กรุงเทพ: โอเดียนสโตร์.

สรายุทธ บุณยะเวชชีวิน และ รุ่งสุริยา บัวสาลี. (2554). *ป่าชายเลน: นิเวศวิทยาและพรรณไม้.* กรุงเทพฯ: มูลนิธิกระต่ายในดวงจันทร์.

สนิท อักษรแก้ว. (2541). *ป่าชายเลน...นิเวศวิทยาและการจัดการ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเปญญา จิตตพันธ์. (2559). *เทคโนโลยีชีวภาพสาหร่ายและแพลงก์ตอน*. ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วารสาร

Ahmed, Y. Z., Shafique, S., Burhan, Z., & Siddique, P. J. A. (2016) Seasonal abundance of six dominant filamentous cyanobacterial species in microbial mats from mangrove backwaters in sandspit Pakistan. *Pakistan Journal of Botany, 48*(4) 1715-1722.

Alcamán, M. E., Fernandez, C., Delgado, A., Bergman, B., and Díez, B. (2015). The cyanobacterium Mastigocladus fulfills the nitrogen demand of a terrestrial hot spring microbial mat. *International Society for Microbial Ecology, 9*, 2290-2303.

Ref. code: 25615909030552TAL

Alvarenga, D. O., Rigonato, J., Branco, L. H. Z., & Fiore, M. F. (2015). Cyanobacteria in Mangrove ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, *24*, 799-817.

Anagnostidis, K., & Komarek, J. (1988). Modern Approach to the Classification System of Cyanobacteria 3. Oscillatoriales. *Archives of Hydrobiolology Supperplement, 50* (53), 327-472.

Anagnostidis, K., & Komarek, J. (1990). Modern Approach to the Classification System of Cyanobacteria 5.Stigonematales. *Archives of Hydrobiolology Supperplement*, *59*, 1-73.

Aziz, A., Rahman, M. & Ahmed, A. (2012). Diversity, Distribution and Density of Estuarine Phytoplankton in the Sundarban Mangrove Forests, Bangladesh. Bangladesh Journal of Botany, 41(1), 87-95.

Bano, A., & Siddiqui, P. J. A. (2004). Characterization of five marine cyanobacteria species with respect to their pH and salinity requirement. *Pakistan Journal of Botany*, *36*(1), 133-143.

Binder, A., Wilson, K. & Zuber H. (1971). C-Phycocyanin from the Thermophilic Blue-Green Alga *Mastigocladus laminosus*. Isolation, Characterization and Subunit Composition. *FEBS LETTERS 20*(111-116).

Celia, L. S., Maria, T. D. P. A., Pedro, A. C. S., Jiri, K. & Jaroslava, K. (2004). Planktic Cyanobacteria from São Paulo State, Brazil: Chroococcales. *Brazilian Journal of Botany, 27* (2), 213-227.

Chaloemphon, B. and Anchana, P. (2012). Effects of salinity, light intensity and sediment on growth, pigments, agar production and reproduction in *Gracilaria tenuistipitata* from Songkhla Lagoon in Thailand. Phycological Research, 60, 169-178.

Claudia, J. P., Hilda, L. T., & Elisa, S. Z. (2012). Cyanobacteria and macroalgae from an arid environment mangrove on the east coast of the Baja California Peninsula. *Botanica Marina, 55* (2), 187–196.

Claudia D., Florencia S., Graciel M. D., & Laura S. D. (2014). New records of freshwater Algae and Cyanobacteria from mountain streams of Córdoba (Argentina). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*., 49* (4), 447-456.

Ref. code: 25615909030552TAL

Hussain, M. I., & Khoja, T. M. (1993). Intertidal and subtidal blue-green algal mats of open and mangrove areas in the Farasan Archipelago (Saudi Arabia), Red Sea. *Botanica Marina*, *36*, 377–388.

Komarek, J., & Anagnostidis, K. (1989). Modern Approach to the Classification System of Cyanobacteria 4. Nostocales. *Archives of Hydrobiolology Supperplement, 56*, 247-345.

Komarek, J., & Anagnostidis, K. (1999). Cyanoprokaryota: Chroococcales, 1. Teil, Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.

Komarek, J. (2003). Coccoid and Colonial Cyanobacteria. In Wehr., J.D. and Sheath, R.F. (eds.), Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. *Academic press. California*, 59-116.

Kyaruzi, J. J., Kyewalyanga, M. S., & Muruke, M. H. S. (2003). Cyanobacteria composition and impact of seasonality on their in situ nitrogen fixation rate in a mangrove ecosystem adjacent to Zanzibar town. *West Indian Ocean Journal of Marine Science*, *2* (1), 35–44

Lambert, G., Steinke, T. D., & Naidoo, Y. (1989). Algae associated with mangroves in Southern African estuaries: Cyanophyceae. *South African Journal of Botany, 55* (5), 476-491.

Mann, F. D., & Steinke, T. D. (1993). Biological nitrogen-fixation (acetylene reduction) associated with blue- green algal (cyanobacterial) communities in the Beachwood Mangrove Nature Reserve: II. Seasonal variation in acetylene reduction activity. *South Africa Journal of Botany*, *59*(1), 1–8.

Nisa, Z., Mansoor, N. S., & Siddiqui P. J. A. (2000) Species diversity of cyanobacteria growing on pneumatophores and in the adjacent surface sediments in mangrove swamp at sandspit backwater, Karachi. *Pakistan Journal of Marine Biology, 6*(1), 59-68.

Mongra, A.C. (2014). Effect of temperature on growth of Mastigocladus laminosus. International *Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 3* (1), 8383-8390.

Ref. code: 25615909030552TAL

Muster, P., Binder, A., Schneider, K. and Bachofen, R. (1983). Influence of Temperature and pH on the Growth of the Thermophilic Cyanobacterium Mastigocladus laminosus in Continuous Culture. *Plant & Cell Physiology, 24*(2), 273-280.

Muthukumar, C., Muralitharan, G., Vijayakumar, R., Panneerselvam, A., and Thajuddin N. (2007). Cyanobacterial Biodiversity from Different Freshwater Ponds of Thanjavur, Tamilnadu (India). *Acta Botanica Malacitana,* 32, 17-25.

Nagasathya, A. & Thajuddin, N. (2008). Cyanobacterial Diversity in the Hypersaline Environment of the Saltpans of Southeastern Coast of India. *Asian Journal of Plant Sciences, 7*(5), 473-478.

Nedumaran, T. & Perumal, P. (2012) Biodiversity of cyanobacteria from Upperpanar estuary, south-east coast of India. *Emirates Journal of Food and Agriculture, 24*(3), 248-254.

Nogueira, N. M. C. & Ferreira-Correia, M. M. (2001) Cyanophyceae/Cyanobacteria In Red Mangrove Forest At Mosquitos And Coqueiros Estuaries, São Luís, State Of Maranhão, Brazil, *Brazilian Journal of Biology, 61*(3), 347-356.

Ram, A. T. & Shamina, M. (2017) Cyanobacterial diversity from seven mangrove environments of Kerala, India. *World News of Natural Science*, 9, 91-97.

Pandey, V. D., Pandey, A., & Sharma, V. (2013). Biotechnological applications of cyanobacterial phycobiliproteins *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 2* (9), 89-97.

Potts, M. (1979). Nitrogen fixation (acetylene reduction) associated with communities of heterocystous and non-heterocystous blue-green algae in mangrove forests of Sinai. *Oecologia*, *39*(3), 359–373

Ram, A.T., & Shamina, M. (2015). Mangrove associated cyanobacterial diversity at Kottayam district, Kerala, India. I*nternational Journal of Clinical and Biological Sciences, 1* (10), 20-24.

Sakthivel K., & Kathiresan, K. (2013). Cyanobacterial diversity from mangrove sediment of south east coast of India. *Asian Journal of Biodiversity, 4*(1), 190–203.

Ref. code: 25615909030552TAL

Sethi, S. K., Samad, L. K. & Adhikary S.P. (2012). Cyanobacteria and micro-algae in biological crusts on soil and sub-aerial habitats of eastern and north eastern region of India. *Journal of Phycological Society, India, 42*(1), 1-9.

Shruthi M. S. and Rajashekhar M. (2014). Effect of salinity and pH on the growth and biomass production in the four species of estuarine cyanobacteria. *Journal of Algal Biomass Utilization, 5*(4), 29-36.

Silambarasan, G., Ramanathan, T., & Kathiresan, K. (2012). Diversity of marine cyanobacteria from three mangrove environment in Tamil Nadu Coast, south east coast of India. *Current Research Journal of Biological Science*, *4* (3), 235–238.

Silva, S.M.F. (1991). Cyanophyceae associated with mangrove trees at Inhaca Island, Mozambique. *Bothalia, 21* (2), 143–150.

Singh, D. P., Prabha, R. Verma, S., Meena, K. K., & Yandigeri, M. (2017). Antioxidant properties and polyphenolic content in terrestrial cyanobacteria. *3 Biotech, 7*(2), 134.

Steinke, T.D., Lubke, R.A. and Ward, C.J. (2003). The distribution of algae epiphytic on pneumatophores of the mangrove, *Avicennia marina*, at different salinities in the Kosi System. *South African Journal of Botany, 69*(4), 546-554.

Thajuddin, N., & Subramanian, G. (2005). Cyanobacterial biodiversity and potential applications in biotechnology. *Current Science, 89*(1), 47-57.

Toledo, G., Bashan, Y., & Soeldner, A. (1995). Cyanobacteria and black mangroves in Northwestern Mexico: colonization, and diurnal and seasonal nitrogen fixation on aerial roots. *Canadian Journal of Microbiology, 41* (11), 999-1011.

Udomluk, S., Richard, W. C., Somboon, A. & Yuwadee P. (2006). Genetical Diversity of Mastigocladus in Ranong Hot Spring, Southern Part of Thailand. *Chiang Mai Journal of Science, 33* (3), 363-370.

Vincent, G., Henri, M., Lucien, H., Yves, P., Jean-Michel, W., Guy, L., & Gerard S. (1999). Capsular polysaccharide produced by the thermophilic cyanobacterium Mastigocladus laminosus. *European Journal of Bichemistry, 266*, 762-770.

Ref. code: 25615909030552TAL

Wildman, R. B., Benner, B. L., Held, D. D., and Schauberger, C. W. (1974). Influence of Blue-Green Algae on the pH and Buffer Capacity of Culture Media. *Proceedings of the Iowa Academy of Science*, *81*(4), 192-196.

กันต์กนิษฐ เสือเปลี่ยว, ญาวดี แก้วสุกใส, กัญญาลักษณ์ สังข์ประไพ, นริศรา คล้ายหิรัญ, เทพปัญญา เจริญรัตน์ และ สุเปญญา จิตตพันธ์. (2555). *ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรียที่สามารถตรึงไนโตรเจน ซึ่งคัดแยกจากพื้นที่เกษตรอินทรีย์*. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 20 (3), 195-201.

จิรพร เจริญวัฒนาพร. (2555). *ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในแหล่งหญ้าทะเล บริเวณเกาะยาวใหญ่ จังหวัดพังงา*. วารสารวิทยาศาสตร์มข. *40* (1), 111-120.

ณัฏฐา เสนีวาส, ศรีสม สุวรรณวงศ์, ลิลลี่ กาวีต๊ะ, สรัญญา วัชโรทัย และ รวีวรรณ ตัณฑวณิช. (2553). *การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไซยาโนแบคทีเรีย Hapalosiphon sp.*. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

เบ็ญจมาศ จันทะภา ไพบูลย์กิจกุล, ลภัสลดา ไกรสินธุ์, ศศิฬา ฉิมพลี, และ ชลี ไพบูลย์กิจกุล. (2558). *ความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชบริเวณบ้านบางสระเก้า อ.แหลมสิงห์ จ.จันทบุรี*. แก่นเกษตร*, 43* (1), 568-573.

โพธิธรณ์ ครรชิตานุรักษ์, กนกกานต์ นาคทอง, ชัยศาสตร์ คเชนทร์สุวรรณ และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2555). *ผลของความเค็มต่อการเจริญและปริมาณบีเทนของไซยาโนแบคทีเรียชนิดเส้นสาย Anabaena* sp. *Nostoc* sp. *และ Spirulina* sp. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 3 (2), 110-115

วาสนา อากรรัตน์, วุฒิชัย อ่อนเอี่ยม, และ ลิขิต ชูชิต. (2555). *ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและแพลงก์ตอนพืชบริเวณชายฝั่งอ่าวประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ในรอบปี พ.ศ. 2551-2552*. ชลบุรี: *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, *1 7* (1), 108-116.

วิชิตพล มีแก้ว, ณัฐพล ขันธปราบ, และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ. (2553). *การปรับตัวของพืชภายใต้ภาวะที่มีความเค็ม.* ก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์*, 10* (2), 28-37

สรัญญา, พันธุ์พฤกษ์. (2557). *การผลิตไบโอไฮโดรเจนของจุลสาหร่ายที่แยกได้ จากนาข้าวของประเทศไทย* คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ และบงกช บุญบูรพงษ์. (2555). *ศักยภาพของไซยาโนแบคทีเรียในอนาคตประเทศไทย.* วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, *3* (2), 149-154.

Ref. code: 25615909030552TAL

เอมอร พูลสวัสดิ์, สกีนะร์ ยะตี, บงกช บุญบูรพงศ์ และ สุระศักดิ์ ละลอกน้ำ (2558). *ศักยภาพของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือ.* วารสารหน่วยวิจัยวิทนาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 6(2), 243-255.

รายงานการวิจัย

ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง. (2555). *รายงานผลการดำเนินงาน ประจำปี 2555.*

วิทยานิพนธ์

กนกกานค์ นาคทอง. (2556). *การหาภาวะที่เหมาะสมและการผลิตไฟโคไซยานินจากไซยาโนแบคทีเรีย Oscillatoria sp.* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, สาขาวิทยาศาสตร์ชีววิทยา.

ศิริพร สุดหา. (2560). *ความหลากหลายของไซยาโนแบคทีเรียในระบบนิเวศป่าชายเลนทางภาคตะวันออกของประเทศไทย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดสมุทรสาคร. สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดสมุทรปราการ. สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดชลบุรี. สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดจันทบุรี. สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดตราด. สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดพังงา สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

Ref. code: 25615909030552TAL

ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (2560). ภูมิอากาศจังหวัดภูเก็ต สืบค้นจาก http://climate.tmd.go.th/data/province/

สำนักงานอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2555). พื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย สืบค้นจาก https://www.dmcr.go.th/document/

Ref. code: 25615909030552TAL

ภาคผนวก

Ref. code: 25615909030552TAL

ภาคผนวก ก

สูตรอาหาร BG-11

สูตรอาหาร BG-11 มีรายละเอียดดังนี้

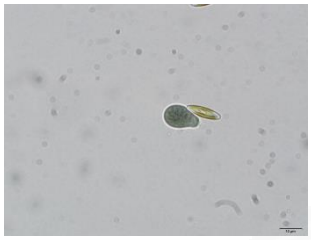
สารเคมี	การเตรียม stock 1 ลิตร	ปริมาตรที่ใช้เติมต่ออาหาร 1 ลิตร
$NaNO_3$		1.5 g
K_2HPO_4	40 g	1 ml
$MgSO_4$	75 g	1 ml
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	36 g	1 ml
Citric acid	6 g	1 ml
Ferric ammonium citrate	6 g	1 ml
$MgNa_2EDTA \cdot H_2O$	1 g	1 ml
Na_2CO_3	20 g	1 ml
Trace metal mix A5*		1 ml
Agar (เติมเฉพาะอาหารแข็ง)		20 g

*หมายเหตุ Trace metal mix A5 มีรายละเอียดดังนี้

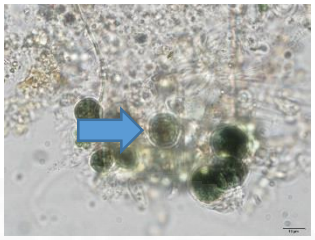
สารเคมี	ปริมาณสารที่เติม
H_3BO_3	2.860 g
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.810 g
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.220 g
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.391 g
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.080 g
$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	0.050 g

Ref. code: 25615909030552TAL

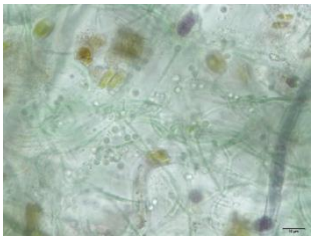
ภาคผนวก ข
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 94 ชนิด ที่ได้จากพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย



1: *Chamaesiphon* sp.01
เซลล์มีรูปร่างยาวรีเป็นทรงกระบอก ส่วนที่เป็นฐานสำหรับยึดเกาะมักเรียวและแคบ ส่วนปลายจะกว้างออก และมีการแบ่งส่วนปลายของเซลล์และแยกออกจากเซลล์เดิม แต่ยังติดกันอยู่



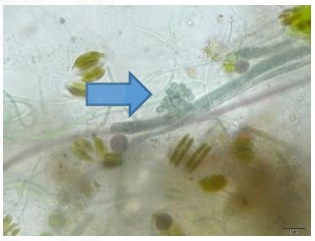
2: *Dermocarpa* sp.01
ประกอบด้วยเซลล์หลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ทรงกลม เป็นเซลล์เดี่ยวหรืออยู่เป็นกลุ่ม จัดเรียงไม่แน่นอน สีเขียว น้ำตาล มีชีทหุ้มบาง และ หนา



3: *Aphanocapsa* sp.01
เซลล์จะมาอยู่รวมกันเป็นโคโลนี โดยมีสารเมือกหุ้ม แต่เซลล์มักมีรูปร่างกลมหรือทรงกระบอกอยู่คู่กัน รูปร่างโคโลนีไม่แน่นอน ส่วนมากจะกลม โคโลนีที่มีอายุมากจะใหญ่ขึ้น

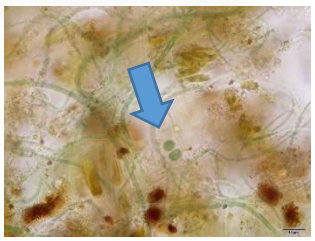
4: *Aphanocapsa* sp.02
เซลล์อยู่รวมกันเป็นโคโลนี โดยมีสารเมือกหุ้มไว้ รูปร่างกลม ขนาดเล็กกว่า *Aphanocapsa* sp.01

5: *Aphanocapsa* sp.03
เซลล์อยู่เป็นคู่กัน กระจายตัวแบบหลวมๆ เป็นกลุ่ม เซลล์มีรูปร่างกลมหรือรูปร่างไม่แน่นอน

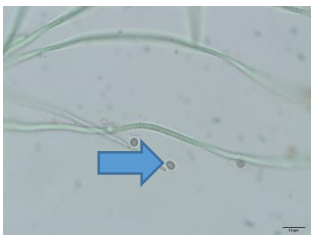


6: *Chroococcus minor* (Kütz) Nag.
โดยทั่วไปจะอยู่เป็นเซลล์เดียว แต่มักจะพบเป็นกลุ่มๆ ละ 2-16 เซลล์ เนื่องจากมีการแบ่งตัวแล้วไม่แยกออกจากกัน เพราะมีสารเมือกหนาหุ้มอยู่ เซลล์มีลักษณะกลม รี หรือครึ่งวงกลม

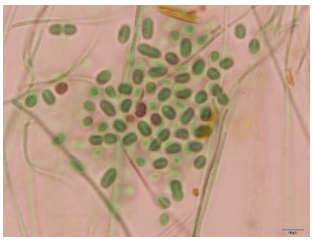
7: *Chroococcus turgidus* (Kütz) Nag.
เซลล์เดี่ยวๆ หรือเป็นโคโลนี 2-4 เซลล์ รูปกลมหรือรี ชีทไม่มีสีและไม่แบ่งชั้น



8: *Chroococcus* sp.01
เซลล์มีรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลม อยู่รวมกันเป็นโคโลนีประมาณสองเซลล์มักอยู่เป็นคู่ๆ มีเมือกหุ้มกลุ่มเซลล์ไว้ คล้าย Chroococcus turgidus แต่มีขนาดเซลล์เล็กกว่า

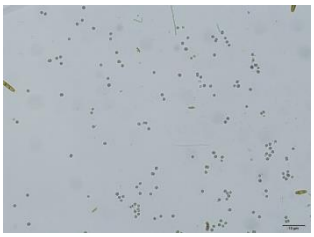


9: *Synechrococcus* sp. 01
เซลล์มีรูปไข่ อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ ไม่มีชีทหุ้มเมื่อแบ่งเซลล์แล้วเซลล์อาจจะไม่หลุด แต่ติดกันเป็นคู่



10: *Synechrococcus* sp. 02
เซลล์มีรูปไข่ อยู่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ ไม่มีชีทหุ้มเมื่อแบ่งเซลล์แล้วเซลล์อาจจะไม่หลุด แต่ติดกันเป็นคู่ เซลล์ขนาดใหญ่กว่า *Synechrococcus* sp. 01

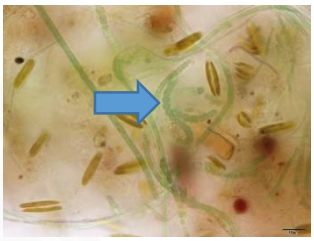
11: *Johannesbaptistia* sp.01
เซลล์มีลักษณะเป็นทรงกลม กึ่งทรงกลม รูปไข่ หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน อยู่ห่างกัน มีชีทหุ้มยาวตลอดสาย



12: *Cyanobacterium* sp. 01
เซลล์มีรูปทรงกระบอกเรียว ทรงกลม ทรงไข่ หรือรูปร่างไม่แน่นอน อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม

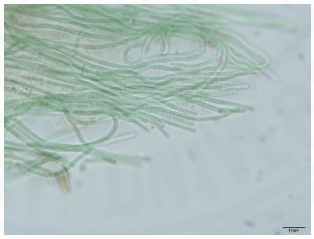
13: *Anabaena* sp.01
เซลล์แต่ละเซลล์มีรูปร่างคล้ายลูกปัด ทรงกลมขนาดเล็ก จัดเรียงกันเป็นเส้นสาย มักอยู่เป็นเดี่ยวๆ ไม่รวมเป็นกลุ่มก้อน ส่วนมากตรัยโคมมีลักษณะเป็นเส้นตรง หรือโค้งงอเล็กน้อย ชีทที่หุ้มไม่หนา

14: *Anabaena* sp.02
เซลล์แต่ละเซลล์มีรูปร่างคล้ายถังเบียร์ คือตรงกลางเซลล์ป่อง ตรัยโคมมักอยู่เป็นเดี่ยวๆ ไม่รวมเป็นกลุ่มก้อน ส่วนมากตรัยโคมมีลักษณะเป็นเส้นตรง หรือโค้งงอเล็กน้อย ชีทที่หุ้มไม่หนา

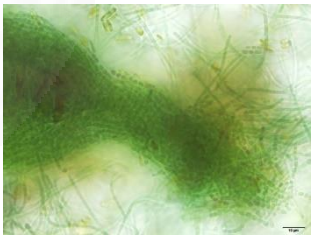


15: *Anabaena* sp.03
เซลล์รูปทรงกลม ป่องตรงกลาง คล้ายลูกปัด แต่มีขนาดใหญ่กว่า *Anabaena* sp.01 ตรัยโคมมีลักษระตรง ชีทที่หุ้มไม่หนา

16: *Nodularia* sp.01
มีลักษณะเป็นเส้นสายที่ไม่ยาว เซลล์แต่ละเซลล์ เซลล์และเซล์เฮเทอโรซิสต์จะมีรูปร่างเหลี่ยมมน มีชีทบางๆหุ้ม



17: *Nostoc* sp.01
เซลล์มีลักษณะกลม เส้นสายบิดงอมากกว่าและอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก



18: *Nostoc* sp.02
เซลล์มีลักษณะกลม เส้นสายบิดงอมากกว่าและอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก เห็นรอยคอดเว้าชัดเจน

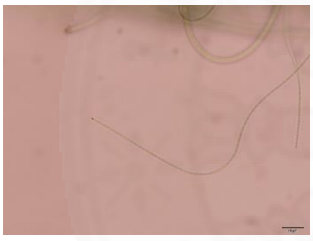
19: *Pseudanabaena catenata*
เซลล์รูปทรงกระบอก ปลายมน หรือรูปถังเบียร์ ความยาวของเซลล์มากกว่า

20: *Pseudanabaena frigida*
เซลล์เป็นรูปทรงกระบอกปลายมน เซลล์มีความยาวมากกว่าความกว้าง ตรัยโคมเดี่ยวๆ

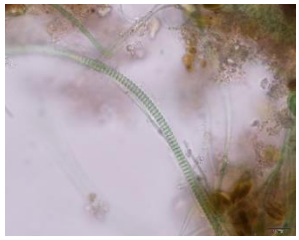
21: *Pseudanabaena galaeta*
เส้นสายแบบเดี่ยวๆ เป็นเซลล์รูปทรงกระบอกยาวปลายมน แก๊สแวซิเคิล

ความกว้าง ตรัยโคมเดี่ยวๆ เส้นสายมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก เห็นการคอดเว้าของผนังระหว่างเซลล์อย่างชัดเจน

22: *Pseudanabaena* sp.01
เซลล์เป็นรูปถังเบียร์ ป่องตรงกลาง แต่ละเซลล์จัดเรียงกันชิด เซลล์มีขนาดเท่ากันตลาดทั้งเส้นสาย ปลายมน เป็นตรัยโคมเดี่ยวๆ เส้นสายตรง หรือโค้งเล็กน้อย มีการคอดเว้าที่ผนังเซลล์ระหว่างเซลล์ชัดเจน ในแต่ละเซลล์จะสร้างแก๊สแวซิเคิลตรงกลางเซลล์

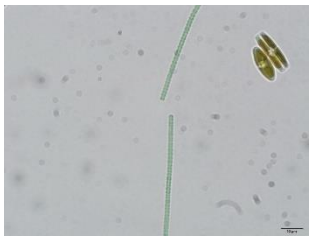


25: *Pseudanabaena* sp.04
เส้นสายมีขนาดเล็ก เซลล์มีความยาวมากกว่าความกว้างชัดเจน มีลักษณะที่แตกต่างจากชนิดอื่นที่มักจะมีเซลล์ขนาดเล็กสีดำอยู่ที่ขั้วทั้งสองข้างหรือข้างเดียวของเส้นสาย และมีการคอดเว้าที่ผนังเซลล์ระหว่างเซลล์ชัดเจน

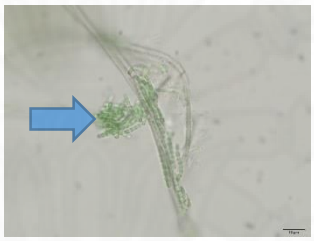


28: *Arthrospira subsalsa* Oerst.ex Gomont
ทรัยโคมมีทั้งขดและเป็นเกลียวถี่มาก และขดเป็นเกลียวหลวมๆ เซลล์มีความกว้างเท่ากันตลอดทั้งเส้นสาย ไม่มีชีท

เป็นเส้นสายตรง หรือโค้งเล็กน้อย มีการคอดเว้าที่ผนังเซลล์ระหว่างเซลล์เล็กน้อย



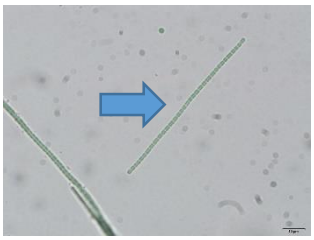
23: *Pseudanabaena* sp.02
เซลล์เป็นรูปทรงกลมคล้ายถังเบียร์ ป่องตรงกลาง ปลายตรัยโคมมีลักษณะที่แตกต่างกัน คือ ด้านหนึ่งจะมีลักษณะเรียวแหลม อีกด้านปลายมน และมีรอยคอดเว้าที่ผนังเซลล์ชัดเจน



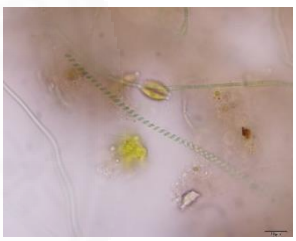
26: *Pseudanabaena* sp.05
เซลล์เป็นรูปถังเบียร์ ป่องตรงกลางปลายมน มีช่องว่างระหว่างรอยต่อของเซลล์กับเซลล์มากกว่า และเป็นเส้นสายสั้นๆ มีการสร้างแก๊สแวซิเคิล และขนาดของเซลล์มีขนาดเท่ากันตลอดทั้งเส้นสาย

29: *Arthrispira* sp.01
ทรัยโคมขดห่างๆเป็นเกลียวไม่มีชีทหุ้ม เป็นเส้นสายประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างเท่ากันตลอดเส้นสาย ปลายมน

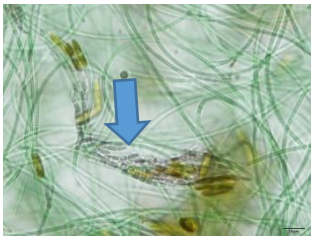
มีลักษณะการจัดเรียงตัวอยู่ตรงกลางของเซลล์ และยาวตลอดเส้นสาย



24: *Pseudanabaena* sp.03
เซลล์มีขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นเซลล์สั้นๆ เซลล์ปลายยอดทรงตัด มีระยะห่างระหว่างรอยต่อของเซลล์กับเซลล์มาก ตรัยโคมอยู่แบบเดี่ยวๆ ตรง หรือโค้งเล็กน้อย



27: *Arthrospira gigantea Schmidle*
เส้นสายมีลักษณะเป็นเกลียวคล้ายสว่าน เซลล์มีความกว้างเท่ากันตลอดทั้งเส้นสาย ไม่มีชีทหุ้ม มีลักษณะของเกลียวแบบหลวมๆ

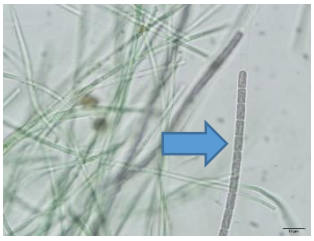


30: *Dasygloe* sp. 01
เซลล์มีลักษณะทรงกระบอก ปลายเรียวมน เซลล์จะมีสีเข้ม เห็นรอยคอดเว้าชัดเจน

หุ้ม มีลักษณะของเกลียวที่ถี่มาก และมีขนาดใหญ่กว่า

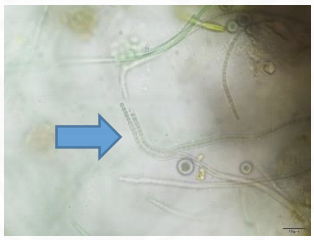
31: *Hydrocoleum* sp.01
ลักษณะเป็นเส้นสายที่อยู่รวมกัน 2 ถึง 3 เส้นในซีทเดียวกัน มีความกว้างของเซลล์น้อยกว่าความยาวเล็กน้อย

32: *Hydrocoleum* sp.02
ลักษณะเป็นเส้นสายที่อยู่รวมกัน 2 ถึง 3 เส้นในซีทเดียวกัน มีความกว้างของเซลล์น้อยกว่าความยาวเล็กน้อย ขนาดเซลล์ใหญ่กว่า *Hydrocoleum* sp.01



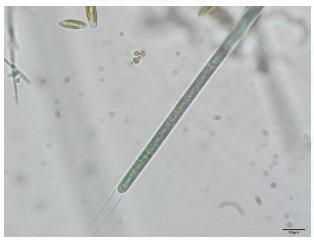
33: *Lyngbya* sp.01
เส้นสายเดี่ยวหรือรวมกันเป็นกลุ่ม เซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือทรงกระบอก ปลายเรียวมน สร้างแวซิเคิลตรงกลางเซลล์ มีซีทหุ้มอยู่ และยาวเลยตรัยโคม

34: *Lyngbya* sp.02
เซลล์ในตรัยโคมจะมีขนาดความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว จึงมองเห็นเป็นป้องถี่ๆ ปลายมน มีซีทหุ้ม ซีทยื่นล้ำออกไปจากเซลล์ในตรัยโคม



35: *Lyngbya* sp.03
เซลล์เป็นรูปถังเบียร์เรียงต่อกัน มีซีทหุ้มยาวตลอดเซลล์ เห็นรอยคอดเว้าชัดเจน

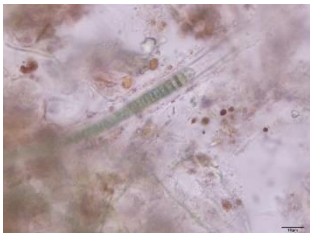
36: *Lyngbya* sp.04
เซลล์สี่เหลียมผืนผ้าสานต่อกันเป็นเส้นสาย ความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว ปลายเซลล์กลมมน มีซีทหุ้มยาวตลอดและยื่นล้ำออกไปจากเซลล์



37: *Lyngbya* sp.05
มีลักษณะคล้าย *Lyngbya* sp.04 แต่ปลายเซลล์แหลมกว่า ซีทยื่นล้ำยาวออกไป

38: *Lyngbya* sp.06
เซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือทรงกระบอก ปลายเรียวแหลม มีซีทยื่นล้ำยาวออกไป

39: *Lyngbya* sp.07
เซลล์ลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงต่อกัน ปลายเซลล์กลมมนและมีหมวกเซลล์ มีซีทหุ้มและยาวเลยตรัยโคม



40: *Lyngbya* sp.08

41: *Microcoleus* sp.01

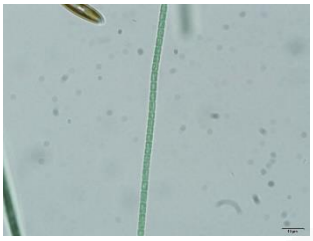
42: *Microcoleus* sp.02

Ref. code: 25615909030552TAL

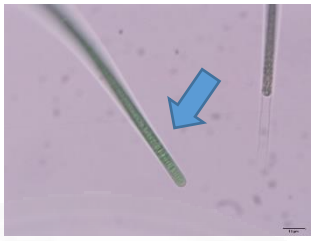
เซลล์ในตรัยโคมจะมีขนาดความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว คล้ายป้องถี่ๆ เซลล์สีอ่อนสีเข้มสลับกัน ปลายเซลล์กลมมน มักมองเห็นชีทหุ้มหนาและยื่นล้ำออกไป

เป็นเส้นสายที่อยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก บางครั้งอาจจะพันกัน ความกว้างและความยาวของเซลล์เกือบใกล้เคียงกัน

เซลล์รูปถังเบียร์เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย ขนาดของเซลล์ใกล้เคียงกัน



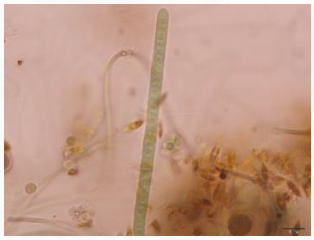
43: *Oscillatoria curviceps*
เซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสอยู่รวมเป็นมัด มีชีทบางหุ้ม มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์ชัดเจน ปลายเรียวแหลม



44: *Oscillatoria limosa* Ag ex Gomont
ทรัยโคมตรงมักสานกันเป็นแผ่นๆ ส่วนปลายเล็กกว่าส่วนอื่นเล็กน้อย เซลล์ปลายสุดค่อนข้างกลม ไม่มีรอยคอดที่ผนังกั้นเซลล์

45: *Oscillatoria margaritifera* (Kütz) Gomont
เส้นสายเดี่ยวไม่แตกแขนง ผนังเซลล์ไม่เรียบ ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว ไม่มีชีทหุ้ม ปลายสุดของตรัยโคมกลมมนมีสีเหลือง

46: *Oscillatoria princeps* Vaucher ex Gomont
ทรัยโคมอาจอยู่เดี่ยวๆหรือสานกันเป็นกระจุกหลวมๆ ไม่มีรอยคอดที่ผนังกั้นเซลล์ มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

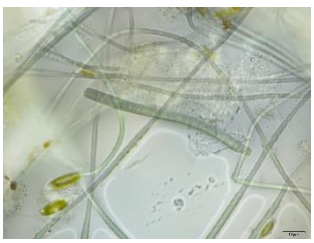


47: *Oscillatoria rubescens* DC ex Gomont
ทรัยโคมอาจอยู่เดี่ยวๆ หรืออยู่รวมกันเป็นก้อนกลม เรียงกันเป็นแถว เซลล์มีแก๊สแวคิวโอล ไม่มีรอบคอดที่ผนังกั้นเซลล์

48: *Oscillatoria tenuis* Ag. ex Gomont
ทรัยโคมอาจอยู่เดี่ยวๆ หรืออยู่รวมกันเป็นแผ่น ทรัยโคมอาจตรงหรือโค้งงอเล็กน้อยโดยเฉพาะส่วนปลาย มีรอยคอดที่ผนังกั้นเซลล์

49: *Oscillatoria* sp.01
เส้นสายเดี่ยวๆ ไม่แตกแขนง ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว คล้ายปล้องถี่ๆ

50: *Oscillatoria* sp.02
เป็นเส้นสายที่อาจอยู่เดี่ยวๆ หรืออยู่รวมเป็นกลุ่ม เซลล์มีความกว้างมากกว่าความยาวเล็กน้อย ปลายเซลล์มนทื่อและมีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์กับเซลล์



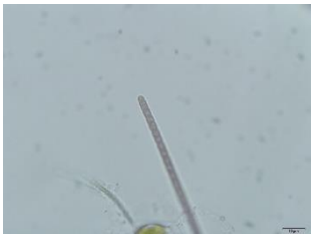
51: *Oscillatoria* sp.03
เส้นสายเหยียดตรง ตรัยโคมไม่มีชีทหุ้ม ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์หรืออะคีนีท เซลล์มีความกว้างมากกว่าความยาว คล้ายป้องถี่ๆ แต่ละเซลล์สามารถ

สีเขียวเข้ม มีชีทหุ้ม ปลายเซลล์มน ไม่มีรอยคอดระหว่างเซลล์

52: *Oscillatoria* sp.04
เส้นสายเดี่ยวไม่แตกแขนง ผนังเซลล์เรียบ ไม่มีรอยเค้าระหว่างเซลล์ ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว ไม่มีชีทหุ้ม ปลายสุดของตรัยโคมกลมมน

53: *Oscillatoria* sp.05
เซลล์ทรงกลมรีเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย แต่ละเซลล์มีขนาดไม่เท่ากัน ไม่มีชีทหุ้ม

มองเห็นแก๊สแวซิเคิลบริเวณตรงกลาง ส่วนปลายเซลล์มีลักษณะเรียวแหลม



54: *Oscillatoria* sp.06
เป็นเส้นสายอยู่แบบเดี่ยวๆ เซลล์มีความกว้างมากกว่าความยาวคล้ายสี่เหลี่ยมจตุรัส หรือผืนผ้า เซลล์มีสีแดง สีเขียว ขนาดของเซลล์สม่ำเสมอตลอดทั้งสาย สร้างแก๊สแวซิเคิล ปลายเซลล์กลมมน ไม่พบการสร้างชีทหุ้ม และมีรอยคอดที่ผนังกั้นเซลล์

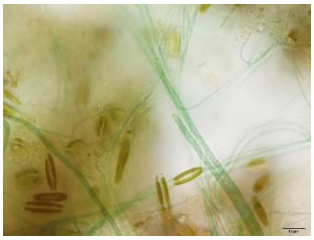
55: *Oscillatoria* sp.07
เป็นเส้นสายอยู่แบบเดี่ยวๆ เซลล์มีความกว้างและความยาวไล่เรี่ยกัน ขนาดของเซลล์ไม่สม่ำเสมอกัน ปลายเซลล์มีลักษณะกลมมน และมีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์กับเซลล์ชัดเจน

56: *Oscillatoria* sp.08
เซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงต่อกัน ระหว่างเซลล์มีรอยคอดเว้าเล็กน้อย ขนาดเซลล์สม่ำเสมอ

57: *Oscillatoria* sp.09
เส้นสายเดี่ยวหรือรวมกันเป็นกลุ่ม ไม่แตกแขนง ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์รูปทรงกระบอกหรือสี่เหลี่ยมจตุรัส ไม่มีรอยคอดเว้าระหว่างผนังเซลล์ เซลล์สีน้ำตาล และเขียว ไม่มีชีทหุ้ม ปลายสุดของตรัยโคมกลมมน สร้างแกรนูลขนาดเล็กภายในเซลล์จำนวนมาก

58: *Oscillatoria* sp.10
เป็นเส้นสายที่อยู่เป็นเดี่ยวๆ เซลล์มีความกว้างมากกว่าความยาว จนอาจมองไม่เห็นเซลล์แต่ละเซลล์ ตรัยโคมมีสีเหลืองปลายเซลล์ด้านหนึ่งกลมมนอีก

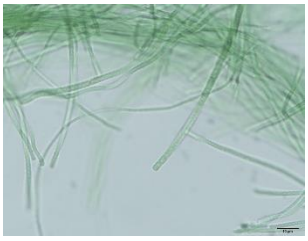
59: *Oscillatoria* sp.11
เส้นสายเดี่ยว ไม่แตกแขนง ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว แต่ป้องไม่ถี่มาก เซลล์แต่ละเซลล์เท่ากันตลอดทั้งเส้นสาย ไม่มีชีทหุ้ม ปลาย



60: *Oscillatoria* sp.12
เส้นสายเดี่ยวไม่แตกแขนง ผนังเซลล์เรียบ ไม่มีรอยเค้าระหว่างเซลล์ ตรัยโคมประกอบด้วยเซลล์ที่มีความกว้างของเซลล์มากกว่าความยาว ไม่มีชีทหุ้ม ปลายเซลล์ยอดเรียวแหลมมากกว่า

Ref. code: 25615909030552TAL

ด้านจะเรียวแหลม ไม่พบการสร้างซีทหุ้ม ไม่มีรอยคอดเว้าที่ผนังกั้นเซลล์

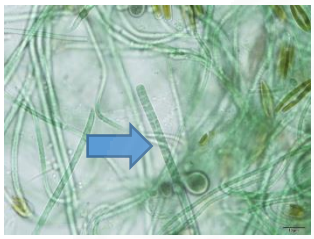


61: *Oscillatoria* sp.13
เซลล์ลักษณะวงรีเรียงต่อกันเป็นสาย ความกว้างของแต่ละเซลล์ไม่เท่ากัน ปลายเซลล์มน

สุดของตรัยโคมเรียวแหลม มีรอยคอดเว้าที่ผนังกั้นเซลล์

62: *Oscillatoria* sp.14
เซลล์สี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ละเซลล์มีขนาดเท่ากัน เรียงต่อกันเป็นสาย มีหมวกอยู่ปลายเซลล์

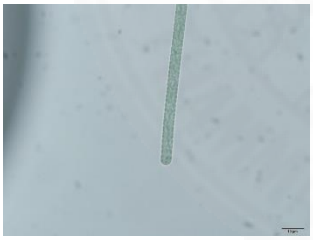
63: *Oscillatoria* sp.15
ทรัยโคมสานกันไปมาเป็นแผ่นสีเขียวคล้ำ ปลายเซลล์กลมมน ไม่มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์



64: *Oscillatoria* sp.16
เซลล์เรียงต่อกันเป็นสาย มีสีเข้มสลับกับสีอ่อน โดยมีสีเข้มมากกว่าสีอ่อน ปลายเซลล์กลมมน

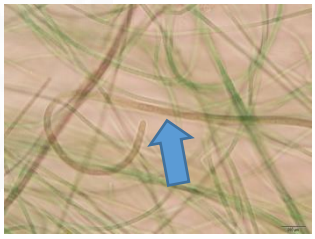
65: *Oscillatoria* sp.17
เซลล์สี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงต่อกันเป็นสาย สีเซลล์เข้มและอ่อน มีช่องว่างระหว่างเซลล์ ปลายเซลล์กลมมน

66: *Oscillatoria* sp.18
มีลักษณะคล้าย *Oscillatoria limosa* Ag ex Gomont แต่เซลล์ไม่ถี่เท่า ปลายเซลล์มีสีเหลืองและกลมมน



67: *Oscillatoria* sp.19
เซลล์สีเหลี่ยมผืนผ้าเรียงต่อกัน มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์เล็กน้อย ปลายเซลล์กลมมน

68: *Oscillatoria* sp.20
เซลล์รูปทรงรี หรือถังเบียร์ เรียงต่อกันเป็นสาย มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์เล็กน้อย ปลายเซลล์กลมมน



69: *Oscillatoria* sp.21
มีลักษณะคล้าย *Oscillatoria* sp.04 แต่มีขนาดเล็กกว่า ปลายเซลล์มน ไม่มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์

70: *Phormidium mucicola* Hub.
เซลล์รูปทรงกระบอก เป็นสายสั้นอยู่เป็นกระจุก อาจอยู่ขนานกันหรือสานกัน

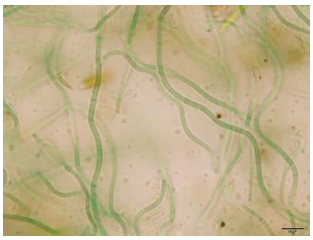
71: *Phormidium* sp.01
เส้นสายอยู่รวมเป็นกลุ่ม ไม่แตกแขนง เซลล์ทรงกลมขนาดเล็ก มีขนาดของเซลล์เท่ากัน

72: *Phormidium* sp.02
เป็นเส้นสาย เซลล์ในตรัยโคมจะมีขนาดความกว้างของเซลล์เท่ากับความยาว

ไปมาเซลล์ปลายสุดกลวงหรือเป็นรูปกรวย

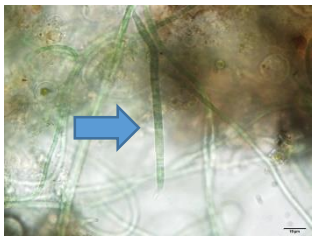
ตลอดทั้งสาย สร้างแก๊สแวซิเคิล มีชีทบางๆ หุ้มปลายยอดมน

เซลล์มีขนาดเล็ก มีชีทหุ้ม มักมองเห็นชีทยื่นล้ำออกไปจากเซลล์ในตรัยโคมเสมอ



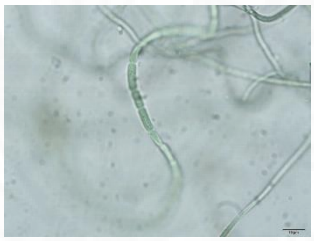
73: *Phormidium* sp.03
เซลล์มีรูปร่างทรงกลมเรียงติดต่อกันเป็นเส้นสาย มีชีทหุ้มบางๆ อยู่รวมกันหลายๆเส้น

74: *Phormidium* sp.04
เซลล์รูปร่างสีเหลี่ยมผืนผ้า ความยาวของเซลล์มากกว่าความกว้าง เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย ปลายเซลล์เรียวแหลม

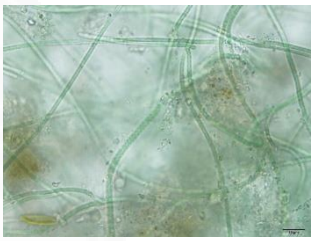


75: *Phormidium* sp.05
แผ่นเซลล์สี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงต่อกันเป็นเส้นสาย ความกว้างสม่ำเสมอ ปลายเซลล์เรียว

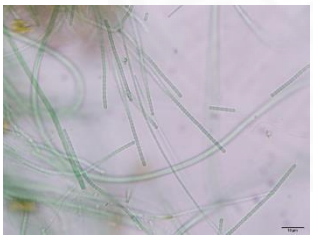
76: *Phormidium* sp.06
เซลล์รูปทรงกระบอก ขนาดของเซลล์สม่ำเสมอตลอดทั้งสาย ปลายเซลล์เรียวและกลมมน พบการสร้างชีทหุ้มบางๆ มีรอยคอดที่ผนังกั้นเซลล์เล็กน้อย



77: *Phormidium* sp.07
เซลล์รูปร่างสีเหลี่ยมผืนผ้า ความยาวของเซลล์มากกว่าความกว้าง เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย มีการสร้างแกรนูลขนาดเล็กภายในเซลล์



78: *Phormidium* sp.08
เซลล์รูปทรงกระบอกสั้นๆ เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย มีชีทหุ้มยาวตลอดเส้นสาย



79: *Phormidium* sp.09
มีลักษณะคล้าย *Phormidium mucicola* Hub. และมีเส้นสายที่ยาวกว่า มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์

80: *Phormidium* sp.10
เซลล์รูปรงกระบอกขนาดไม่เท่ากัน เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย เซลล์มีสีเข้มกว่า ปลายเซลล์กลมมน มีรอยคอดเว้าระหว่างเซลล์

81: *Phormidium* sp.11
เซลล์มีลักษณะกลม รี หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน เรียงต่อกัน มีชีทหุ้มยาวตลอดสาย

82: *Shizothrix* sp.01

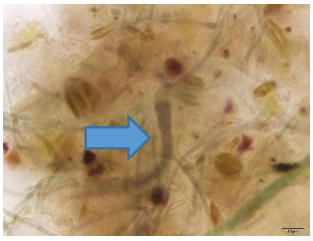
83: *Trichodesmium* sp.01

84: *Trichodesmium* sp.02

เซลล์รูปทรงกระบอก ต่อกันเป็นเส้นสาย อยู่รวมกันเป็นกระจุกหรือมัดเล็กๆ เส้นสายไม่แตกแขนง เซลล์บริเวณปลายเรียวมน

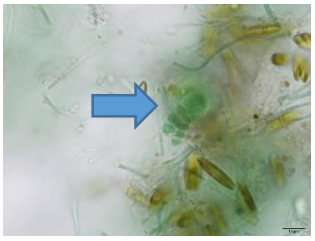
เซลล์มีรูปร่างถังเบียร์ เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย มีรอยคอดเว้าเล็กน้อยระหว่างเซลล์

เส้นสายที่ประกอบด้วยเซลล์เรียงต่อกันเป็นตรัยโคม รูปทรงบิดเบี้ยวไม่สม่ำเสมอ ตรัยโคมไม่มีเมือกหุ้ม ไม่มีการสร้างเฮเทอโรซิสต์และอะคินีทเคลื่อนที่ได้

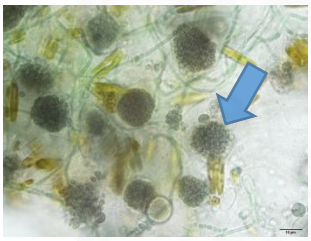


85: *Calothrix* sp.01
เป็นเส้นสายที่มักอยู่เดี่ยวๆ เซลล์ตรงกลางมีขนาดใหญ่ เรียวเล็กทางปลาย ไม่แตกแขนง มีเฮเทอโรซิสต์อยู่ตรงปลาย

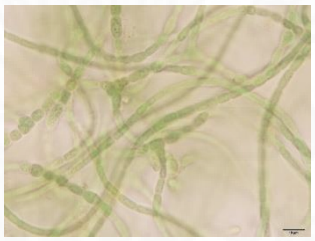
86: *Myxosarcina* sp.01
รูปร่างของโคโลนีกลม หรือรี มีเมือกหุ้ม เมื่อมีการแบ่งเซลล์ก็มักไม่แยกออกจากกันอยู่รวมเป็นโคโลนี



87: *Myxosarcina* sp.02
ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ขนาดเล็กจำนวนมาก เซลล์อัดแน่นเป็นโคโลนีโดยมีซีทบางๆ หุ้ม สีของเซลล์ได้แก่ สีเขียว สีเขียวแกมน้ำเงิน สีเขียวขี้ม้า แบ่งตัวในแนวระนาบ มีขอบโคโลนีชัดเจน

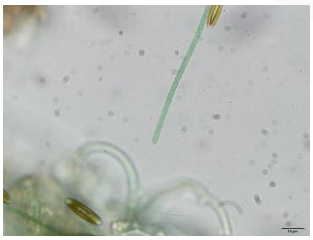


88: *Myxosarcina* sp.03
เซลล์รูปร่างกลม มีการแบ่งเซลล์หลายระนาบ เซลล์อยู่รวมกันจำนวนมากและไม่แยกออกจากกัน มีเมือกหุ้ม และมีแก๊สแวซิเคิลภายในเซลล์



89: *Mastigocladus* sp.01
เซลล์รูปทรงกระบอก เรียงตัวต่อกันแถวเดียว เป็นเส้นสายแตกแขนงรูปตัววี แขนงมีขนาดสั้นๆ มีเฮเทอโรซิสต์อยู่ภายในเส้นสาย

90: *Mastigocladus* sp.02
เส้นสายประกอบด้วยเซลล์รูปร่างกลมหรือถังเบียร์เรียงตัวแถวเดียวแตกแขนงรูปตัววี แขนงมีขนาดสั้นๆ มีเฮเทอโรซิสต์อยู่ภายในเส้นสาย



91: *Geitlernema* sp.01
เส้นสายเดี่ยวหรือรวมกันเป็นกลุ่ม เซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัสหรือทรงกระบอก เรียงต่อกันเป็นเส้นสาย ไม่มีซีทหุ้ม ปลายเรียวมน ไม่มีรอยคอดเว้าที่ผนังกั้นเซลล์ สร้างแก๊สแวซิเคิล

92: *Leptolyngbya* sp.01
เซลล์รูปทรงกระบอกขนาดเล็กสีเขียวต่อกันเป็นเส้นสาย แต่ละเส้นสายอยู่รวมเป็นมัดแน่น ปลายเส้นสายกลมมน สร้าง แก๊สแวซิเคิล ตรงกลางเซลล์

93: *Planktolyngbya* sp.01
เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก ความยาวของเซลล์มากกว่าความกว้าง ล่องลอยได้อย่างอิสระ มีการคอดเว้าระหว่างเซลล์เล็กน้อย

94: *Planktolyngbya* sp.02
เซลล์มีรูปร่างทรงกระบอก เส้นสายยาว และตรง โค้งงอ ชีทบางใส ไม่มีการคอดเว้าของเซลล์

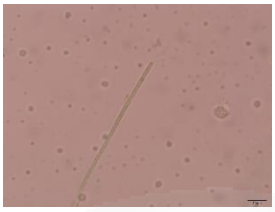
Ref. code: 25615909030552TAL

ภาคผนวก ค

ไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์บริสุทธิ์ทั้ง 63 ไอโซเลท

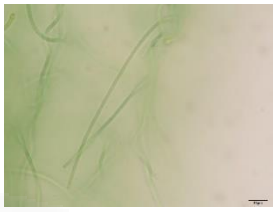
TUEV032

Anabaena



TUEV033

Anabaena



TUEV034

Anabaena

TUEV035

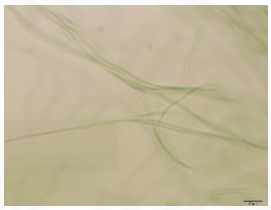
Arthrospira

TUEV036

Dermocarpa

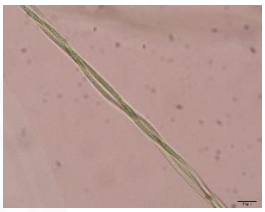
TUEV037

Hydrocoleum



TUEV038

Hydrocoleum

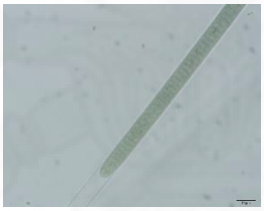


TUEV039

Hydrocoleum

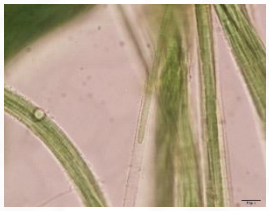
TUEV040

Hydrocoleum



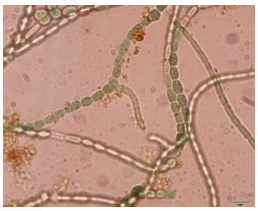
TUEV041

Lyngbya



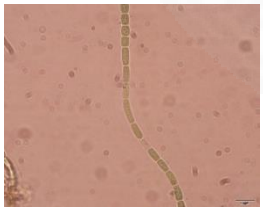
TUEV042

Lyngbya



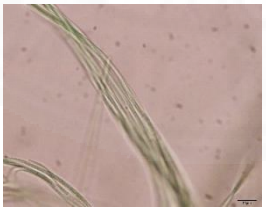
TUEV043

Mastigocladus



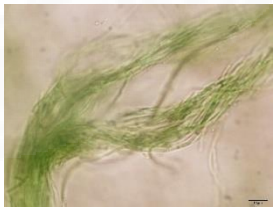
TUEV044

Mastigocladus



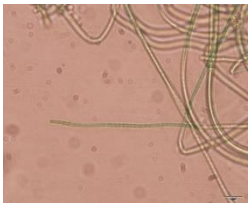
TUEV045

Microcoleus



TUEV046

Microcoleus



TUEV047

Microcoleus

TUEV048

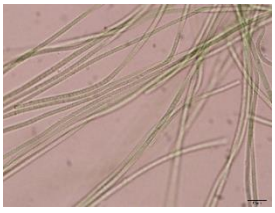
Microcoleus

TUEV049

Microcoleus

TUEV050

Oscillatoria



TUEV051

Oscillatoria

Ref. code: 25615909030552TAL

TUEV052

Phormidium

TUEV053

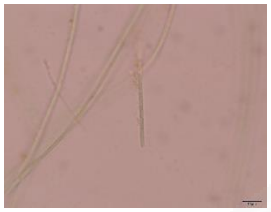
Phormidium

TUEV054

Phormidium

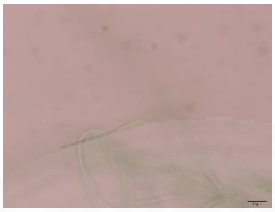
TUEV055

Phormidium



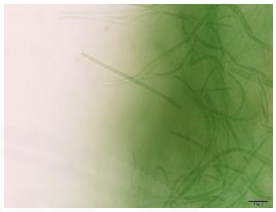
TUEV057

Phormidium



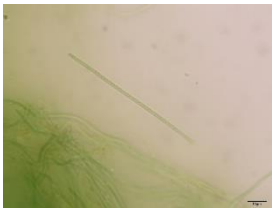
TUEV058

Phormidium



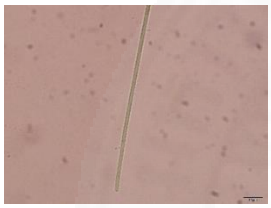
TUEV059

Phormidium



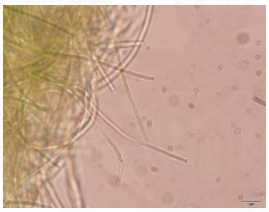
TUEV060

Phormidium



TUEV061

Phormidium

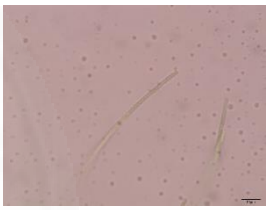


TUEV062

Phormidium

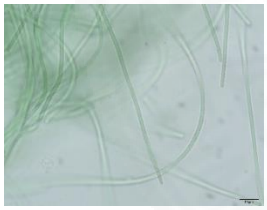
TUEV063

Phormidium



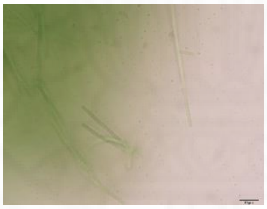
TUEV064

Phormidium



TUEV065

Phormidium

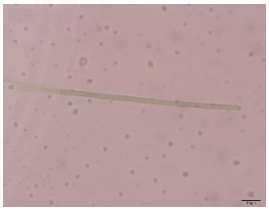


TUEV066

Phormidium

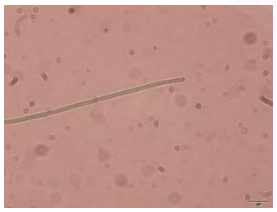
TUEV067

Phormidium



TUEV068

Phormidium

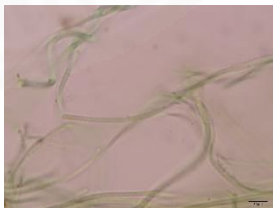


TUEV069

Phormidium

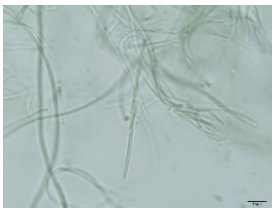
TUEV070

Phormidium



TUEV071

Phormidium

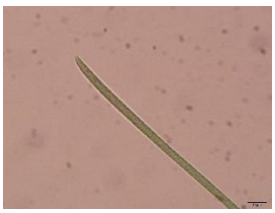


TUEV072

Phormidium

TUEV073

Phormidium



TUEV074

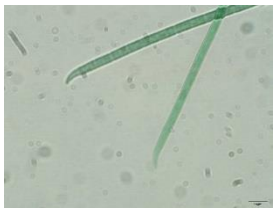
Phormidium

TUEV075

Phormidium

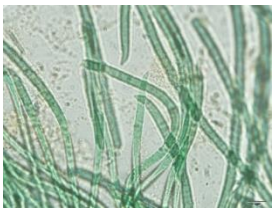
TUEV076

Phormidium



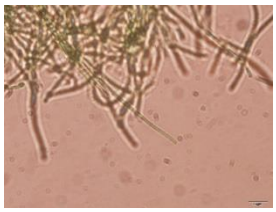
TUEV077

Phormidium



TUEV078

Phormidium



TUEV079

Phormidium

TUEV080

Phormidium

TUEV081

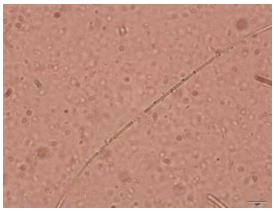
Phormidium

TUEV082

Phormidium

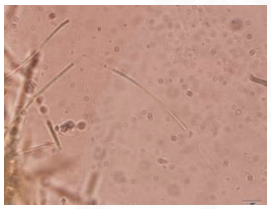
TUEV083

Phormidium



TUEV084

Planktolyngbya



TUEV085

Planktolyngbya

TUEV086

Pseudanabaena

TUEV087

Pseudanabaena

TUEV088

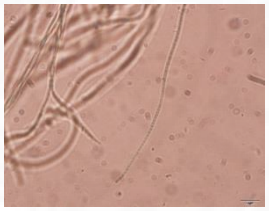
Pseudanabaena

TUEV089

Pseudanabaena

TUEV090

Pseudanabaena

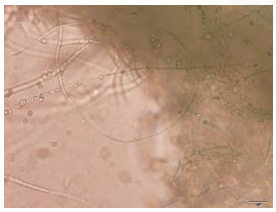


TUEV091

Pseudanabaena

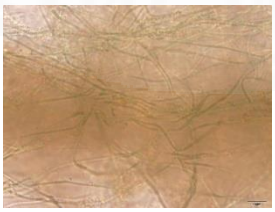
TUEV092

Unknown 01



TUEV093

Unknown 02



TUEV094

Unknown 03

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวธัญวรัตน์ อักษรศรี
วันเดือนปีเกิด	3 มกราคม พ.ศ. 2537
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2558: วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2562: ทุนสนับสนุนการนำเสนอผลงานทางวิชาการในต่างประเทศ ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

Tanwarat Aksornsri, Tritep Vichkovitten, & Supenya Chittapun. (2018). Abundance of cyanobacteria from tropical mangrove habitats growing in salt fields. *GMSARN Int. Conf. on Energy, Environment, and Development in GMS, 28-30 November 2018.* Nanning: China.

Ref. code: 25615909030552TAL